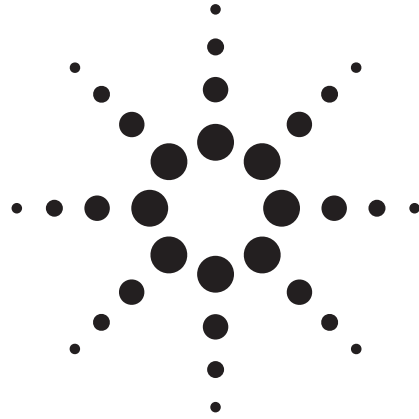


電気機械式スイッチの パワー処理能力

Application Note



はじめに

RF/マイクロ波電気機械式スイッチは、電子計測システムの幅広い信号の経路切り替えに用いられています。電気機械式スイッチの代表的なアプリケーションには、複数の信号源の選択、複数の入力信号の選択、トランスファ・スイッチによる信号経路内へのデバイスの挿入/除去、複数の入出力のマトリクス・スイッチがあります。Agilentの電気機械式スイッチは、広帯域性能を備え、長い動作期間にわたって、低挿入損失、高アイソレーション、優れた再現性を実現しています。誤解されることが多い電気機械式スイッチの1つの重要なパラメータが、パワー処理です。スイッチのパワー処理能力は、デザインとスイッチに使用されている材料に大きく依存します。データシートでは、ホット・スイッチング、コールド・スイッチング、平均パワー、ピーク・パワーなどの、スイッチのさまざまなパワー処理定格が示されています。これらのさまざまな用語を理解することにより、スイッチや測定器の破壊的な障害を防ぐことができます。

ホット・スイッチング

ホット・スイッチングとは、スイッチング時にスイッチのポートにRF/マイクロ波パワーが存在している状態でのスイッチングです。これにより、内部接点に最大のストレスがかかり、初期障害が発生する可能性があります。表1は、パワー処理能力の例を示したものです。表では、ホット・スイッチング仕様は「スイッチング：1 W (CW)」と示されています。これは、スイッチが1WのCWでホット・スイッチングできることを示しています。

表1. パワー処理能力

最大出力定格：1 W (平均)、50 Ω内部負荷終端へ
スイッチング：1 W (CW)
非スイッチング：50 W (ピーク)、1 W (平均)を上回らないこと

伝送回路がオープンの場合、電圧/電流が最小スパーク電圧/電流を上回ると、接点間にアーク放電が生じます。これは、電気的なアークと類似しています。電流を流す2つの電極が離れている場合は、強い力によって一方の電極からもう一方の電極に電子が引き出され、アーク放電が発生します。こうしたアーク放電は、スイッチの接点に堆積物を残し、焼損させて、劣化が生じます。

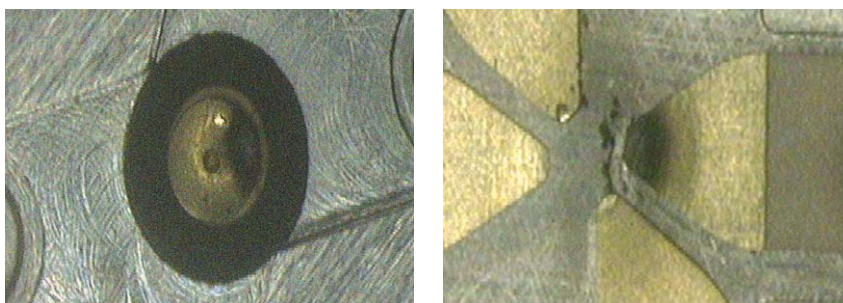


図1. 接点表面の堆積物と焼け跡

最悪の場合のアーク放電は、電圧が一定で、アーク放電がより長く維持されるDC電圧で発生します。AC電圧では、電圧が1サイクルに2回ゼロを横切りますが、こうしたサイクルは一定ではないので、アーク放電は多くの場合消失します。表1の仕様を参照すると、適切なパワー・レベルを確実に選択できます。仕様の1 W (CW)では、ホット・スイッチングのアーク効果は最小限に抑えられます。パワーが大きくなると、電磁界が強くなり、アーク放電が増加するため、スイッチの接点の障害の原因となります。

コールド・スイッチング

コールド・スイッチングとは、スイッチング前に信号パワーが除去された状態でのスイッチングです。コールド・スイッチングは、接点にかかるストレスを減少し、寿命を延ばします。スイッチング前に信号パワーを除去できる場合に行ってください。

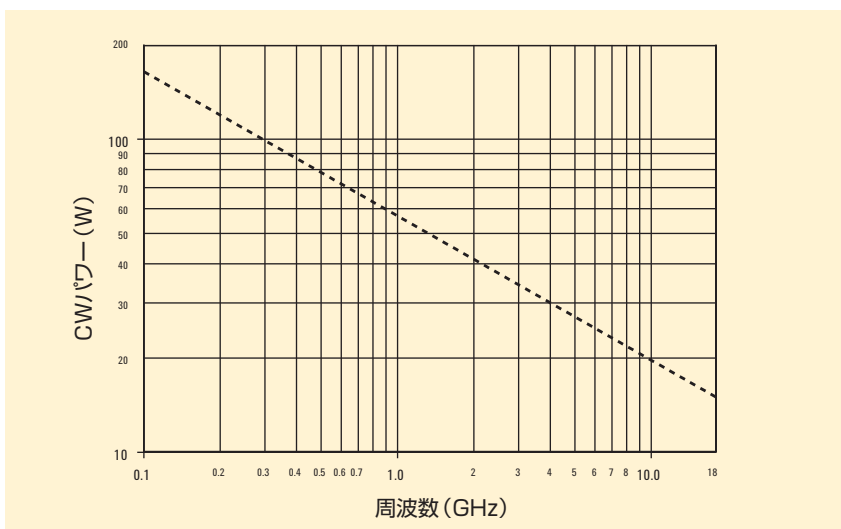


図2. コールド・スイッチングの出力定格

コールド・スイッチングは、ユーザが通常参考とするパワー処理定格です。図2は、75℃におけるコールド・スイッチングの補足特性を示したものです。この温度は、スイッチの動作環境の周囲温度を意味します。周囲温度が高くなるにつれて、スイッチ内の熱効果が高まり、スイッチの最大パワー処理能力が低下します。Agilentのスイッチのパワー処理能力は、25℃ではなく、75℃の動作温度で仕様化されています。これは、25℃ではスイッチの実際の動作条件を反映しない可能性があるという事実に基づいています。密閉型のスイッチ・マトリクスで使用した場合は、動作温度の代表値は40℃近くまで上昇します。このため、実際の出力定格は25℃の仕様出力定格を下回ります。

コールド・スイッチングは、あるRFポートが別のRFポートとスルー接続している場合に適用されます。スルー・パスの場合、接点での抵抗や電流フローによって熱が発生し、局所的に加熱されます。狭い範囲で高熱になると、効果が累積して、めっきの剥離、燃焼、金属転移などの障害が発生する可能性があります。

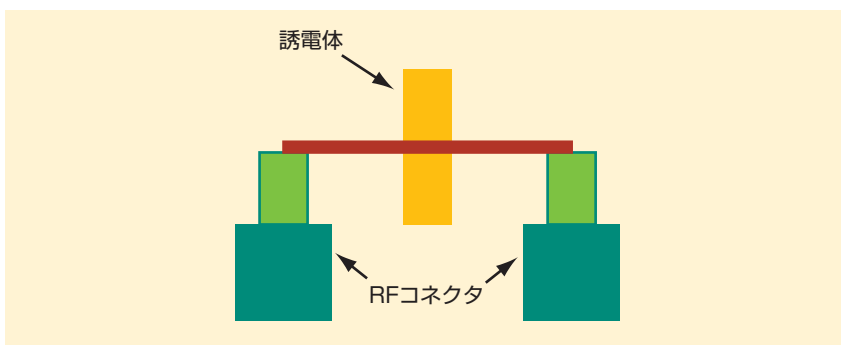


図3. RF構造の説明図

コールド・スイッチングの出力定格は、導体に沿ったスイッチの絶縁破壊によって制限されます。材料の誘電特性により、圧力が加わり、接点ジャンパがRFコネクタ・ピンと結合します(図3を参照)。表皮効果や抵抗損失によって接点が熱くなると、熱が誘電体に移動します。温度が高くなると、誘電体が変形します。RFコネクタにより加えられた圧力が低下し、不均一になり、再現性の問題が生じます。最終的には、スイッチは不適切な接触圧力、すなわち絶縁破壊によって機能しなくなります。絶縁破壊の影響は、周波数とともに増加しますが、インピーダンスの不連続に起因する電界の変動により一様ではありません。

内部終端：平均／ピーク・パワー

高CWパワーでは熱効果を考慮する必要があります。終端スイッチの薄膜終端のパワー処理能力は、シンクできる熱量によって制限されます。平均パワーがこの値を上回っている場合は、終端が許容レベルを超えて加熱されます。抵抗回路が酸化状態になると、特性や性能が変化します。このため、終端が熱を無制限に消費できるように、またフィルムの仕様抵抗の温度範囲内に留まるようにするために、平均パワーが仕様化されています。表1は、Agilentの終端スイッチの1つのパワー処理仕様を示したものです。50 Ωの内部終端により処理できる最大平均パワーは1 Wです。

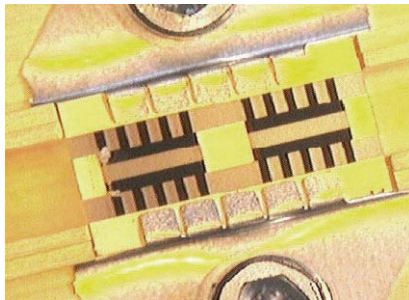


図4. パワー・リミット値を上回る平均パワー

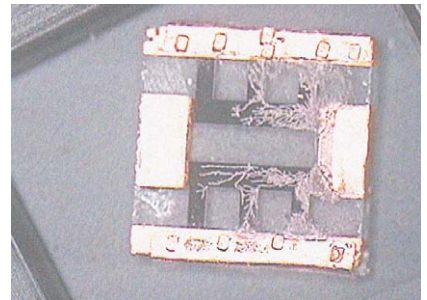


図5. パワー・リミット値を上回るピーク・パワー

ただし、パルス・アプリケーションでは、スイッチは最大50 Wのピーク・パワー伝送しても、1 Wの平均パワーを超えない限り、接点が劣化することはありません。この瞬時パワーは、サブストレートだけでなく、抵抗終端の瞬時熱シンク能力を下回っていません。ピーク・パワーが大きすぎると、フィルムが局所的に加熱され、終端のサブストレートに亀裂が入ります。

接触領域の局所的な加熱による接点の損傷を防ぐには、熱が放散されるようにパルスの持続時間を制限し、十分な時間をとってから次のパルスを印加する必要があります。局所的な過熱を低減するには、ピーク・パワー、パルスの持続時間、パルス繰り返し周波数を制限し、熱の放散を可能にするには、平均パワーを制限する必要があります。非スイッチングのピーク・パワーは、フィルムの急速な局所加熱によりサブストレートや薄膜が破損することがないように仕様化されています。

ピーク・パワーとデューティ・サイクル

平均パワー、瞬時パワー、パルス長は、デューティ・サイクル（すなわち、加熱によりスイッチの損傷／破損を引き起こすことなく、パルスが平均パワーで持続する時間）を求めるのに用いられます。

平均パワー：

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T i(t)v(t) dt$$

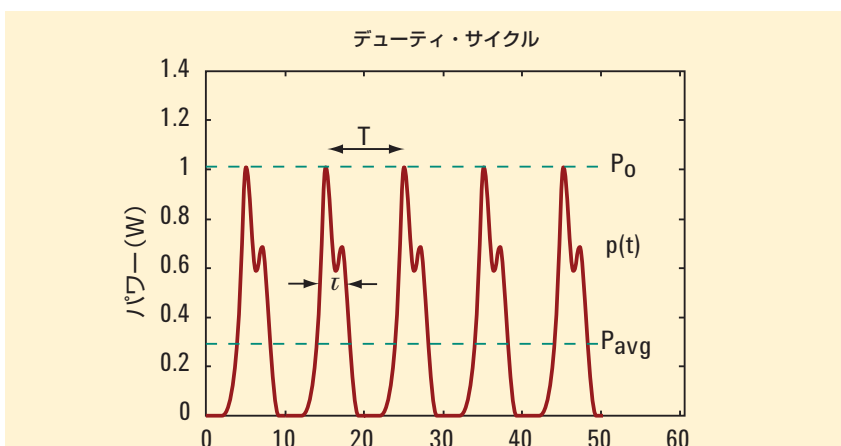
瞬時パワーが $p(t)$ の場合、

$$\text{Peak power } P_0 = \max(p(t))$$

パルス長は τ と定義することもできるので、以下の比は等しくなります

$$\frac{P_{\text{avg}}}{P_0} = \frac{\tau}{T}$$

これらの比はデューティ・サイクルと呼ばれます。



未終端のAgilentスイッチの場合は、2%のデューティ・サイクル、10 μ s未満のパルス幅で、2 Wの平均パワーまたは10 Wのピーク・パワー（非スイッチング）が定格です。

パワー処理テストのセットアップ

表皮効果や誘電損失などの、多くの効果が周波数に依存し非線形で、電気機械式スイッチが伝送できる最大パワーを計算することは困難です。現実的な値が得られない可能性のある仮定をいくつも立てる必要があります。一方、スイッチのパワー処理能力を測定するためのシステムのセットアップは、専用の高周波／ハイパワー・テスト機器と長期間にわたるテストが必要な、コストのかかる作業です。このため、一部のスイッチ・メーカーは、その代わりに理論計算、限定的なテスト、データ外挿法に依存しています。Agilentでは、Agilentの電気機械式スイッチのパワー処理能力を正確に測定するために、スイッチを動作周波数全体および数種類の温度範囲にわたってテストするカスタム・パワー処理テスト・システムを用意しています。このデータについては、テストが完了した時点で公表する予定です。図6は、パワー処理テストのセットアップを示したものです。

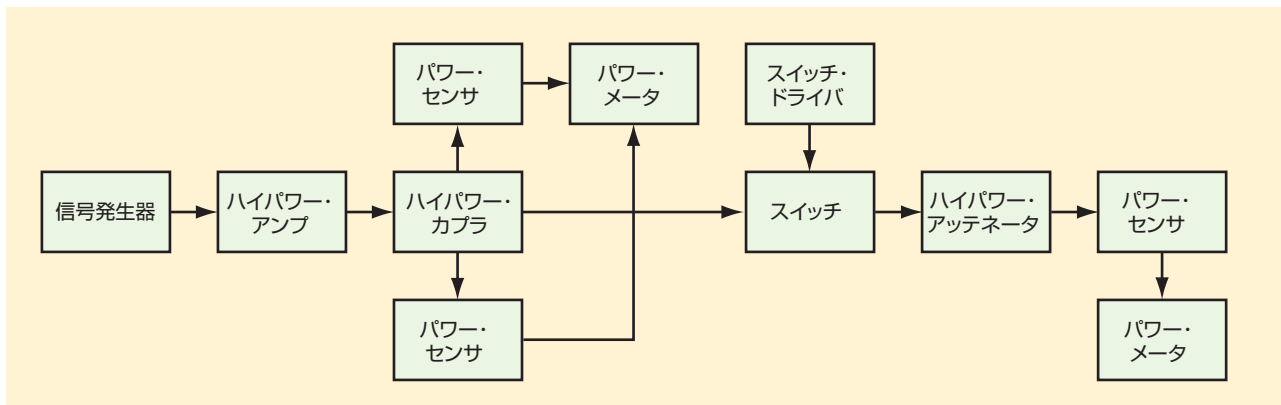


図6. パワー処理テストのセットアップ

パワー処理テストでは、最初に校正を行い、ケーブルやアダプタなどの各コンポーネントの損失を補正し、真のパワー値が測定されるようにします。挿入損失測定では確認できない可能性のある初期障害を検出するために、入射パワーや伝送パワーだけでなく、反射パワーも測定できるように、カプラを入力信号に接続しています。さまざまなパワー処理仕様を評価するために、測定のデューティ・サイクルを適切に設定すること、出力定格が適切な測定器／アクセサリを選択する必要があります。

パワー処理能力を確認するには、スイッチをストレスの多い条件でテストする必要があります。コールド・スイッチング・テストの場合は、サイクル・テストだけでなく、ソーク・テストも行う必要があります。これは、大電力が継続的に供給されるために熱が発生し、長期間にわたってスイッチに蓄積されるワースト条件です。次に、スイッチの電源を入れ直し、スイッチのライフサイクルを通してこのプロセスを繰り返して、スイッチの能力を確認します。

まとめ

さまざまなパワー処理定格の定義を理解して、特定のアプリケーションに適合したパワー処理能力を持つスイッチを選択することが大切です。また、システムをセットアップする前に必ず、動作温度をパワー仕様の基準温度に対して検証してください。動作温度が基準温度より高い場合は、スイッチの実際のパワー処理能力が低くなります。

詳細については、以下をご覧ください。
www.agilent.co.jp/find/mta



電子計測UPDATE

www.agilent.co.jp/find/emailupdates-Japan

Agilentからの最新情報を記載した電子メールを無料でお送りします。



Agilent Direct

www.agilent.co.jp/find/agilentdirect

テスト機器ソリューションを迅速に選択し使用できます。

Remove all doubt

アジレント・テクノロジーでは、柔軟性の高い高品質な校正サービスと、お客様のニーズに応じた修理サービスを提供することで、お使いの測定機器を最高標準に保つお手伝いをしています。お預かりした機器をお約束どおりのパフォーマンスにすることはもちろん、そのサービスをお約束した期日までに確実にお届けします。熟練した技術者、最新の校正試験プログラム、自動化された故障診断、純正部品によるサポートなど、アジレント・テクノロジーの校正・修理サービスは、いつも安心して信頼できる測定結果をお客様に提供します。

また、お客様それぞれの技術的なご要望やビジネスのご要望に応じて、
・アプリケーション・サポート
・システム・インテグレーション
・導入時のスタート・アップ・サービス
など、専門的なテストおよび測定サービスも提供しております。

世界各地の経験豊富なアジレント・テクノロジーのエンジニアが、お客様の生産性の向上、設備投資の回収率の最大化、測定器のメインテナンスをサポートいたします。詳しくは：

www.agilent.co.jp/find/removealldoubt

アジレント・テクノロジー株式会社
本社〒192-8510 東京都八王子市高倉町9-1

計測お客様窓口

受付時間 9:00-19:00 (土・日・祭日を除く)

FAX、E-mail、Webは24時間受け付けています。

TEL ■■■ 0120-421-345
(042-656-7832)

FAX ■■■ 0120-421-678
(042-656-7840)

Email contact_japan@agilent.com

電子計測ホームページ
www.agilent.co.jp

●記載事項は変更になる場合があります。
ご発注の際はご確認ください。

Copyright 2007
アジレント・テクノロジー株式会社



Agilent Technologies

August 27, 2007
5989-6032JAJP
0000-00DEP