

# ゲイン配分に基づくバッテリーアシスト型負荷周波数制御

東京都立大学 システムデザイン学部 機械システム工学科 B4年 高田悠太 (児島研究室)

## 1. はじめに

近年、カーボンニュートラルの実現に向けて再生可能エネルギーの導入が拡大している。<sup>[1]</sup>

再生可能エネルギー導入拡大の影響

- 発電量が周囲の環境に依存するため、**電力システムが不安定**になりやすい。
- 火力電源の稼働台数の減少によって、**LFCの調整能力が低下**する可能性がある。



Fig.1 Renewable energy

### 研究目的

再生可能エネルギー導入拡大により調整力が低下する電力システムに**ゲイン配分型バッテリーアシスト**を用いることにより**周波数変動抑制性能を維持**しつつ**火力機の負担を軽減**する。

## 2. バッテリーアシスト型負荷周波数制御

### □ 負荷周波数制御(Load Frequency Control : LFC)

Fig.2のように**需給バランス**を周波数変動として検出する。

供給側を制御し、周波数変動を抑制する。<sup>[2]</sup>

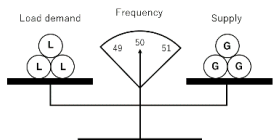


Fig.2 Demand-supply balance

### □ バッテリーアシスト型負荷周波数制御(BALFC)

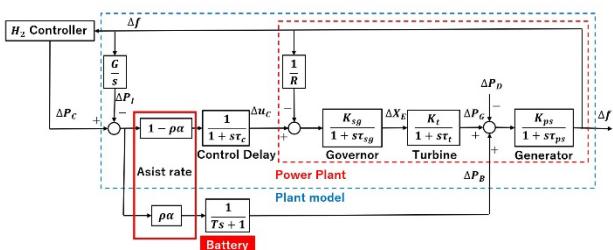


Fig.3 BALFC model

Table 1 Inputs and outputs

| Sign         | Definition                 |              |                               |
|--------------|----------------------------|--------------|-------------------------------|
| $\Delta f$   | Frequency variation        | $\Delta X_g$ | Turbine valve displacement    |
| $\Delta P_c$ | Control input              | $\Delta P_G$ | Supplied active power         |
| $\Delta P_i$ | Integral command input     | $\Delta P_D$ | Load demand                   |
| $\Delta u_c$ | Command input to generator | $\Delta P_B$ | Battery supplied active power |

- 火力機への指令値をゲイン配分や周期別変動配分等で**蓄電池に分担**させる制御。
- アシスト率 $\alpha$ を利用したゲイン配分により、LFC指令値の配分割合を変化させる。
- 蓄電池は一次遅れ系として考える。

### □ $H_2$ 制御

Fig.4に示されるような外乱 $w$ から評価量 $z$ 間の伝達関数 $G$ の $H_2$ ノルムを最小にする制御。

$H_2$ ノルムは単位ベクトル白色雑音に対する定常応答の2乗面積と等しい<sup>[3]</sup>。

外乱が白色雑音の場合、効果的。

⇒本研究の**需要変動( $\Delta P_D$ )は白色雑音を元に生成**している。

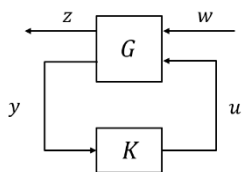


Fig.4  $H_2$  control problem

## 3. シミュレーション

### (A) ゲイン配分型バッテリーアシストの効果

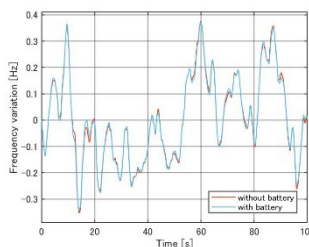


Fig.5 Frequency variation

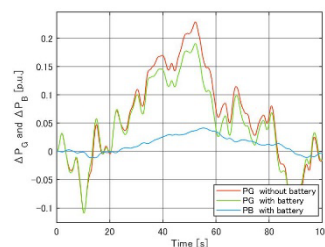


Fig.6 Power system and battery output

- 周波数変動は**ほとんど変化しない**(Fig.5)。
- 火力機と蓄電池の発電量が**ゲイン配分(LFC=0.8, battery=0.2)通りにおおよそ配分**される(fig.6)。

⇒ゲイン配分型バッテリーアシストが**有効に作用**している。

### (B) 蓄電池の時定数と周波数変動の関係

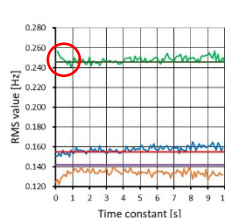


Fig.7 RMS value ( $\rho = 0.2$ )

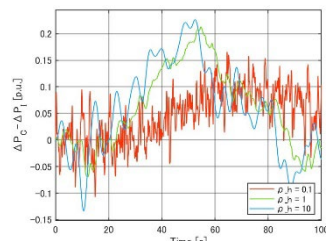


Fig.8 LFC command value ( $T = 0.1$  s)

- 蓄電池の時定数が大きくなると**RMS値が増加する傾向**(Fig.7)。
  - 入力重み $\rho_h$ を大きくすると**抑制性能が向上**する(Fig.7)。
- ⇒周波数変動には**蓄電池の時定数, 入力重みの値**が影響する。
- 蓄電池の時定数が小さいにも関わらず**RMS値が大きい部分**がある(Fig.7の赤丸部)。

- 蓄電池の入力であるLFC指令値は $\rho_h$ が小さいと**激しい**(Fig.8)。
- ⇒時定数が小さいとき蓄電池は入力を即座に出力するため、**蓄電池による干渉**が生じている可能性がある。

(A), (B)のシミュレーション結果より

入力重み $\rho_h$ を大きな値にすることにより蓄電池の時定数の値によらず、**周波数変動を抑制し、火力機の負担を軽減**できる。

## 4. まとめと今後の展望

### まとめ

- ゲイン配分型バッテリーアシストの効果をシミュレーションにより確認した。
- 入力重み $\rho_h$ の値、蓄電池の時定数の値が抑制性能に影響する。
- 入力重み $\rho_h$ を大きな値にすることにより、**周波数変動抑制性能を維持**しつつ、**火力機の負担を軽減**することができる。

### 今後の展望

- 配分割合によらず一定以上の性能を保証するBALFCモデルを設計する。

### 参考文献

- [1] 令和3年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2022), 経済産業省 資源エネルギー庁, 2022
- [2] 電力需給解析モデル標準化調査専門委員会, 電力需給・周波数シミュレーションの標準解析モデル, 電気学会技術報告, NO.1386, 2016
- [3] 劉康志, 線形ロバスト制御, コロナ社, 2002, pp134-137