

パワーアナライザ PZ4000

Power Analyzer PZ4000

数見 昌弘^{*1} 辻 宏隆^{*1}
KAZUMI Masahiro TSUJI Hirotaka

小池 克博^{*1} 川住 和雄^{*1}
KOIKE Katsuhiko KAWASUMI Kazuo

広帯域の電力測定，波形表示が可能な解析型パワーアナライザPZ4000を開発した。本器は，変動電力測定のためのトレンド表示機能，区間電力測定機能という従来の電力計にはない機能を有する新しいコンセプトのパワーアナライザである。スイッチング制御波形や瞬時に変動する電力を正確にとらえるためのDC～2 MHzの広帯域，最大5 MS/sの高速サンプリングを実現しながら，基本確度 $\pm(0.1\% \text{ of reading} + 0.025\% \text{ of range})$ という高精度での測定を可能とした。また，最大解析次数500次までの高調波解析機能により，広帯域なひずみ波解析も可能にした。本稿ではその概要を述べる。

We have developed the power analyzer PZ4000 for power value measurement and waveform observation. It is a new concept power analyzer featuring a trend display function for measurement of transient power and a sectional power measuring function. It has a wide band of DC-2MHz to accurately measure switching control waveforms or fluctuating power and a fast sampling rate of 5 MS/s. Nevertheless it is highly accurate with measurements that are $\pm(0.1\% \text{ of reading} + 0.025\% \text{ of range})$. The harmonic analyzing function allows it to analyze wide band distorted waveforms with a maximum harmonic analysis order of 500. This paper contains an overview of the instrument.

1. はじめに

近年，地球環境問題やエネルギー資源の有効活用の観点から省エネ法の改正など機器の省エネルギー化の要求が高まっている。機器の高効率化，小型化のため機器内部の電力変換の高周波化が進み，より広い周波数帯域，より高精度での電力測定が求められている。また，高効率化のために電力変換器は複雑な電力制御を行いその段階毎に消費される電力を細かく測定する必要性が増えてきた。PZ4000はこのような機器の設計段階での消費電力測定または解析を目的とした新しいコンセプトのパワーアナライザである。図1にPZ4000の外観図を示す。

2. 基本構成

本器の基本構成を図2に示す。全体は入力部，メモリ部，CPU/DSP部，表示部で構成される。

2.1 入力部

入力部は，独立し電氣的に絶縁された，電圧入力部と電流入力部で構成される。入力された電圧，電流信号

は，OP アンプ部(OP AMP)で正規化され，A/D 変換器とゼロクロス検出回路に入力される。A/D 変換器は，ロジック部から供給される一定のサンプリングクロックの周期(サンプルレート，通常モードは常に5 MS/s)で，電圧および電流信号をサンプリングし，デジタルデータに変換する。ゼロクロス検出器は入力の振幅の中心値を基準にHigh-Lowのレベルに反転するゼロクロス信号に変換する。A/D 変換器とゼロクロス検出器の出力は，フォ



図1 PZ4000の外観

*1 テスト&メンテナンス事業部 開発2部

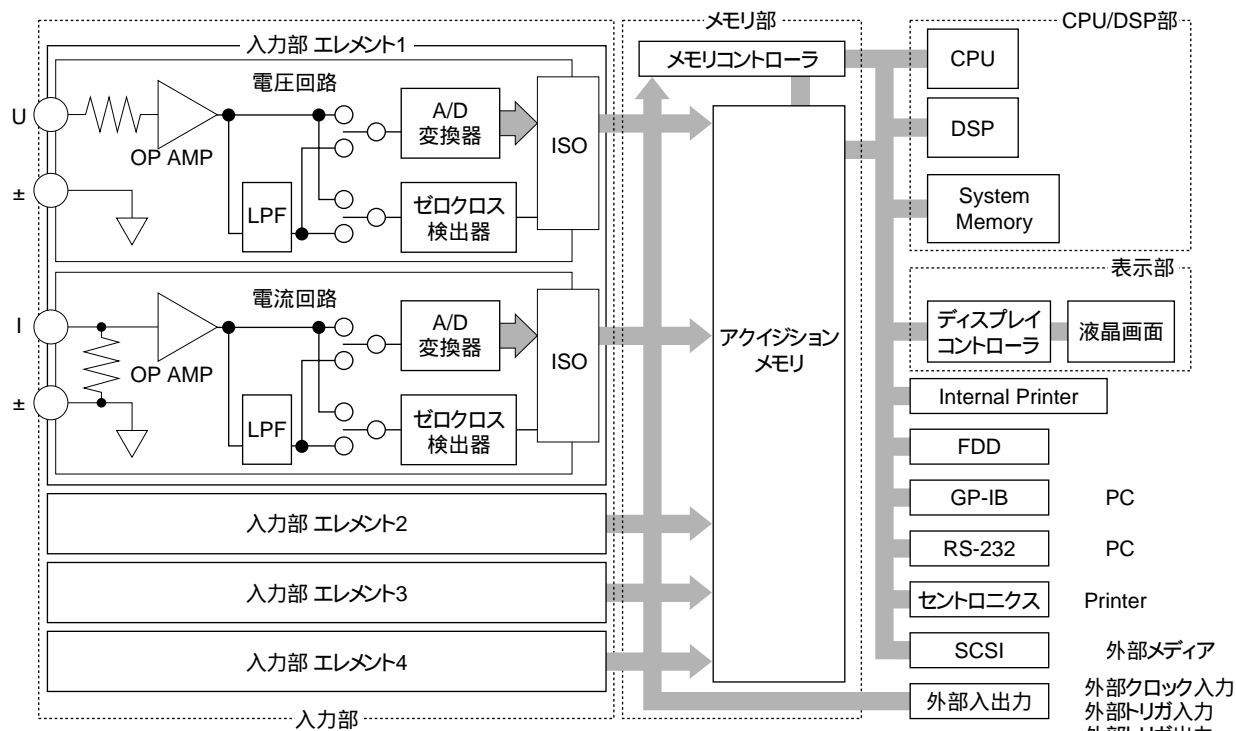


図2 PZ4000のブロック図

トアイソレータ(ISO)を介して、メモリ部に転送される。図3に入力部の周波数特性を示す。

2.2 メモリ部

メモリ部に送られてきた最大8チャンネル分のA/D変換されたサンプリングデータとゼロクロスデータは、外部トリガや外部クロックの状態とともに、アキュイジションメモリに記憶される。アキュイジションメモリは標準で100Kワード、オプションで最大4Mワードまで拡張できる。

サンプルレートはアキュイジションメモリサイズと観測時間設定で自動的に決定される。観測時間が長くなるとメモリコントローラでデータを間引きして、等価的にサンプルレートを落とす。

メモリコントローラはA/D変換器のデジタル値のレベル、ゼロクロス信号、外部トリガ信号によってトリガをかけることが可能で、トリガ条件が成立した後、設定された観測時間に相当するデータをアキュイジションメモリに記憶してデータの取り込みを終了する。

2.3 CPU/DSP部

CPU/DSP部では、アキュイジションメモリ内のデータを、決められた区間分取り出し、有効電力、電圧と電流の実効値および平均値などの測定値を区間平均することにより実行する。区間平均することにより得られた測定値から、皮相電力、無効電力、力率、位相角、インピー

ダンス、抵抗、リアクタンスなどの測定値を演算する。データの区間平均方法には以下の3通りがある。

メモリ内のゼロクロスデータまたは外部クロックによる区間平均(図4参照)

交流の有効電力、電圧実効値、電流実効値などは、1周期またはその整数倍の周期の区間におけるサンプルデータを平均することで求められる。メモリ内には電圧、電流のゼロクロスデータおよび外部クロック信号が記憶されている。観測時間のゼロクロスの、最初の立ち上がりから最後の立ち上がりまでを平均することで正確な有効電力、電圧実効値、電流実効値を求めることができる。各エレメント毎に電圧、電流のゼロ

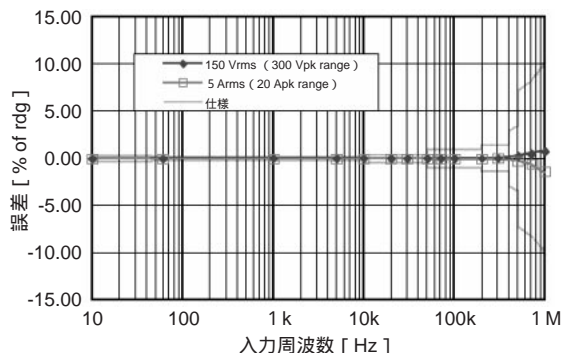


図3 入力の電圧、電流周波数特性

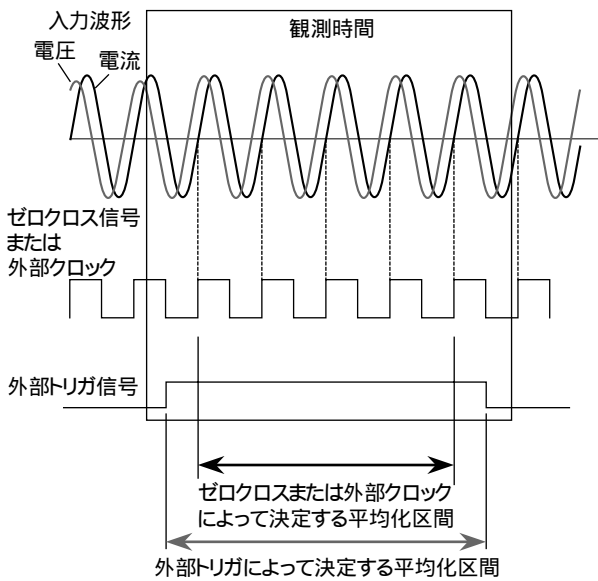


図4 区間平均の測定原理

クロスデータおよび外部クロック信号のどの立ち上がりにも同期させて平均するかが選択可能である。

メモリ内の外部トリガ入力による区間平均メモリ内に保存されている、外部トリガ入力信号のHighの区間、またはLowの区間におけるサンプルデータのみを平均する。

波形表示上のカーソルで設定した期間による区間平均波形表示画面上に表示されるカーソルのスタート点とストップ点を設定しその区間におけるサンプルデータを平均する。

3. 特長

本器の特長は次の通りである。

(1) 基本性能

基本精度(商用周波数50/60 Hzでの測定精度)は±(0.1% of reading + 0.025% of range)で、電圧、電流の測定帯域はDC ~ 2 MHzと今までにない広帯域を実現した。また最大5 MS/sとデジタルサンプリング方式の電力計としては、従来とは桁違いの高速サンプルを実現した。

(2) モジュール形式 最大4エレメント入力

入力部はモジュール形式であり、最大4エレメントのモジュールをユーザが実装できる。4エレメントにより三相の入出力の評価を一台で測定することが可能である。入力モジュールには下記のレンジが用意されている。

電圧レンジ：30 Vpeak ~ 2000 Vpeak
(最大入力1000 Vrms)

電流レンジ：100 mApeak ~ 10 Apeak
(最大入力5 Arms)
1 Apeak ~ 100 Apeak
(最大入力50 Arms)

外付け電流センサレンジ：100 mVpeak ~ 1 Vpeak

(3) 波形解析

データアキュジション方式を用い、サンプリングデータをメモリに全て記憶することにより、カラー液晶画面に電圧、電流瞬時波形を表示できる。デジタルオシロスコープのように波形の拡大機能を有し、波形演算機能を使用することで、瞬時電力波形、1サイクル毎の有効電力、電圧と電流の実効値のトレンドが表示可能。また波形の任意の区間の電力、電圧、電流などの測定が可能である。これらの機能により電力の急激な変化をとらえて変動電力や過渡電力が解析できる。

(4) トリガ機能

測定開始のタイミングを入力信号に同期させるためのトリガ機能を有し、入力に同期した測定や波形の観測が可能である。トリガの種類は入力レベルによるエッジ検出、ウィンドウ検出がある。またノイズを多く含んだ波形やPWM(パルス幅変調方式)インバータの波形観測時にトリガが常にかかることを避けるために、トリガ信号にのみ有効なフィルタをかけた信号の、立ち上がりまたは立ち下がり検出する機能も有する。

(5) ロングメモリ

アキュジションメモリは標準で100 Kワードを搭載し、高速サンプルでしかも長時間の測定のために、最大4 Mワードまで増設可能とした。波形の観測期間は10 μsから1000 sまで1, 2, 4ステップで設定可能であり、測定対象により任意に最適時間を設定できる。サンプルレートはアキュジションメモリサイズと観測時間設定で自動的に決定され、標準の100 Kワードメモリで、5 MS/sの最高サンプルレートで観測できる時間は20 msまで、4 Mワードメモリ拡張時は400 msまでと長時間を高速サンプルで測定できる。

(6) 高調波解析機能

最大500次までの高調波解析機能を搭載し、変換器のスイッチングの影響やノイズの影響までを解析することが可能となった。

(7) グラフィカルな表示機能

多項目表示、高調波測定のパークグラフ表示、三相交流のベクトル図など、グラフィカルな表示機能の実現で解析効率のアップを図った。

(8) 入出力機能

外部入出力信号として、外部トリガ入出力、外部ク

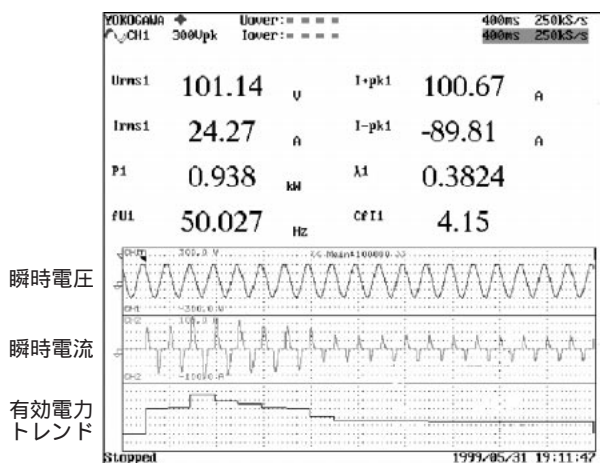


図5 測定結果表示例 変動電圧トレンド

ロック入力機能を搭載した。2台以上の本器での同期測定や、外部クロックによるサンプリングを可能にした。また、電力などの測定期間を外部入力と同期させる機能を有し、測定対象の制御信号と同期させた区間測定を可能とした。

(9) 豊富なインタフェース機能

GP-IB, RS-232に加え、外部プリンタへの画面イメージの出力のためのセントロニクス出力を標準で搭載した。内蔵FDDへは、本器の設定情報、波形データ、測定値および画面イメージファイルの保存が可能である。保存した波形データは再度、本器へ読み込んで再解析が可能で、大容量のデータの保存が必要な場合にはオプションのSCSIインタフェースを使ってHDDやMOなどの外部メディアへのデータ保存が可能である。

4. 機能

新しいコンセプトにより実現した本器の特長な機能を示す。

4.1 変動電力測定

図5は消費電力が変化する家電機器の測定例である。電流値が増加するポイントをトリガ機能でとらえ、減衰してゆく様子を測定した。上段の数値は観測した電圧入力の、最初の立ち上がりから最後の立ち上がりまでの19周期の区間の電圧実効値、電流実効値、有効電力、電圧の周波数、電流ピーク値、力率、電流クレストファクタ(実効値とピーク値の比)の測定結果である。下段は波形表示で、電圧、電流瞬時波形と入力の1周期毎の有効電力のトレンド表示である。入力の電圧、電流波形と有効電力の変化を視覚的にとらえることができ、最大消費電力値や変化を測定するのに有効である。

4.2 区間電力測定

波形表示部でスタート、ストップカーソルを設定することにより、任意の区間の電力測定が可能である。電力値が激しく変化するコピー機など電力測定時に、波形として現象をとらえ、機器の動作状態毎の電力消費量を細かく解析することが可能である。

また外部入出力信号に測定対象機器の制御信号を入力することで、制御信号ON区間のみ、またはON/OFF周期と同期した区間の測定も可能である。

4.3 高調波解析

高調波電流抑制への関心の高まりから、近年の当社のデジタルパワーメータには高調波解析機能を搭載してきた。従来では、高調波電流抑制対策ガイドラインや海外規格への対応を目的とし、測定対象を商用周波数帯域、解析次数を50次までとしてきた。しかし、インバータのスイッチングによる影響や電力変換器の出力の品位の評価などに使用される用途が増えてきており、そのような用途では測定対象の周波数帯域、解析次数が不足していた。

そのため本器では、20 Hz ~ 6.4 kHzの広範囲の基本波周波数に対して最大500次までの解析を可能とした。電圧、電流、有効電力、皮相電力、無効電力などの次数毎の解析の他に、次数毎のインピーダンス、抵抗、リアクタンス演算機能により、電子部品の実負荷時の損失測定への応用も可能となった。500次までの膨大な解析結果は測定値のリスト表示だけでなく、バークラフ表示を実現し、各次数成分を視覚的にとらえられるようにした。

また、ロングメモリ、波形表示の特長を生かし、メモリに長時間(メモリサイズ4 Mワードの時、約20秒から60秒間。入力周期による。)のデータを記憶し、波形表示上の任意のポイントの高調波解析をすることも可能にした。

5. おわりに

本器は、広帯域と広い電流入力レンジの基本性能と高速サンプリングを生かした波形表示、波形解析などの豊富な機能により、インバータモータドライブの出力から、インバータ照明、変動が激しい機器の電力測定など広い分野での応用を期待できると考える。

参考文献

(1) 川辺清司, 他「高精度/広帯域デジタルパワーメータ2531」, 横河技報, vol. 38, no. 2, 1994, p. 75-78
 (2) 数見昌弘, 他「デジタルパワーメータWT110/ WT130」, 横河技報, vol. 40, no. 2, 1996, p. 41-44
 (3) 岩瀬久, 他「デジタルパワーメータWT1010/ WT1030 / WT1030M」, 横河技報, vol. 40, no. 4, 1996, p. 145-148