ディジタル・マルチメータ測定誤差シリーズ

ディジタル・マルチメータのAC電圧測定誤差

Application Note AN 1389-3

はじめに

ディジタル・マルチメータ（DMM）で測定を行う場合に、共通して発生する誤差があります。以下に、潜在的な測定誤差を除去して、DMMの最高確度を得る方法を紹介します。このアプリケーション・ノートでは、AC電圧測定誤差について説明します。ケーブル誤差とDC電圧測定誤差の概要については、アプリケーション・ノートAN1389-1を参照してください。抵抗、DC電流、AC電流、周波数、周期の測定誤差については、アプリケーション・ノートAN1389-2を参照してください（注記：このアプリケーション・ノートでは、6 1/2桁高性能DMM、34401Aを例として使用しています）。

Agilent Technologies

AC電圧測定誤差

DC電圧測定に関連する誤差の多くがAC電圧測定にも当てはまります。このアプリケーション・ノートでは、AC電圧測定に固有の誤差について説明します。DC電圧測定誤差については、アプリケーション・ノート1389-1を参照してください。

コモン・モード誤差

マルチメータの入力LO端子がアースを基準にしたAC電圧によってドライブされると、誤差が発生します。不要なコモン・モード電圧が発生する最も一般的な状況として、ACキャリブレータの出力がマルチメータに「逆」に接続されている場合があります。信号源がどのように接続されているかに関係なくマルチメータの読み取り値は同じであることが理想的です。

入力LO端子とアース間のキャパシタンス（34401Aの場合は約200pF）のために、入力の印加方法に依存して、信号源に対する負荷が変化します。誤差の大きさは、信号源のこの負荷への応答によって決まります。マルチメータの測定回路は十分にシールドされていますが、逆入力の場合にはアースに対する浮遊容量のわずかな違いによってマルチメータの応答が異なります。マルチメータの誤差は、高電圧、高周波入力の場合に最も大きくなります。通常、100V、100kHzの逆入力の場合は、約0.06％の追加誤差が生じます。DCコモン・モード電圧を最小にするための接地手法を用いることができます（アプリケーション・ノート1389-1を参照）。

真のRMS AC測定

34401Aのような真のRMS（実効値）応答のマルチメータは、印加電圧により発生する熱量を測定できます。「平均値応答」測定とは異なり、真のRMS測定は、抵抗で消費される電力を求めることができます。電力は、波形とは関係なく、測定された真のRMS電圧の二乗に比例します。平均値応答ACマルチメータは、**正弦波入力の場合にのみ**真のRMSメータと読み値が同じになるように校正されています。他の波形では、平均値応答メータを使用すると大きな誤差が生じます（図1を参照）。

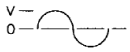
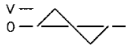
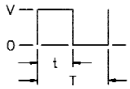
波形	クレスト・ファクタ（C.F.）	AC RMS	AC＋DC RMS	平均応答誤差
	1.414	$\frac{V}{1.414}$	$\frac{V}{1.414}$	誤差0となるように校正
	1.732	$\frac{V}{1.732}$	$\frac{V}{1.732}$	−3.9%
	$\sqrt{\frac{T}{t}}$	$\frac{V}{C.F.} \times \sqrt{1-\left(\frac{1}{C.F.}\right)^2}$	$\frac{V}{C.F.}$	C.F.＝4では−46%

図1

マルチメータのAC電圧/AC電流ファンクションでは、AC結合された真のRMS値が測定されます。これは、上記の（AC＋DC）の真のRMS値と対照的です。入力波形のAC成分の「熱量」が測定されます（DC成分は除去されます）。正弦波、三角波、方形波の場合には、AC値とAC＋DC値は等しくなります。これらの波形にはDCオフセットが含まれていないからです。パルス列などの非対称の波形にはDC電圧が含まれていますが、AC結合の真のRMS測定ではこれが除去されます。

クレスト・ファクタ誤差

よくある誤解の1つに、「真のRMS ACマルチメータなのだから、正弦波での確度がすべての波形に適用される」というものがあります。実際には、入力信号の波形により測定確度は非常に大きな影響を受けます。信号波形を表すために一般的に用いられているのが**クレスト・ファクタ**です。クレスト・ファクタは、ある波形のピーク値とRMS値の比です。

例えば、図9に示すように、1つのパルス列のクレスト・ファクタは、デューティ・サイクルの逆数の平方根にほぼ等しくなります。一般的に、クレスト・ファクタが大きければ、高次高調波に含まれるエネルギーも大きくなります。すべてのマルチメータにクレスト・ファクタに依存する誤差があります。

以下の式により、信号のクレスト・ファクタに起因した測定誤差を見積もることができます。

全誤差＝誤差$_{正弦波}$＋誤差$_{クレスト・ファクタ}$＋誤差$_{帯域幅}$

ここで、

誤差$_{正弦波}$＝DMMの正弦波での確度
誤差$_{クレスト・ファクタ}$＝DMMのクレスト・ファクタの誤差
誤差$_{帯域幅}$＝予測帯域幅誤差（下記を参照）

$$誤差_{帯域幅} = \frac{-C.F.^2 \times F}{4\pi \times BW}$$

ここで、

C.F.＝信号のクレスト・ファクタ
F＝入力信号の基本波周波数
BW＝DMMの－3dB帯域幅（34401Aの場合は1MHz）

例：クレスト・ファクタ誤差の計算

クレスト・ファクタが3、基本波周波数が20kHzのパルス列を入力した場合の測定誤差の概算値を計算します。この例では、マルチメータの90日確度仕様が±（0.05％＋0.03％）であり、クレスト・ファクタが2～3の場合の誤差が読み取り値の0.15％と仕様化されている場合を考えます。

全誤差＝（0.05＋0.03）％＋0.15％＋((3^2*20kHz) / (4π*1000kHz))％

全誤差＝0.08％＋0.15％＋1.4％＝1.6％

AC負荷誤差

AC電圧ファンクションでは、34401Aの入力は、100pFのキャパシタンスと並列に接続された1MΩの抵抗負荷のように見えます。信号をマルチメータに接続するために使用するケーブルにより、さらにキャパシタンスと負荷が追加されます。図2は、異なる周波数でのマルチメータの入力抵抗です。

入力周波数	入力抵抗
100 Hz	1 MΩ
1 kHz	850 kΩ
10 kHz	160 kΩ
100 kHz	16 kΩ

図2

低周波の場合：

$$誤差(\%) = \frac{-100 \times R_s}{R_s + 1M\Omega}$$

高周波の場合の追加誤差：

ここで、

$$誤差(\%) = 100 \times \left[\frac{1}{\sqrt{1 + (2\pi \times F \times R_s \times C_{in})^2}} - 1 \right]$$

R_s＝信号源抵抗

F＝入力周波数

C_{in}＝入力キャパシタンス（100pF）＋ケーブルのキャパシタンス

注記：高周波信号を測定する場合は、低キャパシタンス・ケーブルを必ず使用してください。

低レベルAC測定の誤差

100mV未満のAC電圧を測定する場合は、外来ノイズ源に起因する誤差に影響されやすいことに特に注意してください。シールドされていないテスト・リードがアンテナとなり、正しく機能しているマルチメータであれば外来ノイズが測定されてしまいます。ループを循環する電流により、マルチメータの入力と直列に接続されているインピーダンスの両端に誤差電圧が生じます。このため、低レベルAC電圧ではシールドされたケーブルを使用してマルチメータに接続し、シールドは入力LO端子に接続してください。

可能な限りマルチメータとAC信号源は同じ電源コンセントに接続し、グランド・ループをできる限り小さくしてください。高インピーダンス信号源は、低インピーダンス信号源よりもノイズが混入しやすくなります。信号源の高周波インピーダンスを下げるには、マルチメータの入力端子と並列にキャパシタを配置してください。特定のアプリケーションに対する適切なキャパシタンス値を求めるには、ある程度の実験が必要な場合があります。

ほとんどの外来ノイズは、入力信号と相関していません。以下の式から誤差が求まります。

$$測定電圧 = \sqrt{V_{in}^2 + ノイズ^2}$$

相関したノイズはまれですが、常に入力信号に直接加算されるので特に有害です。ローカルの電源ラインと同じ周波数の低レベル信号を測定すると、この誤差が生じます。

温度係数誤差および過負荷誤差

34401AによるAC測定では、ファンクションまたはレンジを切り換えると、内部オフセット電圧が測定され、除去されます。マルチメータのレンジを長時間同じままにして、周囲温度が大きく変化した場合（またはマルチメータが完全にウォームアップされていない場合）には、内部オフセットが変化する場合があります。34401Aでは、この温度係数はレンジの0.002％/℃（代表値）です。この係数は、ファンクションまたはレンジを切り換えると自動的に除去されます。

過負荷状態で新たなレンジに手動で変更すると、選択したレンジに対する内部オフセット測定の誤差が大きくなる場合があります。通常は、レンジの0.01％の追加誤差が生じます。この追加誤差は、過負荷状態をなくしてファンクションまたはレンジを切り換えると自動的に除去されます。

まとめ

高周波または低電圧のAC測定を行う場合は、誤差発生メカニズムをできる限り除去することが重要です。可能であれば、低インピーダンス信号源の使用、適切なケーブルの使用、ケーブル間のループの最小化を行ってください。AC測定誤差を求めるには、信号の形状、ノイズ、周波数誤差を含めることが必要です。

34401A DMMの詳細については、**www.agilent.co.jp/find/34401a**をご覧ください。

電子計測UPDATE

www.agilent.com/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電子計測ソフトウェアおよびコネクティビティ

Agilentの電子計測ソフトウェアおよびコネクティビティ製品、ソリューション、デベロッパ・ネットワークは、PC標準に基づくツールによって測定器とコンピュータとの接続時間を短縮し、本来の仕事に集中することを可能にします。詳細については**www.agilent.co.jp/find/jpconnectivity**を参照してください。

サポート、サービス、およびアシスタンス

アジレント・テクノロジーが、サービスおよびサポートにおいてお約束できることは明確です。リスクを最小限に抑え、さまざまな問題の解決を図りながら、お客様の利益を最大限に高めることにあります。アジレント・テクノロジーは、お客様が納得できる計測機能の提供、お客様のニーズに応じたサポート体制の確立に努めています。アジレント・テクノロジーの多種多様なサポート・リソースとサービスを利用すれば、用途に合ったアジレント・テクノロジーの製品を選択し、製品を十分に活用することができます。アジレント・テクノロジーのすべての測定器およびシステムには、グローバル保証が付いています。製品の製造終了後、最低5年間はサポートを提供します。アジレント・テクノロジーのサポート政策全体を貫く2つの理念が、「アジレント・テクノロジーのプロミス」と「お客様のアドバンテージ」です。

アジレント・テクノロジーのプロミス

お客様が新たに製品の購入をお考えの時、アジレント・テクノロジーの経験豊富なテスト・エンジニアが現実的な性能や実用的な製品の推奨を含む製品情報をお届けします。お客様がアジレント・テクノロジーの製品をお使いになる時、アジレント・テクノロジーは製品が約束どおりの性能を発揮することを保証します。それらは以下のようなことです。

- 機器が正しく動作するか動作確認を行います。
- 機器操作のサポートを行います。
- データシートに載っている基本的な測定に係わるアシストを提供します。
- セルフヘルプ・ツールの提供。
- 世界中のアジレント・テクノロジー・サービス・センタでサービスが受けられるグローバル保証。

お客様のアドバンテージ

お客様は、アジレント・テクノロジーが提供する多様な専門的テストおよび測定サービスを利用することができます。こうしたサービスは、お客様それぞれの技術的ニーズおよびビジネス・ニーズに応じて購入することが可能です。お客様は、設計、システム統合、プロジェクト管理、その他の専門的なサービスのほか、校正、追加料金によるアップグレード、保証期間終了後の修理、オンサイトの教育およびトレーニングなどのサービスを購入することにより、問題を効率良く解決して、市場のきびしい競争に勝ち抜くことができます。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、製品の測定確度の維持をお手伝いします。

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
(12:00-13:00もお受けしています。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
(0426-56-7832)
FAX ■■ 0120-421-678
(0426-56-7840)
Email contact_japan@agilent.com
電子計測ホームページ
www.agilent.co.jp/find/tm

- 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 2004
アジレント・テクノロジー株式会社

Agilent Technologies

January 20, 2004
5988-5513JA
0000-00DEP