

「もたせ型」エネルギーシステムの制御設計

電気電子情報工学専攻

電力系統工学研究

MA13029 金子 直樹 かねこ なおき

指導教員 藤田 吾郎

1. はじめに

2011年の東日本大震災をきっかけに脱原子力発電の動きが広まり、再生可能エネルギーの有効活用が重要視されている。再生可能エネルギーの活用方法としてスマートグリッドやマイクログリッドといったシステムが注目されているが、気候による出力変動やIT制御による設備・運用費用の抑制が課題となっている⁽¹⁾。

本研究ではこれらの課題解消のため、電力融通やDR(デマンドレスポンス:Demand Response)といった需給バランス調整機能や新しい制御手法を導入した「もたせ型」エネルギーシステムを提案する。このシステムは再生可能エネルギー資源量が多い地域を対象とし、エネルギー需給区(セル)連系によって、安定的な電力供給かつ簡易運用を実現する。

上記の電力系統システムにおいてMATLAB/SIMULINKを用いて解析モデルを作成し、システムの需給バランス調整効果を検証する。

2. 「もたせ型」エネルギーシステム

〈2.1〉もたせ型について

「もたせ」とは河川の水量を水位に応じて調節し、自動的に隅々まで行き渡らせる水路システムである。この「ある指標に応じて供給量を調節する」という考え方を電力システムへ応用し、電源の出力・電力融通量・需要量の制御を導入することで、通信を使わない自動制御を実現している。

〈2.2〉供給形態について

「もたせ型」エネルギーシステムは複数のセル(マイクログリッド)から構成される。システムのイメージ図を図1に示す。セルは地域の特色に合った分散型電源が需要地に電力供給を行う供給グループである。1つの地域や自治体を1つのセルと考え、基本的には基幹系統から独立し、自セル内で電力需給を完結させる。そのうえで電力の過不足が発生した場合には、近隣のセルとの電力融通やDR制御によって需給バランスを調整する。

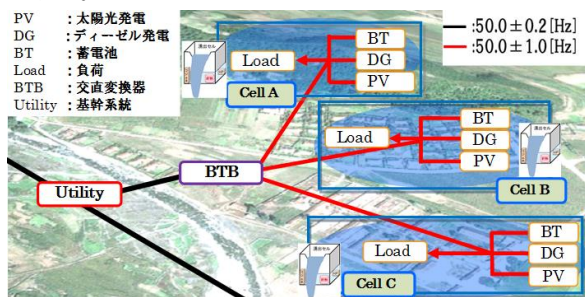


図1 「もたせ型」分散エネルギーシステム

3. 検討事項

本解析では電力融通制御・DR制御の有効性を検証する。セルA～CはDG(ディーゼル発電機:Diesel Generator), PV(太陽光発電:Photovoltaic), BT(蓄電池:Battery)が負荷へ供給するモデルである。各設備の容量を表1に示す。セルの安定的な稼働条件として以下の3点を挙げる。

- ・機器の正常な動作(ハンチングしない)
- ・BTのSOC(充電割合:State of Charge)の適正割合内の運転(SOC:0.3～0.9)
- ・最低限の電力品質の維持(周波数 50.0±1.0[Hz])

この稼働条件を基に、上記2制御の需給バランスの調節効果をBT容量の削減可能量によって明らかにする。

〈3.1〉BTB電力融通モデル

セルの電力の過不足時、近隣のセルから電力を融通する事によって需給バランスを解消する。電力融通にはBTB(Back to Back)方式による直流送電を採用し、異周波連系を行うことでセル毎に異なる周波数での稼働に対応している。

〈3.2〉DR制御モデル

セル内の電源が供給量不足に陥った際、電力需要量を変化させる事で需給バランスを調整する。各セル内の住宅をX, Y, Zの3グループに分け、供給量不足の程度によって順次停電をさせていく。

4. 制御方法

〈4.1〉自律分散制御

自律分散制御とは、全体を統合する中枢機能を持たず、個々が自律的に動作するシステムを指す。本研究では各機器が自端の周波数情報により出力を調節することで需給バランスの調整を行う。解析モデルではDG・BTの出力調節とBTBの電力融通量調節に使用している。DGとBTの周波数特性を図2に示す。

〈4.2〉安定供給指標制御(SSI制御)

SSI(安定供給指標: Stability Supply Index)は周波数と時間の2要素によって供給状態を点数で表したものである。1[s]当たりの点数をSSV(安定供給値:Stability Supply Value)と呼ぶ。SSIが0[pt]のときは需給バランスが取れていることを表す。SSIが高いほど供給過多の状態、SSIが低いほど供給不足の状態が続いていることを表す。また基準周波数の50[Hz]から離れた周波数である程、加算されるSSVが大きくなるように制御用途によって重み付けをしている。

上記の設計で算出されたSSIが120[pt]に達したとき、電力融通制御・DR制御を行う。

表 1 設備容量

	Cell A	Cell B	Cell C
DG[kW]	25-50	25-55	10-25
BT[kW]	40 (200[kWh])	40 (200[kWh])	30 (150[kWh])
PV[kW]	43	30	22
Load[kW]	17-60	17-65	8-32

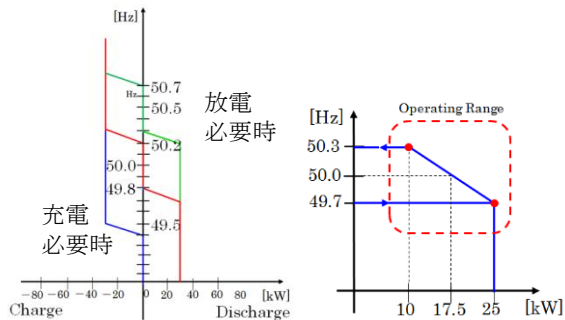


図 2 BT(左)・DG(右)の周波数特性

5. 解析結果

無制御・電力融通制御・DR 制御による需給バランスを周波数分布によって示す。図 3, 図 4 にセル C の周波数分布図の一例を示す。BT 容量 100[%]のケースでは、セル内の供給量や BT 容量が十分であるため、各モデルは同様の周波数分布を示している。しかし、BT 容量 70[%]のケースでは、無制御モデルの周波数変動が大きくなっている。周波数変動の抑制には電源の出力調整に加え、電力融通制御や DR 制御が効果的であることを示している。

3つの制御による BT 容量の必要最低容量を表 2 に示す。BT・PV output とともに表 1 の設備容量を 100[%]としている。ほぼすべての条件で DR 制御が最も削減容量が多いという結果が得られた。従って需給バランスの調整には負荷の抑制が最も効果的であることが分かる。一方、電力融通制御では、PV output:100[%]・50[%]の条件で DR 制御と同等の結果が得られた。どちらの制御も無制御モデルと比べ BT 容量を削減することができ、需給バランスの調整効果を示すことができた。

6. まとめ

本稿では、「もたせ型」エネルギーシステムを構築するにあたり、新しい自律分散制御である SSI 制御手法とこの制御を使用した電力融通制御と DR 制御について提案・検証を行った。

その結果 BT 容量の削減可能量から上記の制御・制御手法の有効性を示し、気候条件に左右されず、IT 設備を使用しない電力供給システムを構築することができた。

今回は各制御ごとの BT 容量の削減可能量を算出したが、今後はこの 2 制御を組み合わせた BT 容量の削減可能量の検証を行っていく。

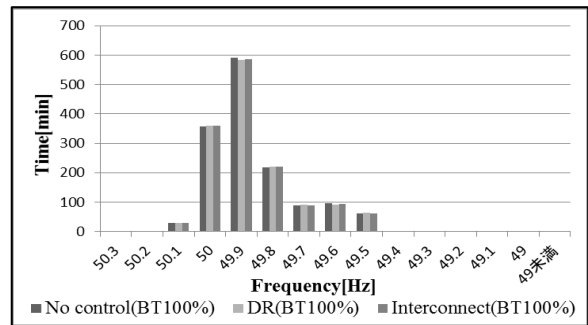


図 3 周波数分布図(BT100[%], PV 100[%])

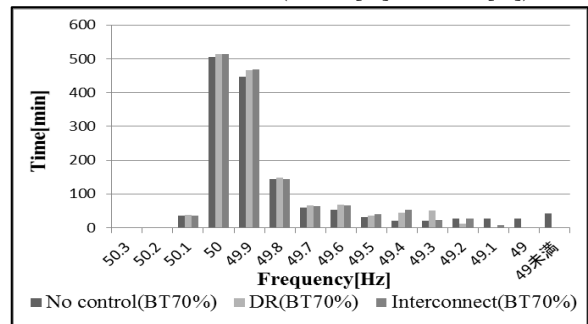


図 4 周波数分布図 (BT70[%], PV100[%])

表 2 BT の必要最低容量

(a)無制御モデル

PV _{output} [%]	Cell A[%]	Cell B[%]	Cell C[%]
100]	50	70	90
50	50	70	40
0	70	100	100

(b)電力融通モデル

PV _{output} [%]	Cell A[%]	Cell B[%]	Cell C[%]
100	50	70	30
50	50	70	30
0	90	90	90

(c)DR モデル

PV _{output} [%]	Cell A[%]	Cell B[%]	Cell C[%]
100	50	60	30
50	50	70	30
0	50	100	30

<謝辞>

本研究は環境研究総合推進費平成 24 年度新規課題(課題番号 F-1201), 「再生可能エネルギー需給区連携による『もたせ型』分散エネルギー・システムの開発」の一環として実施した。関係各位に御礼申し上げる。

参考文献

- (1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構: 「太陽光発電システム等国際共同実証開発 太陽光発電系統連系システム効率化技術実証研究(冷水PV+DG+新型蓄電池)」(2005. 9)

研究業績

- (1) Naoki Kaneko, Fujita, G., "Autonomous decentralized control of preserving-type distributed energy system," Power Engineering Conference (UPEC), 2013 48th International Universities', vol., no., pp.1,6, 2-5 Sept. 2013-9, Dublin
- (2) 金子直樹, 星野友祐, 齋藤裕樹, 藤田吾郎, 野村昌克 「もたせ型」分散エネルギーシステムの安定度解析, 電気学会 全国大会, No.6-13, Vol.6, pp.23-24, (2014)
- (3) Naoki Kaneko, Yuki Saito, Tomohiro Hoshino, Goro Fujita, "Stability analysis of Preserving-type energy system" The International Conference on Electrical Engineering 2014 (ICEE2014), vol., no., pp.105-108, 15-19 June 2014, Jeju, Korea