直流電鉄用地上設置型蓄電装置の電圧による充放電制御の改善手法
～閑散時におけるシミュレーション～
Improvement of the Charge/discharge Control of the Stationary Energy Storage System for DC Electric Railways Using Its Terminal Voltage
～ Assuming Off-peak-hour Traffic Conditions ～

塚本　晃平　（電気システム工学科）

KOHEI TSUKAMOTO

交通・電力・環境システム研究室　指導教員　高木　亮　准教授

1.　はじめに

直流電気鉄道が抱える課題に回生失効や電圧降下などがあり，筆者の研究室ではその対策として導入されている地上設置型の蓄電装置(Energy Storage Systems：ESS）の充放電制御として一般的な制御の改良手法を提案した [1) 2)]。

本研究では，シミュレーションによりその手法の優位性について検証を行った。

2.　ESS の充放電制御

2.1　従来の制御方法と課題

現在広く用いられている制御方法は ESS の饋電線接続点電圧によって充放電制御をするものである [3)]。この制御では，接続点電圧が設定の電圧以下であれば放電を行い，設定の電圧以上であれば充電を行う。また充放電を行わない領域を設け，浮動充放電電流を流すことで SOE の充電率が満充電，完全放電寄りに偏ることを防いでいる。しかしながら，本来充放電を行わないところであっても充放電を行うため，損失増大や蓄電素子の寿命短縮が懸念されている。

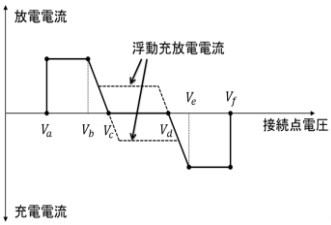

図 1 従来制御

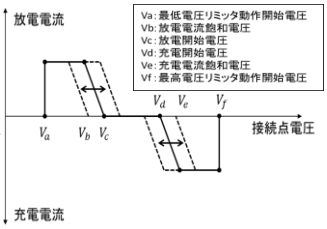

図 2 提案制御

2.2　今回提案する制御

放電開始電圧 Vc，充電開始電圧 Vd，放電電流飽和電圧 Vb，充電電流飽和電圧 Ve の 4 つのパラメータを SOE 値に応じて変化させることにより，従来行われていた浮動充放電を行わない。これにより，充放電による損失や蓄電素子の寿命短縮を防ぐことが期待できる。図 3 に提案制御の特性を示す。

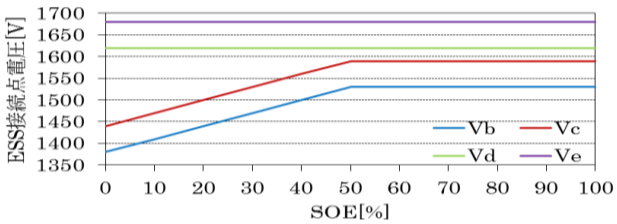

図 3 提案制御の電圧-SOE 特性図

3.　シミュレーション条件

シミュレーションに用いた路線モデルは架空の都市鉄道とし，負荷条件は閑散時間帯を想定して以下のような条件を設定した。

- 路線：　30.65 km，複線，曲線・勾配なし，全 21 駅
- 饋電系統：　1.5 kV 直流電化，上下線別饋電
- 変電所：5 箇所，無負荷送出電圧 1590 V，電圧変動率 6 %，
- 列車：8 両編成，全各停平行ダイヤ(10 分時隔，在線本数 9)
- ESS 設置場所：変電所中央に併設
- ESS 定格出力：充電放電ともに 1MW

4.　シミュレーション結果

表 1 の特性を与えた今回の提案制御と SOE＝50%のときの値を与えた従来制御を比較した結果の充放電電流推移を図 4 に示す。改善手法を用いた制御では，充放電していない時間帯があるのに対し，従来制御では浮動充放電により積極的に充放電をしている。

表 1 充放電電圧パラメータ

SOE[%]	Vb[V]	Vc[V]	Vd[V]	Ve[V]
0	1359	1419	1620	1680
50	1530	1590	1620	1680
100	1530	1590	1620	1680

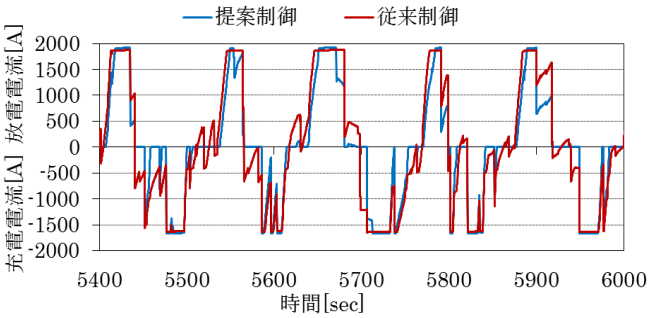

図 4 充放電電流推移

表 2 をみると，収束 SOE は両制御で一致はしないが ESS の RMS 電流値を比較すると大きな差が得られる結果となった。また，変電所総合入力エネルギーは従来制御の方が少ないものの提案方式との差は極めてわずかであった。

表 2 評価結果の比較

	提案制御	従来制御
ESS の RMS 電流[A]	372.3	428.2
収束 SOE[%]	約 42	約 47
変電所総合入力エネルギー[kWh/h]	5571.5	5563.7

5.　まとめ

以上の検証から，従来制御と比べて今回作成した特性の方が良い制御であることが示され，提案制御の優位性を明らかにした。今後の課題として負荷条件や，より良い特性の探求などがある。

―――――――――――――――参考文献―――――――――――――――

1)　「蓄電装置とその設置・運用方法」，日本国特許 ，第 5377538 号 ，2013

2)　名村伸生,他：「直流電鉄用蓄電装置の充放電制御パラメータの SOE 値による調整手法に関する基礎検討」，第 22 回鉄道技術連合シンポジウム(J-Rail 2015),3208, 2015

3)　高木亮，宮武昌史：「蓄電装置応用の理論」，平 26 電気学会全大, S27-2,2014