

モジュール型電力系統実習装置の開発

電気電子情報工学専攻
電力系統工学研究

MA11132 一松 祥右
指導教員 藤田 吾郎

1. はじめに

先の東日本大震災をきっかけに、これまでの地球温暖化対策における脱化石エネルギーに加え、脱原子力エネルギーの動きが世界中で広まっており、これまでにないエネルギー革新が求められている。そして、マイクログリッドやスマートグリッドなどといった新たな電力システムの構築も同時に要求されている。よって、電力関係技術者のニーズは今後さらに増えると予想され、その育成が大学等に強く求められている⁽¹⁾。合わせて電気主任技術者資格取得者の増強も必要であるが、これには実体験を伴う電気設備の学習が不可欠である。また、電気設備を利用した学習は、現実的かつ実用的な電気の概念を理解することができる⁽²⁾。本研究では、これら電力関係技術者教育の一案として、電力系統機器を模擬するためにモジュール型に分割し、これらを組み合わせて実習を給することを提案する。

2. モジュール型電力系統実習装置

電力系統実習装置は既存のものであれば、市販品や特注品があるが、価格は極めて高価である。また検討事項の変更による改造の際にも業者に発注することになり、柔軟性が悪いという欠点がある。一方、自作品は安価ではあるものの、操作性に優れず耐久性も乏しい。また、いずれの装置でも複数の系統構成を一体化して製作されているため、固定化されてしまい、様々な事例の検討が行いにくい。これは、実習される側の学生に対し、系統構成全体が理解しづらい欠点がある。さらに、複雑な結線作業を行うことは実習としては有益であるが、誤配線による危険性もある。

これを踏まえ、本研究では新しいスタイルであるモジュール型電力系統実習装置を提案する。この装置の規格を図1に示す。左図はモジュールのデザイン、右図は実際の写真である。サイズは300[mm]四方で、電力系統を模擬した各々の機器を内蔵しモジュール内部で配線した上で、外面に端子を接続できるような構造になっており、取扱いが容易となるよう設計がされている。モジュール全体の設計正面パネルは左上にモジュールの名称を明記し、正面パネル上部から赤・黄・青の三相分の端子、緑の大地接地、及び黒の筐体接地を搭載している。また、内部機器を視認できるよう、アクリル製の窓を設置し、側面には仕様書を取り付けている。箱はアルミ製(一部鉄製)で、それぞれのパネルはすべてねじで固定している。電力系統実習装置をモジュール型にすることによって次の特徴を得る。

- (1) 回路の組み換えおよび改造がしやすく、また電力回路部分を統一したデザインとしており、理解が容易である。
- (2) 使用者はモジュールごとの機能と、実習系統全体の関連に対する理解が深まる。
- (3) 大幅な改造が生じて正面パネルの交換のみで、ハウジング部分は流用可能で廃棄物の低減にも貢献できる。
- (4) 使用電圧を200[V]、最大使用電流を10[A]程度としているため、コンパクトで、省スペースとなる。
- (5) 使用するモジュールと使用しないモジュールの配置を入れ替えれば、収納する場所を準備する必要がなくなる。

3. モジュールを使用した実習

本研究は2011年度から始動し、初年度は9個の基本的なモジュール(送電線路、進相コンデンサ、配電線路モジュール、変圧器、誘導機負荷など)を製作した。2012年度は新規モジュールの製作を行い、現在は15種類製作し、合計24個となった。これらモジュールを使用し、さまざまな実習を行うことが可能となる。たとえば、電力系統における基本的な実習として、三相交流回路や単相交流回路、無効電力補償、同期運転などが挙げられる。以下、モジュールを使用した実習について紹介する。

3.1 無効電力補償実習

電力系統における送電系統では、無効電力を調整して電圧調整を行う。図2に回路図、及び図3に結線の様子を示す。電圧・電流計、送電線路、誘導性負荷、および進相コンデンサのモジュールを組み合わせることで、無効電力による電圧の変動および調相設備について学ぶことができる。誘導機モジュールを2台と2つのコンデンサを搭載した進相コンデンサモジュールを1台設置する。各々のモジュールはスイッチのオンとオフができるように設計されている。

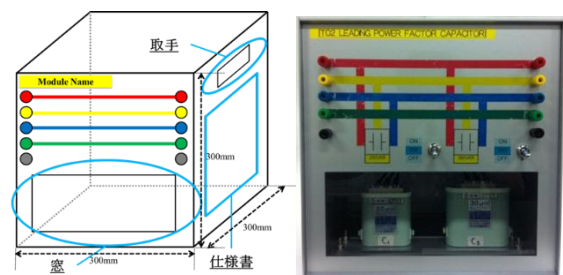


図1 モジュール型電力系統実習装置の規格

3.2 誘導発電機実習

誘導電動機は同期速度以上になると、誘導機内部の起電力の位相が電源電圧より進みになり、発電機の特性を得る。図4に誘導発電機実験モデルの概要図を示す。2台の誘導機を組み込んだモジュール(IM-IMセット)が設計段階のため、现阶段ではカップリングで連結されており、この連結部分からタコメータを使い回転速度を読み取る。また、デジタルマルチメータを使い電源側とインバータ側の電圧、電流、有効電力、無効電力を計測する。なお、電圧・電流計モジュールや三相電力量計モジュールはアナログ式のため、正確な値を読み取るためではなく、実習する人間の視覚的な理解を促す狙いでこの実験に組み込んでいる。インバータからの出力を50[Hz]にした後、電源側から3相200[V]を供給し、2台の誘導機を平衡状態に保つ。その後、インバータの出力を徐々に上昇させていき、誘導機の回転速度が同期速度になるようにする。理論上では、誘導機が同期速度以上に達すると電源側の有効電力が負の値になり、誘導機が発電機の役割を果たすことになる。

表1に実験結果を示す。また、図5に50[Hz]と60[Hz]時の理論値と実験結果を示す。インバータの周波数を50[Hz]から2[Hz]刻みで上昇させ、60[Hz]まで回転速度と有効電力(電源側)を計測した。実験結果より、有効電力 P_1 (電源側)が52[Hz]から負の値となり、発電の役割を果たしていることがわかる。

4. まとめ

本研究によって、シミュレーションソフトを用いた学習だけでなく、今回開発した実習装置を扱うことで、電力系統工学の学習促進に貢献できると考えている。引き続き新たなモジュールの製作は行い、実習構成のさらなる拡張と並行し、実習が教育的な目標を果たしているかどうかとも検証していく。

参考文献

- (1) G. Fujita, "Discussion on Power System Management", The 4th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC) Symposium, (2010-2, Tokyo)
- (2) Wei-Nan Chang, "A Flexible Voltage Flicker Teaching Facility for Electric Power Quality Education", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 13, No. 1, February 1998

研究業績

- (1) Yosuke Hitotsumatsu, Goro Fujita, "Proposal of New Module-style Power System Training Device", 47th International Universities' Power Engineering Conference, PS27-78, (2012, London)
- (2) 一松祥右, 坂井直樹, 三岡功治, 藤田吾郎, 竹本泰敏, 「モジュール形電力系統実習装置の提案」, 電気学会 全国大会, 1-005, pp. 7-8, (2012)
- (3) 一松祥右, 坂井直樹, 三岡功治, 藤田吾郎, 「モジュール形電力系統実習装置の提案」, 工学教育研究講演会 年次大会, 3-343, pp. 574-575, (2012)

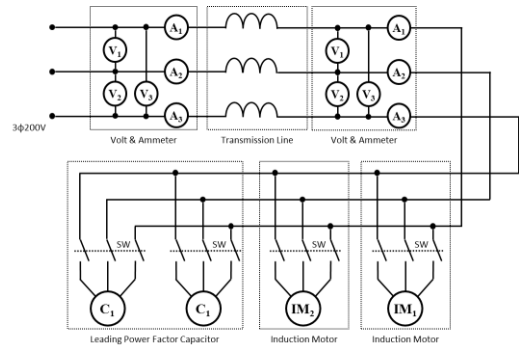


図2 無効電力補償実習の回路図

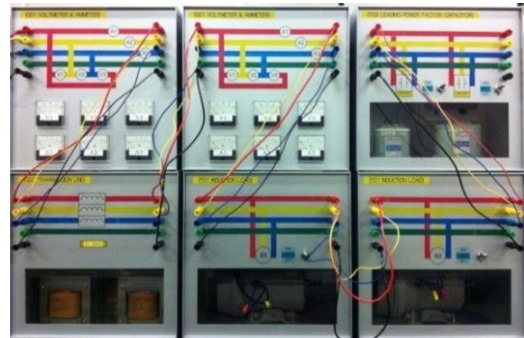


図3 無効電力補償実習の結線の様子

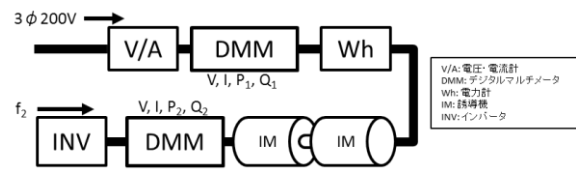


図4 誘導発電機実験モデル

表1 誘導発電機実験

周波数 f_2 [Hz]	電圧 V_1 [V] (電源)	周波数 f_1 [Hz]	回転速度 N [min ⁻¹]	有効電力 P_1 [W] (電源側)
50	200	50	1499	47
52			1521	-18
54			1540	-76
56			1557	-121
58			1570	-161
60			1580	-187

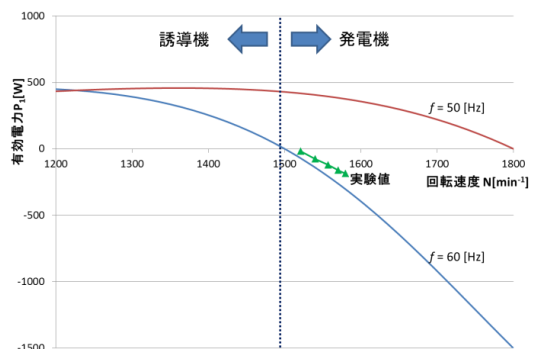


図5 誘導発電機実験