

2020-0014 過渡安定度解析における AVR と APFR の応答の違いについて

<質問>

過渡安定度解析における AVR と APFR の応答の違いについて教えてください。

<回答>

AVR および APFR の機能については、質問番号 2020-0023「発電機の AVR と APFR の応答の違い」で、既に他の方が回答されていますのでご参照下さい。ここでは「過度安定度解析にて AVR と APFR で挙動にどのような違いがあるか」について、電力系統解析ソフトウェア etap を用いて説明します。

解析用モデル系統は、図 1 のモデル（質問番号 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」と同じ）を基に、下記のような過渡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 => 系統解列に至る

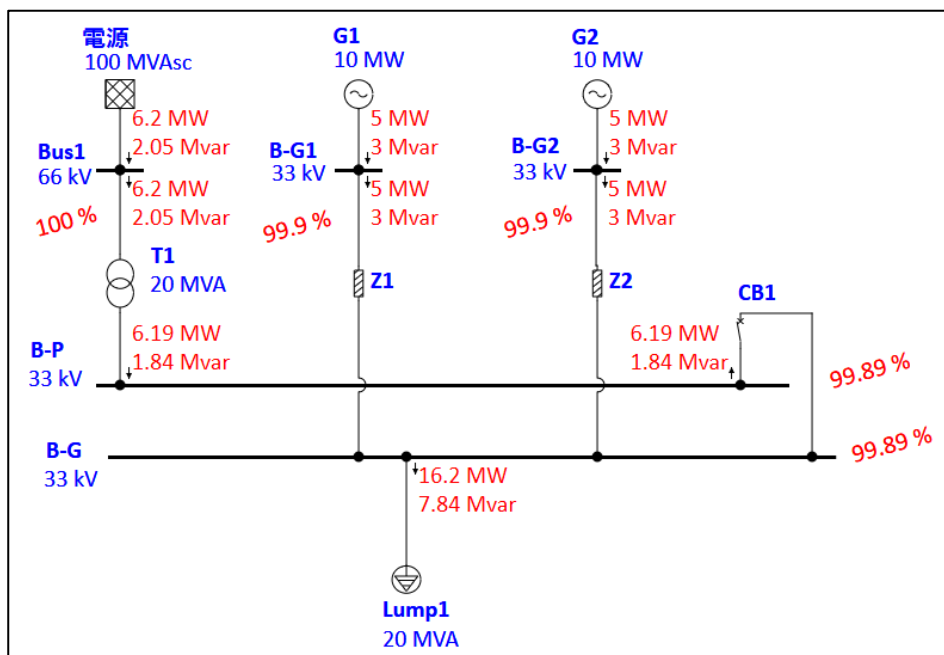


図 1: 解析用モデル系統 (質問番号 2020-0012 と同じ)

解析にあたり ① 初期潮流は、上図の状態 (質問番号 2020-0012 と同じ) ② ガバナモデルは、etap に登録されている GT (ガスタービンモデル) を用い Pmax = 10.5MW (ガバナフリーの状態) に設定 (質問番号 2020-0012 の図 2 参照) ③ 今回の検討に用いた AVR および APFR のモデルについては掲載を割愛します。 AVR モデルの一例として、下図 (図 2) に IEEE Type 1 AVR モデルを掲載します。

下図の赤枠で囲った箇所に力率および力率の目標値を用いた制御を追加することで APFR モデルとなります。

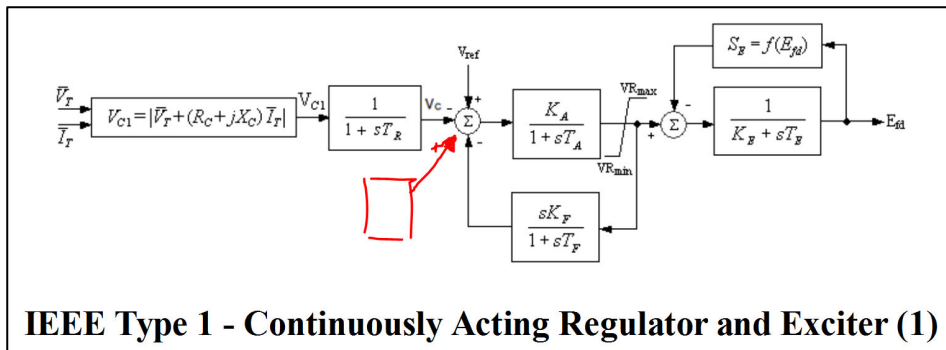
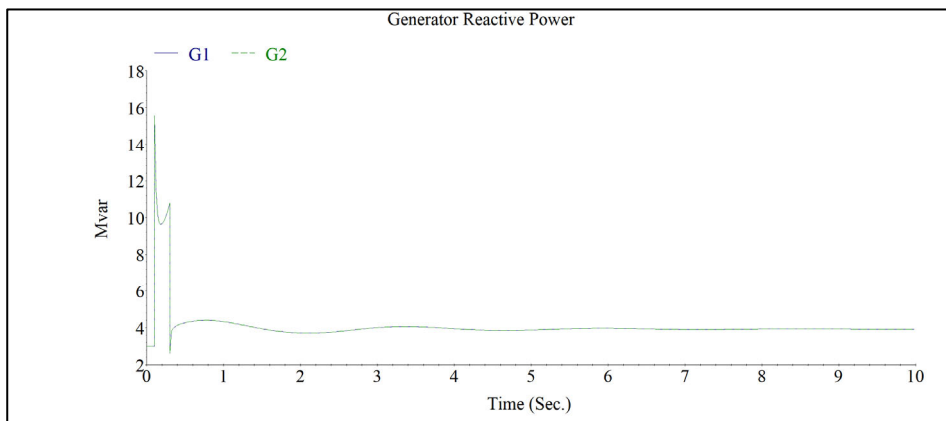


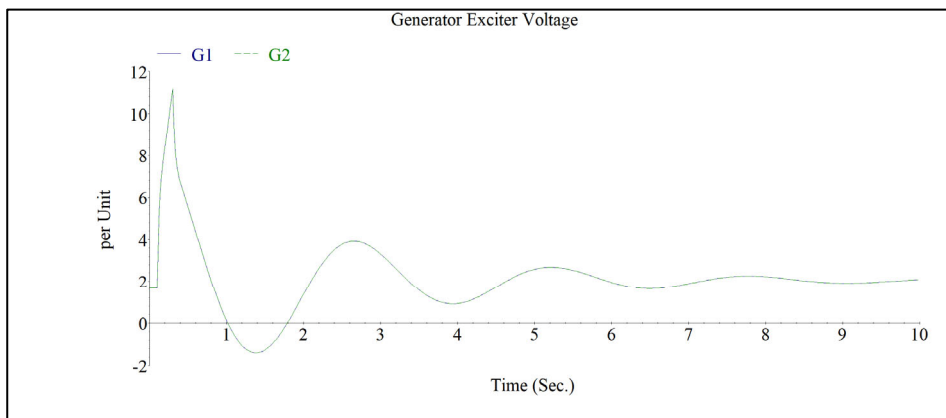
図 2 : IEEE Type 1 AVR モデル

Case-1 : AVR 運転 (G1 ,G2 共) 評価 ○

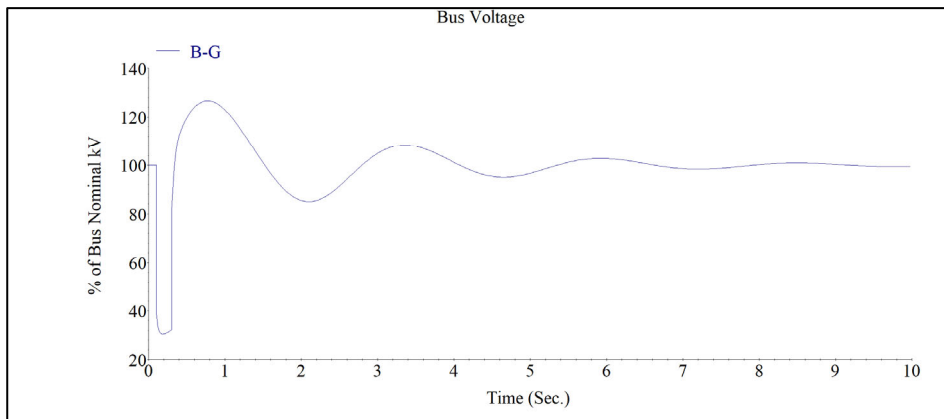
系統解列後、発電機は一括負荷「Lump1」の無効電力 7.84 Mvar を負担するため 1.84 Mvar 出力を上げなければならない。AVR が界磁電圧を上げて無効電力の出力を上げ、母線電圧が系統解列前の電圧まで回復した。発電機「G1」および「G2」に同じモデルを適用しているため挙動は一致した。



(a) 発電機無効電力 (Mvar)



(b) 発電機界磁電圧 (pu)



(c) 母線電圧 (%)

図 3 : Case-1 AVR 運転の結果

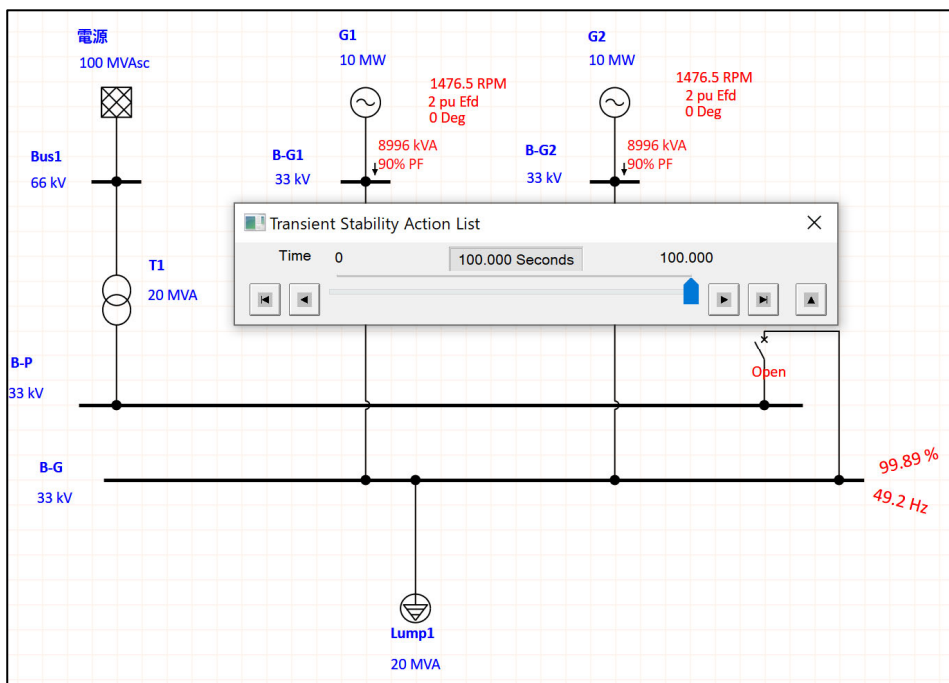
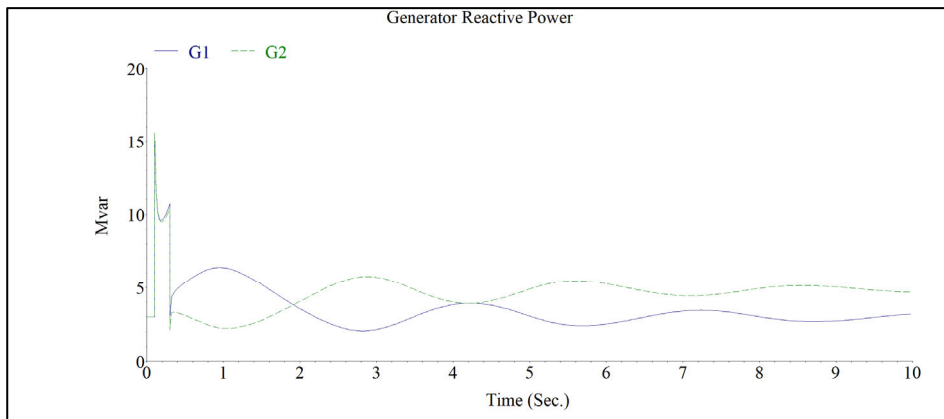


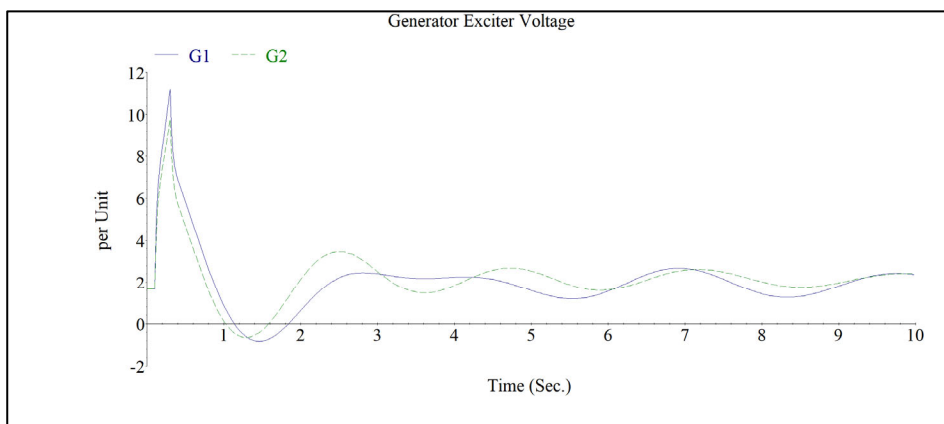
図 4 : Case-1 AVR 運転の結果 (単線系統図 100 秒後)

Case-2 : AVR 運転と APFR 運転 運転評価 ○

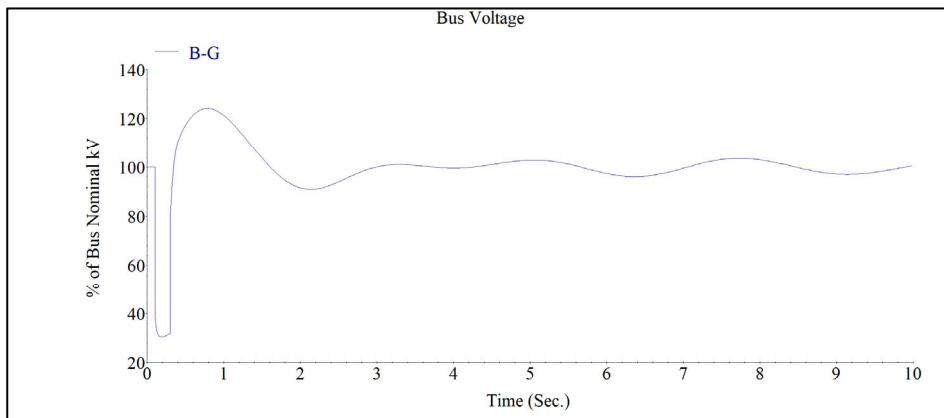
発電機「G1」を AVR 運転、発電機「G2」を APFR 運転として検討した。事故直後はどちらの発電機も挙動に大きな違いはない。電圧回復後、発電機「G2」は APFR の挙動で事故前の力率に戻ろうとし、発電機「G1」は発電機「G2」の出力が上昇した分、無効電力を絞った。系統解列前の条件によって発電機「G2」の無効電力出力が大きくなりすぎる場合がある。今回の例では評価が○だったが条件によっては発電機「G1」に無効電力が進みとなる場合もあるのでよく結果を確認するようにしましょう。



(a) 発電機無効電力 (Mvar)



(b) 発電機界磁電圧 (pu)



(c) 母線電圧 (%)

図 5 : Case-2 AVR 運転と APFR 運転の結果

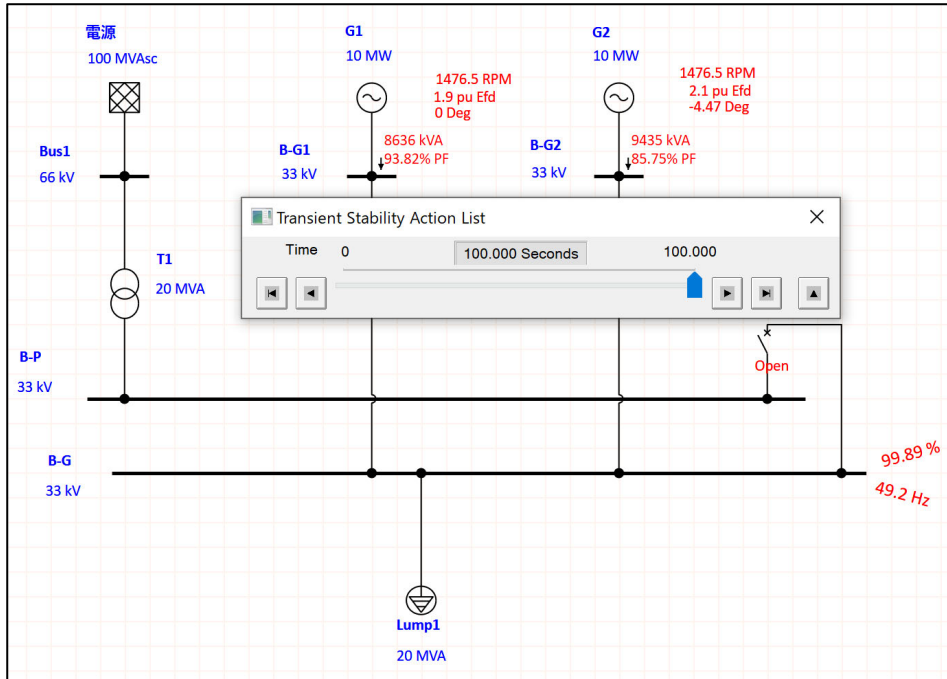
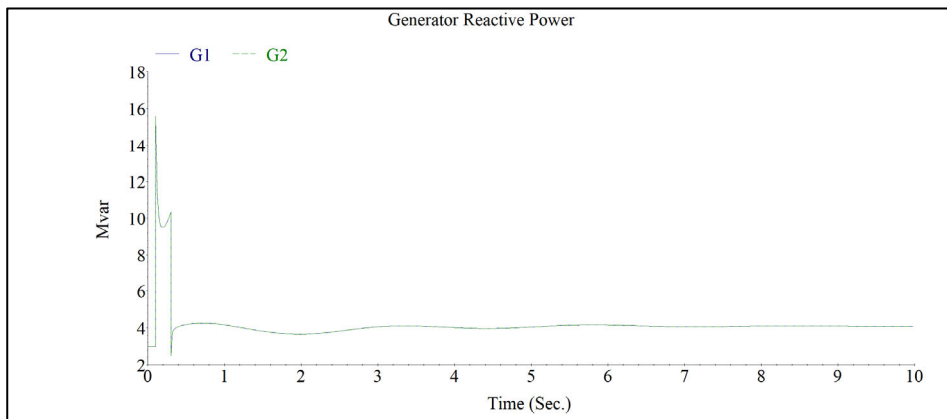


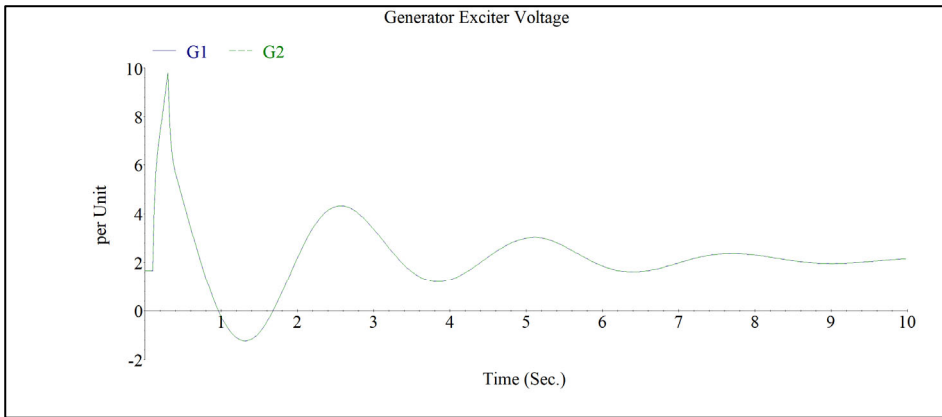
図 6 : Case-2 AVR 運転と APFR 運転の結果 (単線結線図 100 秒後)

Case-3 : APFR 運転 (G1 ,G2 共) 評価 △

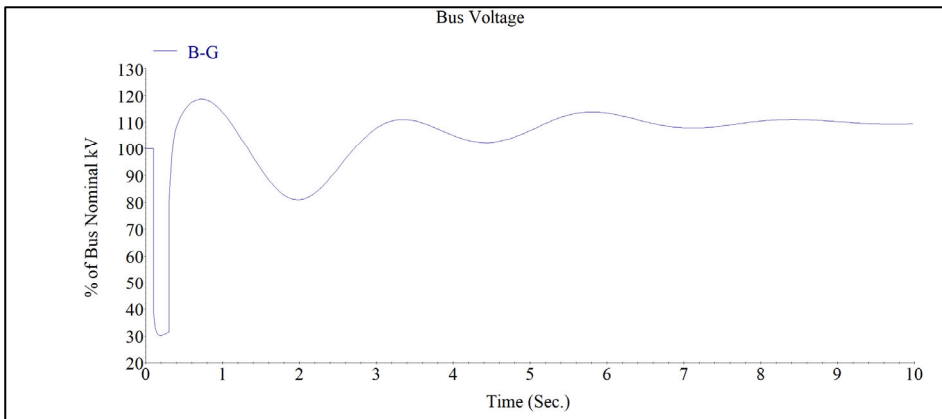
Case-2 では発電機「G1」が AVR 運転だったので最終的に電圧は解列前の電圧に整定した。両方の発電機が APFR 運転の場合でも負荷からの要求される力率が 90%なので力率は 90%で整定する。しかし、APFR 制御ブロック部分がドループのような働きをし、無効電力が絞られた分電圧が上昇する。このため、今回の計算では電圧が 10%近く上昇した。系統は継続運転できるが、電圧が高い状態のため電圧目標値もしくは無効電力を絞らなければならない。



(a) 発電機無効電力 (Mvar)



(b) 発電機界磁電圧 (pu)



(c) 母線電圧 (%)

図 7 : Case-3 APFR 運転の結果

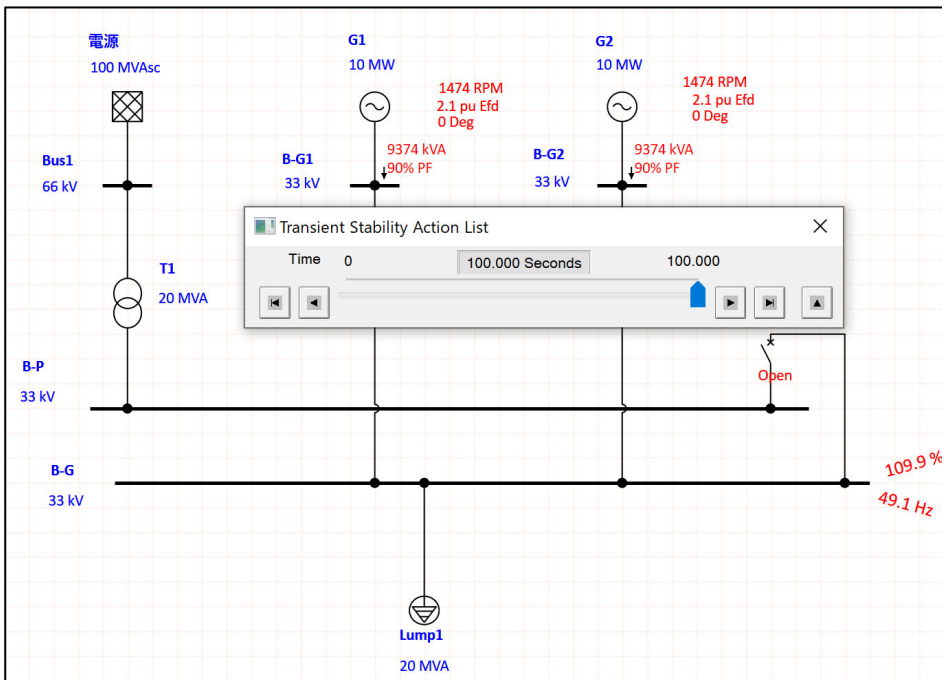


図 8 : Case-3 APFR 運転の結果 (単線結線図 100 秒)

まとめ

今回の例では AVR と APFR の挙動の違いを実際に過度安定度解析で比較した。① 電圧が大きく低下する事故中の応答に大きな差はない ② 電圧がある程度回復すると APFR 運転の発電機が事故前の力率に戻ろうとする ③ このためすべての発電機が APFR 運転をすると電圧基準ではなく力率基準で整定するためドループのような作用をして電圧が高くなってしまふ（あるいは低下してしまふ）場合がある。実際に解析を実施する場合は発電機の制御方式がどのようになっているか確認しモデリングを行いましょ。う。

（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 を見ることが出来ます。

- 2020-0012 過度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 過度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 過度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 を見ることが出来ます。併せて、ご覧になって下さい。