

固体酸化物型燃料電池を導入した南極昭和基地マイクログリッドの 再エネ導入割合の検討

Study of the introduction ratio of renewable energy in Showa Station microgrid with a solid oxide fuel cell

学生会員 ○ 藤本 翔輝 (北見工業大学) 正会員 小原 伸哉 (北見工業大学)

Shouki FUJIMOTO*¹ Shin'ya OBARA*¹

*¹ Kitami Institute of Technology

When the amount of introduction of renewable energy in Showa Station is expanded, because the transport volume of fossil fuel from Japan decreases, transportation of observation equipment increases. Therefore, hydrogen is produced by the surplus power of renewable energy in summer season, and the system generated by SOFC (solid oxide fuel cell) in winter is proposed. On the other hand, because SOFC is not accompanied by inertial force, the error capability of electricity supply and demand decreases. If power fluctuation is large, the frequency deviation of the electricity of a microgrid will increase. In this paper, the introductory rate of renewable energy of the Showa Station microgrid when the frequency of electricity can maintain in the proper range is clarified.

はじめに

現在、南極昭和基地では観測の充実に伴う化石燃料使用量の増加や、輸送船しらせの積載量の制限のため、地産地消が可能な再生可能エネルギー(RE)の大量導入が検討されている[1]。本稿では、夏季に再生可能エネルギーの余剰電力により水素を製造し、冬季にこの水素を用いて固体酸化物形燃料電池 (SOFC) により発電するシステムを提案する。一方、太陽光発電や風力発電の出力は天候によって左右されるため、電力の需給バランスの不平衡により周波数変動が生じてしまう。SOFC の電力は慣性力を伴わないので、電力需給の誤差の抑制能力は減少し、電力変動が大きいと、周波数偏差の増加につながる。そこで本稿では、電力の周波数が適正範囲に維持可能な昭和基地マイクログリッドの再生可能エネルギーの導入割合を明らかにする。

1. システム構成

図-1 に本稿で提案する南極昭和基地マイクログリッド (SBMG) の構成を示す。提案するシステムは 300kW のディーゼル発電機と 100kW の SOFC、太陽光発電及び風力発電で構成される。これらの機器容量は、単純遺伝的アルゴリズムを用いて、南極昭和基地の化石燃料使用量を最小化する運用解析の結果から引用した[2]。

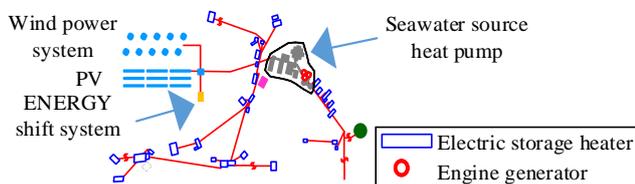


図-1 提案するマイクログリッドの構成

2. 解析モデル

図-2 に提案する SBMG を模擬した解析モデルを示す。提案マイクログリッドの電力需給バランスはディーゼル発電機のスロットル開度を調整することにより維持する。マイクログリッドの周波数変動については、ディーゼル発電機のブロックに組み込まれている動揺方程式(式(1))から計算する。また、本解析における基準周波数は 50Hz とする。太陽光発電の出力 P_{pv} [kW] は式(2)より、入力した日射量 I_r [kW/m²] に太陽光パネルの設置面積 A_{area} [m²] と変換効率 η_{panel} 及びパワーコンディショナでの変換効率 η_{pc} を乗算することで計算する。風力発電の出力 P_{wp} [kW] は、風速 v_w [m/s] に対応する出力係数 C_p とロータの掃気面積 A [m²]、空気の密度 ρ [kg/m³] から最初に風力発電機 1 台あたりの出力を計算する。その後、風力発電機の設置台数 N_{wp} を乗算、式(3)から風力発電全体の出力を計算する。

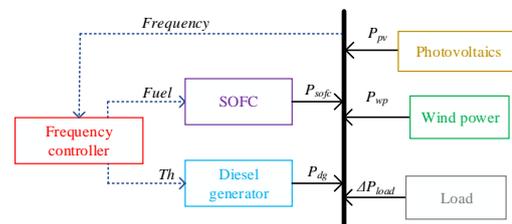


図-2 解析モデル

$$T_m - T_e = J \frac{d\omega}{dt} \quad (1)$$

$$P_{pv} = \eta_{panel} \cdot \eta_{pc} \cdot A_{area} \cdot I_r \quad (2)$$

$$P_{wp} = N_{wp} \cdot \frac{1}{2} C_p \cdot \rho \cdot A_{wind} \cdot v_w^3 \quad (3)$$

3. 解析条件

ディーゼル発電機の単位慣性定数は、既存の南極昭和基地のディーゼル発電機と同様とし、日射量及び風速は、**図-3**に示すように、定格出力から0までのステップ変化で与える。ただし冬季では太陽が1日中でない極夜となるために日射量は0 kW/m²とする。また SOFC は夏季の余剰電力で生成した水素を用いて発電するため冬季のみ発電を行う。また、サンプリング時間は0.01sとする。以上の条件で、下記の(a), (b)のケースを解析する。

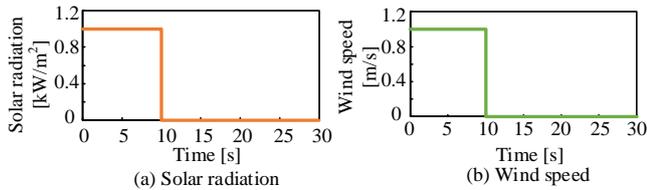


図-3 入力データ

(a)夏季での RE の導入割合の調査

RE の出力は 10 kW 一定とし、太陽光発電及び風力発電の導入割合を表1に示すパターン A から K まで変化させ、最も周波数変動が小さいパターンを明らかにする。

表-1 太陽光発電と風力発電の割合

| Pattern | Photovoltaics | | Wind power | |
|---------|---------------|----------|------------|----------|
| | Percentage | Capacity | Percentage | Capacity |
| | [%] | [kW] | [%] | [kW] |
| A | 100 | 10 | 0 | 0 |
| B | 90 | 9 | 10 | 1 |
| C | 80 | 8 | 20 | 2 |
| D | 70 | 7 | 30 | 3 |
| E | 60 | 6 | 40 | 4 |
| F | 50 | 5 | 50 | 5 |
| G | 40 | 4 | 60 | 6 |
| H | 30 | 3 | 70 | 7 |
| I | 20 | 2 | 80 | 8 |
| J | 10 | 1 | 90 | 9 |
| K | 0 | 0 | 100 | 10 |

(b) SOFC の導入による RE の設備容量の調査

RE の導入割合は条件(a)で求めた割合とし、SOFC を導入しなかった場合及び SOFC を導入した場合における周波数変動が 50±0.3 Hz 以内（電力品質の規定範囲）となる RE の導入限界量を明らかにする。

4. 解析結果

4.1 RE の導入割合の結果

図-4に**表-1**中での周波数偏差解析の結果を示す。**図-4**より、太陽光発電と風力発電を同程度導入したパターン F が最も周波数変動が小さくなることから分かる。これは、太陽光発電と風力発電を組み合わせることによって、それぞれの出力変動が打ち消しあったためと考えられる。

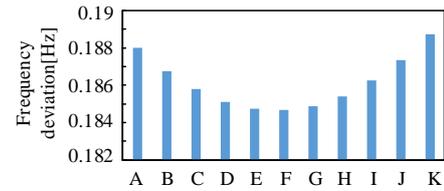


図-4 周波数偏差の結果

5.2 SOFC の導入による RE の設備容量の調査

図-5に SOFC を導入しなかった場合の周波数変動の結果を示す。**図-5**は RE の導入量を 50 kW とした時の結果であり、周波数変動は最も大きい変動で 49.7 Hz となった。したがって、SOFC を導入しなかった場合の RE の導入限界量は太陽光発電 25 kW 風力発電 25 kW である。

また、**図-6**に SOFC を導入した場合の周波数変動の結果を示す。**図-6**は RE の導入量を 70 kW とした時の結果であり、周波数変動は最も大きい変動で 49.7 Hz となった。したがって、SOFC を導入した場合の RE の導入限界量は、太陽光発電 35 kW と風力発電 35 kW であり、SOFC を導入することで RE の導入限界量は 40%増加した。

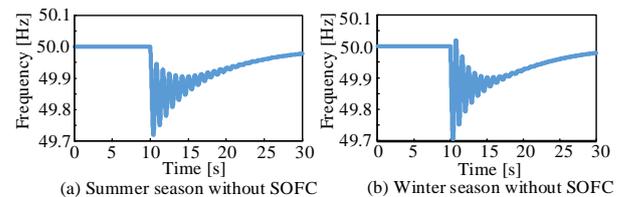


図-5 SOFC を導入しなかった場合における周波数の解析結果

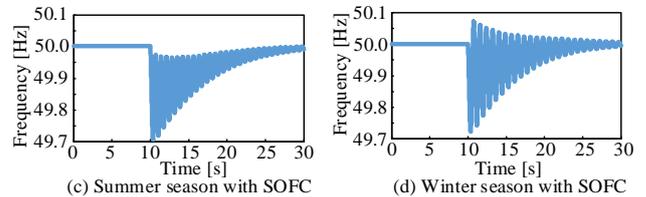


図-6 SOFC 導入時における周波数の解析結果

5. 結言

本稿では SBMG の周波数変動について分析し、以下の結論を得た。

- (1) SBMG では、太陽光発電及び風力発電を同程度導入した際に、最も周波数変動が抑制できると考えられる。
- (2) SBMG での RE の導入限界量は風力発電 25 kW、太陽光発電 25 kW であり、SOFC を導入したことで、RE の導入限界量は 40%増加した。

参考文献

- 1) Nishikawa S, Abiko H, Kurihara J, Ishizawa K, Endo N. Fundamental study for introduction of renewable energy into Syowa base, IEEJ transactions on power and energy, Transactions of IEE Japan 2011;131(9):778-785. (in Japanese)
- 2) 濱中瞭, 他, 南極昭和基地マイクログリッドにおける燃料消費量の調査, 講演論文集アーカイブ, No.523, (2016)