

周波数・電圧制御複合モデルにおける 予見制御系の構成とその評価

首都大学東京 ヒューマンメカトロニクスシステムコース B4 市川慎太郎 (児島研究室)

1. はじめに

近年新エネルギーの導入が進み、電力系統の多様化、複雑化が進んでいる^[1].

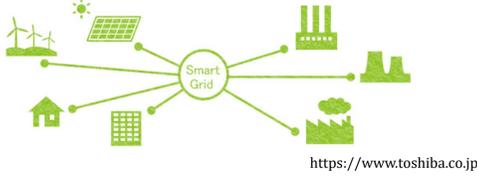


Fig. 1 Smart grid



Fig. 2 Solar panel

- 次世代電力系統であるスマートグリッドを考慮した系統安定化装置の導入が期待されている。
- 気象条件に左右される新エネルギーの出力変動を予測し、系統制御に活かすことができる。

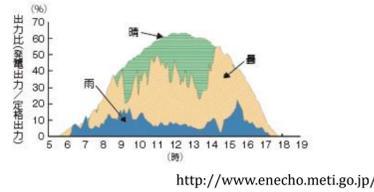


Fig. 3 Solar power generation deviation

研究目的

電圧・周波数複合モデルにおいて、電圧制御と周波数制御の相互作用を検証し、周波数制御に予見制御^[3]を適用することで、周波数変動を抑制できることを確認する。

先行研究の概要

電力系統における負荷変動を予見情報とした負荷周波数制御^[2]において、予見制御の有効性を確認している。

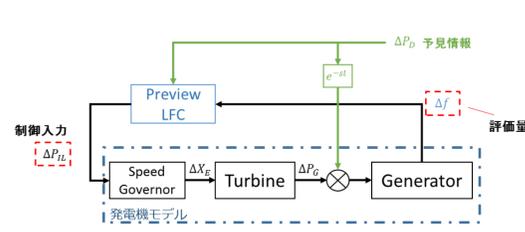


Fig. 4 LFC with preview information^[2]

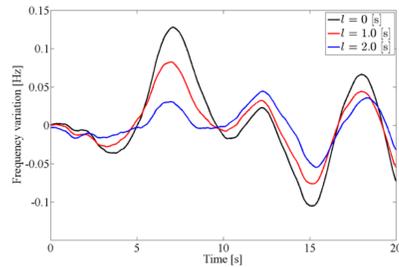


Fig. 5 Frequency variation^[2]

2. 電圧・周波数複合モデルの構成

発電機1機に対する電圧・周波数複合モデル^[4]を考え、周波数制御へ予見制御を付加^[3]したモデルを提案する。

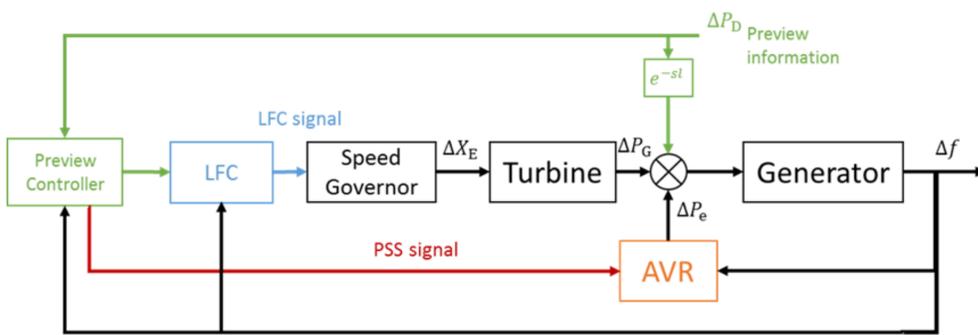


Fig. 6 LFC and AVR model with preview information

負荷周波数制御(Load Frequency Control: LFC)

需給の差によって生じる周波数の変動を観測し、発電機の出力を調整することで周波数を一定に保つ装置。

自動電圧調整器(Automatic Voltage Regulator: AVR)

需給の差や事故等によって電圧の変動が生じた際、発電機に作用して電圧を一定に保つ装置。発電機動揺を抑える系統安定化装置(Power System Stabilizer: PSS)を付加する場合がある。

3. シミュレーション

シミュレーション条件

- 予見コントローラは負荷変動の予測情報をもとにLFC,PSSの制御入力を導出する。
- 評価量には以下を用い、周波数変動 Δf の二乗面積を最小にする H^2 コントローラを設計する。
- ステップ外乱および変動外乱における予見補償の効果を確認する。

評価量

$$z(t) = \begin{bmatrix} \Delta f(t) \\ \Delta P_c(t) \end{bmatrix}$$

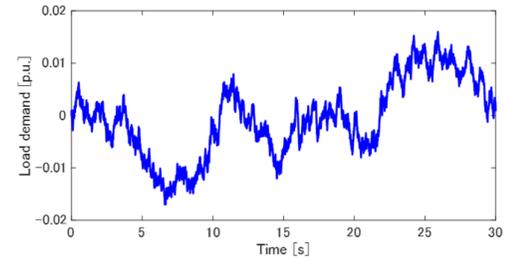


Fig. 7 Fluctuate load demand

シミュレーション結果

ΔP_D (需要変動)に5%のステップ状の変動を与えたときの様子と ΔP_D に変動外乱を与えたときの様子をシミュレーションを用いて確認した。以下Fig.7 がステップ外乱, Fig.8 が変動外乱における周波数変動 Δf の時間応答である。(l: 予見時間)

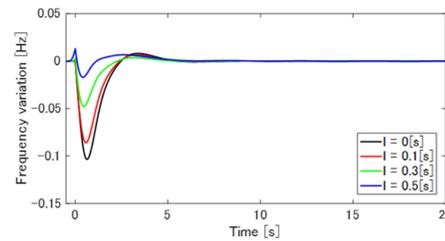


Fig. 7 Frequency variation with step input

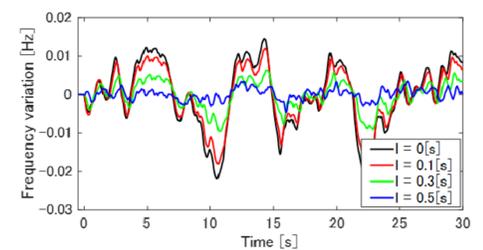


Fig. 8 Frequency variation with fluctuate input

シミュレーション結果から、以下の点を確認できた。

- 予見時間を延ばすことで、変動をより抑制できる。
- 予見LFC, PSS双方を同時に動作させることでより変動を抑制できる。

4. おわりに

まとめ

- 電圧・周波数複合モデルにおける予見情報導入の有効性を確認できた。

今後の展望

- 予見時間を0.5秒から数秒単位まで拡大する。
- 複数系統の連携における影響を考慮したモデルの構築, 検証を進めていく。

参考文献

- [1] 林 泰弘, “スマートグリッド学”, 日本電気協会, 2010
- [2] R. Hotchi et al., “Preview control design for frequency variation in power system”, Proc. of SICE Annual Conference, 2015
- [3] K. Hashikura et al., “ H^2 preview control based on partial information”, Proc. of the 33rd Chinese Control Conference, 2014
- [4] S. Satyanarayana et al., “Mutual effect between LFC and AVR loops in power plant”, Electrical and Electronics Engineering: An International Journal, vol. 3, No. 1, 2014