

昭和基地における風力発電の電力系統への影響 電圧変動, 周波数変動と出力特性

Influence of Wind Power Generation on The Electric Power System at Syowa Station Voltage Fluctuation, Frequency Fluctuation and Output Characteristics

○白川誠人¹, 西川省吾²*Masato Shirakawa¹, Shogo Nishikawa²

Abstract: Wind power generation has extreme output fluctuation, so if there is a large amount of wind power generation connected to the small electric power system, frequency fluctuation and voltage fluctuation are concerned. Therefore, in order to make it possible to interconnect large amounts of wind power generation, we have to clarify the influence of output fluctuation of wind power generation on electric power system at Syowa Station.

For this reason, we analyzed the basic influence of change of active power and reactive power on change of voltage and frequency.

1. はじめに

昭和基地での冬季の 3 か月は太陽が出ない極夜となり, 太陽エネルギーが無いために風力発電が有望視されている. しかし風力発電は出力変動が大きいので, 電力系統に大量の風力発電を連系すると, 周波数変動や電圧変動が懸念される. そこで, 本研究では大量の風力発電を連系可能にするため, 風力発電の出力変動が電力系統に与える影響を明らかにすることを目的とする.

そのために本稿では電圧変化量, 周波数変化量, 有効電力変化量, 無効電力変化量の関係を分析したので報告する.

2. 風力発電機の仕様

Figure1 が昭和基地の風力発電機で現在 2 台稼働している. また, 垂直軸風車の一つであるダリウス型風力発電機である.



Figure1. 20 kW Windmill of Syowa Station^[1]

2つの風力発電機は同じ仕様である. その仕様を Table1 に示す.

Table1. Wind power generator specifications^[2]

Manufacture	NIPPI corp.
Rated maximum output[kW]	20
Total height[m]	13
Full width [m]	6.5
Rotor diameter [m]	6.3
Blade length [m]	6.3
Blade number	3
Cut in wind speed [m/s]	4.5
Rated wind speed [m/s]	15
Cut out wind speed [m/s]	22.5
Rotor speed [min ⁻¹]	115
Wind speed [m/s]	80
Output voltage [V]	200/220

3. 有効電力変化量と周波数変化量の関係^[3]

電気は貯蔵が困難なため, 需要に合わせて同時同量の供給を行う必要がある. この需給のバランスが電力系統全体で崩れた場合に周波数が変動することとなる.

有効電力の変動 ΔP [W], 周波数変動 ΔF [Hz]は以下の関係がある.

$$\Delta P = -1/|r| \cdot \Delta F \quad (1)$$

ただし, $|r|$ は速度調定率である.

4. 有効電力, 無効電力と電圧の関係^[3]

発電機の内部起電力と同期リアクタンス, そして端子電圧, 発電機電流の関係は(2)式で表される.

$$\dot{V} = E - jXI = Ee^{j\delta} - jXI \quad (2)$$

ただし, \dot{V} : 端子電圧[V], E : 内部起電力[V], X : 同期リアクタンス[Ω], I : 発電機電流[A]である.

このとき、発電機が供給する有効電力、無効電力は (3),(4)式のように表すことができる。

$$P=(VE/X)\sin\delta \quad (3)$$

$$Q=(VE/X)\cos\delta -(V^2/X) \quad (4)$$

5. 有効電力変化量-電圧変化量 (1s ごと)

Figure2 に有効電力変化量-電圧変化量の関係を示す。

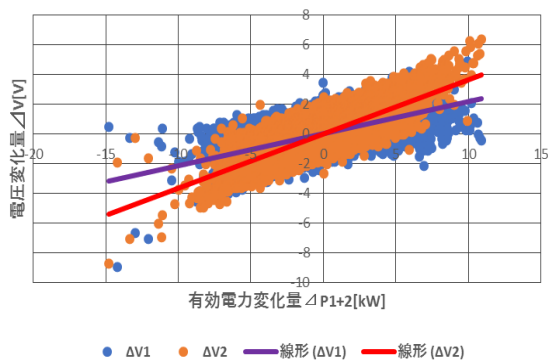


Figure2. Relationship between active power change amount and voltage change amount

近似曲線の式はそれぞれ

$$\Delta V_1=0.2157 \cdot \Delta P_{1+2} \quad (5)$$

$$\Delta V_2=0.3647 \cdot \Delta P_{1+2} \quad (6)$$

で表された。ΔV₁は風車 1 の電圧変化量[V], ΔV₂は風車 2 の電圧変化量[V], ΔP₁₊₂は各風車の有効電力変化量の和[kW]である。同じ風車にかかわらず 2 つの近似曲線の傾きが異なっている。

6. 無効電力変化量-電圧変化量 (1s ごと)

Figure3 に無効電力変化量-電圧変化量の関係を示す。

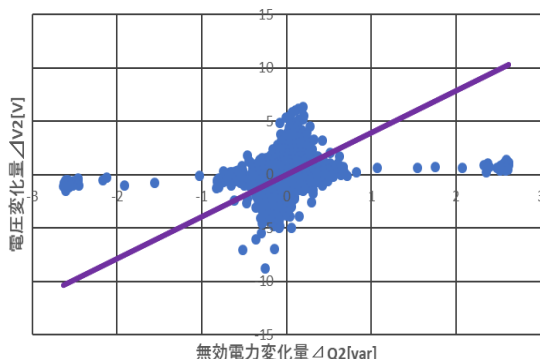


Figure3. Relationship between reactive power change amount and voltage change amount

近似曲線の式は、

$$\Delta V_2=3.9393 \cdot \Delta Q_2 \quad (7)$$

で表された。ΔQ₂は風車 2 の無効電力変化量 Q[var]で

ある。しかし、近似曲線の信頼度を表す決定係数 R²乗値が 0.076 と低いため、この近似曲線はこのデータに適していないと考えられる。また無効電力変化量の点群は 1var 以内に多く集まっている。

7. 有効電力変化量-周波数変化量 (1s ごと)

Figure4 に有効電力変化量-周波数変化量の関係を示す。

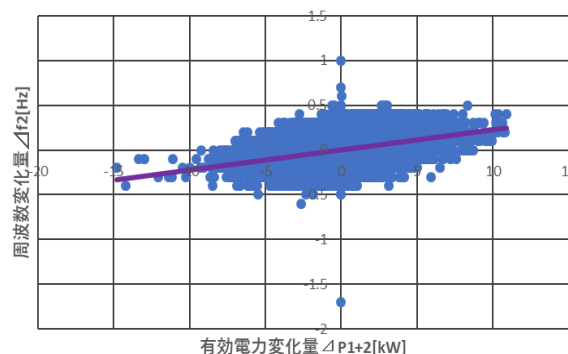


Figure4. Relationship between active power change amount and frequency change amount

近似曲線の式は

$$\Delta f_2=0.0224 \cdot \Delta P_{1+2} \quad (8)$$

と表された。Δf₂は風車 2 の周波数変化量[Hz]である。(1)式より、速度調定率rは 0.0224 となる。また理論式のように比例していることがわかる。0.2[Hz]程度の変動で一部の需要家の機器に影響が出始める^[3]ため、現状の制御方式で影響なく発電できるのは 9[kW]程度までである。

周波数制御では電力の消費と発電の同時性が重要とされている。そのために需要予測に基づいて事前に発電機の出力を決めたり、発電量と出力の差を周波数から検出し、その差をなくすように発電量を調整する。

8. まとめ

今回現地の運転データより電圧変化量、周波数変化量、有効電力変化量、無効電力変化量の関係を分析した。

有効電力変化量と周波数変化量のグラフより需要家の機器に影響なく発電できるのは現在の設備では 9[kW]程度までであることが分かった。

9. 参考文献

[1] 公益財団法人 日本極地研究振興会

http://kyokuchi.or.jp/?page_id=3513

[2] 川崎重工業株式会社 HP

https://www.khi.co.jp/news/detail/20110517_1.html.

[3]電力系統工学 長谷川淳 電気学会 p15,16,19