

マイクログリッドにおける強風時の風力発電のピッチ制御と IR 制御の協力制御

Cooperative Control of Pitch Control and Inertia Response of Wind Power Generation during Strong Winds in Microgrids

村野 佑眞
指導教員 齊 晶婷

サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 マイクログリッドシステム研究室

マイクログリッドにて風力タービンの大規模導入が期待されている。本研究では風力タービンにおけるピッチ制御によってピッチ角のシフト直後の実際の運転点を調査した。可変速風力タービンのために改善されたアクティブパワー制御方法を提案、慣性応答を強化し負荷周波数制御に寄与することを目的とする。

キーワード：マイクログリッド、風力発電、ピッチ制御、慣性応答

1. 背景

マイクログリッドは、再生可能エネルギーを多く導入していることから周波数が安定しづらい特性がある。^[1]ここで慣性応答制御(IR)制御、ピッチ制御を導入する。IR 制御は風車の羽の質量による運動エネルギーからの発電を制御するが最適回転速度 ω_{op} と実回転速度 ω_r が変動する。^[2]ピッチ制御は過負荷保護を目的とし、ピッチ角 β を変動させることで出力電力の安定化を図るが β の変動により空力係数 C_p と最適回転速度 ω_{op} が変動してしまう。^[3]共に最適回転速度が変動するため本研究ではピッチ制御と IR 制御の協調制御を目的とする。

2. 方法

本研究で提案するマイクログリッド、ディーゼル発電機モデル(DE)^[4]、風車のモデルを図.1、図.2、図.3に示す。本研究ではDE 発電機 2 台、風力発電機 1 台で行う。また、今回はピッチ制御の反応を確認するため IR 制御は起動させない。ピッチ制御は風車の羽の角度を風速によって変えることで風車の出力を制御する。動的エネルギー $P_m = \frac{1}{2} \rho \pi r^2 v^3 C_p(\lambda, \beta)$ で求められる。この時、 ρ は空気密度、 r は風車の半径、 v は風速である。 C_p は先端速度比 λ と β によって変動するため、 β を変化させると動的エネルギー P_m は大きく変動する。図.4にその変化を示す。本研究では強風時を想定とするシミュレーションを行う。北海道襟裳岬の12時間のデータを見ると風速は11~18[m/s]で変動してい

た。15[m/s]から強風とされるため本研究では風速範囲を17~19[m/s]とし、ピッチ角は計算より13.8~16.9[deg]の範囲で変動すると考えられる。今回は以上の条件の中で P_m の値を1.0[p.u]以下で安定させることを目的とする。本研究では従来のピッチ制御を用いてシミュレーションを行った。ピッチ制御のブロック図を図.5に示す。

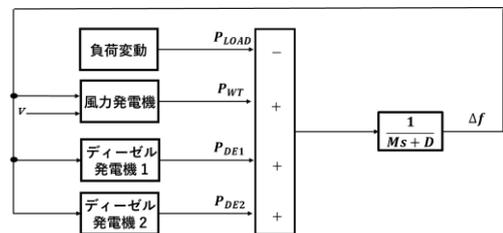


図.1 提案するマイクログリッドモデル

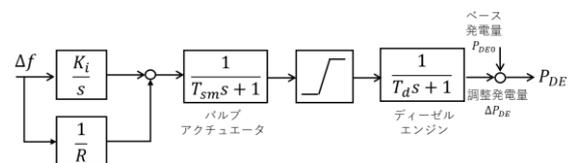


図.2 ディーゼル発電機モデル

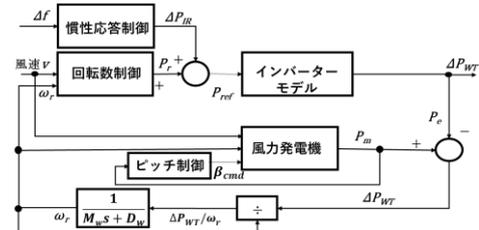


図.3 提案する風車のモデル

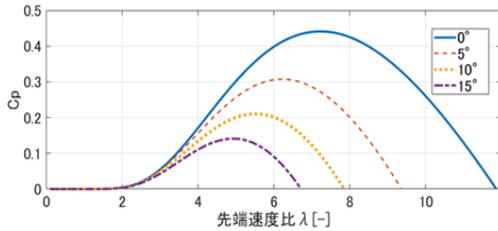


図.4 ピッチ角の変化による風車の出力

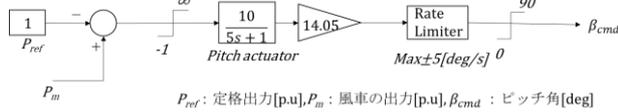


図.5 ピッチ制御^[3]

3. 結果

風速の変動、ピッチ角、風車の出力電力 (P_m , P_e)、回転数の変動を図.6、図.7、図.8、図.9に示す。シミュレーション時間は600[sec]で行った。結果より0[sec]~20[sec]では風速の急な変動によりピッチ角が急激に変化し出力電力が大きく変化した。以降はピッチ角が風速に追従したため1.1[p.u]で安定した。

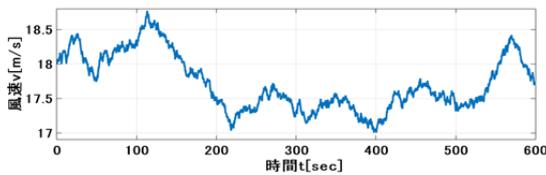


図.6 風速

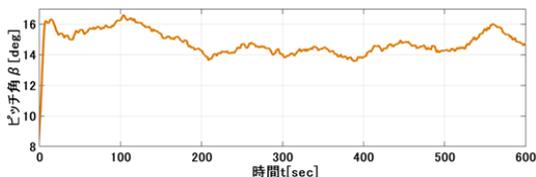


図.7 ピッチ角

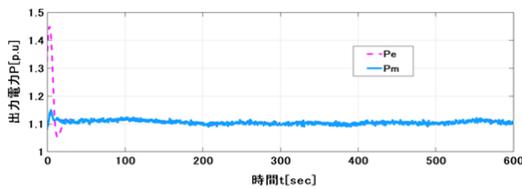


図.8 出力電力

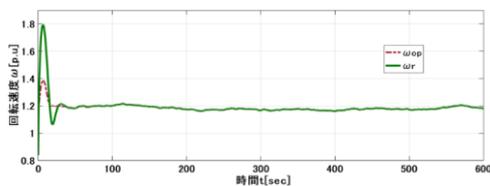


図.9 回転速度

4. 結言

図.6と図.7より、風速の変動に対しピッチ角度が追従していること、ピッチ角が計算の範囲の中で変動していることからピッチ制御が正常に機能していることが分かった。しかし、出力電力が1.1[p.u]で安定してしまっただけで目的は達成できなかった。

5. 今後の予定

出力電力が1.1[p.u]で安定している原因として図.10、図.11よりピッチ制御の反応速度が遅く、 ω_{op} と ω_r が一致していないことが考えられる。今後の予定として、出力電力を1.0[p.u]以下に抑えるようにピッチ制御を改善し、更に調整力としてIR制御を導入する。

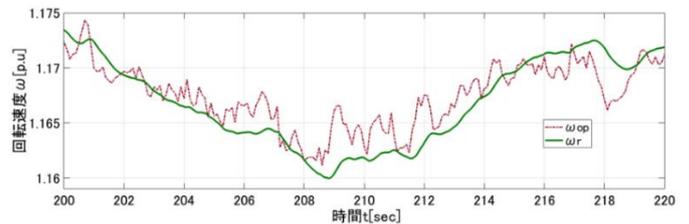


図.10 回転数の拡大図

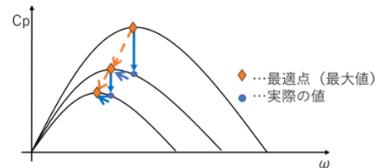


図.11 ピッチ制御による運転点の変化

参考文献

- [1] T.Shinji,T.Sekine,T.Kashiwagi et al,“Discussion on Reduction of Power Fluctuation by distributed Generation in Micro Grid”,IEEJ Trans.PE,Vol.126,No.1,2006
- [2] R.Liu,P.song,X.S.Wang,Z.W.Lin, “Rotation Speed Recovery Strategy Based On Variable Power Curve of Inertia Control from DFIG Wind Turbine”, vol.192, 2nd International Conference on Energy Engineering, 2018
- [3] T.Yamazaki,R.Takanashi,T.Murata et al, “Smoothing Control of Wind Generator Output Fluctuations by New Pitch Controller”, 2008 18th International Conference on Electrical Machines,2008.9.
- [4] Hisanao Kawai,Takao Tsujia. “A Temporal Power Surge Control in Microgrid Using Optimal Rotational Speed of Wind Turbine” .IEEJ Trans, vol. 18, no. 12, pp. 1876, 2023.