

再生可能エネルギー大量導入を想定した短周期経済負荷配分制御の設計

首都大学東京 大学院システムデザイン研究科 M2 小浦 弘之
 キーワード：太陽光発電 (PV), 予測誤差, 経済負荷配分制御 (EDC)

1. はじめに

時々刻々と変動する電力需要に対して、常に需給が釣り合うように火力発電機等の出力の調整が行われている。

- 経済負荷配分制御(EDC):**
- ▶ 需要予測に合わせて先行的に制御 (制御周期: 3~10分)
 - ▶ 長周期の変動に対し経済性を考慮して発電機を出力調整する。
- 負荷周波数制御(LFC):**
- ▶ オンラインでのフィードバック制御 (制御周期: 2~30秒)
 - ▶ 予測困難な変動や需給ミスマッチを補償する。

- ◆ **太陽光発電 (PV)** の大量導入により、需給バランスの調整が難しくなる。
 ⇒ PV出力が気象変化に左右され**短時間で大きく変動**する。(電力の需要予測と実需要との**予測誤差が大きくなる**)
- ◆ 予測誤差が大きい場合
 ⇒ 電力需要予測を基に経済的に制御する**EDC**では吸収しきれない (EDC**制御残が増加**)^[1]。
 ⇒ EDC制御残は**LFC**によって燃料費等を考慮せず即応力の高い火力発電機等で対応しなければならない。

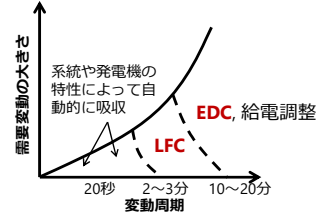


Fig. 1 負荷変動の制御分担概略図

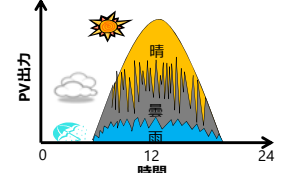


Fig. 2 PV出力

目的

本研究では、**短周期成分**を含む**発電予測**を用いて、より**高分解能な出力指令**を行う**EDC**を設計する。
 LFCの制御能力を考慮しながら、EDCの指令値を決定する。

経済性を損ねる

2. 問題設定

LFCの制御能力を考慮しながら、EDCの指令値を決定する。

課題

EDC・LFCはそれぞれ**違う周期で入力列を決定**する。

- 担当する変動周期
 - 予測の更新周期
 - EDC・LFCとの協調
 - 指令の遅れ
- を考慮して決められている。



- ▶ 更新周期は**変えない**ことが望ましい。
- 更新周期を守りながらより**細かな出力調整**を行うコントローラを設計する必要がある。

短周期EDCの設計

Block-MPC(Block Model Predictive Control)^[2]の適用

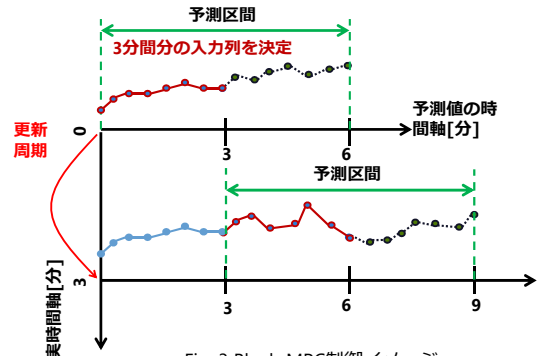


Fig. 3 Block-MPC制御イメージ

モデルに対して、**EDCの総燃料費を最小**にする最適化問題を解く。

◆ 評価関数

$$J = \sum_{\theta=0}^{N-1} (a_1 u_{E1}^2 + b_1 u_{E1} + c_1 + a_2 u_{E2}^2 + b_2 u_{E2} + c_2)$$

火力機 1 の燃料費 火力機 2 の燃料費

制御対象

- ◆ 火力発電機をEDC・LFCの制御対象とする。

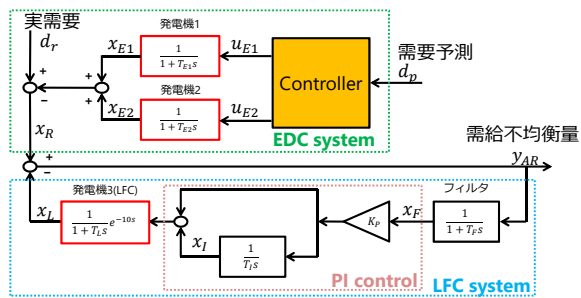


Fig. 4 需給制御モデル

- 発電機1: 発電機群のうち燃料コストの低い発電機の一つに集約する。
- 発電機2: 発電機群のうち燃料コストの高い発電機の一つに集約する。
- 発電機3: 各発電機に確保されているLFC容量を集約して一つの発電機として表す。

3. シミュレーション

シミュレーション条件

- 発電機1と2は追従性能が同じであるが、発電機1の燃料費の方が安い。
- 発電機1のみでは需給を調整できない場合を想定して上限を設定。
- LFC用の発電機3は他の発電機よりも小さい時定数で速く追従する。

- ◆ 実証実験で得た晴天時の発電実績を東京電力管内に拡大して使用する^[3]。

実証実験:
 「集中連係型太陽光発電システム実証研究」
 群馬県太田市(553戸)に太陽光発電システムを導入して実験。
 (平成14年~平成19年, NEDO)

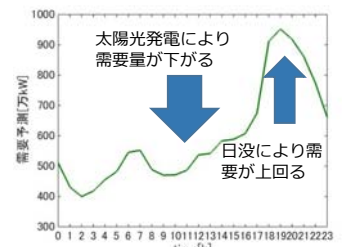


Fig. 5 従来法 (決定周期3分, 指令値3分間一定)

結果

- ◆ EDC指令値と制御残（需給不均衡量）の関係を調べる。

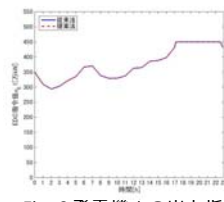


Fig. 6 発電機1の出力指令値

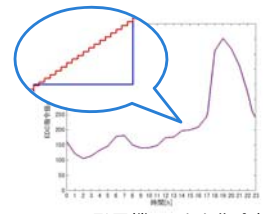


Fig. 7 発電機2の出力指令値

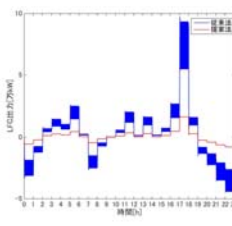


Fig. 8 LFC出力

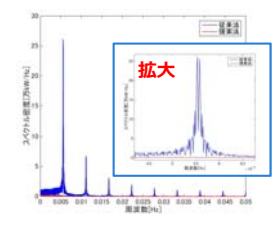


Fig. 9 需給不均衡量スペクトル密度 (右上: 拡大図)

- ◆ 従来法: 青, 提案法: 赤
- 燃料費が安い発電機で上限まで発電効率的に発電が出来ている。
- 短周期EDCの働きによりLFC出力、需給不均衡を抑制できた。

4. まとめと今後の展望

- 再生可能エネルギー大量導入時の短周期変動対策として、LFCの担当変動周期まで考慮したEDCを提案した。
- 時間分解能の高い出力指令を与えるEDCを設計するために、制御信号をBlock-MPCにより計算する方法を提案した。
- EDCの短周期化と需給不均衡量の関係を調べ、需給不均衡量の抑制を確認した。
- EDC・LFCの統合設計と分散化について研究を進める。

5. 参考文献

[1] 天野 他: PV大量導入がLFCへ与える影響に関するシミュレーション検討ー長周期の予測誤差の考慮と適切なAR低減方策の検討ー, 電力中央研究所研究報告 R11010, 2012
 [2] J. Sun, S. Chen, I. Kolmanovsky: A Stable Block Model Predictive Control with Variable Implementation Horizon, 2005 American Control Conference, pp.834-839, 2005
 [3] 武藤生磨, 井村順一, 石崎孝幸, 植田謙, 大量導入された太陽光発電を含む電力ネットワークの階層型電力配分制御, 第13回計測自動制御学会制御部門大会 (2013)