

パワーメータ PW3335

酒井 健*1

要 旨

パワーメータ PW3335 は、60 mV～1,000 Vおよび10 μ A～30 Aを直接入力して高精度に測定できる電力計である。待機電力から動作時電力までを高精度に測定するために、電流入力はシャント抵抗方式を採用している。ここに製品の特長、構成、および特性例について解説する。

1. はじめに

2005年に初版が発行された待機電力測定に関する国際規格 IEC62301 は家電、OA 機器などの個別規格に組み込まれ、待機電力の定義を統一した。この規格は2011年に第2版となり、電力測定値の不確かさについて、より明確化された。これは、待機電力が非常に小さくなり、外的誤差要因の測定値への影響を無視できないためである。当然ここには、電力測定器の不確かさも含まれるため、電力測定器においては低電流レンジの追加と回路ダイナミックレンジの拡大、低力率時を含む測定精度の向上が期待されている。

PW3335 は 1 mA～20 A (10 μ A～30 A までを精度保証)の電流レンジを有し、基本測定精度 $\pm 0.15\%$ rdg., 力率の影響 $\pm 0.1\%$ f.s.(PF=0 のとき)、クレストファクタ 6 (回路ダイナミックが測定レンジの 6 倍)の性能を持つため、IEC62301 に沿った測定に最適な電力測定器である。また、IEC62301 に準じたテストレポートを作成できる PC アプリケーションソフトも無償で提供している。

2. 概要

PW3335 は、当社同クラスの電力測定器において最高の基本測定精度 $\pm 0.15\%$ rdg.を実現し、電圧 60 mV から 1,000 V まで、電流 10 μ A から 30 A まで精度を保証する AC/DC 電力計である。高調波の測定方法に関する国際規格 IEC61000-4-7 に対応した高調波測定機能、生産ラインでの自動出荷検査に対応可能な LAN および RS-232C インタフェース (PW3335-01 を除く)、複数台の同時測定が可能な同期制御機能などを標準で装備した。

さらに、付加機能として以下を用意し、さまざまな計測シーンに対応できるようにした。

- GP-IB インタフェースを搭載した PW3335-01



PW3335 の外観

- D/A 出力を搭載した PW3335-02
- 外部電流センサ入力を搭載した PW3335-03
- GP-IB インタフェース、D/A 出力、および外部電流センサ入力のすべてを搭載した PW3335-04

3. 特長

(1) 直接入力で 10 μ A から 30 A まで精度保証

当社従来製品のパワーハイテスタ 3332 は交流専用であり、電流センサによる電流検出方式を採用したため、数 mA といった微小電流測定では外来ノイズによる測定値への影響を受けやすかった。PW3335 では、機器動作時の消費電流から待機時の微小電流までを高精度に測定するため、シャント抵抗による電流検出方式を採用している。2 種類のシャント抵抗を測定電流に応じて切り替え電流を検出することで、交直流 10 μ A～30 A のダイナミックな測定が可能となっており、1 台で多様な電力測定ニーズに対応することができる。

*1 技術部 技術4課

パワーメータ PW3335

(2) 高精度, 広帯域

IEC62301 には待機を含む低電力モードとして、オフモード(電源スイッチ OFF 状態), 待機モード(リモコン待ちなど), およびネットワークモード(ネットワーク通信)が定義されており, 各種の電流波形が想定されている。

- 非正弦波および非対称波
- パルスまたはスパイク
- クレストファクタが大きい波形
- 電圧波形に対する位相差により低力率になる波形

PW3335 では, これらの波形を精度よく測定するために, 以下の性能を実現した。

- サンプル周波数 約 700 kHz
当社 AC/DC パワーハイテスタ 3334 の 9 倍以上のサンプル周波数により, 波形の変化に追従。
- 基本測定精度 $\pm 0.15\%$ rdg.
(レンジの 50%未満は $\pm 0.1\%$ rdg. $\pm 0.05\%$ f.s.)
当社同クラスの最高精度。
- 周波数帯域 DC, 0.1 Hz ~ 100 kHz
直流測定, インバータモータの低速回転からの測定, 商用機器測定, 高周波機器の測定などに対応。
- 力率の影響 $\pm 0.1\%$ f.s.
(内部回路電圧-電流間位相差 $\pm 0.0573^\circ$)
当社最高仕様. トランス, モータなどの無負荷試験(低力率)に対応。

(3) さらに多系統の測定に対する 複数台同期制御

PW3335 には同期制御機能があり, PW3335 同士を, または PW3336/PW3337 を BNC ケーブルで並列に接続することで最大 8 台までの同期測定ができる。たとえば, 複数機器の固体間の比較や, 生産ラインの同時並列試験といった, 同時性を必要とする測定に用いることができる。無償のアプリケーションソフト PW Communicator を使用すれば, 最大 8 台までのデータを収集できる。

(4) 電流センサで最大 5,000 A まで対応 (PW3335-03, PW3335-04)

外部電流センサ入力端子にオプションの電圧出力型電流センサを接続して, 30 A を超える大電流の測定に対応できる。本体設定では, クランプオンセンサ 9661 など 0.5 V 出力の電流センサを TYPE1, AC/DC カレントセンサ CT6862 など 2 V 出力の電流

センサを TYPE2 として区別している。AC フレキシブルカレントセンサ CT9667 シリーズ (TYPE1) を使用した場合, 最大で 5,000 A の測定に対応できる。

(5) 測定の効率をアップさせるレンジ制御

PW3335 は電圧 8 レンジ, 電流 14 レンジ(直接入力)の多レンジ電力計ではあるが, 使用しないレンジをスキップするレンジセレクト機能を使用することで, レンジ切り替えの煩わしさを低減できる。また, オートレンジについては 1 波(商用周波数)ごと判定するため, 短時間で適正レンジに移動できる。さらに, PW3335 では従来製品に無い機能としてオートレンジ積算機能(電流レンジ 0.2 A ~ 20 A の範囲)を搭載した。使用したレンジごとの積算値とトータルの積算値を精度を保証して測定でき, 機器の動作状態ごとの積算値測定に使用できる。

(6) 高調波測定機能搭載

商用電源周波数 50 Hz/60 Hz では高調波測定に関する国際規格 IEC61000-4-7 に準拠した測定ができる機能を標準で装備した。

4. 構成

図 1 に PW3335-04 のブロック図を示す。全測定データは FPGA (Field Programmable Gate Array) でデジタル処理される。その後, 測定データは CPU などデジタル制御回路で処理され, 表示や各種インタフェースを通じて出力される。

4.1 電圧, 電流入力回路

電圧入力部は当社電力計で実績がある差動入力方式であり, 抵抗分圧 + 絶縁デバイスにより, 高絶縁耐圧を実現している。

電流入力部はシャント検出方式で, 絶縁デバイスを二重にすることで高絶縁耐圧を実現している。内蔵された電流切替デバイスにより, 測定電流に応じたシャント抵抗による電流の検出が可能で, 結線を変えずに高精度・ダイナミックに測定できる。突入電流の対策としてはシャント抵抗に並列に接続した保護ダイオードにより, ± 100 A peak (0.2 A ~ 20 A レンジ), ± 30 A peak (1 mA ~ 100 mA レンジ)の電流が入力されても内部回路が損傷しないようにした。

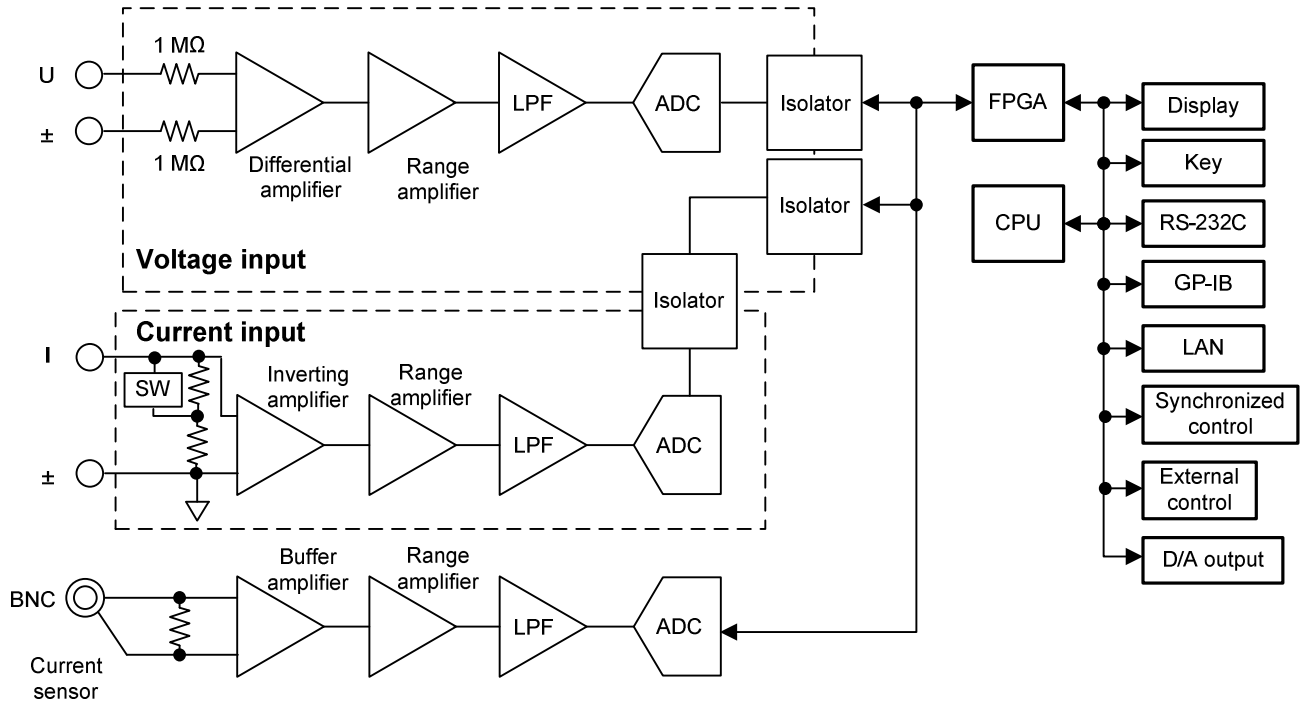


図1 ブロック図 (ハードウェア)

4.2 A/D 変換部

電圧入力部と電流入力部からの信号は各レンジアンプにより、それぞれ所定のフルスケール電圧になるよう増幅される。ここで、レンジアンプは低ドリフトかつ広帯域を確保する目的で、独自の複合アンプを採用している。

レンジアンプ後は、約 450 kHz のカットオフ周波数を持つローパスフィルタで帯域を制限し、16 ビット、700 kHz の ADC (A/D コンバータ)により電圧、電流同時にデジタル信号に変換する構成となっている。

4.3 FPGA 部

図 2 に FPGA 内部の概略ブロック図を示す。ADC から入力された電圧と電流の波形データは各演算部に送られ、すべて同時並行で演算される。この波形データは直接 D/A 出力に送ることが可能で、波形観測に使用できる。

PW3335 のゼロクロス検出は PW3336/PW3337 と同様に、波形整形も含めてフルデジタル対応とした。カットオフ周波数を 100 Hz/500 Hz/5 kHz/100 kHz から選択できるデジタルフィルタを搭載し、測定する波形のひずみに応じて、操作者がこのフィルタを手動設定することでゼロクロスを正確に検出できる。電圧、電流の周波数測定は、このゼロクロス検出用の波形データを使用して測定している。

ADC 16-bit, 700 kHz, 3 channels

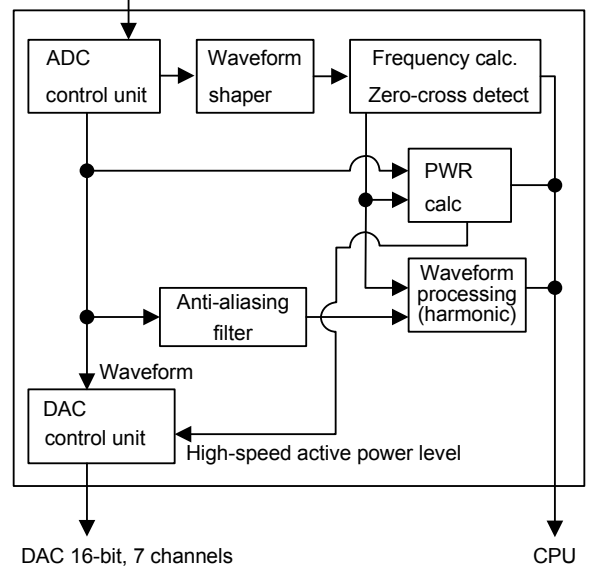


図2 FPGA 内部概略ブロック図

4.4 D/A 出力(PW3335-02, PW3335-04)

PW3335 では PW3336/PW3337 と同様に、有効電力レベルの高速出力機能(高速有効電力レベル出力)を搭載した。この機能は、急激な負荷変動をとらえることを目的として、有効電力のレベルを同期ソースとして選択した電圧または電流の 1 周期ごとに更新して D/A 出力するものであり、FPGA にて行っている。たとえば入力が 50 Hz の交流の場合、その 1 周

パワーメータ PW3335

期は 20 ms であるため、高速有効電力レベル出力は 20 ms ごとに更新される D/A 出力となる。なお、この出力で対応可能な最高入力周波数は 5 kHz (周期 0.2 ms) である。また、電圧、電流についても、ソフトウェアを介した処理にはなっているが、商用周波数であれば 1 周期ごとのレベル出力ができる。

PW3335 では従来製品との互換性を持たせるため、レベル出力の出力電圧を 2 V と 5 V で切り替えられるようにした。

5. 特性例

参考として図 3～図 14 に特性例を示す。

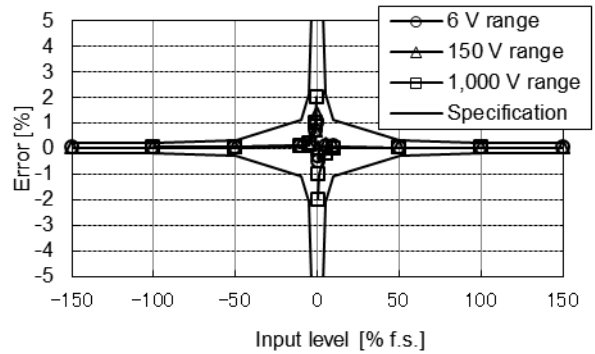


図 3 電圧リニア特性 (DC)

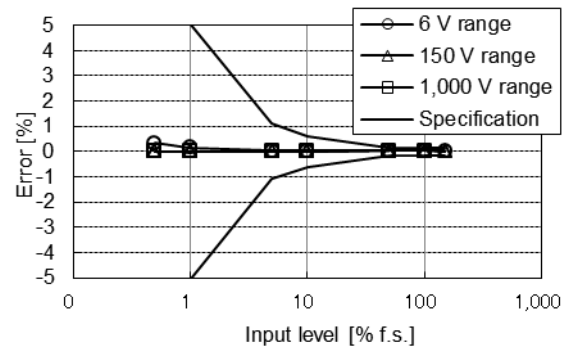


図 4 電圧リニア特性 (AC+DC, 55 Hz)

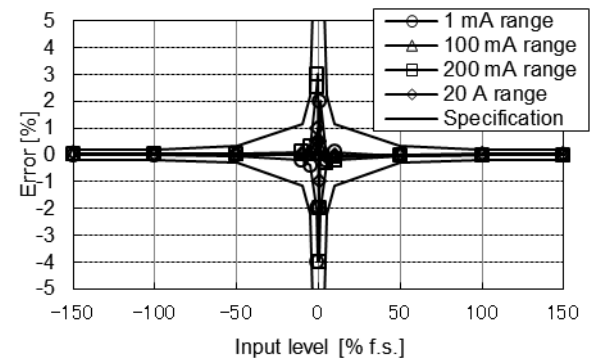


図 5 電流リニア特性 (DC)

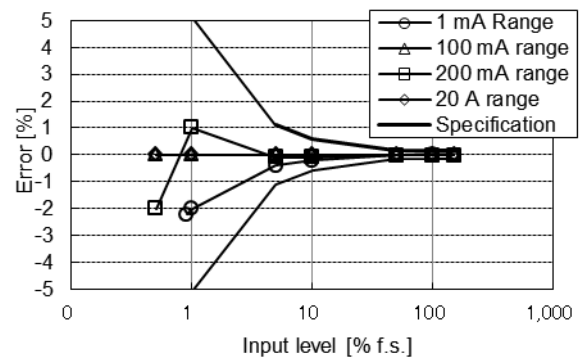


図 6 電流リニア特性 (AC+DC, 55 Hz)

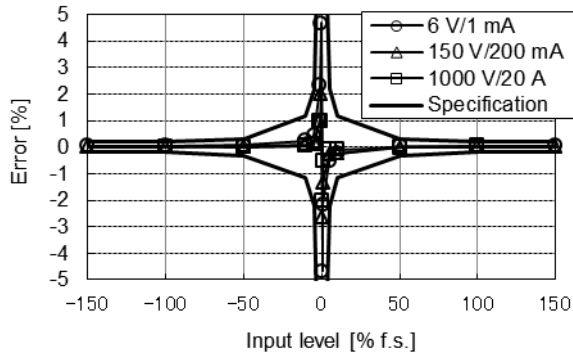


図7 有効電力リニア特性 (DC, 電圧固定)

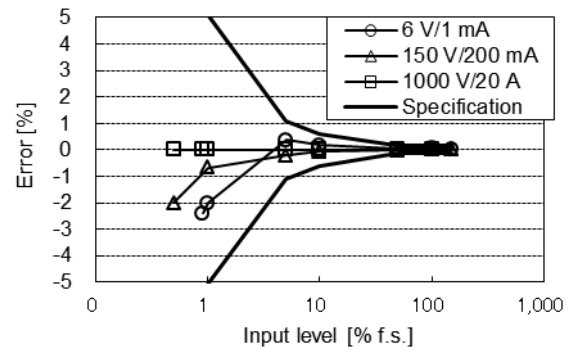


図8 有効電力リニア特性 (AC+DC, 55 Hz, PF=1, 電圧固定)

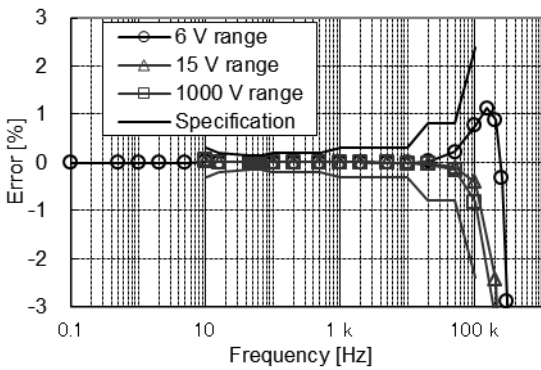


図9 電圧周波数特性 (AC+DC)

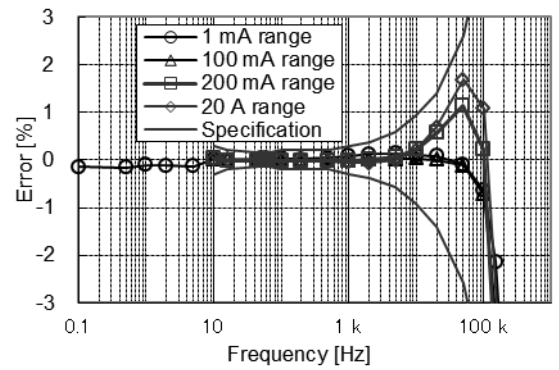


図10 電流周波数特性 (AC+DC)

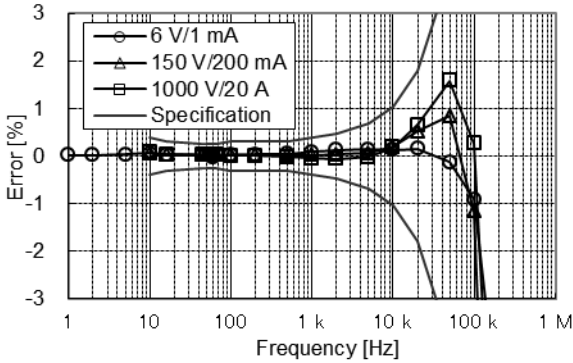


図11 有効電力周波数特性 (AC+DC)

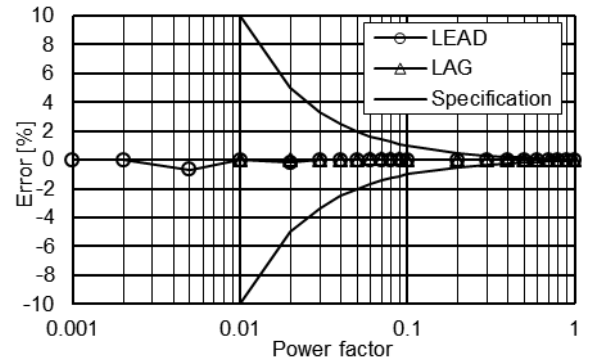


図12 力率の影響 (300 V/100 mA レンジ)

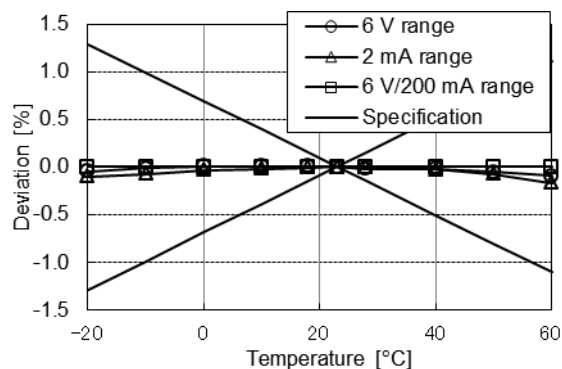


図13 温度特性 (DC, 0 入力)

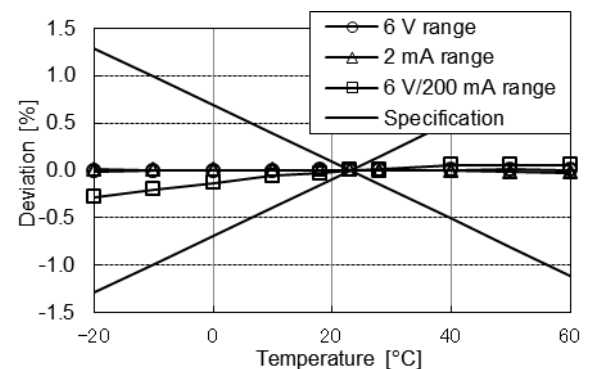


図14 温度特性 (55 Hz, f.s. 入力)

6. おわりに

省エネルギーを実践するうえで重要なのが、消費電力の大きい機器の対策と待機電力の対策である。環境省の資料によると、一般家庭の年間消費電力量に占める待機時消費電力量の割合は全体の約5% (約 228 kWh)であり、電気便座の年間消費電力量 (全体の約3.7%)よりも大きくなっている。²⁾これが世界全体で消費されていることを考えると、無視できない数値であり、待機電力を削減する目的で世界各国や地域で法令や規制が施行されている。地球環境の保護のためには、通常時や待機時における省電力商品の開発も今後さらに発展するものと予想される。こうした状況を踏まえ、PW3335 が待機と通常の両方から省エネルギー製品の開発に活用され続けることを期待する。

長屋 実^{*2}, 古平 明^{*2}, 関 憲一^{*2}

参考文献

- 1) 長屋実: パワーメータ PW3336/PW3337シリーズ, 日置技報, VOL.35 2014 NO.1, 29/34 (2014)
- 2) 資源エネルギー庁: “家庭のエネルギー消費の実態”, http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/general/actual/index.html (参照2015/3/10)

*2 技術部 技術4課