

# 小型同期発電機実験システムの構築

AE16035 座間健輔

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。そこで，本研究では容易に組み換えができ，自由の利くモジュール型装置を用いた実験を構築する。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システムを模擬することを目的とする。

## 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のが，モジュール型電力系統実習装置である。この装置の規格を図1に示す。縦，横，高さ各300 mmの立方体の箱に機器を内蔵している。装置の前面に端子を設けることにより他の装置との接続を端子間のみで行うことができ，効率的な実験を可能にしている。また，装置の前面に内部の機器や構造が分かるようにポリカーボネートパネルに簡易的な配線や機器などを図示し，さらに直接内部の機器が確認できるよう窓を設置したものもある。

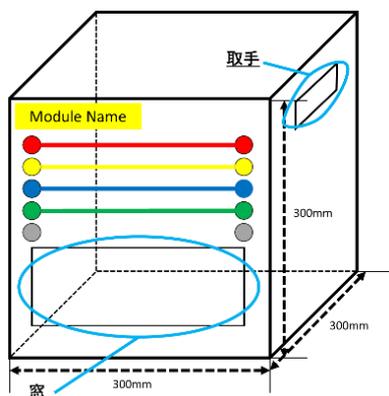


図1 モジュールの規格

## 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と概要図を示す。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3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，水力発電を模擬可能である。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。

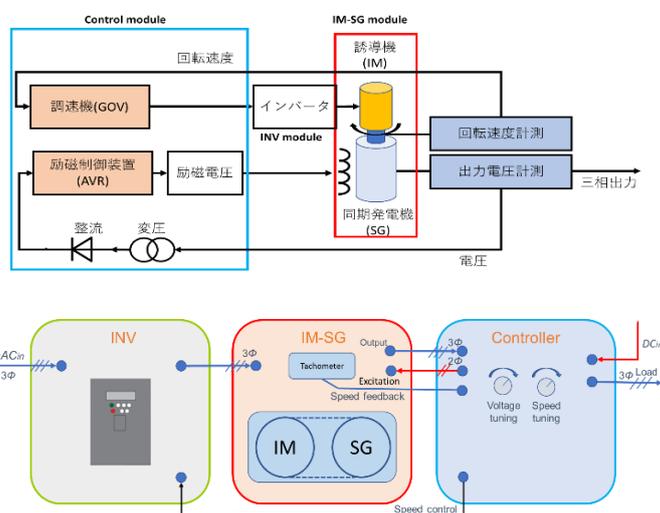


図2 小型同期発電システムの構成と概要

## 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を接続，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に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，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により発電する電圧を調整している。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には、変圧・整流回路、Arduino、直流電源を内蔵している。変圧・整流回路は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し、整流する。Arduinoは、得られた回転数と電圧を、取り付けられた調速制御装置(GOV)と励磁制御装置(AVR)の指令値を調節するダイヤルにより定められた値となるように制御している。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ため設置している。

## 4.3 コントローラの設計<sup>[2]</sup>

MATLABのSimulinkを用いてGOV制御とAVR制御のモデルを作成した。計測した回転速度と電圧を、PI制御を用いて目標値が出力されるように制御を設計した。作成したSimulinkモデルを図4に示す。

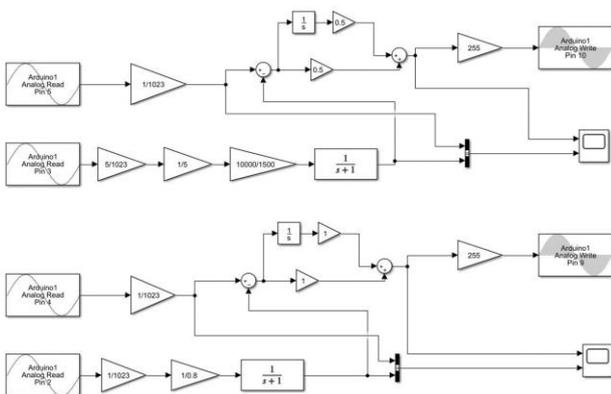


図4 Simulinkモデル(上段:回転数制御, 下段:電圧制御)

## 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200Vに設定し、負荷は200Wを投入した。実験より得た回転速度波形を図5に、電圧波形を図6に示す。

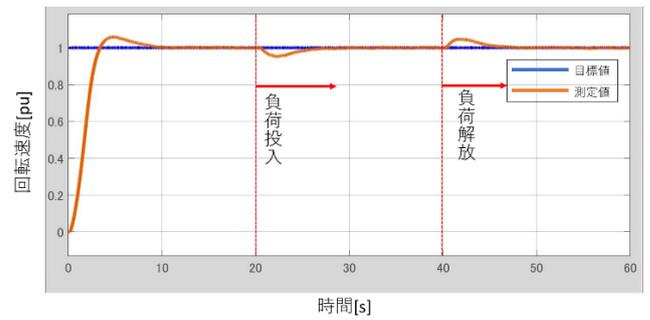


図5 回転速度波形 (1 pu = 1500 rpm)

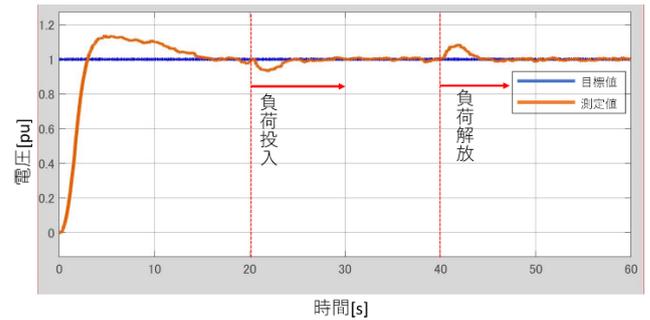


図6 電圧波形 (1 pu = 200 V)

## 6. 考察

図5, 図6より負荷投入後と開放後において、一時的に回転速度と電圧が低下もしくは上昇しているが、低下後、上昇後は回転速度と電圧の値がそれぞれ目標値におよそ4秒以内で追従しており、期待通りのPI制御特性が得られた。

## 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、負荷変動に対応し発電制御を行うことができた。

展望として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, 三岡功治  
「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)