

直流電鉄向け超分散地上設置蓄電装置の設置位置及び設置数の検討

～V-SOE 制御～

Ultra-distributed Stationary Energy Storage Systems for DC Electric Railways: Determining the Number of Units to Be Introduced and Their Positions

～Using the V-SOE Control Scheme～

土田 一輝 (電気システム工学科)

Kazuki TSUCHIDA

電気鉄道システム研究室 指導教員 高木 亮 教授

1. はじめに

直流電気鉄道における回生失効や電車線電圧変動の対策として採用が広まるエネルギー蓄電装置 (ESS) について、筆者らのグループでは小容量装置の多数設置を行う超分散設置手法について検討している。従来の検討では駅あたり設置個数を路線全体で一定としたが、I-V 充放電制御を前提としたシミュレーションで設置個数を駅ごとに变化させることで、ESS 導入数や総容量を削減する可能性が示された⁽¹⁾。

本研究では、I-V 制御の改善版とされる V-SOE 制御を用いることで、この点で更なる改善が図れないか検討する。

2. 本研究に用いた充放電制御

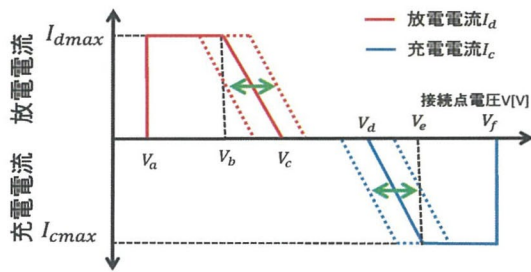


図 1. V-SOE 制御の概要

V-SOE 制御とは、充電率(SOE 値)によって I-V 特性の放電電流飽和電圧 Vb, 放電開始電圧 Vc, 充電開始電圧 Vd, 充電電流飽和電圧 Ve の 4 つの電圧パラメータ群を図 1 のように変化させることで充放電を制御する方法である。SOE 値が高くなると放電動作を行う確率が高まり、逆に SOE 値が低いと充電動作を行う確率が高まることで、SOE 値が増加する傾向が高まる。Vc-Vd 間での浮動充放電を行わないため、それに伴う損失や素子寿命の短縮を防ぐことが期待できる。電圧パラメータと SOE 値の関係を V-SOE 特性と呼び、この与え方は饋電特性に影響を及ぼす。

3. シミュレーション条件

- ・路線：1.5kV 直流電化, 複線, 26.6km/24 駅
- ・饋電方式：上下一括饋電方式, 饋電抵抗：0.018 Ω/km
- ・変電所：5 箇所, すべ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 6.0MW
- ・列車本数：8 両編成, 閑散時 6 本/h, ラッシュ時 12 本/h
- ・ESS エネルギー容量：373MJ
- ・与えた V-SOE 特性：図 2 及び図 3

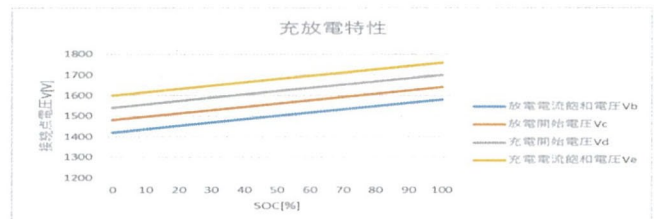


図 2. V-SOE 特性(1)

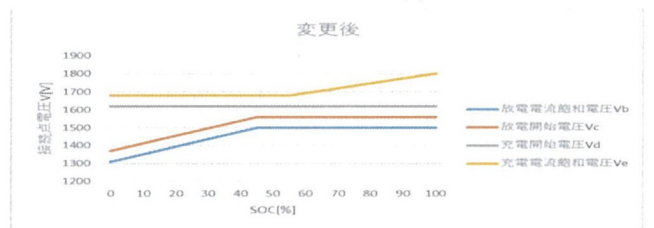


図 3. V-SOE 特性(2)

4. シミュレーション結果

図 2 のような直線的な V-SOE 特性では、ラッシュ時における各駅 1 箇所設置の条件で回生失効が起きた。SOE 値が高め推移して電圧パラメータも高めとなり、回生電力吸収が十分行えなかったためと考えられたので、SOE 値高め時も充電動作が図 2 より行いやすい図 3 の特性についてもシミュレーションを行った。結果の比較を表 1 に示す。

表 1. ラッシュ時における饋電特性評価量の比較

	I-V制御	変更前(図2)	変更後(図3)
回生失効率[%]	0	0.12	0.16
回生率[%]	53.72	53.64	53.59
最低パンタ点電圧[V]	1468.38	1418.52	1418.66

変更前よりも変更後のほうが回生失効率が高く、期待した改善効果が得られなかった。今回の試行ではまだ回数が不十分だが、超分散設置の場合 I-V 制御より優れた結果を V-SOE 制御により得ることは難しいことが推察される。

5. 今後の展望

本年度の研究では、V-SOE 制御の導入で I-V 制御より改善された結果は得られなかった。今後の課題として、V-SOE 特性や設置する ESS の容量などの最適化が挙げられる。

文 献

- (1) 宮崎 祥：「直流電鉄向け超分散地上設置蓄電装置の設置位置及び設置数の検討」, 工学院大卒業論文 (2019)