NAS 電池の制御による大規模な風力発電及び太陽光発電を用いた電力システムの周波数安定

Control of Sodium-Sulfur Battery for the Frequency Regulation in a Power System Containing Large Amounts of Solar and Wind Power

○ モレル ホルヘ (北見工大) 正 小原 伸哉 (北見工大) 学 森實 優太 (北見工大)

Jorge Morel, Shin'ya Obara and Yuta Morizane

Kitami Institute of Technology, Koen-cho 165, Kitami, Hokkaido 090-8507

This work presents a control strategy for the reduction of the impact of intermittent renewable sources, such as solar and wind power, in the frequency regulation of Kitami's power system, by using sodium-sulfur (NAS) batteries and a Model Predictive Control (MPC)-based control system. First, the effects of the introduction is evaluated considering the current load frequency control (LFC) capabilities and limits of Hokkaido's power system. Secondly, the proposed controller is applied to the NAS battery and high-penetration scenarios of wind and solar power are considered. Results show that the controller keeps satisfactorily the system's frequency inside permitted ranges.

Key Words: Renewable Energy, Wind Power, Solar Power, NAS Battery, Model Predictive Control (MPC), Frequency Regulation

1. はじめに

近年, 日本国内で温室効果ガスを排出しない自然エネルギーが注目されている⁽¹⁾. その中でも北見市は自然エネルギーによる資源が豊富で, 特に風力, 太陽光, 潮力が豊かである⁽²⁾.

本研究では大規模な風力発電及び太陽光発電を用いた北見の電力システムを構成した場合の解析を行う. 現在, 北見市の需要は北海道電力より供給されているため, 周波数と電圧の制御もすべて北海道電力で行われる. しかし, 不安定な自然エネルギー出力の存在で従来の発電機が需給のバランスをとれる性能に限られており, 周波数は法律で認められている幅を超える可能性がある. さらに, 近い将来で北見市の電力システムは独立クリーンマイクログリッドになるために周波数, 電圧, 過渡安定性はどの制御も北海道電力を依存なく行うようにしなければならない.

そこで, 本研究では北海道電力の周波数に, 短い周期での太陽光と風力発電出力の変動の影響を調査する. そして, 電力貯蔵の制御システムを使用することにより周波数の変動を認められている幅に維持ができることを明らかにする.

2. システムの構成

2.1 電力系統

図1に北見市の電力系統, 風力発電所, 太陽光発電所, 潮力発電所及びNAS電池を示す. この系統は留辺蘂変電所と女満別変電所, 主に二つの点で, 187 kV の送電線で, 北海道電力の系統とつながっている. Region 1 の需要は 124 MVA である. Region 2 の需要は 87 MVA である. Region 1 と Region 2 で発電設備を設置しない. 図1の送電線の定格電圧は 66 kV である. また, 表1に北見市の電力系統のパラメータを示す.

2.2 自然エネルギーの発電

風力発電所 (ウインドファーム) では, 複数の可変速度風力発電機を用いて, 常呂に設置しており, 清見発電所に接続している. 定格出力は 150 MVA である.

太陽光発電所 (メガソーラー) では, 北見市に設置されており, 北見変電所に接続されている. 定格出力は 100 MVA である.

Fig.1 Kitami's power system.

Table 1. Substations data.

Substation No.	Name	Capacity (MVA)
1	Rubeshibe	280
2	Kunepu	6
3	Kitaminishi	20
4	Kitami	35
5	Tabata	22
6	Memanbetsu	200
7	Bihoro	20
8	Inami	10
9	Tsubetsu	12
10	Tokoro	12
11	Saroma	10
12	Engaru	18
13	Ikutahara	3
14	Kiyomi	30
15	Aionai	12

潮力発電所（タイダルファーム）では可変速度潮力発電機を使用し，第1湖口と第2湖口に設置されている．定格出力は1.5 MVAである．

2.3 NAS 電池と制御システム

NAS 電池は充電と放電のスピードが速い，風力発電と太陽光の出力へ平滑ため既の実証例が多く，本研究の目的のため最適な貯蔵タイプであると判断された⁽³⁾．さらに，最適な運用を行うため現在世界中で注目を集めている制御システムモデル予測制御（MPC）を使用する⁽⁴⁾．制御の設計とシミュレーションを Matlab/Simulink で行う．

3. シミュレーション結果

3.1 自然エネルギーの発電

図2に解析にしようする風力発電所と太陽光発電所の出力のパターンを示す．シナリオ1では風速がランダムで日射量が一定であり，シナリオ2では日射量がランダムで風速が一定である．

Fig.2 Wind and solar farms active power.

3.2 周波数

図3及び図4に，シナリオ1及びシナリオ2の時の出力の変化により周波数の変動を示す．ただし，点線が NAS 電池なしの場合で，実線は NAS 電池ありの場合を表す．NAS 電池なしの場合では周波数の法律で認められている幅 ± 0.3 Hzを超え，NAS 電池ありの場合では NAS 電池のサポートにより周波数の変動が大きく抑えることができる．

Fig.3 System frequency (Scenario 1)

Fig.4 System frequency (Scenario 2)

3.3 NAS 電池の有効電力

図5に NAS 電池の放電・充電の出力を示す．図5より NAS 電池の出力の調整スピードが速いことがわかる．

Fig.5 NAS battery active power (Both scenarios).

3.4 北海道電力の有効電力

図6にシナリオ1の場合の北海道電力から供給されている電力を示す．NAS 電池の速い充電・放電の性能のためこの電力の変動が大きく抑えられる．また，シナリオ2の場合では，同じように電力変動が抑えられる．

Fig.6 Active power from upper system (Scenario 1).

4. まとめ

本稿では，モデル予測の制御システムを用いて北見市の電力システムに大規模な風力発電及び太陽光発電を設置する際に生じる不安定な周波数を NAS 電池で安定化させることを検討した．

シミュレーションにより，二つのシナリオの場合（ランダム風速及びランダム日射量），制御システムの性能を確認し，周波数の変動を認められている幅（ ± 0.3 Hz）に維持することができた．

参考文献

- (1)経済産業省，資源エネルギー庁，平成23年度のエネルギーに関する年次報告（エネルギー白書）
- (2)北見市商工観光部産業連携推進課（平成24年9月）：北見市新エネルギー・省エネルギービジョン
- (3)Tanaka, K. et al., Recent Sodium Sulfur Battery Application in Japan, Boneville Power Adm. <http://www.bpa.gov/energy/n/>
- (4)Ernst, D. et al., Reinforcement Learning Vs MPC: A Comparison on a Power System Problem, IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, 39 (2009).