

高速信号処理技術を応用した 用途指向型電力モニタリングシステム

名古屋工業大学 工学研究科 鷗飼裕之

Professor Hiroyuki Ukai
Graduate School of Engineering
Nagoya Institute of Technology



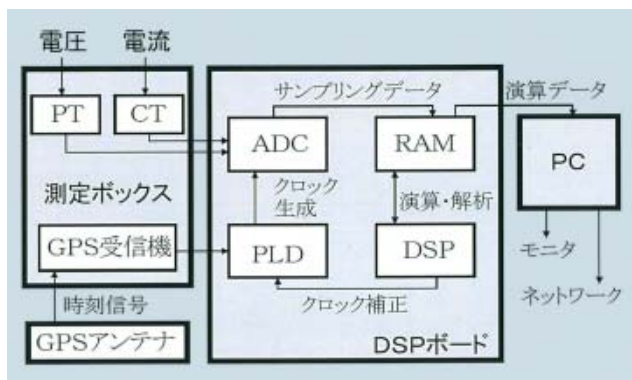
まえがき

電力自由化の進展により、今後、分散型電源を利用した電力取引が活発化し、電力系統内の潮流が複雑化することが予想される。一方、パワエレ機器の増加による高調波問題の顕在化、PCや精密機器などの高品質な電源を必要とする機器の増加など、電気エネルギー需給における電力品質の高信頼化の要求が高まる傾向にある。こうした中、近年、電力状態の監視・制御を目的として情報ネットワークに対応した電力状態監視システムの開発が進んでいる。たとえば、GPS信号を利用した多地点同期フェーザ計測装置(PMU)の広域電力系統の監視・制御への導入が検討されている。また、配電系統や需要家構内でもネットワーク対応型の電力モニタリング装置が実用化されつつある。従来これらの装置の仕様・構成は特定の用途に特化しており互換性がないものが多い。しかし、電圧・電流測定のための計測機能、波形解析・演算のための信号処理機能、データ転送のためのネットワーク機能はある程度共通している。したがって、これらの基本機能をモジュール化し、用途に応じて様々な仕様策定が可能な汎用的な装置をプラットフォーム化することで、電力系統全体において互換性をもち電力情報を共有することが可能なシステムを構築することができる。ここでは、電力・情報ネットワークに対応した用途指向型の電力モニタリングシステムの基本概念を試作した装置に基づいて述べるとともに、その基盤となる高速信号処理技術の例について紹介する。

用途指向型電力モニタリングシステム

ハードウェア構成

試作装置の概要を第1図に示す。



第1図 システムのハードウェア構成

装置は(1)計測モジュール(2)信号処理モジュール(3)ネットワークモジュールから成り、それぞれが有する機能は以下のとおりである。

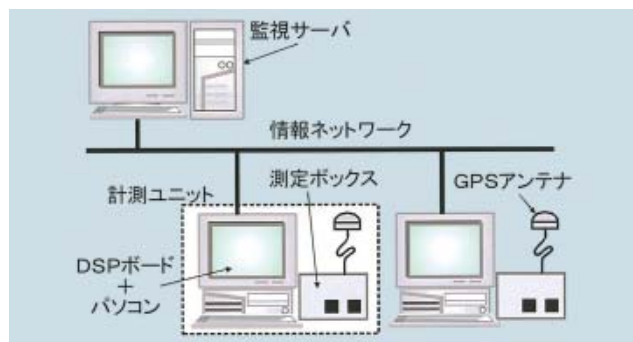
- (1) 計測モジュール：系統電圧・電流の瞬時波形の入力部である。必要に応じてGPS信号など時刻同期機能のための受信装置を有する。
- (2) 信号処理モジュール：電圧・電流の実効値・位相より電力・周波数などの状態量の算出、異常電圧の検出、電力品質にかかわる高調波、ひずみ波、インパルス的なストレスなどを算出するユニットで、必要な量の演算処理をリアルタイムで実行する心臓部である。ここでは、演算コアとして高速演算が可能でかつ低消費電力プロセッサである汎用DSPを用いている。また、高精度サンプリングの実現のために、GPS信号を用いたサンプリングクロック補正回路を有している。
- (3) ネットワークモジュール：ネットワークに接続するためのインターフェース部分。試作段階では、汎用PCを用いてデバッグ作業を行うが、用途に応じて様々なネットワークに最適なインターフェースを用いる。

ソフトウェア技術

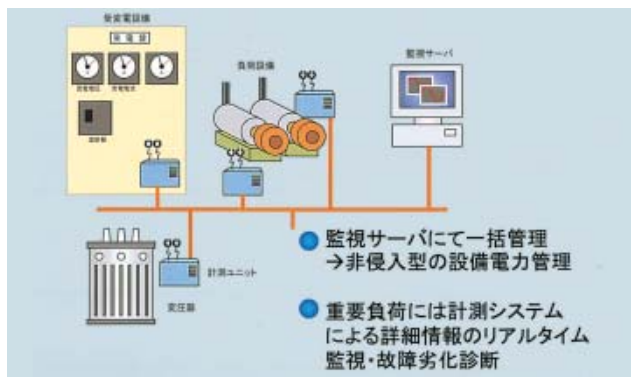
高速・高精度演算を実現する再帰的DFTに基づく電圧・電流波形解析をベースに、様々な用途に適合したソフトウェアを開発する。主な機能として、(1)基本的な波形解析機能(2)系統状態の監視・制御機能(3)電圧異常診断機能(4)需要家内電力設備に対する非侵入型故障診断機能および統合的エネルギーマネジメント機能、などが考えられる。

想定される用途・分野の例

配電系統での多地点同期監視システム(第2図)や需要家内設備診断システム(第3図)を例にとる。



第2図 配電系統監視システム



第3図 需要家内設備監視診断システム

第2図は配電系統への適用例である。装置を電力供給側の配電系統に繋がる電力設備等に取り付けることにより、送り側の電力品質と負荷変動に伴う電力品質の劣化等の測定を行い、配電変電所に設けた監視サーバに時刻同期した電力情報を転送し、グローバルな視点でエネルギーマネジメントを行う。第3図は需要家側での適用例を示すもので、需要家の電気設備・負荷設備に対するネットワーク対応型電気設備マネジメントシステムである。受電盤に取り付けた監視サーバにて、変圧器、負荷設備などの設備電力管理を一括して行う非侵入型設備管理システムをベースとしている。さらに、重要負荷に取り付けられた計測ユニットからは個々の設備の運転状況、運転履歴、故障などのデータが所内LANまたは電力搬送波を介して監視サーバに送信される。監視サーバでは通常のエネルギー管理とともに設備の寿命診断、予防保全、事故回避対策などが一括して行われる。

再帰的DFTアルゴリズムと誤差補正法

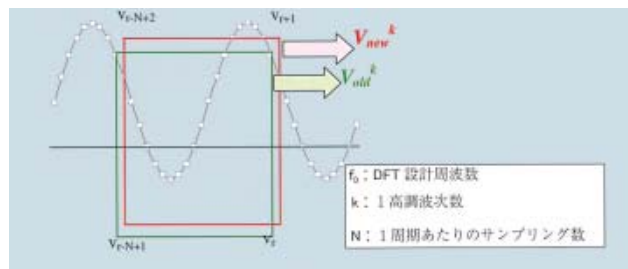
電圧・電流瞬時波形から、基本波 / 高調波実効値・位相を算出するために再帰的DFT (R-DFT) アルゴリズムを用いる。R-DFTとは、式(1)のように、直前のフェーザ V_t に最新の瞬時値 V_{r+1} を加え、1周期前の V_{r-N+1} を差し引くことにより、最新のフェーザ V_{r+1} を再帰的に求める手法である(第4図参照)。通常のDFTに比べて演算量が少なく、サンプリング周波数に依存しないのが特徴であり、瞬時波形解析などリアルタイム性が必要な演算に適している。

$$V_{new}^k = V_{old}^k + j \frac{\sqrt{2}}{N} (v_{r+1} - v_{r-N+1}) e^{-j2\pi f_0 k (r+1) T_s} \quad (1)$$

しかし、従来R-DFTにより算出される実効値には、入力周波数の設計周波数からの偏差に起因する誤差が生じ、精度が劣化するという問題があった。そこで、周波数偏差に起因するR-DFTの誤差の大部分を占める交流誤差成分を低減する手法を提案した。交流誤差成分には、

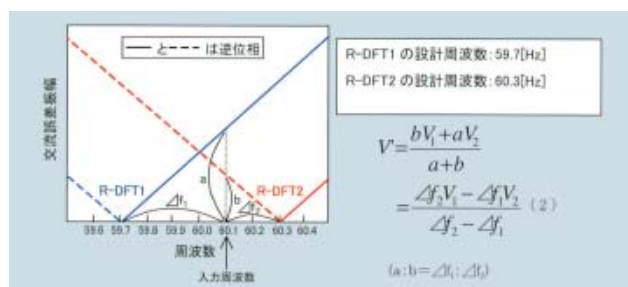
- ・ 誤差の振幅は設計周波数からの周波数偏差に比例して増加。
- ・ 誤差の周波数は入力周波数によって一意に決定
- ・ 周波数偏差の正負により位相は反転

という3つの特徴がある。そこで、異なる設計周波数を持つR-DFTを2つ同時に実行し、それぞれの実効値(V_1 、 V_2)



第4図 R-DFTアルゴリズム

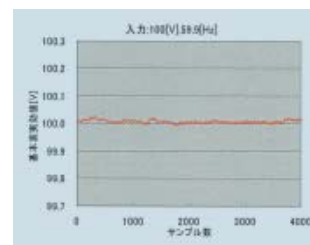
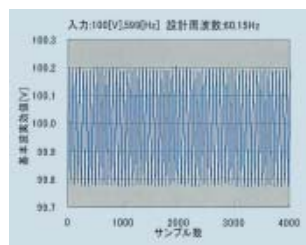
を加重平均することにより、交流成分を除去する。第5図に振幅補正係数(重み係数)の決定法を示し、補正式を式(2)に示す。ただし、周波数偏差は位相誤差から算出する。



第5図 振幅補正係数の決定法

実測結果

有効性を確認するために、試作した電力モニタリングシステムに提案法を実装し計測を行った。提案法の実装前と実装後の計測結果をそれぞれ第6、7図に示す。これらの結果から、提案法により、計測精度が改善されていることが確認できた。



第6図 実測結果(誤差補正なし) 第7図 実測結果(誤差補正あり)

まとめ

今後、電力ネットワークに情報ネットワークが重層的に連結し、多地点での電力情報の取得と広域的な管理・制御が可能な高機能・多目的な電力監視システムが設置されることが予想される。ここで紹介した用途指向型システムでは、共通となるハードウェア技術をプラットフォーム化することで互換性を有し、電力情報を共有しながら様々な用途に応じてフレキシブルに対応できる組み込みソフトウェアの開発が期待できる。

鶴飼裕之(うかいひろゆき)氏 略歴

- 昭和54年3月 名古屋工業大学計測工学科卒業
- 昭和54年3月 名古屋工業大学大学院工学研究科修士課程修了
- 昭和55年6月 大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程中途退学
- 昭和55年7月 名古屋工業大学助手
- 平成8年4月 同大学講師
- 平成10年6月 同大学助教授
- 平成17年4月 同大学教授