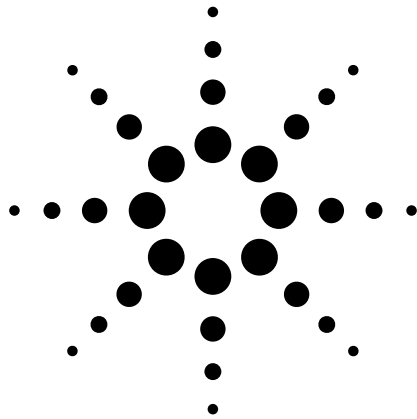


同軸電気機械式スイッチ：
システムの不確かさを最小化する
Agilentの電気機械式スイッチの
優れた動作寿命と再現性



はじめに

Agilentは、世界の同軸電気機械式(EM)スイッチの設計/製造メーカーとして、性能、品質、信頼性で長年にわたり高い評価を受けています。同軸EMスイッチは、航空宇宙、防衛、無線通信業界で自動テスト・システムの信号のモニターリングに使用されています。同軸EMスイッチの最も一般的なアプリケーションの1つが、無線通信業界における携帯電話機テストです。

調査によれば¹、世界の携帯電話機の出荷台数は、2006年に10億台に到達する勢いで、2005年と比べて22.5%の伸びを示しています。このめざましい成長のなか、移動機テストに使用される自動テスト・システム(ATS)の信頼性と性能が重要さを増しています。そのシステムの主要コンポーネントがEMスイッチです。EMスイッチを選択する際に最も重要な2つの仕様が、動作寿命と再現性です。

このアプリケーション・ノートでは、以下について説明します。

- EMスイッチの動作寿命、従来のEMスイッチのジャンパ・コンタクト機構、ワイピング動作テクノロジーを使ったAgilentのコンタクト機構
- 測定の不確かさに対する再現性の影響

EMスイッチの動作寿命

EMスイッチの動作寿命は、スイッチがすべてのRF仕様と再現性仕様に適合した状態で動作が完了するサイクルの数として定義できます。動作寿命は、スイッチの電気的な寿命を表し、機械的な寿命ではありません(機械的な寿命は電気的な寿命よりもはるかに長くなります)。1ライフ・サイクルは、ジャンパ・コンタクト(別名スイッチ・ブレード)の1回閉じて開く動作、またはスイッチ内の電磁コイルの1回のオン/オフ・トリガとして定義されます。動作寿命は、ジャンパ・コンタクト機構、接触抵抗、スイッチのすべての主要RFコンポーネントで使用される材料とめっきに大きく依存します。Agilentの同軸EMスイッチは、細部まで行き届いた製造プロセスと厳しい品質保証システムの下で生産されています。

従来のEMスイッチのコンタクト機構

従来のスイッチは、RFハウジング内部にあるジャンパ・コンタクト(またはスイッチ・ブレード)と呼ばれる厚みのある長方形の接触部を動かすことにより機能します。ジャンパ・コンタクトは、プッシュ・ロッドによって結合されます。プッシュ・ロッドは通常、ポリスチレン(PS)などの誘電体で作られ、RFハウジング内のアクセス・ホール内部で移動します。ジャンパ・コンタクトの先端が、アクチュエータからの機械的なスプリング圧によりコネクタの中心導体先端の平面に直接押し付けられます。

図1に、ジャンパ・コンタクトが縮んでいる状態の、開いたRFラインを示します。図2に、RF信号がコモン・ポートから外側ポートに伝搬できる、閉じたRFラインを示します。

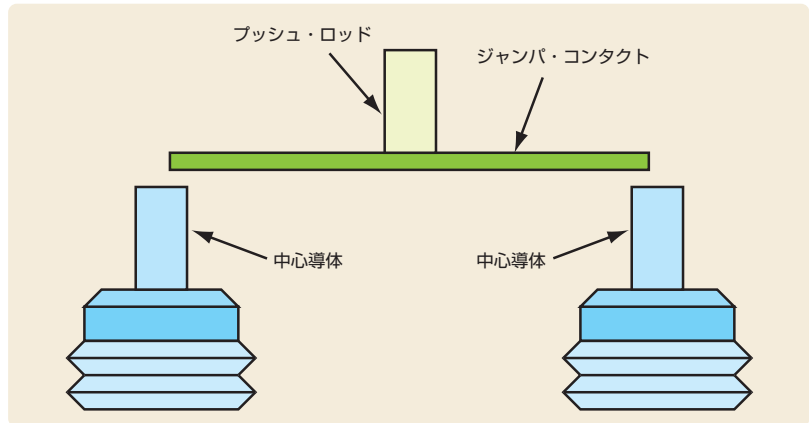


図1. 開いたRFライン

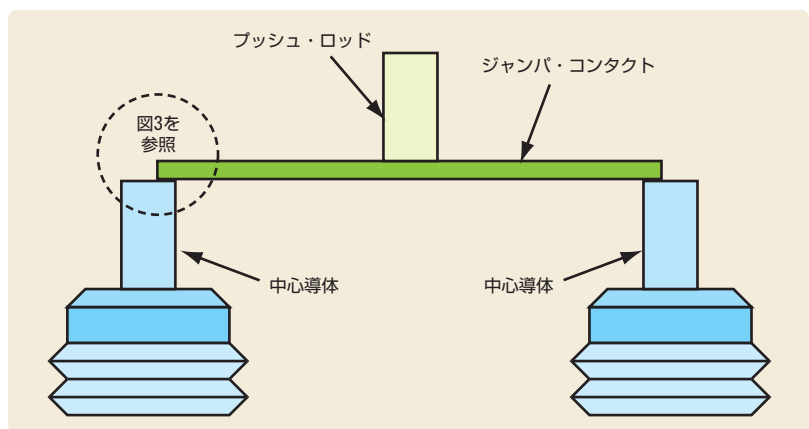


図2. 閉じたRFライン

ジャンパ・コンタクトは、図3に示すように、厚みがあり、堅くて曲がりません。開閉の際にジャンパ・コンタクトとプッシュ・ロッドが上下に動くスイッチングは、ジャンパ・コンタクトと中心導体間に摩擦が生じないため、「無摩擦スイッチング」と呼ばれる場合があります。

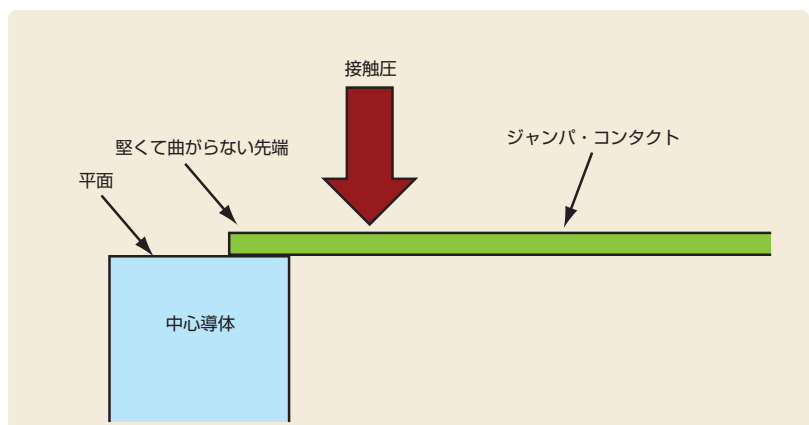


図3. 従来の電気機械式スイッチの接合構成

この構成により、機械的に数千万サイクル動作できるスイッチが製造できます。しかし、いくつかの欠点があります。

ジャンパ・コンタクトと中心導体間に絶えず衝撃があるため、徐々に摩擦が広がり、破片となつてはがれ落ちます。時間の経過と共に、破片がほこりや汚れと一緒に先端部に堆積します。その結果、時間が経つにつれて接触抵抗が大きくなり、挿入損失が増加します。これは、スイッチがRF仕様の範囲内にあるかどうかに関係なく、スイッチの挿入損失の再現性に大きな影響を及ぼします。この粒子の蓄積はランダムなので、こうした不良は間欠的で、検出できない可能性もあります。この蓄積は、硬くて曲がらないジャンパ・コンタクトに起因します。粒子は、スイッチの寿命がくるまで、中心導体の表面に付着したままになります。このようなデザインのスイッチは通常、再現性が低下するか、再現性がまったくなくなり、スイッチの使用期間のあいだ障害が間欠的に発生する可能性があります。

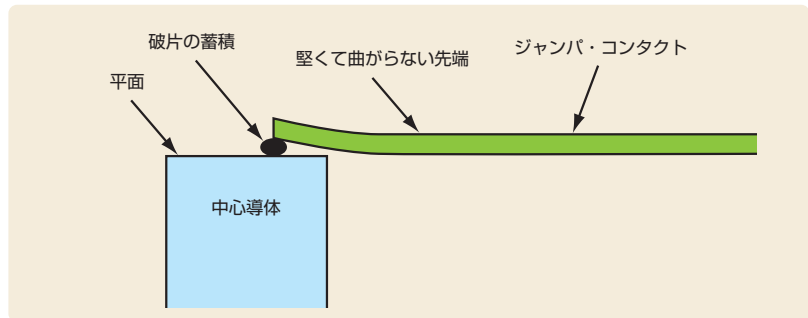


図4. ジャンパ・コンタクトと中心導体間に蓄積したままの粒子

AgilentのEMスイッチの コンタクト機構

AgilentのRF電気機械式スイッチは、0.03 dB未満の挿入損失の再現性で、すべてのRF仕様内で仕様寿命をはるかに超えて動作するように設計されています。

この再現性の仕様を実現するには、1サイクルごとに中心導体先端を「クリーニングする」機構により、従来のEMスイッチ・デザインで通常見られる蓄積粒子を除去する必要があります。Agilentスイッチでは、これを、図5に示す固有の「ワイピング動作」機構によって実現しています。

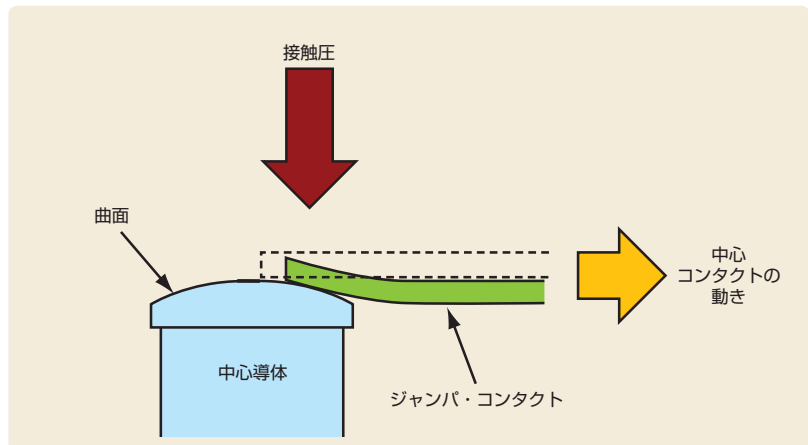


図5. 微小ワイピングを示した、電気機械式スイッチの接合構成

AgilentのEMスイッチでは、コネクタの中心導体が球面の接合表面を持つように設計されています。この接合表面をわずかに曲げることで、小さな下向きの力が生まれ、ジャンパ・コンタクトとこの接合表面間に小さな動きが発生します。この動きを可能にするのが、薄い、柔軟性のあるジャンパ・コンタクト・デザインです。この動作が、これらの表面間でのわずかなワイピング動作となります。このワイピング動作が、表面膜を突き破り、破片を押し出すことにより、接触領域を連続的に清掃します。

接触インタフェースの形状と表面テクスチャ(処理)は、接触抵抗とコンタクトの寿命を決める上で非常に重要です。ワイピング動作中の接触抵抗は、垂直力、接触形状、汚染膜の厚さと組成、ワイブの長さなど、複数の要因の影響を受けます²。ジャンパ・コンタクトと中心導体でなめらかな表面処理と共に潤滑油の薄膜を使用すると、ワイピング動作中の摩擦の影響が減少し、コンタクトの寿命が大幅に延びます。

図6に、中心導体の表面にたまった小さい破片を示します。ジャンパ・コンタクトが、プッシュ・ロッドによって下に押されています。

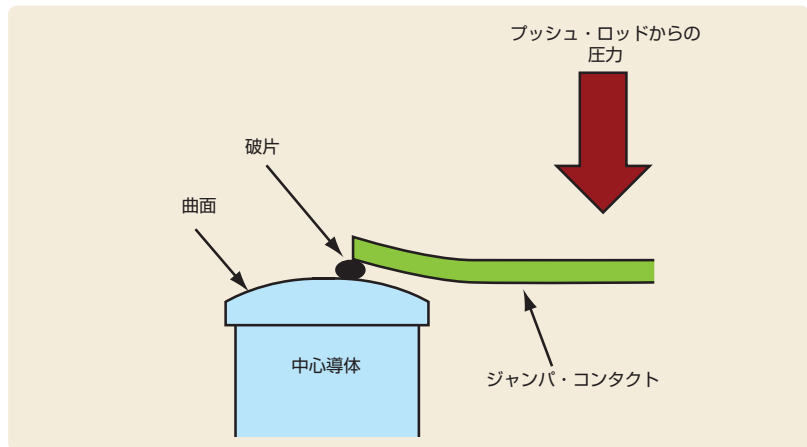


図6. 中心導体の表面に蓄積した小さい破片

プッシュ・ロッドによって圧力がリリースされると、ジャンパ・コンタクトが中心導体の曲面に沿って、上向きと横向きに動きます。その結果、図7に示すように、ジャンパ・コンタクトの先端が破片を接触領域から押し出します。

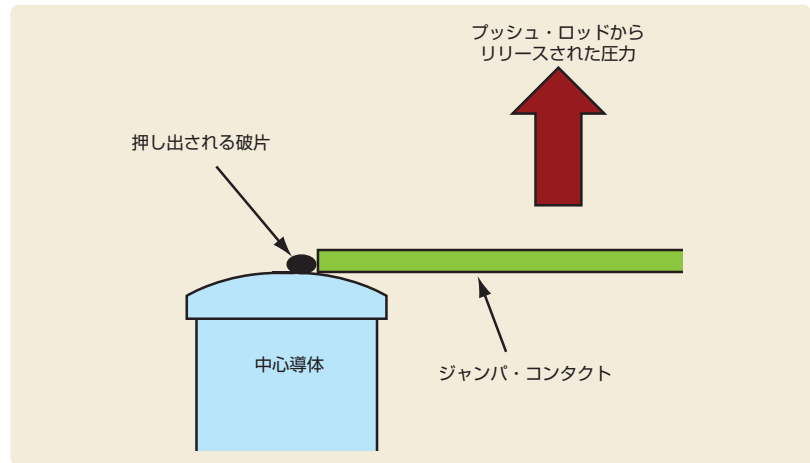


図7. ジャンパ・コンタクトのワイピング処理によって押し出される破片

プッシュ・ロッドは、ジャンパ・コンタクトを静止した中心導体と接触させるために一定の圧力をかけます。この圧力は、磁気作動ソレノイドによって印加され、ジャンパ・コンタクトのスプリング効果による抵抗を受けます。

スイッチ動作には、安定した接触だけではなく、信頼できる接触の開閉も必要です³。開閉には、2つの清潔な表面(すなわち、ジャンパ・コンタクトの接触領域とコネクタの中心導体)間に金属結合が形成された場合の接触の付着力を超える、離昇力(引き抜く力)を用います。

測定の不確かさに対する 再現性の影響

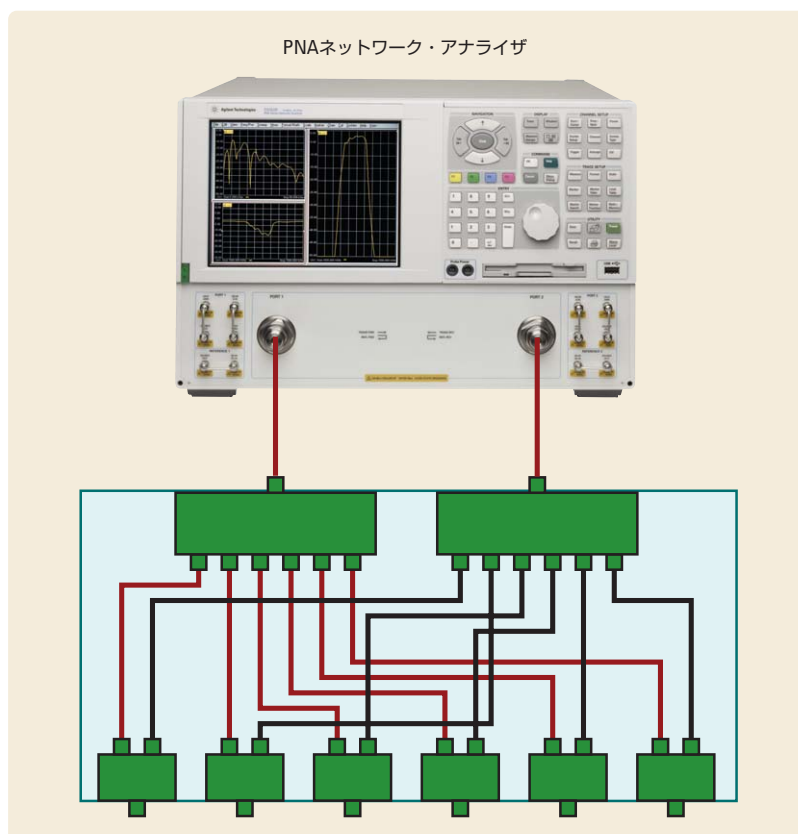


図8. PNAネットワーク・アナライザとマルチポート・テスト・セット

スイッチの再現性は、測定の不確かさに直接影響します。図8は、複数のデバイスのテストに使用するマルチポート・テスト・セットに接続されたPNAです。この例では、任意のポートで、全部で3つの2ポート・デバイスを同時にテストできます。これらの誤差はランダム誤差で、系統誤差ではないので、測定の全不確かさの計算には2乗平方和 (RSS) を使用します。ここでは、2つのシナリオを示します。

シナリオ1

PNAの再現性 = 0.01dB、EMスイッチの再現性 = 0.03dB

測定の全不確かさ = $\sqrt{0.01^2 + 0.03^2 + 0.03^2} = 0.044\text{dB}$

シナリオ2

PNAの再現性 = 0.01dB、EMスイッチの再現性 = 0.1dB

測定の全不確かさ = $\sqrt{0.01^2 + 0.1^2 + 0.1^2} = 0.142\text{dB}$

EMスイッチの再現性がシステムの測定の全不確かさに大きな影響を与え、すべての測定の確度に影響を与えることがわかります。

まとめ

動作寿命と再現性は、EMスイッチを選択する際の最も重要な2つの仕様です。AgilentのEMスイッチは、0.03dBの再現性を保持するために、ワイピング動作機構によって蓄積した粒子を除去します。この処理が重要である理由は、再現性が測定の全不確かさに大きな影響を与えるからです。

参考文献

1. IDC Worldwide Quarterly Mobile Phone Tracker, Q3 2006
2. R. Martens, Effects and Interactions of Design Parameters on Noble Plated Electric Contacts.
3. J. Schimkat, Contact Materials for Microrelays, IEEE 1998

テスト・アクセサリの詳細については、以下をご覧ください。

www.agilent.co.jp/find/mta

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
- ・教育サービス

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

修理・校正・保守契約 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



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。



Agilent Technologies

July 24, 2007
5989-6085JAJP
0000-00DEP