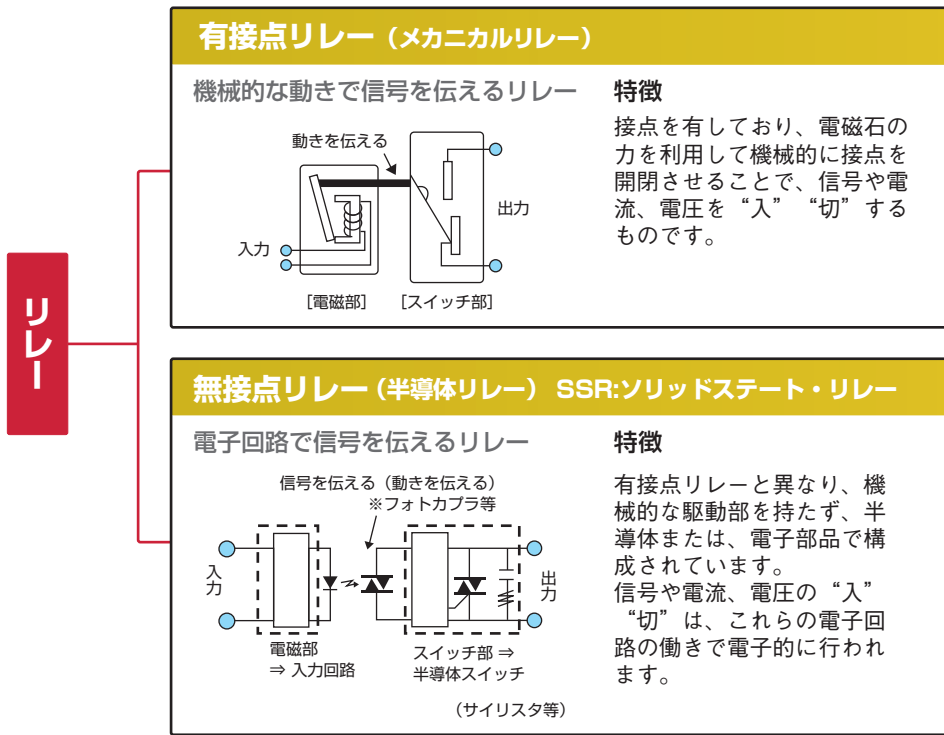


概要

ソリッドステート・リレー(SSR)とは

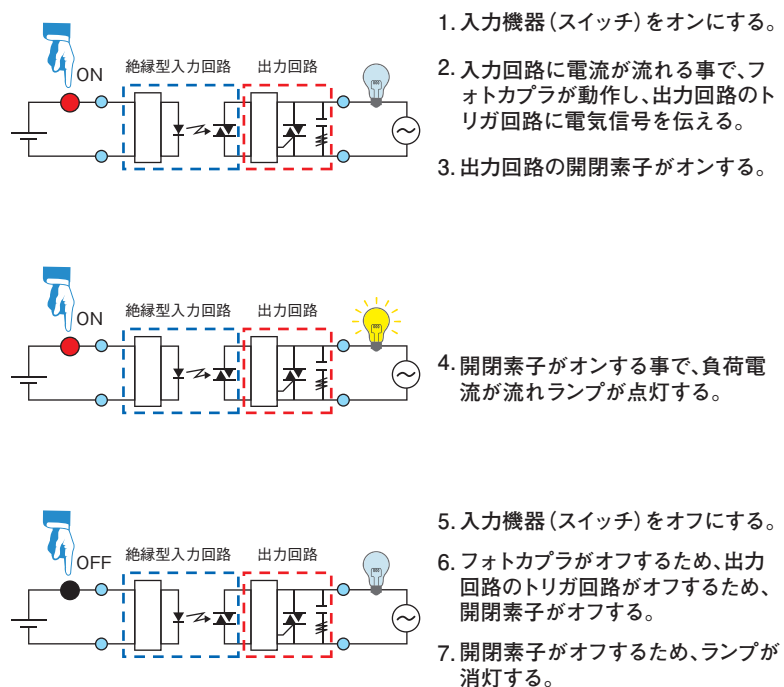
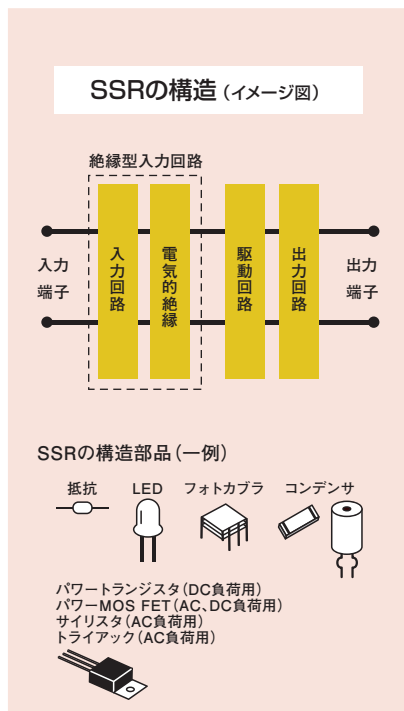
ソリッドステート・リレー(SSR:Solid State Relay)とは、可動接点部分がないリレー(無接点リレー)のことです。動作的には有接点リレーと変わるところはありませんが、サイリスタ、トライアック、ダイオード、トランジスタなど、半導体スイッチング素子を使用したリレーを言います。



*有接点リレーの詳細は、「一般リレー 技術解説」をご覧ください。

構造と動作原理

ソリッドステート・リレー(SSR)は、電子回路で信号を伝えます。



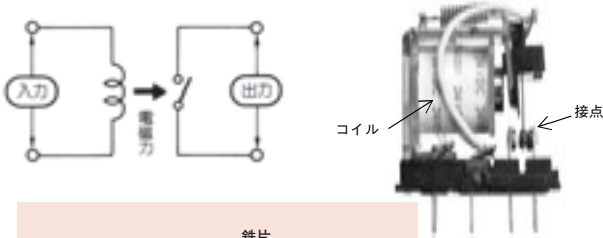
特長

ソリッドステート・リレー(SSR)は半導体スイッチング素子を利用したリレーで、フォトカプラと呼ばれる光半導体を用いて、入出力間を絶縁しています。
 フォトカプラは絶縁された空間を光の信号で伝達を行うので、絶縁性もよく、伝達速度も速いのが特長です。
 また、ソリッドステート・リレー(SSR)は接点のない電子部品で作られているため、有接点にはない多くの特長を持っています。
 最大の特長は「有接点リレーのような開閉による接点の消耗がない」ことです。

有接点リレー(一般リレー)

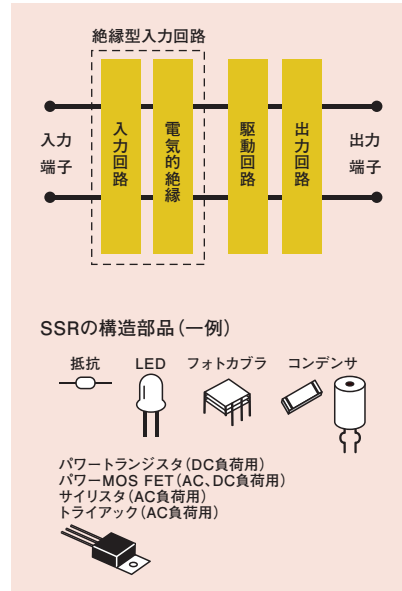
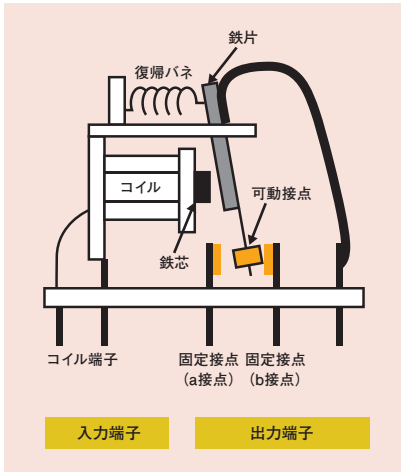
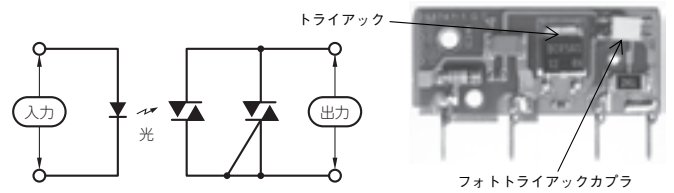
電磁リレーの例

コイルに印加電圧を印加することで、電磁力を発生させ、可動鉄片を動かします。これに連動させて接点を切り替えます。



無接点リレー(ソリッドステート・リレー: SSR)



交流負荷開閉の代表的な例



| | 一般リレー | ソリッドステート・リレー (SSR) |
|--------|--|--|
| 特長 | <p>小型 同じ負荷容量を制御する場合に、ソリッドステート・リレー (SSR) と比べて小型</p> <p>多極タイプを小型で実現</p> <p>など</p> | <p>高速・高頻度開閉に対応 開閉回数の制限なし 半導体によって構成されているため、開閉による金属摩擦がない</p> <p>ゼロクロス機能 動作音がしない</p> <p>など</p> |
| 注意点 | <p>開閉回数の制限あり 開閉による接点消耗があるため</p> <p>など</p> | <p>放熱対策が必要 電磁リレー(一般リレー)と比べ半導体のロスによる自己発熱が大きい</p> <p>など</p> |
| 選定ポイント | <p>電氣的耐久性曲線 例) 形MY2の場合(参考)</p> <p>抵抗負荷</p> <p>誘導負荷</p> | <p>ディレーティング曲線 例) 形G3PEの場合(参考)</p> <p>例) 形G3NAの場合(参考)</p> |

分類

オムロンでは取り扱うソリッド・ステートリレー(SSR)を、形状によって次のように分類しています。

| 形状 | 負荷電流 | ポイント | 代表的なリレー |
|-------------|--------------|---|---|
| 放熱器一体型 | ~150A | 放熱器(ヒートシンク)一体型でスリム形状を実現します。主に、制御盤に取り付け使用します。 | 形G3PJ、形G3PA、形G3PE、形G3PHなど  |
| 放熱器別取付型 | ~90A | 放熱器(ヒートシンク)を別取付にすることで、ご使用される機器の筐体に合わせた、放熱器の選定がお客様で可能になります。主に、機器へ組み込み使用します。 | 形G3NA、形G3NE など  |
| リレー同一形状 | ~5A (10A) | プラグインリレーと同一形状であり、ソケットの共用が可能です。主に、制御盤に組み込まれ、プログラマブルコントローラ等のI/O用途で使用します。 | 形G3F(D)、形G3H(D)、形G3R-I/O、形G3RZ、形G3TAなど  |
| プリント基板実装型*1 | ~5A | プリント基板実装用の端子構造を備えたソリッドステート・リレー(SSR)です。主に、信号の開閉・接続に使用するMOS FETリレーもラインナップしています。 | 形G3MC、形G3M、形G3S、形G3DZなど  |

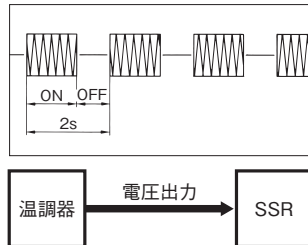
*1. プリント基板実装型のソリッドステート・リレー(SSR)は、「[オムロン電子部品情報サイト\(www.omron.co.jp/ecb\)](http://www.omron.co.jp/ecb)」をご覧ください。

*2. MOS FETリレーは制御回路が従来のソリッドステート・リレー(SSR)と異なります。
MOS FETリレーの構造・用語解説等は、11ページ「[MOS FETリレーについて](#)」をご覧ください。

制御方式

ON/OFF制御

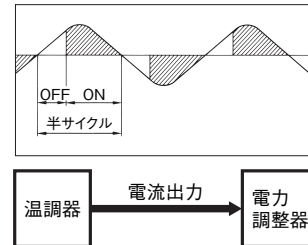
ON/OFF制御は温度調節器の電圧出力信号を受け、ソリッドステート・リレー(SSR)をON/OFFすることでヒータをON/OFFする制御です。電磁リレーでも同様の制御は可能ですが、数秒間隔でON/OFFする制御で数年間使用する場合は、ソリッドステート・リレー(SSR)が必要になります。



ローコスト・ノイズレスでメンテナンスフリーを実現。

位相制御(単相タイプの場合)

位相制御は温度調節器の電流出力4~20mAなどのアナログ信号を受け半サイクルごとに出力量を変化させる制御です。高精度な温度制御が可能であり、半導体製造装置に多く使われています。

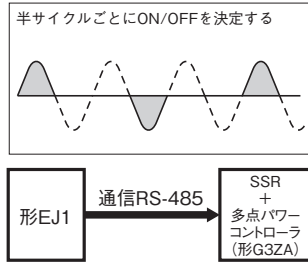


精密な温度制御が可能。
ヒータの高耐久性化を実現。

最適サイクル制御

最適サイクル制御の基本原理は、半サイクルごとにON/OFFを決定するゼロクロス制御です。出力の時間平均が正確に指令値に一致するような波形が出力されます。

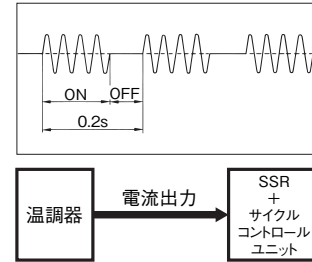
ゼロクロス機能(ゼロクロス精度)自体は従来のゼロクロス制御と同じですが、従来のゼロクロス制御が制御周期中の一定時間連続してONするのに対し、半サイクルごとにON/OFFが切り替えられるので出力精度が向上できます。



通信による多点のヒータ
コントロールが可能。
ノイズレスで高速応答可能。

サイクル制御

サイクル制御(形G32A-EA)は0.2秒(固定)を制御周期とし、0.2秒間をON/OFFさせることで出力電力を制御する方式です。温度調節器の電流出力4~20mAなどを受けて制御します。



ノイズレスで高速応答可能。

サイクル制御での注意点

サイクル制御を行うと1秒間に5回(制御周期0.2sのため)突入電流が流れる事になります。

トランス負荷は突入電流が非常に大きいので(定常電流の約10倍)、

- (1) ソリッドステート・リレー(SSR)の定格に余裕がないと、ソリッドステート・リレー(SSR)の破壊を招く
- (2) 負荷回路上のブレーカのトリップが生じる

という現象が起こる可能性があります。よって、サイクル制御でのトランス一次側の電力制御はできません。

用語解説

回路機能

●フォト・カプラ、フォト・トライアックカプラ

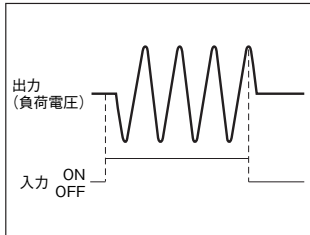
入力信号を伝達するとともに入力と出力を絶縁する素子

●トリガ回路

負荷電流を開閉するトライアックのトリガ信号を制御する回路

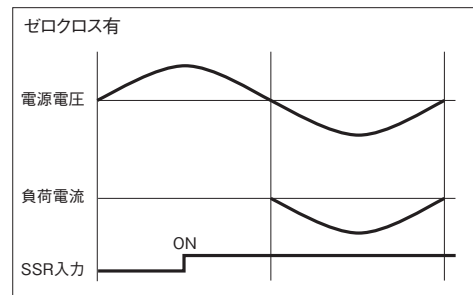
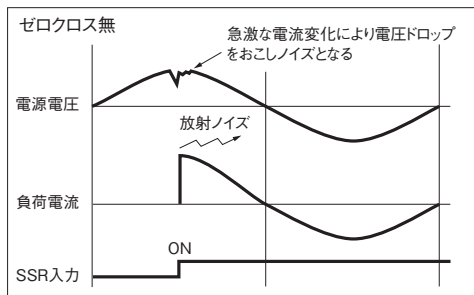
●ゼロクロス回路、ゼロクロス機能

交流負荷電圧のゼロ位付近で動作を開始させる回路(機能)



ゼロクロス機能は、負荷電圧のゼロボルト付近でONすることにより、急激な負荷電流の立ち上がり時に発生するノイズを抑えます。

ノイズには電源ラインに直接のものと、空間へ放射されるものがあり、この双方にゼロクロス機能は効果があります。



入力

●定格電圧

入力信号の基準となる電圧

●使用電圧

入力信号の許容電圧範囲

●動作電圧

出力がオフ状態からオン状態に変化する時の入力電圧の最小値

●復帰電圧

出力がオン状態からオフ状態に変化する時の入力電圧の最小値

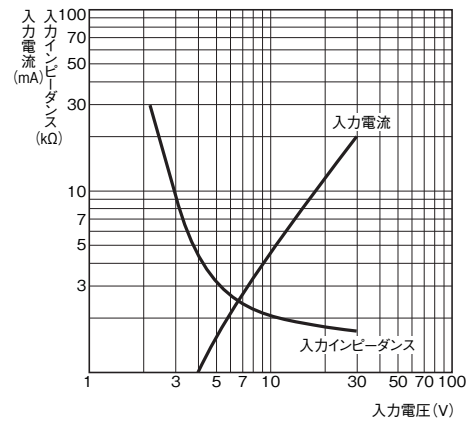
●入力電流

定格電圧を印加したときに流れる電流値

●入力インピーダンス

入力回路、制限抵抗によるインピーダンス
入力電圧が幅を持っているソリッドステート・リレー (SSR) では、入力電圧により入力インピーダンスが変化し、それにつれて入力電流が変化する機種があります。

入力インピーダンス (代表例)
形G3F、形G3H (表示灯無しタイプ)



出力

●負荷電圧

負荷の開閉や連続オフ状態で使用可能な電源電圧の実効値

●最大負荷電流

指定の冷却条件 (ヒートシンクの大きさ、材質、厚さ、周囲温度放熱条件など) のもとで、出力端子に連続して流すことができる最大電流の実効値

●漏れ電流

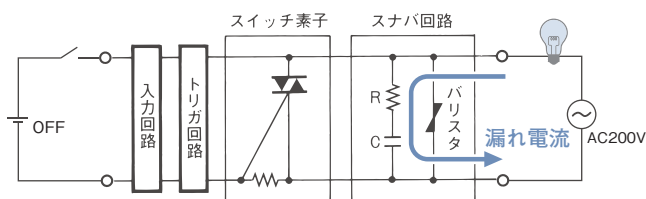
出力がオフ状態において、指定の負荷電圧を印加したとき、出力端子間に流れる電流

●出力オン電圧降下

指定の冷却条件 (ヒートシンクの大きさ、材質、厚さ、周囲温度放熱条件など) のもとで、最大負荷電流を通電したときに、出力端子間に現れる電圧の実効値

●最少負荷電流

ソリッドステート・リレー (SSR) が正常に負荷開閉できる最小の負荷電流



性能

●動作時間

入力に規定の信号電圧を印加後、出力がオンするまでの時間

●復帰時間

入力に印加している信号電圧をオフにしてから、出力がオフするまでの時間

●絶縁抵抗

入力端子 - 出力端子間および入・出力端子 - 金属ケース (ヒートシンク)間に直流電圧を印加したときの抵抗

●耐電圧

入力端子 - 出力端子間および入・出力端子 - 金属ケース (ヒートシンク)間が、1分以上耐えうる交流電圧の実効値

●使用周囲温度・湿度

規定の冷却、入出力電流条件でソリッドステート・リレー (SSR)が正常に動作しうる使用可能な周囲温度・湿度範囲

●保存温度

電圧印加なしに放置保存可能な温度範囲

その他

●サージオン電流耐量

ソリッドステート・リレー (SSR)に対して流すことのできる非繰り返し (1日1~2回程度)の電流の最大値。商用周波数、1サイクルでの波高値にて表す。

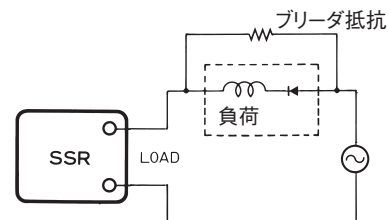
*従来、「投入電流耐量」と表現しておりましたが、負荷の突入電流と混同しやすい表現でしたので、「サージオン電流耐量」と変更しております。

●逆起電圧

負荷開閉時、オフ時に発生する非常に急しゅんな電圧

●ブリーダ抵抗

極小負荷の開閉を正常に行うため、見かけ上負荷電流を増すために負荷と並列に接続する抵抗



参考資料

ソリッドステート・リレー(SSR)の内部回路構成例

| 負荷仕様 | ゼロクロス機能 | 絶縁方式 | 回路構成 | 形式 |
|----------|---------|------------|------|--|
| 交流負荷用 | 有 | フォト・カプラ | | 形G3H 形G3B 形G3F 形G3NA (AC入力) |
| | 無 | フォト・トライアック | | 形G3NE 形G3J 形G3F 形G3H 形G3TA-0A |
| | 有 | フォト・トライアック | | 形G3PA-VD 形G3PE (単相) 形G3NA (DC入力) 形G3NE 形G3F-VD 形G3H-VD 形G3B-VD |
| | 有 | フォト・トライアック | | 形G3PE-2 (N) (三相) |
| | 有 | フォト・トライアック | | 形G3PE-3 (N) (三相) |
| | 有 | フォト・カプラ | | 形G3NA-4□□Bタイプ 形G3PH 形G3PA-4□□Bタイプ |
| 直流負荷用 | — | フォト・カプラ | | 形G3FD、形G3HD-X03 形G3BD 形G3TA-0D 形G3NA-D |
| | — | フォト・ボル・カプラ | | 形G3HD-202SN |
| 交流・直流負荷用 | 無 | フォト・ボル・カプラ | | 形G3FM |

プリント基板用ソリッドステート・リレー(SSR)の内部回路構成例

| 負荷仕様 | ゼロクロス機能 | 絶縁方式 | 回路構成 | 形式 |
|------------------|---------|------------|------|--|
| 交流 負荷用 | 有 | フォト・カブラ | | 形G3CN 形G3TB-OA |
| | 無 | フォト・トライアック | | 形G3R、形G3S 形G3M 形G3MC、形G3CN |
| | 有 | フォト・トライアック | | 形G3R 形G3M |
| 直流 負荷用 | — | フォト・カブラ | | 形G3SD、形G3CN-D 形G3RD、形G3TB-OD 形G3R-ID、形G3R-OD |
| 交流・ 直流 負荷用 | 無 | フォト・ボル・カブラ | | 形G3DZ 形G3RZ |

注. 上記回路構成は参考例となります。各形式によって、回路構成が異なることをご了承ください。

プリント基板用ソリッドステート・リレー(SSR)用途別分類および適用負荷例

1. 用途別による分類

| 用途 | 推奨ソリッドステート・リレー (SSR) 例 |
|---|---|
| インターフェース用 プログラマブルコントローラ、位置決めコントローラなどからの制御出力のアイソレート伝達をアクチュエータへ行う用途に適したソリッドステート・リレー (SSR) です。 特に、形G3DZは、出力素子にMOS FETを採用しており、低漏れ電流・交流回路、直流回路での共用可能の特長を持っています。 | 形G3M 形G3TB 形G3DZ 形G3S 形G3R 形G3MC |
| OA、HA、娯楽用 高ひん度開閉、動作音なし、メカニカルリレーと比較して振動・衝撃・塵埃・ガスに強いなどの要素が重要視される用途に適しています。 | 形G3CN 形G3M 形G3DZ 形G3MC |

2. 適用負荷例

| 負荷電圧 | 形式 | 最大 負荷電流 | 種類 | | | | | | 備考 |
|----------------------|----------------------------------|------------|------|-------|-------|-------|------|-------|----|
| | | | ヒータ | 単相モータ | 三相モータ | ランプ負荷 | バルブ | トランス* | |
| AC110V | 形G3R-101□、形G3S-201□、形G3MC-101P□ | 1A | 0.8A | — | — | 0.5A | 0.5A | 50W | |
| | 形G3R-102□、形G3CN-202□、形G3MC-202P□ | 2A | 1.6A | — | — | 1A | 1A | 100W | |
| AC220V | 形G3S-201□、形G3R-201□、形G3MC-201P□ | 1A | 0.8A | 15W | 50W | 0.5A | 0.5A | 100W | |
| | 形G3R-202□、形G3CN-202□、形G3MC-202P□ | 2A | 1.6A | 35W | 100W | 1A | 1A | 200W | |
| DC24V | 形G3SD-Z01□ | 1A | 0.8A | — | — | 0.5A | 0.5A | — | |
| DC48V | 形G3CN-DX02□、形G3RD-X02□ | 2A | 1.6A | — | — | 1A | 1A | — | |
| | 形G3CN-DX03□ | 3A | 2.4A | — | — | 1.5A | 1.5A | — | |
| DC100V | 形G3RD-101□ | 1.5A | 0.8A | — | — | 0.5A | 0.5A | — | |
| AC5~240V DC5~110V | 形G3DZ-2R6PL | 0.6A | — | — | — | 0.5A | 0.5A | 60W | |

*トランス負荷の場合、投入電源は1/2以下でご使用ください。
 注. ソリッドステート・リレー (SSR) の最大負荷電流は、抵抗負荷で単品取りつけの状態を想定し決定しています。しかし実際の使用状態では、電源電圧の変動や盤スペースなどにより実験レベルより厳しい状況におかれることが予想されます。これらに対する余裕を取るために定格値に対し20~30%程度減少した値をとっているのが推奨値です。トランス、モータなどの誘導性負荷では突入電流を伴うためさらに余裕率が大きくなっています。

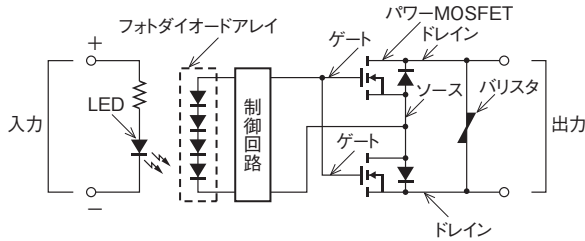
MOS FETリレーについて

1. MOS FET リレーとは

MOS FET リレーとは、プリント基板実装型ソリッドステート・リレー(SSR)のひとつで、出力素子にパワー MOS FET を使用したソリッドステート・リレー(SSR)です。主に、信号の開閉・接続用途に使用されます。

2. 構造と動作原理

MOS FET リレーは、出力素子であるパワー MOS FET を動作させるために、受光素子としてフォトダイオードアレイを使用しています。



MOS FET リレーは以下の原理で動作します。

- (1) 入力側に電流を通電するとLEDが発光する。
- (2) その光を出力側の受光素子（フォトダイオードアレイ）が受光し、発電することで、再び電圧に変化する。
- (3) この電圧が制御回路を通過してゲート電圧となり、出力素子（パワー MOS FET）を駆動させる。

3. 名称

MOS FET リレーは比較的歴史の新しい商品のため、各社が様々な名称・商標を付けています。右表にシグナル用(形G3VM相当)の例を示します。

| メーカー名 | カタログでの名称 |
|--------|-------------------|
| 東芝 | フォトリレー |
| パナソニック | Photo MOSリレー |
| 日本電気 | MOSFETリレー |
| 沖電気 | MOSスイッチ |
| 沖田製作所 | Photo DMOS-FETリレー |
| HP | Solid State Relay |
| オムロン | MOS FETリレー |

当社調べ：2015年12月現在

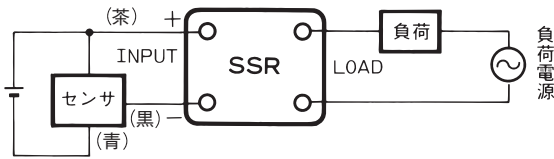
4. 用語集

| 項目 | 記号 | 説明 | | |
|------------|-------------|---|---|--|
| 絶対最大定格 | 絶対最大定格 | --- | 瞬時といえども超えてはならない最大値 特に指定のない場合は $T_a=25^{\circ}\text{C}$ における値です。 | |
| | 入力側 | LED順電流 | I_F | 連続的にLED順方向に流し得る電流定格 |
| | | 繰り返しピークLED順電流 | I_{FP} | 瞬時的にLED順方向に流し得る電流定格 |
| | | 直流順電流低減率 | $\Delta I_F/\text{°C}$ | 周囲温度とともにLED順方向に流し得る電流の低減率 |
| | | LED逆電圧 | V_R | カソード・アノード間に印加し得る逆電圧定格 |
| | | 接合部温度 | T_j | LEDのジャンクション部で許容し得る温度定格 |
| | 出力側 | 負荷電圧 | V_{OFF} | 負荷の開閉やオフ状態でリレー出力端子間に印加し得る電圧定格 交流の場合はピーク電圧 |
| | | 連続負荷電流 | I_o | 規定の温度条件のもと、オン状態でリレー出力端子間に流し得る電流定格 交流の場合はピーク電流 |
| | | オン電流低減率 | $\Delta I_o/\text{°C}$ | 周囲温度とともにオン状態でリレー出力端子間に流し得る電流の低減率 |
| | | パルスオン電流 | I_{OP} | オン状態でリレー出力端子間に瞬時的に流し得る電流定格 |
| | | 接合部温度 | T_j | 受光回路部のジャンクション部で許容し得る温度定格 |
| | 入出力間耐電圧 | V_{I-O} | 入力・出力間の絶縁耐量を保証する電圧 | |
| | 使用周囲温度 | T_a | リレーの機能を損なうことなく動作させ得る周囲温度範囲 | |
| | 保管温度 | T_{sig} | リレーに電圧を印加しない状態で保存し得る周囲温度範囲 | |
| はんだ付け温度条件 | --- | リレーの機能を損なうことなく端子をはんだ付けするための温度定格 | | |
| 電気的性能 | 入力側 | LED順電圧 | V_F | 規定の順電流値でのLEDアノード・カソード間電圧降下 |
| | | 逆電流 | I_R | LED逆方向(カソード・アノード間)に流れる漏れ電流 |
| | | 端子間容量 | C_T | LEDアノード端子・カソード端子間の静電容量 |
| | トリガLED順電流 | --- | リレーの出力状態を遷移するための入力電流の最小値。 リレーを確実に動作させるためには最大規格以上の電流で使用する必要があります。 | |
| | | I_{FT} | a接点タイプの出力MOS FETをオン状態へ移行させるに必要な入力電流 I_F の最小値 | |
| | | I_{FC} | b接点タイプの出力MOS FETをオフ状態へ移行させるに必要な入力電流 I_F の最小値 | |
| | | --- | リレーの出力状態を復帰させるための入力電流の最大値。 リレーを確実に復帰させるためには最小規格以下の電流にする必要があります。 | |
| | | I_{FC} | a接点タイプの出力MOS FETをオフ状態に復帰させるために流せる入力電流 I_F の最大値 | |
| | | I_{FT} | b接点タイプの出力MOS FETをオン状態に復帰させるために流せる入力電流 I_F の最大値 | |
| | 出力側 | 最大出力オン抵抗 | R_{ON} | 規定のオン状態におけるリレー出力端子間の抵抗値 |
| | | 開路時漏れ電流 | I_{leak} | オフ状態でリレー出力端子間に規定の電圧を印加した際に流れる漏れ電流 |
| | | 端子間容量 | C_{OFF} | 規定のオフ状態におけるリレー出力端子間の静電容量 |
| | リミット電流 | I_{LIM} | カレントリミット機能が働いた際に保持される負荷電流値 | |
| | 入出力間容量 | C_{I-O} | 入力端子—出力端子間の静電容量 | |
| 入出力間容量絶縁抵抗 | R_{I-O} | 入力端子—出力端子間に規定の電圧を印加した際の抵抗値 | | |
| 動作時間 | t_{ON} | 規定の入力LED電流を印加してから出力波形が遷移するのに要する時間 a接点タイプ：入力オフ→オン時点から出力波形が100%から10%まで遷移するのに要する時間 b接点タイプ：入力オン→オフ時点から出力波形が100%から10%まで遷移するのに要する時間 | | |
| 復帰時間 | t_{OFF} | 規定の入力LED電流を遮断してから出力波形が遷移するのに要する時間 a接点タイプ：入力オン→オフ時点から出力波形が0%から90%まで遷移するのに要する時間 b接点タイプ：入力オフ→オン時点から出力波形が0%から90%まで遷移するのに要する時間 | | |
| 等価立上り時間 | ERT | 高速信号やパルス信号に対する出力側の通過特性の指標 入力波形の立上り時間 t_{rin} 、リレーを通過した出力波形の立上り時間 t_{rou} として次の式で表され、 値が小さいほど信号の変化が少ないため良い特性とされます。 $ERT = \sqrt{(t_{rou}^2 - t_{rin}^2)}$ | | |
| 推奨動作条件 | 推奨動作条件 | --- | 高い信頼度でご使用いただくため、最大定格・電気的性能に対してディレーティングを考慮した指標。 各項目は独立した条件であり、複合条件を同時に満たすものではありません。 | |
| | 負荷電圧 | V_{DD} | ディレーティングを考慮した負荷電圧の推奨条件 交流の場合はピーク電圧 | |
| | 動作LED順電流 | I_F | ディレーティングを考慮したLED順電流の推奨条件 | |
| | 連続負荷電流 | I_o | ディレーティングを考慮した負荷電流の推奨条件 交流の場合はピーク電流 | |
| 動作温度 | T_a | ディレーティングを考慮した使用周囲温度の推奨条件 | | |
| 参考データ | MOS FETオン電圧 | V_{ON} | 出力MOS FETのオン状態における出力端子間の電圧降下 | |
| | 相対出力端子間容量 | $C_{OFF}/C_{OFF}(0V)$ | 出力端子間電圧が0Vでの出力側端子間容量を基準とした相対比 | |
| その他 | カレントリミット機能 | --- | 過電流がある値以上に達すると、負荷電流をリミット電流特性の最小-最大の間の一定値に保つ機能。 電流を一定値で抑えることで、リレーおよびリレー以降に接続されている回路部品を保護します。 | |
| | 低C×R | --- | 高周波信号や高速信号などを扱う用途での出力側の特性の指標。 Cはオフ状態の出力側端子間容量 C_{OFF} を、Rはオン状態の出力側端子間抵抗 R_{ON} を指します。 C_{OFF} が大きいとリレーがオフ状態でも信号が通過(信号漏れ、アイソレーション低下)すること やオン状態で信号の立上り時間の遅れ(波形のなまり)に、 R_{ON} が大きいと信号の通過損失(電圧 降下、インサーションロス低下)に影響します。このような用途では C_{OFF} が小さく、かつ R_{ON} が 小さい低C×R特性が重要となります。 | |

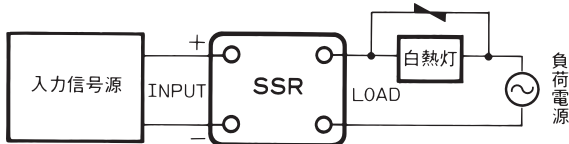
応用回路例

1. センサとの接続

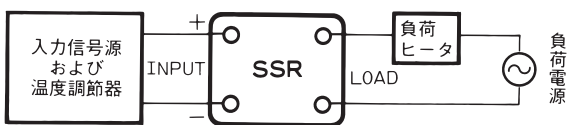
ソリッドステート・リレー(SSR)は、近接スイッチ、光電スイッチなどのセンサに直接接続できます。



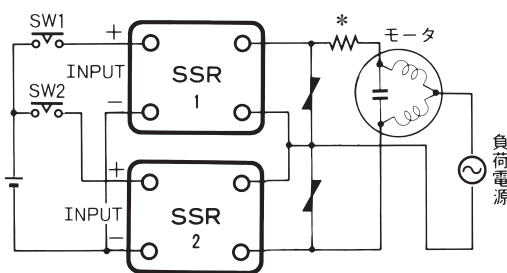
2. 白熱灯の点滅制御



3. 電気炉の温度制御

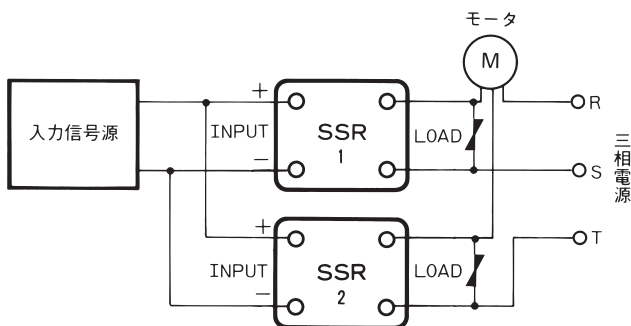


4. 単相誘導電動機の正逆運転



- 注1. SSR1、SSR2のどちらかオフしている側のソリッドステート・リレー(SSR)のLOAD端子間電圧は、LC結合により電源電圧の約2倍の電圧となるため、必ず使用電源電圧の2倍以上の出力定格電圧を有するソリッドステート・リレー(SSR)をご使用ください。
 (例) 電源電圧交流100Vの単相誘導電動機の正逆運転には、交流200V以上の出力電圧を有するソリッドステート・リレー(SSR)を使用する。
2. SW1とSW2の切り替えには、必ず30ms以上のタイムラグを持たせてください。
- * 進相コンデンサ放電電流制限抵抗。本抵抗の選定については、ご使用のモーターメーカー様へご確認をお願いします。

5. 三相誘導電動機のオン、オフ制御



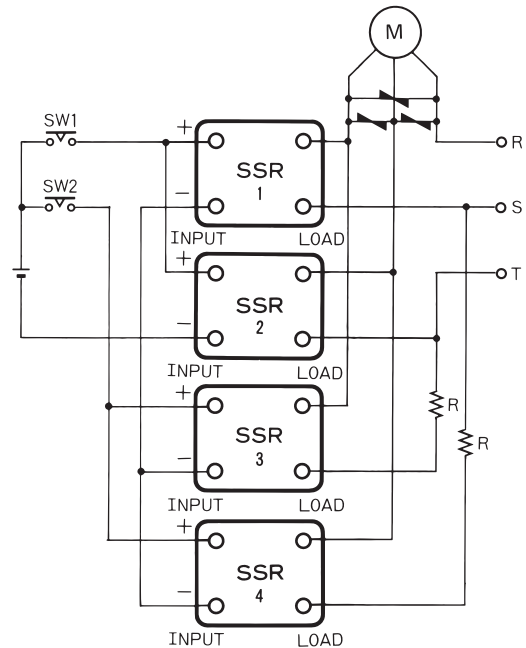
6. 三相モータの正逆運転

ソリッドステート・リレー(SSR)で三相モータの正逆運転をする場合は、ソリッドステート・リレー(SSR)の入力信号に注意してください。下図のSW1とSW2を同時に切り替えた場合、負荷側で相间短絡が発生し、ソリッドステート・リレー(SSR)の出力素子破壊の原因となります。これは、ソリッドステート・リレー(SSR)の入力端子への入力信号がなくなっても、負荷電流が0になるまで出力素子(トライアック)が導通しているためです。従って、SW1とSW2の切り替えには、必ず30ms以上のタイムラグを設けてください。

また、ソリッドステート・リレー(SSR)の入力回路へのノイズなどによるソリッドステート・リレー(SSR)の誤動作の場合も相间短絡となり、ソリッドステート・リレー(SSR)が破壊します。この場合の対策例として短絡事故を防ぐ保護抵抗Rを回路に挿入する方法があります。保護抵抗Rは、ソリッドステート・リレー(SSR)のサージオン電流耐量より決定してください。

例えば、形G3NA-220Bのサージオン電流耐量は、220A peakですから、 $R > 220V \times \sqrt{2} / 220A = 1.4\Omega$ となります。なお、回路電流・通電時間などを考慮して、消費電力の小さくなる側に入れてください。

また、抵抗の電力は、 $P = I^2 R \times \text{安全率}$ より求めてください。
 (I =負荷電流、 R =保護抵抗、安全率=3~5)

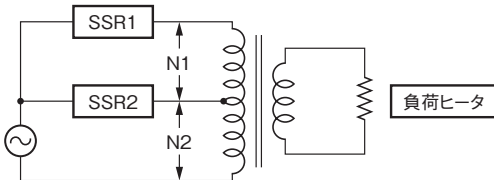


7. トランスのタップ切り替えの考え方

トランスのタップ切り替えをソリッドステート・リレー(SSR)で行う場合は、OFF側のソリッドステート・リレー(SSR)に誘起される電圧に注意ください。

誘起電圧は、巻数(≒タップ電圧)に比例します。

下図で、電源電圧200V、N1=100回、N2=100回で、SSR2がONしているとする、SSR1の両端には電源電圧の2倍の電圧400Vが印加されますので、SSR1は400V用SSRが必要となります。



8. トランス負荷の突入電流の考え方

トランス負荷時の突入電流は、相互リアクタンスが働かない2次側開放状態が最大となります。また、その最大電流は電源周波数の1/2サイクルですのでオシロスコープを用いないと測定が困難です。このため、トランス一次側の直流抵抗を測定し、突入電流を予測します。(実際は、自己リアクタンスが働くためこの計算値より少なくなります。)

$$I_{peak} = V_{peak} / R = (\sqrt{2} \times V) / R$$

仮に一次側の直流抵抗3オームのトランスを負荷電源電圧220Vで使用する場合の突入電流は、

$$I_{peak} = (1.414 \times 220) / 3 = 103.7A \text{ となります。}$$

当社のソリッドステート・リレー(SSR)のサージオン電流耐量は非繰り返し(1日1~2回程度)で規定しており、繰り返しでご利用になるこの I_{peak} の2倍のサージオン電流耐量を持ったソリッドステート・リレー(SSR)を選定ください。この場合、207.4A以上のサージオン電流耐量を持った、形G3□□-220□以上のソリッドステート・リレー(SSR)を選定ください。また、これを逆算するとソリッドステート・リレー(SSR)に応じたトランス一次側の直流抵抗値が算出できます。

$$R = V_{peak} / I_{peak} = (\sqrt{2} \times V) / I_{peak}$$

負荷電源電圧100Vの場合

| トランス一次側の直流抵抗(Ω) | 突入電流(A) | SSRのサージオン電流耐量(A) | 適用ソリッドステート・リレー(SSR) | | | |
|-----------------|---------|------------------|----------------------------------|-------|-------|--------|
| | | | 形G3P□ | 形G3NA | 形G3NE | 形G3PH |
| 4.8以上 | 30 | 60 | — | -205□ | -205□ | — |
| 1.9~4.7 | 75 | 150 | -210□ -215□ | -210□ | -210□ | — |
| 1.3~1.8 | 110 | 220 | -220□ -225□ | -220□ | -220□ | — |
| 0.65~1.2 | 220 | 440 | -235□ -240□ -245□ -260□ | -240□ | — | — |
| 0.36~0.64 | 400 | 800 | — | — | — | -2075□ |
| 0.16~0.35 | 900 | 1,800 | — | — | — | -2150□ |

トランス一次側の直流抵抗から適用ソリッドステート・リレー(SSR)の一覧を別表に示します。

なお、この一覧表は「突入電流を満足するソリッドステート・リレー(SSR)」を示しており、あわせて「トランスの定常電流が各ソリッドステート・リレー(SSR)の定格電流を満足する」ことも必要です。

〈ソリッドステート・リレー(SSR)の定格電流の見方〉

形G3□□-240□

下線2桁の数字が定常電流を表します。(この場合、40A)

形G3PHの場合のみ： 形G3PH-□075=75A、
形G3PH-□150=150A

条件1：ソリッドステート・リレー(SSR)の周囲温度(=盤内温度)は各ソリッドステート・リレー(SSR)の定格温度以内であること。

条件2：正規放熱器を取りつけた状態であること。

負荷電源電圧110Vの場合

| トランス一次側の直流抵抗(Ω) | 突入電流(A) | SSRのサージオン電流耐量(A) | 適用ソリッドステート・リレー(SSR) | | | |
|-----------------|---------|------------------|----------------------------------|-------|-------|--------|
| | | | 形G3P□ | 形G3NA | 形G3NE | 形G3PH |
| 5.2以上 | 30 | 60 | — | -205□ | -205□ | — |
| 2.1~5.1 | 75 | 150 | -210□ -215□ | -210□ | -210□ | — |
| 1.5~2.0 | 110 | 220 | -220□ -225□ | -220□ | -220□ | — |
| 0.71~1.4 | 220 | 440 | -235□ -240□ -245□ -260□ | -240□ | — | — |
| 0.39~0.70 | 400 | 800 | — | — | — | -2075□ |
| 0.18~0.38 | 900 | 1,800 | — | — | — | -2150□ |

負荷電源電圧120Vの場合

| トランス側 の直流抵抗 (Ω) | 突入電流 (A) | SSRのサージオン 電流値(A) | 適用ソリッドステート・リレー (SSR) | | | |
|--------------------|-------------|---------------------|----------------------------------|-------|-------|--------|
| | | | 形G3P□ | 形G3NA | 形G3NE | 形G3PH |
| 5.7以上 | 30 | 60 | — | -205□ | -205□ | — |
| 2.3~5.6 | 75 | 150 | -210□ -215□ | -210□ | -210□ | — |
| 1.6~2.2 | 110 | 220 | -220□ -225□ | -220□ | -220□ | — |
| 0.78~1.5 | 220 | 440 | -235□ -240□ -245□ -260□ | -240□ | — | — |
| 0.43~0.77 | 400 | 800 | — | — | — | -2075□ |
| 0.19~0.42 | 900 | 1,800 | — | — | — | -2150□ |

負荷電源電圧200Vの場合

| トランス側 の直流抵抗 (Ω) | 突入電流 (A) | SSRのサージオン 電流値(A) | 適用ソリッドステート・リレー (SSR) | | | |
|--------------------|-------------|---------------------|----------------------------------|-------|-------|--------|
| | | | 形G3P□ | 形G3NA | 形G3NE | 形G3PH |
| 9.5以上 | 30 | 60 | — | -205□ | -205□ | — |
| 3.8~9.4 | 75 | 150 | -210□ -215□ | -210□ | -210□ | — |
| 2.6~3.7 | 110 | 220 | -220□ -225□ | -220□ | -220□ | — |
| 1.3~2.5 | 220 | 440 | -235□ -240□ -245□ -260□ | -240□ | — | — |
| 0.71~1.2 | 400 | 800 | — | — | — | -2075□ |
| 0.32~0.70 | 900 | 1,800 | — | — | — | -2150□ |

負荷電源電圧220Vの場合

| トランス側 の直流抵抗 (Ω) | 突入電流 (A) | SSRのサージオン 電流値(A) | 適用ソリッドステート・リレー (SSR) | | | |
|--------------------|-------------|---------------------|----------------------------------|-------|-------|--------|
| | | | 形G3P□ | 形G3NA | 形G3NE | 形G3PH |
| 10.4以上 | 30 | 60 | — | -205□ | -205□ | — |
| 4.2~10.3 | 75 | 150 | -210□ -215□ | -210□ | -210□ | — |
| 2.9~4.1 | 110 | 220 | -220□ -225□ | -220□ | -220□ | — |
| 1.5~2.8 | 220 | 440 | -235□ -240□ -245□ -260□ | -240□ | — | — |
| 0.78~1.4 | 400 | 800 | — | — | — | -2075□ |
| 0.35~0.77 | 900 | 1,800 | — | — | — | -2150□ |

負荷電源電圧240Vの場合

| トランス側 の直流抵抗 (Ω) | 突入電流 (A) | SSRのサージオン 電流値(A) | 適用ソリッドステート・リレー (SSR) | | | |
|--------------------|-------------|---------------------|----------------------------------|-------|-------|--------|
| | | | 形G3P□ | 形G3NA | 形G3NE | 形G3PH |
| 11.4以上 | 30 | 60 | — | -205□ | -205□ | — |
| 4.6~11.3 | 75 | 150 | -210□ -215□ | -210□ | -210□ | — |
| 3.1~4.5 | 110 | 220 | -220□ -225□ | -220□ | -220□ | — |
| 1.6~3.0 | 220 | 440 | -235□ -240□ -245□ -260□ | -240□ | — | — |
| 0.85~1.5 | 400 | 800 | — | — | — | -2075□ |
| 0.38~0.84 | 900 | 1,800 | — | — | — | -2150□ |

負荷電源電圧400Vの場合

| トランス側 の直流抵抗 (Ω) | 突入電流 (A) | SSRのサージオン 電流値(A) | 適用ソリッドステート・リレー (SSR) | | | |
|--------------------|-------------|---------------------|----------------------|-------|-------|--------|
| | | | 形G3P□ | 形G3NA | 形G3NE | 形G3PH |
| 7.6以上 | 75 | 150 | — | -410□ | — | — |
| 5.2~7.5 | 110 | 220 | -420□ -430□ | -420□ | — | — |
| 2.6~5.1 | 220 | 440 | -435□ -445□ | — | — | — |
| 1.5~2.5 | 400 | 800 | — | — | — | -4075□ |
| 0.63~1.4 | 900 | 1,800 | — | — | — | -4150□ |

負荷電源電圧440Vの場合

| トランス側 の直流抵抗 (Ω) | 突入電流 (A) | SSRのサージオン 電流値(A) | 適用ソリッドステート・リレー (SSR) | | | |
|--------------------|-------------|---------------------|----------------------|-------|-------|--------|
| | | | 形G3P□ | 形G3NA | 形G3NE | 形G3PH |
| 8.3以上 | 75 | 150 | — | -410□ | — | — |
| 5.7~8.2 | 110 | 220 | -420□ -430□ | -420□ | — | — |
| 2.9~5.6 | 220 | 440 | -435□ -450□ | — | — | — |
| 1.6~2.8 | 400 | 800 | — | — | — | -4075□ |
| 0.70~1.5 | 900 | 1,800 | — | — | — | -4150□ |

負荷電源電圧480Vの場合

| トランス側 の直流抵抗 (Ω) | 突入電流 (A) | SSRのサージオン 電流値(A) | 適用ソリッドステート・リレー (SSR) | | | |
|--------------------|-------------|---------------------|----------------------|-------|-------|-------|
| | | | 形G3P□ | 形G3NA | 形G3NE | 形G3PH |
| 9.1以上 | 75 | 150 | — | -410□ | — | — |
| 6.2~9.0 | 110 | 220 | -420□ -430□ | -420□ | — | — |
| 3.1~6.1 | 220 | 440 | -450□ | — | — | — |

フェイルセーフの考え方

1. 故障モードについて

ソリッドステート・リレー(SSR)は、高ひん度開閉、高速開閉を必要とする場合に最適なリレーですが、使用条件・取り扱いを誤ると、素子破壊などの不具合の原因となります。ソリッドステート・リレー(SSR)は、半導体素子で構成されたリレーであり、サージ電圧や過電流などにて素子が破壊される故障を招きます。その際、素子の故障モードとしては、ショート故障(短絡故障)がほとんどであり、負荷のしゃ断不能の原因となります。

従って、ソリッドステート・リレー(SSR)を使用した制御回路でフェイルセーフを考える場合、負荷電源をソリッドステート・リレー(SSR)のみにてしゃ断する回路でなく、負荷電源側に設置したコンタクトあるいはブレーカにより、ソリッドステート・リレー(SSR)異常時に負荷をしゃ断する回路としてください。

例えば、ACモータを負荷とした回路にてソリッドステート・リレー(SSR)が半波故障した場合、DC励磁となり過電流がモータに流れ、モータが焼損する場合があります。こういった際には、ブレーカにより、モータへの電流をしゃ断する回路としてください。

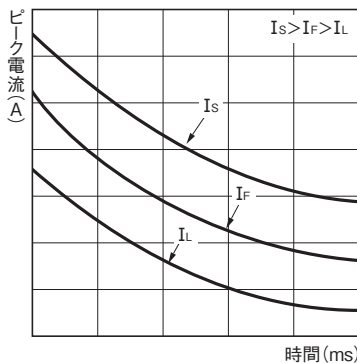
| 個所 | 原因 | 結果 |
|-----|------------|---------|
| 入力部 | 過電圧印加 | 入力素子の破壊 |
| 出力部 | 過電圧印加 | 出力素子の破壊 |
| | 過電流通電 | |
| 全体 | 周囲温度が規定値以上 | 出力素子の破壊 |
| | 放熱状態が悪い | |

2. 過電流保護について

ソリッドステート・リレー(SSR)の負荷(Load)側に短絡電流あるいは過電流が流れた場合、ソリッドステート・リレー(SSR)の出力素子が破壊されます。

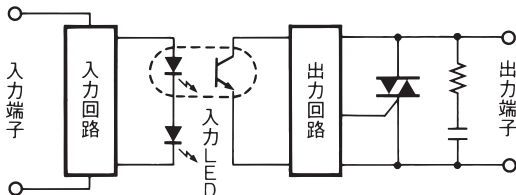
短絡保護の対策例としては、負荷と直列に速断ヒューズを付加してください。

速断ヒューズの保護協調条件としては、ソリッドステート・リレー(SSR)のサージ耐量(I_s)、速断ヒューズの限流特性(I_f)、負荷の突入電流(I_L)が下記のグラフの関係を満足するように回路設計を実施してください。



3. 動作表示灯について

下図のように動作表示灯は、入力回路への通電を表示しており、出力素子オンの表示ではありません。



放熱設計に関して

1. ソリッドステート・リレー(SSR)の発熱量

ソリッドステート・リレー(SSR)に使用されている出力半導体であるトライアック、サイリスタ、パワートランジスタはオンしたときにも、半導体内部で残留電圧があります。これが出力オン電圧降下です。このために、負荷電流が流れた時にソリッドステート・リレー(SSR)はジュール熱を発生します。この時の発熱量 $P(W)$ は

発熱量 $P(W) = \text{出力オン電圧降下}(V) \times \text{通電電流}(A)$ で計算されます。

例えば、形G3NA-210Bを用いて負荷電流8A通電したとすると

$$P = 1.6V \times 8A = 12.8W$$

となります。

パワーMOS FETを出力半導体を使用しているMOS FETリレーでは、残留電圧ではなく、オン抵抗で発熱量を計算します。

発熱量 $P(W)$ は

$$P(W) = \text{負荷電流}^2 (A) \times \text{オン抵抗} (\Omega)$$

で計算され、形G3RZで負荷電流0.5Aの場合では、

$$P(W) = 0.5^2 A \times 2.4 \Omega = 0.6W$$

となりますが、パワーMOS FETは温度によりオン抵抗が上昇する特性があります。そのため、通電中にオン抵抗が変化します。負荷電流が定格の80%以上の場合には、簡易計算法として、オン抵抗を1.5倍で計算します。

$$P(W) = 1^2 A \times 2.4 \Omega \times 1.5 = 3.6W$$

ソリッドステート・リレー(SSR)では一般に5A程度までは放熱器なしで済みますが、それ以上になると放熱器が必要になります。負荷電流が大きくなるにつれて、より大型の放熱器が必要になります。有接点リレーと比べて10A以上では放熱器を含めたサイズの差が顕著になり、小型化の点では不利になります。

2. 放熱器の選定

放熱器別取り付けのソリッドステート・リレー(SSR) (形G3NA、形G3NE、形G3PE(三相) など)では標準の放熱器が準備されており、商品カタログから負荷電流に合わせて選定ください。

例えば、

形G3NA-220B : 形Y92B-N100

形G3NE-210T(L) : 形Y92B-N50

形G3PE-235B-3H : 形Y92B-P200

となります。

市販の放熱器を使用される場合は、弊社標準の放熱器の熱抵抗よりもより小さな熱抵抗の放熱器をご使用ください。

例えば、形Y92B-N100熱抵抗の値は

$$\text{形Y92B-N100の熱抵抗値} = 1.63^\circ\text{C/W}$$

であり、この値より小さい熱抵抗の放熱器であれば(例えば 1.5°C/W)、形G3NA-220Bを定格で使用することが可能になります。

熱抵抗値とは単位熱量(W)当たりの温度上昇を示しており、その値が小さければ放熱性がよいということになります。

3. 放熱板面積の求め方

放熱器別取り付けのソリッドステート・リレー(SSR)を直接制御盤などのフレームに取りつけて使用する場合、次の注意事項が必要です。

- 一般の盤に使用される鉄系材料を放熱板として使用する場合、10A以上の連続通電はできるだけ避けてください。これはアルミ材に比べて鉄の熱伝導率が低いからです。熱伝導率(単位: $W \cdot m \cdot ^\circ C$)は材料によって異なりますが、次の通りです。

鉄系材料=20~50

アルミニウム系材料=150~220

ソリッドステート・リレー(SSR)を直接取りつける場合の放熱板としてはアルミ板のご使用を推奨します。必要放熱面積はカタログの各機種ごとのデータを参照ください。

- ソリッドステート・リレー(SSR)の取り付け面(全面)と放熱板の間に、放熱用シリコングリス(モメンティブジャパンYG6260、信越シリコンG746など)や熱伝導シートを必ずつけてください。ソリッドステート・リレー(SSR)を放熱板に取りつけただけでは空隙が存在し、ソリッドステート・リレー(SSR)からの発熱を十分放熱できず、ソリッドステート・リレー(SSR)の過熱破壊や熱劣化を起こす原因になります。なお、一般的に熱伝導シートは放熱用シリコングリスよりも放熱性が劣ります。熱伝導シートを使用される際は、負荷電流-周囲温度定格グラフより負荷電流を10%低減させることを目安としてください。

4. 制御盤の放熱設計

ソリッドステート・リレー(SSR)に限らず半導体が使用されている制御機器は、自己発熱します。半導体は周囲温度が上昇するとその故障率が大幅に増加し、10℃温度上昇すると故障率は2倍になるといわれています(アーレニウスモデル)。

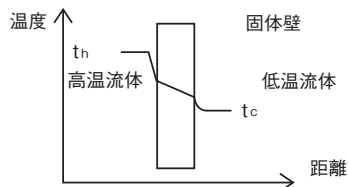
従って、制御盤内の温度上昇を押さえることは、制御機器の長期間の信頼性を確保する上で重要です。

制御盤内では様々な発熱機器が存在するため、局所的な温度上昇を考慮することは当然必要ですが、制御盤全体としての放熱設計の考え方を示します。

固体壁の両側にある高温流体と低温流体の温度をそれぞれ t_h 、 t_c とし、伝熱面積をAとした場合、固体壁を通して移動する伝熱量Qは次の式で与えられます。

$$Q = k(t_h - t_c)A$$

ここでkは熱通過係数($W/m^2^\circ C$)で、この式を熱通過の式と呼びます。



制御盤からの伝熱量が熱通過の式に従うものとして、

制御盤の平均熱通過率 $k(W/m^2^\circ C)$

制御盤内温度 $T_h(^{\circ}C)$

制御盤外温度 $T_c(^{\circ}C)$

制御盤の表面積 $S(m^2)$

とすると、制御盤から熱通過による伝熱量Qは

$$Q = k \times (T_h - T_c) \times S$$

になります。従って

制御盤内の所望温度 T_h

制御盤内の総発熱量 $P_1(W)$

必要冷却能力 $P_2(W)$

とすると必要冷却能力は次の式で計算されます。

$$P_2 = P_1 - k \times (T_h - T_c) \times S$$

空気中の一般的な固体壁で自然対流の場合、熱通過率kは4~12($W/m^2^\circ C$)になります。通常の制御盤(冷却ファンなどが全くない場合)の場合は4~6($W/m^2^\circ C$)で計算すると実際とよく一致することが、経験的に判っています。この値を使って、実際の制御盤の必要冷却能力を計算すると次のようになります。

例 ・制御盤内希望設定温度 40℃

・制御盤外温度 30℃

・制御盤サイズ 幅2.5m×高さ2m×奥行0.5mの自立型制御盤(底面部は表面積から除く)

・ソリッドステート・リレー(SSR)

形G3PA-240B 20台を30Aで連続使用

・ソリッドステート・リレー(SSR)以外の

制御機器の総発熱量 500W

制御盤内総発熱量 P_1

$P_1 =$ 出力オン電圧降下1.6V×負荷電流30A×

20台+ソリッドステート・リレー(SSR)以外の制御機器の総発熱量

$$= 960W + 500W = 1460W$$

制御盤からの放熱量 Q_2

$Q_2 =$ 熱通過率 $5 \times (40^\circ C - 30^\circ C) \times (2.5m \times 2m \times 2$

$$+ 0.5m \times 2m \times 2 + 2.5m \times 0.5m) = 662.5W$$

従って必要冷却能力 P_2 は

$$P_2 = 1460 - 663 = 797W$$

となり、制御盤表面からの放熱だけでは不十分で、797W

以上の熱量を制御盤外へ放出する処置が必要になります。

通常は必要能力の換気用のファンを設置しますが、ファンだけで冷却能力が不足する場合は、制御盤用クーラの設置します。制御盤用クーラは冷却だけでなく、防湿、防塵対策にも有効であり、長期に制御盤を使用する場合には、非常に有効です。

軸流ファン オムロン製 形R87B/F/Tシリーズ

制御盤用クーラ アピステ製 ENCシリーズ

5. 冷却装置の種類

換気用軸流ファン

通常の換気冷却に使用します。
当社では形R87F、形R87TなどのAC軸流ファン・シリーズの商品を用意しています。



熱交換器

制御盤内の熱をヒートパイプで放出する構造となっており、制御盤内と盤外を隔離できるため、塵埃の多い場所やオイルミストがある場所でもご使用いただけます。

※当社では商品の用意はしておりません。



制御盤用クーラ

最も高い冷却能力を実現できるとともに制御盤内と盤外の隔離による防塵効果や除湿効果も併せ持っています。

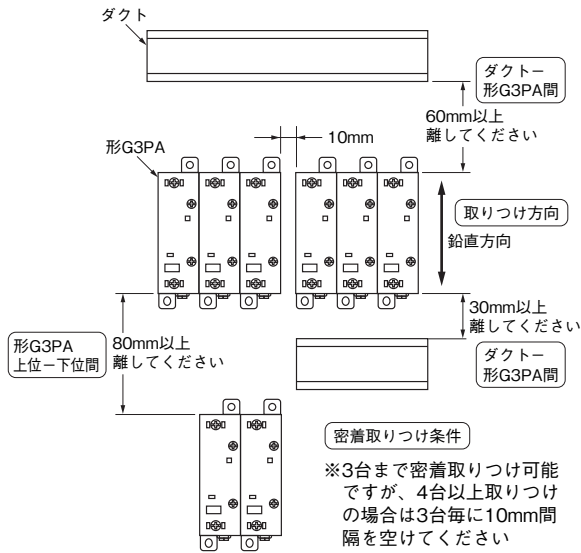
※当社では商品の用意はしておりません。



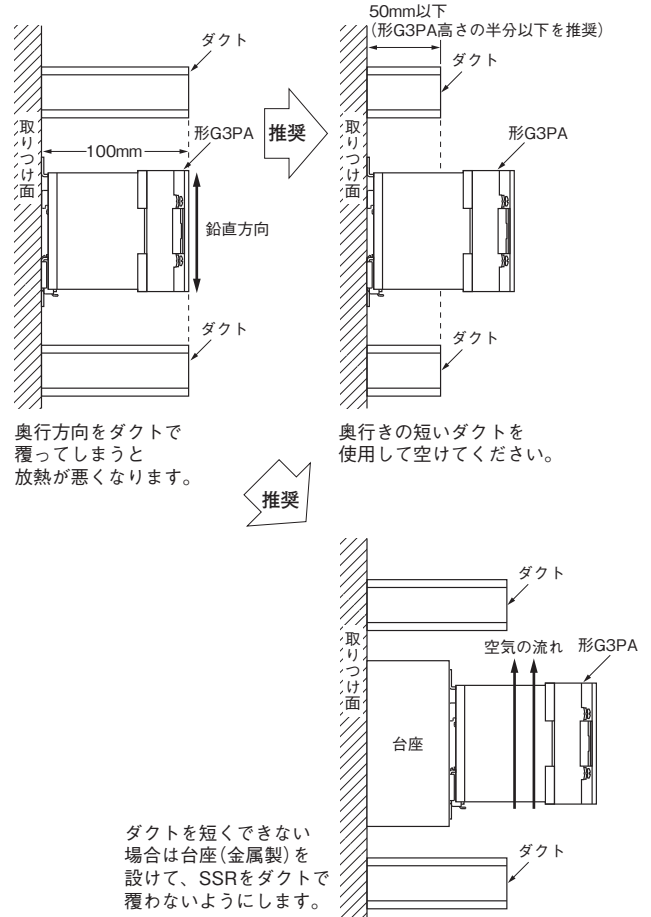
制御盤への取り付け方について

密閉された盤ですとソリッドステート・リレー(SSR)から発生した熱が内部にこもり、ソリッドステート・リレー(SSR)の通電能力が低下するばかりか、他の電子機器にも悪影響を与えます。必ず盤の上部と下部に通風用の穴を設けてご使用ください。形G3PAでの推奨例を以下に示します。下記例は、目安ですので最終的に4項の「設置後の確認」を実施ください。

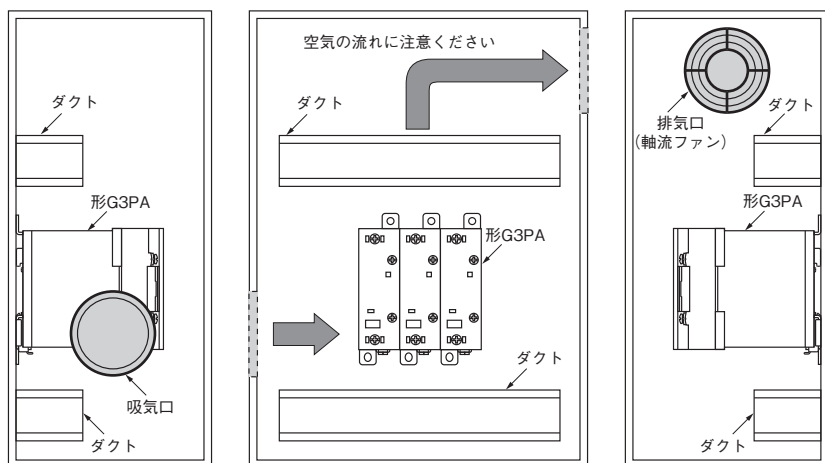
1. ソリッドステート・リレー(SSR)の取り付け間隔 (盤内取り付け条件)



2. ソリッドステート・リレー(SSR)とダクトの関係 (ダクト奥行)



3. 制御盤外への換気方法



※吸気口あるいは排気口がフィルタ付きの場合、目詰まりによる効率低下を防ぐために定期的な清掃を行ってください。
 ※吸気口や排気口の内・外の周辺は吸気・排気の障害となるような物を置かないようにしてください。
 ※熱交換器使用時は、形G3PA前面の位置に取りつけるほうが効果的と思われます。

4. 設置後の確認

前記条件は、当社で確認した代表例です。ご使用環境により異なる場合がありますので、最終的に通電中の周囲温度を測定していただき、形式ごとに規定されている「負荷電流－周囲温度定格」を満足していることを確認してください。

周囲温度測定条件

- (1) 制御盤内の温度が最も高くなる通電条件とし、周囲温度が飽和した状態で測定してください。
- (2) 周囲温度測定位置は図1を参照してください。もし、測定距離100mm以内にダクトや他の機器がある場合は図2を参照してください。また、側面温度が測定できない場合には、図3を参照してください。

- (3) 盤内に2段以上、ソリッドステート・リレー(SSR)を取りつけている場合には、全段の周囲温度を測定し、最も温度が高いところを基準にしてください。ただし、測定条件が上記に当てはまらない場合には、別途、お問い合わせください。

周囲温度の定義
 ソリッドステート・リレー(SSR)は自然対流による放熱を基本としています。このため、周囲温度はソリッドステート・リレー(SSR)の放熱を行う空気の温度を周囲温度とします。

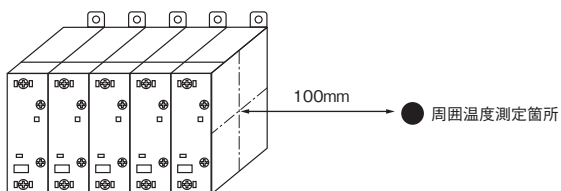


図1 周囲温度の測定位置(基本)

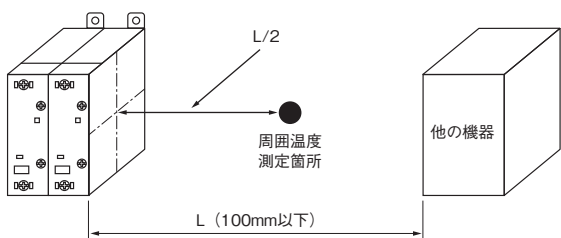


図2 ダクトや他の機器がある場合の測定位置

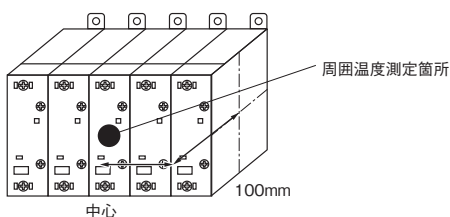


図3 側面の周囲温度が測定できない場合

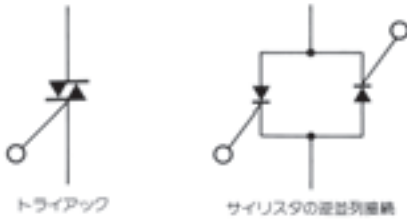
よくある質問集

ソリッドステート・リレー(SSR)の構造と機能について

? サイリスタとトライアックとの相違について教えてください。



抵抗負荷については同じです。
ただ、誘導負荷ではサイリスタの逆並列の方が有利になっています。
ソリッドステート・リレー(SSR)にはスイッチング素子にトライアックを使用した場合と、サイリスタの逆並列接続使用した場合があります。

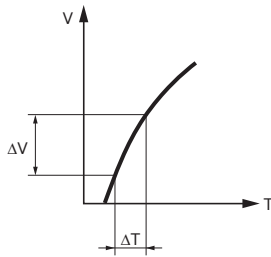


急激な立ち上がりや立ち下がりに素子が追従できるかどうかの特性に、サイリスタとトライアックでは違いがあります。

この特性は dv/dt (単位 $V/\mu s$)で表します。この値はサイリスタ>トライアックとなっています。

誘導負荷でも3.7kWクラスのモータまでは、十分トライアックで開閉可能ですしトライアック1素子でサイリスタの逆並列と同等の機能を有するので、ソリッドステート・リレー(SSR)の小型化にも貢献します。

注. dv/dt : 電圧上昇率



$\Delta V / \Delta T = dt$: 電圧上昇率

| | 抵抗負荷 | | 誘導負荷 | |
|---------|-------|--------|---------|----------|
| | 40A以下 | 40A超える | 3.7kW以下 | 3.7kW超える |
| トライアック | ○ | ○ | ○ | △ |
| サイリスタ×2 | ○ | ○ | ○ | ○ |

? シリコングリスとは何ですか？



シリコングリスとは一般的に、放熱用シリコングリス(放熱用コンパウンド)と呼ばれるものをいいます。これは、通常のシリコングリスより熱電導率が5~10倍高くなっています。

シリコングリスはソリッドステート・リレー(SSR)のように発熱する部品から放熱板への伝熱をよくすることを目的に、伝熱の妨げになる空隙を埋めるために使用します。

また、シリコングリスを塗布しないと熱が十分放熱されず、ソリッドステート・リレー(SSR)が加熱破壊や熱劣化を起こす原因となります。

●放熱用シリコングリスの例

モメンティブジャパン YG6260
信越シリコーン G746、G747



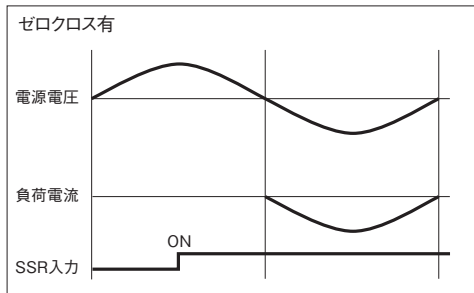
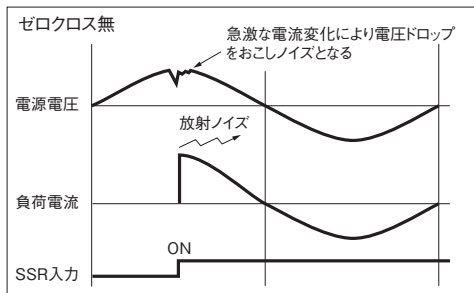
ゼロクロス機能とは？



ゼロクロス機能交流は、負荷電圧のゼロボルト付近でONすることにより、急激な負荷電流の立ち上がり時に発生するノイズを抑えます。

ノイズには電源ラインに直接のものと、空間へ放射されるものがあり、この双方にゼロクロス機能は効果があります。

また、ランプのON時など、大変大きな突入電流が流れますが、ゼロクロス機能を持った負荷電流が必ずゼロボルト付近からONしますので、ゼロクロス機能のないソリッドステート・リレー(SSR)に比べると突入電流を抑えることができます。



サージオン電流の非繰り返しとは何ですか？

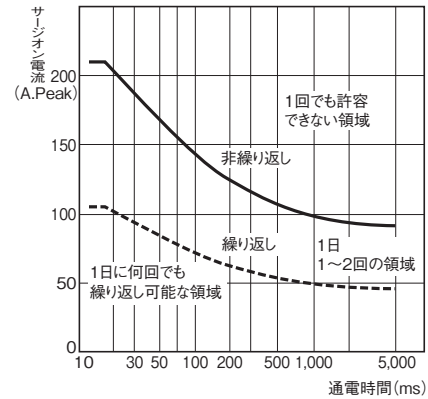


カタログに記載しているサージオン電流耐量は、非繰り返しとなっています。これは素子の絶対最大定格の考え方と同じで、一回でもこのレベルを超えた電流値には、耐えることができないということです。

従って、通常のON・OFFでサージオン電流が流れる場合、繰り返しの耐量(非繰り返し×1/2)以下であるということを確認してください。ソリッドステート・リレー(SSR)をサージオン電流耐量の1/2以下でお使いの場合、有接点リレーのような接点の摩耗による劣化はありません。しかし、ON・OFFが連続的に繰り返され、定格電流を越える電流が頻繁に流れると、ソリッドステート・リレー(SSR)が発熱し故障の原因となります。ソリッドステート・リレー(SSR)が高温にならないようご注意ください。

非繰り返し以下で繰り返し以上のサージオン電流は、1日1~2回(1日に1回、装置に電源を入れるケース等)程度が目安です。

形G3NE-220T



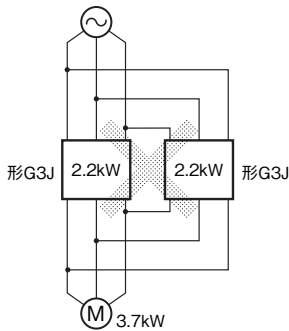
ソリッドステート・リレー(SSR)の接続・回路について

? ソリッドステート・リレー(SSR)の出力側の並列接続(OR回路)はできますか？



並列接続は可能です。
主に、オープンモード故障の補償のために用います。出力ONの電圧降下に差があるため、通常はどちらか片方のソリッドステート・リレー(SSR)だけがONし、もう片方のソリッドステート・リレー(SSR)はOFF状態となります。
従って、並列接続により負荷電流を大きくすることはできません。
通電中にON状態のソリッドステート・リレー(SSR)がオープン状態になると、もう片方のソリッドステート・リレー(SSR)に電圧が加わってON状態となり、通電を維持します。

・複数台のソリッドステート・リレー(SSR)を並列接続し、容量を超える負荷を運転することはできません。故障の原因になります。

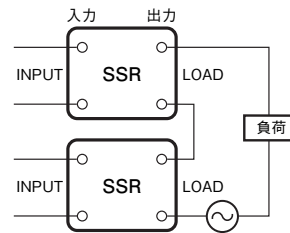


例.
2.2kW用SSRを2台並列接続して3.7kWヒータを制御することはできません。

? AC 負荷開閉用ソリッドステート・リレー(SSR)の出力側の直列接続(AND回路)はできますか？



直列接続は可能です。
主に、ショートモード故障の補償のために用います。また、サージ電圧についてそれぞれのソリッドステート・リレー(SSR)で分担することになり、過電圧が分圧され、ソリッドステート・リレー(SSR)の負担が軽減されます。
しかし、直列接続の時は、使用電圧を高くすることはできません。
動作時間や復帰時間の差により、開閉時に負荷電圧の分担ができないからです。



? AC400Vの負荷をAC200V用ソリッドステート・リレー(SSR)の直列接続で使用できますか？

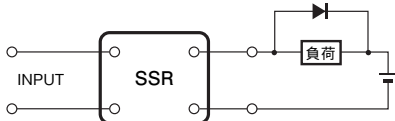


使用できません。
2個のソリッドステート・リレー(SSR)の動作時間がわずかに違うため、瞬間的ではありますが、遅れてONするソリッドステート・リレー(SSR)にAC400Vが印加されます。

? 直流負荷用ソリッドステート・リレー(SSR)のサージ吸収回路は、どうしたらよいですか？



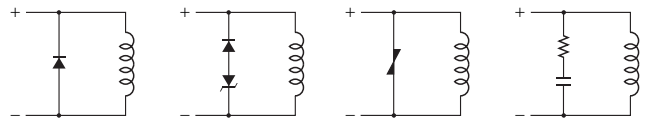
直流負荷開閉形ソリッドステート・リレー(SSR)の出力側ノイズ・サージ対策について。
ソレノイド・電磁弁などのL負荷を接続される場合は、逆起電圧防止ダイオードを接続してください。
ソリッドステート・リレー(SSR)の出力素子の耐電圧を超えた逆起電圧がかかった場合、ソリッドステート・リレー(SSR)の出力素子の破壊の原因となります。
対策としては、表1の素子を負荷と並列に挿入します。(下図参照)



吸収素子のうち、ダイオード方式が逆起電圧を抑制する効果が最も高くなります。ただしソレノイドや電磁弁の復帰時間は長くなります。実使用回路にてご確認の上、ご使用ください。
なお、復帰時間を短くする対策としては、ダイオードとツェナーダイオードを使用する方法があります。この場合、ツェナーダイオードの、ツェナー電圧(Vz)を高くすればするほど復帰時間は短くなります。

表1. 吸収素子例

| 吸収素子 | | | | |
|------|-------|-----------------|------|----|
| | ダイオード | ダイオード+ツェナーダイオード | バリスタ | CR |
| 効果 | ○ | ○ | △ | × |



参考

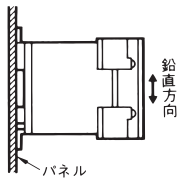
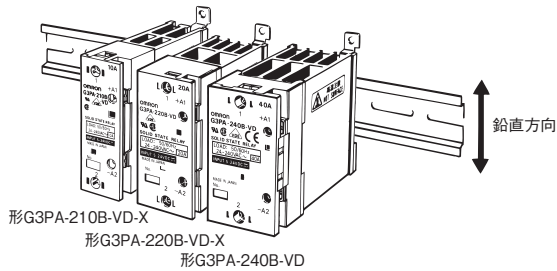
- ①ダイオードの選定方法
耐電圧 = $V_{RM} \geq \text{電源電圧} \times 2$
順電流 = $I_F \geq \text{負荷電流}$
 - ②ツェナーダイオードの選定方法
ツェナー電圧 = $V_z < (\text{SSRのコレクター-エミッタ間電圧}) - (\text{電源電圧} + 2V)$
ツェナー・サージ電力 = $P_{RSM} > V_z \times \text{負荷電流} \times \text{安全率}(2 \sim 3)$
- 注. ツェナー電圧(Vz)が高くなるとツェナーダイオードの容量(Prsm)が大きくなります。

ソリッドステート・リレー(SSR)の取り付け方法について

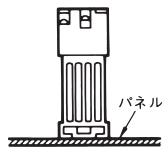
? ソリッドステート・リレー(SSR)の取り付け方向性はありますか？



ソリッドステート・リレー(SSR)は半導体素子で構成されており、稼動部のあるメカニカルリレーのように重力による特性の変化はありません。しかし、放熱効果が変化することにより通電電流が制限されることがあります。正規取り付け方向は鉛直取り付けです。やむを得ず平面取り付けにする場合は、カタログ記載データを確認ください。データの記載がないものは、定格負荷電流を30%以上低減してご使用ください。



鉛直取り付け
・正規取り付け方向は、鉛直取り付けです。



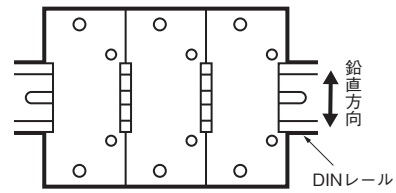
平面取り付け
・平面取り付けの場合、負荷電流-周囲温度定格グラフより負荷電流を30%低減してください。

? 密着取り付け密集取りつきの注意はなにかありますか？



密着取り付けの場合、カタログ記載のデータを確認ください。データ記載のないものは、負荷電流を70%以下に低減してご使用ください。密集取りつきの場合は、1列並びの場合10mmの間隔を空けた状態で100%通電可能と考えてください。多列並びの密集取り付けは個別にソリッドステート・リレー(SSR)の温度上昇を確認する必要があります。ただし、放熱器付のソリッドステート・リレー(SSR)では左右方向の密着取り付けでは80%に低減してください。なお、詳細は個別のカタログを参照ください。

形G3PA

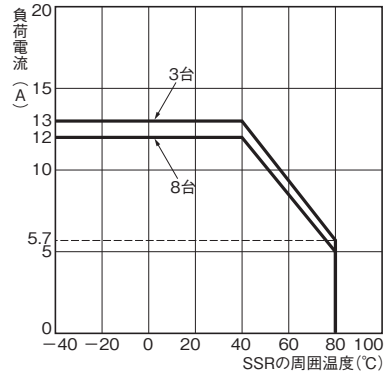


・3台までは密着取り付けも可能です(80%に低減)

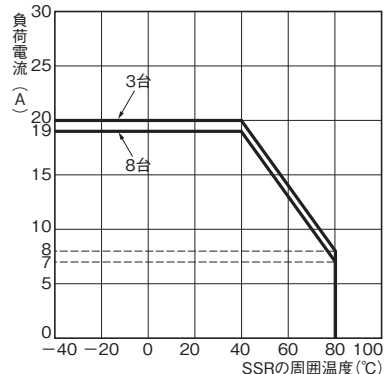
形G3PE

●密着取り付け(3台、8台)

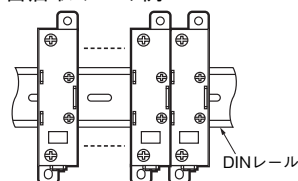
形G3PE-215B



形G3PE-225B



密着取り付け例



ソリッドステート・リレー(SSR)の故障事例・注意点について

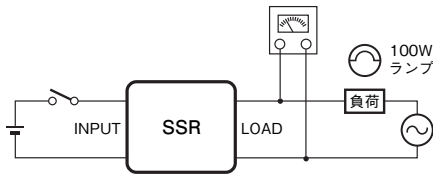
? ソリッドステート・リレー (SSR) の故障をチェックしたいのですが、テスターでソリッドステート・リレー (SSR) の導通を確認できますか？



導通は確認できません。
 テスターの導通チェックでは、テスターの内部回路電圧、電流が低いためソリッドステート・リレー(SSR)の内部に使用している半導体素子(トライアック、サイリスタ)の動作を確認することができません。
 なお、下記の方法のように負荷を接続すれば故障チェックができます。

●測定方法

負荷と電源を接続した状態で、入力をON・OFFさせた時のLOAD端子の電圧を測定します。
 ソリッドステート・リレー(SSR)のOFF時は電源電圧に近い値、ON時は約1V程度の電圧が出てきます。
 また模擬負荷として100W程度の電球を使用すると容易に動作確認ができます。(ただし、電球の容量はソリッドステート・リレー(SSR)の定格範囲内のものをお使いください)



? ソリッドステート・リレー (SSR) はどのような故障モードが多いのですか？



オムロンのデータでは過電圧・過電流によるショート故障モードが大半を占めています。なお、これは出力動作で判断しているもので、入力側のショートオープンも故障モードとしてあります

| | 故障モード | 負荷故障状態 |
|----|----------------------|--------|
| 入力 | ショート | ONしない |
| | オープン | |
| 出力 | ショート8割 (出カトライアック) | OFFしない |
| | オープン2割 (出カトライアック) | ONしない |



単相モータの正逆運転の留意点は？



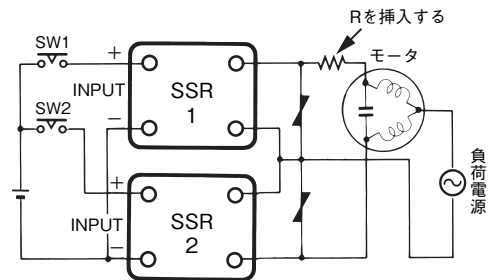
コンデンサモータ開閉におけるソリッドステート・リレー(SSR)の選定について。

| 単相100V | 推奨ソリッドステート・リレー (SSR) の負荷電流 | 正逆運転時の保護 R |
|--------|----------------------------|----------------|
| 25W | AC2~3A | R=6Ω 10W |
| 40W | | |
| 60W | AC5A | R=4Ω 20W |
| 90W | | R=3Ω 40~50W |

| 単相200V | 推奨ソリッドステート・リレー (SSR) の負荷電流 | 正逆運転時の保護 R |
|--------|----------------------------|--------------|
| 25W | AC2~3A | R=12Ω 10W |
| 40W | | |
| 60W | AC5A | R=12Ω 20W |
| 90W | | R=8Ω 40W |

●正逆運転に関する注意点

(1) 下図においてSSR1とSSR2が同時にONした場合コンデンサの放電電流*i*がソリッドステート・リレー(SSR)を破壊することがあります。
 従ってSSR1とSSR2の切替時は必ず30ms以上のタイムラグを取ってください。
 また外来ノイズ、モータの逆起などによるソリッドステート・リレー(SSR)の誤動作が懸念される場合、SSR1かSSR2のいずれか使用率の低い方と直列に放電電流*i*を抑制するRを挿入してください。
 そしてソリッドステート・リレー(SSR)の誤動作を抑制する方法としては、各ソリッドステート・リレー(SSR)と並列にCRアブソーバ (0.1μF 630V+22Ω 2W) を挿入する方法があります。



(2) 同じく正逆運転時におきまして、OFFしている側のソリッドステート・リレー(SSR)の両端には、モータのLC共振により最大で電源電圧の2倍の電圧が印加されることがあります。
 ソリッドステート・リレー(SSR)の選定においては、この電圧がソリッドステート・リレー(SSR)の定格負荷電圧をこえないようご注意ください。(OFF側のソリッドステート・リレー(SSR)に印加される電圧を実測し、使用の可否を判定する必要があります)

(リレー同一形状)パワー MOS FETリレーについて

? ソリッドステート・リレー(SSR)とパワー MOS FETリレーにはどのような違いがありますか?

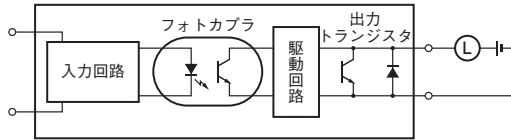


ソリッドステート・リレー(SSR)とパワー MOS FETリレーには大きく2つの違いがあります。

(1) ソリッドステート・リレー(SSR)には直流用と交流用があります。

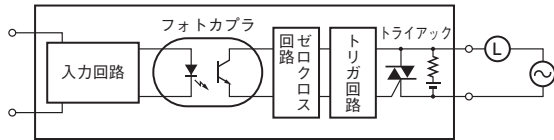
直流用

(例：形G3HD-X03)



交流用

(例：形G3H)

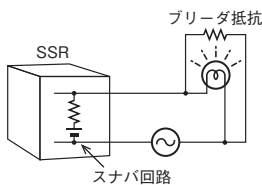


パワー MOS FETリレーは、
直流負荷、交流負荷のどちらでも使用可能です。

(2) ソリッドステート・リレー(SSR)と比較して漏れ電流が小さい

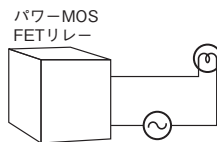
ソリッドステート・リレー(SSR)

漏れ電流によりランプが暗点灯します。これを防止するためにフリーダ抵抗を付加します。ソリッドステート・リレー(SSR)は、出力素子保護のためスナバ回路が必要となります。



パワー MOS FETリレー

漏れ電流が微小($10\mu\text{A}$ 以下)のため、ランプの暗点灯はありません。これは、出力素子のMOS FETの保護にスナバ回路が不必要なためです。MOS FETの保護にはバリスタを用いています。

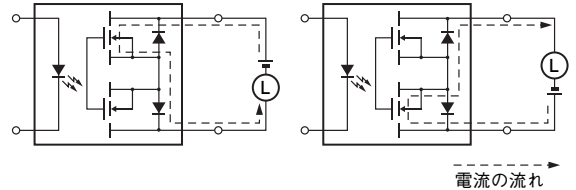


フリーダ抵抗が不要となるため、
回路の簡略化、工数削減が図れます。

? パワー MOS FETリレーはどうしてAC/DC負荷が共用できるのですか?



下の図のようにパワー MOS FETリレーは、2個の MOS FETを直列接続しているため負荷電源の接続方向を選びません。また、パワー MOS FET素子の耐電圧も高いため、1サイクル毎に極性の変わるAC負荷でも使用できます。



? パワー MOS FETリレーの用途例について教えてください。



- (1) リレーにつながる負荷が交流か直流か分からない用途
(使用例) ロボットコントローラの警報出力
- (2) 内部で全波整流された電磁バルブなどの負荷で、高頻度開閉にてリレー(例：形G2R)を頻繁に取り替えられている用途
リレーと比べて長寿命のため取り替え頻度が少なくなります。
形G3RZは形G2R-1-Sと端子配置(b接点以外)に互換性がありますので、差し替えが可能です。
注。入力電圧種別、極性および出力の容量にご注意ください。
- (3) DC高電圧の負荷用途
DC100V 1A抵抗負荷をリレーで開閉するためには形MM2XP相当のリレーが必要です。
しかし、パワー MOS FETリレー形G3RZはこのサイズにて開閉可能です。
- (4) フリーダ抵抗を用いてソリッドステート・リレー(SSR)を使用している用途
パワー MOS FETリレーは漏れ電流 $10\mu\text{A}$ と微小のためフリーダ抵抗は不要です。

メンテナンスの目安

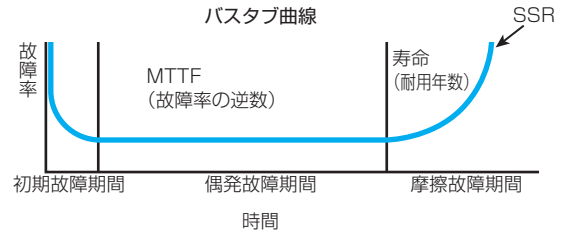
ソリッドステート・リレー(SSR)は一般的なリレーとは異なり、開閉素子に半導体を使用しているため機械的な接点がありません。また、信号の伝達を電子回路で行うため、駆動部がなく機械的な摩擦も生じません。このため、ソリッドステート・リレー(SSR)の耐用年数については、使用している素子の耐用年数に加え、はんだ付け部、構成材料の劣化という考え方が必要です。オムロンでは、一般的にバスタブ曲線で故障率が高くなり始める摩擦故障期間(ソリッドステート・リレー(SSR)の場合は劣化が顕在化し始める期間)へ移行する時期をソリッドステート・リレー(SSR)の耐用年数と考え、ご使用環境によって変化しますが、約10年と推定しています。

●電子部品・電子機器のバスタブ曲線について

電子部品、電子機器製品は、正しく使用していても長年の周囲環境の温度変化や部品の発熱による温度変化などが要因となる熱ストレスにより接合部や構成材料の劣化、LEDの発光効率の低下などの特性変化が生じます。

このため、一般的に出荷後の電子部品、電子機器製品の故障率はバスタブ曲線になるといわれます。

ソリッドステート・リレー(SSR)の耐用年数についても、バスタブ曲線にあてはめて考えます。



- ①初期故障期間
故障率が減少する期間
(設計不良・製造不良・部品の偶発故障)
- ②偶発故障期間
故障率が一定に保たれている期間
- ③摩擦故障期間
故障率が増加する期間

●ソリッドステート・リレー(SSR)の耐用年数(期待値)について

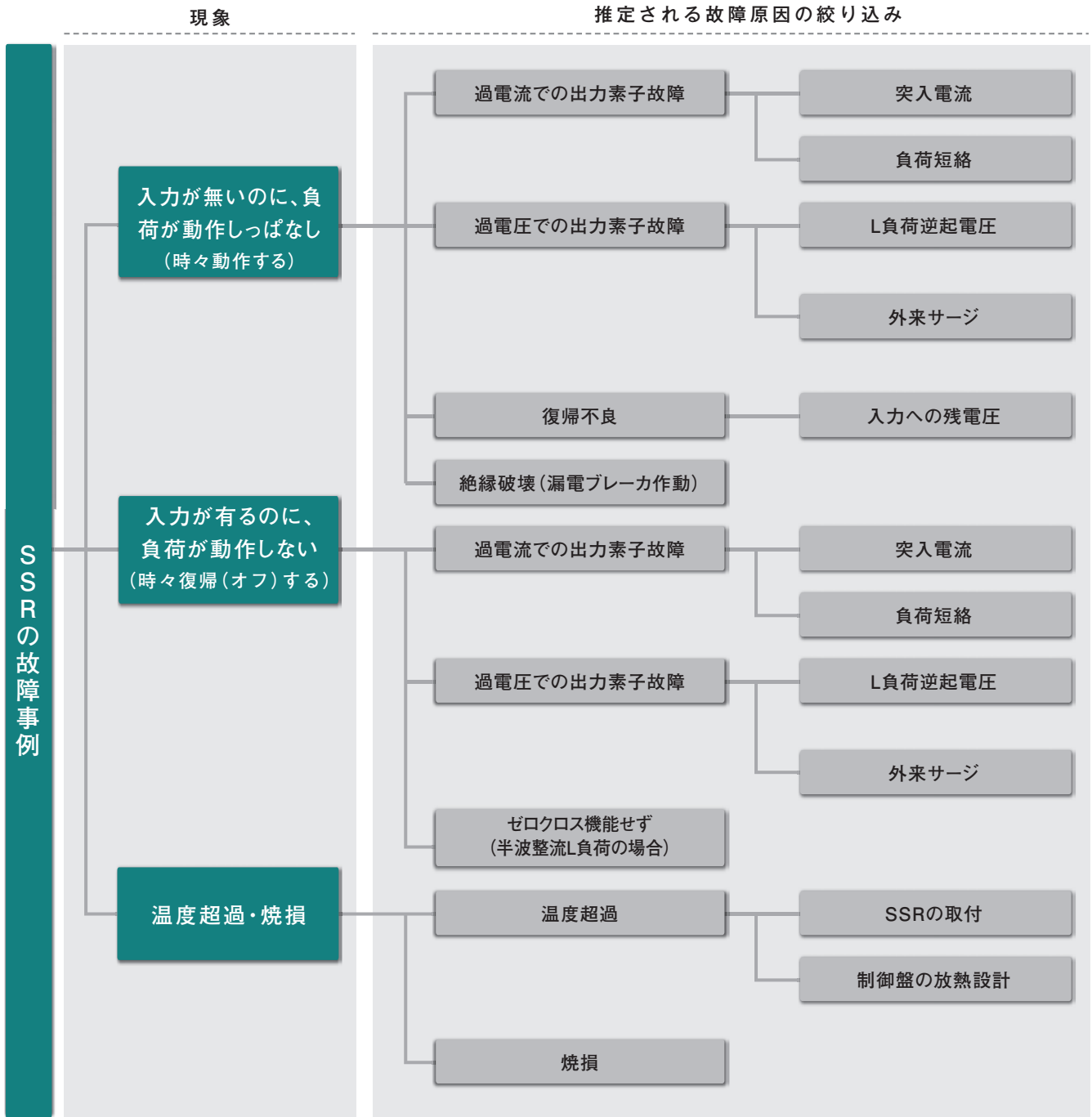
オムロンでは、ソリッドステート・リレー(SSR)を定格内でご使用になった場合の耐用年数が10年以上となるように、考慮した設計をしております。

*耐用年数については、弊社試験基準に基づき算出しておりますので、ご使用環境により変化することをあらかじめご了承ください。

| バスタブ曲線 故障形態 | 原因 | 故障要因 | 保守/メンテナンス 方法 | 保守期間の目安 | 備考 |
|----------------|---------------------------|--|--|-----------------------------|---|
| 初期・ 偶発故障期間 | 負荷要因 | 過電圧 ・雷サージ、逆起電圧 など | 交換 | 故障発生時 | |
| | | 過電流 ・サージオン電流、負荷短絡、地絡 など | | | |
| | 使用環境の悪化 (温度条件) | 放熱環境の低下 ・換気窓の目詰まり ・換気用ファン、盤クーラーなどの故障 ・ソリッドステート・リレー(SSR)用 放熱器(フィン)の汚れ など | 定期的な点検・清掃に よる放熱環境の維持 *低下すると、劣化または 金属疲労の加速要 因となる。 | — *使用環境によって 任意に設定 | 使用箇所の放熱環境を把握して おく必要がある ・取付状態、周囲温度、環境 ・空気の対流を考慮した配置 など |
| | 電子部品の 偶発故障 | 電子部品(半導体)の偶発的な故障 ・使用している部品(電子部品)の製造不 良または、初期故障 | 交換 | 故障発生時 | |
| | 製造不良 | メーカー起因の不良 ・製造工程での製造不良 ・設計ミスによる故障 | 交換 | 故障発生時 | |
| 摩擦故障期間 | 絶縁劣化 | ソリッドステート・リレー(SSR)端子部 周辺の汚れによる絶縁劣化 湿気が高いと絶縁劣化を助長する | 定期的な点検・清掃に よる絶縁性能の維持 | — *使用環境によって 任意に設定 | |
| | 接合部の金属疲労 または はんだの劣化 | 熱膨張係数の異なる材料を接合している ため、長年の温度変化による応力の蓄積 によって金属疲労が生じる | 交換 | 10年 *使用環境にあった 定期点検を推奨 | 放熱環境や、負荷率などのご使 用環境により変化する |

トラブルシューティング

ソリッドステート・リレー(SSR)の故障事例

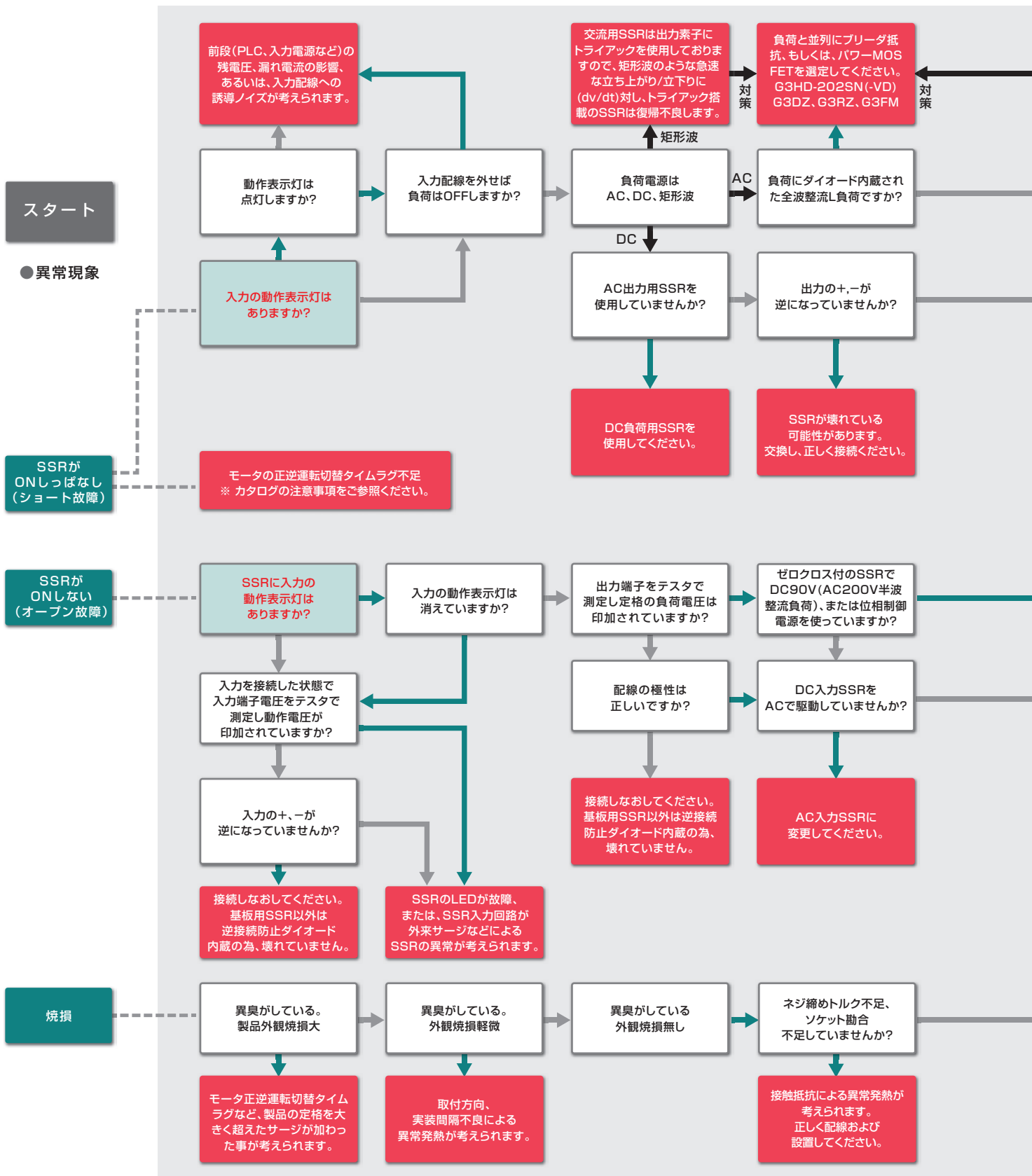


注意事項

故障事例によっては、ソリッドステート・リレー(SSR)の解析が必要となる場合が生じることを、あらかじめご了承ください。
 故障事例・対策内容の詳細は、「**リレーの不具合 原因と対策 The 解決(SSR編) テクニカルガイド**」(カタログ番号: SGFR-331)をご覧ください。

ソリッドステート・リレー(SSR)の異常調査フロー

YES → NO →



注意事項

故障事例によっては、ソリッドステート・リレー(SSR)の解析が必要となる場合が生じることを、あらかじめご了承ください。
故障事例・対策内容の詳細は、「リレーの不具合 原因と対策 The 解決(SSR編)テクニカルガイド」(カタログ番号: SGFR-331)をご覧ください。

