

2020-0012 過渡安定度解析におけるガバナフリー運転とロードリミット運転について

<質問>

ガバナフリー運転とロードリミット運転について教えてください。

<回答>

ガバナフリー運転とロードリミット運転の機能については、Web Site にたくさんの説明がアップロードされています。「ガバナフリー運転」あるいは「ロードリミット運転」で検索してみてください。ここでは実際に過度安定度解析にてどのような挙動の違いがあるか etap を用いてご紹介します。

説明のために下図のような簡単なモデルシステムを作成しました。このシステムで下記のような過度安定度解析を実施します。

- イベント 1 E1 [0.10 秒]: 受電点 (母線: Bus1) にて 3 相短絡事故が発生
- イベント 2 E2 [0.30 秒]: 事故により母線連絡 (遮断器: CB1) がトリップ => システム解列に至る

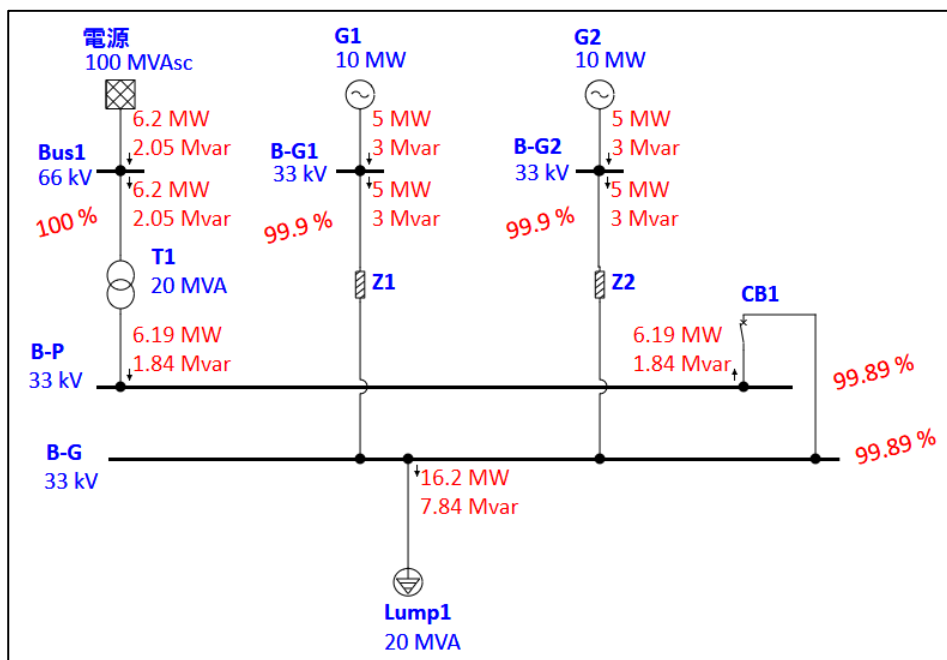
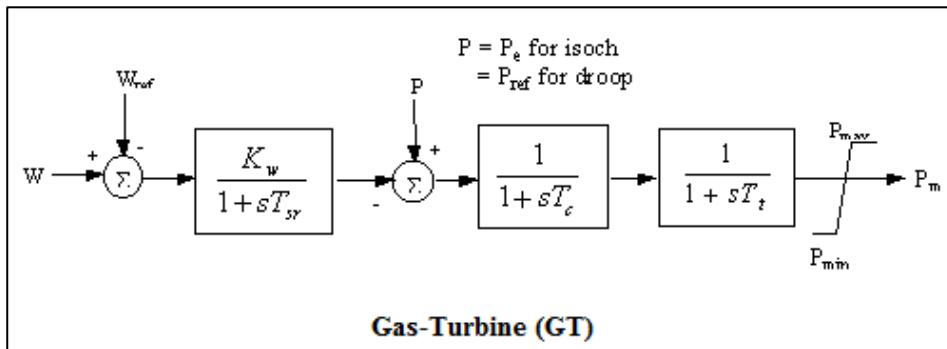


図 1: 解析用モデルシステム

Case-1 : ガバナフリー運転

評価 ○

ガバナフリー運転では下図の etap に登録されている ガバナモデル「GT (ガスタービンモデル)」を用いて計算を実施します。ガバナフリー運転ではガバナの出力に特に制限が設けられていないので Pmax は発電機の定格+5% (10MW x 1.05 = 10.5MW) として計算を実施しました。図 2 に計算に使用したガバナモデルをまとめます。



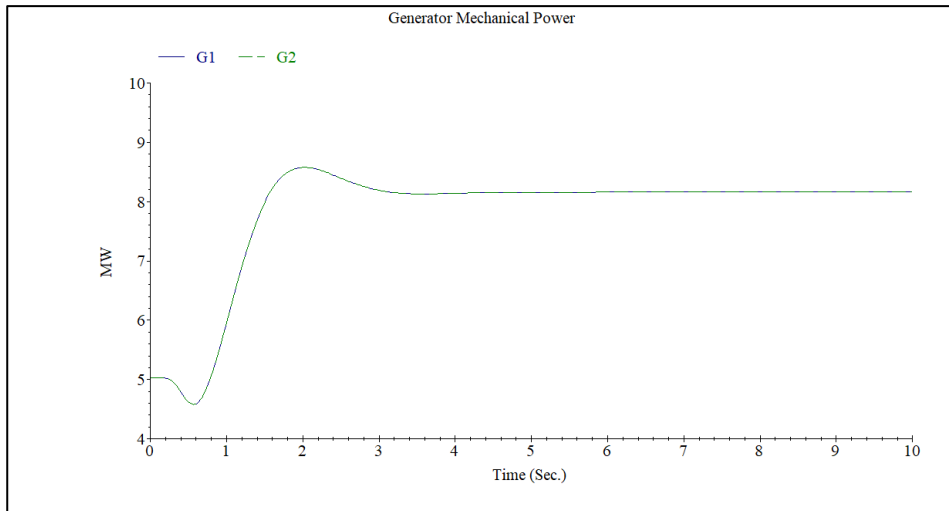
(a) ガバナモデル

Type		Mode
GT		Droop
Droop	Pmax	Pmin
5	10.5	0
Tsr	Tc	Tt
0.15	0.1	0.1

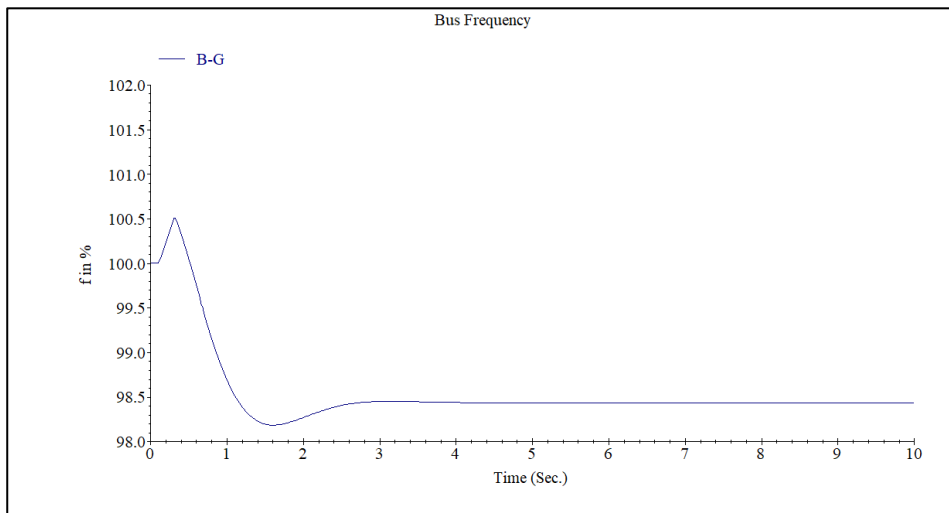
(b) 定数 (ガバナフリー)

図 2 : GT ガバナモデル (etap Library) - ガバナフリー運転

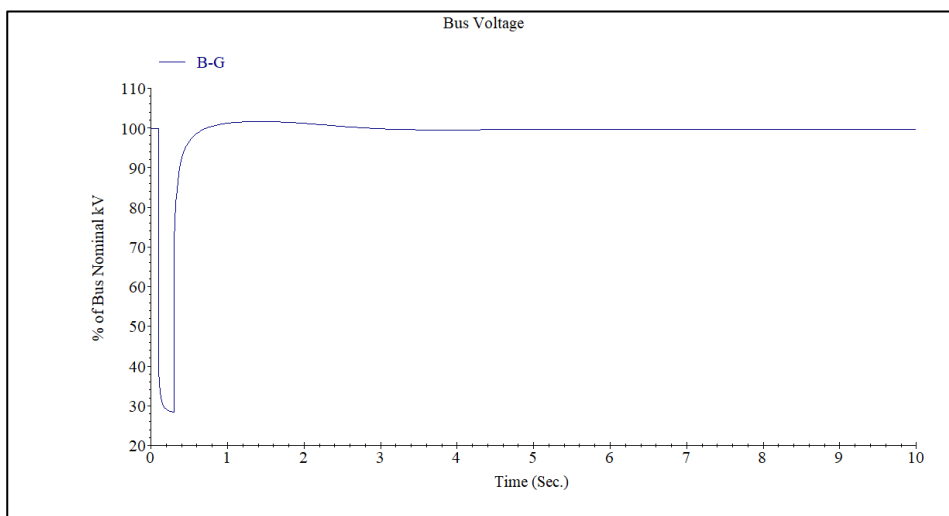
系統解列後、発電機は一括負荷「Lump1」の 16.2MW を負担するために機械出力が上昇します。ガバナモデルをドループ運転としているため出力が上昇した値にドループ分の比率で比例して周波数が低下しています。系統解列後、電圧は回復し、周波数も整定しているため継続運転できます。



(a) 発電機機械出力 (MW)



(b) 周波数 (%)



(c) 母線電圧 (%)

図 3 : Case-1 ガバナフリー運転の結果

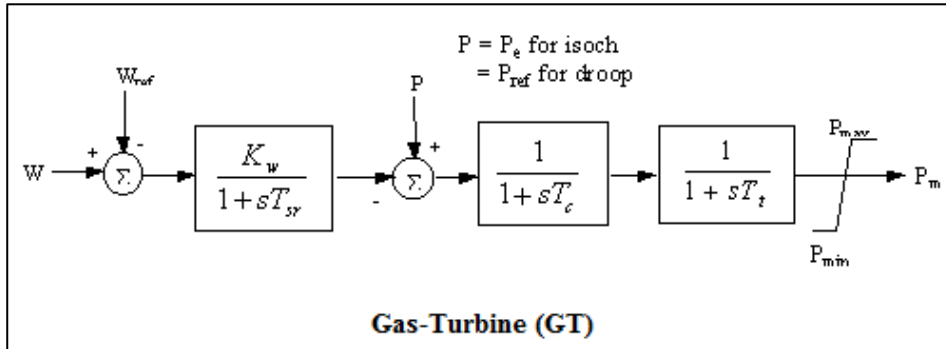
電気エンジニアのための Q&A コミュニティ 質問番号 2020-0012 「回答」

(3)

Case-2 : ロードリミット運転

評価 ×

ロードリミット運転では機械出力が系統整定後 もしくは 過度応答中に制限した負荷量以上出力できないよう制限されています。実際に図 2 の (b) にて Pmax の値をロードリミット運転にて初期出力の 5MW の+5% (5MW x 1.05 = 5.25MW) 以上出力できないものとして解析を実施します。



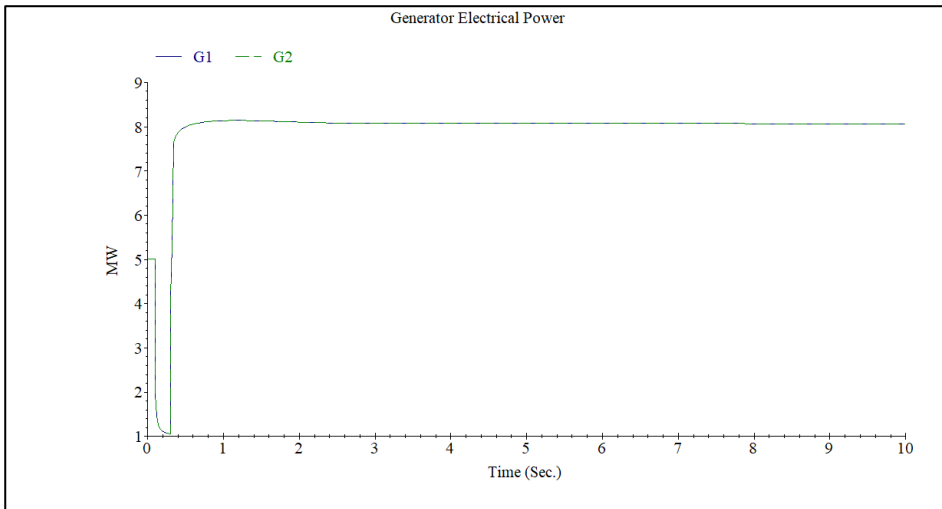
(a) ガバナモデル

Type	Mode	
GT	Droop	
Droop	Pmax	
5	5.25	
	Pmin	
	0	
Tsr	Tc	Tt
0.15	0.1	0.1

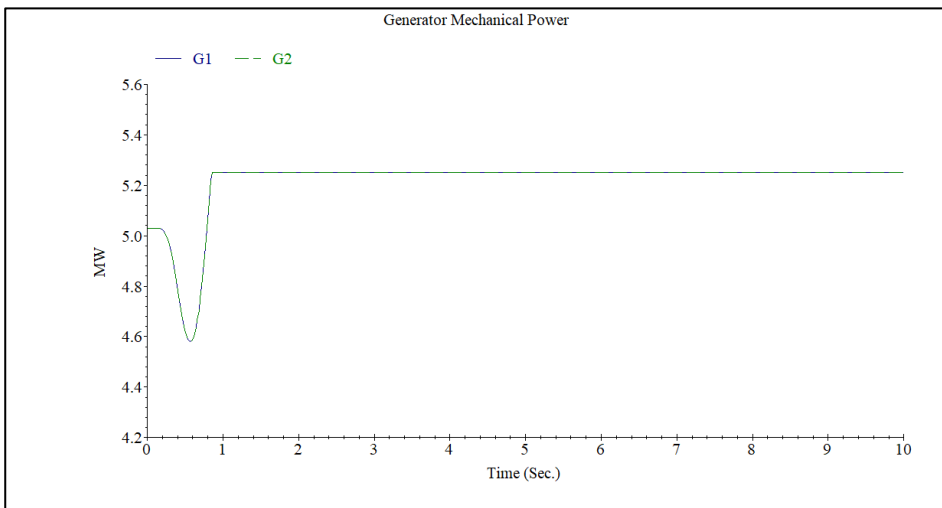
(b) 定数 (ガバナフリー)

図 4 : GT ガバナモデル (etap Library) - ロードリミット運転

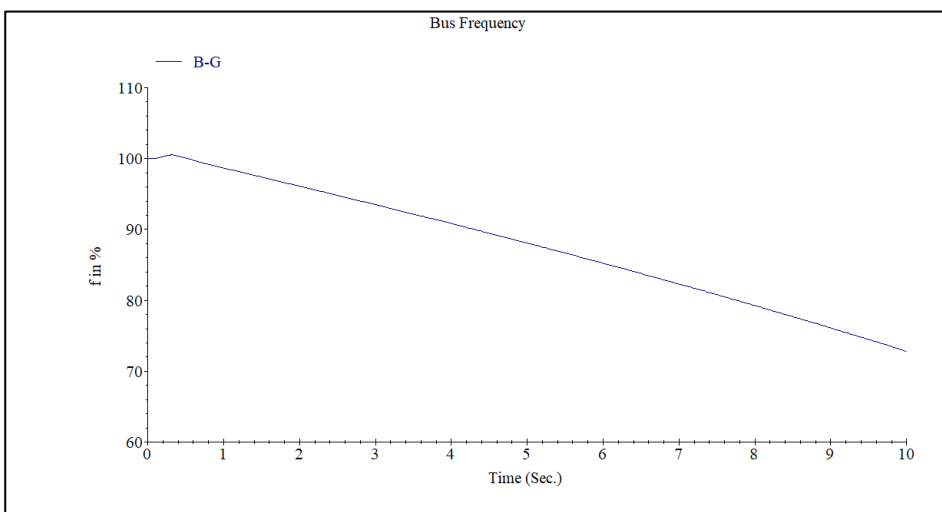
電気出力は発電機の定格が 10MW ずつあるので十分ですが、機械出力がロードリミット運転によって発電機定格の約半分に制限されているので十分ではありません。これにより周波数が低下し続け、系統が継続運転できないことが分かります。



(a) 発電機電気出力 (MW)



(b) 発電機機械出力 (MW)



(c) 周波数 (%)

図 5 : Case-2 ロードリミット運転の結果

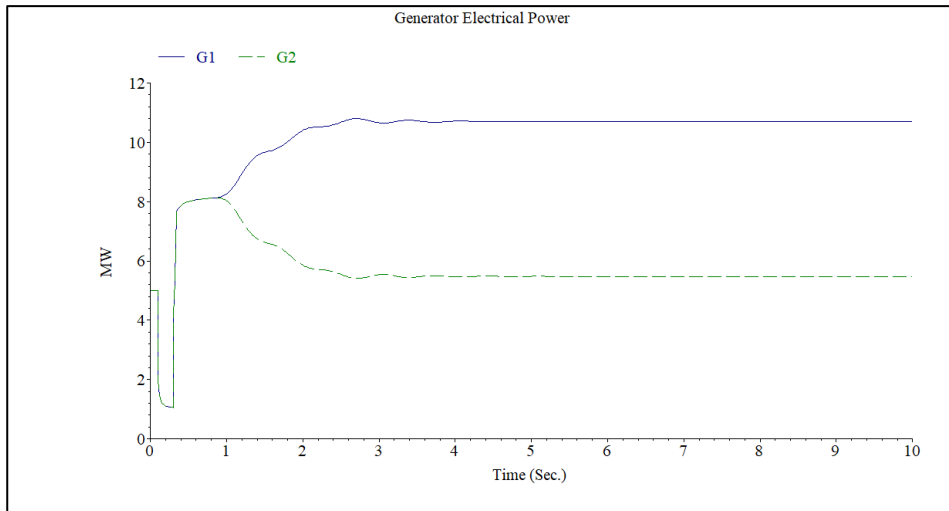
Case-3 : ガバナフリーとロードリミット運転

評価 △

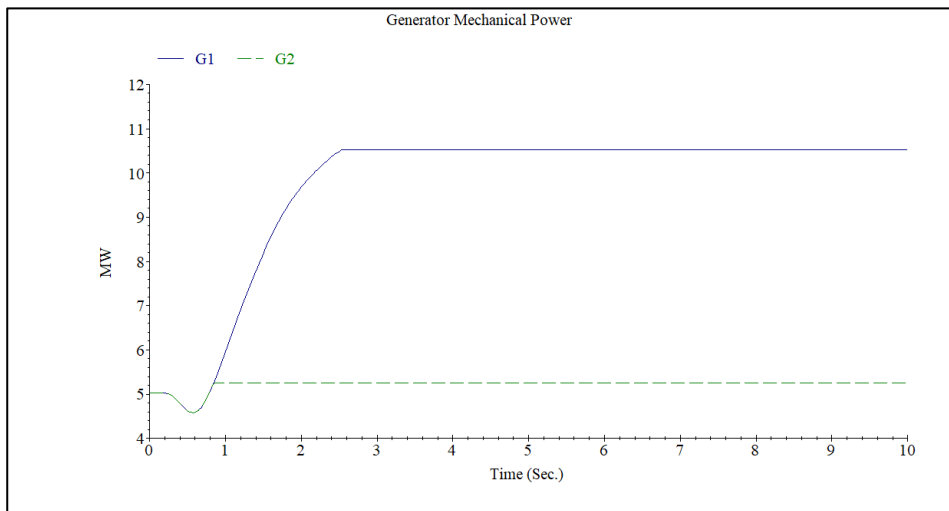
=> 負荷選択遮断など対応策の検討が必要

ここまでのケースでは発電機を両方同じ制御で解析を実施しました。Case-3 では片方の発電機をガバナフリー運転、残った発電機をロードリミット運転で計算を実施します。図6にまとめたように片方の発電機は機械出力が上昇し、残った発電機はロードリミットによって機械出力が制限されます。システムが安定し始めたところでロードリミット運転側の発電機は機械出力に合わせて電気出力が絞られていきます。今回の計算時間 10 秒では周波数の低下が 5%以内（周波数が 95%以上）に収まっていますが、時間を延長すると波数が低下し続けて 10%以上低下するのでこのケースも系統解列後継続運転ができません。

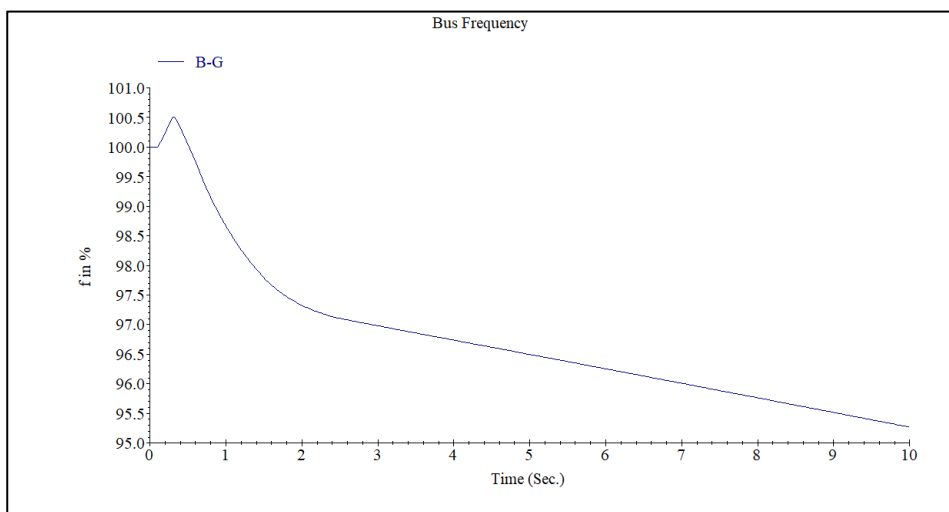
従ってこのケースの結果から判断して、系統解列後、遅くとも 10 秒以内に負荷選択遮断などの対策の検討が必要と言えます。



(a) 発電機電気出力 (MW)



(b) 発電機機械出力 (MW)



(c) 周波数 (%)

図 6: Case-3 1台はガバナフリー、他の1台はロードリミット運転の結果

電気エンジニアのための Q&A コミュニティ 質問番号 2020-0012 「回答」

(7)

まとめ

今回の例ではロードリミットによって発電機の機械出力の制限が最初からかかっているようなモデリングを実施しました。実際のモデルによって出力を絞る動作が系統安定後や、計算から 1, 2 秒後にかかるといった違いがある場合があります。系統解列後に発電機の出力が初期値よりも大きくなる場合はロードリミット運転によって制限がないかご確認の上解析を実施するようご注意ください。

(株式会社エルテクス設計 片山さんからの回答です)

事務局より：

「Q&A ゾーン」のページから「AVR」または「ガバナ」で検索すると、下記のような Q&A を見ることができます。

- 2020-0012 過渡安定度解析におけるガバナフリー運転とロードリミット運転について
- 2020-0013 過渡安定度解析における制御ブロックのモデリングの評価
- 2020-0014 過渡安定度解析における AVR と APFR の応答の違い
- 2020-0023 発電機の AVR と APFR の応答の違い
- 2021-0088 (電動機始動) 発電機の AVR の有無による電動機の始動時間への影響
- 2021-0089 (モデリング) 発電機のダイナミックモデリング

また、「発電機」で検索すると、上記を含め 10 件以上の Q&A を見ることができます。併せて、ご覧になって下さい。