

# ソリッドステート・リレー テクニカルガイド

		商品セレクション
ソリッドステート・リレー 概要	148	共通の注意事項
ソリッドステート・リレー 用語の説明	151	ヒータ用ソリッド ステート・リレー
ソリッドステート・リレー 使用上の注意	152	三相モータ用 ソリッドステート コンタクタ
ソリッドステート・リレー トラブルシューティング	158	リレー同一形状 ソリッドステート リレー
ソリッドステート・リレー Q&A	160	
ソリッドステート・リレー 施工・保守・点検	162	テクニカルガイド

# ソリッドステート・リレー テクニカルガイド

各商品につきましては、  
1ページをご覧ください。

## ソリッドステート・リレー 概要

### ■ソリッドステート・リレー(SSR)とは

#### ●SSRと有接点リレーの違い

SSRとは、ソリッドステート・リレー(Solid State Relay)の略で、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。また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。

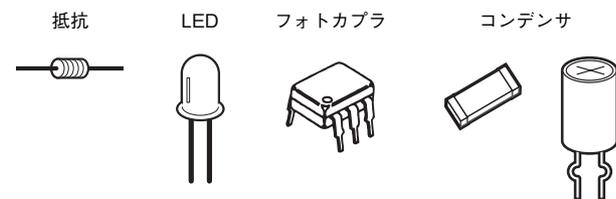
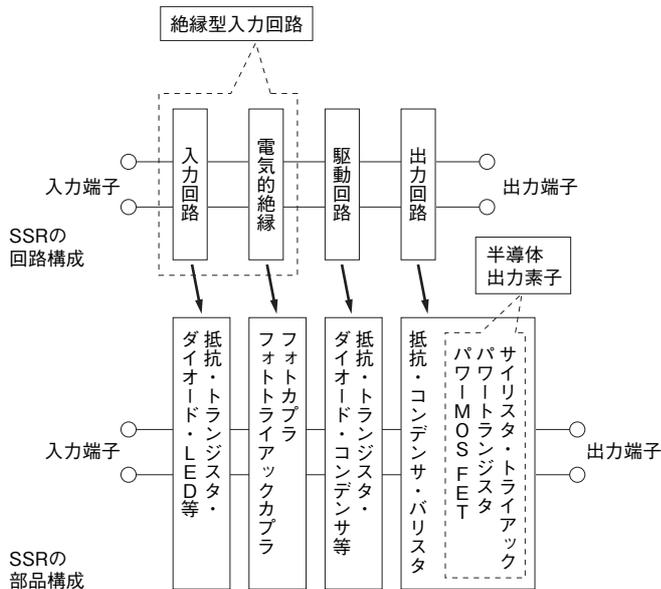
SSRは、接点のない電子部品で作られているため、有接点にはない多くの特長を持っています。中でも、有接点リレーのような開閉による接点の消耗がないことが最大の特長です。

特に、●高速・高頻度開閉に対応できる

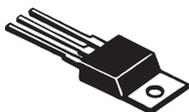
- 接触不良がない
- ノイズ発生が小さい
- 動作音がない

など幅広い分野での用途に適しています。

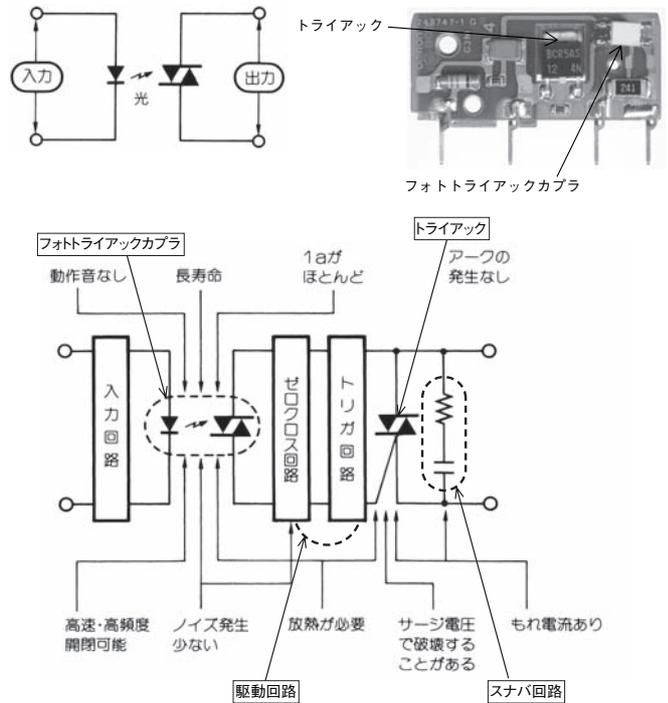
### ソリッドステート・リレー(SSR)の構成



パワートランジスタ(DC負荷用)  
パワーMOS FET(AC, DC負荷用)  
サイリスタ(AC負荷用)  
トライアック(AC負荷用)

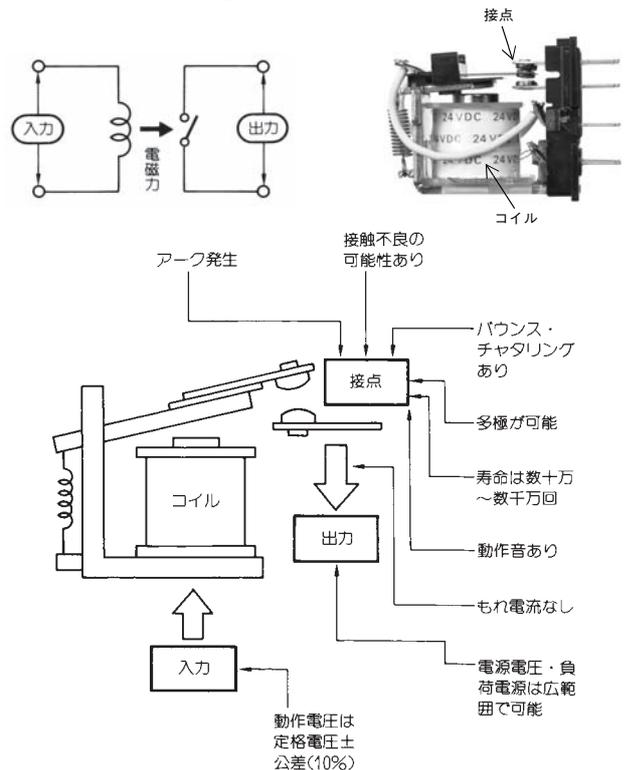


### ソリッドステート・リレー(SSR) (交流負荷開閉の代表的な例)



### 電磁リレー(EMR: Electro Magnetic Relay)

コイルに入力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。制御盤だけでなく広く使用されています。しかも原理も簡単でローコストに仕上げるすることができます。



### ●SSRの制御(ON/OFF制御、サイクル制御、最適サイクル制御、位相制御)

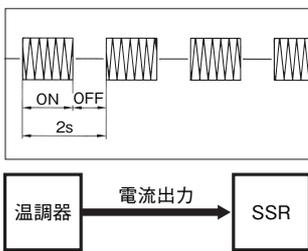
ON/OFF制御は温度調節器の電圧出力信号を受け、SSRをON/OFFすることでヒータをON/OFFする制御です。電磁リレーでも同様の制御は可能ですが、数秒間隔でON/OFFする制御で年間使用する場合は、SSRが必要になります。

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を受けて制御します。

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。

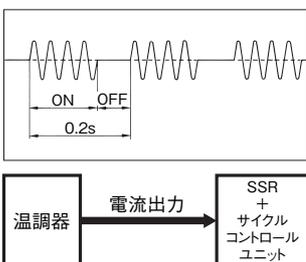
ゼロクロス機能(ゼロクロス精度)自体は従来のゼロクロス制御と同じですが、従来のゼロクロス制御が制御周期の中の一定時間連続してONするのに対し、半サイクルごとにON/OFFが切り替えられるので出力精度が向上できます。

#### ON/OFF制御



ローコスト・ノイズレスでメンテナンスフリーを実現。

#### サイクル制御



ノイズレスで高速応答可能。

#### サイクル制御(最適サイクル制御)での注意点

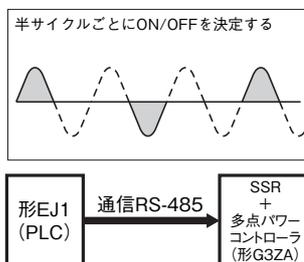
サイクル制御を行うと1秒間に5回(制御周期0.2sのため)突入電流が流れる事になります。

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) SSRの定格に余裕がないと、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。

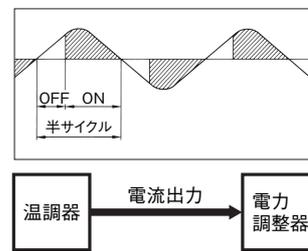
位相制御は温度調節器の電流出力4~20mAの信号を受け半サイクルごとに出力量を変化させる制御です。高精度な温度制御が可能であり、半導体製造装置に多く使われています。

#### 最適サイクル制御(高精度ゼロクロス制御)



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。

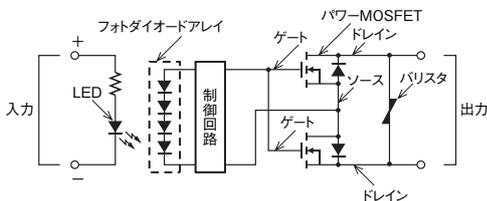
#### 位相制御(単相タイプの場合)



精密な温度制御が可能。ヒータの高耐久性化を実現。

### ●MOS FETリレーの構成と動作原理

MOS FETリレーは出力素子にパワー MOS FETを使用したSSRです。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います。電流が入力端子に流れるとLEDが発光します。この光でフォトダイオードアレイに光起電力を発生させ、これがゲート電圧となってパワー MOS FETをオンさせます。2個のパワー MOS FETをソースコモンで接続することで、AC負荷の制御が可能になります。DC専用パワー MOS FETが1個のタイプがあります。



シグナル用 MOS FET リレー形G3VMにはバリスタは含まれていません。

### ●MOS FETリレーの名称

比較的歴史の新しい商品であり各社がさまざまな名称、商標を付けています。下表にシグナル用(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
松下電工	Photo MOSリレー
日本電気	光MOSFETリレー
沖電気	光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

■SSRの内部回路構成例

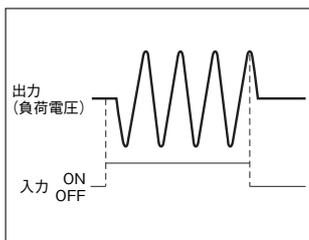
負荷仕様	ゼロクロス機能	絶縁方式	回路構成	形式
交流負荷用	有 *1	フォト・カプラ		形G3H 形G3B 形G3F 形G3NA (AC入力)
	無	フォト・トライアック		形G3NE 形G3J 形G3F 形G3H 形G3TA-OA
	有 *1	フォト・トライアック		形G3PA-VD 形G3PB (単相) 形G3NA (DC入力) 形G3NE
	有 *1	フォト・トライアック		形G3PB-2(N) (三相) *2
	有 *1	フォト・トライアック		形G3PB-3(N) (三相) *2
直流負荷用	—	フォト・カプラ		形G3FD、形G3HD 形G3BD 形G3TA-OD 形G3NA-D
	交流・直流負荷用	無	フォト・ボル・カプラ	

\*1. ゼロクロス機能

ゼロクロス機能を有するSSRは、交流負荷電圧がゼロまたはその付近で動作します。このゼロクロス機能をもつSSRには次のような効果があります。

- ・ 負荷投入時のクリックノイズを小さくする。
- ・ ランプ、ヒータ、モータなどの負荷では突入電流がおさえられるため、電源への影響を小さくでき、また突入電流保護回路を低減できます。

\*2. 200Vタイプに関しては、出力開閉素子にトライアックを使用。



## ソリッドステート・リレー 用語の説明

### ■SSR用語集

用語		説明
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します。
	ゼロクロス回路 (150ページ参照)	交流負荷電圧のゼロ位相近辺で動作を開始させる回路。
	トリガ回路	負荷電流を閉閉するトライアックのトリガ信号を制御する回路。
	スナバ回路	R、Cで構成され、トライアックなどに加わる急峻な立ち上がりの電圧を抑えてSSRのトライアックの誤点弧を防止する回路。
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。
	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。定電流入力回路方式は、入力電圧により変動します。
	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大値。
出力	入力電流	定格電圧を印加したときに流れる電流値。
	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しう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、出力端子間に現れる電圧の実効値。
性能	最小負荷電流	SSRが正常に負荷開閉ができる最小の負荷電流。
	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遅れ時間。
	復帰時間	入力に印加している信号電圧をオフしてから、出力がオフするまでの遅れ時間。
	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SSRが正常に動作しうる使用可能な周囲温度・湿度範囲。
その他	保存温度	電圧印加なしに放置保存可能な温度範囲。
	サージオン電流耐量 *	SSRに対して流すことのできる非繰り返し電流の最大値。商用周波数、1サイクルでの波高値にて表します。
	逆起電圧	負荷開閉時、オフ時発生する非常に急峻な電圧。
	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。

\*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。

ソリッド  
ステート  
リレー

商品セレクション

共通の注意事項

ヒータ用ソリッド  
ステートリレー

三相モータ用  
ソリッドステート  
コンタクタ

リレー同一形状  
ソリッドステート  
リレー

テクニカルガイド

## ソリッドステート・リレー 使用上の注意

### ■SSRをご使用になる前に

- ①SSRを実際に使用するにあたって、机上では考えられない不測の事故が発生することがあります。そのため、実施可能な範囲でのテストが必要です。例えば、SSRの特性を考える場合には、常に個々の製品のばらつきを考慮に入れることが必要です。
- ②カタログに記載の各定格性能値は、特に明記のない場合は、すべてJIS C5442の標準試験状態(温度15~30℃、相対湿度25~85%Rh、気圧86~106kPa)のもとでの値です。実機確認を実施される際には、負荷条件だけでなく使用環境も使用状態と同条件で確認する必要があります。

### ■入力回路に関して

#### ●入力側の接続について

SSRの入力インピーダンスにはバラツキがありますので、複数での入力の直接続は避けてください。誤動作の原因となります。

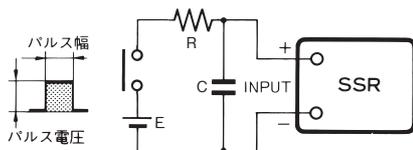
#### ●入力ノイズについて

SSRは、動作時間および動作に要する電力が極めて小さいため、INPUT端子へのノイズを抑える必要があります。ノイズがINPUT端子へ印加されると、誤動作の原因となります。

以下にパルス性ノイズと誘導性ノイズへの対策例を記述します。

#### ①パルス性ノイズ

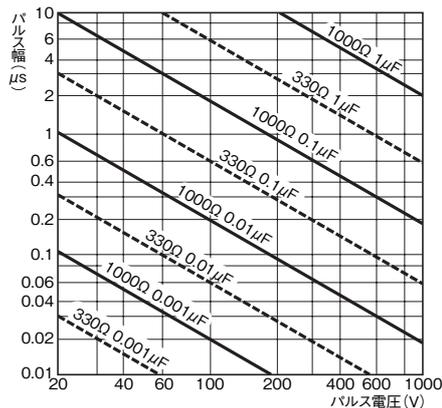
C、Rでノイズを吸収すると効果があります。下図は、フォト・カプラ方式のSSRについてC、Rを選定するためのものです。



SSRの入力電圧を満足させるためにRは電源電圧Eとの関係にて上限が決定されます。

また、Cが大きくなると、Cの放電のために復帰時間が長くなります。

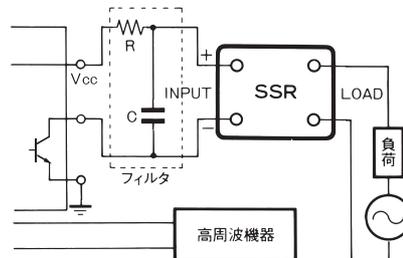
上記2点に注意してC、Rを決定してください。



注. 低電圧仕様においては、内部インピーダンスとの関係上、SSRに十分な電圧が印加されないことがあります。Rの値については、SSRの入力インピーダンスをご確認の上、ご選定ください。

#### ②誘導ノイズ

入力ラインは動力線と併設しないでください。誘導ノイズによりSSR誤動作の原因となります。誘導ノイズによりSSRの入力端子に電圧が誘起している場合には、ツイスト配線(電磁誘導)・シールド線(静電誘導)によって、SSRの入力端子への誘導ノイズによる誘起電圧をSSRの復帰電圧以下にする必要があります。なお、高周波機器からのノイズに対してはC、Rによるフィルタを付加してください。



注. R : 20~100Ω  
C : 0.01~1μF

#### ●入力条件について

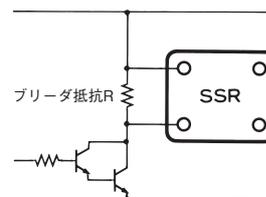
##### ①入力電圧のリプルについて

入力電圧にリプルがある場合、ピーク電圧は使用電圧の最大値以下に谷電圧は使用電圧の最小値以上に設定してご使用ください。



##### ②漏れ電流対策

トランジスタ出力でSSRを駆動した場合、オフ時のトランジスタの漏れ電流により復帰不良になる場合があります。対策方法として、下図のようにブリーダ抵抗Rを接続し、ブリーダ抵抗Rの両端にかかる電圧EがSSRの復帰電圧の1/2以下になるように設定してください。



ブリーダ抵抗Rは次の式で求めます。

$$R \leq \frac{E}{I_L - I}$$

E : ブリーダ抵抗Rの両端にかかる電圧 = SSR復帰電圧の1/2

$I_L$  : トランジスタの漏れ電流

I : SSRの復帰電流

SSRの復帰電流値そのものはカタログに記載されていないのでブリーダ抵抗値を計算する場合には次の式で求めます。

$$\text{SSRの復帰電流} = \frac{\text{復帰電圧の最小値}}{\text{入力インピーダンス}}$$

定電流入力回路のSSR(形G3NA、形G3PA、形G3PB等)については0.1mAで計算します。

次に形G3M-202P DC24を例に計算します。

$$\text{復帰電流 } I = \frac{1\text{V}}{1.6\text{k}\Omega} = 0.625\text{mA}$$

$$\text{ブリーダ抵抗値 } R = \frac{1\text{V} \times 1/2}{I_L - 0.625\text{mA}}$$

### ③開閉ひん度

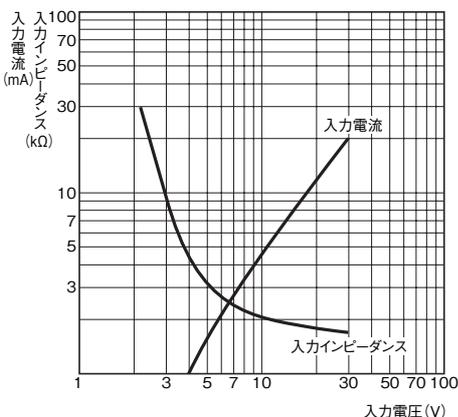
SSRには動作・復帰時間と言う遅れ時間が存在し、負荷（誘導負荷等）によっても同様に動作・復帰時間と言う遅れ時間が存在致します。このような遅れ時間を考慮に入れた上で、開閉頻度を設定ください。

### ④入力インピーダンス

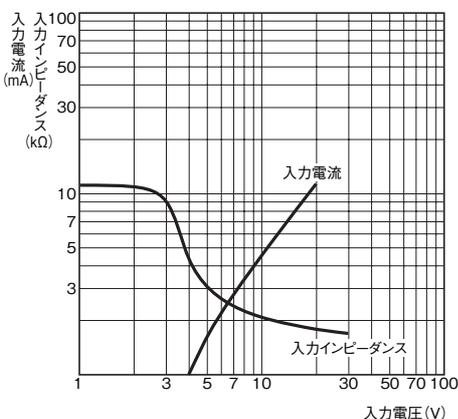
入力電圧が幅を持っているSSR(例えば、形G3F、形G3H)では、入力電圧により入力インピーダンスが変化し、それにつれて入力電流が変化する機種があります。半導体などにてSSRを駆動される場合、電圧によっては、半導体の故障の原因となりますので実機にてご確認の上、ご使用ください。

下記に代表例を示します。

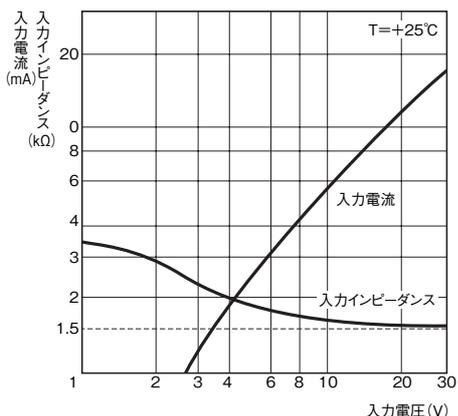
表示灯無しでフォトカプラ方式の機種に適用  
入力インピーダンス(代表例)  
形G3F、形G3H(表示灯無しタイプ)



表示灯有りでフォトカプラ方式の機種に適用  
入力インピーダンス(代表例)  
形G3B、形G3F、形G3H(表示灯有りタイプ)



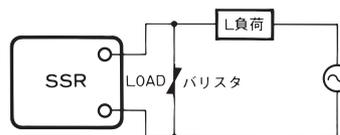
入力インピーダンス(代表例)  
形G3CN



### ■出力回路に関して

#### ●交流開閉形SSRの出力側ノイズ・サージについて

- SSRが使用される交流電源にエネルギーの大きいサージ電圧が重畳した場合、SSRのLOAD端子間に挿入されたCRスナバ回路(SSRに内蔵)の抑制効果が能力不足となり、SSRの過渡尖頭素子電圧を超えて、SSRの過電圧破壊の原因となります。サージの測定は困難な場合が多いので、基本的にはバリスタを付加ください。最終使用段階で、サージがないことを確認された場合は除きます。
- 形G3NA、形G3S、形G3PA、形G3PB、形G3PC、形G3NE、形G3J、形G3NH、形G9H、形G3DZ、形G3RZ、形G3FM以外の機種には、サージ吸収素子を内蔵していません。誘導負荷開閉時にはサージ吸収素子付加などのサージ対策を必ず実施してください。
- 対策例としてサージ電圧吸収素子を付加した場合を下記に示します。当社としましては、下記条件の耐衝撃電圧試験にて、SSR出力側の耐量の確認を行っております。  
条件：入出力端子一括-ヒートシンク間 6kV  
入力端子-出力端子間 4.5kV  
出力端子間 4.5kV



サージ吸収素子は、以下の表の条件を満たす素子を選定ください。

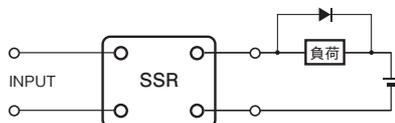
使用電圧	バリスタ電圧	サージ耐量
AC100~120V用	240~270V	1,000A以上
AC200~240V用	440~470V	
AC380~480V用	820~1,000V	

#### ●出力側の接続について

SSRの出力側の並列接続は避けてください。SSRの場合、出力側が両方ONすることはありませんので、負荷電流を増やすことはできません。

●直流開閉形SSRの出力側ノイズ・サージについて

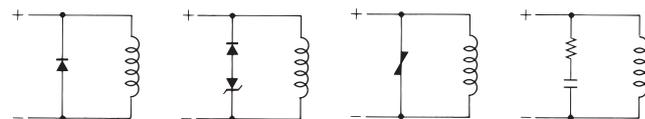
ソレノイド・電磁弁などのL負荷を接続される場合は、逆起電力防止ダイオードを接続してください。SSRの出力素子の耐電圧を超えた逆起電力がかかった場合、SSRの出力素子の破壊の原因となります。対策としては、表1の素子を負荷と並列に挿入します。(下図参照)



吸収素子のうち、ダイオード方式が逆起電力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 =  $V_z < (\text{SSRのコレクター-エミッタ間電圧}) * - (\text{電源電圧} + 2V)$

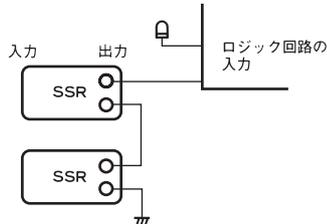
ツェナー・サージ電力 =  $PR_{SM} > V_z \times \text{負荷電流} \times \text{安全率} (2 \sim 3)$

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。

\*値については、6~20ページの「ソリッドステート・リレー 一覧表」にてご確認ください。

●DC出力タイプでのAND回路について

次のような回路の場合は形G3DZ、形G3RZをお使いください。一般的にSSRでは復帰不良になる可能性もあります。



●自己保持回路について

自己保持回路をご検討される時は、有接点のリレーにて回路を構成してください。(SSRでは自己保持回路は組めません。)

●負荷別のSSRの選定について

各負荷における突入電流の例を以下に示します。

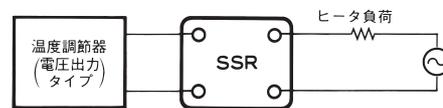
AC負荷の種類と突入電流

負荷の種類	ソレノイド	白熱電球	モータ	リレー	コンデンサ	抵抗負荷
突入電流/定常電流	約10倍	約10倍~約15倍	約5倍~約10倍	約2倍~約3倍	約20倍~約50倍	1
波形						

①ヒータ負荷(抵抗負荷)

突入電流のない負荷です。一般的に電圧出力の温調器と組み合わせてヒータ開閉に使用します。また、ゼロクロス機器付きのSSRを使用することにより、ノイズの発生を大幅に抑制できます。ただし、純金属系・セラミック系のヒータは、この種類の負荷には含まれません。純金属系・セラミック系のヒータは、常温での抵抗値が低いためSSRに過電流が流れ、SSR破壊の原因となります。

純金属系・セラミック系のヒータを開閉される際には、電力調整器(形G3PX)の長時間ソフトスタートタイプあるいは定電流タイプを選定ください。

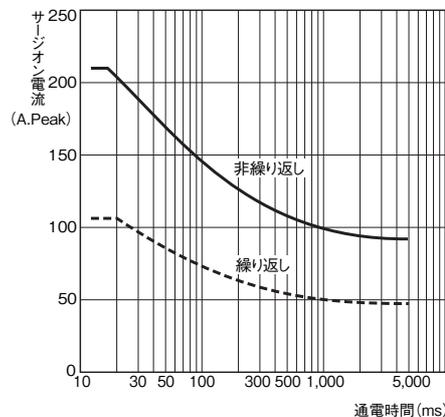


②ランプ負荷

白熱電球・ハロゲンランプなどは、突入電流が大きく流れます。(定格電流の約10~15倍)

この突入電流のピーク値がSSRのサージオン電流耐量の1/2以下になるようにSSRを選定ください。(下図の繰り返し<破線>参照)

サージオン電流耐量の1/2を超えた突入電流を繰り返し印加すると、SSRの出力素子の電流破壊の原因となります。



### ③モータ負荷

モータの始動時には、定格電流の5~10倍程度の突入電流が流れます。また、突入電流が流れる時間も長くなります。従って、実使用状態の突入電流および始動時間を測定の上、突入電流のピーク値がサージオン電流耐量の1/2以下になるようにSSRを選定ください。また、SSRオフ時にもモータよりの逆起電力によりSSRが破壊されるため、過電圧保護を実施してください。

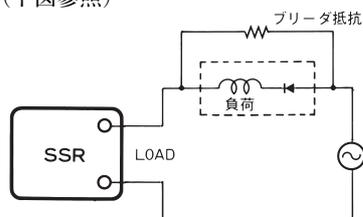
### ④トランス負荷

SSRがオンした瞬間、10~500msの間10~20倍の励磁電流がSSRに流れます。また、2次側無負荷の場合、励磁電流が最大となります。この励磁電流が、SSRのサージオン電流耐量の1/2以下となるSSRを選定してください。

### ⑤半波整流回路

交流用電磁カウンタやソレノイドの一部にダイオードを内蔵し、半波整流しているものがあります。このような負荷の場合、SSRの出力側に交流電圧の半波が加わりません。このため、ゼロクロス機能の付いたSSRでは、オンしない原因となります。従って、対策例としては、次の2つの方法があります。

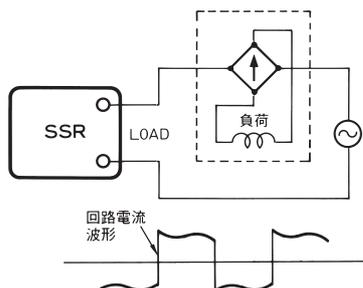
1. SSRの負荷電流の20%程度の電流を流すブリーダ抵抗を接続する。(下図参照)



2. ゼロクロス機能のないSSRを使用する。  
ただし、半波整流されたブレーキコイルの開閉につきましては、この限りではありません。別途、ご相談ください。

### ⑥全波整流負荷

交流用電磁カウンタやソレノイドの一部にダイオードを内蔵し、全波整流しているものがあります。このような全波整流負荷の負荷電流は、下図のように矩形波に近い波形となっています。



従って、交流用SSRは出力素子にトライアック(回路電流が0にならないと素子がオフしない)を使用しており、負荷電流波形が矩形波の場合SSRの復帰不良の原因となります。

全波整流された負荷を開閉する場合は、-VタイプあるいはパワーMOSFETリレーを選定してください。

(-VタイプSSR) 形G3F-203SL-V、形G3H-203SL-V

(パワーMOSFETリレー) 形G3DZ、形G3RZ、形G3FM

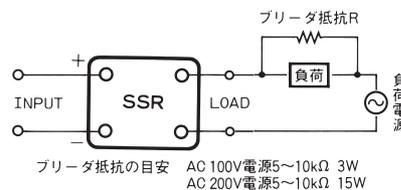
※形G3DZ、形G3RZの詳細仕様に関しましては、「電子・機構部品 総合カタログ」(カタログ番号: SAOO-213)をご覧ください。

### ⑦小容量負荷

SSRには、入力信号がないときでも、出力(LOAD)側に数mAの漏れ電流 $I_L$ が流れます。そのため、この漏れ電流が負荷の復帰電流より大きい場合復帰不良の原因となります。漏れ電流対策としては、SSRの開閉電流が大きくなるためのブリーダ抵抗 $R$ を負荷と並列に接続してください。

$$R < \frac{E}{I_L - I}$$

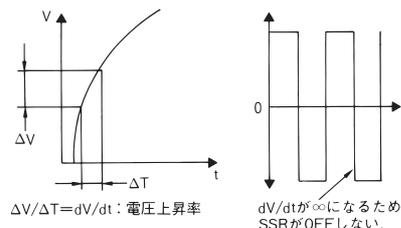
$E$  : 負荷(リレーなど)の復帰電圧  
 $I$  : 負荷(リレーなど)の復帰電流  
 $I_L$  : SSRの漏れ電流



### ⑧インバータ負荷

SSRの負荷電源としてインバータ制御された電源を使用しないでください。インバータ制御された波形は、矩形波になるため $dV/dt$ が非常に大きく、SSRが誤点弧し復帰不良の原因となります。

入力側にインバータ制御された電源を使用する場合、電源の実効値がSSRの使用電圧範囲内であれば使用可能です。



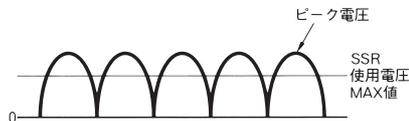
### ⑨容量性負荷

SSRのオフ時、電源電圧+コンデンサのチャージ電圧がSSRの両端に印加されるため、SSRは使用可能電圧が電源電圧の2倍以上のSSRを選定ください。また、充電電流がSSRのサージオン電流耐量の1/2以下になるようなSSRを選定してください。

## ■使用負荷電源に関して

### 1. 整流された電源について

交流電源を全波整流もしくは半波整流にて直流負荷電源とする場合、SSRの使用負荷電源の最大値を負荷電源のピーク電源が超えないようにしてください。このような場合、過電圧となりSSRの出力素子破壊の原因となります。



### 2. 交流負荷電源の使用周波数について

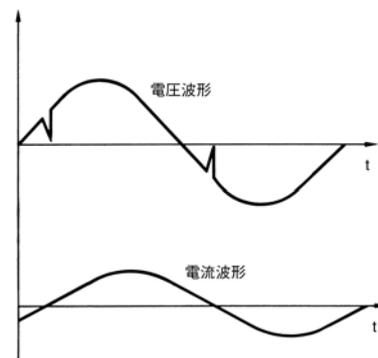
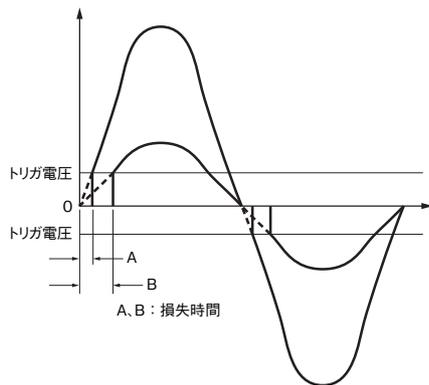
交流負荷電源の使用周波数範囲は、47～63Hzでご使用ください。

### 3. 交流低電圧負荷について

負荷電源をSSRの使用負荷電圧範囲の最小値以下で使用される場合、負荷に印加される電圧のロス時間(損失時間)が、SSR使用電圧範囲内の負荷と比較して長くなります。

下図の負荷例を示します。(損失時間がA<Bとなっています。) 実使用上において、この損失時間が問題にならないかご確認の上、ご使用ください。

なお、負荷電圧がトリガ電圧を下回った場合、SSRがオンできない原因となりますので、負荷電圧はAC75V以上に設定ください。(ただし、形G3PA-VD、形G3NA-2□□BはAC24V)



L負荷の場合は左図のように電流位相が遅れるためR負荷ほど損失は大きくなりません。それは電流が0になり、SSRがOFFしたときすでに高い電圧が印加されているからです。

### 4. 位相制御された交流電源について

位相制御された電源は使用できません。

## ■使用環境および保管環境の注意事項

### 1. 使用周囲温度について

SSRの使用周囲温度定格は、熱のこもりがない条件下にて定められています。このため通風・換気などの放熱条件が悪く、熱のこもりが発生する場合、使用周囲温度定格を超えて、SSRの故障および焼損の原因となります。

ご使用の際には、機種別に記載しております「負荷電流-周囲温度定格」を満足するように放熱設計をお願いします。なお、環境条件(気候条件や室内空調条件など)やご使用条件(密閉盤内取り付けなど)によってはSSRの使用周囲温度が高温となる場合がありますので注意が必要です。

### 2. 使用環境および保管環境について

下記の場所での使用および保管は故障や誤動作、特性劣化の原因となりますので使用しないでください。

- ・直射日光が当たる場所。
- ・周囲温度が「各個別規定」の範囲を超える場所での使用。
- ・相対湿度が「各個別規定」の範囲を超える場所、温度変化が急激で結露するような場所での使用。
- ・周囲温度が「各個別規定」の範囲を超える場所での保管。
- ・腐食性ガスや可燃性ガスのある場所。
- ・塵埃、塩分、鉄粉が多い場所。
- ・本体に直接振動や衝撃が伝わる場所。
- ・水、油、薬品などの飛沫がある場所。

### 3. SSRを長期保管する場合

長期保管時、端子表面は大気にさらされるため、酸化などで端子のはんだ付け性が劣化する原因となります。従って、長期保管後の基板実装時には、はんだづけ状態をご確認の上、ご使用ください。

### 4. 振動・衝撃について

規格値以上の振動・衝撃が、SSRに加わることをないようにしてください。異常な振動・衝撃が加わると誤動作の原因となるだけでなく、SSR内部の部品の変形、破損などにより動作不良の原因となります。

なお、SSRに異常な振動を加えないためにも、振動を発生する機器類(モータなど)の影響を受けない場所、方法にて取りつけて(実装)ください。

### 5. 溶剤の付着について

SSRにシンナー、ガソリンなどの溶剤が付着しないようにしてください。溶剤によりマーキング消えの原因となります。

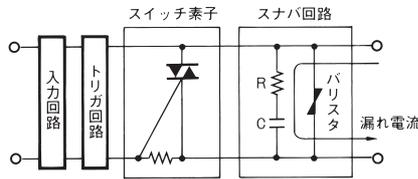
### 6. 油の付着について

SSRの端子台カバーに油が付着するとカバーの白濁あるいはクラック(ひび割れ)の原因となります。

## ■実作業に関して

### 1. 漏れ電流について

SSRは、入力がないときでもスナバ回路を通して漏れ電流が流れます。従って、SSRの交換・配線作業をする際には、必ず入力側および負荷側の電源をオフにして、安全をご確認の上、作業を実施してください。



### 2. ねじ締めトルクについて

SSRの端子への締めつけがゆるんでいた場合、通電時の発熱によりSSRの焼損の原因となります。

下記表の締めつけトルクにて配線を実施ください。

#### SSR端子ねじの締めつけトルク

SSR形式	ねじ	推奨締めつけトルク
形G3PC、形G32A、ソケットなど	M3.5	0.75~1.18N・m
形G3NA、形G3PA-10/20Aタイプ	M4	0.98~1.37N・m
形G3NA、形G3PA-40Aタイプ	M5	1.57~2.35N・m
形G3NH-□□75	M6	3.92~4.9N・m
形G3NH-□□150	M8	8.82~9.8N・m

注. 過度の締めつけはねじの破損につながりますので、上記範囲の締めつけトルクにて締めつけてください。

### 3. SSRの取り付けパネルの材質について

形G3NA、形G3NE、形G3PB（放熱器別取り付けタイプ）を放熱器を使用せず、直接制御盤などのパネルに取り付ける場合、パネルの材質は、熱抵抗の少ないアルミ材としてください。その際、放熱用シリコングリス（東芝シリコンYG6260、信越シリコンG746など）を取りつけ面に必ず塗布してください。

熱抵抗の高い材質のパネル（塗装パネルなど）に取りつけられた場合、SSRの放熱効率が低下するため、SSRの出力素子の熱破壊の原因となります。また、木材などの燃えやすい材質に取りつけて使用された場合、SSRの発熱により、木材が炭化し、火災の原因となります。

### 4. 表面接続ソケットについて

①表面接続ソケットは、取り付け穴加工後、ねじでゆるみのないように取りつけてください。

ソケット取り付けねじにゆるみがあると、振動・衝撃でソケットやSSRが外れたり、リード線が外れる原因となります。35mm幅DINレールにワンタッチで取り付けられる表面接続ソケットも用意しております。

②SSRとソケットの確実な接続を維持するために保持金具をご使用ください。異常な振動・衝撃が加わった場合、SSRがソケットから外れる原因となります。

### 5. SSRの抜き差し方向について

SSRとソケットの抜き差しは、ソケット表面に対して垂直方向に行ってください。SSRを斜めに抜き差ししますと、SSR本体の端子も曲がり、ソケットに入らなくなる場合があります。



### 6. ラッピング端子用ソケットへの配線について

下表をご参考としていただき、正しく取りつけてください。配線方法が不適切の場合、リードはずれの原因となります。

項目 形式	巻きつけ 状態	形名 (ビット)	使用ワイヤ		リード線の 被覆むき長さ (mm)	有効巻数 (回)	標準端子 (mm)	引抜き力 (kg)	適合ス リープ
			AWG	φ					
形PY□QN	被覆 1回巻	21-A	26	0.4	43~44	約6	1×1	3~8	1-B
		22-A	24	0.5	36~37				2-B
		23-A	22	0.65	41~42				4~15
形PT□QN	普通巻	20-A	20	0.8	37~38	約4	1.0×1.5	5~15	20-B

注. 形PY□QNは使用ワイヤφ0.65で6回巻きつけ可能です。  
形PT□QNは使用ワイヤφ0.8で4回巻きつけ可能です。

### 7. タブ端子へのはんだづけ禁止について

形G3NEなどのタブ端子へのリード線のはんだづけはしないでください。SSRの部品破壊の原因になります。

### 8. 端子カットについて

オートカッターによる端子カットは実施しないでください。オートカッターなどにより端子カットを実施された場合、内蔵部品の損傷の原因になります。

### 9. 端子を変形させた場合

誤って変形させた端子を無理に修正し、使用することはしないでください。このような場合、SSRに無理な力が加わり、初期性能が維持できなくなります。

### 10. 保持金具について

保持金具の取り付け、取りはずしにおいては、金具が変形しないようにしてください。また、一度変形した金具は使用しないでください。SSRに強度の力が加わり特性を維持できない場合や、逆に十分な保持力が得られず、SSRのゆるみによる接触不良などの障害の原因になります。

### 11. プリント基板用SSRのはんだづけについて

- SSRのはんだづけは、260℃5秒以内に実施してください。ただし、個別に条件設定されている機種については個別条件に従い、はんだづけを実施してください。
- フラックスは、SSRの構成材の適合性から、非腐食性のロジン系をご使用ください。

### 12. 超音波洗浄について

超音波洗浄は実施しないでください。SSRを基板実装後などで超音波洗浄された場合、超音波によるSSR内部構成部の共振による内蔵部品損傷の原因になります。

商品セクション

共通の注意事項

ヒータ用ソリッド  
ステートリレー

三相モータ用  
ソリッドステート  
コンタクタ

リレー同一形状  
ソリッドステート  
リレー

テクニカルガイド

ソリッドステート・リレー トラブルシューティング

ソリッド  
ステート  
リレー

商品セレクション

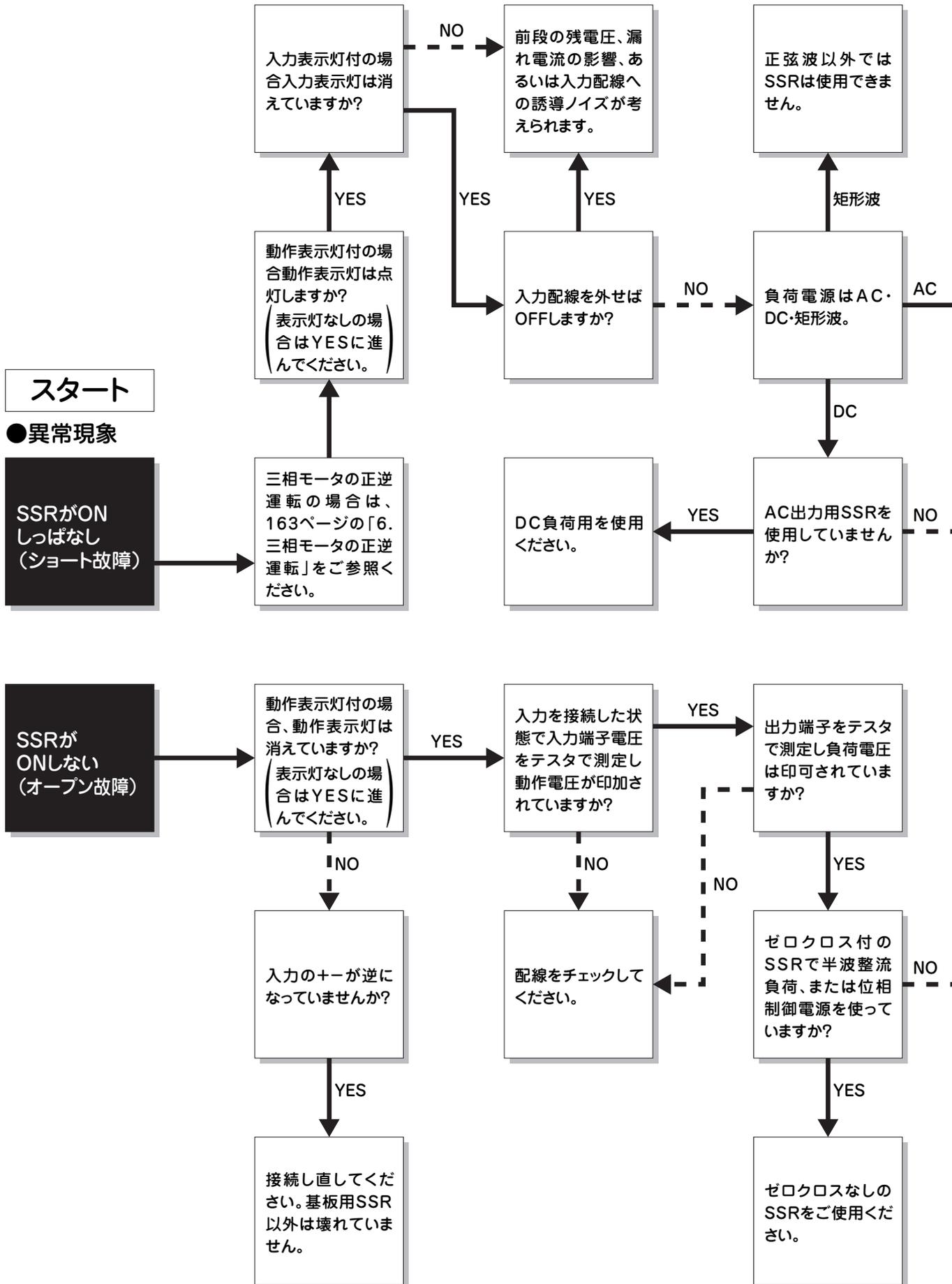
共通の注意事項

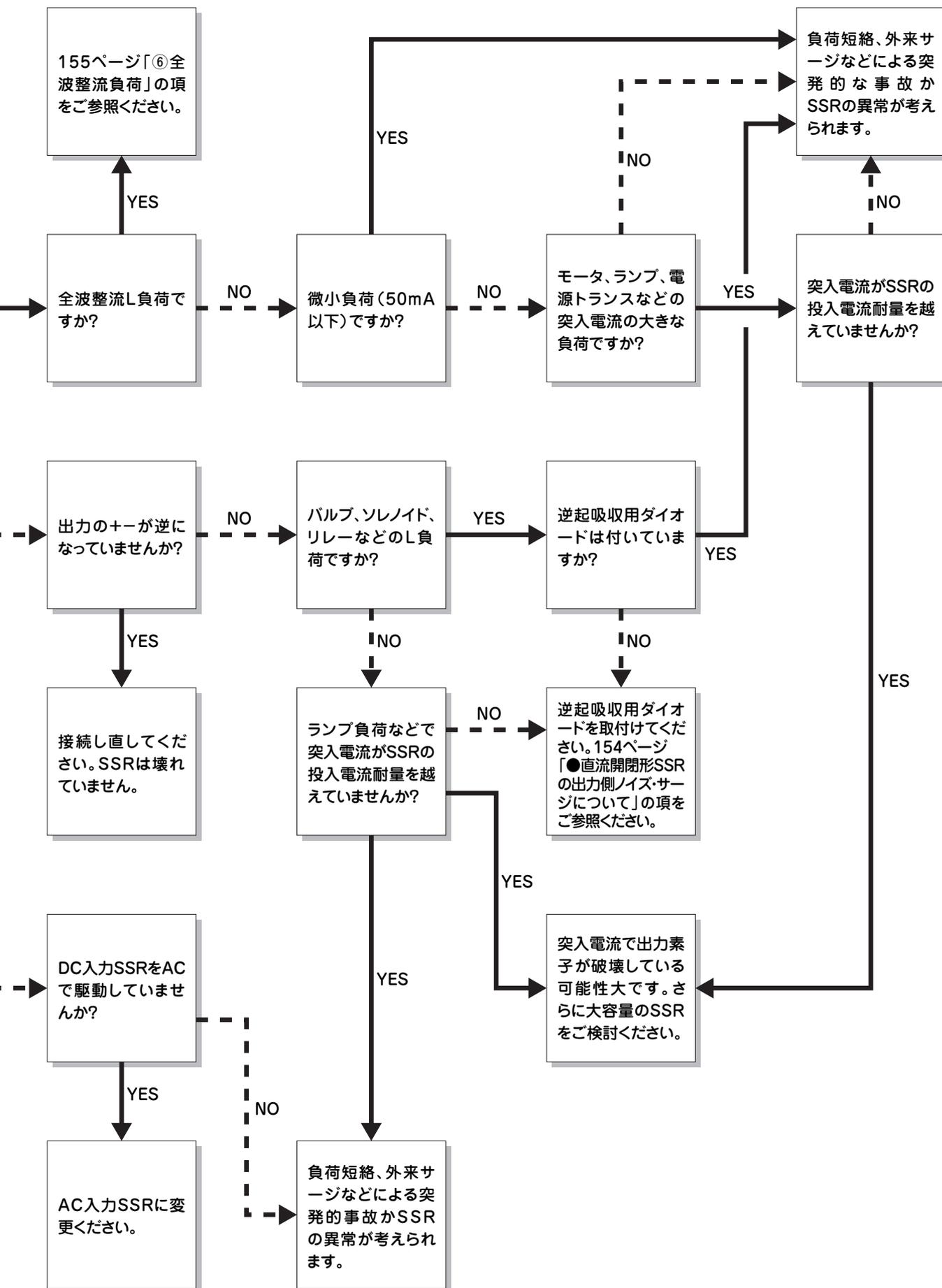
ヒータ用ソリッド  
ステート・リレー

三相モータ用  
ソリッドステート・  
コンタクタ

リレー同一形状  
ソリッドステート・  
リレー

テクニカルガイド





## ソリッドステート・リレー Q&A

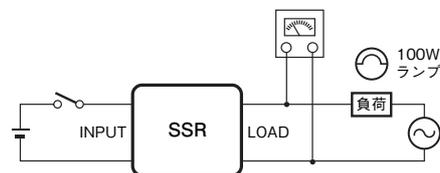
ソリッドステート・リレー

**Q1** SSRの故障をチェックしたいのですが、テスターでSSRの導通を確認できますか？

**A1** 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。  
 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SSRの定格範囲内のものをお使いください)

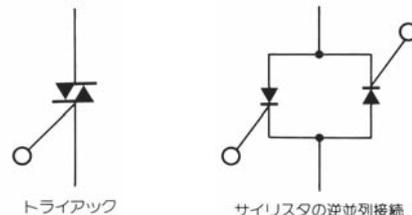


**Q2** パワー MOS FETリレーの用途例について教えてください。

- A2**
- リレーにつながる負荷が交流か直流かわからない用途  
 (使用例) ロボットコントローラの警報出力
  - 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-1A-Sと端子コンパチですので差し替えが可能です。  
 注. 入力電圧、極性および出力の容量にご注意ください。
  - 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。
  - ブリーダ抵抗を用いてSSRを使用している用途  
 パワー MOS FETは漏れ電流10μAと微小のためブリーダ抵抗は不要です。

**Q3** 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。

**A3** 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。  
 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。

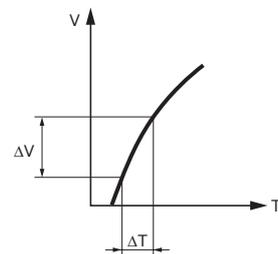


急激な立ち上がりや立ち下がりに素子が追従できるかどうかの特性に、サイリスタとトライアックでは違いがあります。

この特性はdv/dt(単位V/μs)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。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、SSRの小量化にも貢献します。

注. dv/dt: 電圧上昇率



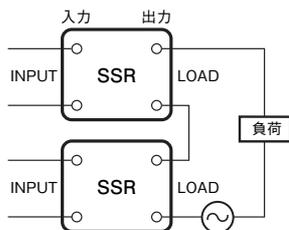
$\Delta V / \Delta T = dt$ : 電圧上昇率

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

テクニカルガイド

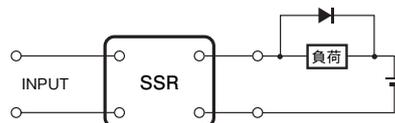
**Q4** SSRの出力側の直列接続は、できますか？

**A4** 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SSRで分担すること  
になり、過電圧が分圧され、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。



**Q5** 直流負荷用SSRのサージ吸収回路は、  
どうしたらよいですか？

**A5** 直流負荷開閉形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。  
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、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)

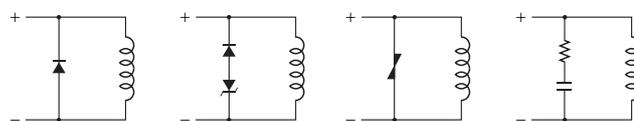


吸収素子のうち、ダイオード方式が逆起電圧を抑制する  
効果が最も高くなります。ただしソレノイドや電磁  
弁の復帰時間は長くなります。実使用回路にてご確認  
の上、ご使用ください。

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( $V_z$ )  
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 =  $VRM \geq \text{電源電圧} \times 2$

順電流 =  $IF \geq \text{負荷電流}$

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 =  $PRSM > V_z \times \text{負荷電流} \times \text{安全率} (2 \sim 3)$

注. ツェナー電圧( $V_z$ )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。

\* 値については、6~20ページの「ソリッドステート・リレー 一覧表」にてご確認ください。

## ソリッドステート・リレー 施工・保守・点検

ソリッド  
ステート  
リレー

### ■フェイルセーフの考え方

#### 1. 故障モードについて

SSRは、高ひん度開閉、高速開閉を必要とする場合に最適なりレーですが、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。

SSRは、半導体素子で構成されたりレーであり、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、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タあるいはブレーカにより、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。

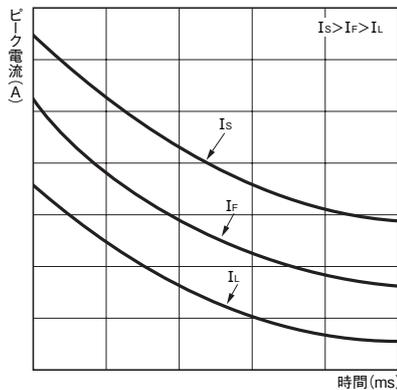
個所	原因	結果
入力部	過電圧印加	入力素子の破壊
出力部	過電圧印加	出力素子の破壊
	過電流通電	
全体	周囲温度が規定値以上	出力素子の破壊
	放熱状態が悪い	

#### 2. 過電流保護について

SSRの負荷(Load)側に短絡電流あるいは過電流が流れた場合、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、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。

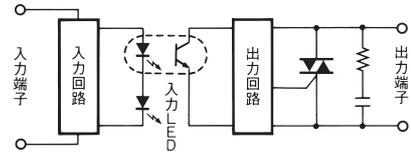


タイプ	推奨ヒューズ形式	メーカー
5Aタイプ	60PFF5U	株式会社京三製作所
	60PFF10U	
10Aタイプ	CR2LS-10	富士電機株式会社
	BLC012-1	
15Aタイプ	60PFF15U	株式会社京三製作所
20Aタイプ	60PFF20U	
25Aタイプ	60PFF25U	
30Aタイプ	60PFF30U	
40Aタイプ	25SHA40	
	25LKA40B	
50Aタイプ	25SHA50	
	25LKA50B	
60Aタイプ	25LKA60B	
75Aタイプ	25LKA75B	
100Aタイプ	25LKB100B	
150Aタイプ	25LKB150B	

注. 上記ヒューズは不慮の事故による短絡電流からSSRを保護できるものを記載しています。過電流保護は使用機器毎に適切なNFブレーカなどの保護対策を実施してください。

#### 3. 動作表示灯について

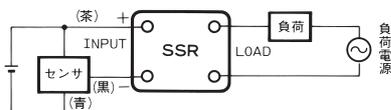
下図のように動作表示灯は、入力回路への通電を表示しており、出力素子オンの表示ではありません。



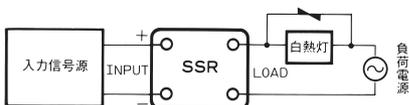
## ■応用回路例

### 1. センサとの接続

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。



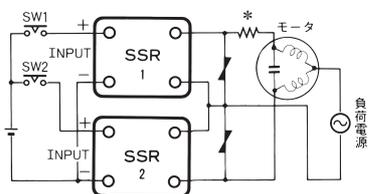
### 2. 白熱灯の点滅制御



### 3. 電気炉の温度制御



### 4. 単相誘導電動機の正逆運転



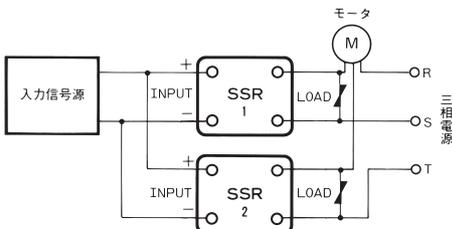
注1. SSR1、SSR2のどちらかオフしている側のSSRのLOAD端子間電圧は、LC結合により電源電圧の約2倍の電圧となるため、必ず使用電源電圧の2倍以上の出力定格電圧を有するSSRをご使用ください。

(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SSRを使用する。

注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



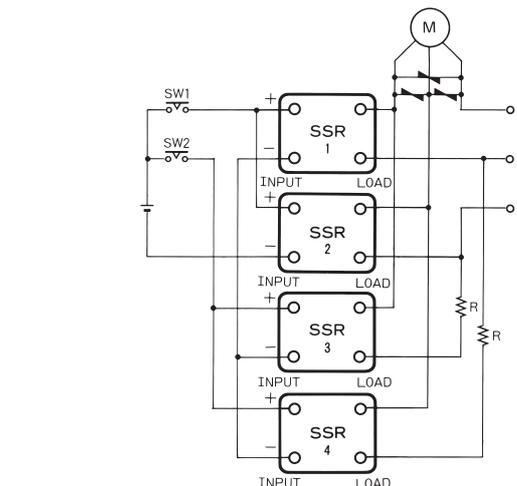
### 6. 三相モータの正逆運転

SSRで三相モータの正逆運転をする場合は、SSRの入力信号に注意してください。右上図のSW1とSW2を同時に切り替えた場合、負荷側で相間短絡が発生し、SSRの出力素子破壊の原因となります。これは、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、SSRの入力回路へのノイズなどによるSSRの誤動作の場合も相間短絡となり、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、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。)

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

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、

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

当社の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、繰り返しでのご使用になるこの $I_{\text{peak}}$ の2倍のサージオン電流耐量を持った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SSRを選定ください。

また、これを逆算すると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。

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

トランス一次側の直流抵抗から適用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SSR」を示しており、あわせて「トランスの定常電流が各SSRの定格電流を満足する」ことも必要です。

#### 〈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G3NHの場合のみ：形G3NH-□075B = 75A、

形G3NH-□150B = 150A

条件1：SSRの周囲温度(= 盤内温度)は各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100Vの場合

トランス一次側の直流抵抗(Q)	突入電流(A)	SSRのサージオン電流耐量(A)	適用SSR			
			形G3P□	形G3NA	形G3NE	形G3NH
4.8以上	30	60	—	-205□	-205□	—
1.9~4.7	75	150	-210□	-210□	-210□	—
			-215□			
1.3~1.8	110	220	-220□	-220□	-220□	—
			-225□			
			-235□			
			-240□			
0.65~1.2	220	440	-240□	-240□	—	—
			-245□			
			-245□			
			-260□			
0.36~0.64	400	800	—	—	—	-2075□
0.16~0.35	900	1,800	—	—	—	-2150□

ソリッド  
ステート  
リレー

負荷電源電圧110Vの場合

トランス二次側の直流抵抗 (Ω)	突入電流 (A)	SSRのサージオン電流耐量(A)	適用SSR			
			形G3P□	形G3NA	形G3NE	形G3NH
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

トランス二次側の直流抵抗 (Ω)	突入電流 (A)	SSRのサージオン電流耐量(A)	適用SSR			
			形G3P□	形G3NA	形G3NE	形G3NH
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

トランス二次側の直流抵抗 (Ω)	突入電流 (A)	SSRのサージオン電流耐量(A)	適用SSR			
			形G3P□	形G3NA	形G3NE	形G3NH
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

トランス二次側の直流抵抗 (Ω)	突入電流 (A)	SSRのサージオン電流耐量(A)	適用SSR			
			形G3P□	形G3NA	形G3NE	形G3NH
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

トランス二次側の直流抵抗 (Ω)	突入電流 (A)	SSRのサージオン電流耐量(A)	適用SSR			
			形G3P□	形G3NA	形G3NE	形G3NH
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

トランス二次側の直流抵抗 (Ω)	突入電流 (A)	SSRのサージオン電流耐量(A)	適用SSR			
			形G3P□	形G3NA	形G3NE	形G3NH
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

トランス二次側の直流抵抗 (Ω)	突入電流 (A)	SSRのサージオン電流耐量(A)	適用SSR			
			形G3P□	形G3NA	形G3NE	形G3NH
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

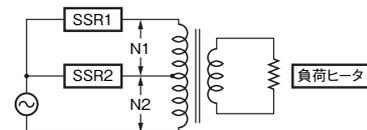
トランス二次側の直流抵抗 (Ω)	突入電流 (A)	SSRのサージオン電流耐量(A)	適用SSR			
			形G3P□	形G3NA	形G3NE	形G3NH
9.1以上	75	150	—	-410□	—	—
6.2~9.0	110	220	-420□ -430□	-420□	—	—
3.1~6.1	220	440	-450□	—	—	—

8. 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SSRで行う場合は、OFF側の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しているとすると、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。



## ■SSRの使い方

### ●放熱設計

#### ①SSRの発熱量

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でも、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SSRはジュール熱を発生します。

この時の発熱量P(W)は

$$\text{発熱量}P(W) = \text{出力オン電圧降下}(V) \times \text{通電電流}(A)$$

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。

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

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SSR(形G3NA、形G3NE、形G3PB(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G3PB-235B-3H-VD : 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

形Y92B-N100の熱抵抗値 = 1.63℃/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℃/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

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。

- ・SSRの取り付け面(全面)と放熱板の間に、放熱用シリコーングリス(東芝シリコーンYG6260、信越シリコーンG746など)や熱伝導シートを必ずつけてください。SSRを放熱板に取りつけただけでは空隙が存在し、SSRからの発熱を充分放熱できず、SSRの過熱破壊や熱劣化を起こす原因になります。

#### ④制御盤の放熱設計

SSRに限らず半導体を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)。

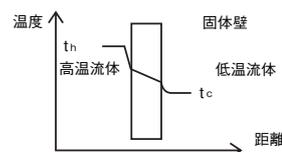
従って、制御盤内の温度上昇を押さえることは、制御機器の長期間の信頼性を確保する上で重要です。

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( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )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  $k$  ( $W/m^2\text{C}$ )

制御盤内温度  $T_h$  ( $^{\circ}\text{C}$ )

制御盤外温度  $T_c$  ( $^{\circ}\text{C}$ )

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 ( $W/m^2\text{C}$ ) 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 ( $W/m^2\text{C}$ ) 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  $40^{\circ}\text{C}$
  - ・ 制御盤外温度  $30^{\circ}\text{C}$
  - ・ 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)
  - ・ SSR 形 G3PA-240B 20台を 30A で連続使用
  - ・ SSR 以外の制御機器の総発熱量  $500W$

制御盤内総発熱量  $P_1$

$$P_1 = \text{出力オン電圧降下 } 1.6V \times \text{負荷電流 } 30A \times 20\text{台} + \text{SSR 以外の制御機器の総発熱量} \\ = 960W + 500W = 1460W$$

制御盤からの放熱量  $Q_2$

$$Q_2 = \text{熱通過率 } 5 \times (40^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}) \times (2.5m \times 2m \times 2 + 0.5m \times 2m \times 2 + 2.5m \times 0.5m) = 662.5W$$

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。

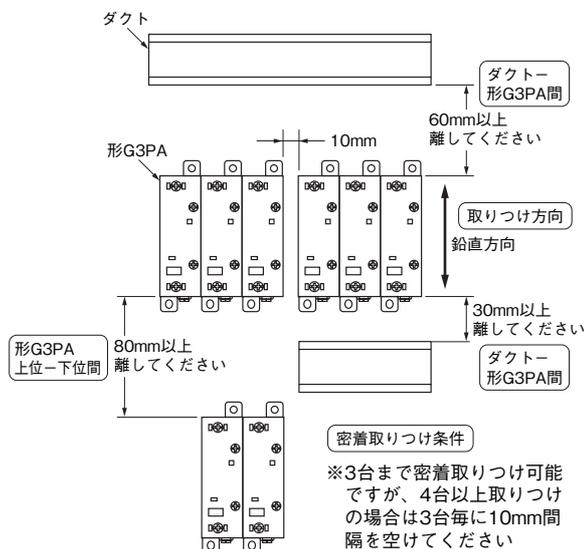


## ■SSRの取り付け方

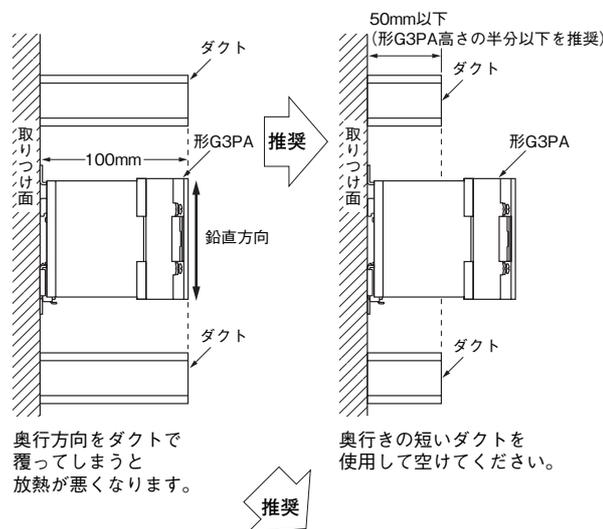
### ●制御盤への取り付け

密閉された盤ですとSSRから発生した熱が内部にこもり、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。

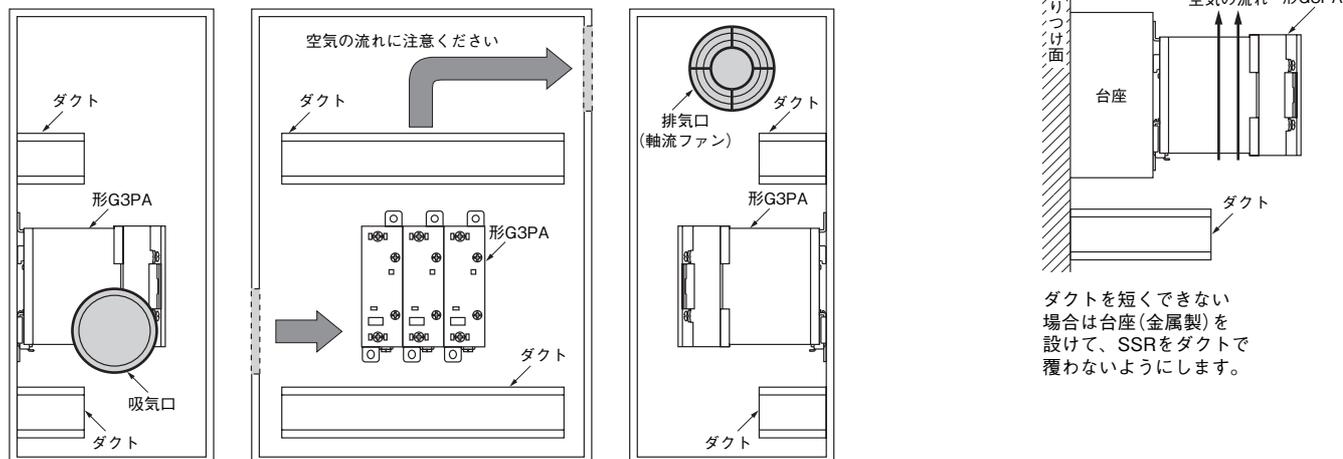
#### ①SSRの取り付け間隔(盤内取り付け条件)



#### ②SSR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。

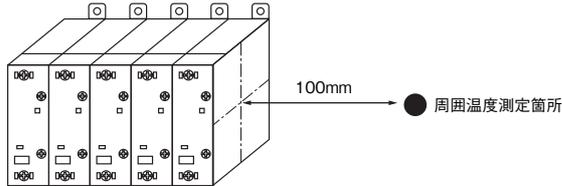


図1 周囲温度の測定位置(基本)

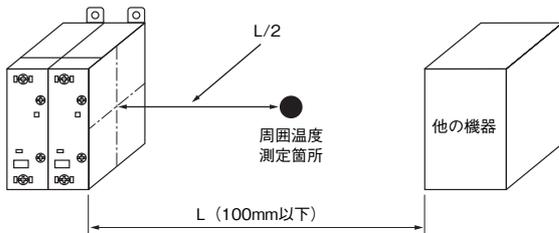


図2 ダクトや他の機器がある場合の測定位置

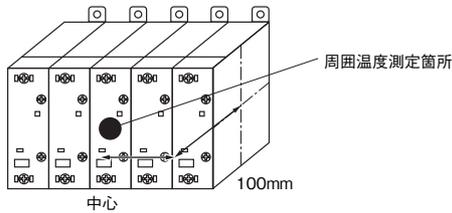


図3 側面の周囲温度が測定できない場合

- (3) 盤内に2段以上、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

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SSRの放熱を行う空気の色度を周囲温度とします。