

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

～ラッシュ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 Peak-hour Traffic Conditions ～

名村 伸生 (電気システム工学科)

NOBUKI NAMURA

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

筆者の研究室では、近年直流電気鉄道において回生失効・電圧降下等の対策設備として導入されている地上設置型蓄電装置 (Energy Storage System: ESS) の充放電制御として一般的な方法の改良手法を提案した¹⁾²⁾。本研究では、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饋電線接続点電圧に応じて充放電電流を定めるものである³⁾。この制御では、ESSは電圧が高い領域では放電を、低い領域では充電をそれぞれ行い、それ以外の領域では浮動充放電を行って SOE が満充電寄り／完全放電寄りに偏ることを防ぐ。しかし、浮動充放電による損失増大や蓄電素子の寿命短縮が懸念されている。

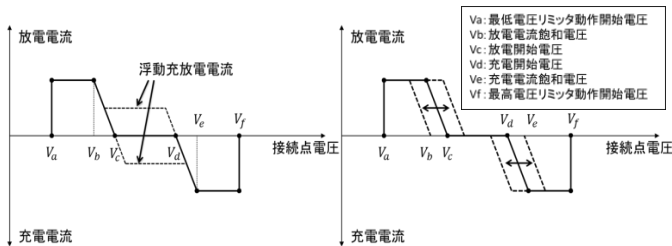


図1 従来制御

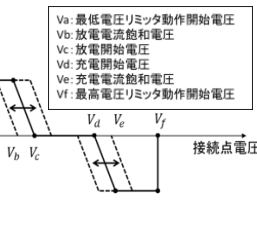


図2 提案制御

2.2 今回提案する制御

従来制御における放電開始電圧 V_c 、充電開始電圧 V_d 、放電電流飽和電圧 V_b 、充電電流飽和電圧 V_e 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。

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、負荷条件はラッシュ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(5 分間隔, 在線本数 18)
- ・ 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
- ・ ESS エネルギー容量: 388 kWh

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。充放電電流比較図を図 3 に示す。

表 1 充放電制御の電圧パラメータ

SOE[%]	Vb[V]	Vc[V]	Vd[V]	Ve[V]
0	1413.5	1473.5	1620	1680
50	1500	1560	1620	1680
67.34	1530	1590	1620	1680
100	1530	1590	1620	1680

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。

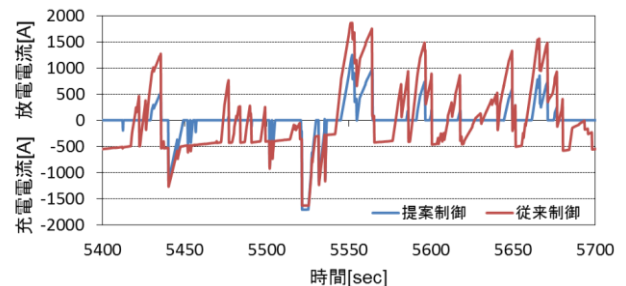


図 3 充放電電流比較図

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表 2 の様に約 2 倍の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]	122	241
収束 SOE[%]	約 35	約 47
変電所総合入力エネルギー[kWh/h]	10633	10619

5. まとめ

提案する改善手法により、従来制御と比較してより少ない充放電電流で同等の饋電特性を得ることができることが示された。今回と異なる負荷条件における検証や、より良い特性の探求などが今後の課題である。

参考文献

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