

小型同期発電機システムを用いた発電機の並列運転

電気電子情報工学専攻
電力システム工学研究

MA21088 田村 鴻樹^{たむら こうき}
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。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し、また、机上において、発電機を並列運転し、その発電機特性を学習する。

2. モジュール型電力系統実習装置⁽¹⁾

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、モジュール型電力系統実習装置である。

3. 同期発電機システム概要

Fig. 1 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。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。

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 Fig. 2 に、仕様を Table 1 に示す。

<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。

<4.3> コントローラの設計

MATLAB の Simulink を用いて、計測した回転速度と電圧を、PI 制御、droop 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。

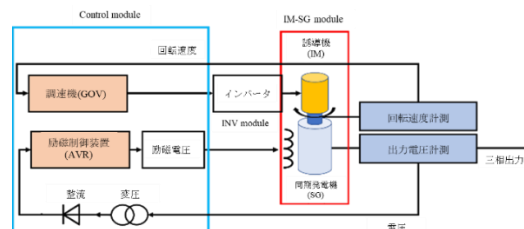


Fig. 1 小型同期発電システムの構成

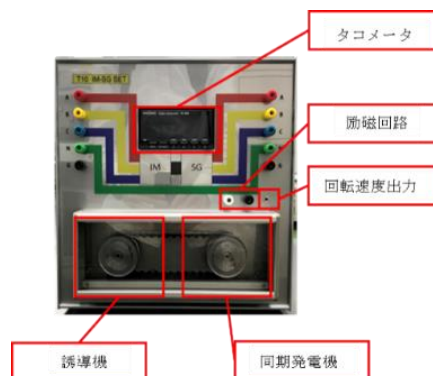


Fig. 2 IM-SG モジュール

Table 1. IM-SG モジュールの仕様

定格電圧	200V
定格電力	200W
定格周波数	50Hz
定格回転速度	1500min ⁻¹
極数	4 極



Fig. 3 コントローラモジュール

5. droop 制御⁽²⁾

droop 制御とは、負荷に応じて出力周波数を低減させる制御のことで、二台のインバータを使い負荷を加えた場合、均等に負荷が加わるわけではなく、どちらか一台のインバータの負荷が大きくなり、それに伴い、出力電流が大きくなり、振動や発熱を引き起こす。これを解消させる制御のことである。

6. 並列運転実験

並列運転とは、二台以上の発電機を並列に接続することで、一台の時よりも多くの電力を得ることが可能である。多くの電力を得る以外にも、複数ある発電機のうち、いくつかが故障し停止したとしても、電力の供給を止めさせないことも可能である。しかし、並列運転をするには、それぞれの電圧、周波数、位相を合致させなければならない。電圧が等しくない場合、横流と呼ばれる無効電流が流れ、異常過熱が生じる。周波数が等しくない場合、有効横流が流れ、発電機間で有効電力の受け渡しが発生する。周波数の差が大きい場合、脱調する。位相が等しくない場合、並列運転は続けるが、位相差が大きい場合、発電機が解列し、並列運転ができなくなる。今回の実験では、製作した小型同期発電機実験システムを二組用意し、同期検定器に

接続する。二組とも、同電圧、同周波数を出力し、同期が可能かを検証する。同期検定器を Fig. 4 に、実験風景を Fig. 5 に示す。

7. 実験結果・考察・展望

本論では、机上で発電機の並列運転が可能かを検証することを目的として実験を行った。製作した二組の小型同期発電機実験システムを同期検定器に接続し、動作試験を行った結果、一方の発電機がモータの役割をし、同期をとることができなかった。原因として、一点は、それぞれ異なる PC を使ったために計算速度の差異による点、もう一点は、ハードがもたらす漏れ電流やノイズによる点が考えられる。それらの点を改善しながら、並列運転を行う予定である。

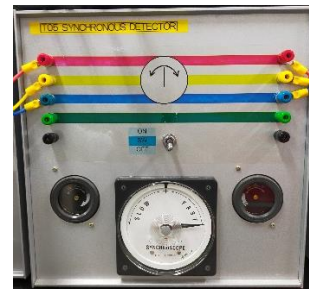


Fig. 4 同期検定器



Fig. 5 実験風景

文 献

- (1) 一松祥右ほか：「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, pp.61-62 (2013)
- (2) 大城将人ほか：「無効電力出力分担を考慮した配電系統の電圧制御法」, 電気学会論文誌 B, 130 巻, 11 号, pp.972-980 (2010)

代表的な研究業績

- (1) 田村鴻樹, 藤田吾郎：「小型同期発電機実験システムの構築」, 令和 3 年電気学会 B 部門大会, No.234
- (2) Koki Tamura, Goro Fujita：「Construction of a Small Synchronous Generator Experimental System」, SEATUC, Malaysia (2022)
- (3) 田村鴻樹, 藤田吾郎：「小型同期発電機実験システムを用いた発電機の並列運転」, 令和 4 年電気学会 B 部門大会, No.272