

モジュールタイプ超小型発電ユニットの開発

電気電子情報工学専攻

電力系統工学研究

MA11036 おおかわ たかひろ
大川 貴宏

指導教員 藤田 吾郎

1. はじめに

電力関係技術者は、電力会社や電気設備会社などの業界から長い間一定のニーズがあり、その育成が大学に求められている。そこで実体験を用いた経験が電力系統における理解を深めるために必要と考え、モジュール形電力系統実習装置について注目した。しかしながら従来のモジュール形電力系統実習装置は特注品や市販品であれば高価なものであるため入手するのは非常に困難である。その他回路構成がほとんど決まってしまうため回路の組み換えが容易に行えず、また配線やそれぞれの機器の動作について十分な理解を得ることができなくなる可能性がある。そこで本研究では新しい形のモジュール形電力系統実習装置の提案を行い従来の実験装置よりも安価で小型であり回路の組み換えが容易な装置の製作を行い、様々な電力系統を模擬した実験を行えるようにする。本稿では、その発展として同期発電機を用いたモジュール型発電機実習装置の開発を行い、様々な発電所模擬や机上での発電機実習が可能とすることを目的として研究を行う。

2. モジュール形電力系統実習装置

図 1 に今回提案するモジュール形電力系統実習装置の簡略図を示す。

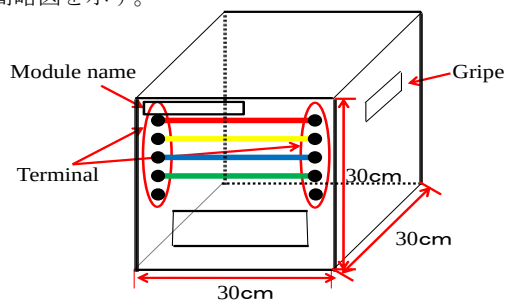


図 1. モジュール型電力系統実習装置

大きさは縦、横、高さ 30cm の立方体であるため従来の実験装置よりも小型であり、また一つの箱に対して一つの装置を組み込んでいるため回路の組み換えが容易であり、一つ一つの機器についての理解を深めることができるとともに系統全体の流れを理解するのが容易である。モジュール間等はバナナ端子で接続を行う。

本稿で製作を行う発電ユニットは、以上のようにモジュール型であるため、様々なオプション品の取り付けが可能となり、最終的な機能としては下記のようにバリエーションを持たせ、発電機実習が可能となる。

- ・マニュアルの電圧調整機能(励磁電流調整)だけが備

わった発電ユニット。

- ・ AVR モードが加わった発電ユニット。
- ・ ガバナ機能が加わった発電ユニット。
- ・ AQR が加わった発電ユニット。
- ・ 同期調相機の模擬も可能なユニット。

3. 超小型発電ユニット

本稿において、製作を行う発電ユニット全体の概要図を図 2 に示す。

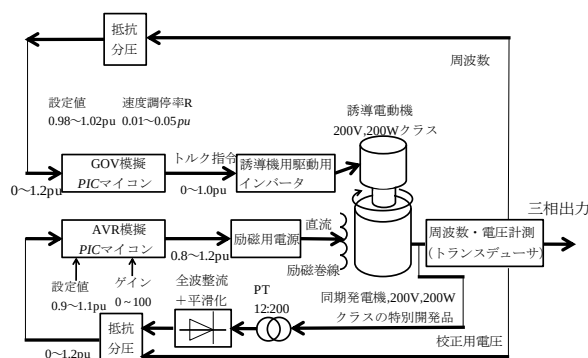


図 2. 超小型発電ユニット

今回提案する発電ユニットは、様々な回転型の発電形式の模擬することを可能にするため、様々なオプションを設ける。また、発電機には定各線間電圧 200V、定格容量 200W の三相同期発電機を用い 200V、200Wクラスの巻線型三相誘導電動機により駆動する。製作を行うにあたり、まずは各機器ごとに製作を行い動作特性を確認したうえでモジュールに組み込み、発電ユニットとして動作させる。製作においては次の 5 つのブロックに分けて製作を行う。

(1)同期発電機・誘導電動機 M-G セット

同期発電機のロータ部分のみ設計を行い、誘導電動機および同期発電機のステータについては三菱電機製の標準三相モータ、スーパーラインシリーズ SF-JR、4 極、2.2[kW]、三相 200[V]を使用する。

(2)PIC マイコンを用いたガバナ・AVR

数値モデル^{[1][2]}をもとにプログラミングを行う。

(3)誘導機駆動用インバータ

東芝高性能インバータ VFAS1-2004PL を使用する。トルク制御が可能であるため、定トルク出力で回転速度が可変である。

(4)励磁用直流電源

OP アンプを用いて製作を行う。入力と出力の電圧は等しく、電流のみ出力側が増幅される。

(5)変圧・三相全波整流回路。

変圧器は東栄変成器、小型機器組み込み用変圧器 J253 を使用する。一次電圧は 90V/100V/110V、二次電圧は

1.25V/2.5Vである。この変圧器を Y-Y 結線することで約 200/4.3[V]が得られるため現段階ではこれを用いる。三相全波整流回路については PIXYS VUO 62-16 NO7 を使用する。整流後の平滑化については RC 回路を用いて行う。シミュレーションにより得られた時定数の最適値が 0.02s となった。この値を RC 回路で模擬するため R、C の値をそれぞれ 2k Ω 、10 μ F とした。

4. 実験

(a) 無負荷試験・三相短絡試験

まずは同期発電機の基本特性を検証するため、特性試験(無負荷試験、短絡試験)を行った。そこから無負荷飽和曲線、短絡曲線を描き、そこから同期インピーダンスを算出する。実験回路を図 5 に示す。実験結果は図 6 に示すとおりとなった。同期インピーダンス Z_s を式(1)に示す。

$$Z_s = \frac{V_n}{\sqrt{3}I_s} = \frac{200}{\sqrt{3} \times 1.25} = 92.4\Omega \cdots \cdots (1)$$

V_n : 定格端子電圧

I_s : V_n を出力する励磁電流を流した時の三相短絡電流

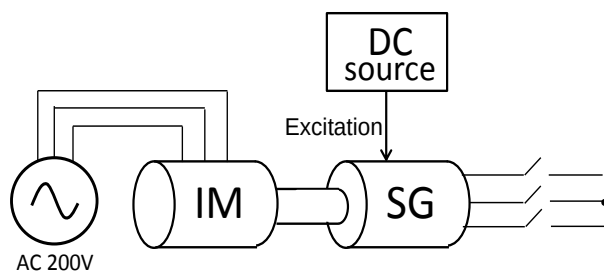


図 3. 実験回路

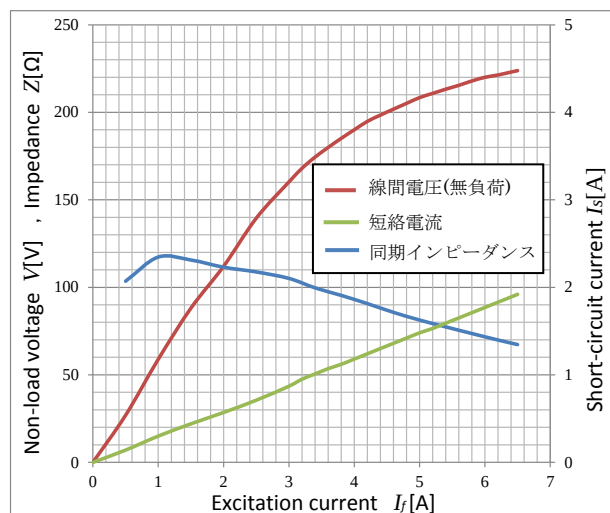


図 4. 特性試験結果

(b) トルク制御試験

定格トルクの算定を目的とし試験を行う。本研究で使用しているインバータは電圧の外部入力によりトルク制御が可能である。その際の電圧とトルクの関係は $1V=0.1N \cdot m$ であり 10V で定格トルクが得られる。本稿では、電圧指令値を -10V ~ +10V まで 1V ずつ上昇させ

た際のトルクをトルクメーターを用いて計測した。実験回路を図 5、実験結果を図 6 に示す。

図 6 より、計測した値では電圧指令値の土により大きく誤差が出てしまった。しかし、理論的には最大値と最小値の値は等しくなるため、現段階では補正をかけた赤の曲線を今回製作した発電ユニットのトルク特性曲線とする。そこから得られた定格トルクの値は式(3)に示す。

$$T_{rated} = 1.089N \cdot m \cdots \cdots (3)$$

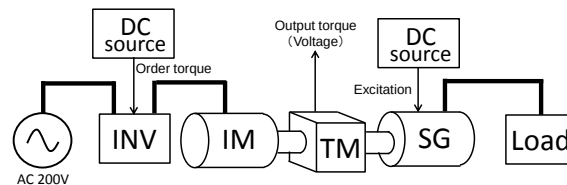


図 5. 実験回路

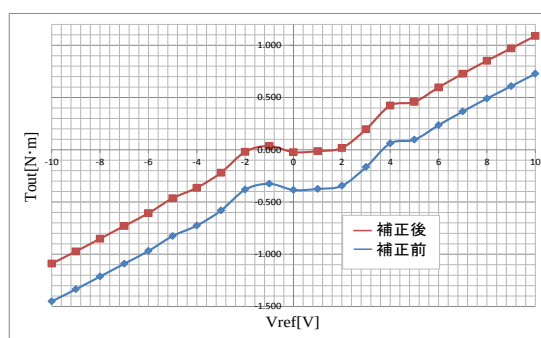


図 6. 実験結果

5. まとめ

本稿では発電ユニットを製作し、M-G セットの特性検証を行った。トルク制御試験においては、誤差は出てしまったものの、補正後の曲線が原点を通り、また最大・最小値の絶対値の値が等しくなったため、問題はないと考える。本稿では、発電ユニットの動作特性および、トルク特性を明らかにした。今後は AVR・ガバナ等オプション品の製作を行い超小型発電ユニットとして動作させていくとともに、シミュレーションモデルを作成し、実験結果との比較検討を行っていく。

文 献

- (1) P.Kundur, "Power System Stability and Control", McGraw-Hill Inc.(1994)
- (2) 谷口治人編著 「電力システム解析-モデリングとシミュレーション」 オーム社(2009-8)

研 究 業 績

- (1) 大川貴宏, 藤田吾郎, 小野賢人, 竹本泰敏, 潮湖肇夫「モジュールタイプ超小型発電ユニットの開発」電気学会 B 部門大会, No.P35 (2012-9, 北海道大学)
- (2) 大川貴宏, 藤田吾郎, 竹本泰敏, 真田正「回転型周波数変換装置の出力特性の検証」電気学会 B 部門大会, No.4-188, pp.15-16(2011-8, 福井大学)
- (3) Takahiro Okawa, N.X.Tung, Goro Fujita, Yasutoshi Takemoto, Horikoshi kazuhiko, "Fault Current Limiter based on Series Active Compensator" APEC pp. 1564-1568 (2011-3, Fort Worth, TX, USA)