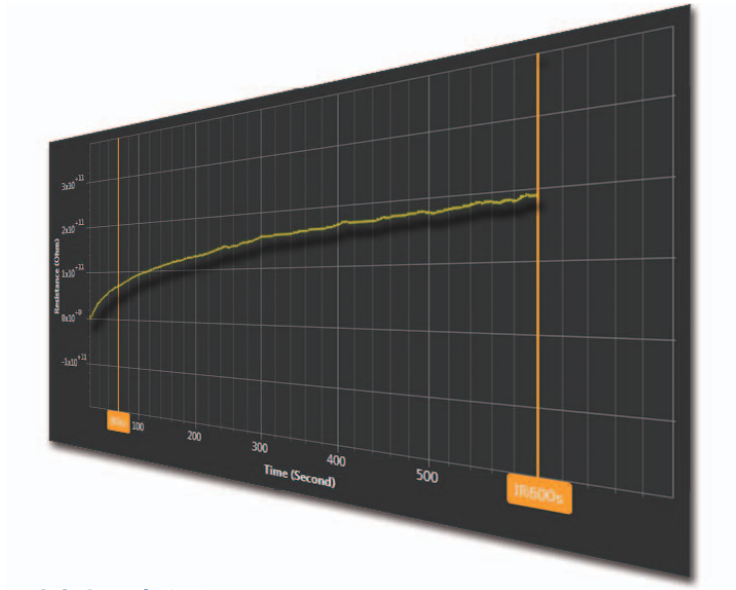


# 絶縁抵抗テストによる予防保守

## Application Note



### はじめに

予防保守は、スケジュールに基づいて行われる規定の作業で、機器の故障を防止し、良好な状態を維持するために行います。

絶縁抵抗テストは、通常、予防保守プログラムの電気テストの一環として行われ、回転機器、ケーブル、スイッチ、変圧器など、絶縁の信頼性が必要な電気機器が対象になります。予防保守プログラムで絶縁抵抗テストを実施すれば、潜在的な問題を特定できるため、予期しない故障や見当外れの修理がなくなり、交換コストを削減できます。

モニタリングとデータ収集のスケジューリングを適切に行えば、このテストにより、現在だけでなく将来の機器の動作を解析/予測できるので、非常に有効です。故障してからメンテナンスを行うのに比べて早期に問題を検出できるため、大規模な修理を行わずに済み、コストを削減できます。また、予防保守を実施すれば、すべての必要な部品を注文したり適切なリソースをスケジュールしたりする時間を十分に得られる利点もあります。

このアプリケーション・ノートでは、予防保守における絶縁抵抗テストの方法について説明します。



## 絶縁抵抗テストとは？

絶縁抵抗テストでは、被試験機器に対して一定の電圧を印加して流れる電流を測定します。このとき、絶縁体表面に微小な電流を流すために、高いDC電圧を使用します。全電流は、キャパシタンス充電電流、吸収電流、リーク電流の3つの成分で構成されます(図1を参照)。

- キャパシタンス充電電流は開始時に相対的に高く、数秒～数十秒以内に指数関数的に低下します。通常は、測定値を取得する際には無視できます。
- 吸収電流は、一定の割合で減少します。絶縁材の材質によっては、ゼロに到達するまで数分を要する場合があります。
- リーク電流は、時間に対して一定です。

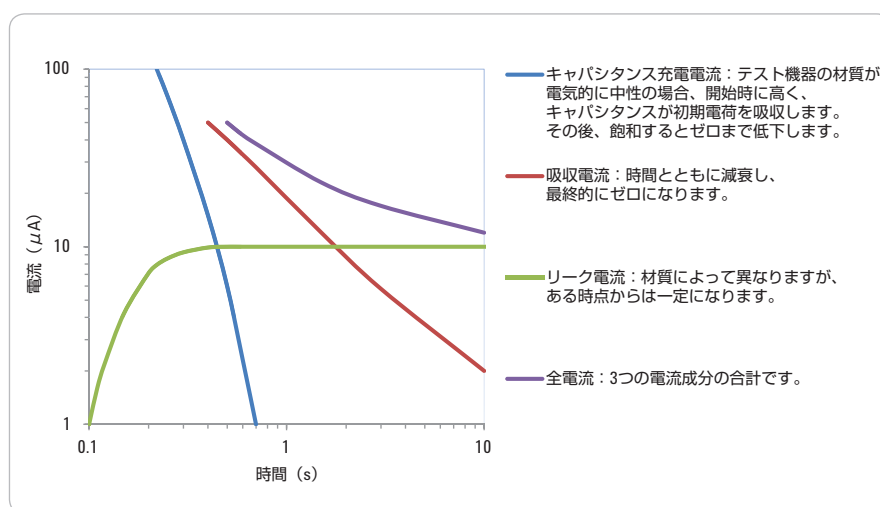


図1. テスト電流の成分

## 予防保守における絶縁抵抗テストの意義

テストをより効果的なものにするには、結果を定期的に一定期間にわたって記録し、機器がまだ新しく状態が良好なときに記録した値と比較することをお勧めします。一定期間の測定値のトレンドを見ることで、障害の有無を判別できます。絶縁抵抗値が時間に対して一定の場合は、機器の絶縁性が良好であることを示しています。抵抗値が減少している場合は、潜在的な問題が近い将来発生する可能性があり、早急に徹底的な予防保守を実施する必要があることを示しています。

## 絶縁抵抗に影響を与える要因

絶縁抵抗は、以下の要因の影響を受けます。

- **表面の状態**：例えば、機器の表面に油またはカーボン・ダストがあると、絶縁抵抗値は低くなります。
- **水分**：機器の表面温度が周囲空気の露点以下になると、その表面が結露するため、機器の抵抗値は低くなります。
- **温度**：絶縁抵抗値は、温度の変化に反比例して変化する場合があります。この場合、予防保守テストを毎回同じ温度で行えば測定値への影響を軽減できます。温度を制御できない場合は、40℃などの基準温度でノーマライズすることをお勧めします。ノーマライズは広く行われている手法で、「温度が10℃上昇するごとに抵抗は半減し、10℃下降するごとに抵抗は2倍になる」という計算を使用します。絶縁体の材質によっては温度に対する抵抗の変化量が異なる場合もあるため、より正確に補正するには、測定値に、対応する温度の温度補正係数を乗算することをお勧めします。

# テスト時に考慮すべきこと

絶縁抵抗を測定するテストは3種類あります。

- スポット測定値
- 抵抗値の経時変化
- ステップ電圧

各テストは、被試験デバイスの特定の絶縁特性に主眼をおいた独自手法を用いています。テスト要件に最も適したテストを選択してください。

## スポット・テスト

テスト電圧を一定時間印加し(通常は60秒以下)、テスト終了時に測定値を取得します。測定値の履歴に基づいて曲線をプロットします。一定の期間(通常は数年または数ヶ月)、トレンドを観察します。温度および湿度の変化が測定値に影響を与えるため、必要に応じて補正します。

このテストは、配線が短いなど、機器のキャパシタンス効果が小さい場合、または、無視できる場合に適しています。

## 抵抗値経時変化テスト

測定値を、特定の時間、通常は数分ごとに連続的に取得し、測定値の差を比較します。絶縁性が良好な場合は抵抗値が連続的に増加します。測定値が停滞して期待どおりに増加しない場合は絶縁性が悪いことを示し、修理や交換が必要になることがあります。湿った、または汚れた絶縁体をテストすると、リーク電流が増加し、抵抗値が低下します。被試験デバイスに極端な温度変化がない限り、このテストでは温度の影響を無視できます。

このテストは、回転機器の予測/予防保守に適しています。

成極指数(PI)および誘電吸収率(DAR)は、通常、抵抗値経時変化テストの結果を定量化する際に使用されます。

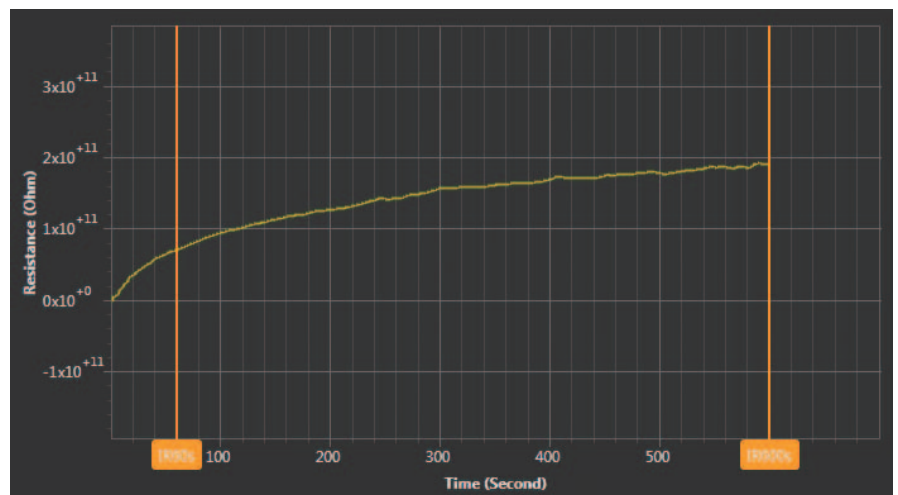


図2. テストソフトウェアを使用した、モータの巻線の抵抗値経時変化テストの曲線プロット。絶縁性が良好な場合は、抵抗は逆指数関数的に増加します。

## 抵抗値経時変化テスト(続き)

### 成極指数(PI)

成極指数は、10分後の抵抗値と1分後の抵抗値の比として定義されます。値の解釈を表1に示します。IEEE規格43-2000では、サーマル・クラスAの交流/直流回転機器のPIの最小値は1.5、クラスB/F/Hの機器のPIの最小値は2.0が推奨されています。

**注記:**新しい絶縁システムの中には、絶縁テストに対して高速に応答するものがあります。これらは、通常、最初のテスト結果がGΩレンジで、1～2のPIが得られます。この場合、PIの計算を無視できる場合があります。IEEE規格43-2000によると、1分後の絶縁抵抗が5 GΩ以上の場合は、計算されたPIに意味がない場合があります。

### 誘電吸収率(DAR)

誘電吸収率は、1分後の抵抗値と30秒後の抵抗値の比です。値の解釈を表1に示します。

DARは、吸収電流が急速に低下する絶縁材料を使用しているデバイスに適しています。

表1. PIおよびDARテストの結果の解釈

絶縁の状態	PI値	DAR値
不十分	<2	<1.25
良好	2～4	<1.6
最良	>4	>1.6

## ステップ電圧テスト

被試験デバイスに対して、異なる2つの電圧レベルを順番に印加します。テスト電圧の推奨比は1:5です。各ステップのテストは同じ時間(通常は60秒)で行い、低電圧から高電圧に移行するようにします。このテストは、通常、機器の定格電圧よりも低いテスト電圧で行います。テスト電圧レベルを急激に上げると、絶縁体に過度のストレスがかかり、脆弱な箇所が破損して低い抵抗値を示してしまう可能性があります。

このテストは、機器の定格電圧が、絶縁抵抗計で出力可能なテスト電圧よりも高い場合に、特に有用です。

## テスト電圧の選択

絶縁抵抗テストでは高いDC電圧を使用するため、適切なテスト電圧を選択し、絶縁体にストレスがかかって絶縁不良が発生するのを回避する必要があります。機器に印加されるテスト電圧は、メーカーの推奨に従う必要がありますが、国際規格によって変わる場合があります。テスト電圧が指定されていない場合は、業界の規格/手順を採用します。回転機器に対して、メーカーのデータがない場合は、表2に示すガイドラインを適用します。

表2. 絶縁抵抗テスト時に印加するDC電圧のガイドライン  
(IEEE規格43-2000より)

巻線の定格電圧(V) <sup>1</sup>	絶縁抵抗テスト時の直流電圧(V)
<1000	500
1000 – 2500	500 – 1000
2501 – 5000	1000 – 2500
5001 – 12000	2500 – 5000
>12000	5000 – 10000

1. 3相交流機器の定格線間電圧、単相機器の対地電圧、直流機器または界磁巻線の定格直流電圧。

## 最小絶縁抵抗の決定

IEEE規格43-2000では、AC/DC機器の固定子巻線と回転子巻線の最小絶縁抵抗を以下のように定めています。

$$R_m = kV + 1$$

ここで、

$R_m$ は、機器全体の巻線の40℃における推奨最小絶縁抵抗(MΩ)、 $kV$ は、機器端子間の定格電圧(kV)です。

## 安全に関する注意事項

絶縁抵抗テストは高いDC電圧の印加を伴うため、安全に関する以下の注意事項に従う必要があります。

- 被試験デバイスが放電されていることを確認してください。
- 絶縁抵抗計以外からテスト電圧が印加されないように、通電していない状態でテストを行ってください。
- 高電圧テストを実施する際は関係者以外の立ち入りを制限してください。
- 必要に応じて、保護具(保護手袋など)を使用してください。
- 適切なテスト・リードを使用し、それらが良好な状態であることを確認してください。不適切なテスト・リードを使用すると、測定値に誤差が生じるだけでなく、危険な場合があります。

テスト後、機器が完全に放電されていることを確認してください。放電は、適切な抵抗を使用して端子を短絡すれば行えます。放電には、電圧印加時間の4倍以上の時間をかけてください。絶縁抵抗計には、テスト後に安全に放電できる自己放電回路を内蔵しているものもあります。この機能を持つ絶縁抵抗計を使用すれば、テストの終了ごとに安全にデバイスの放電を行うことができます。

## メンテナンス・プログラムの計画

メンテナンス・プログラムを計画するときは、メンテナンスが必要な機器を特定し、その優先順位を設定する必要があります。配線全体に影響するモータや機器は、優先順位が高くなります。チェックを行う必要のある回数も定義します。この回数は、特定の環境にある機器の重要度によって異なります。過去の履歴があれば、次のメンテナンスを行う時期を決定するのに役立ちます。

メンテナンス記録には、以下を含める必要があります。

1. テスト実施日
2. テスト電圧／電流
3. テスト時間
4. 絶縁抵抗値
5. 巻線／機器の温度
6. 機器／被試験デバイスの識別
7. テストに使用した部品や機器
8. 相対湿度

あらゆる予防保守プログラムと同様に、記録を保持し、連続した測定値をプロットすれば、トレンドを把握でき、次のアクションを予測／計画できます。

## まとめ

電気機器の予防保守のための最善のアプローチは定期的なテストであり、結果の値をグラフ化すれば絶縁抵抗のトレンドをモニタでき、将来必要なアクションを予測できます。Agilent Technologies U1450A/U1460Aシリーズ 絶縁抵抗計をはじめとするテスト機器は、スポット測定値テストと絶縁抵抗テストに必須のPI/DARテストをサポートしています。これらのテスト機能に加え、Agilent U1117A IR-Bluetooth®アダプタまたはAgilent U1173B IR-USB接続ケーブルをU1450A/U1460Aシリーズ 絶縁抵抗計に接続すれば、Agilent Handheld Loggerソフトウェアを使用してメンテナンス・レポートを作成できます。また、Agilent Insulation Testerアプリケーションがインストールされているスマート・デバイス(iOSまたはAndroidプラットフォーム)に、Bluetoothアダプタを介して測定結果を送信することもできます。これにより、データ転送エラーが減少し、レポート作成時間が短縮されるため、より高い生産性が得られます。

## 参考文献

IEEE規格43-2000(R2006) – 回転機器の絶縁抵抗テストのためのIEEE推奨手順



#### myAgilent

<http://www.agilent.co.jp/find/myAgilent>

お客様がお求めの情報はアジレントがお届けします。



#### Agilent Assurance Plans

[www.agilent.com/find/AssurancePlans](http://www.agilent.com/find/AssurancePlans)

Five years of protection and no budgetary surprises to ensure your instruments are operating to specifications and you can continually rely on accurate measurements.



#### [www.agilent.com/quality](http://www.agilent.com/quality)

Agilent Electronic Measurement Group  
DEKRA Certified ISO 9001:2008  
Quality Management System

#### Agilent Channel Partners

[www.agilent.co.jp/find/channelpartners](http://www.agilent.co.jp/find/channelpartners)

アジレント契約販売店からもご購入頂けます。お気軽にお問い合せください。

## 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 9:00-18:00(土・日・祭日を除く)

TEL ■■■ 0120-421-345  
(042-656-7832)

FAX ■■■ 0120-421-678  
(042-656-7840)

Email [contact\\_japan@agilent.com](mailto:contact_japan@agilent.com)

電子計測ホームページ

[www.agilent.co.jp](http://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。

BluetoothおよびBluetoothロゴはBluetooth SIGの登録商標で、Agilent Technologiesにライセンスされています。

© Agilent Technologies, Inc. 2014

Published in Japan, August 20, 2014

5991-4026JAJP

0000-00DEP



**Agilent Technologies**