

直流電気車用車載蓄電装置の電車線電圧に応じた充放電制御の改善
～閑散時における I-V 特性制御との比較～

Improvement of the Voltage-based Charge/discharge Control of the Energy Storage Systems
On-board DC Electric Railway Vehicles

～Comparison with Conventional Control Under Off-peak Traffic Conditions～

井坂 諭 (電気システム工学科)

SATOSHI ISAKA

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

直流電気鉄道における回生失効や電圧降下などの問題を解決する手段として蓄電装置(Energy Storage Systems : ESS)の導入が期待されている。ESS は実績をみると地上に設置される事例が多いが、車載する可能性もある。車載 ESS の充放電制御手法は一般的に地上設置のものとは異なるが、筆者の研究室では車載の場合にも地上設置 ESS 同様電車線電圧に基づく制御(以下 I-V 制御と称する)を取り入れた場合のシミュレーション結果を報告している⁽¹⁾。本研究では、地上設置 ESS 向けに文献(2)で試みられた I-V 制御の改善手法を車載 ESS に適応する検討を行った。

2. I-V 特性を用いた ESS の充放電制御

文献(1)では、ある直流電化路線を走行する列車すべてに図1のような I-V 特性制御による ESS を導入したと仮定した。本研究でも比較のためにこの考えに基づいたシミュレーションを行うが、そのパラメータは平均 SOE 値が約 50%となるように表1のような値に設定した。

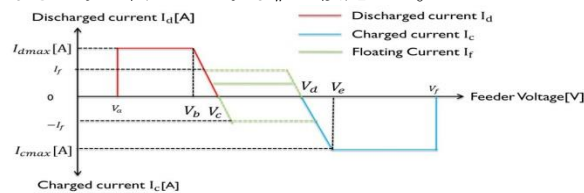


図1 I-V 特性を用いた ESS の充放電制御

表1 I-V 特性で使用したパラメータ

Va[V]	Vb[V]	Vc[V]	Vd[V]	Ve[V]	Vf[V]
1200	1510	1570	1620	1680	1900

3. 電車線電圧に応じた充放電制御の改善

本研究での充放電制御は、ESSの充電度(State of Energy)に応じてVb, Vc, Vd, Veのパラメータを図2のように変化させるもので、浮動充放電が不要になり、その際の損失が抑えられる。以下、この制御をV-SOE制御と称する。Vb, Vc, Vd, Veはいずれも図3のように電圧-SOE平面上で直線となるように変化させることとし、表2に示す値とした

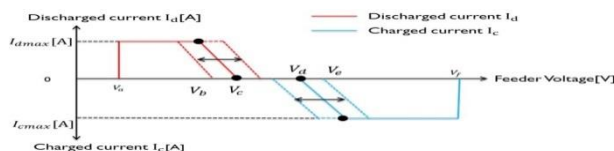


図2 本研究で検討するESSの架線電圧による制御

表2 V-SOE特性のパラメータ

SOE[%]	Va[V]	Vb[V]	Vc[V]	Vd[V]	Ve[V]	Vf[V]
0	1200	1421	1481	1531	1591	1900
50	1200	1481	1541	1591	1651	1900
100	1200	1541	1601	1651	1711	1900

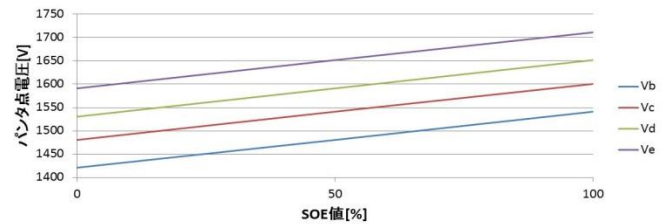


図3 V-SOE 特性図

4. シミュレーション条件

モデル路線とシミュレーション条件の概要を以下に示す。

- ・路線:長さ約37.5km,複線,15駅 饋電抵抗:0.03Ω/km
- ・饋電システム:1.5kV 直流電化, 上下別饋電方式
- ・変電所:9箇所, 全てシリコン整流器を使用
- ・変電所容量:路線両端3.0MW, 路線中間4.5MW
- ・列車本数:6両編成×12本
- ・列車ダイヤ:10分間隔, 全列車各駅停車の平行ダイヤ
- ・車載 ESS:全車搭載, 500MJ/編成

5. シミュレーション結果

表3に各種饋電評価量のシミュレーション結果を示す。

表3 饋電評価量

饋電評価量	V-SOE	I-V
ESS の RMS 電流[A]	747.5	803.0
ESS 総合入出力エネルギー[kWh/h]	-74.1	-97.8
変電所総合入力エネルギー[kWh/h]	5068.5	5107.4
平均 SOE[%]	49.8	49.6

みると ESS の RMS 電流と ESS の総合入出力エネルギーが I-V 制御よりも V-SOE 制御の方が小さくなっている。このことより ESS における充放電損失が減少し ESS を効率よく使えていることがわかる。また、変電所総合入力エネルギーが減少しており省エネルギー化することができている。

6. まとめ

以上のように、閑散時の負荷条件によるシミュレーションの結果によれば、V-SOE 特性は I-V 特性に比べ消費エネルギーの削減を達成している。また、同じ蓄電容量で回生失効を起こしていないことより I-V 特性と同等の役割を果たしていることが分かる。今後、V-SOE 制御のパラメータの最適化や違う条件での検討が課題である。

参考文献

- (1)佐々木龍一:「直流饋電システムにおける車載蓄電装置の電車線電圧による充放電制御の検討～フィードフォワード制御との比較～」工学院大学卒業論文(2012)
- (2)名村伸生, 他:「直流電気用蓄電装置の充放電パラメータの 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