

# 電力変動抑制装置の複数蓄電デバイスの コスト最小化に関する一考察

島尾 敏裕\*, 芳賀 仁, 近藤 正示(長岡技術科学大学),  
加藤 康司, 伊東 洋一(サンケン電気), 有松 健司, 和山 亘, 大日向 敬(東北電力)

A Consideration on Power Fluctuation Compensation System with Multiple Energy Storages

Toshihiro Shima, Hitoshi Haga, Seiji Kondo (Nagaoka University of Technology), Koji Kato, Youichi Ito (Sanken Electric Co., Ltd.),  
Kenji Arimatsu, Wataru Wayama, Takashi Ohinata (Tohoku Electric Power Co., Inc.)

## 1. まえがき

太陽光発電などの自然エネルギーが電力系統に多数連系された場合、電力変動抑制が求められる。著者らは、複数の蓄電デバイスを組み合わせた変動抑制方法と蓄電デバイスの充放電振幅に着目した制御法<sup>(1)</sup>(Amplitude Division Allotment Method : ADAM)を提案してきた。しかし、最適な蓄電デバイスの組み合わせについては未検討である。

そこで本稿では、電力変動抑制装置へ用いる蓄電デバイスの最適化の検討としてコストに着目し、蓄電デバイスの最適な組み合わせを考察した。ここでは、提案方式と従来の周波数分割方式<sup>(2)</sup>を比較し、提案方式が複数の蓄電デバイスを用いたシステムに適していることを明らかにしたので報告する。

## 2. 電力変動抑制装置の構成

図 1 に電力変動抑制装置の構成を示す。系統に接続された太陽光発電の電力変動を補償するために、電力変動抑制装置を接続し、太陽光発電出力  $P_{pv}$  の急峻な変動を 2 つの蓄電デバイスにより補償する。

図 2 に電力変動抑制装置の制御ブロック図を示す。 $P_{pv}$  を検出し、変化率制限リミッタ<sup>(3)</sup>により補償電力指令値  $P_{comp}$  を求める。 $P_{comp}$  を分割し、それぞれの蓄電デバイスから出力する。

図 2(a)に示すローパスフィルタを使用し周波数を基準に分割する方式と、図 2(b)に示す提案方式について、蓄電デバイスの最適な組み合わせ方法を検討する。

## 3. 蓄電デバイスの設計

本稿では鉛蓄電池(LaB)、リチウムイオン蓄電池(LiB)、フライホイール(FW)の 3 種類を組み合わせた場合の最適化について検討する。

表 1 に各蓄電デバイスの性能を示す。価格は LaB を基準に、寿命は FW の寿命を基準に規格化している。組み合わせる蓄電デバイスは、LaB や LiB などの時間率電流に制限のある蓄電デバイスを 1 種と、制限のない蓄電デバイスで

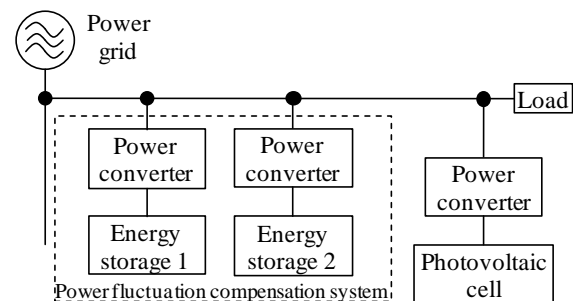
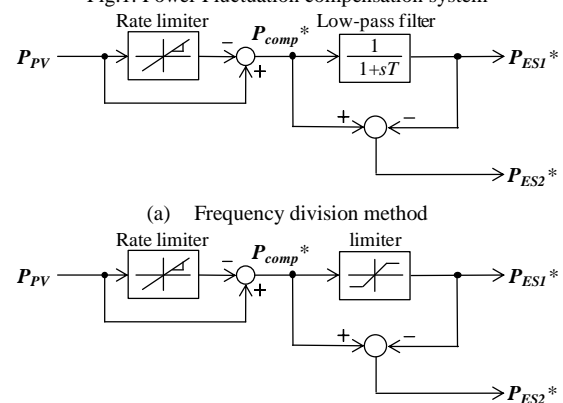


図 1 電力変動抑制装置

Fig.1. Power Fluctuation compensation system



(a) Frequency division method

(b) Amplitude division allotment method

図 2 制御ブロック図

表 1 蓄電デバイスの性能

Table 1. Performance of energy storages

	LaB	LiB	FW
Cost per unit energy	1	3.2	180
Battery life	0.55	0.55	1
Output current	0.1C	1C	Free

ある FW を使用して組み合わせるものとする。

蓄電デバイスの充放電電流は表 1 に準ずるものとする。また装置寿命に応じた蓄電デバイスのリプレスを考慮し、交換費用として蓄電デバイスの費用の 30% を加算する。

以上の条件より、コストの算出及び評価を行う。

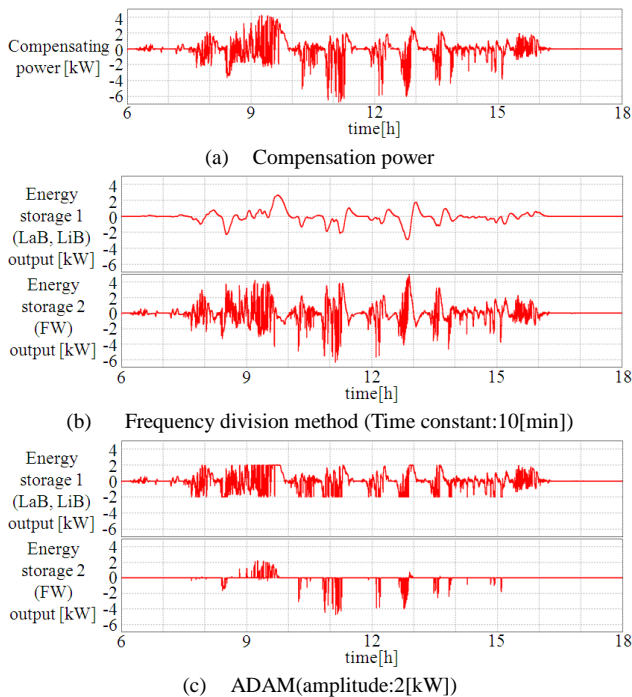


図3 シミュレーション結果  
Fig.3. Simulation results

#### 4. 評価結果

<4・1>シミュレーション結果 図3に各方式で補償電力を分割した場合の充放電パターンを示す。太陽光発電パターンは実測値を用いており、1カ月のデータの内、補償電力・補償電力量が最も大きい日のデータを使用する。

図3(a)に変化率制限リミッタの上下限値を $\pm 5$ [W/s]とした場合の補償電力の充放電パターンを示す。

図3(b)に周波数で補償電力を分割した場合を示す。LaB等で長周期変動を、FWで短周期変動を補償する。分割周波数を高くすると、FWは充電と放電を交互に行うため電力量が小さくなり、容量を低減できる。しかし、各蓄電デバイスに必要な瞬時電力及び電力量を決定できない。

図3(c)にADAMで補償電力を分割した場合を示す。LaB等で一定振幅以下の変動を、FWでそれ以上の振幅の変動を補償する。LaBやLiBは最大瞬時電力により容量を決定するため、瞬時電力に基準を設けることで各蓄電デバイスに必要な容量を決定でき、LaBの所要容量を低減できる。加えて、FWの充放電の頻度も少なくなるため、FW側の所要容量も同時に低減できる。

<4・2>コスト評価 図4にコストの計算結果を示す。コストはFWのコストで規格化している。

図4(a)は周波数で分割した場合である。LiBとFWを組み合わせた場合、分割時定数を小さくしても最低限のFW容量が必要になる。そのため各蓄電デバイスの最適設計が困難であり、LiB単体での運用がコスト最小となる。

図4(b)はADAMを用いた場合である。周波数分割方式に比べFW側の容量を自由に設計できるため、LiBとFWを組み合わせて運用することで各蓄電デバイスの最適設計が

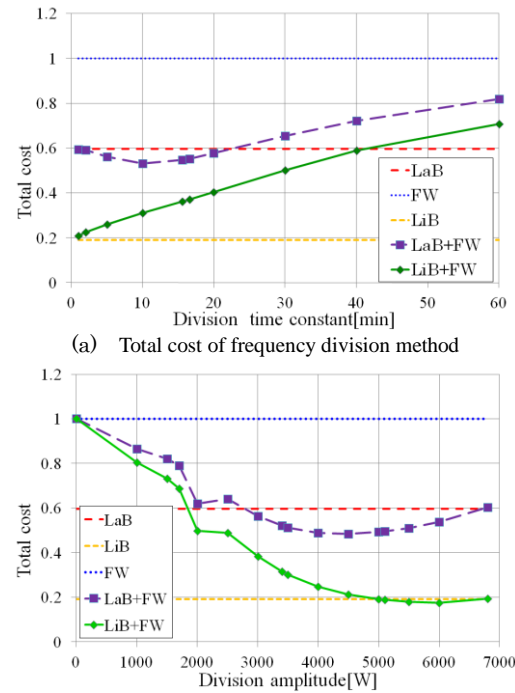


図4 トータルコスト  
Fig.4. Total cost

表2 最小トータルコスト

Table 2. Minimum total cost

method	Single device			Frequency division		ADAM	
	FW	LaB	LiB	LaB+FW	LiB+FW	LaB+FW	LiB+FW
Total cost	1	0.597	0.191	0.532	0.209	0.485	0.175

できる。

表2に各蓄電デバイスの組み合わせにおける最小コストを示す。周波数分割方式において、LaBとFWの組み合わせはLaB単体での運用よりもコストを小さくできるが、LiBとFWの組み合わせではLiB単体での運用がコスト最小となる。一方、ADAMを用いた場合、どちらの組み合わせでもLiBやLaB単体の運用のコストを下回り、複数化によるコストの最適化を実現できる。

本稿では2つの蓄電デバイスについて最適化を検討したが、2つ以上の蓄電デバイスを組み合わせた場合においても、ADAMを用いることで、蓄電デバイスのコストを最小にする設計が容易であると言える。

#### 5. まとめ

本稿では、電力変動抑制装置に用いる蓄電デバイスの複数最適化の検討としてADAMを用いて電力変動抑制を行った結果、単一デバイスで運用した場合と比べコストを低減できることを確認した。また、ADAMが周波数分割方式と比べより多くの蓄電デバイスの組み合わせに対して有効であることを確認した。

#### 文献

- (1) 芳賀 他：平成24年度電力エネルギー部門大会 P19
- (2) 菊池 他：電学論B, 129, 12, P.1561-1566(2009)
- (3) 宮崎 他：電力中央研究所報告 R10034(2011)