

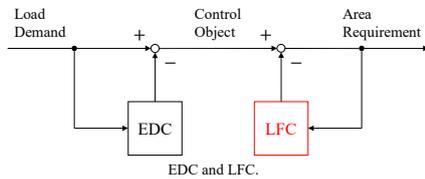
長周期の需給変動を考慮した予測型負荷周波数制御

Predictive Load Frequency Control Considering Long Period Power Imbalance

東京都立大学大学院 機械システム工学域 M2 宮本 楓雅 (児島研究室)

1. はじめに^[1]

地球温暖化、資源枯渇などへの対策に**太陽光発電(PV)**をはじめとする再生可能エネルギーの大量導入が期待されている。



電力系統の需給制御

負荷周波数制御 (LFC: Load Frequency Control)

- 電力系統の**周波数を制御**することにより需給を一致させる。負荷変動の短周期成分(約20分以下)を担う。

PV大量導入時の課題

- 発電量が**周囲環境に依存する**ため電力系統の安定性を損ねる。
- 発電量の予測誤差により、経済負荷配分制御(EDC)で対応しきれない**電力需要(EDCの制御残)が増大する**。

⇒ **長周期成分の負荷(バイアス)への対応がLFCに求められる**。

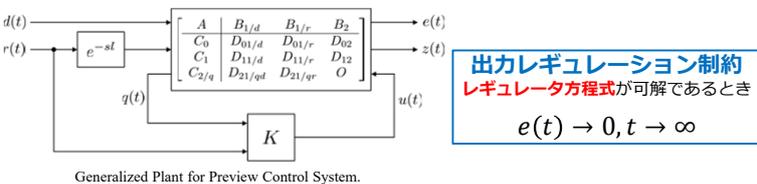
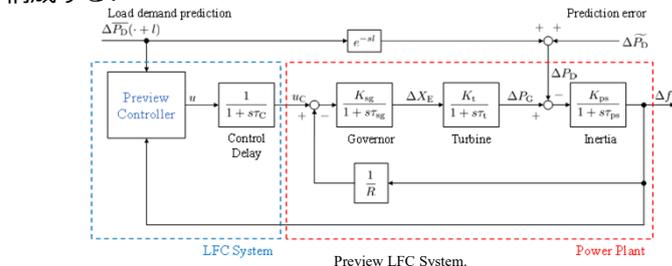
研究目的

出力レギュレーション制約付き H^2 予測制御^[2]をLFCに適用し、持続的な負荷変動の影響を抑制する。

2. 持続的な需給変動を克服する予測負荷周波数制御

予測負荷周波数制御系

出力レギュレーションを達成する予測負荷周波数制御系を構成する。



※ $d(t), r(t)$ はそれぞれ外乱と目標値を表し、**ステップやランプ、正弦波**などの持続的な信号成分を含む。

H^2 予測制御

外乱や目標値の一定時間先の情報を予め制御に利用し、制御性能(H^2 ノルム)の改善を図る制御法。

⇒ **過渡特性**の改善が期待できる。

出力レギュレーション問題

ステップや正弦波など、持続的な外生入力の影響を受ける被制御出力を漸近的にゼロに収束させるサーボ問題。

⇒ **定常特性**の改善が期待できる。

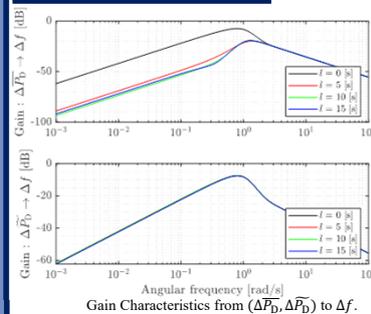
制御目的

- 負荷変動の**予測値 $\Delta \bar{P}_D$** を利用し、**周波数変動 Δf** を抑制する。
- 出力レギュレーション制約によって、負荷変動に含まれる**バイアス成分**の与える影響を抑制する。

3. シミュレーション

バイアスを含む負荷変動の影響を除去し、予測制御によって周波数変動の抑制性能が改善されることを明らかにする。

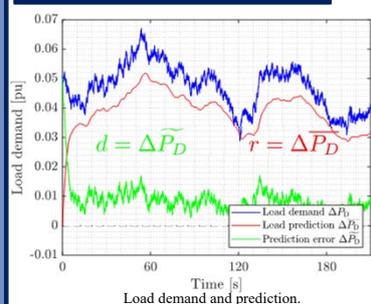
周波数特性の評価



- 予測補償により、**低周波数帯域の低ゲイン化**が可能となる。
- 直流ゲインが $-\infty$ [dB] に漸近する。
- 予測誤差は予測補償によって改善することができない。

⇒ 出力レギュレーション制約によって**ステップ外乱除去性能**を有している。

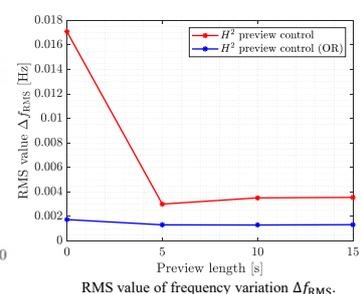
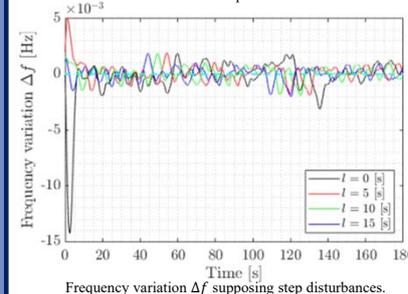
周波数変動の抑制性能



予測値(赤線)を予測制御則で利用。

※ 負荷変動と予測値、予測誤差のそれぞれは**バイアス成分**(ステップ状の変動)を含む。

※ カルマンフィルタから予測値を生成。



- 通常の H^2 予測制御(右図: 赤線)よりも高い制御性能を有する。
- 出力レギュレーション制約によって負荷変動の**バイアス成分**の影響を除去することができる。
- 予測制御により周波数変動が効果的に**抑制**される。

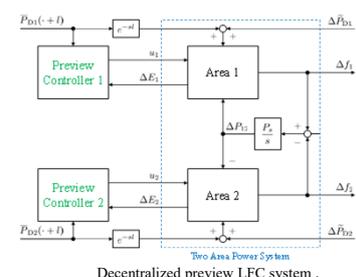
4. おわりに

まとめ

- 出力レギュレーション制約によって**バイアス成分の影響を除去**することができる。
- 予測制御により、周波数変動を効果的に抑制できる。

今後の展望

- 複数地域から成る連系系統の**予測LFC**の設計。系統連系による相互作用を考慮した設計法の検討。



5. 参考文献

[1] 林泰弘, 岡本浩, 濱坂隆, 伊奈友子, 坂本紀代美, “スマートグリッド学 戦略・技術・方法論”, 日本電気協会新聞部, 2010
 [2] 端倉, 宮本, 児島, 他, “出力レギュレーション制約付き H^2 予測出力フィードバック制御: Friedland-Tacker型方程式によるアプローチ”, 第7回制御部門マルチシンポジウム, 2020