

# 電力需給解析 AGC30 モデルを用いた風車に基づく慣性応答の性能向上

Enhancing the Inertial Response Performance of Wind Turbines Using the Automatic Generation Control Model

学生氏名：横須賀文香<sup>1)</sup>

指導教員：齊晶婷<sup>1)</sup>

1)：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

2030 年に向けた日本の電力システムへの風力発電の目標導入に伴い、慣性応答は予備電力として風車の出力に一時的なパワーを増減することにより系統周波数安定化に貢献できる。本研究では慣性応答の効率向上を目指し標準解析モデル AGC30 に風車を導入し、シミュレーションで慣性応答の有効性を検証した。

キーワード (必須)：電力解析 AGC30 モデル, 風力発電, 慣性応答, 周波数制御

## 1. 緒言

近年再生可能エネルギーの導入が急速に進む中、現時点では陸上&洋上風力 32.2GW が 2031 年度までに運転開始する予定で開発を進めている状況となる。陸上・洋上とも今後 10 年間は 1~2GW 程度/年の認定~導入が見込まれる。[1]

一方で慣性応答は風車が持つ慣性応答によりローターが持つ回転エネルギーから一時的に風力発電の出力を増減することにより、系統周波数偏差の抑制に貢献するのが期待されている。[2]

本稿では、電力需給・周波数シミュレーションの標準解析モデル(以下 AGC30 モデルという)に基づいて複数台の風車を導入され、周波数制御について慣性応答の有効性を検証する。

## 2. 方法

### 2.1 AGC30 モデルおよび風車モデル

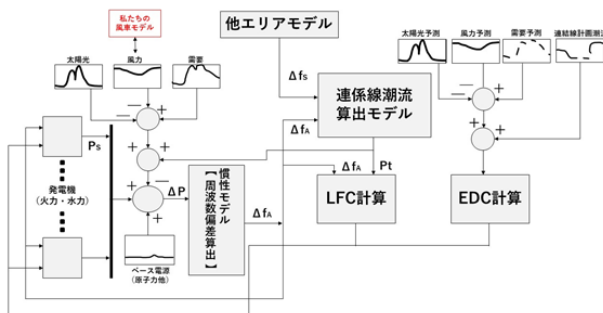


図.1 AGC30 モデル

AGC30 モデルとは電力需給解析モデル標準化調査専門委員会にて提案した需給・周波数シミュ

レーションの標準解析モデルである。[3]図 1 は AGC30 モデルを示す。風車モデルは図 2 に示し、以下の式(1)~(5)によって構築された。Cp は空力係数、ρ は空気密度、β はピッチ角、λ は先端速度比、ω は回転速度、R は半径、v は風速である。

$$C_p(\lambda, \beta) = C_1 \left( \frac{C_2}{\lambda_i} - C_3\beta - C_4\beta^{C_5} - C_6 \right) \exp\left(-\frac{C_7}{\lambda_i}\right) \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{\omega_r R}{v} \quad (2)$$

$$\frac{1}{\lambda_i} = \frac{C_9}{\lambda + C_8} - \frac{C_{10}}{\beta^3 + 1} \quad (3)$$

$$P_m = \frac{1}{2} C_p(\lambda, \beta) \rho \pi R^2 v^3 \quad (4)$$

$$\lambda_{op} = \frac{C_2 C_7 C_9 (\beta^3 + 1)}{(C_4 C_7 \beta^{C_5} + C_3 C_7 \beta + C_6 C_7 + C_2)(1 + \beta^3) + C_2 C_7 C_{10}} - C_8 \beta \quad (5)$$

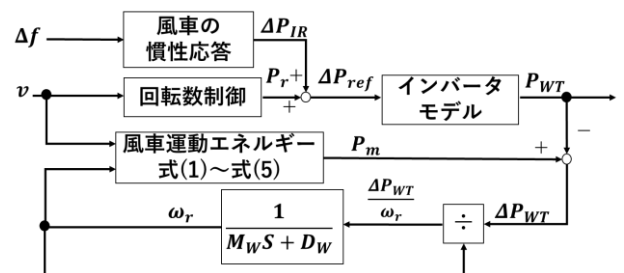


図. 2 風車モデル

### 2.2 慣性応答制御 (IR 制御)

本研究では IR 制御を用いた周波数偏差の抑制を目的とし 3 つの主要パラメータである Kd、Kp、および高域通過濾波器 (HFP) の時定数 T<sub>H</sub> の調整を行った。IR 制御は同期発電機等が持つ慣性力と等しく、一次調整力に相当し、短周期の負荷変動を抑制することにより HPF で 2s より短周期の成分を抽出するのを設定した。IR 制御の構造は図 3 に示す。風車出力を安定するため、回転数偏差は 10% 以内に

IR 制御を ON にする。10%以上ずれている場合は回転数速度を最適値に戻るのが最優先するため IR 制御を停止する。

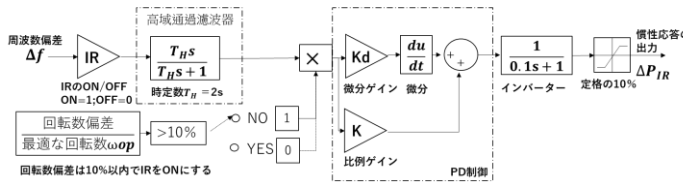


図.3 慣性応答に基づく提出した周波数制御のブロック図

3. 結果

AGC30 モデルの解析例題2(風力発電導入)を用いて、風力発電データを本研究が提出した風車モデルと風速データを入れ替えた。AGC30 モデルの風力発電の導入量約 280MW であるため、1.75MW の風車が 450 台を導入し、シミュレーションを実行した。

風速データは MATLAB の White-noise にて作成した。図.4 は風速を示す。図 5 より IR あり/なしの周波数偏差抑制効果はほぼ差が出なかったが、IR ありの方がわずかに良い。抑制効果が弱い原因は AGC30 の運転予備力また短周期に対応する負荷周波数制御が十分となっているため、IR 制御の有無が周波数抑制にわずかの影響を与えた。IR は短周期の負荷変動に対応するため、図.6 から風力発電の出力変動が IR ありの場合に変動幅が広がった。図 7.8 回転数から IR の短周期対応も確認できる。

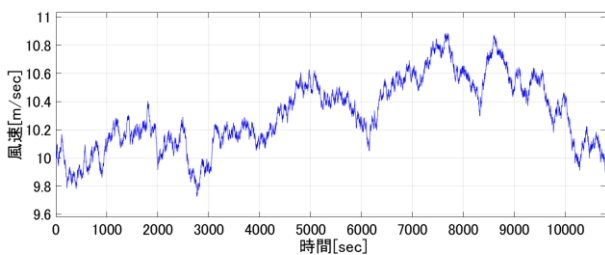


図.4 風力データ

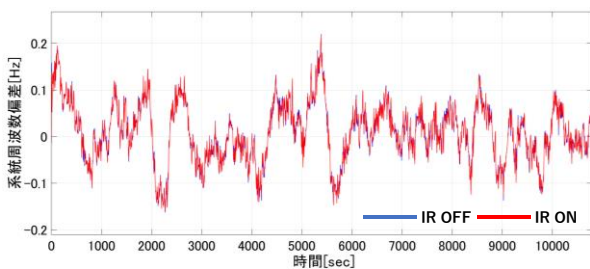


図.5 系統周波数偏差

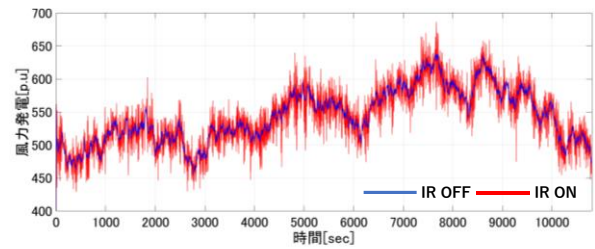


図.6 風力発電

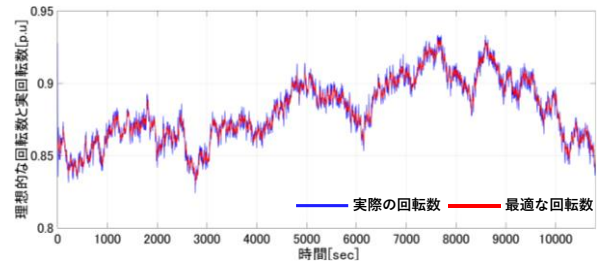


図.7 IR=0 の場合の理想的な回転数と実回転数

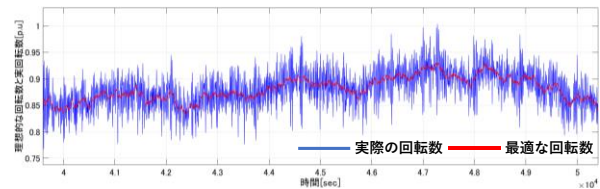


図.8 IR=1 場合の理想的な回転数と実回転数

4. 結 言

本研究では、AGC30 モデルを用いて IR 制御のパフォーマンスを確認した。結果として、IR 制御の導入により周波数偏差の抑制効果がわずかによくなった。その原因は AGC30 の運転予備力が十分であることを考えられる。

5. 今後の予定

AGC30 モデルの運転予備力を弱く設定し、IR 制御の実性能および経済性を示す。また各パラメータをより理論的な最適化することにより IR 制御の性能向上を目指し改善する。

6. 文献

[1] 一般社団法人, 日本風力発電協会, “2050 年カーボンニュートラルの実現に向けた 2030 年の風力発電導入量のあり方”, 第 28 回再生可能エネルギー小委員会, 資料⑤  
 [2] 松信 陸, “イナーシャ制御と周波数応答”, 日本風力エネルギー学会誌, Vol.42, No.4  
 [3] 電気学会技術報告第 1386 号 “電力需給・周波数シミュレーションの標準解析モデル”