

変化速度制約を考慮した バッテリーアシスト型負荷周波数制御の構成

東京都立大学大学院 機械システム工学域 M2 元木 達也 (児島研究室)

研究概要

近年深刻化している、資源枯渇問題や地球温暖化の対策として、再生可能エネルギーによる発電(PV等)の大量導入が進められている。

- PV等は発電量が周囲環境に大きく影響されるため、系統がより不安定になる。



図1: 太陽光発電[1]

バッテリーアシスト型負荷周波数制御

バッテリーアシスト型負荷周波数制御 (BALFC) [2]

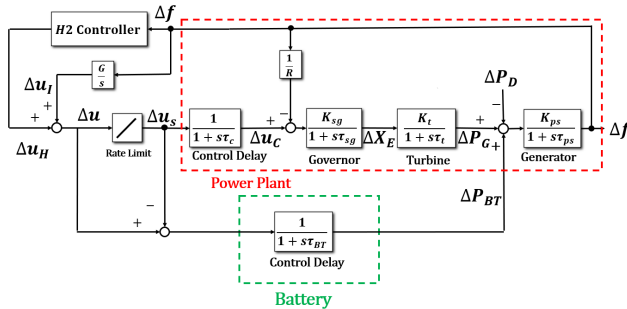


図2: 提案法 BALFC ブロック図

- 電力需給の差である周波数変動 Δf を0近傍に抑えるようにフィードバック制御を行う。
- 火力機 (Power Plant) の出力変化速度に制限 (Rate Limit) がある状態で、自身が出力可能な分の指令値 u_G のみを受け取り、残りは蓄電池 (Battery) に分配することで、蓄電池が火力機をアシストする。

BALFCの問題点

- 火力機と蓄電池の動特性 (出力の速さ) の違いから、それぞれの出力の元の指令値は異なる。よってそれぞれの出力が相互干渉を起こし系統が不安定化する。
- 蓄電池の時定数を適切に調節することで、この問題を未然に防ぐことができる。

BALFCの安定条件

- 図2中のRate Limitは図3のように変換できる。この時、 w から z までの伝達関数の H^∞ ノルムが1未満となるとき制御系が安定となる。
- H^∞ ノルムが1未満となるように蓄電池の時定数を調節すれば、より効果的なアシスト系を設計できる。

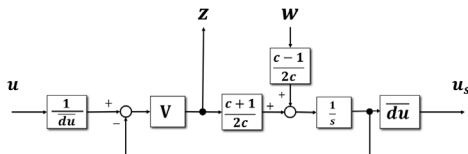


図3: 変換された変化速度制約

研究目的

より高いアシスト性能を有するアシスト系の設計法を提案し、その効果を検証する。

シミュレーション結果

蓄電池の時定数とノルムの解析結果

- $0.77 \leq \tau_{BT} \leq 4.62$ で H^∞ ノルムが1未満となった。
- この範囲での時定数を選べば、制御系の安定性が保証される。
- $\tau_{BT} = 1.82$ で H^∞ ノルムが最小になった。

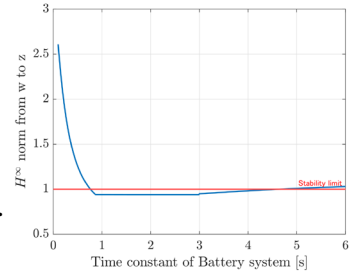


図3: 時定数と H^∞ ノルム

シミュレーションによる評価

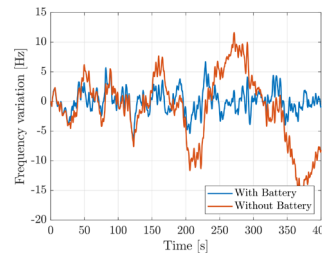


図4: 周波数変動

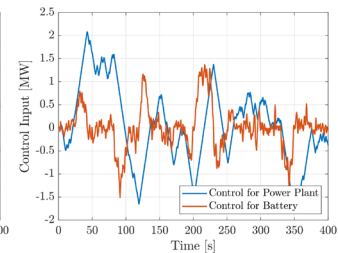


図5: 指令値

- 図4はBALFC(青線)と火力機のみ(赤線)の周波数変動の結果である。
- 火力機のみで運用した場合は指令値の一部が除去された状況での制御のため、調整力が低下し、制御系が不安定化している。
- BALFCの場合は、蓄電池が火力機をアシストしているので、不安定化が抑えられ、周波数変動を抑制できている。
- 図5は、火力機(青線)と蓄電池(赤線)それぞれへの指令値である。火力機への指令値が直線になっている部分で、蓄電池に指令値が送られている。

まとめと今後の展望

まとめ

- 制御系の不安定化を未然に防ぎつつ、高いアシスト性能を有するアシスト系の時定数を H^∞ ノルムの解析により、設計した。
- 設計したアシスト系の効果をシミュレーションにより確認した。

今後の展望

- 制御系の過渡応答の改善を保證するようなアシスト系の設計法を提案する。

[1]:太陽光設置お任せ隊 https://taiyoukou-secchi.com/column/cost/column_lectursolar_string/

[2]:織原大, "風力発電導入時の周波数制御に貢献するバッテリーアシスト型LFCの所要蓄電池容量評価", 電気学会論文誌B, 2018

[3]:H. Duda: Prediction of adverse aircraft-pilot coupling in the roll axis due to rate limiting in flight control systems", DLR-IB 111-95/24, Braunschweig, 1995