









Reed Technology

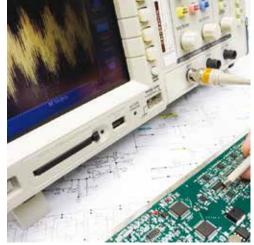




リードス	イッチの特性	
	リードスイッチの動作特性	. 7
	リードスイッチの基礎	
	リードスイッチの電気的特性の基礎	10
	磁石によるリードスイッチの使用方法	18
	リードセンサー vs ホールセンサー	25
	リードスイッチ vs 機械式スイッチ	28
磁石		
	磁石とその仕様	29
	磁石の取り扱い情報	34
	着磁	35
注意事	III	
	様々なセンサーとリレーアプリケーションでリードスイッチを使う時の取り扱いと注意事項	37
	接点保護についてースイッチングと接点保護	
	接点保護について一保護回路	43
アンペ	アターン (AT) とミリテスラ (mT)	
	アンペアターン(AT)とミリテスラ(mT)の関係	45
アプリク	ケーション例	
	リードスイッチとリードセンサーのアプリケーション	51
	スマートホーム	
	セキュリティと安全・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	60
	医療	61
	計測	62
	通信	63
	その他のソリューション	64
リードリ	レー	
	リードリレーにおけるリードスイッチの使用	65
	リードリレーアプリケーション	66
	リードリレーアプリケーションにおける磁気干渉の低減	
	リードリレーとソリッドステートリルーおよび機械式リルーの比較	73
	7GHzのRFリードリレーーアプリケーション	
	周波数およびタイムドメインのRFリレー測定のアプリケーションノート	76
寿命デ		
	寿命要求	85
動作距	離	86
田蓮報	· 明	an
ᇄᇚᇞ	P44	50











PRODUCT SOLUTIONS.

AS DIVERSE AS

THE MARKETS

WE SERVE.



















スタンデックスエレクトロニクスは、リードスイッチベースのセンサーソリューションの設計、開発、および製造における世界的なマーケットリーダーです。

当社の磁気製品には、平面、ロゴスキー、電流、低周波、および高周波の変圧器とインダクタが含まれます。当社のセンサーショリューションの中には、KENT、Meder、および、KOFUの各ブランドのリードスイッチがあります。

また、リードルーもすべて揃い、更に液面レベルセンサー、 近接センサー、移動センサー、水流センサー、HVAC結露セ ンサー、液圧作動センサー、静電容量センサー、導電性セ ンサー、および誘導性センサーが幅広く揃っています。

MARKETS WE SERVE

当社は、主要市場のすべてで、広範囲の製品適用を目的として、技術製品ソリューションを提供しています。 以下はその内の数例です。

- 航空宇宙
- 代替エネルギー
- 自動化
- 自動車/輸送
- 通信技術
- 流量測定
- 食品事業
- 一般工業
- 大型トラック
- 家電製品
- HVAC/R
- 油圧および
- 空気圧アクチュエータ

- 工業/電力
- 照明
- 医療
- 計測および制御技術
- 検針
- 軍事
- オフハイウェイ
- プール / スパ
- レクリエーション
- セキュリティ / 安全
- 宇宙
- 試験および計測
- 公共設備/スマートグリッド











COMMITMENT & EXPERTISE

CAPABILITIES.

スタンデックスエレクトロニクスは、最高の販売サポート、エンジニアリング機能、および技術リソースを世界中で提供するグローバルな組織により、絶対的なお客様満足とお客様主導の革新にコミットしています。

米国オハイオ州シンシナティに本社を置くスタンデックスエレクトロニクスは、米国、ドイツ、中国、メキシコ、英国、および日本の6か国に8つの製造拠点を持っています。

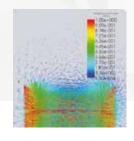
MANUFACTURING

- 自動AT選別
- ボビンとトロイダル巻線
- 自動完了
- コイルモールド及びパッケージング





- インサートおよび熱硬化成形
- 低圧成形(ホットメルト)
- ピック&プレース・ビジョン&カメラシステム
- プラズマ表面処理
- プラスチック射出成形
- ポッティング-2成分
- プログレッシブスタンピング
- リフロー炉・複数ゾーン対流
- リードスイッチ製造
- リードリレーの設計と製造-SMD、 低熱、高絶縁、高電圧、高周波、ラッチングおよびAtex
- 選択的はんだ付け
- センサーパッケージ
- ステンレス鋼加工と高精度レーザー溶接









- 変圧器の設計と製造
- ウェーブはんだ付け

ENGINEERING

- 電子センサー工学
- 回路設計とPCBレイアウト
- 特許取得済み伝導率センサー
- 特許取得済み誘導性センサー
- 3D CADモデリング
- 3D 磁気センサーマッピング
- EMSソフトウェア
- PCBプロトタイパー
- クイックターンサンプル
- 3Dプリンティング

TESTING & TOOLING

- 自動アセンブリおよびテストシステム
- 環境および耐久性試験
- 寿命試験
- ネットワークアナライザ
- フラックスメーター

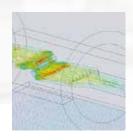
- ナノボルトメーター
- ピコアンメーター
- 引張試験器
- ガウス/テスラメーター

QUALITY/ LAB CAPABILITIES

- 認証: AS9100、ITAR、ISO9000、TS16949
- SPCデータ収集
- 完全装備の認定テストラボ
- バーンイン試験と寿命試験
- 完全内製のマシンショップ
- コロナ放電試験機能
- 顕微鏡調査/ DPA
- 耐湿性およびシール試験
- X線観察
- 塩水噴霧およびはんだ付け性試験
- スコットT角精度
- 端子強度
- 熱サイクル試験
- 機械的および熱衝撃、温度上昇および振動









Notes



リードスイッチの動作特性

リードスイッチは、当初、1930年代後半にベル研究所によって 発明されました。ただし、センサーおよびリードリレーとしてのア プリケーションが広く普及し始めるのは、1940年代になってか らです。そこでは、ステッピング/スイッチングアプリケーション、 初期の電子装置および試験装置の組み合わせで使用されま した。1940年代の後半、WesternElectric社が自社の電話交 換局においてリードリレーの使用を開始しました。今日でも、一 部の地域で使用されています。リードスイッチは、電気通信技 術の進展に大きく貢献しました。長年にわたり、複数のメーカ 一が現れ、消えていきました。消滅すれば良かった一部のメ 一カーが生き長らえ、市場はそれらのメーカーの貧弱な品質 や信頼性によって悪影響を受けました。ただし、今日のリード スイッチメーカーの大半は、品質、信頼性ともに高いスイッチ を製造しています。これにより、比類のない成長がもたらされ ました。今日、リードスイッチ技術は、試験装置や測定装置、 医療電子装置、電気通信、自動車、セキュリティ、家庭用 電化製品、汎用目的の装置などを含め、あらゆる市場区分 で使用されています。その成長率は、かつてないほど堅調で あり、世界の生産高が、需要に追いつけないほどです。技術と して、リードスイッチは独特です。密閉されているため、リードス イッチは、ほぼどんな環境でも、存在または使用できます。構 造が非常に単純で、その製造において、多数の技術を横断的 に利用します。その品質と信頼性に重要なのは、金属部のガ ラス封止です。そこでは、使用されているガラスと金属の熱膨 張係数が同程度に合致している必要があります。さもないと、 クラックやシール不良が発生します。接点材料、通常はロジウ ムまたはルテニウムを適用するプロセスは、スパッタリングまた はメッキに関わらず、半導体技術と同等の極めてクリーンな環 境で精密に行われる必要があります。半導体と同様に、製造 中に存在する異物粒子は、何であれ、損失問題、品質問題、 および信頼性問題を発生させます。

お客様のニーズを満たすため、スタンデックスエレクトロニクスは独自の組立ラインを構築することを決定しました。リードスイッチは、1968年にイギリスで、2001年にドイツで生産しています。

年とともに、リードスイッチのサイズは、約50mmから3.9mm以下に縮小しています。サイズの縮小化が進んだことにより、特に、RFと高速時間領域において、はるかに多くのアプリケーションが開拓されています。

リードスイッチの特徴

- 1. 最大10,000Vのスイッチング能力
- 2. 最大5Aの電流スイッチング能力
- 3. 信号損失なしに、最小10nVをスイッチングまたは通電する能力
- 4. 信号損失なしに、最小1fAをスイッチングまたは通電する能力
- 5. 最小限の信号損失により、最大7GHzをスイッチングまたは通電する能力
- 最大10¹⁵Ωの接点間絶縁
- 7. 接触抵抗(ON抵抗)標準50mΩ(mW)
- 8. オフ状態で、電力または回路不要
- 9. ラッチ機能
- 10. 100~300ms範囲の動作時間
- 11. -55℃~+200℃の温度範囲で動作可能
- 12. 空気、水、真空、オイル、燃料、塵埃を含む雰囲気など、あらゆる環境下で動作する能力
- 13. 最大200Gの衝撃耐性能力
- 14. 最大30Gで50~2000Hz範囲の振動環境への耐性能力
- 15. 長寿命。 摩耗部品がないため、10mAで5V未満の負荷動作は、数十億の動作に対応します
- 16. 消費電力なし、ポータブルおよびバッテリー駆動デバイスに最適
- 17. スイッチングノイズなし



リードスイッチの基礎

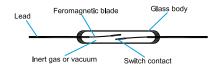


図1 基本的な1フォームA(ノーマリーオープン)リードスイッチと 部材構成

リードスイッチは、ガラス管に密閉された2つの強磁性リード片(一般的に鉄ニッケル合金)で構成されています。リード片は一端にギャップを有し相対してガラス管内部に封止されており、適切な外部磁界が加わることで接点が接触します。両方のリード片の接点部分は、通常、ロジウムまたはルテニウムのような非常に硬い金属でメッキまたはスパッタされています。これらの非常に硬い金属は、大きな電気的負荷でスイッチングされない限り、接点に非常に長い寿命をもたらします。

ガラス管内のガスは通常、窒素または同等な不活性ガスで構成されています。一部のリードスイッチは、スイッチング能力(最大10kV)および耐電圧を高めるために、ガラス管内部が真空のものがあります。リード片は、永久磁石または電磁コイルからの外部磁界にさらされると、磁化します。接点では互いに反対の極が誘起され、その磁気吸引力がリード片の復元力を超えると接点が閉じます。外部磁界が減少し、接点間の磁気吸引力がリード片の復元力を下回ると接点が開きます。

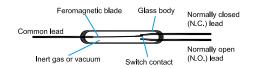


図2 リード3本による1フォームC(単極双投)リードスイッチと 部材構成

上記のリードスイッチは、1フォームA(ノーマリーオープン(N.O.)または単極単投(SPST))リードスイッチです。複数のスイッチを有する構成は、2フォームA(2つのノーマリーオープンスイッチまたは二極単投(DPST))、3フォームA(3つのノーマリーオープンスイッチ)のように記述されます。ノーマリークローズ(N.C.)スイッチは、1フォームBとして記述されます。図2のような、共通リード片(COMリード片)、N.O.リード片およびN.C.リード片で構成されるスイッチは1フォームC(単極双投(SPDT))と記述されます。

唯一可動できるCOMリード片は、外部磁界が存在しない場合は、N.C.リード片に接続しています。十分な強さの外部磁界が存在すると、COMリード片はN.O.リード片に吸引され動作します。N.O.およびN.C.の各リード片は可動しません。3つのリード片はすべて強磁性体ですが、N.C.リード片の接点部分は溶接された非磁性体からなっています。外部磁界が加わると、N.O.およびN.C.リード片はいずれもCOMリード片とは反対の極性を帯びます。COMリード片はN.C.リード片の非磁性体に接触しているため、有効な磁気吸引力によってCOMリード片はN.O.リード片に移動します。



図3は、永久磁石によるリードスイッチの一般的な動作を示しています。

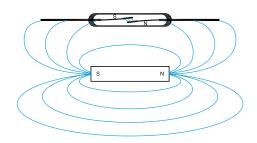


図3 永久磁石の磁界によるリードスイッチの基本動作 対向するリード片の接点部には、N極とS極の磁極が誘起して磁気 吸引力が働く

図4は、銅線を巻いたコイルによるリードスイッチの動作を示しています。

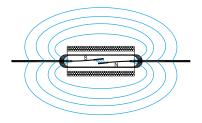


図4 コイルの最も磁界が強い中心にリードスイッチが配置される コイルの磁界でリード片接点部に異なる磁極が誘起して磁気吸引力 が働く

図のように永久磁石が リードスイッチの近くに移動すると、各々のリード片が磁化されます。外部磁界が十分に強くなると、磁気吸引力によってリード片が閉じます。リード片はアニール処理により保磁力が十分取り除かれています。そのため、外部磁界がなくなるとリード片の磁気も消失します。リード片に残留磁気が存在すると、開閉動作に影響を及ぼします。適切なアニール処理は、リードスイッチ製造における重要なステップです。

リードスイッチの基本的な電気的パラメータ

Pull-In (PI; 感動値)は接点が閉じるポイント、Drop-out (DO; 開放値)は接点が開くポイントとして説明されます。磁石を使用すると、通常、リードスイッチから磁石までの距離(mm(インチ))又は、磁界強度 AT、ミリテスラ、またはガウス)として示されます。コイルでは、感動値 (PI)はコイルに印加される電圧、コイルを流れる電流、またはアンペアターン(AT)で示されます。通常、このパラメーターは最大値として表されます。リード片が十分にアニール処理されていても、わずかな保磁力は残ります(リードスイッチから磁界が除去された後、リード片にわずかな磁気が残ります)。感動値と開放値を正確に得るには、感動値の測定前に強い磁界でリードスイッチを飽和させることが効果的です。図5を参照して下さい。

リードスイッチをコイルで測定する場合、またはリードリレーを 測定する場合、感動値は異なる温度環境下で変化する可 能性がありますが、通常20℃の値で示されます。 図6を参照して下さい。

Pull-in/Drop-out Temperature Effects

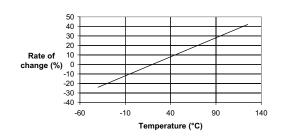


図6 感動値と開放値は0.4%/℃の割合で変化

コイル銅線が温度とともに伸縮するため、感動値または動作点は温度によって0.4%/℃の割合で変化します。適切に設計されたリルーは、通常、このパラメータの変化を設計および仕様で考慮しています。

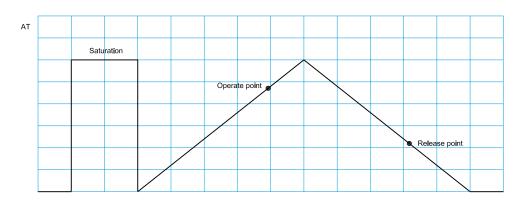


図5 正確な感動値と開放値測定のためのリードスイッチの磁気飽和



前述のとおり**開放値 (DO)**は、接点が開くポイントであり、感動値と同様の特性を持っています。リリースまたはリセットの電圧や電流、またはATで表されます。

ヒステリシスは感動する点と開放する点の間に存在し、通常、DO/PIの比として%で表されます。ヒステリシスは、リードスイッチの設計、この場合は、メッキやスパッタリング膜の厚さ、リード片のスティフネス、リード片のオーバーラップ、リード片の長さ、ギャップサイズ、封着の長さなどで異なり、すべてがこのパラメーターに影響します(図7)。磁石を使用してリードスイッチを動作させる場合のヒステリシスの例については、図7を参照してください。



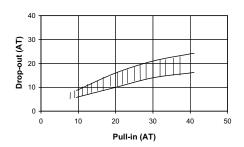


図7 感動値および開放値の関係

ヒステリシスの幅は、低いアンペアターン(AT)では非常に小さく、AT が高くなるにしたがって増加

接触抵抗値は、リード片そのもののバルク抵抗と、接点間の抵抗からなる直流抵抗値です。接触抵抗値のほとんどは、ニッケル/鉄のリード片にあります。それらの抵抗率は、それぞれ $7.8 \times 10-8 \Omega \cdot \text{m}$ である銅の抵抗率と比較すると、比較的高い値です。リードスイッチの一般的な接触抵抗値は約 $70\text{m}\Omega$ であり、そのうち実際の接点間抵抗は $10\sim25\text{m}\Omega$ です。リードリレーでは、多くの場合、リレー端子はニッケル/鉄のため全体的な磁気効率を改善できますが、接触抵抗値にバルク抵抗値が追加されます。この追加される抵抗値は、 $25\text{m}\Omega$ から $50\text{m}\Omega$ 程度です。図8を参照して下さい。

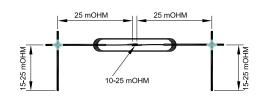


図8 リードスイッチの接触抵抗値を構成するリード片のバルク抵抗 と接点間抵抗

動的接触抵抗(DCR)は、接点性質の真の尺度です。すでに説明したように、接触抵抗値は主にバルク抵抗またはリード片の抵抗で構成されています。リードスイッチの抵抗測定は、接点が機能していることを示すだけでしかありません。接点の機能をより適切に示すには、動的な条件下で接点状態を調べる必要があります。50 Hzから200 Hzの周波数範囲で接点を開閉すると、さらに多くの情報が明らかになります。

50Hzから200Hzの周波数範囲で接点を開閉すると、さらに多くの情報が明らかになります。約50mAで0.5V以下のスイッチングは、接点の潜在的な問題を検出するのに十分な電圧と電流です。この試験は、オシロスコープを使用して実行できますが、より自動化するために簡単にデジタル化できます。この非常に薄いフィルムは、極低レベル信号のスイッチングや無電流でリードスイッチ接点が閉じる時(接点に電圧または電流が印加される前に接点を閉じる場合)、あたかもオープン回路のように見えます。0.5Vを超える電圧を印加すると、この潜在的な品質の問題は表面化しません。図9を参照して下さい。



Reed Switch Characteristics

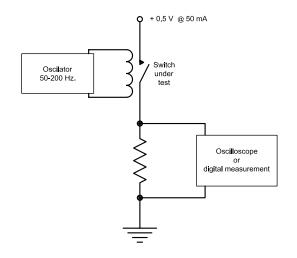


図9 リードスイッチのDCR測定に使用される一般的な回路構成図

前述の周波数をコイルに印可すると接点が動作を始め、約0.5ms以内に閉じます。その後、接点は約0.1msの間バウンスを繰り返し、0.5msにわたるダイナミックノイズに移行します。このダイナミックノイズは、接点が開くことなくバウンスし続けるため、接点間の力または圧力の調和的変化により接触抵抗は大きく変化し、その後約0.5ms以内に減衰します。図10を参照して下さい。このダイナミックノイズが無くなると、接点は「ウェーブコンタクト」に移行します。ここでも接点は閉じていますが、1msかそれ以上の間中、接点は波打ちます。

コイルの磁界の中で接点が波打つと、接点間に流れる電流は変化します。この影響が消失すると、接点は静的な状態に落ち着きます。

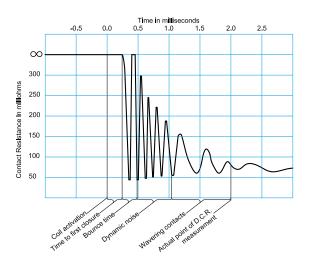


図10 初期閉成時間、バウンス時間、ダイナミックノイズ、ウェーブ コンタクトによって表わされる典型的なDCR波形例

このDCRテストによって得られる波形を観察すると、リードスイッチの品質に関する多くのことが明らかになります。一般的に言えば、コイル電圧が印加されてから、これらの動的な接点接触状態はおおよそ1.5msで落ち着きます。もし2.5msを超えても接点が波打っている場合は、接点の閉じる力が弱い可能性があり、特にあらゆる負荷をスイッチングする際に寿命が短くなることがあります。図11を参照して下さい。



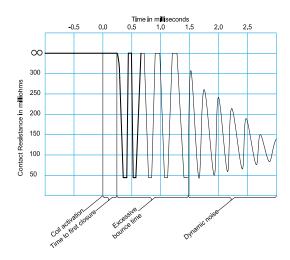


図11 過剰なバウンス時間を示すDCR波形例

ダイナミックノイズまたはウェービングコンタクトが示されているよりも長く継続する場合は、リードスイッチの封止が弱い、もしくは過度のストレスが加わっている可能性が示唆されます。これにより、ガラス管が割れたり、破損したりする可能性があります。また、ウェーブコンタクトが過剰な振幅である場合は、ガラス管の封止をリークさせる応力が加わっている状態を表していることがあります。この場合、外気と湿気がガラス管の中に浸入して、接点を汚染するかもしれません。図12および図13を参照して下さい。

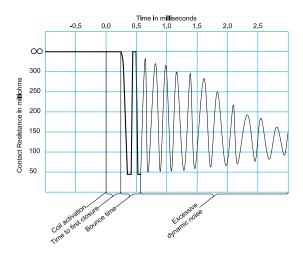


図12 ガラス封止の潜在的な応力またはクラックによる過剰な ダイナミックノイズのDCR波形例

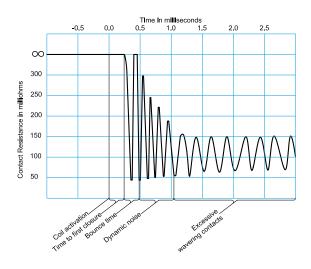


図13 ガラス封止への応力印加やクラックによる過剰なウェーブ コンタクトのDCR波形例



また、接点が閉じている状態で接触抵抗がわずかに変化する場合は、接点汚染、封止漏れ、微粒子の存在などの可能性があり、潜在的に寿命が短くなることも起こり得ます。(図14) コイルの駆動周波数を変化させると、共振に関する問題の僅かな兆候が分かることがあります。これは、ダイナミックノイズやコンタクトウェーブが高い振幅、もしくは、より長い時間継続することで現れます。

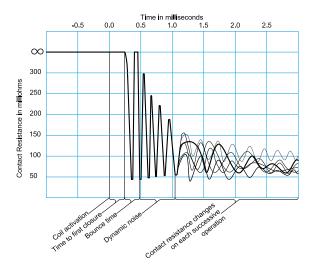


図14 接点汚染により連続動作時に接触抵抗値が変化する DCR波形例

長寿命、安定した接触抵抗値、障害のない動作がアプリケー ションの必要条件である場合は、適切な規格を設けたDCRテ ストを実施する必要があります。

通常、VDCまたはVpeakの単位で最大値として規定される開閉電圧は、接点が開閉可能な最大許容電圧です。アーク放電を超える開閉電圧は、接点材の転移を引き起こす可能性があります。アーク放電は一般に5V以上で発生します。アーク放電は、接点において開閉寿命が短縮する主な要因です。5Vから12Vの範囲では、開閉電流によりますが、ほとんどの接点は数千万回程度の動作が可能です。

ほとんどの加圧リードスイッチは、主に接点を開こうとしたとき に発生するアーク放電を遮断できないため、500Vを超えて 切替えることはできません。

一般的に、500Vを超える開閉には、10,000Vまで開閉可能な真空タイプのリードスイッチが必要です。5V以下の開閉では、アーク放電は発生しないため接点の摩耗がなく、リードスイッチの開閉寿命は条件により数億を超えます。適切に設計されたリードリレーは、わずか10nVの電圧を開閉、識別できます。

開閉電流とは、アンペアDC(ピークAC)で測定され、接点開閉時の閉じた時点での電流を指します。電流値が高いほど、開閉時のアーク放電が持続し、スイッチの寿命が短くなります。

通電電流は、アンペアDC(ピークAC)で測定され、接点が閉じているときに流れる最大電流を指します。接点が閉じているため、開閉電流より高い電流が許容されます。開閉動作を伴わないため、アーク放電による接点の損傷は発生しません。リードスイッチは、パルスの持続時間が非常に短い場合、この発熱が最小であるため、より高い電流を流すこともできます。機械式リレーとは異なり、リードリレーはfA(10-15A)の低電流のスイッチングや通電が可能です。

 μ FまたはpFで測定される**浮遊容量**は、例として導電パスやケーブルに常に存在します。電圧や電流をスイッチングする場合、最初の50nsが最も重要です。これは、アーク放電が発生する時間です。開閉回路にかなりの量(開閉される電圧の量に応じて)の浮遊容量がある場合、はるかに大きなアーク放電が発生し、それによって寿命が短くなる可能性があります。大きな電圧を切替えるときは、回路に高速電流プローブを配置して、常に、最初の50nsで何が切替えられているかを正確に確認するのが賢明です。一般的に、50Vを超える電圧を切替える場合、50pF以上はスイッチの予測寿命にとって非常に重要です。



コモンモード電圧は、リードスイッチの寿命に大きな影響を与える可能性がある別のパラメーターでもあります。回路と環境に応じて、コモンモード電圧は実質的に、開閉回路の浮遊容量を増加させて、リードスイッチの寿命を思いのほか大幅に短縮させます。繰り返しますが、高速電流プローブは、最初の50nsで切替えられた電圧と電流を明らかにすることができ、実際の負荷には影響しません。センシティブな回路内またはその近くに線間電圧が存在する場合、注意が必要です。これらの電圧は回路に結合され、寿命回数に大損傷をもたらします。通常、故障したリードスイッチは、この寿命の短縮が原因であると考えられますが、実際には、回路内の予期しない状態によるものです。

開閉負荷は、スイッチングにおける閉成時の電圧と電流の積です。このパラメーターは混乱が生じさせることがあります。開閉の定格が200V、0.5A、10Wのスイッチの場合、どのような電圧と電流の組み合わせであっても、その積は10Wを超えることはできません。200Vのスイッチングでは電流50mAまでが許容されます。同じように、0.5Aのスイッチングでは20Vまでが許容されます。

通常、**耐電圧(絶縁破壊電圧)**は開閉電圧よりも高くなります。大型の真空リードスイッチでは、15,000VDCという高い定格は珍しいことではありません。いくつかの小型真空リードスイッチは、最大4,000VDCに耐えることができます。また、小型の加圧リードスイッチの耐電圧は、一般的に250~600VDCです。

絶縁抵抗は接点間の絶縁の尺度であり、おそらくリードスイッチが他のすべてのスイッチング素子と大きく異なるパラメーターの1つです。通常、リードスイッチには1 $x10^{14}\Omega$ 程度の絶縁抵抗があります。この絶縁性能によって、pAまたはfAレベルの漏れ電流が測定の妨げになるような極端な測定条件下でも使用できます。半導体を試験する際には、テスト測定回路で重要になるリーク電流が合わさるスイッチング素子としても、複数を並列配置することができます。

誘電吸収は、さまざまな誘電体が非常に小さな電流に与える 影響を表します。1nA未満の電流は、これらの電流を遅らせる 誘電体の傾向に影響を受けます。測定する電流がどれだけ 低いかによって、これらの遅延は数秒のオーダーになる場合 があります。スタンデックスエレクトロニクスは、誘電吸収を最 小限に抑えるリードリレーと回路を設計しています。



動作時間は、接点を閉じてバウンスが停止するのにかかる時間です。水銀のウェット接点を除き、リード片が閉じるときは振動しながら十分な力で閉じます。リード片の強いバネカによって、この振動は急速に消滅します。通常、0.05msから0.1msの間に1つまたは2つのバウンスが発生します。ほとんどの小型リードスイッチは、バウンスを含んで0.1msから0.5msの範囲で動作します。図15を参照して下さい。

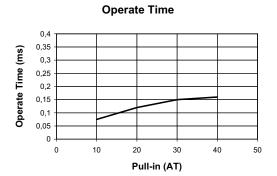


図15 感動値による動作時間の典型的な相関グラフ

接点間ギャップが大きく感動値が高いリードスイッチでは動作時間が長い傾向。

復旧時間は、外部磁界が取り除かれてから接点が開くまでの時間です。リードリレーでは、コイル電圧がなくなると大きな逆起電圧が発生するため、リード片が急速に開きます。この時の復旧時間は、0.02msから0.05ms程度です。この逆起電圧(100Vから200Vの可能性があります)を除去するためにコイルにダイオードを並列付加すると、復旧時間が約0.3msまで遅くなります。一部の設計者は速い復旧時間を必要としますが、敏感なデジタル回路に影響するような高い逆起電圧は望まれません。そのため、12Vから24Vのツェナーダイオードを上記のダイオードに直列付加します。回路全体としては、これらのダイオードはすべてコイルに対して並列付加されています。ここで、コイル電圧がなくなると、ツェナーダイオードの電圧仕様値によって負の逆起電圧が発生します。この逆起電圧は、一般に0.1 ms未満で接点を開くのに十分です。図16を参照して下さい。

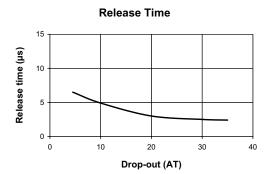


図16 開放値による復旧時間の典型的な相関グラフ

バネ力が強く開放値が高いリードスイッチでは復旧時間が短い傾向



リードスイッチの共振周波数はリードスイッチの正確な共振点であり、リードスイッチのすべてのパラメーターが影響する物理特性です。ガラス管長さ20mmのリードスイッチは、通常1500~2000Hzの範囲で共振します。ガラス管長さが約10mmのリードスイッチは、7000~8000Hzの範囲で共振します。これらの特定の共振領域を回避することで、リードスイッチの障害のない環境が保証されます。通常、影響を受けるパラメーターは、開閉電圧と耐電圧です。図17を参照してください。

接点間の**静電容量**はpFで測定され、0.1pFから0.3pFの範囲です。この非常に低い静電容量により、一般に100pF程度の静電容量を持つ半導体が使用できないスイッチング回路で有用となります。半導体テスターの用途では、この低い静電容量は非常に重要です。図18を参照して下さい。

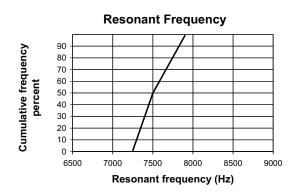


図17 ガラス管長さ10mmのリードスイッチにおける共振周波数 分布の分布

図18 感動値が高いリードスイッチでは接点間のギャップが大きいため静電容量は減少傾向

磁石によるリードスイッチの使用方法

通常、リードスイッチの動作には磁石を使用します。適切にセンサーを機能させるには、磁石による作用を明確に理解することが重要です。センサーは、常開、常閉、チェンジオーバー、またはラッチの各モードで動作します。

常開モードで、磁石をリードスイッチに近付けると、接点が閉じ ます。磁石を離すと、接点が開きます。常閉のセンサーでは、 リードスイッチに磁石を近付けると、接点が開き、磁石を離す と、接点が再び閉じます。ラッチモードでは、接点は開いた状 態と閉じた状態の両方を取り得ます。磁石をリードスイッチに 近付けると、接点の状態が変わります。磁石の接近によって、 最初に接点が開いていた場合は閉じます。しかしながら、この 状態から磁石を離すと、接点は閉じた状態を維持します。磁 石の極性を反転して再びリードスイッチに近付けると、接点が 開きます。 ここから磁石を引き離すと、 接点は開いたままにな ります。再び極性を反転して磁石をリードスイッチに近付けると 接点は再び閉じて、その後に磁石を離すと、接点はまた閉じた 状態を維持します。このようにして、ラッチングタイプまたは双 安定性のセンサーとして機能することができます。以降の図で は、磁石を使用する際に注意するべきガイドラインの概要を説 明します。なお、磁界は3次元的であることに注意して下さい。

磁石は、リードスイッチを動作させるための最も一般的な材料です。磁石の使用方法は、実際のアプリケーションによって異なります。主な使用方法は次のとおりです:前後往復動作。 図19を参照して下さい。

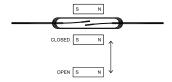


図19 磁石の前後往復動作

回転動作(図20を参照);リング磁石の往復動作(図21を参照)

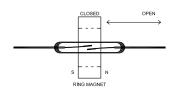


図21 リング磁石の往復動作によるリードスイッチの開閉点

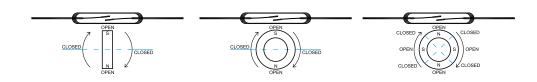


図20 回転動作する磁石によるリードスイッチの開閉点



磁界を遮断するための磁気シールドの使用例は、図22を参照して下さい。

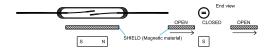


図22 リードスイッチと磁石の間を磁気シールドが通過することによる リードスイッチの開閉点

軸を中心とした磁石のピボット動作。図23を参照して下さい。

中心の領域では磁石の磁力がより効率的にリードスイッチに作用するため、y軸方向のOn領域が広く形成されます。実線と破線に挟まれたホールド領域は、リードスイッチのヒステリシスを示しており、リードスイッチによって大きく異なります。例えばレベルセンサーのような液面検出において、液面が絶えず揺れる車両用途では、ホールド領域を広くすることが有益です。図24に示す配置関係を使用すると、On動作のために必要なリードスイッチからの最大距離が得られます。この動作においては、磁石とリードスイッチの位置関係として最大の磁気効率を得られます。

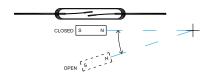


図23 磁石のピボット動作によるリードスイッチの開閉点

リードスイッチ軸に対して、並行な磁極方向の場合の開閉点(図24、図25、図26、図27、図28、図29)および垂直な磁極 方向の場合の開閉点(図30、図31、図32、図33)。

これらの動作をそれぞれを調査する前に、さまざまなリードスイッチと磁石の位置に関連する配置と、それらのオン/オフの領域を理解することが重要です。実際の開閉点は、リードスイッチの違いや磁石のサイズや磁力によって大きく異なります。

まず、磁石の磁極方向とリードスイッチ軸が平行である場合を考えます。図24では、開閉領域がx-y平面上に実線(閉)と破線(開)で示されています。これらの領域は、x軸に沿ったリードスイッチに対する磁石の位置を線で結んで作成されます。リードスイッチの開閉点は、磁石がy軸固定の距離でx軸に沿った動きをする場合で示されています。ここでは、3つの領域が存在し、それぞれの領域でリードスイッチが開閉動作します。

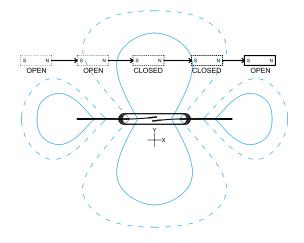


図24 リードスイッチ軸と並行移動する磁石による中心領域での 開閉点



Reed Switch Characteristics

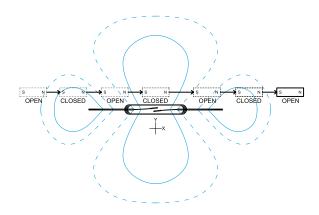


図25 リードスイッチ軸と並行で近い距離を移動する磁石による 開閉点 リードスイッチは3回開閉

また、この平行移動の時に磁石との距離が非常に近い場合は、図25のように3つの開閉領域が現れます。

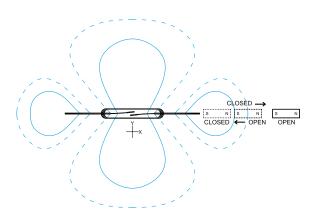


図26 リードスイッチ軸に並行で端部付近を移動する磁石による 開閉点

リードスイッチから離れた領域でも磁石による1回の開閉点が現れます。磁石を平行移動させて開閉点を得る図26の例は、外側の0n領域を使用しています。リードスイッチ軸と平行な磁極の磁石を垂直方向に移動させる図27の例は、リードスイッチ中心付近の大きな0n領域を使用しています。図28は、外側の0n領域を使用するための磁石の垂直方向移動の例です。

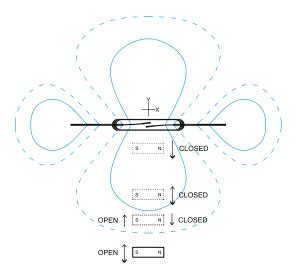


図27 リードスイッチ軸に平行な磁極の磁石で、中心付近を 垂直移動させる場合の開閉点



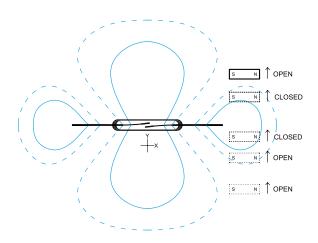


図28 リードスイッチ軸に平行な磁極の磁石が端部付近を 垂直移動する場合の開閉点

リードスイッチ軸と平行な磁極の磁石が、垂直方向に移動する別のアプローチ例を図29に示します。この例はy-z平面を示しています。磁石の色々な位置におけるリードスイッチの開閉領域が明確になっています。

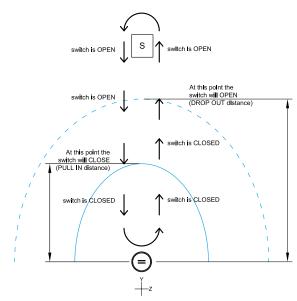


図29 リードスイッチ軸と平行な磁極の磁石が垂直移動することによるy-z平面上の開閉点 磁石位置におけるリードスイッチのOn点、Hold点、Off点の関係



図30では、磁石の磁極はリードスイッチ軸に垂直です。x-y平面上で、それぞれの開閉点が示されています。磁石はx軸に沿って平行移動しますが、磁石はx軸からy方向に距離を持つ例です。ここでは2つの開閉領域が現れます。

図32は、磁石の磁極がリードスイッチに垂直な場合の別の例です。x-y平面上のリードスイッチの開閉領域が示されています。磁石はx軸固定の距離でy軸に沿って移動します。

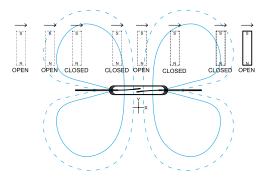


図30 リードスイッチ軸と垂直な磁極の磁石がリードスイッチと距離 を持って平行移動する場合の開閉点 リードスイッチは2回 開閉。

図31でも、磁石の磁極はリードスイッチ軸に垂直です。しかしながら、ここでは磁石がリードスイッチ軸上をx軸に平行移動する例を示しています。この場合、リードスイッチはOnしません。

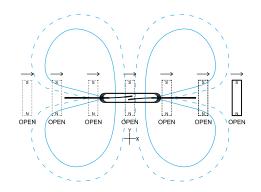


図31 リードスイッチ軸に垂直な磁極の磁石がx軸上を平行移動 する例 リードスイッチはOffを維持。

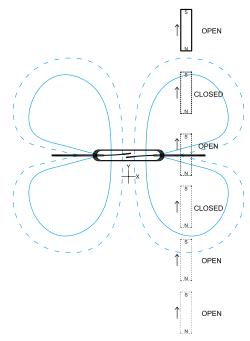


図32 リードスイッチ軸に垂直な磁極の磁石が端部付近を垂直 移動する場合の開閉点 ここでは2つの開閉領域が現れ ます。



図33では、磁石の磁極はリードスイッチ軸に垂直です。しかしながら、ここでは磁石がx-y平面上のy軸に沿って垂直移動する例を示しています。この場合リードスイッチはOnしません。

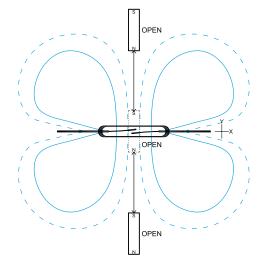


図33 リードスイッチ軸に垂直な磁極の磁石がリードスイッチ中心点を垂直移動する例 リードスイッチはOffを維持。リードスイッチはOn不可能。

磁石の色々な移動方法により、上記のようなリードスイッチの様々な開閉領域を得ることができます。またこれらのケースでは、リードスイッチそのものは位置を固定した例として説明しました。しかしながら、アプリケーションによっては磁石の位置が固定されて、リードスイッチが移動する場合もありますが、この時も同様なOnまたはOff距離を得ることができます。複数の磁極が着磁された磁石を使用する場合、開閉点は変わることが普通です。リードスイッチの開閉点を決定するには、実際の磁石を使用した実験が必要となります。リードスイッチ近傍に適切にバイアス磁石を配置すると、常閉タイプのリードスイッチとすることができます。この常閉タイプのリードスイッチとすることができます。この常閉タイプのリードスイッチに、極性が反対の駆動磁石を近付けると、接点が開きます。図34を参照して下さい。

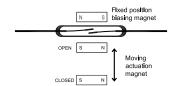


図34 適切なバイアス磁石を配置したリードスイッチ

極性が反対の駆動磁石を近付けることで、接点が開く常閉タイプと して動作。

またバイアス磁石を使用することにより、ホールド領域やヒステリシス領域でリードスイッチがOnを維持する、ラッチングタイプのセンサーも得られます(図35を参照)。この場合はバイアス磁石の磁力や配置が非常に重要で、ラッチング動作中には駆動磁石の位置を厳密に制限する必要があります。ラッチング動作でOnを維持しているリードスイッチをOffに切り替えるためには、駆動磁石を逆方向にするなど反対の磁極を近づける必要があります。



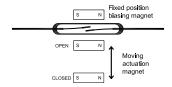


図35 リードスイッチにバイアス磁石を配置し、初期状態は接点が開いているラッチングタイプのセンサー

接点を閉じるため、図に示す磁極の駆動磁石をリードスイッチ側へ移動。この状態から駆動磁石を離してもリードスイッチの接点はOnを維持。磁極が反対の駆動磁石をリードスイッチに再度近付けると接点は開き、また駆動磁石をここから離しても接点はOffを維持(図示せず)。

スタンデックスエレクトロニクスは、常開または常閉のいずれかで動作できるセンサーも開発しています。磁性体の金属板(金属製のドアなど)がセンサーに近付くと接点が閉じ、また離れると開きます(図36参照)。この一連の動作では、外部の駆動磁石は必要ありません(MK02タイプを参照して下さい)。

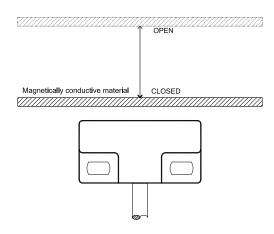


図36 外部磁石が不要なセンサー

センサーの接点は、磁性体が近づいたり離れたりする事で開閉可能。



リードセンサー vs ホールセンサー

かねてよりホールセンサーは、設計に携わるエンジニアに磁気デバイスの一つとして捉えられてきました。特に電子デバイスにおいて、一般的に固体素子であれば、より信頼性が高いと考えられているためです。しかしながら、リードセンサーをホールセンサーと比較すると、技術的にいくつかの興味深い利点が見られます。

まず、リードセンサーの技術を詳しく見てみます。リードセンサーの重要な部品は、1930年代にウエスタンエレクトリックによって発明されたリードスイッチです。もう1つの主要な部品は、リードスイッチを動作させるために仕様される磁石や電磁石です。過去70年にわたってリードスイッチの改善が進み、信頼性や品質が向上したほか、コストの削減も行われました。これらの改善により、品質、信頼性あるいは安全性が重要とされるアプリケーションにおいて、リードスイッチは選択肢となってきています。

おそらく、リードスイッチの品質と信頼性を証明したのは、自動 試験装置(ATE)で使用されたことです。ここではリードスイッ チが独占的に使用されます。リードスイッチはリードリレーとし て、集積回路、ASIC、ウェーハテストおよびプリント回路基板 の機能をテストする様々な用途に用いられます。これらのア プリケーションでは、1つのシステムで最大20,000個のリード リレーが使用されます。この時、1個のリレーが故障した場合 の故障率は50ppmです。したがって、このようなATEでの品質 要件を満たすために、リードリレーの故障率は50ppmより十分 低いことが求められます。これまで、この品質レベルを満足で きる電気機械デバイスはありませんでした。同様に、同じことが いくつかの半導体デバイスにもあてはまります。最初の動作品 質テストを超えると、リードルーは十分な寿命を示す必要があ ります。ここで、リードリレーは他のスイッチングデバイスよりも優 れていることが証明されています。非常に高額な自動試験装 置は、多くの場合、1日24時間、週7日間稼働しています。そ のため、リードリレーの寿命として数十億の動作回数が求めら れる場合があります。

他の使用例は、重要安全部品としてのタイムテストに合格したエアバッグセンサーです。今日、リードセンサーは、多くの重要な自動車安全装置(ブレーキ液レベル検知など)でも使用されており、AED、焼灼装置、ペースメーカーなどの多くの医療機器では、特に高い絶縁性能を活かした用途に用いられます。

いずれのデバイスもそのサイズは縮小していますが、リードセンサーはホールセンサーに比べて、いくつかの利点があります。

高い費用対効果

一般に、ホール素子は低コストですが、その動作には別の回路と電力が必要です。また、出力される信号は非常に低いため、増幅回路も必要になることがよくあります。結果的に、ホールセンサーはリードセンサーよりも高コストとなることがあります。

高絶縁性

リードスイッチは、全体で最大 $10^{15}\Omega$ の優れた絶縁性を備えています。これに対して、ホール素子にはサブ μ Aレベルの漏れ電流があります。プローブまたはペースメーカーとして人体に挿入される医療用電子機器では、心臓の電気的活動を変化させる可能性のある μ Aやサブ μ Aの漏れ電流がないことが非常に重要です。

密閉性

接点は密閉されているため、ほとんどすべての外部環境下において動作できます。

低接触抵抗

リード片と接点の抵抗値は通常50mΩ程度と非常に低いですが、ホール素子は数百Ωになることがあります。



Reed Switch Characteristics

スイッチングパワー

リードスイッチは、nV~kV、fA~A、DC~6GHzといった広範囲の負荷を直接切り替えることができます。一方で、ホール素子の出力範囲は非常に限られています。

高感度

リードセンサーは幅広い磁気感度範囲に対応します。

静雷気耐性

リードセンサーはESDの影響を受けません。ホール素子においては、静電放電がしばしば深刻な影響を与えることがあります。

高耐電圧

リードセンサーは、数kVといった高い耐電圧を持ちます。(小型タイプの定格は最大1,000V)ホール素子では、定格100Vのために外部回路を必要とします。

高通電電流

リードセンサーはさまざまな負荷を切り替えることができるの に対して、ホールセンサーは、小さな電圧と電流のみ対応 します。

耐衝擊性

リードセンサーは、通常、3フィートの落下試験に耐えるようにテストされます。これは、ホールセンサーに匹敵します。

長寿命

リードセンサーには摩耗部品がないため、低レベルの負荷(5V 10mA以下)では、数十億の動作も可能になります。これは、 半導体MTBFの数値に匹敵します。

使用温度範囲

リードセンサーは温度環境に影響されず、通常-50℃ ~150℃の範囲で動作し、これに特別な追加、変更、費用 は不要です。通常、ホールセンサーの使用温度範囲は限ら れています。

外部電源不要

ポータブルおよびバッテリー駆動の機器に最適です。

リードセンサー製品を用いるアプリケーションは非常に多く存在します。あるアプリケーションに適切なリードセンサーを選択する際は、多くの場合、時間が限られています。一部のリードセンサーやリードリレーのサプライヤーは、品質、信頼性、安全性が求められるアプリケーション向けの設計に優れ、短期間に提供することができます。



リードセンサー vs ホールセンサー 一般仕様比較表

仕様	リードセンサー	ホールセンサー
入力条件	外部磁場> 5ガウス	外部磁場> 15ガウス
検出距離	~40mm	~20mm
出力条件	なし	感度に応じて10mA以上
常時電力要否	不要	要
外部回路要否	不要	レギュレータ、定電流源、ホール電圧発生器、小信号増幅器、チョッパー回路、シュミットトリガー、短絡保護、外部フィルター、外部スイッチ
ヒステリシス	要求仕様に応じて調整可能	通常75%程度
検出回路要否	不要	通常、増幅回路必要
負荷の直接切り替え	リードスイッチ種類により最大2Aおよび 1,000Vが可能	外部スイッチ必要
開閉電力	リードスイッチ種類により最大1,000Wが可能	通常、mW程度
開閉電圧	0~200V(リードスイッチ種類により1,000Vが可能)	外部スイッチ必要
開閉電流	0~3A	外部スイッチ必要
磁極感度	なし	あり
出力オフセット電圧感度	なし	温度依存、熱ストレス等で悪化
チョッパー回路要否	不要	出力オフセット電圧低減のために必要
周波数範囲	DC~6GHz	スイッチング周波数10,000 Hz
導通抵抗	0.05 Ω	>200 Ω
想定寿命回数〈5V-10mA	10億回以上動作	無制限
静電容量	0.2 pF typ	100 pF typ
入出力絶縁抵抗	10 ¹² Ω min.	10 ¹² Ω min.
絶縁抵抗	10 ¹² Ω min.	10 ⁶ Ω min.
絶縁耐力	10kV max.	<10V, typ.
ESD感度	保護構造不要	外部保護回路必要
気密性	あり	なし
衝撃	150G min.	150G min.
振動	10G min.	50G min.
動作温度	-55 ~ 200°C	0~70°C, typ.
保存温度	-55 ~ 200°C	-55 ~ 125°C



リードスイッチと機械式スイッチの比較

仕様	リードスイッチ	機械式マイクロスイッチ
検出距離-接触	~40mm	接触必要
常時電力要否	不要	不要
入力条件	外部磁場> 5ガウス	機械力
ヒステリシス	要求に応じて調整可能	要求に応じて差動調整が可能
想定寿命回数(低レベル)	10億回以上動作	100万回以上動作
開閉電圧	0~200V (リードスイッチ種類により1,000Vが可能)	250VAC
開閉電流/通電電流	0~3A/0~5A	0~25A
最小開閉負荷	ほぼ制限なし(μV/pA)	50mA
最大開閉負荷	最大100W	最大5,000W
絶縁抵抗値	1014 Ω	10° Ω
接触抵抗值	0.05 Ω	0.1 Ω
開閉ノイズ	ほぼなし	あり
過負荷	非常に敏感	許容
気密性	あり	なし
絶縁確保	空間ギャップによる絶縁	空間ギャップによる絶縁
集積数	最大20,000個程度	最大5,000個程度



磁石とその仕様

磁石は、市場から様々な仕様のものが入手できます。それら 磁石の寸法や形状にはほぼ制限がありません。これまで説明 れらの磁石は、異なる要求仕様に基づいて多様な着磁がな されます。(図1)

してきたように、リードスイッチの動作には磁石(磁界)が必要 です。異なる磁石材料は、寸法や形状あるいは外部環境に 応じて、それぞれ長所と短所があります。最も扱いやすく好 まれる磁石は、円筒、直方体およびリングの各形状です。こ

高温環境は、キュリー温度に関係する減磁が起こる可能性が あり、磁力と長期安定性に大きな影響を与えます。アルニコ磁 石は、最高450℃のアプリケーションに最適です。

それぞれの磁石材料は異なる磁力、磁束密度を持っていま す。しかし、寸法と材料だけではなく磁力を定義する他の要 因が存在します。それは、リードスイッチと磁石の相互作用に 影響する取付位置や環境や外部磁界です。リードスイッチやリ ードセンサーを動作させるのに磁石を用いるアプリケーションで は、周囲の温度を考慮する必要があります(保管時も同様)。

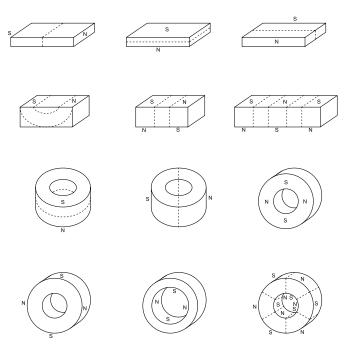


図1 磁石の形状例。様々な形状や着磁が可能



磁石材料に関する一般情報

磁石には、可逆および不可逆の減磁特性があります。衝撃、 振動、強い外部磁場、高温などに特に注意して下さい。これ らのすべての要因は、それぞれ度合いが異なるものの長期 安定性に影響します。通常、磁石はアプリケーションの可動 側に取り付けられることが望ましいと言えます。磁石とリードス イッチを理解した上で調整することにより、システム全体の機 能をより向上することができます。

	LOW	LOW					
価格	Ferrite	AlNiCo	NdFeB	SmCo			
最大エネルギー積(WxHmax)	Ferrite	AlNiCo	SmCo	NdFeB			
使用温度	NdFeB	Ferrite	SmCo	AlNiCo			
耐腐食性	NdFeB	SmCo	AlNiCo	Ferrite			
逆磁界耐性	AlNiCo	Ferrite	NdFeB	SmCo			
機械的強度	Ferrite	SmCo	NdFeB	AlNiCo			
温度係数	AlNiCo	SmCo	NdFeB	Ferrite			

アルニコ磁石の特徴	標準的な形状と着磁			
	直方体	円柱		
・使用温度 -250°C~450°C ・温度係数が低い				

アルニコ磁石

アルニコ磁石の原料は、アルミニウム、ニッケル、コバルト、 鉄、チタンです。アルニコ磁石は、焼結一鋳造により製造さ れます。硬い材料は、費用対効果を高めるために研削加工 する必要があります。磁石の良い特性を得るための最適な 形状は、直径よりも長さを長くすることです。硬い材料は、費 用対効果を高めるために研削加工する必要があります。ア ルニコ磁石は、優れた温度安定性を備えています。リードセ ンサー/スイッチと組み合わせて、長さ/直径比を4以上にす ることをお勧めします。アルニコ磁石は、優れた温度安定性 を備えています。円柱形状のアルニコ磁石は、当社の全て のリードセンサーやスイッチで問題なく使用することできます。

アルニコ磁石 DIN 17410に基づく磁気特性項目		Min.	Тур.	Max.	Units
最大エネルギー積	(B x H) max.		35		kJ/ m³
残留磁束密度		600		1300	mT
保磁力	H _{cB}		45		kA/m
保磁力	H _{cJ}		48		kA/m
密度			7.3		g/cm ³
最大使用温度				450	∘C
キュリー温度				850	°C

すべての詳細はメーカー情報と磁石材料に基づいています



希土類磁石(ネオジム磁石&サマコバ磁石)

サマコバ磁石の特徴	標準的な形状と着磁			
	円盤	円柱		
・高い最大エネルギー積 ・小型化可能 ・使用温度は最大250°C ・高い逆磁界耐性 ・パインダーによるプラマ グ化可能				

ネオジウム磁石の特徴	標準的な形状と着磁				
	円盤	平板	リング		
・高い最大エネルギー積 ・小型化可能 ・使用温度は最大180°C ・高い逆磁界耐性 ・サマコバニ比較して 低価格 ・パインダーによるプラマ グ化可能					

サマコバやネオジムなどの希土類磁石は、体積および重量 あたりのエネルギー密度が最も高く、減磁耐性も最高です。 同じエネルギーを磁石材質別の体積で比べると、次のよう になります。

Hartferrit = Volumes 6 cm³
 AlNiCo = Volumes 4 cm³
 SmCo = Volumes 1 cm³
 NdFeB = Volumes 0.5 cm³



いずれの磁石も、材料強度と脆弱性の観点から粉砕を経た後、焼結、焼成で製造されます。使用温度範囲は最大250℃です。非常に小さな磁石を製造できます。反対に、原料価格が高いことと特殊合金として限られていることがデメリットです。

様々な形状、サイズおよび着磁によって、様々なリードセンサーやスイッチとマグネットの組み合わせが可能になるため、センサーの最適な動作を得ることができます。

サマリウムコバルト磁石 DIN17410に基づく磁気特性項目		Min.	Тур.	Max.	Units
最大エネルギー積	(B x H) max.	150		220	kJ/ m³
残留磁束密度	B _r	900		1050	mT
保磁力	H _{cB}		700		kA/m
保磁力	H _{cJ}		1500		kA/m
密度			8.3		g/cm ³
最大使用温度				250	°C
キュリー温度				750	°C
すべての詳細はメーカー情報と磁石材料に基	づいています				

ネオジウムフェライト磁石 DIN17410に基づく磁気特性項目		Min.	Тур.	Max.	Units
最大エネルギー積	(B x H) max.	200		400	kJ/ m³
残留磁束密度	B _r	1020		1400	mT
保磁力	H _{cB}		800		kA/m
保磁力	H _{cJ}	955		2000	kA/m
密度			7.6		g/cm ³
最大使用温度				160	°C
キュリー温度				330	°C
すべての詳細はメーカー情報と磁石材料に基	づいています				

フェライト磁石

フェライト磁石の特徴		標準的な形状と着磁							
	円盤	円盤 直方体 円柱							
・最も安い磁石材料 ・使用温度は最大300℃ ・多種多様な形状と着磁が可能 ・バインダーによるブラマグ化可能									

フェラ・小磁石は、酸化鉄と酸化バリウムまたは酸化ストロンチウムで製造されます。原料は混合された後、通常は仮焼されます。仮焼された材料は、その後に粉砕・粉末化されます。得られた粉末は、磁場(等方性)または無磁場(等方性)でプレス(湿式または乾式)され、最終的に焼結されます。これらの製造は粉砕によってのみ可能です。原料が低価格であるため、フェラ・小磁石は最も安価な磁石です。

フェライト磁石は非常に優れた電気絶縁効果があり、強い外部磁界でも減磁しにくいです。さらに耐腐食性も高いと言えます。通常、形状は長くて薄いものが適しますが、円形も製造しやすい磁石です。反対に、容易に欠けることや引張強度が弱いことがフェライト磁石のデメリットです。その強度や脆弱性はセラミックと似通っています。また、温度耐性に限りがある他、体積比のエネルギーは低くなります。

フェライト磁石 DIN 17410に基づく磁気特性項目		Min.	Тур.	Max.	Units
最大エネルギー積	(B x H) max.		26		kJ/ m³
残留磁束密度	B _r	200		410	mT
保磁力	H _{cB}		200		kA/m
保磁力	H _{cJ}		240		kA/m
密度			4.8		g/cm ³
最大使用温度				250	°C
キュリー温度				450	°C
すべての詳細はメーカー情報と磁石材料に基	基づいています				



磁石の取り扱い情報



磁力の強い磁石で挟まれると、皮膚に痣ができる場合があります。 磁石と他のすべての磁性体との間には、十分に安全な距離を保つ必要があります





強い吸引力の磁石が衝突すると、欠けて破片が飛び散る可能性があります したがって、常に保護手袋とメガネを着用してください



希土類磁石の粉砕粉塵は自然発火性です。常に水で処理してください



磁石の衝突は火花を引き起こす可能性があります。そのため、爆発性雰囲気下での取り扱いと処理は固く禁じられています





強い磁界は、データ媒体だけでなく電子および電気機器にも影響を与える可能 性があります

磁石をペースメーカー、航海計器、磁気ディスクなどに近付けないで下さい



航空貨物の場合、特別な申告が可能かもしれません



同極同士を結合すると、磁力が低下する可能性があります



仕様上の最高使用温度を超えてのご使用はできません

リードセンサー製品はもちろん、磁石に関することはすべて当社にご相談ください



着磁

着磁		アプリケーション	配列
	厚さ方向	モーター、磁気カップリング、ABS システム、ロックシステム、カッタ ー、プレスシリンダー	等方性異方性
- S N - N -	軸方向	ラウドスピーカー、ポットマグネット システム、保持システム、マグネッ トスイッチ、保護ガス制御	等方性 異方性
S N S N S N S N	軸方向多極(例:6極)	同期モーター、磁気カップリング、 ブレーキ、ホールセンサー、ハード ディスクドライブ	等方性 異方性
N S S S S S S S S S S S S S S S S S S S	放射状	リフティングマグネット、保持システム、マグネットペアリング	等方性 異方性 1)
N. S.	径方向	同期モーター、ポンプ	等方性 異方性 1)
N S N S N S S N S S N S S N S S N S S N S	軸方向多極(例:6極)	磁気分離、ブレーキ、保持システム、ホールセンサー、ハードディスクドライブ	等方性 異方性 極配向
S S S	周方向多極(例:4極)	ダイナモ、エンジン、磁気カップリング、ブレーキ、ホールセンサー、 タコメーター	等方性 異方性 極配向
	内周多極(例:4極)	磁気カップリング、ブレーキ、モ ーター、ホールセンサー、タコメ ーター	等方性 異方性
N N S S S S S S S S S S S S S S S S S S	片面多極(P=極間ピッチ)	保持システム、保護ガス制御。ホールセンサー、ブレーキ	等方性 異方性 極配向
S S S S N N N N N N N N N N N N N N N N	放射状	モーター、磁気カップリング	等方性 異方性
S S S S	径方向	モーター、磁気カップリング	等方性 異方性



Notes



様々なセンサーとリレーアプリケーションでリードスイッチを 使う時の取り扱いと注意事項

センサーやリードルーなどのアプリケーションにリードスイッチを用いる多くのユーザーは、それらアプリケーションを自ら製造しようとするのが普通です。しかしながら、多くの場合、リードスイッチで信頼性のある動作を保証するために不可欠な基本的取り扱いや予防的措置は実施されません。以下では、ユーザーとセンサーなどのメーカーに遵守いただきたい重要事項について説明します。

リードスイッチの端子加工は、正しく行われないとリードスイッ チの品質に大きな影響が生じます。これは主に、ガラス管封 着部のリード端子が無視できないほど大きいためです。この バランスにより、リードスイッチはその感度と機械的強度を保 っています。ここで、リードスイッチのリード端子径がガラス管 に比べてはるかに小さければ、封着部のストレスや少々のガ ラス破損は問題になりません。しかしながら、リードスイッチの 感度と電気特性を達成するにはより大きなリード端子が必要 になります。実用上は長いままのリード端子では使用できな い場合もあるため、それらリード端子の加工時には細心の注 意を払わなければなりません。ガラス管の割れや欠けは、損 傷が発生した兆候です。また封着部に目に見えにくい兆候し かない場合でも、内部損傷が発生する可能性があります。こ れらの例では、封着部にねじれ、横または縦方向の応力が 発生します。これにより、動作特性(感動値および開放値)、 接触抵抗値、寿命特性に影響を与える可能性のある力が 接点に生じます。

ほとんどのリードスイッチサプライヤは、適切な工具と治具を使用した応力発生のない環境で、付加価値を得るべくリード端子の加工を行っています。多くの場合、これはお客様にとって最も経済的な方法ですが、そうは思われないかもしれません。

多くの場合、お客様は独自で端子加工する方法を選択しますが、リードスイッチサプライヤにこれらの端子加工を依頼する相談は、製品の製造や品質に問題が発生した後に限られます。以下の図1および図2は、リードスイッチの端子を切断および曲げるための適切な方法を示しています。リードスイッチ端子の切断および曲げによる感動値や開放値への影響については、後で詳しく説明します。



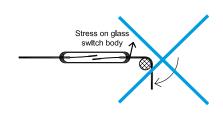


図1 リードスイッチ端子の適切な曲げ加工方法 曲げ加工直近部のリード端子固定が必須

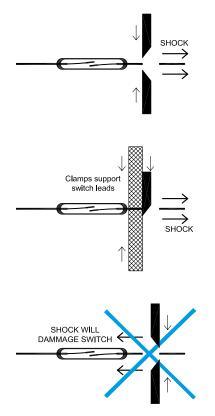


図2 リード端子の適切な保持による、リード端子の切断加工の例

はんだ付けと溶接

多くの場合、リードスイッチの使用には、はんだ付けや溶接が必要です。通常、リードスイッチのリード端子は、はんだ付けに適したメッキが施されています。また、鉄・ニッケル合金線からなるリード端子は溶接も可能です。ただし、どちらの方法でも、適切に行わないと、リードスイッチに応力がかかったり、割れ、欠け、破損が発生する可能性があります。はんだ付けまたは溶接する時は、ガラス管封着部からなるべく遠ざける必要があります。しかしながら、現実的に不可能な場合も多いです。封着部の非常に近い箇所で溶接を行う場合は、最も注意しなければなりません。ここでは、最大1,000℃の熱が封着部まで伝わることがあります。

最初に封着部の片端に熱が届きますが、その封着部のもう一端では20℃になる場合があります。

これにより、封着部に損傷を与えるほどの大きな温度勾配が封着部全体に存在することになり、リードスイッチの動作不良の原因となり得ます。図3を参照して下さい。

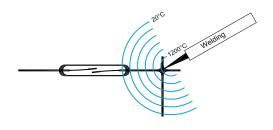


図3 はんだ付けと溶接で潜在的損傷の原因となり得る、リード端子 の封着部の温度勾配

また、はんだ付けがより封着部に近い箇所で行われる場合は、同じようなことが起こり得ます。

これらを予防するための改善策は、リードスイッチのリード端子からヒートシンクで熱を逃がすこと(図4)、またはリードスイッチやそのアセンブリを予め予熱することです。

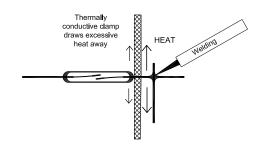


図4 はんだ付け、又は溶接時の熱ストレスによる損傷を予防する為のヒートシンク使用例



ほとんどの市販のウェーブはんだ付け装置には、PCBまたは アセンブリがはんだに浸漬される前に予熱セクションがあります。この予熱セクションは、はんだ付けの前に高い周囲温度 によって熱衝撃を弱めるため、リードスイッチ封着部への熱 勾配が低減されます。

プリント回路基板(PCB)

PCBに実装したリードスイッチ製品で、問題が起こることがあります。ウェーブはんだ付け後にPCBに反りがある場合は、このPCBが指定位置に固定される際に反りが矯正される力が加わります。反りが矯正されると、リードスイッチ端子が実装されているスルーホール間距離がわずかに変化する場合があります。PCBを固定する際のこのような変化が考慮されていないと、リードスイッチの封着部は端子が動く影響を受けるため、封着部の応力、ガラス管の欠けまたは割れにつながります。特に厚さが非常に薄いPCBにおいて反りや歪みがある場合は、十分な注意が必要です。

超音波の使用

リードスイッチの端子を接続する別の方法として超音波溶接があります。またリードセンサーやリードリレーの製造工程では、プラスチックケースなどに密閉する際に超音波溶接が用いられることもあります。さらに、洗浄の工程で超音波が用いられることもあります。これらすべての場合において、リードスイッチは超音波の周波数による損傷を受ける可能性があります。超音波周波数の範囲は10kHz~250kHzで、場合によってはさらに高いことがあります。リードスイッチが実装されているアセンブリ製品の共振周波数も考慮しなければなりません。これらの周波数とその発生条件によっては、リードスイッチ接点に重大な損傷が発生することもあります。上記例のほかでも超音波を使用する場合には、実機の搭載状態で十分な事前テストを実施し、リードスイッチの動作特性に影響がないことを確認して下さい。

リードスイッチ製品の落下

リードスイッチ、リードセンサーまたはリードリレーを工場の床のような硬い面に落下させると、リードスイッチに損傷を与える衝撃を引き起こす場合があります。状況によっても異なりますが、200Gを超える衝撃はいかなる場合でも避けなければなりません。(図5を参照)高さ30cm以上(あるいは20cm以上)から硬い床などにリードスイッチを落下させると、リードスイッチがしばしば破壊されるような1000G超の力が加わることは珍しくありません。こういった状況下では、ガラス管の封着部が割れるだけでなく、リード片が極端に変形する可能性があります。大きな衝撃によるリード片の変形によって、接点ギャップの大幅増加やギャップがなくなる、という状況になり得ます。組立工程に軟らかいゴムマットなどを敷くことは、非常に簡単な予防措置の一つです。またリードスイッチ製品が落下した場合、再検査で問題のないことを確認できるまでは、その製品を使用しないことを製造工程で徹底することも必要となります。

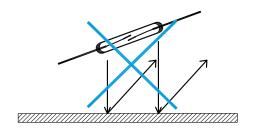


図5 リードスイッチの特性が変化するような数100Gもの衝撃が 接点に加わる可能性のある、硬い面への落下



リードスイッチ製品の封止

リードスイッチを樹脂封止や樹脂モールドにより、パッケージ化しようとする時、リードスイッチに損傷を引き起こすこともあります。状況にもよりますが、こういった損傷は1液または2液性エポキシ、熱可塑性または熱硬化性樹脂、あるいはその他の方法であっても発生することがあります。緩衝する材料が存在しない場合は、封止材料がガラス管の封着部に割れ、欠けや応力を与えるます。これらに対して、リードスイッチと封止材料の間に応力緩和の材料を介在させることは、この問題を解消するための優れた方法です。また別の方法は、温度変化で起こる応力を低減させるために、封止材料とリードスイッチの熱膨張係数を一致させることです。ただしこの方法では、ほとんどのエポキシや封止材料で発生する収縮を考慮していないことに注意して下さい。

場合によっては、上記両方の方法を用いることがリードスイッチ製品を封止する最良の方法になることもあります。

温度影響と機械的衝撃

リードスイッチを様々なアプリケーションで使用する場合、温度サイクルや熱衝撃は考慮すべき事柄です。繰り返しますが、熱膨張係数要因で発生する様々な材料の動きを生じさせる温度変化は、適切に対処しないとリードスイッチにストレスを引き起こします。当社のリードセンサーとリードリレーはすべて、温度変化と機械的衝撃に対応するように設計されています。当社製品では、温度サイクル、熱衝撃および機械的衝撃の厳しい認定試験により、潜在的な設計上の不具合が排除されています。



スイッチングと接点保護

リードスイッチの接点定格は、スイッチサイズ、ギャップサイズ、 コイルアンペアターン定格、接点材料あるいはガラス管内雰 囲気に依存します。与えられた負荷で最大の動作寿命を得 るには、いくつかの予防措置が必要になる場合があります。

リードスイッチは機械的なデバイスで可動部品があるため、主 に接点の摩耗が寿命に影響します。電気的な負荷がない場 合や、5V以下で10mA以下の負荷の場合では、接点はほと んど摩耗しません。ここでは、数十億を超える寿命が予想さ れ、また実際に得ることができます。電圧10Vの範囲では、 より多くの接点の摩耗が起こり得ます。摩耗量は、切り替え られる電流に依存します。リードスイッチの品種にもよります が、一般的に言えば、10V-10mAのスイッチングでは5000 万から2億回ほどの動作寿命が期待できます。もし、実際の 負荷を減らすこともできないまま、より多くの動作寿命が必要 な状況では、水銀接点が正しい解決策になるかもしれませ ん。水銀接点のリードスイッチは、少量の水銀が接点に存在 しているので、接点の開閉によっても接点材料が転移するこ とはありません。水銀接点のリードスイッチにおいて、100Vで 10mAのようなホットスイッチングの寿命は、数十億回も可能 な場合があります。

通常、DC負荷のスイッチングを推奨しています。寿命試験として示されているすべてのデータは、特記がない限りこの条件で取得されています。進み力率または遅れ力率となる負荷は避けてください。

誘導負荷を素早く切断するスイッチングでは、高い逆起電圧によりアークが発生します。これにより、接点面は損傷します。

容量負荷のスイッチングでは、接点を閉じた時に突入電流が流れます。容量負荷と開閉電圧あるいは直列抵抗に依存して、接点の損傷や溶着などが発生します。

リードスイッチによるスイッチング負荷の一つにランプ負荷がありますが、ランプのタングステンフィラメントは低温時の抵抗値が低いため、点灯直後に突入電流が流れます。点灯後はフィラメントが過熱して抵抗値が上昇するため、通電電流は減少します。このような突入電流は、定常電流の10~20倍にもなります。低温時のフィラメントの抵抗値を把握することは、突入電流の大きさの判断にとても重要です。ランプ負荷の回路に直列の限流抵抗を追加することで、リードスイッチの動作寿命が向上します。

容量負荷および誘導負荷

電圧と電流をスイッチングする際には、ある程度の浮遊容量が存在しています。所定の電圧と電流を閉じて切替える場合、最初の50nsが最も重要です。(図6)これは、アーク放電が発生する時間です。スイッチング回路の浮遊容量が(開閉電圧に基づいて)かなり存在する場合、はるかに大きなアークが発生し、寿命が短くなる可能性があります。電圧の高いスイッチングにおいては、高速電流プローブを用いて最初の50nsで起きている現象を正確に把握するべきです。一般的に、50Vを超える電圧をスイッチングする回路では、50pF以上の浮遊容量が寿命にとって非常に重要となります。長いケーブルで接続された回路でリードスイッチが動作する場合、そのケーブルは分布容量として機能します。シールドおよびその他の潜在的な容量性部品でも、それらの静電容量が大きな突入電流の原因になり得ます。



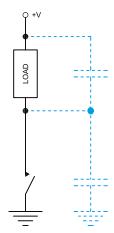


図6 浮遊容量が設定電圧に充電された時、非常に大きな突入 電流が接点間に発生。接点動作寿命が大幅に短縮

敏感な回路内またはその近くに線間電圧が存在する場合は、注意して下さい。これらの電圧が回路に結合された場合、必要とされる寿命に大きな影響を与えます。通常、故障したリードスイッチは、このような寿命の短縮が原因と考えられますが、実際には回路内の予期できなかった条件がもたらしたものです。



保護回路

上記の条件下では、接点材料の転移を最小限にするような保護回路を追加できますが、転移を完全に排除することはできません。図7に示す回路は非常に典型的なものです。静電容量は、浮遊容量またはmFレベルの実容量部品に起因するわずか数pF程度です。電子回路のコンデンサは電荷を蓄積します。その性質上、コンデンサは速やかに蓄積した電荷を放出しようとします。電流の流れに対する抵抗やインピーダンスがない場合、このよな電荷放出が起こります。

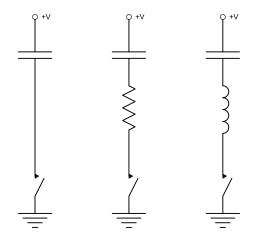


図7 高い突入電流で接点を損傷させる容量負荷のスイッチング 突入電流を低減し接点損傷を防ぐための抵抗やインダクタ の追加

リードスイッチの接点を閉じる時、突入電流は回避または最小限に抑える必要があります。回路内にリードスイッチと直列に抵抗を追加できるのであれば、一般的にこれが最良の対策です。図7に示すように、高い抵抗値が望まれます。インダクタを回路内に追加することも効果的です。インダクタは最初に電流の流れを妨げるため、突入電流を減少させます。ここでは、過度のインダクタンスを追加することがないように注意してバランスを計算する必要があります。必要以上のインダクタンスはその効果を妨げ、接点が開く時に別の問題を引き起こすためです。

リレー、ソレノイド、コイル駆動カウンター、小型モーターあるいは誘導回路などの誘導負荷のスイッチングでは、リードスイッチの接点寿命を延ばすための保護回路がすべて必要になります。(図8参照)



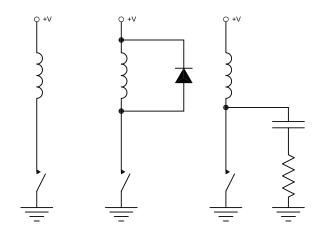


図8 誘導負荷の回路を素早く切断すると非常に大きな逆起電圧 が発生。誘導負荷と並列にダイオードを追加することで逆起 電圧の低減が可能。CR回路による接点保護回路の例。

突入電流負荷

ランプ負荷は、最初にスイッチを入れたときに高い突入電流を発生させます。通常、タングステンフィラメントは、最初にスイッチを入れた時に定常電流の10倍もの突入電流が発生する小型ランプに使用されます。図9のようにランプと直列に抵抗を追加すると、突入電流を抑制でき、リードスイッチの寿命を延ばす上で大きな役割を果たすことができます。

もう1つの方法は、図9に示すようにリードスイッチに並列な抵抗を追加することです。これによりフィラメントには常に小電流が流れ、フィラメントを加熱することで抵抗値を高く保つことができます。この時の小電流は、フィラメントが点灯しない程度にバランスさせることが必要です。これにより、リードスイッチが回路を閉じた際に流れる電流は定常電流に近くなります。

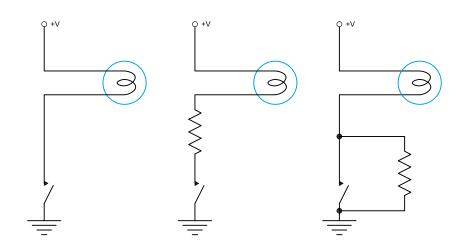


図9 ランプが最初に点灯する時はフィラメントが冷えているため高い突入電流が発生。直列抵抗の追加による突入電流の低減例。 リードスイッチに並列な抵抗追加で流れる微小電流によるフィラメント加熱の例。接点が閉じた時の突入電流を防止可能。



アンペアターン(AT)とミリテスラ(mT)による 磁界強度測定比較

1930年代にベル研究所によって開発されたリードスイッチの 出現により、アンペアターンの単位を使用して動作特性を測 定するのが便利になりました。リードスイッチは円筒形である ため、所定の形状、ワイヤサイズおよび巻き数のコイルを使 用して、その感動値、開放値および接触抵抗値を簡単に測 定することができます。内部または外部の他のユーザーがア ンペアターン(AT)を測定単位として使用しても問題がなけ れば、この方法を簡単に標準化できます。

ただし、リードスイッチの長い歴史に慣習が採用されていないことがわかった時、実際の問題が発生します。実際、リードスイッチのほとんどのメーカーは独自の規格を持っています。そのため、リードリレー、リードセンサー、またはその他のリード製品を製造するためにリードスイッチを購入する企業は、さまざまなAT規格に対処する必要があることに気付きます。リードリレー、リードセンサーなどを使用するお客様には、真の標準は提供されません。

お客様は、用途に合わせて製品を分類または選択する方法が分からないまま、リード製品を選択していることに気付きます。これにより、適切な製品を選択しようとして多くの時間が失われることもあります。リードスイッチの適切な感度を選択する前に、多くの場合、高い不良率の発生または生産工程の停止により、数千ドルが失われる可能性も排除できません。

ここで紹介するのは、リードスイッチやリード製品のメーカーあるいはリード製品のユーザーすべてが使用できる標準です。リードスイッチが動作する磁界強度の測定について、リードスイッチメーカーからリードスイッチを使用されるお客様のアプリケーションへ関連付ける簡単な方法を紹介します。

この方法を提示する前に、リードスイッチのアプリケーションに 一般的に影響するいくつかの非常に重要な点を確認しなければなりません。

- リードスイッチの初期の測定は、端子全長を含んだ長さ で行われます。この長さは、お客様の様々な設計要件 に対して最も柔軟に対応できるリードスイッチ長さとして 生産メーカーが設定しています。特定のアプリケーショ ン用にリードスイッチの端子をカットすると、そのリードス イッチのATは変わります。同じコイルで特定のカット長さ のリードスイッチを測定すると、ATは異なります。リード 端子を大幅に短くした場合は、ATの変化は大きくなりま す。これはリード片が強磁性体であるためで、磁性材料 の多い方が磁界強度の感度効率が上がるためです。 磁性材料を切り取るとその磁界強度が減少するため、 リードスイッチの磁気感度は低下します。特別な要件に 対応する企業の中には、特定のカット長さに対する仕 様にAT差を提供することがあります。ただし、リードスイ ッチのお客様が使用する標準のテストコイルでアプリケ ーションが測定できない場合(ほとんどの場合、アプリケ ーションがそれに適合しないため)、使用時に2つの会 社の製品をATのみで相関させることは不可能です。
- 2. 端子がカットされずに曲げられているリードスイッチは、 多くの場合ATの変化があります。すなわち、磁路の変 更によってそれに応じた磁界強度の変化が生じます。
- 3. リードスイッチ端子を切断の有無に関わらず曲げた時は、不適切な曲げ加工により、ATの更なる変化の可能性があります。すべてのリードスイッチは、ガラス管封着部にかかる応力に敏感です。一部のリードスイッチは他のものより影響を受けやすくなっています。いずれにせよ、封着部に応力が加わると機械的な動作を変化させるため、そのATを変化させます。リードスイッチの接点ギャップは、通常平均25μm(0.001インチ)未満です。ねじり力、回転力、線形力のいずれかによって生じる小さな機械的変化は、ATまたは接触抵抗の変化を引き起こす可能性があります。接点ギャップ、接点形状、オーバーラップ、リード片材料、硬度、長さと厚さ、封着強度、封着長、ガラス管長、および測定方法は、すべてリードスイッチのATに影響します。



Ampere-Turns (AT) versus Millitesla (mT)

ほとんどの場合で、お客様はATの磁界強度を測定できないため、ガウスまたはミリテスラ(mT)としての測定が最も受け入れられている方法です。ここで10ガウスは1mTに等しいため、これらの換算は非常に簡単です。リードスイッチやリード製品の製造分野以外でより一般的に受け入れられているのは、ガウスとテスラまたはミリテスラ(mT)の使用です。

4. リードスイッチ接点が閉成する距離mmは、手順2で測定した磁界強度mTに対応します。

以下のグラフは、上記の方法で作成しています。このデータは、端子をカットしていないリードスイッチについて測定したものであることに注意してください。ただしこのデータは、カット長さによる変化の割合をパーセンテージで示した別のグラフを用いて、様々なカット長さに使用できます。このパーセンテージの変化グラフは様々なATに対して表示され、表示外のパーセンテージであっても外挿で推定することができます。

図5のグラフを使用して、mTに直接変換できます。

グラフを含めてこの方法を使用する例は次の通りです。

- 1. アプリケーションでは当社のリードスイッチKSK-1A85を 使用する必要があり、その全長はカットされた30mm品 のみ適用できるものとします。
- 2. リードスイッチは磁石から15mmの位置に配置する設計です。
- 3. 磁石から15mmの位置での磁界強度をガウスメーター で測定し、2.2mTの強度であることが分かります。
- 4. 次に図7を見て下さい。このKSK-1A85に必要なATと mTの相関グラフが示されています。ただし、リードスイッチの端子を30mmにカットするため、予想される感動値 の増加率を見極める必要があります。20ATのリードスイッチの全長を30mmにカットした場合、感動値の増加率 は約30%または変化量として6ATになります(図3を参照)。すなわち、リードスイッチの感動値は26ATと見込めます。また図5を見ると、26ATが約1.7mTに相当することが分かります。

アンペアターン(AT)からミリテスラ(mT)への相関

ここでは、アンペアターン(AT)とミリテスラ(mT)の間の相関を取ります。リードスイッチのATまたはmT定格が低いほど、リードスイッチの接点を閉じるのに必要な磁界強度が低くなります。この相関を実現するために、AT標準として内部KMS標準コイルを使用することを選択しました。そして、所定の長さとmT定格を持つ標準のAINiCo5磁石を使用してmTと相関をとります。この組み合わせで相関を取る最も簡単な方法は、次の通りです。

- 1. 最初に、標準KMSコイルでリードスイッチのグループを 測定し、動作ATを記録します。
- 2. アルニコ5磁石(4mmx19mm、1240mT)を原点に取り付けたマイクロメータ付きリニアテーブルを使用して、直線軸に沿って一定の間隔(mm)で磁界強度(mT)を測定しました。図1を参照してください。ここでは、測定装置やそれらの近傍に強磁性体の材料がないことが非常に重要です。
- 3. 手順2と同じ測定装置を使用して、手順1で測定済みのリードスイッチの動作点をmm単位で測定します。



5. 端子カット前の感動値が20ATであれば、端子カット後であっても2.2mTの磁界強度で十分に接点を閉じることが可能なので、十分なマージンのあることが分かります。このようにして、許容範囲に応じた必要なAT範囲を選択できます。

一方で、リードスイッチはその全長で磁界を感知します。 すなわちこのようなアプローチは、感動値の概算を推定するに 過ぎませんが、設計技術者が適切なリードスイッチを比較的 容易に選択できるため、費用対効果を高めたアプリケーショ ンにすることができます。さらに、当社がより正確な調整を施 すことで、リードスイッチの選択を間違いないものにできます。

なおホール素子によるガウスメータプローブは、特定ポイントの 磁界強度を測定していることに注意してください。

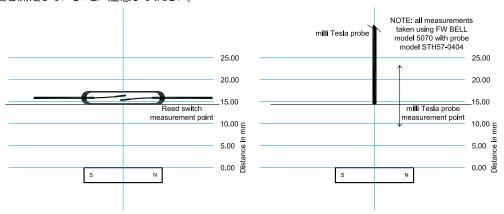


図1 マイクロメータ付きリニアステージを使用した感動値と磁界強度の測定例



Ampere-Turns (AT) versus Millitesla (mT)

下記のグラフは、リードスイッチ端子の様々なカット長さによる 感動値ATの変化を示しています。



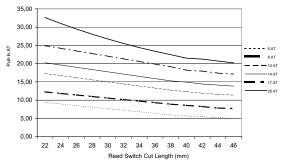


図2 リードスイッチ端子のカット長さに対する感動値ATの変化

Pull-In AT vs Reed Switch Cut Length

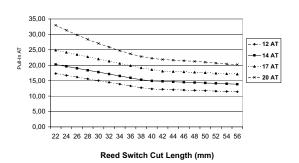


図3 リードスイッチ端子のカット長さに対する感動値ATの変化

Pull-In AT vs Reed Switch Cut Length

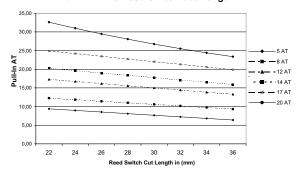


図4 リードスイッチ端子のカット長さに対する感動値ATの変化



また、ガウスメーターが不要になるように、リードスイッチが動作する感動値ATと距離mmを表すグラフも提供しています。これらのグラフを使用することで、当社がデータ測定に用いたのと同様の磁石が使われるという仮定の下で、正しく選択することができます。

Pull-In AT vs Pull-In mT 40,00 35,00 30,00 Pull-In AT 25,00 20,00 15,00 10,00 5,00 0,00 0,00 0,50 1,00 1,50 2,00 2,50 Pull-In mT

図5 感動値ATに対応する磁界強度mT

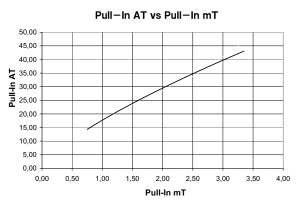


図7 感動値ATに対応する磁界強度mT

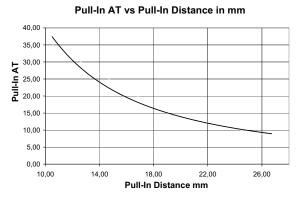


図6 感動値ATに対応する動作距離mm

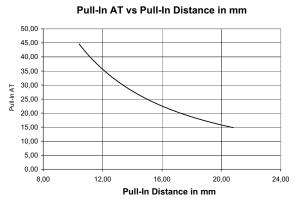


図8 感動値ATに対応する動作距離mm



Ampere-Turns (AT) versus Millitesla (mT)

Pull-In AT vs Pull-In mT 60,00 40,00 20,00 10,00 0,00 0,50 1,00 1,50 2,00 2,50 3,00 3,50 4,00 4,50 Pull-In mT

図9 感動値ATに対応する磁界強度mT

Pull-In AT vs Pull-In Distance mm

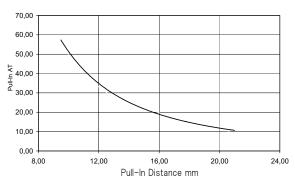


図10 感動値ATに対応する動作距離mm



リードスイッチとリードセンサーのアプリケーション

イントロダクション

このセクションを掘り下げる前に、リードスイッチの基本、主要なパラメーター、および動作特性に関する前のセクションを読むと、独自のアプリケーションの要件を開発するためのより良い背景とより多くの洞察が得られます。

間違いなく、リードスイッチの気密性は他のスイッチングデバイスよりも多くのアプリケーションに役立ちます。 完全な検知コンポーネントとして単独で使用する能力、または特別な検知要件にパッケージ化することの容易さが、複雑なプロセスや高い金型コストなしで実現できます。

リードセンサーには、潜在的にも非常に多くのアプリケーションがあり、ここでそれらすべてについて説明はできません。しかしながら、基本的なアプリケーション例の提示によって、更に発展可能なアプリケーションを考えることができるはずです。ここで記されるリードセンサーの幾つかの仕様やこの章の内容について、当社のアプリケーション部門にお問い合わせいただければ、エンジニアがお応えします。サンプルの無料提供も可能です。

当社カタログに記載されている標準的なリードセンサーを選択する場合、それは設計仕様を満足し課題を早急に解決できる最良の方法に違いありません。しかしながら、当社が提供するリードセンサーの半分以上は、特別な要求仕様を満足するものです。多くのセンシング要件が独自のものであるため、お客様の特別なアプリケーションでの使用が期待されます。

リードスイッチ単体を使用することは、最も簡単な方法です。 しかしながら、十分な検討と慎重さがなければ、満足できる 動作とアプリケーション品質を確保することはできません。リ ードスイッチをこの方法で使用する場合は、注意事項の章を 必ずお読み下さい。最も留意すべきなのは、リードスイッチに はガラス管が使われており、取り扱いによっては破損し易いと いうことです。このことを理解した上で、余分な応力を加えない 適切な実装ができれば、何も問題はありません。もしリードスイ ッチの使用に際して、不具合や不安定な動作がある場合は、 当社技術部門にお問い合わせ下さい。当社は多くのお客様 からアプリケーションを引き継ぎ、リードセンサーを製造するこ とで、不具合のないリードセンサーを提供してきています。当 社にリードセンサーの設計と製造を最初の段階からお任せい ただければ、最終的にはより費用を抑えることができます。いずれの方法であっても、アプリケーションに応じてお客様と共に作業を進めます。

リードスイッチ選択

最初に最も重要なのは、アプリケーションに適切なリードスイッチを選択することです。センサーが単にトランジスタのスイッチングを代替する場合、どのリードスイッチでもそれらの条件を満足できます。問題は、サイズとコストになります。リードスイッチの一覧表を確認することで、最適な選択ができるでしょう。ある電流レベルの電圧で負荷をホットスイッチングする場合、その電流と電圧レベルに対応できる適切な容量のリードスイッチを選択しなければなりません。数千万回のような長い動作寿命を必要とするセンサーでは、スイッチングする負荷に特別な注意が必要です。通常、5V-10 mA以下の負荷ではそのスイッチング寿命に問題はありません。このレベルを超えるような負荷の場合は、注意が必要となります。寿命試験の章をご確認いただき、当社のエンジニアにご相談下さい。

リードセンサーパッケージング

通常、リードセンサーの開発においては、それらをパッケージングする方法が最も安全です。リードスイッチのガラス管とリード端子の封着部を潜在的な損傷や応力から保護することができれば、不具合のないアプリケーションにすることができます。リードスイッチをパッケージングする時、その外観に問題が見られないとしても、リード端子の曲げ、切断、はんだ付け、溶接、ポッティングあるいはモールド化によって応力が発生している可能性があり、それにより不規則な動作を生じるかもしれません。リードスイッチをこのような応力がない状態でパッケージングすることは、それがお客様やセンサーメーカーによるパッケージングかどうかに関わらず、適切な動作と長い動作寿命を得るために重要です。アプリケーションに関して、お客様とセンサーメーカーとは細部にわたるコラボレーションが必要となります。



Application Examples

リードセンサーの選択ガイドを使用すると、パッケージの形状とサイズに関するアイデアが得られます。リードセンサーで、特定のコネクタや特別な接続方法がお客様から指定されることは、大変標準的なものです。すなわち、お客様が当社に対して特別なパッケージを要求することをためらう必要はありません。当社では、このデータブックに記載しきれないほどの特別なパッケージがあります。On距離とOff距離を決定する際は、パッケージ内部のリードスイッチまでの距離を含めて、検知距離とする必要があることに注意が必要です。当社が提供する標準的なパッケージでは、この距離が設計で考慮されています。ただし、特別なパッケージでは、この距離は感度に影響するため、注意してください。

プラスチックパッケージは最も簡単で安価です。しかしながら、頑丈なパッケージが必要な場合は、非磁性材料を使用するのが最善の方法かもしれません。このようなパッケージの場合、ニッケル、鉄またはコバルトがその材料中に含まれていてはなりません。これらの成分は磁界を遮る機能があるためです。

リードセンサーから引き出されるリード線の長さやコネクタ形状は、対応できる幅が非常に広く、不可能なものはほぼありません。

リードセンサー取り付け

リードセンサーの取り付け方法には様々なオプションを含めて多くの例があります。しかしながら、リードセンサーを強磁性体や磁気的影響を受ける箇所に取り付けてはいけません。このような箇所に取り付けた場合、磁束が強磁性体の中を通ることになるため、必要な磁界がリードセンサーに届かなくなります。

リードスイッチの特性の章では、上記のような現象を効果的に使用する磁性体検知の例を示しましたが、アプリケーション近傍の磁性体については考慮が必要です。またアプリケーション近傍に、インダクタ、変圧器、トーリオドなどの磁気コンポーネントがある場合も、磁気検知回路への影響を考慮しなければなりません。リードセンサーには、様々な取り付け方法があります。ネジ取り付けに適したスロットタイプや簡便な両面テープ取り付け、あるいはパネルにねじ込むだけのシンプルなものもあります。

他には、PCBスルーホール実装ピンを持ったもの、更には表面 実装に適したJリード端子やガルウイング端子もあります。上記 の例以外にも多くのバリエーションがあり、様々なアプリケーションの取り付けに対応できます。

リードスイッチの電気接続

当社の全てのリードセンサーは、電気的に接続するための様々な方法を持って製造されています。一般的な方法は、PCBスルーホール実装、はんだ付け用リード線、コネクタ付きリード線あるいはPCB表面実装です。一部のリード線による接続では、オプションとして端子配列を持たせることも可能です。当社のシリーズのほとんどは、はんだ付け不要の接続に適した端子の設定ができます。はんだ付けによる表面実装は、急激に普及してきています。当社のMK01、MK15、MK16およびMK17は、表面実装に最適な端子形状で設計されました。

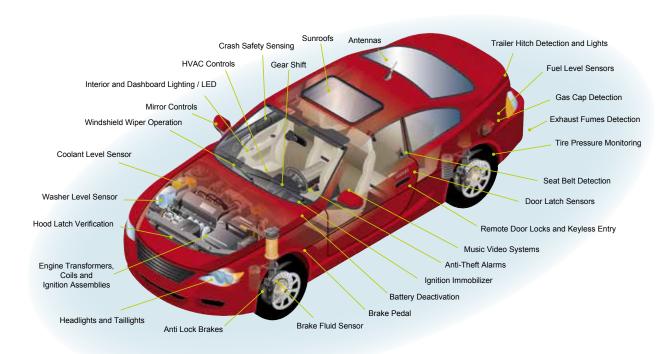
前述したように、リードスイッチ検知を用いるアプリケーションには様々なものがあります。ここでは、一般的な検知機能によるアプリケーションの幾つかを紹介します。これが、お客様が必要なアプリケーションの検知機能を検討する助けになることを願っています。繰り返しますが、アプリケーションに用いられるリードセンサーの動作には、電源は不要です。ほとんどの場合、リードスイッチは接点を閉じて必要な負荷をスイッチングします。



自動車と輸送市場アプリケーション

当社は、リードスイッチ、リードリルー、リードセンサー、マグネティクス製品および液体レベルセンサーを輸送業界全体に提供しています。これらの製品は、On/Off、開閉、電力変換、ライティング、始動、測定あるいは検出を必要とするようなアプリケーションのほぼ全てで役割を果たすことができます。

ダッシュボード上の単なる表示から、様々な計測(クーラント、ブレーキ、ウインドウ、燃料中の水分、タイヤ空気圧あるいは排出ガスなど)まで、当社のコンポーネントは自動車、大型トラック、RV車、航空機、列車、オートバイ、電気自動車、Eバイク、ボートなどの重要な筒所に用いられています。



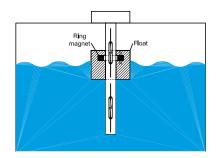


液面検知

ブレーキフルード、ウィンドウウォッシャー液および冷却水の液面検知の多くは、リードセンサーによって制御されています。通常、磁石を内蔵するフロートは、タンク内にあります。そのフロートを検知するためのリードスイッチは、タンク内もしくはタンク外側の底面に配置されます。

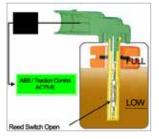
これまで自動車メーカーは、ブレーキフルードの液面検知として、タンク内にブレーキフルードが満たされた時にリードスイッチ接点が開く方法を採っていました。この方法では、液面が低下して追従するフロートも下がった時に、リードスイッチが動作します。これにより、ダッシュボードで警告ランプが点灯します。しかしながら現在では、自動車メーカーはリードスイッチの開閉動作を逆にして使用しています。つまり、タンク内がブレーキフルードで満たされた時に、上昇したフロートがリードスイッチを動作させます。反対に液面低下によってフロートが規定の位置まで下がると、リードスイッチの接点が閉じている状態を常時監視できるため、リードスイッチの故障をより容易に検出できるという利点があります。

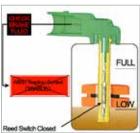
自動車のオンボードコンピューターがレベルセンサーを電気的に検出できる場合、高度なレベルセンサーを使用できます。このレベルセンサーには、リードスイッチよりも多くの電子部品が搭載されます。リードスイッチを保護する抵抗が直列に取り付けられたPCボードと、センサーが接続され所定の位置にあることをコンピューターが検出できるように2番目の抵抗が並列に取り付けられています。



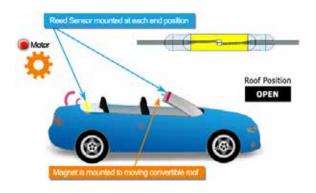
液体レベルセンサーには、1個のリードスイッチで液面の上限あるいは 下限を検出するタイプから、液面の変化を正確に監視するために複 数のリードスイッチを用いるものまで様々なタイプがあります。

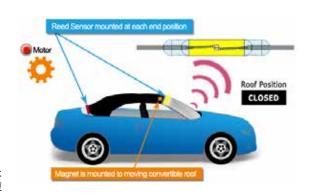
ブレーキフルード検知





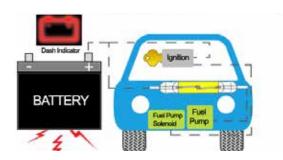
コンバーチブルルーフポジションセンサー



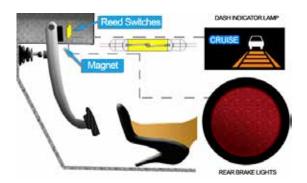


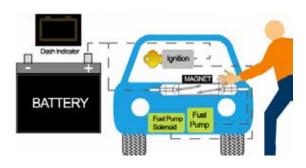


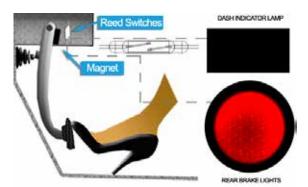
バッテリー遮断



ブレーキペダル位置検出









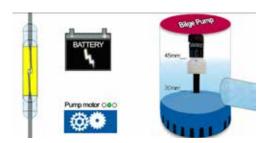
船舶とボートアプリケーション

自動車用途と同様に船舶やボートの用途でも、リードセンサー は液面検知や位置検出のために使用されます。



スマートビルジポンプセンサー



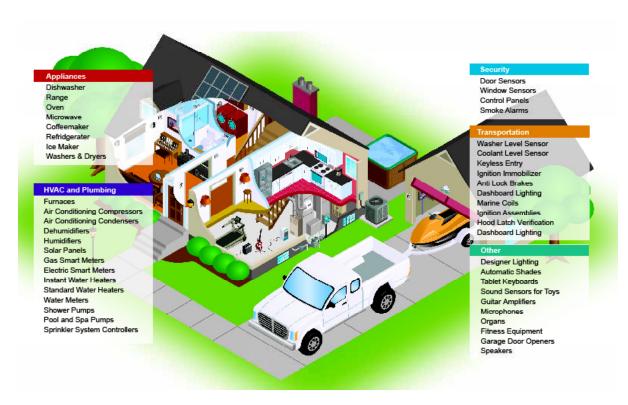




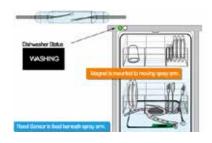
スマートホームアプリケーション

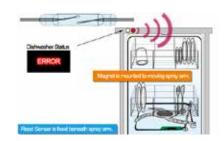
家電製品および電子機器は、より高い効率を特長としており、現在ではスマートメータリングと連携するように設計されています。

ドアの位置検出や液面監視といったことは、リードスイッチセンサーが家電製品にどのように取り入れられているかを示す ほんの一例です。



食洗機スプレーアーム検出

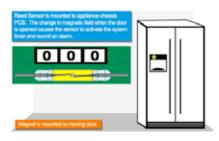


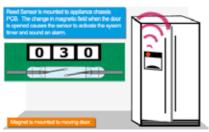




電化製品ドア検出のセキュリティ制御

冷蔵庫、冷凍庫、電子レンジ、ストーブなどの白物家電では、ドアの開閉状態を監視できる安全機能が求められます。これらのドアセンサーは、各アプリケーションに応じた様々なサイズや形状で設計されています。





多くは、特別なツールで設計されたものです。一般に、リードスイッチと磁石の両方が使用され、スマートセンシングのための追加回路と共にPCBに組み込まれます。例えば、指定された時間が経過してもリードセンサーが動作しない場合にアラームが鳴ることで、ドアが半開きであることを警告します。冷凍庫のドアの半開きを検出できると、冷凍肉やその他の食品が無駄にならないため、余分な費用を節約できるようになります。通常、リードセンサーは電化製品の筐体側に取り付けられ、磁石はドア側に配置されます。この構成では、ドアが閉じられている時に磁石がリードセンサー近傍で上または平行な位置にあります。ドアが開けられた時に、リードセンサーと磁石の磁気回路が崩されてドアが開いたことを検知します。

水流センサー

このアプリケーションでは、センサーは水の動きを検知します。 リードスイッチは、接点が開いた状態から閉じることで、水の流 れの最初の段階で素早く応答し、シーケンスを開始します。

電気温水器やエアコンなどのアプリケーションが、代表的な例になります。磁石が取り付けられたバッフルプレートが、水が流れる配管内に配置されているとします。水が流れ始めると、バッフルプレートは水流に沿って移動します。リードスイッチは、この動きを検出するように適切な場所に配置されており、磁界を感知してリードスイッチの接点が閉じる仕組みです。給湯器の場合では、水流を検出して即座に加熱素子をオンさせることができます。例えば、冷水がタンクに追加された時の温度変化を検出するといった他の方法では、その検出に非常に長い時間が必要になるので、特に温水の使用量が多い場合には、貴重な加熱時間が失われることになります。



Pressure sensor, can be calibrated for precise pressure points

流量測定

水や液体の流量の測定は、メーターに信号を送るリードセンサーと、プロペラとの組み合わせで簡単に実現できます。プロペラは配管内を流れる液体によって回転できるように配置されています。



Liquid or gas flow sensor can be used to measure flow speed or volume



磁石はプロペラに取り付けられており、リードセンサーはメーターのプラスチックケース外側に配置されています。この構成では、リードセンサーが磁石の通過を検知できるため、プロペラの回転をカウントすることができます。プロペラの回転数を集計し、マイコンが液体の流量に変換します。同様な方法で、ガス流量と電気量も測定することができます。当社のリードセンサーMK03は、このような用途によく使用されていますが、他にも多くのパッケージ形状があり、様々なアプリケーションに適用可能です。

ホットタブとスパ

- インターロック
- ・ キーボード
- ラップトップ
- マッサージチェア
- プリンターセンサー
- 水流センサー
- ユーティリティメーターセンサー

家電



センサーとスイッチは、多くの種類の家電製品に組み込まれています。可動部品の位置を検出したり、何かをOn/Offさせる必要があるアプリケーションでは、必ず使用されています。携帯電話やデジタルカメラで使用される近接センサーは、デバイスに内蔵されたリードスイッチと、可動パネル内に配置された磁石の組み合わせで構成されます。パネルが回転やスライドして、磁石がリードスイッチに近付くことで接点が閉じ、それらのデバイスを起動させます。

携帯電話でリードセンサーが使われる別の用途として、ドッキングステーションがあります。携帯電話がドッキングステーションに載せられると、磁石がリードスイッチを作動させ、ハンズフリーモードやカーモードに切り替わります。

アプリケーション

- バーコードスキャナー
- カメラ起動
- 携帯電話起動
- 電動椅子
- コピー機位置センサー
- 電動歯ブラシ
- ホテルのセキュリティカードリーダー

ホビー&おもちゃ

今日の玩具は、シンプルで信頼性が高く、安価なセンシング ソリューションを必要とする可動部品が増えて設計されてい ます。当社の磁気リードセンサーは、無数の玩具センサーア プリケーションに最適です。

例えば、哺乳瓶を飲むベビードールは、口の下にリードセンサーを配置し、哺乳瓶に磁石を配置してあります。哺乳瓶をベビードールの口にかざすと、飲む効果音を出したり、泣き止むなどの動作ができます。

アプリケーション

- トイカーレース場
- ベビードール位置センサー
- 電子ボードゲーム位置センサー
- 機械的な動きの検知
- モデルトレイン
- ビデオゲーム周辺機器





セキュリティと安全



公共の建物、病院、政府の建物、ホテルあるいは人々が頻繁に訪れる建物の防火扉と安全扉は、緊急時以外は常に閉められている必要があります。これらの扉は電子制御され、意図せず開いている状況では、適切な警告を出す仕組みが必要です。

近年、セキュリティ関連はその重要さを増しており、当社は適切なソリューションを提供してきています。

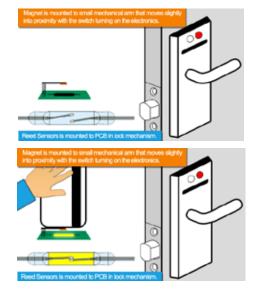
安全アプリケーション

- 赤外線検知器
- 煙および火災警報器
- ダイヤルアップモデム
- 超音波検出器
- ・ 貨物および貨物の盗難防止
- ドアセンサー
- 緊急ドアセンサー
- 防爆
- 消火器
- ホテルのセキュリティ
- 位置センサー
- 車両抑制
- ウィンドウセンサー

火災、安全、非常口用ドアセンサー



ホテルセキュリティ





医療



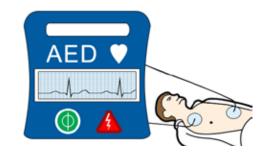
ポータブルおよび埋め込み可能なデバイスでは、超小型で消費電力が最小のスイッチを使用することも同様に重要です。リードスイッチとリードセンサーは、接点が開いている状態では電力を消費しません。リードルーは、高電流や高電圧を必要とする多くの医療機器で使用されています。外科用の発電機などの機器には、手術中に血管を焼くために使用される適切な電流量を調整するのに役立つ高電圧リレーが必要です。同様の装置は、生理食塩水と組み合わせたRFエネルギーを使用して血管を密閉するため、高周波リレーがメーカーのソリューションを提供します。

医療系のアプリケーション

- カプセル内視鏡
- ハンドヘルド手術ツール
- グルコースモニター
- 補聴器
- 植込み型除細動器ICD
- 整形外科マイクロパワー機器
- ペースメーカー
- ポータブル除細動器
- 手術器具
- 脊椎刺激装置のインプラント
- 病院用ベッド
- 椅子のリフト位置
- モビリティスクーター
- 患者リフト
- 電動車椅子
- 階段昇降位置
- 車椅子ランプ位置
- クリーニング装置
- 薬物調剤システム
- 電気外科発電機
- EKG機器
- インスリンポンプ
- 静脈内ポンプ

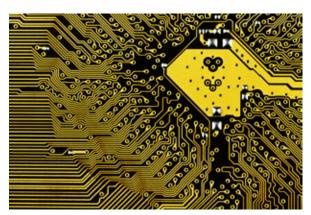


ポータブル医療機器-除細動器





計測



電子機器および電子システムに対する要件が増え続ける中、非常に幅広い電圧および電流の測定をする必要があります。それは、nVからkV、あるいはfAからAにわたる幅広い範囲です。1つの機器でこのような範囲をカバーすることはほとんど不可能です。ただし、マルチメータの設計者は、近年これらの測定の範囲を拡大することができています。この実現には、リードリレーが不可欠なコンポーネントになっています。当社の特殊なリードリレーは、設計者がこの課題に対応するのに役立ちました。

試験および測定機器アプリケーション

- ATE
- ・ バッテリ駆動機器
- ケーブルテスター
- チップテスター
- データ収集/スキャンシステム
- 電位計
- 機能的なPCBテスター
 - 高電圧
- 産業用
- 集積回路テスター
- 直線距離
- 医療機器テスター
- モジュラー計装
- マルチメーター
- ネットワークアナライザー
- オシロスコープ
- RF減衰器
- TVSテスター
- ウェーハテスター
- 天気メーター





低電圧~高電圧を測定可能とするリードリレー内蔵ハイエンドマルチメーター



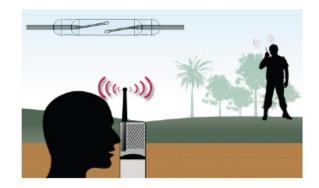
通信

密閉された接点を持つリードスイッチは、通信セクター内の 様々なアプリケーションに必要な低レベル信号を切り替える ことができます。

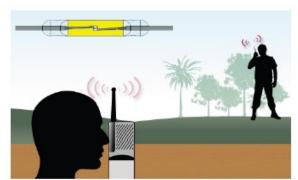
通信アプリケーション

- ・ デバイス無効化
- インターロック
- 携帯電話の位置検出
- オフフック検知
- 携帯電話フリッパのオン/オフ切り替え
- 電話回線の切り替え
- 携帯電話のアンテナスイッチング
- ラインセンシング
- ラインスイッチング
- モデムスイッチング
- ポケットベルT / Rスイッチング
- ポータブルラジオ
- RFレシーバー
- 試験装置











その他アプリケーション

発展可能なその他のアプリケーション

- モーターローター検知
- サーモスタット
- テストおよび測定機器
- 雨量計センサー
- 風速と風向の検知
- 気圧検知
- 内側/外側の温度検知
- サンシェード用位置センサー
- ソーラーパネル
- Eバイクブレーキ検出
- 農業、林業、建設業向けのセンサーソリューション
- その他



EV充電コネクタ検知

当社のWebサイトwww.standexelectronics.comでは、ここで説明したものも含んだ様々なアプリケーション例を掲載していますので、是非ご覧ください。





リードリレーにおけるリードスイッチの使用

リードリレーでは、コイルを使用しリードスイッチを動作させます。図1に最も簡単な構造を示します。リードリレーは比較的少ない電力で動作し、一般にトランジスタ、TTLまたはCMOSドライバーを使用して出力します。リードリレーの接点は、ドライ接点で使用した場合(無負荷もしくは5V-10mA以下)、数十億回もの動作に対応します。リードリレーは、年間数千万回の動作が要求されるATE用途等で、使用することができます。

コイル内部に同軸シールドを配置した場合、リードルーは、高周波用同軸ケーブルと考えることができます。リードスイッチの小型化に伴い、リードリレーのパッケージサイズが8 mm未満となり、分布容量(リードスイッチ/シールド間)が0.8 pF未満に減少しました。図3を参照してください。これにより、リードリレーは、信号強度を大幅に損なうことなく、最大6 GHzの周波数を伝送できます(3 dB低下)。通常、数GHzでのインサーションロスはわずか0.2dB、VSWRは1.1が実現できます。リードリレーのRF特性はGaAs MOSFETに匹敵し、1GHz以上では非常にコスト競争力があります。現在、リードリレーは、優れたRF特性を備えているため、半導体テスト機器や携帯電話通信機器で一般的に使用されています。

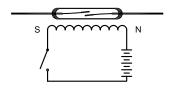


図1 リードリレーはエナメル銅線を使用したコイルとリードスイッチで 構成され、コイルの中心にリードスイッチが配置されています

最適な設計および材料により、コイルとリードスイッチの間に静電シールドを配置することで、外部磁界の影響をほとんど受けることなく、微小な信号(nVもしくはfA単位)の切替えおよび通電ができます。図2を参照してください。高いコストを掛けられる場合を除いて、他の技術では事実上実現できません。

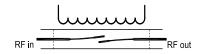


図3 GHz帯RF信号の伝送に適した同軸シールド内部のリードスイッチ

現在、リードリレーのアプリケーションは数多く存在し、日々増 え続けています。リードリレーの詳細な使用方法については、 アプリケーションの章をご覧下さい。

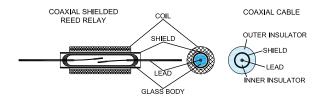


図2 コイル、リードスイッチ、同軸シールドによるリードリレー構成



リードリレーアプリケーション

概要

リードリレーアプリケーションは、半導体リレーやメカニカルリレーなど他の小型スイッチングデバイスとの厳しい競争の中、年々成長し続けています。

リードリレーの接点は密閉されているため、接点はfAやnV単位の低レベルの信号を切り替えることができます。メカニカルリレーは、密閉されておらず、接点上にポリマー膜が形成されるため、このような低レベルの信号の切替えを行うことができません。同様に半導体リレーは、静電容量、リーク電流、およびバンドオフセットがあり、低電圧と低電流の切替えおよび検出に限界があります。

またメカニカルリルーは、多くとも数百万回の寿命回数です。アーマチュアは支点を中心に動作するため、摩耗が発生し、寿命が短くなります。リードスイッチは磨耗部品を使用していないため、数十億回の動作に対応することができます。

リードルーは、低く安定した接触抵抗、低静電容量、高絶縁抵抗、長寿命、小型を必要とするスイッチングアプリケーションに最適です。高周波RF信号スイッチング、超高電圧スイッチング、超低電圧または低電流スイッチングなどの特殊な要件にも、リードリレーが最適です。

リードリレー特徴

- 長寿命(10⁹動作回数)
- 最大8極の多極構成
- フォームA(ノーマリーオープン)
- フォームB(ノーマリークローズ)
- フォームC(単極双投:ブレークビフォアメーク)
- フォームC(単極双投:メークビフォアブレーク)
- フォームE(ラッチング:双安定状態切り替え)
- 低接触抵抗(50mΩ未満)
- 高絶縁抵抗(>10¹⁴ Ω)
- 最大10,000Vのスイッチング能力
- 高電流通電能力
- 最小10nVの開閉および通電
- fA単位の開閉および通電
- 最大10GHzの信号の開閉および通電
- 100 µ s~300 µ sの動作時間
- -55~100℃の動作温度
- 空気、大気、真空、油、燃料、塵埃を含んだ雰囲気 など、あらゆる種類の環境で動作可能
- 最大200 Gの耐衝撃性
- 最大30 Gで50 Hz~2,000 Hzの耐振動性
- 超小型サイズ
- 自動挿入可能
- 標準ピン配列
- 豊富な種類のパッケージ
- 豊富な種類のリードスイッチオプション
- 幅広い範囲のコイル抵抗
- 電流モードまたは電圧モードで駆動可能
- UL、CSA、EN60950、VDE、BABT 223ZV5の認証
- 磁気シールドオプション



リードリレーアプリケーションにおける磁気干渉の低減

リードリレーは、特定の条件下において、性能低下の可能性がある磁気干渉の影響を受けます。ここでは、リードリレー間の磁気干渉を低減するための実用的な方法を示します。このガイドラインは多くの事例に適用できます。

電子機器のサイズ縮小に伴い、リードリレーは通常、互いに 隣接して配置されます。リレー間の磁気的な結合は、感動 電圧と開放電圧などのパラメータに影響を与える可能性が あります。状況によっては、隣接するリレーによって悪影響を 受けることがあります。

最悪の条件下におけるいくつかの基本的なリードリレー配列の実験データが報告されています。データ分析は、数式で示されます。データはシングルインラインパッケージ(当社製品名SIL)のリードリレーで取得しましたが、基本的な物理特性は同じであるため、ほとんどのリードリレーパッケージに適用できます。

リルー配列を設計するためのチェックリストは、発生する可能性が最も高い電磁効果を最小限に抑えるために必要な要素を網羅しています。チェックリストを体系的に進めることの目的は、多くの問題となる変数を削減または排除することです。

リードリレーの磁気干渉作用に影響する要因

内部および外部の多くの要因により、リードリレーがマトリックス配列で取り付けられ、電磁干渉(EMI)を受けた場合に動作が決定します。

内部要因:設計の早い段階で、顧客とアプリケーションについて話し合い、すべての内部要因を考慮しなければなりません。

- コイルワイヤ線径
- コイル抵抗
- コイルアンペアターン(AT)
- コイル巻方向
- コイル巻線終端

- リードスイッチのアセンブリタイプ
- リードリレーの極数
- 内部磁気シールド

外部要因:一般にリードルーの動作環境に適切な注意を払うことによって外部要因を制御します。下記の要因にどれだけの労力を必要とするかは、それらが設計のパフォーマンスに悪影響を与える度合いに依存します。下記の要因を考慮しなければなりません。

- 隣接磁界
- マトリックス配列におけるリレー間隔
- 磁気極性配置
- 外部磁気シールド

リードリレー間の磁気的結合

隣接するリードリレー間の磁気的結合をよりよく理解するために、この例を検討してください。図4は、PCボード上にマトリックス配列で取り付けられたリードリレーの内、隣接する2つのリードリレーを示しています。リレーK1とK2は構造が同じで、コイルに流す電流方向も同じです。

両方のリレーを励磁した際の磁力線が表示されています。K1 とK2が励磁されると、反対の磁界が互いに悪影響を及ぼします。これは、K2の磁界がK1まで及んでいることを示しています。

K2だけを励磁する場合、K2の感動電圧および開放電圧は 仕様範囲内です。K1を励磁している時にK2を励磁しようと すると、K2の感動電圧および開放電圧は増加し、おそらく仕 様範囲外となります。



K2のコイルに流す電流と反対の電流でK1を励磁している時、K2を励磁すると、K2の感動電圧および開放電圧は低下します。

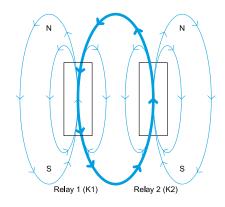


図4 リードリレーにおける磁気干渉

示した配置と磁気極性は、リレー磁気干渉のワーストケース の場合を示しています。

実験準備

実験データは、0.20インチ幅のSIPリレーで収集しました。マトリックス配列のテスト構成を図5に示します。

試験対象のリレー(RUT)を含め全てのリレーを同じ磁気極性で励磁する条件でデータを取得しました。周囲の全てのリレーを励磁した後、RUTを徐々に励磁する方法を採りました。 開放電圧データも同様の方法で取得しました。

全てのデータはコイル電圧5Vで収集しました。同等のATが得られる高い電圧で励磁するコイルの場合でも、結果は同様です。ただし、高い電圧で励磁するコイルでは、磁気干渉の作用はわずかに大きくなります。磁気シールドを使用したリレーのデータは、磁気シールドをリレー内部の最適位置に配置したものです(図6)。

局所的なリレーマトリックス配列の実験データ

リルーマトリックスは、多くの方法で配置できます。ここでは、5つの典型的な配置に関するデータを示します。極性に関して考慮する事項も限定しています。

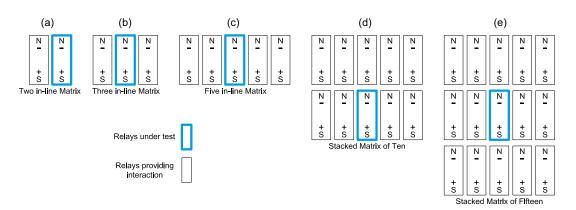


図5 試験リレー配置: (a)インライン2個配列; (b)インライン3個配列; (c)インライン5個配列; (d)マトリックス10個配列; (e)マトリックス15個配列.



データ分析

一般に、全てのリレーの磁気極性が同じであり、全ての磁界が 隣接するリレーからのものである場合、マトリックス配列内の感 動電圧はワーストケースの磁気干渉の影響を受けます(図5)。リレーをマトリックス配列で縦に配置した場合は、磁気干渉の 影響は多少減少します(図5(d)および5(e))。この影響の違い は図6(b)の通りです。

予想される最悪の条件では、開放電圧は感動電圧に追従増加し、ほぼ同じ電圧変化を維持するため、実際には問題になりません。隣接するリレーの磁気極性がRUTの磁気極性と反対の場合(補助)、開放電圧が大きな問題になる可能性があります。このような状況は、適切な磁気極性をリレーに割り当て、一貫した製造のリレーを使用することで回避できます。

感動電圧の変化(ΔPI)は、磁気干渉のある感動電圧から、磁気干渉のない感動電圧を差し引いたものとして定義されます。表示されている感動電圧の増加率は、公称コイル電圧5 Vで計算しています。計算式を示します。 $\%\Delta PI = \Delta PI(100)/5V$ ± 1

所定のマトリックス配列における感動電圧の変化は、基本的に様々な感動電圧を持つリレーで同じです。例えば、磁気干渉のない1つのリレーの感動電圧が2.3Vで、磁気干渉によって2.7Vに変化するとします(ΔPIは0.4V)。ここで、同じマトリックス配列で感動電圧2.6Vである2番目のリレーを検討します。磁気干渉によって、増加した感動電圧は3.0Vです(ΔPIは0.4 Vです)。

磁気干渉作用の計算

リードリレーの磁気干渉作用をさらに調べるには、図5(b)の5V定格SILリレーのインライン3個配列で間隔0.20インチ(磁気シールドなし)の使用例で考えてください。全ての試験は、配列中央で感動電圧2.6Vのリレーで実行されます。外側の2つのリレーは、5Vでコイル励磁されます。

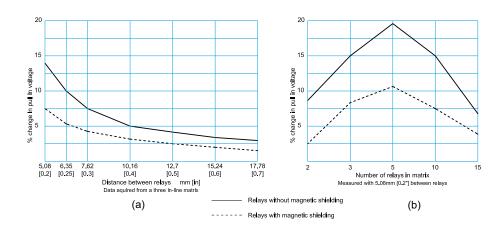


図6 (a)インライン3個配列で測定した感動電圧増加率 vs リレー間距離の関係(図5参照)。 (b)インライン2個~マトリックス15個までの配列で得られる感動電圧増加率 vs リレー配列個数の関係。



Reed Relays

中央のリルーが励磁された時、予想される感動電圧の変化を 計算することができます。

まず、感動電圧の変化を計算します。例として、次の式を使用します。

 Δ PI =(% Δ PI x Vnom)/100 式2

ΔPI: 予想される感動電圧の変化

% ΔPI: 公称電圧で計算され、実験データのグラフに示される磁気干渉の割合

Vnom:メーカー指定の公称コイル電圧

Plwc = Plact + Δ Pl 式3

Plwc:磁気干渉の影響による感動電圧の最大値

Plact:磁気干渉の影響がない実際の感動電圧

図6(a)から、5 Vの公称コイル電圧で磁気干渉による感動電 圧の増加は14.2%です。 式2を使用して Δ Plを計算します。

 $\Delta PI=(14.2 \times 5)/100 = 0.71V$

磁気干渉がない場合の感動電圧は2.6Vです。したがって、 式3を使用すればワーストケースに近い感動電圧を計算で きます。

Plwc = 2.6 + 0.71 = 3.31V

計算されたPlwcは、考えられるすべての極性(磁気および電気)条件下で与えられるマトリックス内のワーストケースです。 またΔPlの計算値は、全体の感動電圧範囲での近似値です。 さらに、マトリックス内の開放電圧の変化ΔDOは、感動電圧の変化ΔPlと同様な傾向で変化します。例えば、磁気干渉の影響がない場合の開放電圧が1.4Vの時、上記で説明した条件下でΔDOは2.11 Vに変わります。特に開放電圧が規定されている特殊な場合を除いて、このような開放電圧の変化は問題にはなりません。

磁気干渉の防止方法

- 磁気遮蔽付リードリレーの適用
- 外部磁気遮蔽マトリックスの適用
- リードリレー配置間隔の拡大
- 隣接リードリレーの同時動作禁止
- 特別なマトリックス構成の設計

特別な条件

図6のデータは、励磁したリレーに周囲を囲まれた1個のリレーで取得したものです。多くの実際のアプリケーションでは、リレーは様々な状況下で励磁されます。リレーのバンク構造では、通常は一緒に励磁します。

例えば図5(a)で得たデータは、全てのリレーを同時に励磁していくことで、約半分に低減します。

ここでは、磁気干渉の作用が半分に減少しています。 同様な効果は、リルーを同時に励磁する条件では励磁速度を上げることによっても得られます。

この磁気干渉作用の減少は、実際の感動電圧が公称電圧 の半分程度にあり、接点が閉じる時に周囲の磁界が減少するために発生します。



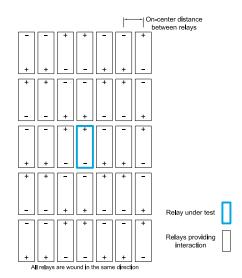


図7 ペア構造による試験リレー配置

特別なマトリックスアプリケーション

特定の条件下では、コイル巻き方向が同じリレーを密接して 取り付けた場合に、磁気干渉の影響を減らすことができます。

反対極性と一定のコイル巻き方向のリレーを図7のように配置することで、コスト増となる磁気シールドの追加をせずに磁気干渉の影響を減らすことができます。図8は、このような配置によって得られる効果を示しています。

同じ磁界極性で磁気シールドなしのマトリックス15個配列で得られた、図6のデータと比較することができます。磁気干渉の影響は、図6で6%程度であるものが図8では2.5%に改善されています。

リレーマトリックスを設計するためのチェック リスト

- 1. 印加電圧
- 2. 温度影響
- 3. 利用可能な基板スペース
- 4. 隣接するリレー間距離
- 5. マトリックスの励磁条件
- 6. 磁気シールド
- 7. 動作寿命
- 8. 設計検証

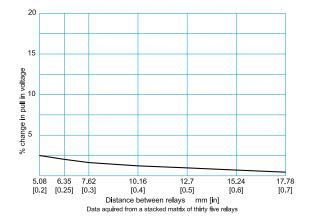


図8 ペア構造による感動電圧増加率 vs リレー間距離の関係。



Reed Relays

- 1. **印加電圧:**最大負荷および50℃での電源供給は、最低4.9Vまで可能です。状況によって印加電圧は、動作温度範囲外で直列接続トランジスタ等による最大0.7Vの降下があります。電源電圧は4.3Vに低下し、これがリレーコイルに印加される実際の電圧になります。
- 温度影響: 公称コイル電圧5Vのリレーが25℃で感動電圧3.6Vの場合には、システムの最大動作温度が50℃の時に感動電圧は最大3.96Vまで増加します。
- 3. 利用可能な基板スペース:5 x 10のリレーマトリックス (50リレー)が必要です。リレーの取り付けには、密集した配置にする必要があります(7.75平方インチが取り付け可能スペース)。
- 4. **隣接するリレー間距離:**センターピッチ0.20インチで、リレー10個を5列に配置する必要があります。
- 5. マトリックスの励磁条件:このアプリケーションでは、最大3個のリレーが同時に励磁されます。図6(a)は、このアプリケーションに必要な磁気干渉の影響のデータを示しています。ここで磁気シールドを持つリレーを0.20インチの間隔で配置した時は、感動電圧増加の割合は7.5%です。式2から、磁気干渉の影響として0.38Vの感動電圧増加として計算されます。
- 6. **磁気シールド**: 磁気シールドを使用することを決定します。
- 7. **動作寿命:** 一般に、中~高負荷のスイッチングをする時に動作寿命を長くするには、コイルを励磁するオーバードライブ電圧を約100%(実際の感動電圧の約2倍)にする必要があります。低負荷のスイッチングの場合のみ、コイルを励磁するオーバードライブは小さくすることもできます。したがって、寿命特性は影響を受けません。

8. **設計検証:** 項目5の結果と項目2の結果を足し合わせると、ワーストケースにおける最大の感動電圧は4.34 Vになります。これは、項目1のコイルに印加される最小電圧4.3Vを超えていますので、対策が必要です。この時点で最も簡単な2つの対策は、電源電圧を上げるか、初期の感動電圧定格を3.6Vから少なくとも3.2Vに下げることです。これにより、ワーストケースの条件下でもコイルへの十分なオーバードライブ電圧を追加できます。

まとめ

リードリレーの磁気干渉の影響は、無視すると重大な問題になることがあります。多くの解決策を採り得るので、必ず検討することが必要です。

ここでは、基本的なリレーマトリックス配列に関して、ワーストケースを見極めるための基本的な内容について説明しています。リレーマトリックスを設計する上での体系的な方法は、ここで示しているチェックリストを参照することで実現できます。

リレーマトリックス設計の早い段階で、リレーの製造元と相談することを強くお勧めします。これに従うことで、予測できないリレーマトリックスの機能低下の可能性を大幅に低減することができます。



リードリレーとソリッドステートリレーおよび機械式リレーの比較

仕様	リードリレー	機械式リレー	ソリッドステートリレー			
動作時間	100 μs - 1 ms	> 5 ms	< 100 μs			
動作寿命:低レベル負荷	10 ¹⁰ cycles	10 ⁶ cycles	ほぼ無制限			
消費電力	3mW possible	50 mW	3mV possible			
開閉電圧	10 kVDC	1.5 kVDC	1.5 kVDC			
開閉電流/通電電流	Max. 3A/Max. 5A	Up to 40A	Up to 40A			
最小負荷	負荷要件なし(μV/pA)	50mW	50mW			
絶縁抵抗	10 ¹⁴ Ohm	10 ⁹ Ohm	10 ⁹ Ohm			
ノイズ	開閉ノイズなし	一部で開閉ノイズあり	開閉ノイズなし			
インサーションロス	Low (0.5dB)	Low (0.5dB)	High (2dB)			
過負荷	非常に敏感	鈍感				
その他	DC〜GHz範囲で歪みなし	DC〜GHz範囲で歪みなし	信号の歪み			
その他	電気的絶縁(エアギャップ)	電気的絶縁(エアギャップ)	電気的絶縁なし (low/high)			



7GHz のRFリードリレーーアプリケーション

ATE向けCRRおよびCRFリードリレー

CRRリレーは機能テストシステムに使用されます。機能テストシステムは、サイズ、ピン数、および複雑さが増大し続けています。通常、各ピンには3~5個のテスト接続が必要です。各テスト接続は、他のすべての接続から分離されていなければなりません。漏れ経路があると、テスト中の信号がその機能を失うところまで短絡する可能性があります。

ピン数が多いため、テスト接続の数は劇的に増加します。これらのテスト接続は、以下の仕様を持つ超小型表面実装リルー(CRRシリーズ)で可能になります。

- 1. 超小型サイズ(8.6 x 4.4 x 3.55mm)
- 2. 基板両面に実装可能
- 3. 高密度実装可能な内部磁気シールド
- 4. 高絶縁抵抗(Typ. 10¹⁴Ω)
- 5. 接点間耐圧200V以上
- 6. スイッチとコイル間の最小絶縁耐力1500V
- 7. 熱起電力1 *u* V以下
- 8. 接点間静電容量0.2pF以下

CRFリレーは、ウエハー、メモリおよびICのテストシステムに使用されます。ICおよびウエハーテスタは、より高速なクロック周波数が必要な複雑なフォーマットを採用し続けています。2GHzレンジのクロック周波数では、コンポーネントは8~10GHz範囲の周波数応答でCW信号を通過させる必要があります。これら高速デジタル信号の高速スイッチングには、このような新たな周波数応答が必要であり、システム内のスイッチングコンポーネントを通過する信号が歪んだり反射したりしないようにしなければなりません。

CRFリードリレーは下記の特徴から、これらのコンポーネントテスタで使用可能です。

- 1. 7 GHz 周波数応答に対応可能
- 2. 立上り時間40ps未満のデジタル信号対応
- 3. 低リターンロス
- 4. 6GHzで1dB未満のインサーションロス
- 5. 超小型
- 6. 基板両面に実装可能(磁気干渉低減用内部磁気シー ルド付き)
- 7. 高絶縁抵抗(Typ. 10¹⁴Ω)
- 8. 接点間耐圧200V以上
- 9. スイッチとコイル間の最小絶縁耐力1500V
- 10. 熱起電力1μV以下
- 11. 接点間静電容量0.2pF以下
- 12. 接点開放時の静電容量遮断



計装装置(CRRおよびCRF)

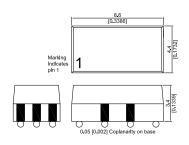
- 1. 電圧のアイソレーションが必要なマルチメータの入力を 測定する場合、低熱起電力(1μV以下)で非常に低い サブpAのリークでなければなりません。
- 高周波、低リークおよび高い電圧アイソレーションでフィードバックループが必要です。
- 3. 高周波応答が必要な減衰器では、低リーク経路であることが不可欠で、長寿命(1億回を超える動作)の他、モジュール間の歪みを排除できることが明らかに求められます。

多極構成

回路が一緒に接続された共通ポイントを必要とするとき、静電容量は本当の問題になります。この静電容量を削減しようとすることは、明確な解決策が得られない作業が必要になります。多極構成のリルーを使用することで、静電容量を低減できる構成になり、問題はありません。RFスイッチングモジュール、RF減衰器、T / Rスイッチ、Tスイッチなどを形成するために、リレードライバー、コネクターなどは簡単に追加できます。

DIMENSIONS

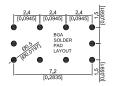
*All dimensions in mm (inches)



PIN OUT (Top View)



PAD LAYOUT



POST REFLOW

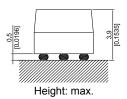


図9 BGAレイアウト.



周波数領域と時間領域におけるRFリレー測定

100 MHzを超える周波数応答が必要なコンポーネントのテストにおいて、優れたネットワークアナライザと適切な設計のキャリブレーション用テストフィクスチャは、実際の測定作業と同様に大変重要です。時間領域でのテストも同様です。立上り時間特性を測定する場合、信号品質に悪影響を与える可能性のあるパルスのオーバーシュートとアンダーシュートに注意する必要があります。

フィクスチャの設計は、高周波基板上の適切なSMAコネクタから始まります。FR-4、G-Tech材料およびいくつかのRogers基板材料など、高周波基板に適した材料があります。フィクスチャのゼロ調整により高周波損失特性が除去できるため、FR-4素材はよく選択されます。一般に、FR-4を6GHz以下で使用するのに問題はありません。6GHz以上では、RO3203やRO4350などのRogers製の高周波基板材料を使用することで、テストパフォーマンスを向上できます。Rogersには、コンポーネントまたはパフォーマンスが要求するTCEマッチングに応じて選択できる、いくつかの材料があります。これらの材料のほとんどは、セラミックです。

下の図15、16、17および18は、50Ω終端、ショート、オープン、スルーの各キャリブレーションキットならびにRUTに使用するボードレイアウトを示しています。角部をなくすと共にグラウンドを強化しました。全ての伝送経路の形状変化は可能な限り緩やかにしています。

キャリブレーションの完了後、ネットワークアナライザAgilent 8720ESのセットアップ状態は図14の通りです。

全てのキャリブレーションキットでキャリブレーションが行われ、保存されました。また、RUTも測定されデータ保存されました。キャリブレーションデータによって、ボードの損失を除外しRUTの特性として以下の結果を得ました。この結果を等価回路とSパラメータを用いて得たデータと比較したところ、非常に良く一致しました。

ネットワークアナライザの測定で得られたデータは以下の通りです。データには、アイソレーション、挿入損失、VSWRが含まれています。また、周波数範囲全体にわたって特定の周波数のインピーダンスを示すスミスチャートも含まれています。



フィクスチャーデザイン

テストフィクスチャの形状設計は、最初の重要なステップです。以下に、4種類の伝送線路の形状とその特性インピーダンスの計算式を示します。

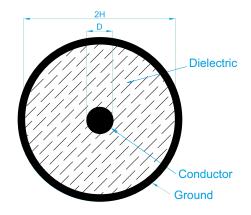


図10 同軸ケーブルの構成

$Z_0 = 60/(\sqrt{(\epsilon_r)}) \ln ((2h)/d)$

式5 同軸ケーブルの特性インピーダンス

ここでhとdは図10の定義の通yで、 ϵ rは誘電体の比誘電率です。

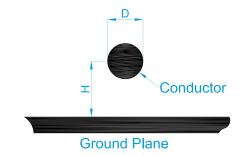


図11 グラウンドー導体の構成

$Z_0 = 60/(\sqrt{(\epsilon_s)}) \ln ((4hk_0)/d)$

式5 グラウンドー丸導体の特性インピーダンス

ここでkpは近接係数で、h/dが大きい場合はほぼ1です。しかし、グラウンドと丸導体の間隔が狭い場合は

$k_p = \frac{1}{2} + (\sqrt{(4h2 - d2)})/4h$ ±7.7

d=2hの関係で丸導体がグラウンドに接触する構成では、kp は1/2まで減少します。近接効果は、表皮効果と同じメカニズムから生じます。相互反発は、反対方向に通電する独立した導体の極めて最表面に流れる電流のように発生します。これにより、丸導体中の最もグラウンドに近い側に電流が集中します。信号がリレーを通過する場合のように、同軸ケーブルでは中心導体の表面全体がグラウンドから等距離にあるため、近接効果と表皮効果は区別できません。通常、矩形の伝送線路では近接効果を考慮することはありませんが、表皮効果は伝送線路の最表面に電流を流すようになります。

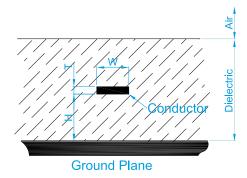


図12 埋め込みマイクロストリップラインの構成

$Z_0 = 60/(\sqrt{(\epsilon_r)}) \ln ((5.98h)/(0.8w + t))$

式8 埋め込みマイクロストリップラインの特性インピーダンス

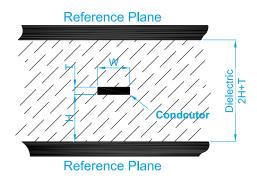


図13 ストリップラインの構成

Z_o = 60/($\sqrt{(\varepsilon_r)}$) In (3.8(h +0.5t)/(0.8w + t)) 式9 ストリップラインの特性インピーダンス

テストのセットアップとテストフィクスチャ

RFコンポーネントのテストには、テストフィクスチャの適切な使用が不可欠です。

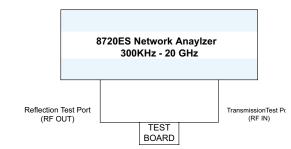
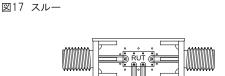


図14 テストセットアップ

キャリブレーションアプローチ

- フィクスチャボードは、リレー特性を改善するキャリブレーションボードとして機能するように構築されました。RUTの 測定に使用する全てのフィクスチャボードは、ネットワーク アナライザや終端の接続にSMAコネクタを使用しました。 フィクスチャボードの構成は次の通りです。
- オープン
- ショート
- 50Ω終端
- スルー



PASS THRU

RELAY UNDER TEST

図18 RUT

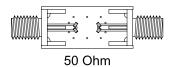


図15 50Ω終端

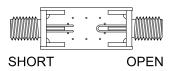


図16 オープン/ショート



挿入損失

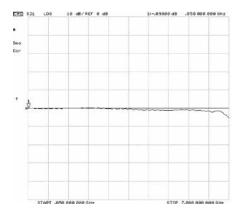


図19 図9のリードリレーの挿入損失 横軸: 7GHzフルスケール 縦軸: 10dB/div

銅線の挿入損失

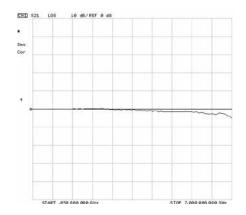
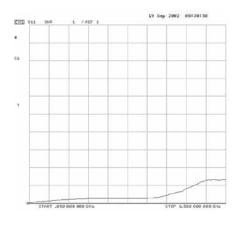


図20 内部リードスイッチを銅線に置き換えたリードリレーの挿入損失 横軸:7GHzフルスケール 縦軸:10dB/div

VSWR

図21 図9のリードリレーのVSWR 横軸:6.5GHzフルスケール

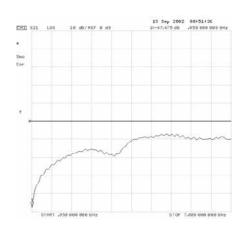
縦軸:1.0/div



アイソレーション

図22 図9のリードリレーのアイソレーション

横軸:7GHzフルスケール 縦軸:10dB/div





反射損失

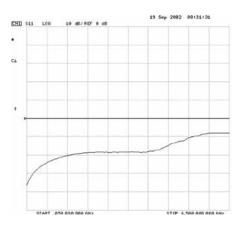


図23 図9のリードリレーの反射損失 横軸:6.5GHzフルスケール

縦軸:10dB/div

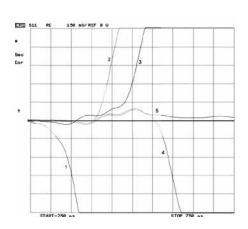


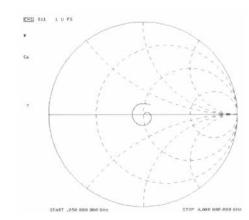
図24 図9のリードリレーの特性インピーダンス

波形1~5は、キャリブレーションポイントを示しています。

横軸:750psフルスケール 縦軸:150mU/div

縦軸は反射係数を表します。

- 1 リレー入力前ショート
- 2-接点オープン
- 3 接点クローズ
- 4-接点クローズーショート
- 5 接点クローズー50Ω終端



スミスチャート

図25 4GHzまでのスミスチャートプロット。右から2番目の点線円がインピーダンス50 Ω の等抵抗円。



試験結果

図19~25は、前述の手順とフィクスチャを使用した試験結果を示しています。フィクスチャは、FR-4基板で作製されたものです。Rogers製の高周波基板材料を用いることで、より良い結果を得ることができます。

挿入損失

前に説明したように、挿入損失はリレーを通過する電力の損失を示します。挿入損失は、コンポーネント(リードリレー)を通過する信号の損失を表すため、RF測定において最も重要な値の1つです。この損失を最小限に抑えることが重要です。

まず、図19に示すように7GHzまで優れた挿入損失を得られていることが分かります。挿入損失のカーブは非常にフラットで、7GHzで次第に減衰し始めます。このことは、CRFリードリレーがアナログやデジタルの信号を切り替えて通過させる時に、非常にうまく機能することを示しています。スイッチング素子として半導体を使用すると、相互変調歪が発生することがあり、周波数応答に歪みが生じます。リードリレーなどのパッシブデバイスでは、相互変調歪がないため、非常にフラットな挿入損失のカーブを最大7GHzまで得ることができます。このようにフラットで低い挿入損失により、ユーザーは周波数別に異なるスイッチを使用する必要がなく、様々な周波数またはデジタルパルス幅の信号を切り替えたり、通過させたりすることができます。

リードリレーの中心導体である鉄-ニッケル合金は、より高い周波数帯において良好な特性を持っていないため、このような高周波領域ではリードリレーは提案されていません。ニッケルと鉄は強磁性で高い透磁率 μ を持っており、表皮効果はしばしば悪さの原因にされます。しかしながら、図9のリードスイッチを銅線に置き換えた時の挿入損失を示した図20には当てはまりません。

図19と20を比較すると、ほとんど違いがないことが分かります。一方、高い電力を伝送するような場合では、おそらく違いが現われます。しかし、現在の多くのアプリケーションでは、リードリレーで切り替える信号の電力は非常に低いため、7GHzまでは無視できるほどの影響しかありません。

VSWR

VSWRは、定在波による電力伝送の影響を表します。定在波が伝送線路に存在する場合、一部の電力が反射されて更に信号源で再び反射しています。この前後の反射により定在波が生成されます。このような定在波は、持続的に存在して電力を吸収し続けるため、信号源からの信号伝送を妨げます。図21は、図9に示すリードリレーのVSWRを示しています。アナログ連続波解析では依然として重要なRF特性ですが、その中でも挿入損失がより重視されます。

アイソレーション

アイソレーションとは、回路内におけるRF信号の分離度を示します。リードリレーの場合、リレー接点が開いている時に信号を遮断する能力の尺度です。通常、開いている接点は信号が通過しないものと理解されています。しかしながら、RF信号では開いている接点間の静電容量が漏れ経路になり、十分に周波数が高いRF信号は接点間を通過します。図22に示すように、低周波域で-50dB以上のアイソレーションは3GHzで-15dBに低下し、7GHまでは-10dBレベルまで下がります。アイソレーションの低下には、接点ギャップが大きく関わっています。接点ギャップの拡大がアイソレーションの改善策に挙げられますが、ガラス管径を太くすることでパッケージサイズが大きくなるため、実現は困難です。また、接点ギャップが大きくなるとリードスイッチの磁気感度は低下するため、励磁力を高めるのにより多くのコイル電力が必要になります。



アプリケーションにおいてアイソレーションが特に重視される場合は、複数のリードリレーを直列接続することが効果的です。また、T型スイッチ構成などを使用すると、はるかに高いアイソレーションが得られます。

反射損失

反射損失も高周波パラメータの一つですが、挿入損失やアイソレーションほどは使用されません。前述のように、これは信号源に反射していくRF信号パワーの尺度です。図23の通り、低周波域の反射損失は35dBと小さく、6.5GHzで約10dBです。ここでは、dBレベルが大きいほど反射される信号の割合が低いことを示しています。

特性インピーダンス

リルーの特性インピーダンス測定から情報を得るには、リルーを含んだ特定のポイントでの各信号を測定することが有益です。この測定は空間測定であるため、リルーの各ポイントで実際のインピーダンスを測定できます。以下に示す各参照ポイントの特性インピーダンスは、図24の通りです。

- 1. リレー入力部ショート
- 2. 接点オープンでリルー中央までの信号
- 3. 接点クローズでリレー出力までの信号
- 4. 接点クローズでリレー出力部ショート
- 5. 接点クローズでリレー出力50Ω終端

リルーを通る実際のトレースに5つのトレースを重ねると、リレーを通る各ポイントで特性インピーダンスの全体像を見ることができます。これは、リレーまたはコンポーネントが $50\,\Omega$ の特性インピーダンスからわずかに外れている場合に特に役立ちます。図24のトレースに示すように、リレーの特性インピーダンスは $50\,\Omega$ をわずかに超えています。トレースが $50\,\Omega$ よりも高い場合、リルーの入力と出力部でわずかに誘導性であることを示しています。

リルーの入出力端をわずかな容量性で補うと、特性インピーダンスは希望のレベルに調整できます。これにより、必要な回路でのリルーのパフォーマンスが向上でき、より高い周波数のRF信号を扱えます。

スミスチャート

特定のアプリケーションまたは特定の周波数で異なるRF周波数を見ている場合、スミスチャートは特定の周波数範囲で特性インピーダンスを表示するのに役立ちます。例として50kHzから4GHzまでの周波数応答を示すスミスチャートが図25です。プロットは特性インピーダンス50Ωが中心になっています。このスミスチャートで、右から2番目の点線で描かれた円は50Ωの等抵抗円です。円の中心を通る水平軸はインピーダンスの実数部を表しています。この線より上のプロットは誘導性で、反対に下のプロットは容量性を示します。図に示されているように、CRFリレーの周波数応答プロットは実数部周辺で且つ50Ωを中心としています。

まとめ

CRFリードルーは、少なくとも7GHz以上のRF信号を切り替えて 伝送できる優れたリードリレーです。現在、当社は10GHz以上 までその特性を改善する取り組みをしています。これは、帯域 幅の拡大を含む新しいRFリードルーの継続的な開発によって 実現可能な目標です。より高い周波数が使用され、これらの 回路を開発するためにコンポーネントが求められるため、CRF シリーズなどのリードリレーが必要であり、またその後に続く既存 特性を超える改善が期待されます。当社のエンジニアはこの 課題に対応しています。



寿命要求

リードスイッチの寿命は、スイッチング状況によって大きく異なります。 長年にわたって、リードスイッチは多くの改良が加えられ、信頼性の向上に大きな役割を果たしてきました。

リードスイッチは接点が密閉されている構造により、無負荷や信号レベル負荷ではほとんどの場合で接触抵抗変化を最小限に抑えて、数十億回の動作ができます。実際のところ、無負荷での動作回数が非常に長くなった時には、接触抵抗はしばしば $5m\Omega \sim 10m\Omega$ 程度低下することがあります。

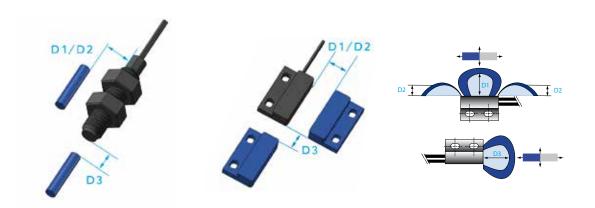
当 社 は、ガラス 管 長として 4 mm から 5 0 mm までの 異なるタイプのリードスイッチを提供しています。これら は、nV~10,000V、fA~5A、さらにDC~6GHzといった幅広 いレンジに対応することができます。当社は、タングステン、 ロジウム、ルテニウム、パラジウムまたはイリジウムの接点を 持つリードスイッチをリードセンサーやリードリレーのアプリケー ションに提供します。 アプリケーションの要求寿命に対して最適化しようとする時には、記載した注意事項を必ず確認して下さい。懸念される事項は、機械的および電子的なものの両方でいくつかあります。特に電気的負荷については、誘導性、容量性あるいは突入電流がある負荷の切り替えについて重要な情報を提供しています。

実際に切り替え動作が必要な負荷で寿命試験をすること以外に最適な方法はありません。寿命試験の実施は、結果としてアプリケーションの安全性を高めます。

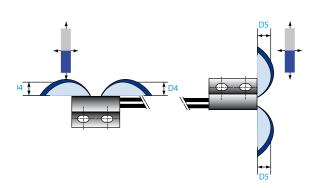


動作距離

駆動磁石の配置とそれぞれの動作距離は以下の通りです。









注:表に記載されている動作距離は一般的な値であり、個別のアプリケーションによっては異なる場合があります。

		磁気感度			置と動作距 :感動距離(配置と動作距離 最小開放距離(mm)					
Туре	Part-No.	mT	D1	D2	D3	D4	D5	D1	D2	D3	D4	D5	
MK03-1A66B-500W	2232711054	> 1,70	15,0	6,5	9,3	8,5	8,5	17,5	8,0	11,4	10,1	10,1	
MK03-1A66C-500W	2233711054	> 2,30	13,0	4,4	7,4	7,2	7,2	16,5	6,5	9,9	9,5	9,5	
MK03-1A66D-500W	2234711054	> 2,70	11,0	4,0	5,7	6,5	6,5	14,5	5,5	8,5	9,0	9,0	
MK03-1A66E-500W	2235711054	> 3,10	10,0	3,5	4,5	5,7	5,7	13,5	5,0	8,0	8,5	8,5	
M K04 -1A66 B -500W	2242661054	> 1,70	15,0	6,5	9,3	8,5	8,5	17,5	8,0	11,4	10,1	10,1	
MK04-1A66C-500W	2243711054	> 2,30	13,0	4,4	7,4	7,2	7,2	16,5	6,5	9,9	9,5	9,5	
MK04 -1A66 D -500W	2244711054	> 2,70	11,0	4,0	5,7	6,5	6,5	14,5	5,5	8,5	9,0	9,0	
MK04-1A66E-500W	2245661054	> 3,10	10,0	3,5	4,5	5,7	5,7	13,5	5,0	8,0	8,5	8,5	
MK05 -1A66 B -500W	2252711054	> 1,70	15,0	6,5	9,3	8,5	8,5	17,5	8,0	11,4	10,1	10,1	
MK05-1A66C-500W	2253711054	> 2,30	13,0	4,4	7,4	7,2	7,2	16,5	6,5	9,9	9,5	9,5	
MK05-1A66D-500W	2254661054	> 2,70	11,0	4,0	5,7	6,5	6,5	14,5	5,5	8,5	9,0	9,0	
MK05-1A66E-500W	2255661054	> 3,10	10,0	3,5	4,5	5,7	5,7	13,5	5,0	8,0	8,5	8,5	
MK06-4-A	2206040000	< 1,70	18	8.5	15	12	13.5	19	9.5	16	13.5	15	
MK06-4-B	2206040001	> 1,70	16	7.5	12.5	10.5	11	17	8	13.5	11.5	12	
MK06-4-C	2206040002	> 2,30	14	7	10.5	9.5	9.5	16	7.5	13	11	12	
MK06-4-D	2206040003	> 2,70	13	6.5	10	9	9	15	7	11.5	10	10.5	
MK06-4-E	2206040004	> 3,10	12	5.5	8.5	8	8	13	6	9.5	9	9	
MK12-1A66B-500W	9122711054	> 1,70	18	8	14	13	11.5	20.5	10	17	14.5	13	
MK12-1A66C-500W	9123711054	> 2,30	16	6	11.5	9.5	8.5	18	8.5	15	12.5	11.5	
MK12-1A66D-500W	9124711054	> 2,70	14	5	7.5	7.5	5.5	17	6.5	11.5	11.5	9.5	
MK12-1A66E-500W	9125711054	> 3,10	13	4	5.5	7	3.5	16	6	11	11	8.5	
MK11/M8-1A66B-500W	9118266054	> 1,70	15,0	6,5	9,3	8,5	8,5	17,5	8,0	11,4	10,1	10,1	
MK11/M8-1A66C-500W	9118366054	> 2,30	13,0	4,4	7,4	7,2	7,2	16,5	6,5	9,9	9,5	9,5	
MK11/M8-1A66D-500W	9118066054	> 2,70	11,0	4,0	5,7	6,5	6,5	14,5	5,5	8,5	9,0	9,0	
MK11/M8-1A66E-500W	9118566054	> 3,10	10,0	3,5	4,5	5,7	5,7	13,5	5,0	8,0	8,5	8,5	
MK13-1A66B-500W	9132661054	> 1,70	15,0	6,5	9,3	8,5	8,5	17,5	8,0	11,4	10,1	10,1	
MK13-1A66C-500W	9133711054	> 2,30	13,0	4,4	7,4	7,2	7,2	16,5	6,5	9,9	9,5	9,5	
MK13-1A66D-500W	9134711054	> 2,70	11,0	4,0	5,7	6,5	6,5	14,5	5,5	8,5	9,0	9,0	
MK13-1A66E-500W	9135661054	> 3,10	10,0	3,5	4,5	5,7	5,7	13,5	5,0	8,0	8,5	8,5	
MK14 -1A66 B -100W	9142711054	> 1,70	15	7	11	10	8	16	8	12	12	9	
MK14-1A66C-100W	9143711054	> 2,30	11	5	8	9	6	13	6.5	10	11	7.5	
MK14 -1A66D-100W	9144711054	> 2,70	10	4	6	6	4.5	12	5	8	8	6.5	
MK14 -1A66 E -100W	9145711054	> 3,10	9	3	4	4	2.5	11	4.5	7	6	5	
MK15-B-2	9151710022	> 1,70	14	6.5	7	9	7	16	8	9	9.5	8	
MK15-C-2	9151710023	> 2,30	13	6	6.5	8.5	6.5	15	7.5	8.5	9	7.5	
MK15-D-3	9151710024	> 2,70	12	5.5	6	7.5	5.5	14	7	8	8.5	7	
MK15-E-3	9151710025	> 3,10	11	5	4.5	7	3.5	13	6	7	8	6	



Activate Distance

注:表に記載されている動作距離は一般的な値であり、個別のアプリケーションによっては異なる場合があります。

		磁気感度	配置と動作距離 最大感動距離(mm)					配置と動作距離 最小開放距離(mm)					
Туре	Part-No.	mT	D1	D2	D3	D4	D5	D1	D2	D3	D4	D5	
MK16-B-2	9161870022	> 1,70	15	7	11	10	9.5	16	8	12	11	11	
MK16-C-2	9161870023	> 2,30	13	6	8	8	8	14.5	7	10	10	9.5	
MK16-D-2	9161870024	> 2,70	12	5.5	7	7.5	7	14	6.5	9	9.5	9	
MK16-E-2	9161870025	> 3,10	11	5	6	7	5.5	13.5	6	9.5	9	8.5	
MK17-B-2	9171009022	> 1,70	15	7.5	12.5	10	11	16	8	13.5	11	12	
MK17-C-2	9171009023	> 2,30	14.5	7	10	9	9.5	15.5	7.5	11.5	10	10.5	
MK17-D-2	9171009024	> 2,70	12.5	6	9.5	8	8	14	7	11	9.5	9.5	
MK17-E-2	9171009025	> 3,10	12	5.5	8.5	7.5	7.5	13.5	6.5	10.5	8.5	9	
MK18-B-300W	9182100034	> 1,70	16.5	8	14.5	10	12	18.5	9.5	16.5	10.5	14	
MK18-C-300W	9183100034	> 2,30	14	7	11	9	9.5	15.5	8	12.5	10	11	
MK18-D-300W	9184100034	> 2,70	12	5.5	9	8	7.5	14	7.5	11	9.5	10	
MK18-E-300W	9185100034	> 3,10	11	5	7	7	6	13.5	7	10.5	9	9.5	
MK20/1-B-100W	9202100014	> 1,70	11	5.5	9	6.5	7.5	11.5	6	10	7	8	
MK20/1-C-100W	9203100014	> 2,30	10.5	5	8	6	7	11	5.5	9	6.5	7.5	
MK20/1-D-100W	9204100014	> 2,70	10	4.5	7	5.5	6.5	10.5	5	8	6	7	
MK20/1-E-100W	9205100014	> 3,10	9.5	4	6	5	6	10	4.5	7	5.5	6.5	
MK21M -1A66 B -500W	9212100054	> 1,70	13	5.5	4.5	8	3	14	6.5	5.5	9	4	
MK21M-1A66C-500W	9213100054	> 2,30	11	4	2.5	6.5	1.5	13	6	4.5	8.5	3.5	
MK21M -1A66 D -500W	9214100054	> 2,70	9.5	3.5	1	5	1	11.5	5	2.5	7	2	
MK21M-1A66E-500W	9215660054	> 3,10	8	2.5	х	4	х	10	3.5	х	6	х	

上記の距離データはすべて、以下の磁石に対して有効です:

4003004003/単体磁石, ø 4x19 mm2500000005/M5, ケース収納磁石2500000002/M2, ケース収納磁石2500000013/M13, ケース収納磁石2500000004/M4, ケース収納磁石2500000021/M21, ケース収納磁石

このページに記載されているのは、当社製品の一部のみです。記載されていないセンサー、リードスイッチタイプや他の磁石を用いた場合の動作距離は、ご要求に応じて取得対応します。



Notes



リードスイッチ製品に関連する一般的な用語説明

以下は、リードスイッチ、リードセンサー、リードリルーおよび機械式 リレーに関連する一般的な用語の定義です。一部の用語は複数の呼称で定義されています。ここでは最も一般的な呼称の用語を選択し、記載しています。ただし、その他の呼称も可能な限り記載しました。

動作時間は、コイルに定格電圧を加えた時からオープン接点は 最初に接点が閉じるまで、クローズ接点は接点が開くまでの時間 です。 バウンス時間は含みません。

アンペアターン(ATまたはNI)は、コイルの巻き数(ターン)とコイルに流れる電流(アンペア)の積です。ATは通常、接点が閉じる値と開く値で定義します。

アーマチュアは、機械式リレーにおける可動の磁気部材です。

バイアス磁石は、接点動作に影響する磁界の補助や抑制のために、リルーまたはセンサーの磁気回路に追加する磁石です。

磁気バイアスは、スイッチの磁気回路に印加される磁界です。

リード片は、ガラス管内に含まれるリードスイッチのバネ部分を定義するために使用されます。

ボビンは、コイルが巻かれるスプール、コイル形状を指します。

ボビンレスコイル(空芯コイル)は、ボビンを使用せず銅線だけで 形成されたコイルです。

バウンスとは、接点が最初に閉じた時の機械的なリバウンドによる断続的な接点の開放です。実装の状態により、衝撃や振動が 伝達されて発生することもあります。

ブレーク(開放)は、閉じている接点が開くことを指します。

耐電圧は、接点間でアークまたはブレークオーバーが発生する 電圧です。

予備電離状態の**耐電圧**は、ごく初期の絶縁破壊時にガラス管内に電離状態が形成されて、接点間を絶縁破壊する電圧レベルです。通常、予備電離状態の耐電圧は低い値を示し、その再現性は高いものです。これは耐電圧レベルのより正確な尺度になります。

ブリッジは、アーク放電により接点金属の溶融と再凝固が起こり、 金属ブリッジや突起が形成されることで発生する、オープン接点 が開離できない状態です。

チェンジオーバー接点(C接点または単極双投(SPDT)とも呼ばれる)には3つの接点があり、そのうちの1つは他の2接点への接続に共通で使用されます。2接点のどちらか一方が開いている場合、もう一方は閉じています。その逆もまた同様です。

同軸シールドは、入力と出力の両方で接地された静電シールドです。

コイルは、通常ボビンまたはスプールに巻かれたエナメル線で構成される電磁部品です。コイルに電流が流れると、磁界が発生し、リードリレーまたは機械式リレーの接点が作動します。

コモンモード電圧は通常、1つ以上のラインとグラウンド間で測定される電圧レベル、またはグラウンドに別回路の電流が流れて発生する電圧を指します。

接点は、リードスイッチまたは機械式リレーを構成するリード片の接触箇所を指します。

ツイン接点は、接点部が分岐していて対向接点とそれぞれ接触できるため、微小負荷で動作する際の接触信頼性を高めることのできる接点です。

ブレークビフォアメイク接点(C接点)は、可動接点が接触していた接点を開いた後に、もう一方の接点を閉じるという順序でスイッチングする接点を指します。

接触力とは、接点同士が特定の条件下で閉じている際に互いに作用している力です。

接点方式は、特定の設計またはアプリケーションに使用される接 点構成です(例:1A、1Bなど)。

A接点は、単極単投(SPST)でノーマリーオープン(N.O.)のスイッチです。



B接点は、単極単投(SPST)でノーマリークローズ(N.C.)のスイッチです。

C接点は、単極双投(SPDT)であり、N.O.接点が閉じる前にN.C.接点が開きます。

D接点は、単極双投(SPDT)であり、N.C.接点が開く前にN.O.接点が開じます(メイクビフォアブレーク)。

E接点は、双安定接点であり、N.O.およびN.C.のどちらの状態も維持できる接点です。印加する磁界の磁極を反転させると、接点の状態が他方に切り替わります。

接点定格電流は、開閉を伴う接点が一定の寿命を満たすために 超えてはならない電流値です。

接点ギャップは、接点が開いた状態にあるときの接点同士の対 向距離です。

メイクビフォアブレーク(D接点)は、共通接点が2番目の接点と接続したままで3番目の接点を閉じ、その後に2番目の接点の接続を開くという切り替え順序を指します。

接点定格は、指定された条件下で定められた動作回数を満たすことができるリレーの接点容量です。

リード接点は、磁気的に動作する薄くバネ性のある強磁性端子 または接点部を構成するリード片としてガラス管内に封止され、 リードスイッチを構成しています。

接触抵抗は、閉じた接点が安定した後に両接点に繋がる端子間で測定される電気抵抗です。

密封接点とは、リルー本体と区切られた部分に密封された接点 部を指します。

接点間隔は、接点が開いているときの嵌合接点間の距離です。

接点のスナップアクションは、印加磁界によってリード片が急激に動作して接点を閉成あるいは開放する動作です。

固定接点は、スイッチング動作時に直接可動しない接点構成部品です。

接触点は、接点が閉じている時に実際に接触している接点面の 凸部です。 接点移行時間(C接点)は、可動接点がN.C.接点から離れた瞬間から、N.O.接点に接触する瞬間までの移動時間です。

接点溶着は、接点が開けなくなるほどに接点材料が溶けることです。

接点のワイピングは、接触直後の接点が相対的に摺動することで発生します。

水銀接点は、毛細管現象によって対向する接点面に形成された 水銀膜を介して閉じられる接点です。

制御電圧は、リレーのコイルに印加する電圧の別名であり、リレー が動作する電圧を指します。

クロストークは、同じルーまたはスイッチで閉じられた回路とその他の回路との電気的結合であり、基の信号レベルからの低減をデシベル単位で表します。

電流は、アンペア(単位A)で測定された回路内の電子流量です。

AC電流は、正負の交流電流です。

DC電流は、一定方向のみに流れる電流です。

通電電流は、開閉を伴わない閉じた接点に安全に通電できる 電流です。

突入電流は、負荷をオンした直後に流れる可能性のあるサージ 電流であり、定常電流の何倍も大きくなることがあります。

漏れ電流は、開いた接点間に流れる望ましくない電流、またはコイルと接点間に流れる電流を指します。|

無電流閉成は、無電圧での接点閉成あるいは接点閉成時に電流が流れないことを指します。

サイクルは、特定の動作速度、負荷電流、ケース温度においてオン/オフが故障なく切り替えられるリレーの最小時間単位を指します。

消磁は、リレーコイルから電力を除去する行為です。



Glossary

絶縁耐力または絶縁耐圧は、通常、DC電圧またはピークAC電圧での最大許容電圧であり、入出力間、入力部と筐体の間、出力部と筐体の間、あるいは非電導部と電導部間といった二点間に印加されるものです。

開放は、リードスイッチまたはリレーが非動作状態に戻る時のコイルの最大電流値または電圧値を指します。

開放値は、接点が開く時に測定される電流、電圧、または距離です。

デューティサイクルは、オンとオフの時間の割合、またはデュー ティサイクル= Ton / Toffです。

動的接触抵抗(DCR)は、接点が閉じた後の1msから3msに測定され、繰り返し増減する接触抵抗です。

静電シールドは、一つ以上の端子で終端されてリレー内の相互 絶縁された二つ以上の要素の間に位置する銅合金材料です。 これはリードリレー内において、コイルとリードスイッチ間の静電結 合を最小限に抑えます。

励磁は、リレーのコイル巻線に電力を供給することです。

駆動周波数は、接点のオンとオフを切り替える頻度を表します。

応答周波数は、入力信号が損失3dBで出力される周波数です。

磁性ギャップは、磁気回路において非磁性部分が占める部分 を表します。

密閉封止は、リードスイッチ接点がガラス管とリード線材の溶融密 着によって密閉される封着プロセスです。リレーの場合、接点とコイルは密閉されています。

保持電流は、閉じた接点を維持するために必要なコイルの最小 電流です。

保持電圧は、閉じた接点を維持するために必要なコイルの最小 電圧です。

ヒステリシス

1. 磁性材料における、磁気作用とそれを生成する磁力変化との間の遅れを指します。磁気作用は磁力と同じ速度で増減しないため、磁力がゼロに減少してもいくらかの磁気作用は残ります。また、デバイスやシステムにおいて、信号が増減する時の応答の差も示します。

2. ヒステリシスは、感動電圧と開放電圧の差でもあり、開放電圧/感動電圧として表すことができます。

入出力静電容量は、入力から出力の端子間、またはコイルから接点間の静電容量です。

入出力絶縁電圧は、絶縁破壊が発生する前の印可電圧値を指します。 耐電圧と同じです。

インピーダンスは、RF回路でベクトル的に付加されるDC抵抗、誘導性リアクタンスおよび容量性リアクタンスで構成された Ω 単位の抵抗を指します。

絶縁抵抗は、入力から出力間または接点間で測定された Ω 単位のDC抵抗です。

通常、測定ポイントの1つに100Vを印加し、もう1つをピコアンメーターに接続して測定します。

ラッチングリレーは、コイルの通電を維持しなくても最後に設定した接点の状態を維持するリレーです。

接点の状態を変更するには、逆の磁界を加える必要があります。

漏れ電流とは、接点が開いている状態の時に、入力から出力間 または接点間を流れる電流です。

接点負荷は、どんなアプリケーションでも接点が閉じた時に発生する電力です。

負荷力率は、負荷のリアクタンス成分によって引き起こされる電気回路の負荷電圧と負荷電流の間の位相角(cos)です。

負荷電圧は、負荷を正常に動作させるために使用される出力端子における供給電圧範囲を指します。

低サーマルオフセットリレーは、信号レベルを歪めることなく、 非常に低い μ VまたはnVの信号を切り替えるために特別に設計 されたリードリレーです。

磁束は、磁場の所定の断面を通る総磁気誘導、または力線です。

磁気干渉は、リレーが近接して取り付けられている場合の望ましくない作用です。コイルに通電して発生する磁束は、隣接するリレーのピックアップ電圧と開放電圧に影響します。

ピックアップ電圧と開放電圧が受ける影響は、これらの増減として現れます。

影響を及ぼす磁束の方向が、隣接するリルーのコイル励磁を強めたり妨げたりすることによって、そのリルーの動作を変化させます。



磁束を妨げる方向の時は、そのコイルの励磁力がコイル駆動電圧程度にしか達しなかったり、磁束を増加させる方向の時は、コイルに電圧が印加されていないのに接点が閉じたままになる、といった問題が生じます。感動電圧と開放電圧の変化を計算するには、リレーの公称電圧に変化率を乗じます。たとえば、公称電圧5Vのリレーで感動電圧の変化率が14%の場合、感動電圧の増加は0.7Vです。

磁極は、通常は磁石の端にあり、磁束が密集して磁力が最も強くなります(N極またはS極)。

磁気シールドは、リレーを囲む強磁性体の薄板であり、外乱磁界 を低減し内部の磁界を強化します。

磁歪力は、通常、電流が流れる接点においてコイルの励磁で起こる力を指します。ここでは、接点に電流が流れて発生する磁界とコイルの励磁で発生する磁界とが相互作用してねじれ力を引き起こしています。

メイク(閉成)とは、開いている接点が閉じることを指します。

非動作時の機械的衝撃とは、電気的または機械的な損傷なしで リルーやセンサーが受ける機械的衝撃レベル(振幅、持続時間および波形)です(通常は保管または輸送中)。

動作時の機械的衝撃とは、動作しているリレーやセンサーが電気的または機械的な損傷なしで受ける機械的衝撃レベル(振幅、持続時間および波形)です。

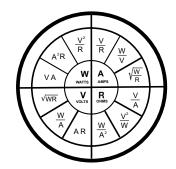
ミスコンタクトとは、規定の時間内に接点間が閉じない、または接点間が閉じたとしてもその抵抗値が規定の最大値を超える不具合のことです。

MOV(Metal Oxide Varistor)は、電位感受性の非線形抵抗素子です。MOVは、印加電圧が増加するにつれて抵抗が減少するクランプ型デバイスです。通常、デバイスは、1mAの電流を流している間のデバイス全体の電圧降下によって特徴付けられます。この電圧レベルが伝導しきい値です。MOVでの電圧降下は、デバイス電流とともに大幅に増加します。過渡状態に応じてデバイスの実際の保護レベルを決定するときは、この要因を考慮する必要があります。

ノーマリークローズド(N.C.)すなわちB接点は、磁界が印加されていない時に接点が閉じている状態を表します。

ノーマリーオープン(N.O.) すなわちA接点は、磁界が印加されていない時の接点が開いている状態を表します。

オームの法則は、下記の変換表です。



動作時間(接点動作時間または感動時間)は、コイルに電圧が 印加されてから、接点が動作して接点間が最初に接触するまで の経過時間です。

動作温度範囲は、リードスイッチ、センサー、またはリレーが正常に動作する通常の温度範囲です。

出力端子は、必要なスイッチング機能を実行するリルーの一部です。

出力容量は、接点間の容量です。

通常、μ Vで測定される**出力オフセット電圧**またはサーマルオフセット電圧は、閉じた接点で信号がない場合に存在する電圧です。この電圧は、入力が接地された絶縁増幅器の出力に現れます。

オーバードライブは、接点が閉じる正確なコイル電圧に対して追加されるコイル電圧またはアンペアターンの量です。

通常、接触抵抗は40%のオーバードライブで測定されます。

透磁率は磁性材料の特性であり、磁束の伝導のしやすさを表します。

ピックアップ値は、接点が閉じた瞬間にリレーに印加されている 電流または電圧を指します。

ピックアップパルスは、リレーに適用される短い高レベルのパルスです。通常、動作時間を短縮するために使用されます。

双極は、接点形式において2つの単極接点の組み合わせを示します。



Glossary

単極は、接点形式において1つの単極接点を示し、1つの回路から別の回路に切り替えるものも含みます。

接点圧力は、閉じている接点において接点単位面積あたりの接触している力を指します。

接点定格は、接点のスイッチングで許容される電圧と電流の最大定格です。

リードリレーは、ガラス管内に密閉封止したリードを接点部材として使用するリレーです。

リードスイッチまたはリードセンサーは、ガラス管内に密閉封止 したリードを接点部材として使用するスイッチまたはリレーであり、 水銀接点方式も含まれます。

アンテナスイッチングリレーは、アンテナ回路の切り替えに使用される特別なRFリレーです。

近差継電器は、開放値がピックアップ値の近くに設定されているリレーです。

CANパッケージリレーは、もともと周波数制御タイプの水晶振動子を密閉するために使用される筐体にリレーを収容したリレーを指します。

電流検出リレーは、遠隔通信で回線選択リレーとして使用される。 所定の電流値で機能するリレーです。

リセットとは、接点を通常の状態(初期位置)に戻すことを指します。

共振周波数は、部品の寸法と構成によって決定される、接点が 共振する周波数です。

残留磁化は、外部磁界が除去された後に磁力を保持する能力です。

飽和状態は、磁性材料に加えられた磁化の増加がその材料を通 る磁束をそれ以上増加させることができない状態です。

感度とは、通常アンペアターンで表されるリードスイッチの感動 値を指します。

スルーレートは、入力パルス波が出力される際の立上り/立下 り電圧の変化率です。

小信号帯域幅は、DCから損失3dBになる周波数までの範囲です。

通常、μ Vで測定されるサーマルオフセット電圧は、閉じた接点で信号がない場合に存在する電圧です。

非動作時の熱衝撃は、ロバスト性を判断するためにリレー、スイッチまたはセンサー類に加えられる急激な温度変化を指します。

オフ時間または復旧時間とは、励磁が除かれた瞬間から、閉じていた接点が最初に開くまでの時間を指します。

オン時間または動作時間は、コイルに電圧が加えられた瞬間から、最初に接点が閉じるまでの時間です。

バリスタはMOVを参照してください。

非動作時の振動とは、永久的な電気的または機械的な損傷なしで受ける振動のレベルと周波数範囲です。

公称電圧は、コイルまたは入力端子に印加されることを意図した電圧です。

ACピーク電圧は、交流信号における正または負の最大電圧値です。

ACピークトゥピーク電圧は、交流信号における正から負の最大電圧振幅です。DCオフセットが存在しない場合は、Vp-p=2Vpです。

RMS電圧は、交流信号の正および負の電圧振幅の実効値です。

巻回とは、ボビン、スプール、またはフォームに巻かれた絶縁ワイヤの電気的に連続した長さを指します。

バイファイラ巻きは、一対のワイヤが互いに並んで巻かれている 状態を指します。

接点ワイピングとは、対向する接点が開閉する時の接点接触面の摺動運動を指します。



Notes



Notes

















Contact Information:

Standex Electronics

World Headquarter 4538 Camberwell Road Cincinnati. OH 45209 USA

Standex Americas (OH)

(+1.866.782 .6339) +1.866.STANDEX info@standexelectronics.com

Standex Asia (Shanghai)

+86.21.37606000 salesasia@standexmeder.com

Standex Europe (Germany)

+49.7731.8399.0 info@standexmeder.com