

需給変動の予見情報を利用した負荷周波数制御

首都大学東京 知能機械システムコース B4 池川 聖悟 (児島研究室)

1. はじめに

安全なエネルギー供給, 温室効果ガスの排出削減のために, 再生可能エネルギーの大量導入が進められている^[1](Fig.1)

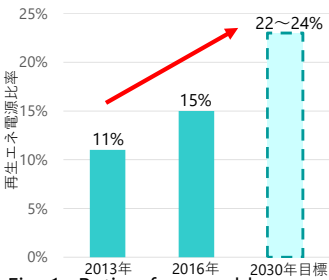


Fig. 2: Solar power generator

- 火力発電の割合が減少し系統慣性が減少するため, 周波数変動が生じやすくなる.
- 発電量予測を制御に利用する場合, 予測の誤差が制御性能に影響を与える.

研究目的

再生可能エネルギーが大量導入されて不安定化した電力系統に対して, 制御器を組み込むことで周波数変動を抑制する.

- ✓ 再生可能エネルギーの発電量予測の予測誤差を考慮した H^2 予見制御を行い, 負荷周波数制御の制御性能を改善する.
- ✓ 系統慣性の減少に対する予見制御の有効性を評価する.

2. 予見負荷周波数制御モデル

負荷周波数制御(Load Frequency Control : LFC)^[2]

- 電力系統の周波数変動を抑制するための制御. 様々な周期をもつ需要変動の内3~20分程度の周期を持つ変動を賄う.
- 電力需要量と供給量を一致させることで, 周波数変動を抑制する.

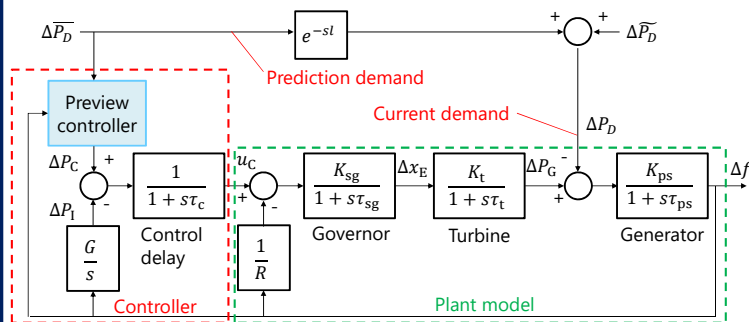


Fig. 3: Preview LFC system

Table 1: Parameters

Sign	Expression and Unit		
ΔP_D	Load demand [p.u.]	u_C	Control input [Hz]
w_u	Prediction error [p.u.]	Δx_E	Valve displacement [p.u.]
ΔP_C	Controller input [p.u.]	ΔP_G	Generator increment [p.u.]
ΔP_I	Integrator input [p.u.]	Δf	Frequency variation [Hz]

- 予見時間 l 秒遅れた外乱の予測値 $\Delta \bar{P}_D$ と予見誤差 $\Delta \tilde{P}_D$ の和が必要変動 ΔP_D としてパワースystemに印加.

外乱: $\Delta P_D = \Delta \bar{P}_D + \Delta \tilde{P}_D$

3. 予測誤差を考慮した H^2 予見制御

予測誤差の主要周波数帯域を考慮した制御器設計を行う^[3].

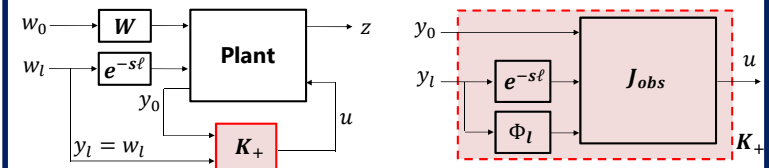


Fig. 4: Preview control system

Fig. 5: Preview controller

- 外乱の予測値 w_I を先行してコントローラが利用. 予見時間 l だけ遅れた予測値 w_I と予見誤差 w_0 がプラントに印加(Fig.4).
- 測定出力 y_0 と予見情報 w_I から最適な制御入力を決定(Fig.5).
- 予測誤差 w_0 の入力端に周波数重みを加えて制御器を設計.

4. シミュレーションと結果

H^2 予見制御と H^2 制御で制御性能が等しくなる慣性定数を求め, 慣性の減少した系統に対する予見制御の有効性を評価する.

制御性能の評価指標

- ✓ 伝達関数の H^2 ノルム
- ✓ RMS値 (Root Means Square Value)

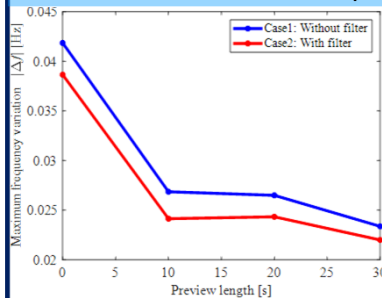


Fig. 6: Maximum frequency variation

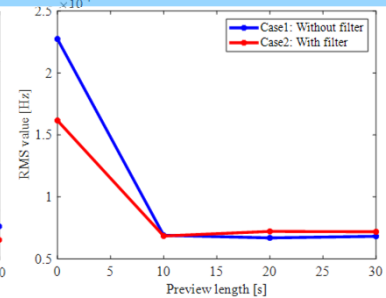


Fig. 7: RMS value

Table 2: Calculation results of inertia constant

		RMS		H^2 norm	
		Without filter	With filter	Without filter	With filter
Pre. H^2	Inertia Const.	0.200	0.200	0.200	0.200
	(RMS)	(6.817)	(7.182)	(6.904)	(4.683)
H^2	Inertia Const.	3.319	3.026	0.209	0.219
	Ratio	16.594	15.132	1.045	1.096

- 予見制御により制御性能の改善された(Fig.6, Fig.7).
- 予測誤差を考慮した制御機設計により, 周波数変動の最大値の抑制効果を確認した(Fig.6).
- 慣性の減少した系統に対する予見制御の有効性を確認した(Table2).

5. まとめと今後の展望

- 予測誤差を考慮した制御機設計を行い, 周波数変動の最大値の抑制効果を確認した.
- 系統慣性の減少に対して予見制御が有効であることをシミュレーションに基づき示した.
- 連係線の非線形要素や慣性定数の変動を考慮したモデルに対して, ゲインスケジュールド制御を応用する.

参考文献

- [1] 経済産業省資源エネルギー庁, "エネルギー基本計画", https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/180703.pdf, 2018
- [2] S.Sivanagaraju, G.Sreenivasan, "Power System Operation and Control", Pearson Education India, 2009
- [3] K.Hashikura, R.Hotchi, A.Kojima, T.Masuta, "On implementations of H^2 preview output feedback law with application to LFC with load demand prediction", 2018