

技術解説 目次

1. リレーの種類	261
1.1 実装方法による分類	261
1.2 用途による分類	261
1.3 外形による分類	261
1.4 保護構造による分類	262
1.5 特殊なリレー	262
2. リレー接点の電気的現象	263
2.1 負荷素子による現象	263
2.2 負荷電流の種類による違い	264
2.3 負荷電流の大きさによる違い	264
3. リレーの駆動コイルについて	265
3.1 コイル定格電圧について	266
3.2 電源電圧の変動について	266
3.3 周囲温度と許容コイル印加電圧	266
4. 性能に関する事項	267
4.1 接触抵抗	267
4.2 感動、開放電圧	269
4.3 使用温湿度	269
4.4 ホットコイルとクールコイル	270
4.5 動作、復帰時間	270
4.6 耐電圧と絶縁抵抗	270
4.7 絶縁抵抗	270
4.8 耐振動・衝撃特性	271
5. リレーの使用方法	271
5.1 負荷の適切な接続方法	271
5.2 トランジスタによるリレーの駆動	272
5.3 交流負荷でのリレー動作	273
5.4 永久磁石を内蔵したラッチングリレーの回路接続	273
5.5 リレー取付けの注意事項	273
5.6 プリント基板実装について	274
5.7 手はんだ付け工程における注意事項	275
5.8 自動はんだ付け工程及び洗浄工程における注意事項	275
5.9 プリント基板のコーティング	276
5.10 その他	276
6. 信頼性	278
6.1 故障モード	278
6.2 寿命特性	278
6.3 その他	279
7. 工業規格、安全規格について	279
7.1 工業規格	279
7.2 安全規格	280
7.3 環境規制	280

1. リレーの種類

リレーは、電気信号を入力して、出力側の接点（スイッチ）を開閉する機構部品です。機械的に接点を開閉する電磁リレーと半導体素子で接点を開閉するソリッドステートリレー（SSR）に大別されます。本技術解説では、電磁リレーについて記載しています。

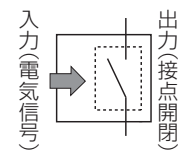


図1.1 リレーイメージ図

1.1 実装方法による分類

(1) プリント基板用リレー

プリント基板に実装して使用することを目的としたリレーで、端子はプリント基板のランドにはんだ付けする形態となっています。稼動しているリレーの9割以上がこのタイプです。リレー端子の形状によって次の2つに分けられます。

• 挿入実装（スルーホール）形

端子がリレー本体より垂直に突き出していて、プリント基板に開けた孔にリレー端子を通して、リレーの取付けられた反対面からはんだ付けをして電氣的接続をとります。

注) 挿入実装用リレーにおいてはプリント基板の厚さ0.8、1.2、1.6、2.0 mmを使用しますが、リレーの質量を考慮すると通常のリレーでは1.6 mmが適しており、各リレーの端子の長さもそれを考慮した寸法にしています。

• 表面実装（サーフェスマウント）形

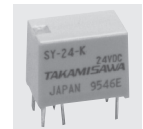
端子がリレー本体から出て直角に曲げられ、はんだ付け面がリレー本体と水平になる形状の端子となっており、プリント基板に端子を通す孔を設けず、プリント基板上の導体パターンのはんだパッドにリレー端子を載せはんだ付けをして電氣的接続をとります。リフローはんだに対応するため、リレーケースやベースには耐熱性のあるプラスチック材料が使用されます。

(2) プラグイン用リレー

プリント基板にはんだ付けなどで固定されたソケットや端子台にリレー端子を挿入して実装するリレーです、端子はプラグ端子でソケットに挿入する形状となっています。リレーを簡単に交換することができます。

(3) カバー直付け用リレー

リレーカバーの上面または下面をネジ止めするタイプで、端子はタブ端子のように電線をはんだ付けやネジ止め、ラッピングすることが可能な形状となっています。



SY



FTR-P6



FRL-230



FTR-V1

1.2 用途による分類

(1) 信号リレー（信号用リレー）

電流1A～2A程度が開閉可能で、通信機器の信号伝達や信号切替え用に使用されます。

(2) パワーリレー（パワー用リレー）

直流または交流で電流3A～5A程度の中電流負荷の開閉から、15A～30A程度の大電流負荷の開閉までをカバーするリレーで、家電やFA、事務機器などの電源からモーター制御などの多方面で使用されています。

(3) 車載リレー（車載用リレー、車載電装用リレー）

直流の25A～40A程度の電流を開閉し、自動車に搭載することを前提としたリレーです。

1.3 外形による分類

プリント基板用リレーは、外形から、フラット形、スリム形、キュービック形の三つのタイプがあります。

(1) フラット形

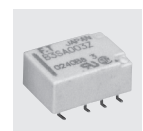
高さが底面の一边の長さより小さいリレーです。薄形の機器に実装する場合や、ラック搭載プリント基板のピッチを狭くしたい場合などに適します。

(2) スリム形

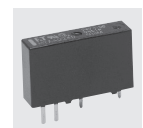
底面の一边の長さが高さより小さいリレーです。プリント基板でのリレー実装面積を小さくしたい場合や多数のリレーを同一基板に搭載する場合に使用されます。プリント板に搭載されるトランス、コンデンサーなどの部品の高さが大きい場合に効果を発揮します。

(3) キュービック形

立方体に近い形状です。リレー設計が容易で、一般的に体積あたりの接点开閉能力がその他の形状より大きくとることができます。



FTR-B3



FTR-MY



FBR51

1.4 保護構造による分類

プリント基板形リレーは、プリント基板にはんだ付けをして使用します。またリレー内部にゴミが入らないようにケースをかぶせます。ケースの保護構造によりエンクロージャー形、フラックスフリー形、プラスチックシール形（ウォッシュャブル形）の3種類に分類されます。

(1) エンクロージャー形

ベースの端子孔と端子の間およびベースとケースの間に隙間があり、手はんだを前提とした構造です。自動はんだ等では、はんだフラックスがケース内部に浸入し、接点の接触面に付着して接触障害の原因となります。（この種の構造は旧来リレーに採用されていたもので、現在当社製品にはありません）

(2) フラックスフリー形

ベースの端子孔と端子をシール樹脂にて封止し、ベースとケースの間のかん合をリレー上部と高くしたタイプです。はんだ付け工程において、フラックスのケース内へ毛細管現象による侵入を防いでいます。しかし、ベースとケースの間のかん合には隙間がありますので、はんだ付け後の自動洗浄はできません。

(3) プラスチックシール形（ウォッシュャブル形）

ベースの端子孔と端子、ケースとベースのかん合部などをすべてシール樹脂で封止し、リレー構造全体をプラスチックシールしたタイプで、実装はんだ付け工程においてフラックスおよび洗浄液のケース内に侵入を防いでいます。

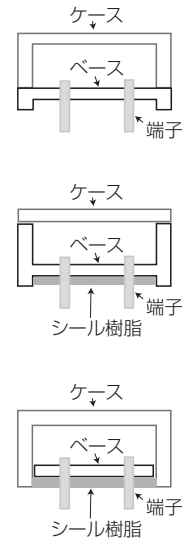


図1.2 リレー外形構造図

1.5 特殊なリレー

(1) ソリッドステートリレー（SSR）

入力端子に直流または交流の電圧を加えフォトカプラを動作させ、半導体接点のゲートを開いて電流を流すリレーです。機械的に可動する接点がないため動作音がなく長寿命で応答速度が速いなどの利点はありますが、開放接点間の絶縁性が低い、外部ノイズに弱い、大電流負荷の開閉には放熱を考慮する必要があり小形化が難しいという短所があります。

(2) 交流駆動形リレー

駆動用コイルに交流電流を流して動作させるリレーです。鉄芯に隈どりコイルを設け動作させます。感動電圧以下では接極子が振動して可動接点に喰り現象が生じて接点開閉を繰り返し、接点焼損や溶着を起こす場合がありますので注意が必要です。

(3) 有極リレー

駆動用コイルに電圧を印加する場合に、コイル端子に極性の指定のあるリレーをいいます。リレーの磁気回路の一部に永久磁石を使用した場合は有極リレーとなるため、永久磁石を使用したリレーを有極リレーと呼ぶことがあります。

(4) ラッチング（自己保持形）リレー

ラッチング形（自己保持形）リレーは、動作（セット）と復帰（リセット）をパルス電流で行い、リレーを動作（セット）あるいは復帰（リセット）させた後、コイルの通電を行わなくても、その直前の動作（セット）あるいは復帰（リセット）状態を維持しています。したがって、動作（セット）状態を保持するにも電力は不要で、記憶回路など開閉頻度の少ない回路で消費エネルギーを下げるのに役立ちます。ラッチング形（自己保持形）リレーは、永久磁石や磁性材料の残留磁気による磁気吸引力を利用する 경우가多く、有極リレーとなります。

(5) 高周波リレー

VHF帯（30MHzから300MHz）やUHF帯（300MHzから3GHz）で信号切換素子として使用されるリレーを高周波リレーといえます。高周波回路の伝送系インピーダンス（特性インピーダンス）は損失を考慮して50Ω、75Ω、85Ωまたは100Ωに統一されており、高周波リレーも特性インピーダンスが一致するリレーを選択する必要があります。高周波リレーではアイソレーション（接点OFF時における信号の漏れ）、インサクションロス（接点ON時における信号の損失）とリターンロス（接点ON時における信号の反射）などの特性が重要となります。

(6) 防爆リレー

可燃物の着火源とならないように、特別な技術的対策を講じたリレーで、一般的にガス蒸気や粉塵などの雰囲気中での使用が想定されています。リレーの場合は接点開閉時のアーク放電などの放電現象により着火源となる可能性があり、接点の不活性ガスで密封された構造のものがあります。IEC 60079-4、独立行政法人 労働安全衛生研究所技術指針などで規定された基準があります。

2. リレー接点の電氣的現象

接続する負荷回路によってリレー接点に生じる電氣的現象が異なります。その現象を理解することがリレーを使用する上で重要になります。

2.1 負荷素子による現象

負荷には、抵抗負荷、誘導性負荷および容量性負荷があります。抵抗負荷は抵抗 (R) 成分のみを有する負荷、誘導性負荷はインダクタンス (L) 成分を有する負荷、容量性負荷はキャパシタンス (C) 成分を有する負荷です。一般的な負荷は、単独ではなくそれらの合成された性質を示します。

(1) 抵抗負荷

接点開閉時に突入電流や逆起電力などの過渡現象の発生が小さく、負荷電力そのものの入り切りが接点に生じる電氣的現象となります。そのため開閉寿命や信頼性試験での基準負荷回路として採用し、リレー定格などの基準負荷回路としてカタログや納入仕様書に記載されます。実際には厳密な抵抗負荷 (純抵抗負荷) は存在しません。

(2) 誘導性負荷

ソレノイド、モーター、トランスやリレーコイルなど巻線 (コイル) が誘導性負荷となります。誘導性負荷はリレー接点が開く時に接点間に高い逆起電力が印加されアーク放電が発生します。インダクタンス (L) が大きく力率が小さい場合には接点の開閉寿命が短くなる場合があるので、火花消去器をつける必要があります。誘導性負荷においても巻線 (コイル) の線間浮遊容量 (C) があります。その浮遊容量によって接点が開く時に負荷電流以上の突入電流が接点に流れます。ソレノイド、モーターやトランスなどの負荷の場合は負荷電流の5～15倍の突入電流が流れます。規定されている接点特性に余裕をもたせてリレーを選択する必要があります。

注) 力率: 負荷により電圧に対して電流の位相がずれる場合があります。その位相差 θ の余弦 ($\cos \theta$) を力率といいます。負荷素子で使われる電力は、 $v \times i \times \cos \theta$ (有効電力) ですが、回路に流す電力は、 $v \times i$ (皮相電力) となります。

1) モーター負荷

モーターに過大な負荷が掛かってモーターが動かない状態を「ロック」といい、その時の電流値を「ロック電流」といいます。モーターロック状態からモーターを起動するときにも、ロック電流とほぼ同等の電流値 (起動電流) が流れます。このような状態でのモーターによってリレーに掛かる負荷を「モーターロック負荷」といいます。

2) モーターフリー負荷

モーターが回転している状態で電力供給を遮断したときにモーターが惰性で回転を続けます (フリーラン)。このような状態でのモーターによってリレーに掛かる負荷を「モーターフリー負荷」といいます。

(3) 容量性負荷

負荷にコンデンサーがある場合は、接点が開く時に接点に負荷電流の20倍～40倍の突入電流が流れます。接点溶着を回避するために規定されている特性に余裕をもたせてリレーを選択する必要があります。

(4) ケーブル負荷

ケーブル負荷の場合には浮遊容量 (C) による突入電流が接点が開く時に発生します。サージサプレッサーをつける必要があります。またケーブル負荷の場合はインダクタンス (L) がありますので、接点が開く時に逆起電力も発生しますので、火花消去器をつける必要もあります。

(5) ランプ負荷

ランプが負荷の場合は、接点が開く時にランプ負荷に電圧が印加された時に接点に負荷定常電流の10倍～15倍の突入電流が流れます。接点溶着を回避するために規定されている特性に余裕をもたせてリレーを選択する必要があります。

(6) 高周波負荷

30MHzから3GHzの高周波数帯域の信号切替にリレーを使用する場合は、高周波負荷に合致した特性インピーダンスを持つリレーを選択し、アイソレーションロス、インサージョンロスやリターンロスを検討する必要があります。

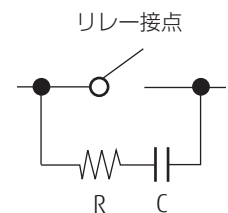


図2.1 火花消去器の例

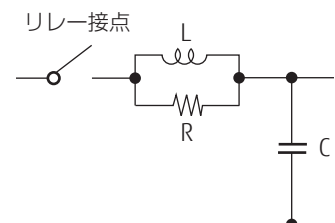


図2.2 サージサプレッサーの例

表2.1 突入電流の大きさ

負 荷		突入電流の大きさ	
ランプ	白熱ランプ	定常電流の10～15倍	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>直流負荷電流波形</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>交流負荷電流波形</p> </div> </div>
	水銀灯	定常電流の約3倍 高力率で電源インピーダンスの低い場合は、定常電流の20～40倍になることがあります。	
	蛍光灯	定常電流の5～15倍 高力率で電源インピーダンスの低い場合は、定常電流の20～40倍になることがあります。	
モーター	定常電流の5～15倍	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>直流負荷電流波形</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>交流負荷電流波形</p> </div> </div>	
ソレノイド	定常電流の10～20倍		
電磁開閉器	定常電流の3～10倍		
コンデンサー	定常電流の20～40倍	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>直流負荷電流波形</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>交流負荷電流波形</p> </div> </div>	
トランス	定常電流の5～15倍		

2.2 負荷電流の種類による違い

接点が開閉する負荷電流には、直流（DC）と交流（AC）があります。接点に与える影響として電流の大小のほかには接点開閉時の放電現象があり、直流と交流とでは、交流の方が放電現象による影響を小さくすることができます。

放電現象の中で接点に与える影響が大きいのはアーク放電です。直流でも交流でも最小アーク電圧値と最小アーク電流値以上の電圧、電流が接点に加わった場合は、アーク放電が生じます。直流の場合は負荷電圧は一定ですので、アーク放電が消滅する空間距離を接点間が確保するまでアーク放電は継続し、接点に損傷を与えます。交流の場合は負荷電圧自体がプラス、マイナスで変動していますので、アーク放電は負荷電圧ゼロ近傍で消滅します。そのため交流の場合は直流に比べ、アーク放電継続時間が比較的短く接点に与える損傷は小さくなります。一般的に交流負荷での許容最大接点開閉電流容量は直流負荷の場合より大きい値となります。

2.3 負荷電流の大きさによる違い

リレーは微小電流から30A程度の大電流まで広い範囲の電流を開閉するために使用されます。接点金属によって決まる最小アーク電圧値と最小アーク電流値以上の電圧、電流が接点に加わった場合は、アーク放電が生じます。アーク放電は放電電流とエネルギーが大きく接点に損傷を与えるため、アーク放電の程度によって接点現象が異なります。

注）銀（Ag）では最小アーク電圧は8V～13V、最小アーク電流は0.4A～0.9A、金（Au）では、最小アーク電圧は9.5V～15V、最小アーク電流は0.38A～0.42Aといわれています。最小アーク電圧・電流の絶対値は存在せず、接点材質の種類、接点間距離、接点間の媒体により変わります。

(1) 微小電流負荷および小電流負荷

この範囲の負荷に適したリレーの標準としている定格および最大接点開閉電流は1A～2Aです。通信機その他の信号伝達や信号切換え用途に使用されています。微小電流負荷や小電流負荷用途の接点最大開閉電流2A以下のリレーでは、アーク放電が発生しないか発生してもエネルギーが小さいため、アーク放電が接点に与える損傷はそれほど問題とならずに、接点に生成する被膜での接触抵抗の上昇が問題となります。接点開閉時にアーク放電が発生しないような微小負荷で開閉頻度が少ない（例えば月1回以下）のような場合は、上述の皮膜が接点に生成され、接触不安定の原因になる場合があります。

接触抵抗が増加する原因としては、

- 1) 周囲雰囲気に含まれる排気ガス、温泉地や塗料などから発生する硫化ガス、塩化ガス、酸化窒素、アンモニア、ベンゼンやスチレンなどが接点表面に生成する硫化物や酸化物の被膜
- 2) シリコンガス雰囲気中での接点開閉による酸化ケイ素の堆積
- 3) 気体中の有機物から接点開閉の際に生成するブラウンパウダーやブラックパウダーなどの堆積物
- 4) 塵埃の侵入

があります。

接触抵抗を安定に保つために次の一部ないしは組み合わせによる対策が採用されています。

- 1) 接点材質として金張り銀パラジウム合金または金張り銀を使用しています。
- 2) 双子接点を使用しています。
- 3) 接点の摺動量を大きくしています。
- 4) リレー全体を密封形にしています。

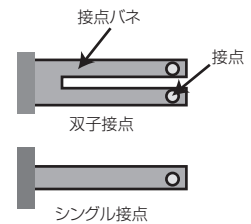


図2.3 接点の双子化

(2) 小電流負荷から大電流負荷

この範囲の負荷に適したリレーの標準としている定格および最大接点開閉電流は 3A以上です。家庭電化製品、冷暖房機器、音響機器、事務機、車載用機器など多方面で使用されています。このクラスのリレーで、微小負荷用接点材質および構造を採用したり、後述する溶着しにくい接点材料を採用することにより、広い範囲の負荷電流でのリレーの使用を可能としています。

この範囲の電流の開閉では、アーク放電が生じ、接点に生成する被膜での接触抵抗の上昇に加え、接点の電氣的消耗および溶着、消耗、転移、橋絡などが生じ、接点の障害や寿命低下の原因になります。また、飛散した接点金属粉が接点近傍の絶縁物に付着、堆積して絶縁劣化を起こし、寿命になることもあります。

電流および放電による現象は次のようになります。

接点が閉じる時は、接点間隔が小さくなるに従って、火花放電、コロナ放電、アーク放電が発生しますが、接点が閉じるとともに消滅します。放電の継続時間は短く、接点に与える影響は大きくはありません。放電現象により気体中の有機物からブラウンパウダーやブラックパウダーを生成させますが、接点の表面被膜を破壊して清浄面を露出させる効果が期待できます。

接点が開く時は、接点接触面の極小化で負荷電流でのジュール熱が上昇して接点金属が熔融する場合があります。接点金属の熔融後、接点が離れたときの金属イオンによってマイナス極の接点に接点金属の転移が起きます。また電圧・電流が大きい場合、接点が離れたときから熱アークといわれる放電電流とエネルギーが大きいアーク放電が開始し、接点金属の消耗、転移、溶着、橋絡などが激しくなり、接点の障害や寿命低下の原因になります。また、飛散する接点金属粉も多くなり、接点近傍の絶縁物に付着、堆積する量が増して絶縁劣化を起こし、寿命低下の原因になります。

この範囲の負荷では、接点の電氣的消耗、溶着に対して安定した品質性能を維持するために、接点が開閉する電圧、電流に応じて、次の一部ないしは組み合わせによる対策を採用しています。

- 1) この負荷に耐えられるよう接点材質、寸法を決めています。接点定格が15～30Aのリレーでは、接点には溶着や橋絡の生じにくい銀酸化錫(Ag₃SnO₂)系などを使用し、発熱を抑える接点の形状や寸法などを考慮しています。
- 2) 接点開離速度を早くする、または磁気消弧を採用するなど、アーク放電の継続時間を短くする構造を採用しています。
- 3) 接点フォロー、接触力が確保されやすい接点ばね構造を採用しています。
- 4) 接点の接触時の摺動量を多くして、接触抵抗の安定化と同時に溶着に対する寿命を長くしています。
- 5) リレー内部の接点回路での発熱を抑えるために、電流の流れるばね材には導電率の大きい材料を使用しています。

3. リレーの駆動コイルについて

リレーは駆動コイルに流れる電流がつくる磁界によって動作します。その磁界は駆動コイルの巻数とコイル電流の積であらわれ、リレーの動作に関する設計は電流を基準として行われます。リレーを動作させる基準の電流を「コイル定格電流」、コイル電流をゼロから増加させていき、リレーが非動作の状態から動作状態になる電流を「動作電流」、コイル定格電流から電流を減少させていき、動作から非動作になる電流を「開放電流」といいます。リレーを安定して動作させるために、「動作電流」は「コイル定格電流」の70%以下、「開放電流」は「コイル定格電流」の5%～10%以上に設定することが一般的です。

個々のリレーではなくロットとしての特性をいう場合は、「動作電流」は分布としての上限值を、「開放電流」は下限値を示します。また「動作電流」の下限値を「非動作電流」、「開放電流」の上限値を「保持電流」ということがあります。

実使用状態では、電流を安定的に供給する定電流電源より電圧を安定供給する定電圧電源のほうが安価に簡単に組むことができるので、定電圧電源が用いられます。そのためカタログなどではリレー動作を電圧で特性表示します。リレーを定電圧電源で動作させる場合は、温度依存性があるコイル抵抗を考慮し、使用条件を決める必要があります。

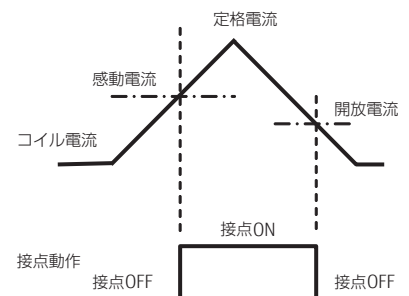


図3.1 コイル電流と接点動作

3.1 コイル定格電圧について

リレーを動作させる基準の電圧です。プリント基板へ搭載するリレーは、プリント基板で 사용되는電源電圧に応じて系列化が行われます。コイル定格電圧は、通常、DC 4.5、5、6、9、12、18、24、36、48Vを基準としています。それぞれの品種でのコイルデータを参照してください。カタログでは通常、定格電圧は周囲温度20℃での感動電圧、開放電圧、消費電力などとともに示されます。リレーを使用する周囲温度とコイルでの発熱、負荷電流の通電による発熱で決まるリレー温度に対して、感動電圧や開放電圧の値は温度が上がると増加し、消費電力の値は減少します。それらの変化を考慮して、カタログ記載の使用周囲温度で、一定の電圧印加でリレーを使用できるようにコイル定格電圧を決めています。（「3.3 周囲温度と許容コイル印加電圧」を参照ください。）

実際のプリント基板搭載では、他の部品の発熱の影響、リレーの放熱、磁気干渉などの影響を受けることが多く、実装状態で確認する必要があります。また、周囲温度における感動電圧や開放電圧の変動、コイル発熱などの参考データを利用して、確認しておくことが重要です。

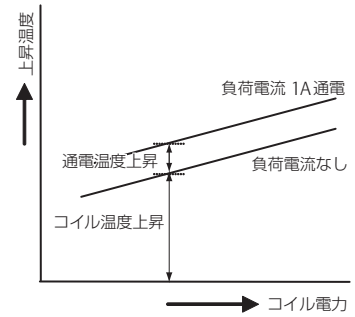


図3.2 リレー温度上昇

3.2 電源電圧の変動について

直流駆動形リレーのコイル駆動電源には交流を整流した直流電源あるいはバッテリー、または乾電池が使用されます。直流動作させるリレーのコイル電源は脈動のない直流であることが理想ですが、一般にはリップル率5%以下を原則としています。直流電源のリップルは5%以下としてください。リップル率は、最大電圧と最小電圧の差を平均電圧で割った値に100を掛けて算出します。

電圧変動については下限電圧で動作すること、上限電圧ではコイル電線の絶縁被膜の焼損劣化を考慮する必要があります。バッテリーまたは乾電池を電源として使用する場合は、電圧の変動が大きくなりますのでより注意が必要となります。使用電源の電圧変動がどの程度かを確認し、周囲温度において安全な動作ができるリレーを選ぶ必要があります。

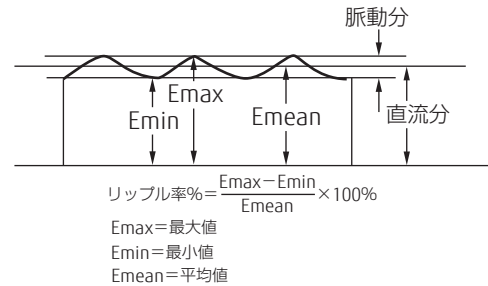


図3.3 電源リップル率

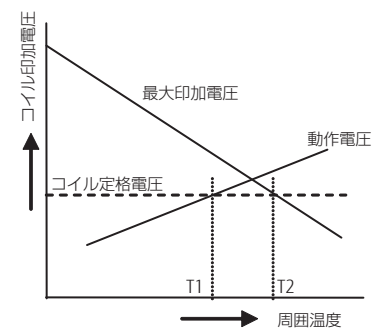
3.3 周囲温度と許容コイル印加電圧

リレーのコイルは銅線に絶縁被膜を塗布したコイル電線を巻くことによって作ります。この絶縁被膜の耐熱性によって使用温度が決まります。一般的に使用されているコイル電線はポリウレタン線E種で許容温度120℃です。リレー周囲温度、負荷電流が流れる接点バネなどで発生するジュール熱とコイルに流す電流によるコイル温度上昇の和が使用コイル電線の許容温度を超えると、コイル絶縁被膜の劣化によるコイルショートとなり発煙発火を伴うリレー故障となる危険性があります。使用周囲温度にあった適切な種類の電線を使用してください。

表3.1 コイル電線の絶縁種類と許容温度

絶縁種類	最高許容温度 (°C)
E種	120
B種	130
F種	155
H種	180
C種	180を超えるもの

リレーの動作面からすると、感動電圧がコイル定格電圧を超えるとコイル定格電圧で動作しないリレーが存在することになります。コイルの抵抗値は、温度1℃の上昇で約0.4%大きくなります。リレーの動作はコイルの起磁力（コイル電流×コイル巻数）によりしますので、感動電圧（感動電流×コイル抵抗）は、使用周囲温度と負荷電流によるジュール熱とコイル温上昇の和が上昇するに従って増加します。感動電圧がコイル定格電圧を超えるとコイル定格電圧で動作しないリレーが存在することになりますので、その直前の温度がリレー動作面から見た上限温度となります。



T1：リレー動作からの使用限界温度
T2：コイル耐熱性からの使用限界温度

図3.4 周囲温度 - 最大印加電圧・感動電圧特性

コイルの温度は、リレー筐体全体で考える必要があり、接点負荷電流が大きい場合は、接点負荷電流の流れる経路での発熱を考慮する必要があります。

許容コイル印加電圧を決める場合は、リレー温度が使用コイル電線の許容温度、感動電圧がコイル定格電圧を超える温度、樹脂の耐熱温度（通常約120℃から130℃）のうち最も低い温度を超えないコイル電圧が許容コイル印加電圧といわれます。

なおリレー温度は次の式で計算されます。

リレー温度 = 周囲温度 + コイル上昇温度 + 負荷電流での温度上昇

低温側では、通常のリレーでは低温における使用では結露・氷による絶縁劣化以外にはほとんど問題が起こらず、-40℃まで使用可能です。

4. 性能に関する事項

4.1 接触抵抗

リレーの接点の接触抵抗は、負荷電流が接点の接触点に絞られることによる集中抵抗と、接触部に存在する被膜や介在物による境界抵抗の和となります。カタログなどに記載される接点接触抵抗は集中抵抗と境界抵抗の和に負荷電流の通電経路の導体抵抗を含めた接点端子間で測定した値となります。

(1) 集中抵抗と境界抵抗

集中抵抗は接点の接触面積に関係しており、接点の接触力を増すことにより接触面積が広がるので低い値を示します。接触信頼性を上げるためには接触力を増す必要があります。接点面が洗浄な場合、集中抵抗としては数 $m\Omega$ の小さい値になります。

境界抵抗は接点の接触表面における抵抗です。接触面には種々なる被膜が形成されやすく、また介在物が混入する可能性もあり、それらの境界抵抗が接触信頼性を決定します。接点表面を清浄化する方法としては次のようなものがあります。

- 1) エアブローによる清浄化
付着物を除去するために接点間をエアブローします。
- 2) 開閉動作による清浄化
リレーの動作時には接点の衝突と摺動が、復帰時には接点の摺動が生じます。それにより接触面の皮膜が破壊され、接点表面が清浄化されます。
- 3) アーク放電による清浄化
接点間でアーク放電が生じれば、その熱により汚染皮膜は破壊され、汚染物質が消散され接点表面が清浄化されます。

超小形リレーにおいては接触力を大きく取ることは難しいため、双子接点化、プラスチックシール化および摺動量を多くする等により4g程度の接触力で十分な接触信頼性が得られています。

なお、接触面の被膜や介在物、設計や製造において接触信頼性を上げるための手法については、「2.リレー接点の電氣的現象」の「2.3 負荷電流の大きさによる違い」項をご覧ください。

(2) 負荷電圧、電流と接触抵抗

接点の接触面に介在する絶縁皮膜は負荷電圧が高くなれば電圧による絶縁破壊が起こり、境界抵抗が下がります。また、負荷電流が大きくなるとジュール熱の増加による接点の軟化や溶融によって、接点の接触面積が大きくなり集中抵抗が下がります。接触抵抗は負荷電圧、電流によって変化します。接触抵抗の評価は実際に使用される負荷電圧、電流の近辺で行うことをお勧めします。

(3) 接点消耗と接触抵抗

負荷電流を開閉しないか、微小電流負荷の場合の接点の消耗は極めて少なく、1,000 万回の動作で数 μm 程度です。したがって、この場合の接点消耗による接触抵抗の増大は無視できます。

接点で負荷電流を開閉するときは火花放電に続いてグロー放電やアーク放電が起こることがあります。火花放電やグロー放電は比較的小電流で起こる放電でリレーの接点消耗に対する影響は少なく、アーク放電は電流密度が大きいため接点金属の転移や消耗が大きくなります。

接点の開閉する負荷電圧・電流が大きくなるとアーク放電が激しく、接点消耗が大きくなり接触力が減少したり接触面が荒れます。接触面の荒れにより機械的にかみ合っただけの開閉不良や、接触力の減少による接触抵抗の増大などの接触不良が生じ、電氣的寿命となります。また接点が開くときに生ずるアーク放電が原因で、接点金属同士が溶着し開閉不良が生じる場合があります。このアーク放電の電流が大きいほど溶着を起こしやすく、特に容量性負荷やランプ負荷などで突入電流が大きいときは接点溶着を生じやすくなります。

負荷がそのリレーの能力を超えた場合、接点溶着を生じやすくなりますので、適切なリレーを選択することが重要となります。

接点の消耗、移転を防ぐにはアーク放電が生じ難くするために誘導負荷に対しては火花消去器を、容量性負荷にはサージサプレッサーを使用することをお勧めします。

火花消去器は一般的に負荷抵抗と同じ値の抵抗を付与します。

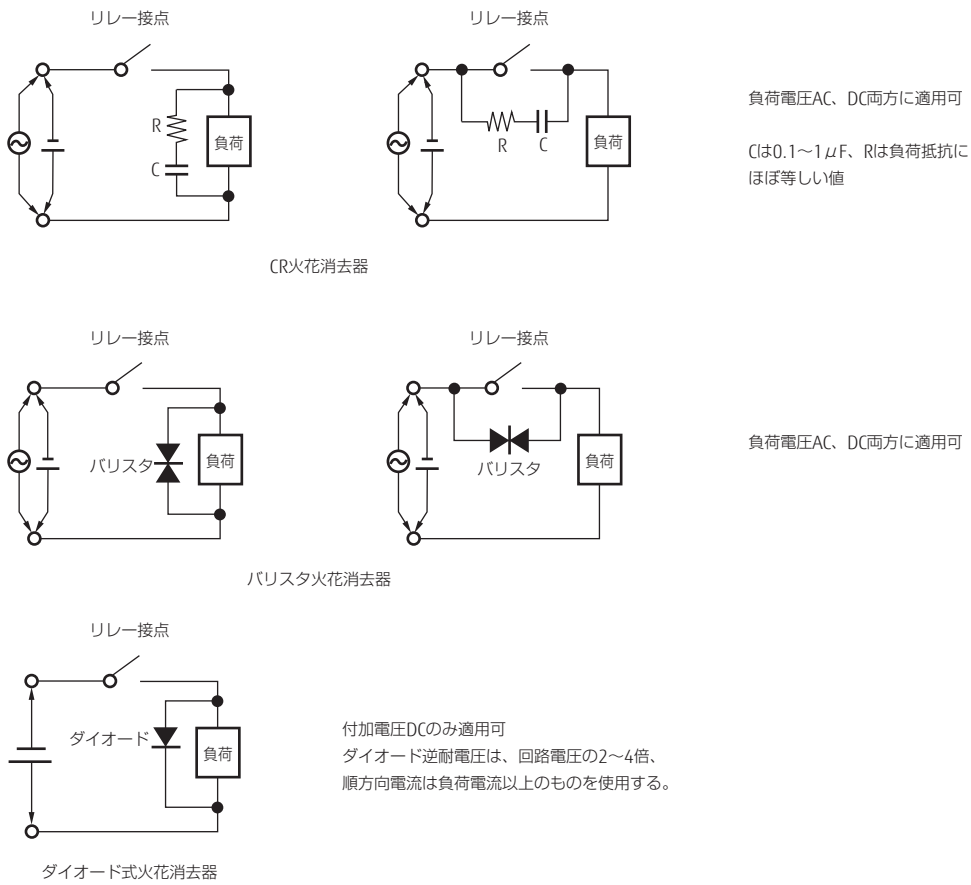


図4.1 接点火花消去器の例

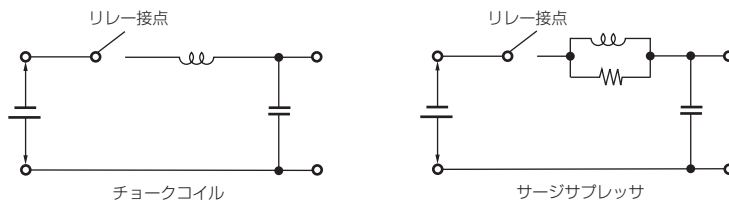


図4.2 サージサプレッサーの例

(4) 有機ガス雰囲気中での接点活性化

有機ガス雰囲気中で接点を開閉すると、接点に吸着された有機ガスが分離して炭素を生成し接点表面を覆います。この状態を接点の活性化と呼び、アーク放電が生じやすくなります。接点の活性化という現象は、接点負荷が小さい場合には接触抵抗を増大させます。

4.2 感動、開放電圧

感動および開放電圧の測定法は、JIS C 5442「制御用小形電磁継電器の試験方法」の「動作電圧又は電流及び復帰電圧又は電流」の項に記載されています。

この測定には

- 1) 電圧を徐々に上げていくあるいは下げていく方法（スライド方式）
- 2) ステップ状に電圧を上げていく、あるいはステップ状に電圧を下げていく方法（パルス方式）

の2方法があります。通常、ステップ状電圧で測定する場合は感動電圧は小さく、開放電圧は大きく測定されることがあります。

本カタログにおいては、ステップ状電圧（パルス方式）にて測定しております。

通常、感動電圧は、周囲温度や、電源および駆動回路の抵抗や電圧降下など考慮してコイル定格電圧の60%～80%に設定し、開放電圧は駆動回路の暗電流などを考慮してコイル定格電圧の5%～10%に設定します。

カタログに記載している感動電圧の値は、その形格の個々のリレーの感動電圧の分布の最大値を示し、開放電圧の値は、開放電圧の分布の最小値を示しています。

注) リレーはコイルが作る磁界によって動作します。コイルの作る磁界の大きさは、(コイルに流す電流) × (コイル巻数) であらわれます。コイル電圧は、(コイルに流す電流) × (コイル抵抗) となり、コイル抵抗は温度係数 0.4%/℃ で変化するため、温度によって感動電圧、開放電圧が変わることを考慮する必要があります。

4.3 使用温湿度

4.3.1 使用温湿度範囲

リレーはコイルの通電および負荷電流の通電で発熱し温度が上昇します。単位電力あたりの温度上昇をリレーのサーマルレジスタンスと呼んでいます。リレー各部の温度上昇の測定についても、JIS C 5442「制御用小形電磁継電器の試験方法」規定されています。

低温側は結露・氷結による絶縁劣化以外にはほとんど問題が起こらず、通常電気用品が使用される-40℃まで使用可能です。高温側は、次の2点のうちいずれか低い温度で決められます。

- リレーに使用している有機絶縁物の許容温度
- コイルの抵抗値が上昇することにより感動電圧が上昇し定格電圧との間に余裕がなくなる温度

使用部材としての有機絶縁物から決まる使用上限周囲温度は、コイル電線の絶縁被膜、コイル巻き枠やベースなどのモールド材の上限温度からコイル温度上昇の上限値を引いた温度となります。コイル温度上昇には、負荷電流の通電によるジュール熱による発熱も加える必要があります。一般的に使用されているコイル電線（ポリウレタン線E種）は約120℃で、通常使用されるモールド材のガラス繊維入りのPC（ポリカーボネート）やPBT（ポリブチレンテレフタレート）の許容温度は約120℃～130℃です。

リレー動作から決まる使用上限周囲温度は、負荷電流が流れる接点バネなどでのジュール熱による発熱を含めたコイル温度上昇でのコイル抵抗増加による感動電圧の上昇がコイル定格電圧を超えるとコイル定格電圧で動作しないリレーが存在することになりますので、その直前の温度が上限温度となります。（「3.リレーの駆動コイルについて」の「3.3周囲温度と許容コイル印加電圧」を参照ください。）

ただし、安定動作を考えた場合には、電源および駆動回路の抵抗や電圧降下など考慮して定格電圧でご使用ください。

一般にリレーの使用湿度範囲は5～85%Rhです。ただし、周囲温度によって使用できる湿度範囲が変動します。図4.3に示す温湿度範囲でのご使用をお願いいたします。

高温高湿下での使用は、樹脂部やコイルの絶縁劣化、腐食、錆などによる動作不良、ウイスカの発生などによる短絡など、リレーの性能を損なうおそれがあります。

4.3.2 保存温湿度範囲

リレーの保存温度はリレーによって異なりますので、個別仕様をご参照ください。一般的な保存湿度は5～85%RHです。ただし、周囲温度によって保存できる湿度範囲が変動します。図4.3に示す温湿度範囲での保存をお願いいたします。

又、リフロータイプは湿度に対して影響を受けやすいため、開封状態での保管は避けて頂くようお願いいたします。

高温高湿下での保存は、樹脂部やコイルの絶縁劣化、腐食、錆などによる動作不良、ウイスカの発生などによる短絡など、リレーの性能を損なうおそれがあります。

構造上特に湿度に敏感なリレーには、湿気を遮断するドライパック梱包を施すことがあります。ドライパック梱包品は、温湿度を管理した環境下で開封後すぐに実装作業を行うようにしてください。

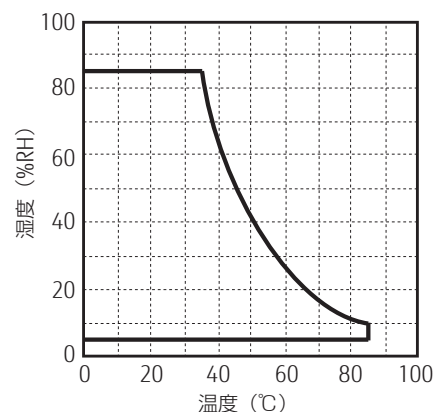


図4.3 使用/保存温湿度範囲

4.4 ホットコイルとクールコイル

コイルに電圧を印加した場合はコイルは発熱をしてコイル抵抗値が上昇します。コイルに電圧を印加した後コイル電圧を断った直後のコイルをホットコイルと呼びます。ホットコイルの状態ではリレーを動作させたい場合は、コイル抵抗が上昇している分リレーが動作する電圧が高くなっていることを考慮する必要があります。コイル抵抗が上昇していないコイルをクールコイルと呼びます。

4.5 動作、復帰時間

コイルに電圧を加えてからリレーが動作するまでに時間を動作時間、コイルから電圧を取り除いてからリレーが非動作となる時間を復帰時間といいます。コイルに電圧印加後一度動作してから、非動作状態になり再度動作することをバウンスといい、その時間をバウンス時間といいます。復帰時間の場合も非動作から動作そして再度非動作になることをバウンスといい、その時間をバウンス時間といいます。

動作時間は、コイルの印加電力などによって変化します。コイル印加電力と動作時間の関係の一例を図4.4に示します。復帰時間はコイル印加電力の影響をあまり受けません。

バウンスおよびバウンス時間は、リレーの構造によりほぼ決まり、最近のリレーはバウンスを小さくするよう設計されています。

カタログ表記の動作、復帰時間は、特に指定がない限りコイル逆起電圧防止用ダイオードを付けない状態でコイルに定格電圧を加えたときの値を記載し、バウンスを含みません。

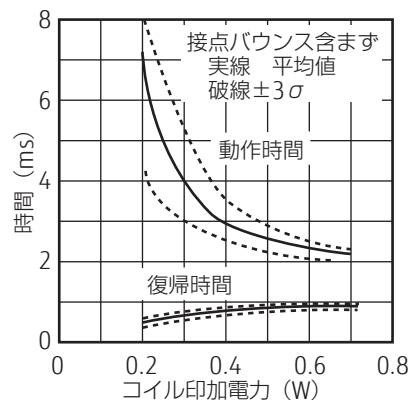


図4.4 動作、復帰時間

4.6 耐電圧と絶縁抵抗

リレーの耐電圧および絶縁抵抗は次の箇所が重要となります。

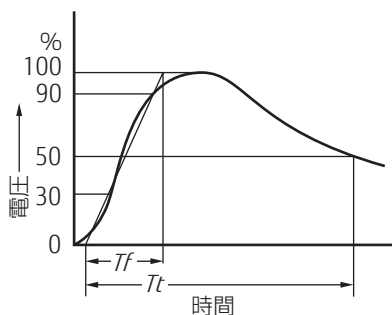
- (1) 開放接点端子間
- (2) 同一リレーに搭載されている複数の接点の接点端子相互間（隣接接点間という。）
- (3) コイル端子と接点端子間

これらの耐電圧や絶縁抵抗が半導体に比べると高いことがリレーの特長となります。

耐電圧の評価については、印加する試験電圧が50Hz または60Hzの正弦波形的なもの、雷サージなどを想定したパルス状の波形の2種類があり、それぞれ耐電圧（商用周波数）と耐サージ電圧（耐インパルス電圧）といいます。

耐電圧（商用周波数）は、交流電圧（50/60Hz）を1分間印加したときに、絶縁破壊することなく耐えられる電圧を示します（JISでは試験電圧の110%の電圧を1秒間加えて1分間の試験に変えてもよいことになっています）。絶縁破壊の検出漏れ電流は、JIS C 5442「制御用小形電磁継電器の試験方法」では個別に決めることになっています。カタログでは、電圧と印加時間を記載しています。

耐サージ電圧（耐インパルス電圧）は、雷サージを想定した波形の電圧を与えて、絶縁破壊することなく耐えられるピーク電圧をいいます。耐サージ電圧（耐インパルス電圧）の波形を図4.5に示します。耐サージ電圧（耐インパルス電圧）10,000V 1.2×50μsecとは、ピーク電圧 10,000V 波形 Tf=1.2μsec Tt=50μsecに耐えるということを示します。



波形の種類	Tf	Tt
A	1.2μs±30%	50μs±20%
B	10μs±30%	160μs±20%
C	10μs±30%	700μs±20%
D	100μs±30%	700μs±20%

図4.5 耐サージ電圧波形

4.7 絶縁抵抗

絶縁物で絶縁された導体相互間の電気抵抗で、通常500VDCを導体相互間に印加したときの抵抗値を絶縁抵抗といいます。絶縁抵抗は温湿度の変化により変化し、特に湿度が高くなるに従い絶縁性能は低下します。カタログでは特に指定がない限り標準状態（温度15℃～35℃、相対湿度25%～75%）での値を示します。通常のリレーでの絶縁抵抗は1,000MΩ以上です。

4.8 耐振動・衝撃特性

リレーは機器に搭載され振動や衝撃を受けます。振動や衝撃を受けた場合に問題になるのは、誤動作とリレー機構部の機械的疲労や変形によって起こる機械的損傷です。これらの試験方法はJIS (JIS C 5442) で規定され、カタログ記載の特性はJISで規定された方法に則っています。

振動の場合は、共振点付近までは機械的損傷を受けることなく耐えることができます。リレーの共振点は200Hz以上ですが、搭載されているプリント基板などの共振の影響を受けます。リレー搭載のプリント基板など実機での振動特性にも注意を払う必要があります。

衝撃の場合は、一般にリレーが使用中に受ける衝撃の加速度は車両で数 10m/s^2 程度であり、まれに生ずる激動で 200m/s^2 程度といわれています。実際に機械的損傷を受けるのは、これらに比べはるかに大きい衝撃加速度です。落下衝撃の場合は、大きな衝撃加速度が加わります。50cm以上の高さから自然落下させた場合、リレーは損傷を受けることが多く性能の確認が必要です。20～30cmの高さから自然落下した場合は、端子の損傷は受けませんがリレー構造自体には異状がない場合が多いのですが、落下での衝撃の受け方によっては機械的損傷が生じる可能性がありますので、性能の確認が必要です。

5. リレーの使用法

5.1 負荷の適切な接続方法

(1) 負荷回路を交流、直流いずれでも開閉できる場合は交流側で

一般に直流負荷の場合は交流のように電圧ゼロになる状態がなく、いったんアークが発生するとアーク時間が長引き、交流負荷に比し接点の開閉容量は低下します。また、接点の転移などにより寿命が短くなります。例えば図5.1のように負荷回路を交流、直流いずれでも開閉できる場合は交流を開閉した方が寿命に余裕ができます。

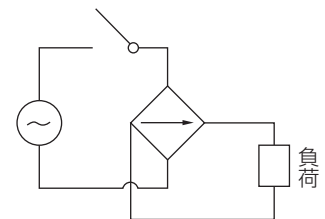


図5.1

(2) 接点は負荷の高電位側に

負荷と接点の並列接続の場合は、図5.2のように電流の極性に対し各負荷の位置を合わせた接続をしてください。接点と負荷を異なった極性に接続すると、多極リレー（複数の接点をひとつのケースに収めたリレー）の場合は隣接接点間で電源短絡の危険が生じます。また負荷は接点からみて低電圧側に接続したほうが、接点が開の場合に負荷の電圧レベルが安定します。

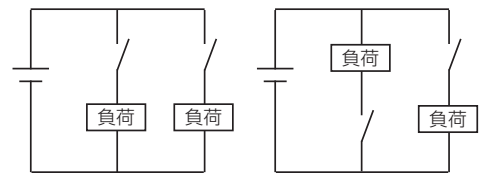


図5.2(a) 良い例

図5.2(b) 悪い例

(3) トランスファー接点では接点間の過渡現象による短絡に注意

トランスファー接点では、ブレイク接点が離れてからメーク接点が接触するように設計したリレーであっても、接点間のアークにより短絡回路がつくられることがあります。

図5.3のような場合、例えばハの3点接触によりイ→ロ→ハによる電源短絡回路をつくるおそれがあります。電源短絡は大電流が流れる危険性がありますので、このような負荷の接続は避けてください。

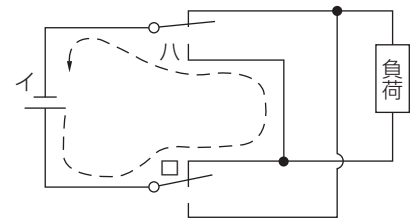
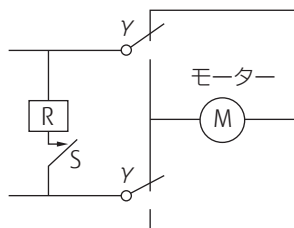


図5.3

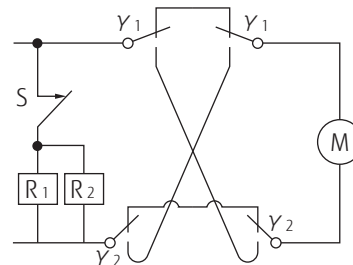
(4) モーターの正逆転に使用する場合は過渡現象にも注意

モーターの運転中、回転方向を逆転させる場合に、図5.4 (a) のような接続では切換えリレーの接点アークにより電源回路が短絡し、接点を損傷します。モーターを逆転させる場合は、図5.4 (b) のようにアークを確実に消してから切換えを行わせるようにすることが必要です。



(a) 悪い接続例

Rはリレーコイル、 γ はリレー接点



(b) 良い接続例

R1はリレー接点 γ_1 のリレーコイル、
R2はリレー接点 γ_2 のリレーコイル

図5.4 モーター正逆転の接続例

(5) 違うレベルの負荷の開閉を同一リレーで行わない

多極リレー（複数の接点をひとつのケースに収めたリレー）内で大電流負荷と微小電流負荷というように、極端に違うレベルの負荷の開閉をすると、炭素粉など大きな負荷を開閉したときに生ずる接点での生成物が、低レベル負荷用の接点面に付着して接触障害を起こすことがあります。

5.2 トランジスタによるリレーの駆動

トランジスタでリレーを駆動する場合の標準回路を図5.5に示します。

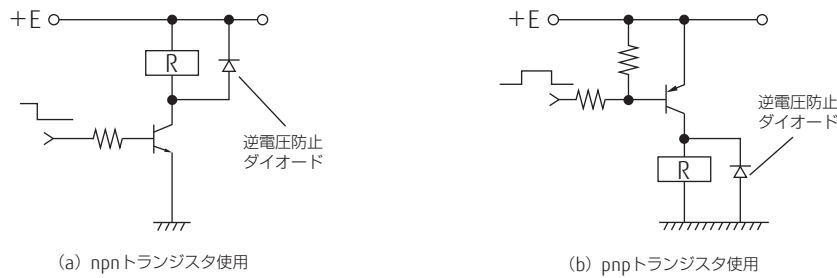


図5.5 トランジスタ駆動の標準回路

(1) トランジスタの選定では次の点に注意

- トランジスタの耐電圧は最低でも使用電源電圧の2倍が必要です。リレーのコイルに印加する最大電圧は、使用周囲温度上限でコイルの温度上昇分まで含めてリレーが動作する電圧で使用電源の変動を配慮して算出します。
- 最大条件において、リレーのコイルに流れる電流の安全率を見込んで2倍以上のコレクタ電流をもったスイッチングトランジスタを選びます。リレーのコイルに流れる最大電流は、上記最大電圧と使用周囲温度の下限でのコイル抵抗の最小値で算出します。
- コレクタ電流が決まったら、次にベース電流を求めます。コレクタ、エミッタ間電圧の飽和領域で使用するよう、ベース電流は十分流します。
- 最悪条件においてコレクタ損失を求めます。これにベース損失を加算して使用トランジスタの全損失を求めます。これが使用トランジスタの全損失—周囲温度特性内に余裕をもって入ることを確認してください。

(2) 逆起電圧防止素子をリレーコイルに並列に設置する

トランジスタからみるとリレーコイルは誘導性負荷となります。リレーのコイル電流を遮断すると逆起電圧（逆起パルス電圧）が発生します。この電圧がリレー駆動用トランジスタの耐電圧を超えるとトランジスタを破壊したり、劣化させることがあります。したがって、図5.5のようにコイルに並列に逆起電圧防止素子を接続することが必要です。

この素子としてはダイオードやダイオードとツェナダイオード、バリスタなどが用いられます。これらの定格としては、平均電流はリレーのコイル電流値で、逆方向阻止電圧は電源電圧の約3倍程度の素子を選定してください。

(3) トランジスタ駆動における注意事項

- リレーコイル駆動波形の整形が必要**
リレーコイルに供給する波形の立ち上がりあるいは立ち下がり時間が長い場合は、リレーの動作あるいは復帰が不安定になり接点の寿命が短くなる場合があります。図5.6のように前段にシュミット回路をいれて波形を整形してください。
- 暗電流を防止**
リレーの動作と同時に別信号を取り出したい場合、図5.7 (a) のような回路にすると、T1のトランジスタがOFFであってもリレーコイルには微少の電流（暗電流）が流れます。リレーコイルに暗電流が流れます。リレーの開放不良や耐振動や耐衝撃性の低下をまねきます。図5.7 (b) のように暗電流が防止できる回路としてください。

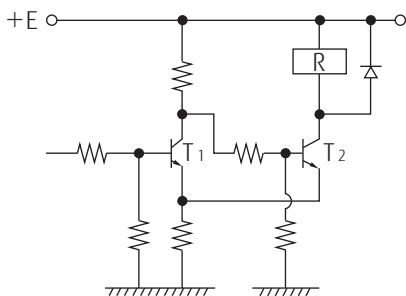
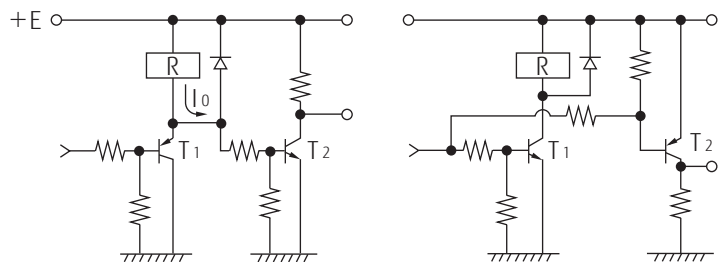


図5.6 波形整形シュミット回路



(a) 悪い例

(b) 良い例

図5.7 暗電流の防止

5.3 交流負荷でのリレー動作

(1) 交流負荷開閉においてリレー動作を負荷のピーク位相に同期させない

交流負荷開閉時、リレー接点の投入タイミングが交流電源負荷側のピーク時に同期する場合、電氣的寿命が短くなる場合があります。サイリスタやタイマーなどでリレーを駆動する場合に電源位相に同期する場合があります。ランダム位相で開閉が行われるよう実機にて確認を行ってください。ただし意図的にリレー動作と接点負荷の位相と同期させ、接点負荷の零位付近のみで接点を開閉させると、リレーは長寿命の安定した性能が保持されます。

5.4 永久磁石を内蔵したラッチングリレーの回路接続

(1) 永久磁石を内蔵したラッチングリレーの回路接続における注意事項は次のとおりです。

- ラッチングリレーコイルは、それぞれのカatalogの内部結線図に指定された極性どおりに接続してください。
- 印加パルス幅の範囲内で、コイルに定格電圧を印加してお使いください。
- セットコイルとリセットコイルの同時電圧印加はしないでください。(二巻線リレーの場合)
- ラッチングリレーのセットコイル、又はリセットコイルを複数個接続する場合は、ひとつのリレーコイルで発生する逆起電圧により隣接するリレーのコイルが誤動作することがありますので、図5.8のようにそれぞれのコイルへ直列にダイオードを挿入してください。他のリレーコイル、モーター、トランスなどの誘導負荷と並列にセットコイル、あるいはリセットコイルが接続される場合も同様です。
- リレーに制御させようとする負荷に電源が接続される前に、あらかじめリレーが指定の接点位置状態になるよう回路構成をしてください。
- リレーを多数密着実装する場合の取り付け間隔については、5.6 (2) 磁気干渉の項を参照して実機にて確認してください。
- 鉄粉その他の磁性粒や塵埃の多い場所では、密封形のリレーを使用してください。
- 特に強い磁界が加わるような場所での使用については実機で確認してください。

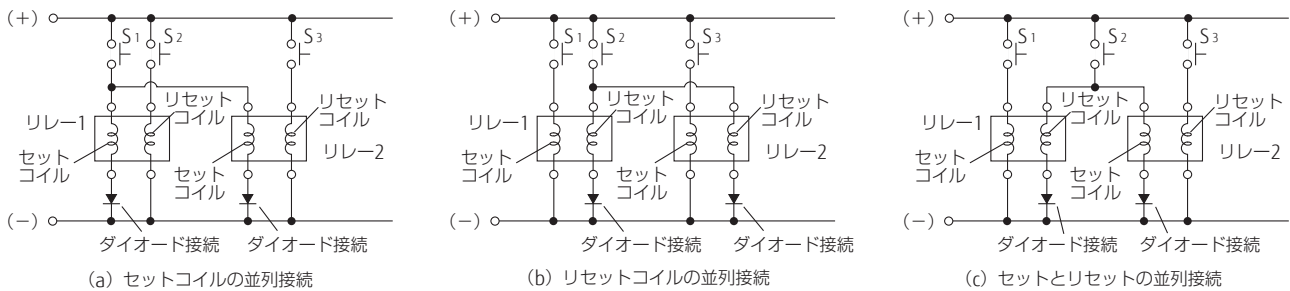


図5.8 ラッチングリレーの並列接続

5.5 リレー取付けの注意事項

(1) 端子配列図及び取付け図について

プリント基板用リレーのカatalogには、それぞれのリレーの端子配列・内部結線図及びプリント基板加工図が示されています。通常挿入実装形リレーでは、プリント基板の実装裏面(リレー搭載面と反対側の面)から見た図(BOTTOM VIEW)を示し、表面実装形リレーの場合はプリント基板の実装面(リレー搭載面)から見た図(TOP VIEW)を示してあります。

(2) ソケットの使用について

リレーの寿命が装置寿命より短い場合は、リレーを取替部品として扱う必要があります。その場合は、リレー端子をプリント基板にはんだ付けせず、ソケットを利用します。ソケット利用では次の点に注意する必要があります。

- リレー抜き差しの場合、ソケット表面に対し垂直方向に抜き差ししてください。斜めに抜き差ししますと、リレー本体の端子が曲がり、ソケットとの接触もうまくゆかず接触不良などの障害を招くおそれがあります。
- 振動や衝撃により、リレーの差し込みが緩むおそれのある場合は必ずソケットにリレーを止める金具を使用してください。
- リレーとソケットの抜き差しは、感電や装置の故障の原因になりますので、通電時には絶対行わないでください。
- リレー取換え時には品種間違いのないように注意してください。

5.6 プリント基板実装について

(1) 隣接リレーの発熱による温度上昇

密着実装した場合、コイル発熱の放散ができず熱が蓄積されますので、実装状態で動作を確認する必要があります。密着実装時のリレーの温度上昇についての一例を図5.9に示します。9個のリレーを3×3の配列で並べて動作させ、中央のリレーの温度上昇を測定した結果です。実装間隔を変数にとって温度上昇を示してあります。

特にカードラック取り付けなどでプリント基板を多数重ねる場合は、温度上昇に対する注意が必要です。

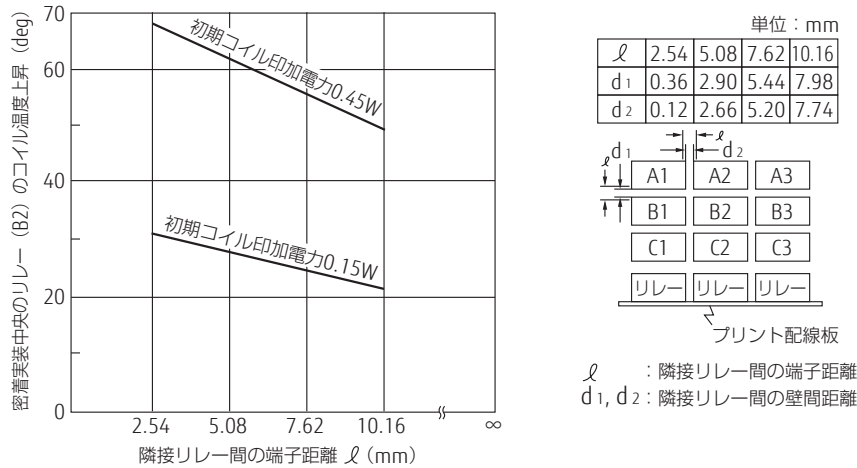


図5.9 隣接実装時のリレー温度上昇例 (RYリレー)

(2) 磁気干渉による動作の変化

リレーの磁気相互干渉も密着実装において生じる問題の一つで、実装状態で動作を確認する必要があります。リレーの磁気相互干渉により、リレーの感動電圧、復帰電圧などが変化します。磁石を内蔵しているリレーでは特に注意が必要です。実装状態で動作を確認する必要があります。

磁気相互干渉の一例を図5.10に示します。グラフの変化率は、9個のリレーを3×3で密着実装し、中央のリレーの感動電圧、開放電圧を (a) ~ (g) の条件で測定した結果で、初期値からの変化を百分率で示してあります。

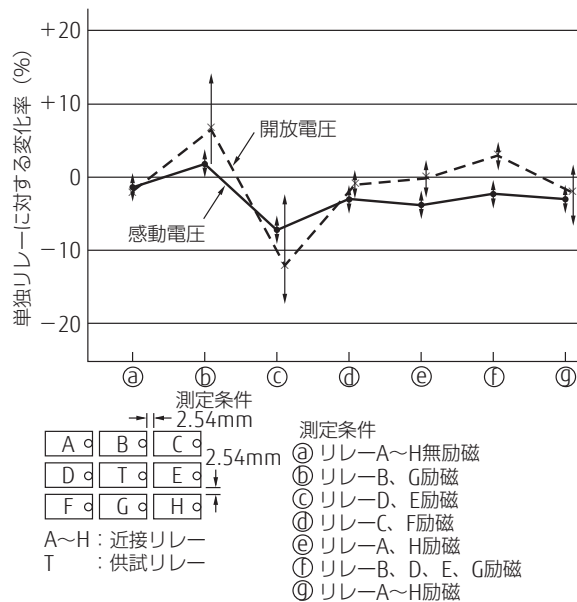


図5.10 隣接実装時のリレー磁気相互干渉例 (RYリレー)

(3) リレーコイルの下に信号の配線パターンをひきまわさない

リレーのコイルの下にオーディオ信号などノイズが問題となる信号の配線パターンをひきまわさないことをお勧めします。リレーの動作によって、配線パターンにノイズがのる場合があります。また、リレーの逆起電力防止素子はできるだけコイルの近くに配置して、配線パターンを短くすることが大切です。

(4) はんだ付け後のプリント基板の持ち運び

プリント基板に実装した後またははんだ付け後リレーのカバーをつまんで持ち上げると、プリント基板全体の重量をリレーのカバーの止め部分で支えることになり、カバーが外れてプリント基板を落下させることがあります。またリレー端子に無理な力が働きリレーが損傷を受ける場合があります。リレーを持たないで必ずプリント基板を持ってください。

(5) プリント基板の反り

プリント基板に、反りを与えるような部品取付けは避けてください。銅箔の断線やはんだの外れの原因となり、リレーの性能に悪影響を与える場合があります。

5.7 手はんだ付け工程における注意事項

- はんだコテは適切な熱容量のものを使用し、コテ先をリレー端子に長時間当てないようにしてください。リレーのモールド部が損傷して性能に支障をきたす場合があります。30～60W程度のはんだコテを使用してコテ先温度340～360℃で時間は約3秒以内としてください。
- コテ先温度が低い場合は、はんだ（ヤニ入りはんだ）のフラックスだけが溶けてリレー端子部にたまり端子部の腐食またははんだ付け不十分（いもはんだ）の原因となります。
- リレー内部にフラックスの蒸気が入った場合、リレー内部に損傷を起こす危険性があります。ダクトなどでフラックスの蒸気を排出してください。
- 銅箔部分にワニス塗布する場合は、リレーのはんだ付け面のみに塗布してください。はんだ付け後に裏面のワニスが回り込みリレー端子を腐食させる危険性があります。
- そのほか、はんだ付けの注意事項としては、はんだコテの温度が高い場合やコテの当てる時間が長い場合は、プリント基板の銅箔が剥離することがあります。

5.8 自動はんだ付け工程及び洗浄工程における注意事項

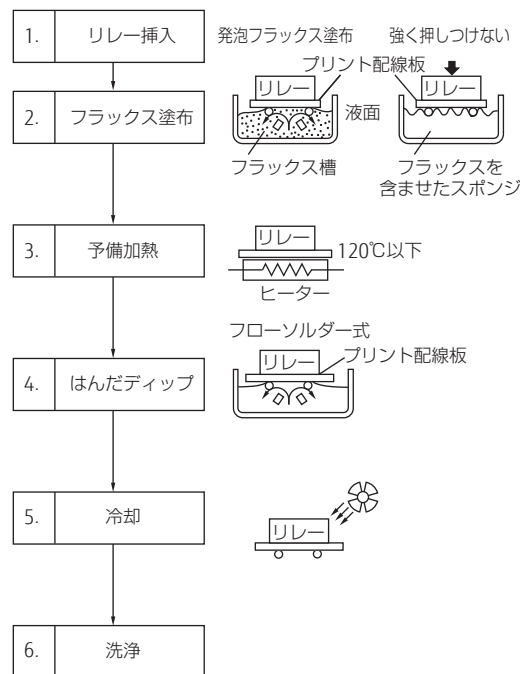


図5.11 自動はんだ付け工程図

5.8.1 はんだ付け工程における注意事項

フラックス塗布について

- フラックスがリレー内部に入らないようにしてください。フラックスがリレー内部に入った場合は、リレー内部に損傷を起こす危険性があります。フラックス液面レベルを管理し、均一に塗布してください。またフラックスをスポンジにしみこませて塗布する場合は、上から強くプリント基板を押しつけないなど、フラックスがリレー内部に入らないように注意してください。
- フラックスは非腐蝕性ロジン系のようなリレー端子を腐蝕させないものをご使用ください。

予備加熱、はんだ付けについて

- はんだ付け工程でリレーの温度が上昇した場合は、リレーのモールド部が損傷して性能に支障をきたす場合があります。予備加熱温度は120℃以下、時間は90秒以下となるように設定し、はんだ槽の温度は255℃ ± 5℃、はんだディップ時間は5秒以内としてください。また、はんだディップ後は直ちに送風によってリレーを冷却してください。
- 当社のリレーの端子予備はんだは鉛フリーはんだを使用しています。濡れ性がよい適切なはんだを予め選択してください。鉛入りはんだを使用する場合はJIS Z 3282のH60E（すずと鉛の比が60：40）またはH63E（すずと鉛の比が63：37）を使用してください。
- リフローはんだ付けの場合、シリーズ別に記載してあります「推奨はんだ付け条件」の各温度範囲内で実装してください。条件が適切でない場合は、特性変化の要因となりますのでご注意ください。

その他自動はんだ時の注意事項

- ディップ槽による自動はんだ付け工程の一般的な注意事項は次のとおりです。リレーの基板搭載の確実性を増すために実施願います。
- はんだディップはフローソルダー式をお勧めします。
- はんだがプリント基板上に溢れないように液面のレベル管理を十分してください。
- はんだ槽の表面に酸化物があるとはんだ上がりが悪くなります。はんだの酸化を油膜等で防止している装置を使用するか、あるいは酸化皮膜をとり除いてください。
- 活性化ロジン系フラックスを使用する場合は、活性剤として塩素、臭素などが含まれており腐食性があるため、はんだ付け後に洗浄が必要となります。洗浄については、5.8.2項をご覧ください。

5.8.2 洗浄工程における注意事項

(1) 洗浄液の種類と使用可否

アルコール系や水系の洗浄液をご使用ください。シンナー系、ガソリン系の洗浄液はケースを損傷することがありますので避けてください。洗浄液の種類と使用可否については表5.1をご覧ください。

(2) フラックスフリー形リレー

- 洗浄する場合は、はんだ付け面のみを洗浄し、洗浄液がプリント基板表面にまで溢れないように注意してください。
- 手作業によりブラシなどで洗浄液をつけてはんだ面をこする場合は、プリント基板に設けた孔などを通して、プリント基板表面に洗浄液が飛散したり、まわりこんだりしないように注意してください。
- 洗浄液をしみこませたスポンジの上に、プリント基板のはんだ付け面を下にして1分間程度放置すると、わずかにこするだけでフラックスを取り除くことができます。
- フラックスフリー形の丸洗い洗浄は洗浄液がリレー内部に浸入しますので避けてください。

(3) プラスチックシール形（ウォッシュャブル形）リレー

- プラスチックシール形（テープで小孔を封じたプラスチックシール形も同じ）はプリント基板につけたまま洗浄液で丸洗いが可能です。洗浄液は表5.1に示したものを選択してください。
- 超音波洗浄は、超音波エネルギーによりコイルリード線の断線および接点のスティッキング（溶着）を起こす場合がありますので避けてください。やむを得ず超音波洗浄を行う場合には事前にご相談ください。

表5.1 洗浄液の種類と使用可否

使用可能な洗浄液	使用不可の洗浄液
アルコール系.....エタノール IPA	塩素系.....トリクロロエチレン パークロエチレン
水系	芳香族系.....ベンゼン キシレン アセトン

5.9 プリント基板のコーティング

リレーがエンクロージャー形、フラックスフリー形の場合、コーティングは行わないでください。やむを得ず行う場合は、コーティング剤が直接リレーにかかったり、リレー内部に侵入しないように作業してください。コーティング剤の種類によっては、リレーケースを損傷したり、接触障害の原因となります。また、プラスチックシールリレーの場合でも、コーティング剤の種類によってはケースの損傷、シール材の劣化、溶融を起こす原因となりますので十分に確認し、選択してください。コーティング材としてシリコン系は接触障害を起こしますので避けてください。

またリレー全体を樹脂で固めることは、避けてください。リレー特性が変化する原因となります。また作業時の温度が、使用周囲温度の最大値を超えないようにしてください。

5.10 その他

(1) シリコン化合物はリレーの大敵

シリコンは絶縁性や耐熱性、耐寒性などに優れ、シリコンゴムその他各種絶縁材あるいは塗料などとして使用されています。しかし、リレーの近傍にシリコンを含んだ製品が使用されていると、その製品から発生するシリコンガスがリレー内部に浸入し、接点でのアーク放電により酸化ケイ素となり接点面に付着し、接触障害の原因となります。シリコン含有の製品をリレーの近傍で使用することは避けてください。

(2) リレーを有害ガス雰囲気下で使用しない

リレー使用周囲雰囲気内に硫化ガス、塩化ガス、酸化窒素等が存在する場合、それらの有害ガスの影響を受けてリレー接触抵抗が増大する危険性があります。そのような雰囲気中での使用は避けてください。

(3) リレー温度が上昇すると動作する電圧（感動電圧）は上昇する

リレーのコイルにかけられる電圧は、使用環境周囲温度とリレー自体の温度で決まります。温度が上昇するに従ってリレーを動作させるための電圧（感動電圧）は上昇させる必要があり、リレーの構成部材の絶縁体の耐熱性からコイル最大許容電圧は減少させる必要があります。図5.12に使用環境周囲温度と動作電圧、コイル最大許容電圧の関係の例を示します。動作電圧とコイル最大許容電圧に挟まれた領域が、コイルに印加できる電圧となります。電源および駆動回路の抵抗や電圧降下などを考慮して安定に動作させるためには、定格電圧をかけて使用してください。

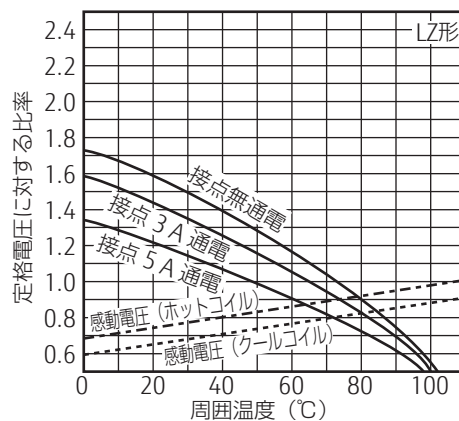


図5.12 周囲温度－最大許容電圧・感動電圧特性

(4) 長時間連続通電での絶縁体劣化に注意

電源監視や警報装置などで使用されるリレーのように、長期間にわたってコイルに連続通電して使用する場合は、リレー構成部材の絶縁体の劣化を防ぐために次のことを考慮する必要があります。

- ラッチング（自己保持型）のリレーを使用し、動作保持状態は無通電とする。
- 周囲温度やリレー温度を低温で使用する。
- コイル消費電力の低いリレーを使用する。
- コイルに抵抗またはツェナーダイオードを直列に接続し、コイルに流れる電流の変動を抑える。電源容量に余裕が必要となります。
- コンデンサーと抵抗を並列接続した回路を直列接続する。リレー動作にはコンデンサーの充電電流を使用し動作継続には抵抗を通した電流を使用し、コイル発熱を抑制をする。リレー再動作の頻度はコンデンサーの時定数によって決める必要があります。

(5) 稀頻度開閉の場合は定期的な導通検査をしてください

接点开閉時にアーク放電が発生しないような微小負荷で開閉頻度が少ない（月1回以下）のような場合は、2.3.（1）項で述べた皮膜が接点に生成され、接触不安定の原因になる場合があります。定期的に導通検査を実施することが重要になります。

(6) 強磁界ではリレーの動作電圧、開放電圧がくるう

トランスやスピーカーその他の機器で強磁界が発生するものの近傍では、磁界の影響でリレーの感動電圧、開放電圧などが変化することがあります。その影響を受けないように、磁気遮蔽するか、実装の際の位置や方向、コイル励磁の極性に注意する必要があります。

(7) 落下させない

リレーの性能を損なう場合がありますので、リレーを落下させたり強い衝撃を与えたりしないでください。

(8) リレー搭載後のプリント基板加工

リレーがパネルやプリント基板に取付けられている状態でパネルやプリント基板の加工をすると、微小な切屑がリレー内に入り動作不良や接触不良を起こすおそれがありますので注意してください。また加工時に発生する振動や衝撃によりリレー特性が変化する場合があります。

(9) リレーカバーは外さないでください

カバーが外れると接点ばね等に損傷を与え性能を損なうことがあります。

6. 信頼性

6.1 故障モード

リレーの故障は、究極的に導通不良か開閉不良です。それぞれの不良についての主要メカニズムを下表に示します。一般に開閉電流100mA以下の場合、寿命切れになる前までの故障率は双子接点で信頼水準60%で 10^{-8} 以下です。開閉電流500mA程度以上では、開閉時での放電で接点が清浄化され故障率は下がる傾向にあります。

機器や装置の要求に合った寿命動作回数のリレーを選ぶことが重要です。機器や装置の寿命をリレー寿命より大きくしたい場合は、ソケットを用いてリレーを交換部品とする方法があります。

故障モード	メカニズム				内 容
	接点	コイル	接点部 機構	筐体 端子	
導通不良 (接触抵抗大)	✓				接点面の荒れによる接触力不足
	✓				酸化被膜、硫化被膜などの形成
	✓				絶縁物の接点間付着
	✓				絶縁物の接点間堆積
			✓		バネのへたり、経年劣化による接触力不足
			✓		接点脱落
			✓		端子断線
		✓			断線、短絡による起磁力不足
		✓		✓	破損による機構部損傷
			✓		機構部損傷による動作遅延
開放不良				✓	コイル端子間絶縁劣化
	✓				接点面の荒れによる機械的固着
	✓				接点金属の溶着
			✓		バネのへたり、経年劣化による解離力不足
			✓		機構部破損による解離不足
		✓			開放用コイルの断線、短絡による起磁力不足（二巻線ラッチングの場合）
	✓				金属粉の接点間付着
				✓	接点端子間絶縁劣化
	✓			接点面荒れによる接点間耐圧劣化	

6.2 寿命特性

(1) 機械的寿命

機械的寿命とは、接点に電流を流さない状態でのリレーの接点开閉動作寿命です。一般的に、接点駆動用機構部（接点駆動カードやスタッドなど）の摩耗粉あるいは接点の衝突や摺動から生じる金属摩耗粉の酸化物が接点接触面に付着して接触性能を損なったり、接点駆動用機構部の損傷・磨耗による接点接触力の低下で接触障害、感動・開放電圧の規格外れ、接点間耐圧低下などにより寿命となります。

(2) 電氣的寿命

電氣的寿命試験では、接点に電流を流しながらのリレーの接点开閉動作寿命です。

リレーの寿命となる原因として次の事項があげられます。

1) 接触抵抗の増大

接触抵抗が増大する原因には次のものがあります。

- 接点金属の消耗により接触力が低下
- 接点駆動カードやスタッドなど有機材料の摩耗粉が接触面に付着
- 衝突、摺動部の摩耗粉や接点金属の消耗粉の酸化物が接触面に堆積
- 接点面に吸着した有機ガスの分解により生成した炭化物が接触面に堆積

2) 接点の溶着および橋絡による短絡

接点閉成時の接点のバウンスを伴った大電流のアーク放電により溶着を起こします。また、接点金属の転移により突起が生じ、橋絡現象を起こします。

3) 絶縁劣化

接点の消耗粉が飛散して絶縁物に付着して絶縁抵抗の低下や耐電圧不良を起こします。また、アーク放電時の熱により絶縁物が焼損して絶縁劣化を生じます。

4) その他、動作不良など

感動・開放電圧、接点間隔および接触力などの規格割れにより寿命切れとなる場合もあります。

(3) 接点の開閉電圧、電流とカタログ記載の寿命特性の関係

通常、リレーの接点はカタログに記載された回数までは消耗や転移により故障を生じないだけの十分な形状寸法に設計されています。

カタログに記載されている電氣的寿命は、それと併記されている負荷条件における値を示すもので、単純条件（理想条件）での値であり、複合条件を同時に保証するものではありません。この負荷条件より小さい接点負荷の場合、一般にカタログ値よりも期待される寿命動作回数は大きくなります。

下図は接点の開閉電圧、電流と寿命の関係の一例で、図6.1は直流負荷の場合を、図6.2は交流負荷の場合を示します。この開閉電圧、電流の寿命特性は図のようにほぼ45度の直線関係であらわれます。

また図6.1および図6.2には誘導負荷について時定数あるいは力率と負荷電圧をパラメータにして示してあります。これらの図からもわかるように、誘導負荷の場合は、

- 1) 抵抗負荷と同じ寿命動作回数を保証しようとするれば、許容電圧および電流値は抵抗負荷の場合より小さくなります。
- 2) 抵抗負荷と同じ電圧と電流値を接点負荷とすれば寿命は抵抗負荷より小さくなります。

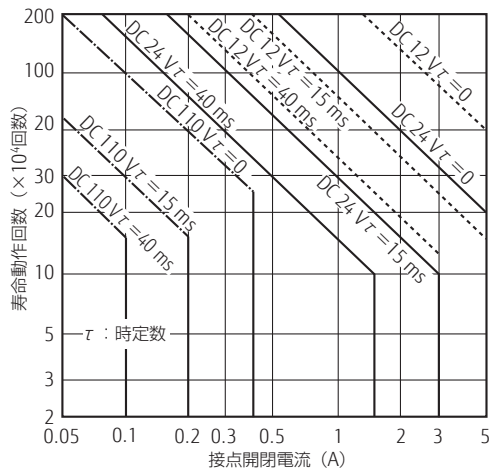


図6.1 直流負荷寿命特性

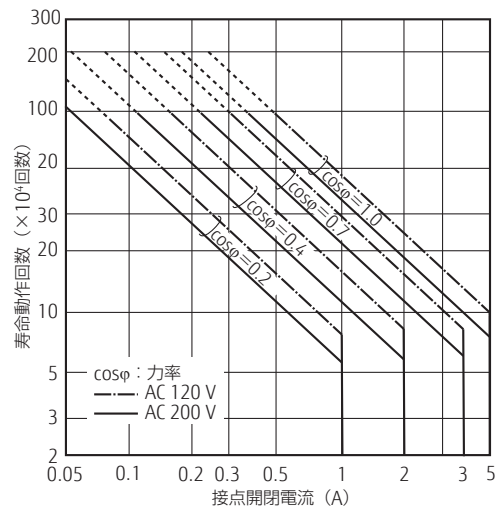


図6.2 交流負荷寿命特性

6.3 その他

(1) 接点開閉頻度

接点負荷が大きくて強いアーク放電の生じるような場合は、接点の開閉頻度が多いとアーク放電の熱で接点ばねが高温となり寿命が短くなります。

通常、カタログに記載されている寿命は、負荷電流3A未満では1秒ON/1秒OFF、負荷電流3A以上では3秒ON/3秒OFFの開閉頻度にて試験したものです。それより頻度が多いときは実条件および実機にて確認することをお勧めします。

7. 工業規格、安全規格について

7.1 工業規格

工業分野における標準化を進めるために制定されたもので、電気関係の国際規格としてはIEC (International Electrotechnical Commission) が制定されており、日本においては、日本工業規格 (JIS) をはじめとする各種規格があります。JISは国際規格であるIEC規格と内容面での整合性が図られ、「最低限の編集上の差異以外は全て一致している (IDT)」、「技術的差異が明確に識別され、かつ、説明されている (MOD)」と「国際規格と同等でない (NEQ)」の分類がされています。また近年、安全面が重視され工業規格は安全規格に取り込まれていく傾向にあります。

リレーに関するJISとしては、

JIS C 4540-1	電磁式エレメンタリ リレー — 第1部：一般要求事項
JIS C 5442	制御用小形電磁リレーの試験方法
JIS C 9730-2-10	家庭用及びこれに類する用途の自動電気制御装置 — 第2-10部：モータ起動リレーの個別要求事項
JIS D 5010	自動車用リレー通則
JIS D 5011	自動車用リレー—端子配列・端子機能及び寸法
JIS E 3003	鉄道信号用リレーの性能試験方法
JIS E 3031	鉄道信号用リレーの色別及び種標通則

などがあります。(2016年5月現在)

当社では、リレーの試験は、特に指定がない限りJIS C 5442 に準じて実施しています。

7.2 安全規格

家庭用電化製品その他、民生用として使用される電気機械や器具に対して、感電や火災を防止するなど使用に対する安全性を確保するため各国で安全規格が制定されています。

7.2.1 国際規格

国際規格としては、IEC (International Electrotechnical Commission) が制定している規格があり、また欧州においてはEU統合に伴い、IEC規格を基本として欧州統一規格EN (European Standard) 規格を制定しています。

7.2.2 各国安全規格

日本 (電気用品安全法)

リレー単体では電気用品安全法の適用外ですが、同法に定める電気用品にリレーが組み込まれる場合には同法が適用されます。

リレーが適用される技術基準としては

- 1) 接点およびコイルの温度上昇
 - 2) 導体相互間の耐電圧
 - 3) 導体相互間の絶縁抵抗
 - 4) 導体間の絶縁距離 (空間および沿面距離)
- などが考えられます。

米国 (UL規格)

アメリカのUnderwriters Laboratories Inc. の略称で、ULで認定試験を行い、合格した製品にULマークを表示することができます。UL規格としては樹脂の難燃性があるのですが、温度上昇や絶縁特性のほか、使用材料についての規定および電氣的耐久試験、過負荷試験が規定されています。これらの試験条件はUL規格の種別によって相違があります。特にTV定格は、アメリカでテレビの火災事故をきっかけに、テレビ用に対して設けられたものです。この規格では絶縁材料に自己消火性、耐アーク性の厳しい要求があり、電氣的耐久試験および過負荷試験に負荷としても大きな突入電流が課せられています。各定格電流値に対して突入電流値が決められており、TV定格認定試験に合格した製品にはTV-5のような表示をして、合格した定格電流レベルを示すようにしています。耐久試験の負荷としては、タングステンランプを使用し、トータル25,000回の開閉に耐えることを要求されます。

TV定格	TV-3	TV-4	TV-5	TV-8
定常電流	3A	4A	5A	8A
突入電流	51A	65A	78A	117A
認証取得リレー	FTR-F1/F3/F4 FTR-F4G	JS-KS	FTR-F2/F3 FTR-H1/H2/H3、 FTR-K1/K2	FTR-H3/K1 FTR-F2P/K2G

カナダ (CSA規格)

Canadian Standards Association の略称で、CSAで認定試験を行い、合格した製品にCSAマークを表示することができます。CSA規格はULとほぼ同等で、TV定格の認定試験も施行されています。

欧州 (EN規格)

EN規格はCEN (欧州標準化委員会) やCENELEC (欧州電気標準化委員会) が発行する欧州統一規格です。欧州各国はEN規格が自国の規格に反映されるよう義務付けられています。欧州で販売する機器の認証試験は各国にある認証機関によりEN規格のもとで認証が行われ、承認された場合、その組織が所有している認証マーク (VDE、TÜV等) を表示することができます。

中国 (国家標準GB規格)

IEC規格をベースとした中国安全規格で、リレーについては認定試験を行い、合格した製品にCQCマークを表示することができます。

7.3 環境規制

欧州RoHS指令 (Restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment directive)

欧州連合 (EU) 全域で2006年7月に施行されました。電気電子機器を対象に鉛 (Pb)、カドミウム (Cd)、水銀 (Hg)、六価クロム (Cr⁶⁺)、ポリ臭化ビフェニル (PBB)、ポリ臭化ジフェニルエーテル (PBDE) の六つの有害物質の使用量が規制され、2019年7月からフタル酸エステルの4物質 (DEHP, BBP, DBP, DIBP) が追加となります。これらの有害物質が一定量以上含まれた製品はEU全域で販売できません。ただしリレー接点材質のカドミウム使用、ソリッドステートリレーの構成部品に使用されているセラミック等に含有される鉛については、RoHS指令の適用が除外されています。なお適用除外については現在欧州委員会で見直しが行われております。最新の情報は当社ウェブサイトでご確認ください。

ELV指令 (End of life vehicles directive)

欧州連合 (EU) が2000年10月に施行した自動車のリサイクル指令で、自動車の廃車の際の廃棄物の利用やリサイクル、リユースを進めることなどが狙いで、車載電装用品の有害物質を規制しています。

中国RoHS「電子情報製品汚染制御管理弁法」

中国が2016年7月1日に新法を施行。中国国内で販売する電気電子製品を対象として鉛（Pb）、水銀（Hg）、六価クロム（Cr⁶⁺）ポリ臭化ビフェニル（PBB）、ポリ臭化ジフェニルエーテル（PBDE）、カドミウム（Cd）の6つの有害物質の使用量を規制する法で、これらの有害物質が一定以上含まれた製品は、製品、製品取扱説明書、環境保護使用期限等の必要情報を表示することが義務づけられています。

また、包装材は包装材リサイクル暫定弁法、及び国家標準GB/T18455-2010に沿って、材質とリサイクルマークの表示義務が継続となります。

注）包装材は材質とリサイクルマークの表示義務で、有害物質の表示は前提として無害で生分解し易く、かつ回収利用が便利な材料としているため、材質とリサイクルマークの表示義務が継続します。

（注：2016年7月現在の情報です）