

ディーゼル発電機のリアルタイムシミュレーターの構築

AE15018 小澤航一郎

指導教員 藤田吾郎

1. はじめに

離島などの小規模分散電源系統では、内燃機関を主電源に用いている。内燃機関においては、原油を燃料とし発電を行うため二酸化炭素の排出などの環境問題や、エネルギーセキュリティへの関心の高まりから、再生可能エネルギーを用いた発電が求められている^[1]。しかし、再生可能エネルギーは天候の変化による出力変動が大きく、系統連系時に電力品質の低下が懸念される。小規模分散電源系統では内燃機関において、ガバナ(Governor)機能による周波数制御やAVR(Automatic Voltage Regulator)機能による電圧制御をすることにより、出力変動に対応する必要がある。

本研究では、小規模分散電源系統における主電源であるディーゼル発電機に着目し再生可能エネルギーによる出力変動からの影響評価を可能とするために、ディーゼル発電機のリアルタイムシミュレーターの構築を目的とする。研究室規模での模擬を可能とするためにディーゼル発電機を直流電動機と同期発電機を用いて構築を行い有効性を確認する。

2. 対象モデル

2.1 モデル概要

ディーゼル発電機を模擬する際MATLAB/Simulink上のディーゼル発電機モデルを参考にする。図1に対象モデルの概略図を示す。

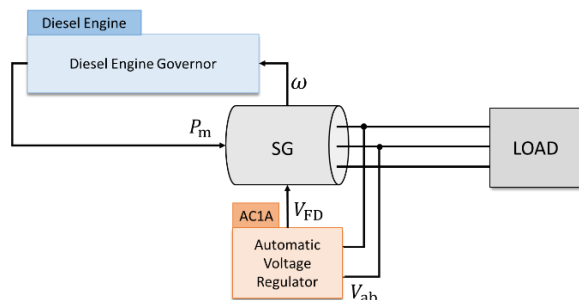


図1 ディーゼル発電機モデル概略図

本モデルは、同期発電機、ディーゼルエンジンガバナ、励磁機(AC1A)により構成される。ディーゼルエンジンガバナにおいては、角速度を入力値とし、PI制御を行った後、ディーゼルエンジンにおける機械出力として出力をする。励磁機はIEEEの標準モデルであるAC1A^{[2][3]}が採用されている。AC1Aは、整流器を備えた主励磁機

で構成され、発電機の発電電圧と界磁電流を入力とし、界磁電圧として出力を行う。

2.2 解析条件

定格回転速度 $1500[\text{min}^{-1}]$ 、発電電圧は $200[\text{V}]$ とする。解析時間は発電機の始動後、定常状態から40秒とし、解析開始から20秒で負荷を投入する。負荷の大きさは $100[\Omega]$ とした。

2.3 結果

以下にシミュレーション結果として、ディーゼル発電機の回転速度波形、出力電圧波形を図2、3に示す。本研究においてはこの結果を基準として評価を行う。

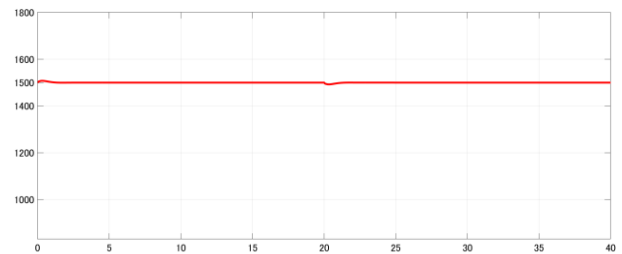


図2 ディーゼル発電機の回転速度出力波形

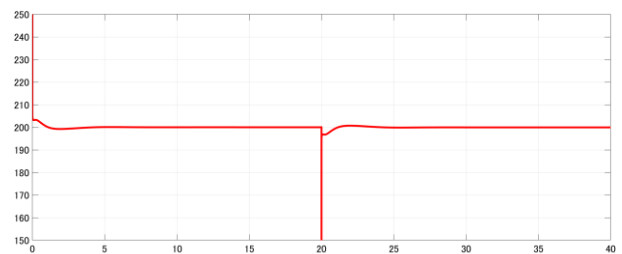


図3 ディーゼル発電機の出力電圧出力波形

3. 模擬回路の再現

3.1 再現モデル

本研究では、ディーゼル発電機を直流電動機と同期発電機を用いて模擬するためPSIMを用いて有効性を確認した。この際の実機の模擬回路概略図を図4に示す。

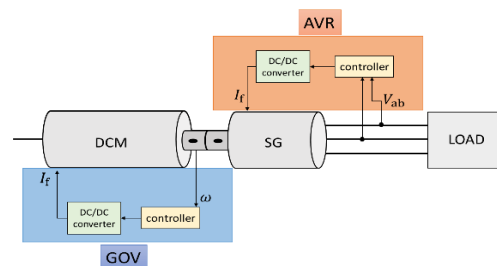


図4 再現モデル概略図

直流電動機と同期発電機はともに界磁電流での制御である．そのため，模擬を行うにあたり制御フローを変更した．まず，GOV機能では，PI制御の過程で算出されるトルクを用いる．この際得られたトルクの値と界磁電流の関係式を用いて界磁電流目標値を算出する．(1)式に関係式を示す．

$$I_{f_ref} = \frac{T_{ref}}{K \times I_a} \dots\dots\dots (1)$$

I_{f_ref} :直流電動機の界磁電流目標値

T_{ref} :PI 制御で得たトルク目標値

K :直流電動機のトルク定数

I_a :直流電動機の電機子電流

AVR機能では，同期発電機の発電電圧をフィードバックしPI制御を行い界磁電圧目標値を算出する．この際，直流電動機，同期発電機の容量など各パラメータと，界磁電流の制御に用いる降圧チョップ回路は先行研究の実験で使用したものを用いる．

4. 結果

解析条件はディーゼル発電機と同様であり，直流電動機の定格回転速度は1500[min^{-1}]，同期発電機の定格電圧は200[V]である．PSIMにおける直流電動機側の回転速度と同期発電機の発電電圧の出力波形図を図5，6に示す．

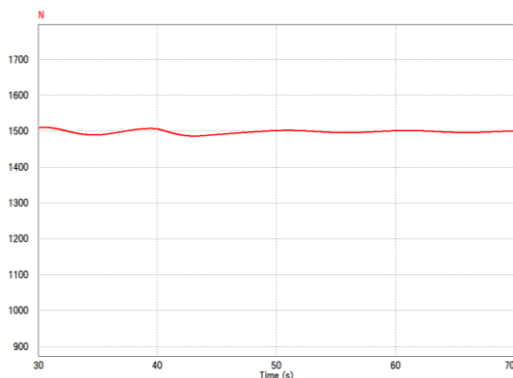


図5 PSIMにおける直流電動機の回転速度変動

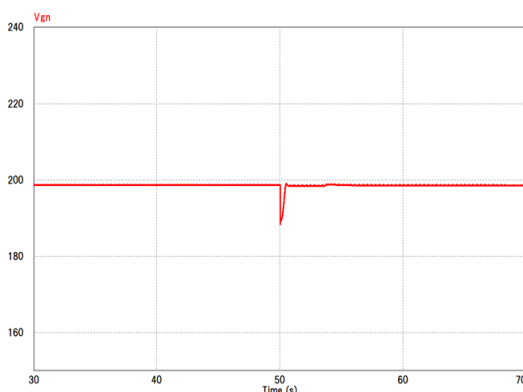


図6 PSIMにおける同期発電機の出力電圧変動

5. 考察

回転速度について図2と図5を比較すると無負荷時に直流電動機の回転速度が振動し，負荷投入後，目標値付近で安定することがわかる．原因としては，無負荷時に定格回転速度を超えようとしてしまう．そのため，偏差が生じると考えられる．応答性に注目すると，ディーゼル発電機では負荷投入後，約1秒で定格へ復帰をする．直流電動機においても同様な挙動が確認できる．発電電圧に関して図3と図6を比較すると，同期発電機の発電電圧は無負荷時，負荷投入後ともに定格である200[V]に追従していることがわかる．また，応答性に関して負荷投入時，ディーゼル発電機の発電電圧が約2秒で定格へ復帰をする．同期発電機についても同様な挙動が確認できる．これらの結果より，直流電動機と同期発電機を用いたディーゼル発電機の再現について有効性を確認した．

6. まとめ

本研究では，直流電動機と同期発電機を用いたディーゼル発電機のリアルタイムシミュレーターの構築を目的とした．そのため，対象モデルとPSIMを用いた実験回路の再現モデルを用いて回転速度，発電電圧の出力波形の比較より，有効性を確認した．今後の展望としては，実機を用いたディーゼル発電機のリアルタイムシミュレーターの構築を行う．その際にどのような手法を用いてコントローラへの入力となる信号を得るのかを考察していく．

参考文献

- [1] 環境省 HP
https://www.env.go.jp/policy/local_re/renewable_energy/h3_0_1/post_14.html (参照日:2019 年 1 月 22 日)
- [2] NEPLAN HP
https://www.neplan.ch/wp-content/uploads/2015/08/Nep_EXCITERS1
 (参照日:2019 年 1 月 22 日)
- [3] K.E.Yeager, J.R.Willis "Modeling of emergency diesel generators in an 800 megawatt nuclear power plant", IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol.8, No3, September 1993