

# 小型同期発電機実験システムの構築

AE17063 田村鴻樹

指導教員 藤田吾郎

## 1. はじめに

現在、教育用電力実習装置には、送電事故を模擬することのできる模擬送電線実習装置、漏電遮断器や配線用遮断器の特性試験などの実習を行うことのできる装置がある。しかし、これらの装置は一般的に大型で組み換えの自由度が低く、装置ごとに決まった模擬や実験しか行うことができない。今回は、本研究では容易に組み換えができ、自由度の高いモジュール型装置を用いた実験を構築することを目的とする。そこで、現在で、導入増加している再生可能エネルギーのなかで、最も安定的に発電することのできる小水力発電に注目した。机上において、タービン特性から発電機特性を学習することが可能である小型同期発電機システムの構築を行う。また、負荷もしくはその他のモジュールと組み合わせることで系統を模擬し、実験を行う。

## 2. モジュール型電力系統実習装置<sup>[1]</sup>

モジュール型電力系統実習装置は既存の電力系統実習装置とは異なり、コンパクトな箱型である。既存の市販品である大型の実習装置は非常に高価であり、また改造が困難であるため様々な実験に対応する柔軟性に欠けている。これらの問題を踏まえ製作された実習装置が図1に示すような、モジュール型電力系統実習装置である。

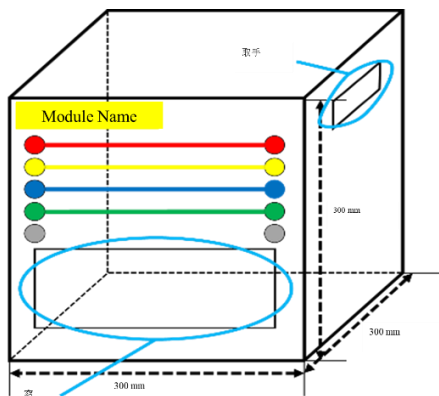


図1 モジュールの規格

## 3. 同期発電機システム概要

図2に小型同期発電機システムの構成図を示す。システムは、インバータモジュール、Induction Motor-Synchronous Generator(以下IM-SG)モジュール、コントローラモジュールの三つのモジュールで構成される。この

システムでは、インバータと誘導電動機を用いて水車タービンを模擬し、同期発電機により発電を行うことで、水力発電を模擬している。インバータに指令する周波数と同期発電機に入力する励磁電圧はArduinoを用いて制御を行う。

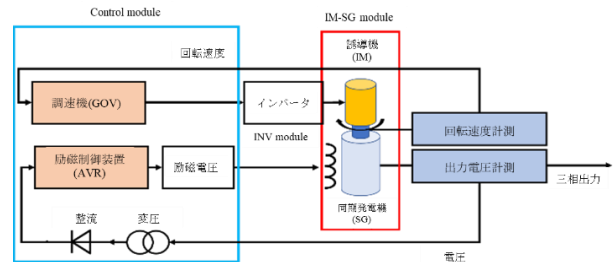


図2 小型同期発電システムの構成

## 4. 小型同期発電実験装置の製作

### 4.1 IM-SGモジュール

入力端子側に三相誘導電動機が、出力端子側に三相同期発電機が接続されている。回転数を計測するためのタコメータを内蔵し、誘導機に取り付けた歯車の回転を磁気センサにより計測しタコメータへ表示する。計測した回転数を、コントローラモジュールを通しインバータモジュールにフィードバックすることで制御を行う。また、コントローラモジュールから出力される励磁電圧を調整することにより発電する電圧を調整する。今回製作したIM-SGモジュールを図3に示す。

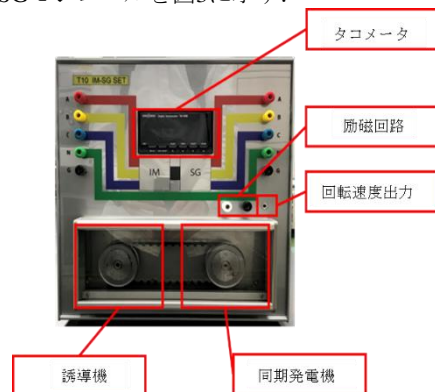


図3 IM-SGモジュール

### 4.2 コントローラモジュール

コントローラモジュールは、デジタルマルチメータ(DMM)、スイッチング電源、Arduino、リレー、直流電源を内蔵している。DMMはArduinoで電圧の制御を行うために、発電機より得られた電圧をArduinoに入力でき

るように電圧を降圧する。スイッチング電源は整流回路として作用する。Arduinoは、計測した回転数と電圧を元に、出力が目標値に追従するように制御指令を出力する。リレーは電圧が入力されることで作動する。直流電源はIM-SGモジュールに入力する励磁電圧の電源として使用する。今回製作したコントローラモジュールを図4に示す。



図4 コントローラモジュール

### 4.3 コントローラの設計<sup>[2]</sup>

MATLABのSimulinkを用いて回転速度制御と電圧制御のモデルを作成した。計測した回転速度と電圧を、PI制御を用いて出力が目標値に追従するように制御を設計した。作成したSimulinkモデルを図5、図6に示す。

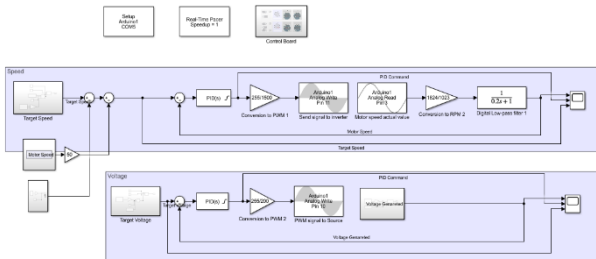


図5 Simulinkモデル(上段:回転数制御, 下段:電圧制御)

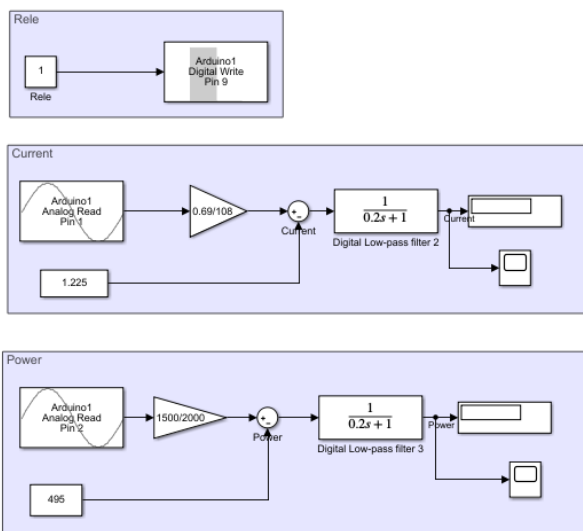


図6 Simulinkモデル(上段:リレー制御, 中段:電流計, 下段:電力計)

## 5. 動作実験

動作実験では、製作した小型同期発電機実験システムに、負荷抵抗器を接続し、負荷投入量に応じ出力を制御できているか確認を行った。本実験では、発電電圧を200 Vに設定し、9秒時から2秒ごとに負荷を増大させた。実験より得た回転速度波形を図7に、電圧波形を図8に示す。

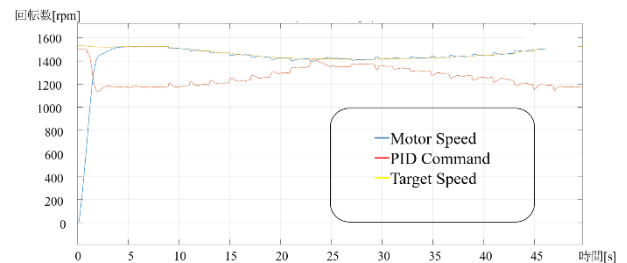


図7 回転速度波形

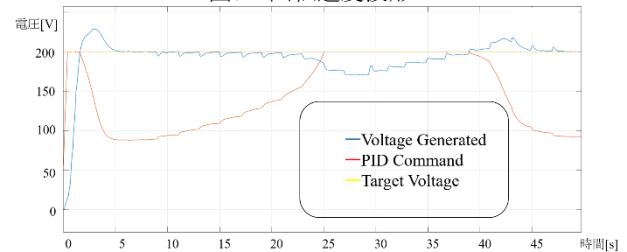


図8 電圧波形

## 6. 考察

図7、図8より負荷投入後において、回転数と電圧が降下することが確認できた。また負荷解放時に回転数と電圧が上昇することも確認でき、droop制御が行えていることが確認できた。

## 7. まとめと展望

本研究では、机上で容易に同期発電機の実験が可能にすることを目的として行った。製作した小型同期発電機実験システムを負荷に接続し、動作試験を行った結果、負荷抵抗が加えられた際の変動を観ることができた。

展望として本研究で提案した小型発電機実験システムを教材として活用可能と考えられる。負荷変動評価をはじめ、他励式や自励式といった励磁方式の模擬も追加していく予定である。

## 参考文献

- [1] 一松祥右, 藤田吾郎, 坂井直樹, 三岡治功  
「モジュール型電力系統実習装置の提案」  
日本工学教育会 工学教育 61-2(2013)
- [2] 電気学会技術報告書 第1443号(D部門)  
「発電機励磁系の仕様と特性」  
一般社団法人 電気学会 (2018)