

リアルタイムシミュレータによる 電力システムのシミュレーション

名古屋工業大学大学院 工学研究科 電気・機械工学専攻 准教授 青木睦

Mutsumi Aoki
Nagoya Institute of Technology



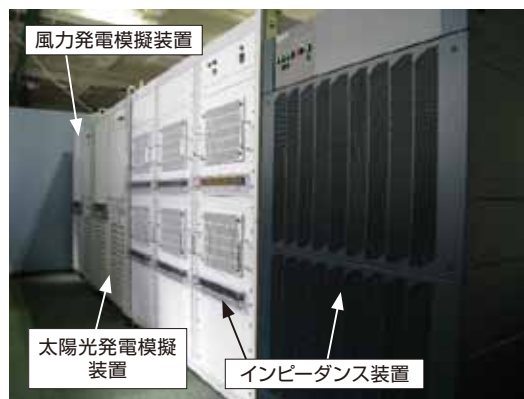
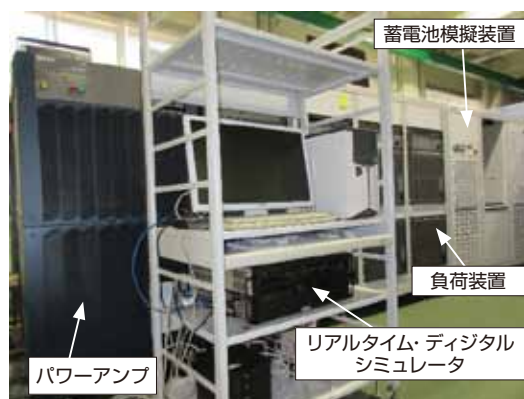
1.はじめに

現在、持続可能社会の実現やセキュリティを考慮したエネルギーシステムの構築に向けて、太陽光発電や風力発電などの分散型電源の積極的な導入が各方面で検討されている。このため、再生可能エネルギーシステムの大量導入に対応し、エネルギーの安定供給を実現する新しい電力システムの構築が課題となっている。この実現に向けて、既存機器に対する新しい制御法や新しい制御装置の開発が進められている。これらの実証試験のために、大学や企業などの研究施設内に分散型電源システムや蓄電池などの実験設備を導入した例が多く見られるが、設備の制約から、試験できる内容が限られていた。これに対し、本研究室では電力システムをコンピュータ上で模擬するリアルタイム・デジタルシミュレータ (RTS : Real-Time digital Simulator) を活用した研究開発を行っており、本稿では、その一例を紹介する。

2.PHILテストシステムの概要

実機やコントローラなどのハードウェアをソフトウェアのシミュレーションループに組み込んで検証および試験を行う手法は、Hardware-in-the-Loop (HIL) テストと呼ばれている。HILテストは、ハードウェアのテストシステムの全てを構築する必要がなく、一部をソフトウェアで模擬できるため、機器開発期間を短縮できる手法として注目されているものである。これを電力用に応用し、電力用アンプを介して実験対象機器とRTSとを連携した評価技術は、PHIL (Power Hardware-in-the-Loop) テストと呼ばれ、実機を電力システムにつながっているようにしてテストすることができる。その一例として、本学の設備は、電力システムモデルを実時間でシミュレーション可能なRTS (OPAL-RT Technologies社製 OP5600) と、これに結合する模擬配電設備とで構成されている。模擬配電設備は、RTSの演算結果の信号を実機の電圧レベルに増幅するパワーアンプ (交流電源)、太陽光発電模擬装置、風力発電模擬装置、電気自動車または定置用蓄電池を模擬した蓄電池模擬装置、負荷装置、配電線を模擬したインピーダンス装置から成る。太陽光

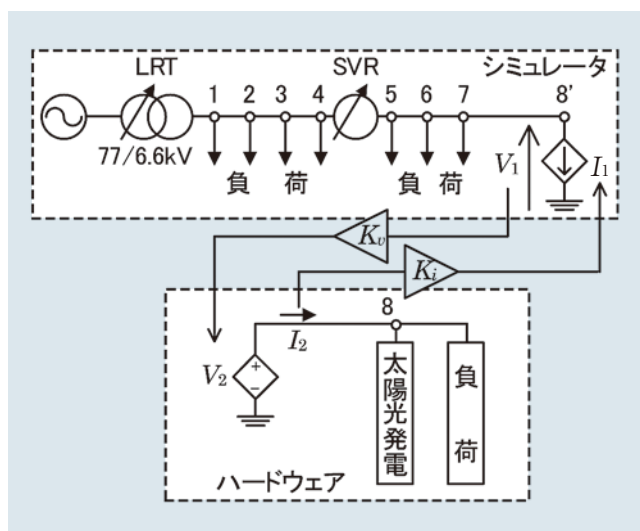
発電模擬装置および風力発電模擬装置では、屋上に設置された日射センサおよび風速センサから収集し蓄積されたデータを用いて、時々刻々変動する太陽光発電や風力発電の出力を模擬できるようになっている。このシステムにより、天候に左右されず様々な条件設定で試験が可能となる。設備の外観を第1図に示す。



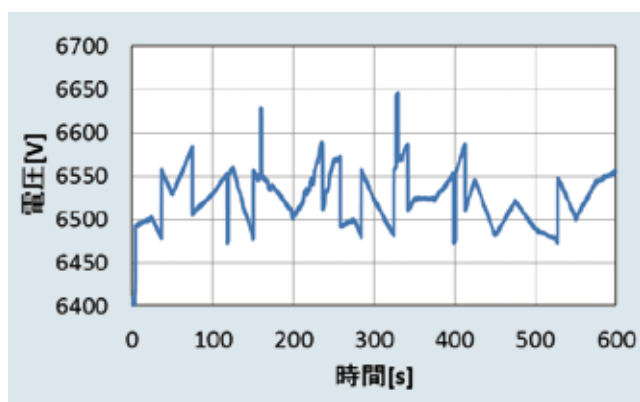
第1図 設備構成写真

3.PHILテストシステムの構築例

PHILテストシステムの一例を第2図に示す。このモデルは、配電用変電所の負荷時タップ切換変圧器 (LRT : Load Ratio control Transformer) を介して、8ノードの配電線を模擬したものである。ノード4とノード5の間には自動電圧調整器 (SVR : Step Voltage Regulator) が接続されている。ノード8'までのモデルをRTS上に構築し、RTSの演算によって得られたノード8'の電圧は、



第2図 PHILテスト構成図



第3図 ノード8の電圧

パワーアンプで模擬配電設備の定格電圧である200Vに増幅される。この例では前述の模擬配電設備のうち、太陽光発電模擬装置と負荷装置を接続している。パワーアンプからの出力電流は電流センサでアナログ信号に変換され、RTSにフィードバックされる。ハードウェア部分は6.6kV、4MVAを200V、18kVAに換算して構築しており、これに合わせて電圧および電流のフィードバックゲイン K_v 、 K_i を決定している。なお、このような大容量のハードウェアによるPHILテストシステムは、これまであまり前例がない。

この一連の動作において、RTSの演算時間、A/D変換およびD/A変換に要する時間の合計が1ステップの時間内に完結する必要があるため、RTSは実時間に対応した計算出力が可能となる性能が求められる。このように、PHILではシミュレータの出力はモデルの電圧の計算結果であり、シミュレータへのフィードバック信号はパワーアンプの出力電流になる。このような実装方法は電圧型ITM (Ideal Transformer Model) と呼ばれ、PHILの実装法で多く使用されるものである。しかし、A/D変換およびD/A変換に要する時間、パワーアンプによる時間遅れなどのため、第2図のようなフィードバックループ系で

不安定になることがある。これに対し、DIM (Damping Impedance Method) 方式を採用して安定性を向上させた。第3図にノード8の計測結果を示す。これはハードウェア側で計測した電圧を高圧側に換算した結果である。紙面の都合上、詳細を記していないが、ハードウェア側では太陽光発電装置の出力変動および定力率制御を模擬し、シミュレータ側では、LRTの一次側の電圧変動、および、LRTとSVRのタップ動作を模擬して本システムが動作した結果となっている。このように、LRTとSVRが接続された系統において、実機の太陽光発電システムが連系されている状況のシミュレーションが可能となる。

4.おわりに

本稿では、エネルギーシステム関連の実設備機器と、様々な社会システムを模擬するRTSとを結合したPHILテストシステムの例を紹介した。今回紹介したシステムにより、今後は、配電系統における分散型電源からの有効電力・無効電力変動や高調波の上位系統への影響などを検証していく予定である。

本稿で紹介した例のほかに、RTSを活用して、新しい制御装置やIED (Intelligent Electronics Device) の検証などの研究も行っている。

また、このように実機を使用することにより、実設備の特性を実感しながら試験ができるので、学内外の技術者の教育効果の向上も期待できる。今回用いたRTSでは、MATLAB/Simulinkを用いて、より複雑なモデルを作成することができるため、マイクログリッドから広域電力ネットワークまで様々な規模や条件で次世代電力システムに関する実証試験が可能となる。また、電気エネルギーシステム以外のエネルギーシステムのモデルを組み込むことができるため、多元的エネルギー源や制御装置を連携した新しい電力システムを構築する技術が検証できる。これにより、次世代の社会システムの構築技術に関する実践的な教育研究の推進を図ることができる。

これらのシステムを通して、エネルギーの安定供給を目指した次世代エネルギーネットワークを実現していきたいと考えている。

青木 睦 (あおき むつみ) 氏 略歴

1970年1月生
1994年3月 名古屋工業大学大学院工学研究科電気情報工学専攻 博士前期課程修了。
1994年4月 (株)トーエネック入社。
1999年3月 同大学院電気情報工学専攻博士後期課程修了。 博士(工学)。
2003年4月 名古屋工業大学大学院工学研究科助手。
2009年4月 名古屋工業大学大学院工学研究科准教授、現在に至る。 主に電力品質の診断・監視・制御システムに関する研究に従事。 電気学会、電気設備学会、IEEE会員。