

# 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 ～閑散時の場合～

## Examination of the I-V characteristic based Charge / Discharge Control of On-board Energy Storage System in the DC Railway Power Feeding Network

～Assuming Off-peak-hour Traffic Conditions～

村山 智史 (電気システム工学科)

Satoshi MURAYAMA

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率低下があり、閑散時は特に顕著である。その課題解決のため、エネルギー蓄積装置(Energy Storage System: ESS)を車載する提案がされている。我々の研究グループでは、これまでに<sup>(1)</sup>ESSを一部の編成のみに導入をしていたが本研究では全ての編成にESSを導入する。ESSの制御は電車線電圧による充放電制御を行っているがその充放電制御のパラメータの設定の議論はこれまでされていなかった。そこで本研究ではパラメータの設定を変更し、饋電特性の関係について<sup>(2)</sup>饋電特性シミュレータにより、定量的に評価した。

### 2. 車載 ESS の電車線電圧による充放電制御の検討

本研究では、直流電気鉄道において全列車にESSを導入すると仮定する。車載ESSは自車の回生電力吸収や力行補助を行うため、電車線電圧により蓄電装置の充放電制御をするものとする。ESSの容量は、パラメータを変更した際の効果を見るため、大きめに使用範囲を1000MJとした。上記の考え方に基づいて図1のように電車線電圧に応じた電流での充放電を行う。図2にESSの充電度特性を示す。

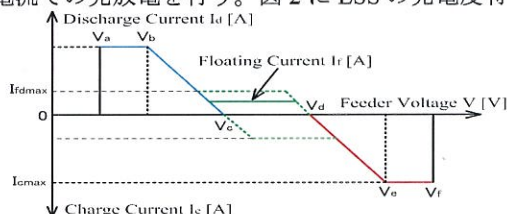


図1. ESSの電車線電圧による充放電

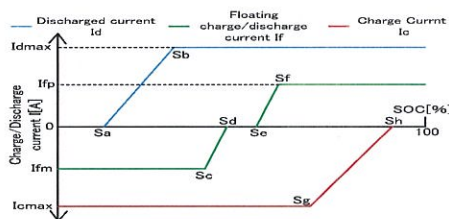


図2. ESS 充電度特性

今回は充電側のみに着目し図1のパラメータの  $V_a$ ,  $V_b$ ,  $V_c$ ,  $V_e$ ,  $V_f$  を 1200V, 1500V, 1510V, 1700V, 1900V に固定し、 $V_d$  のみ値を 1550V～1670V の範囲で 30V ずつ変化させ、充電特性の傾きによる饋電特性の変化の検討を行った。評価関数として、回生率と変電所総入力を主に用いる。また、図2のパラメータは表1に示す。

表1. 充電度特性の設定値

SOC 閾値	Sa	Sb	Sc	Sd	Se	Sf	Sg	Sh
SOC [%]	10.0	15.0	42.5	47.5	52.5	57.5	90.0	95.0

### 3. 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, 1000MJ/編成, 重量 18.72t

### 4. シミュレーション結果

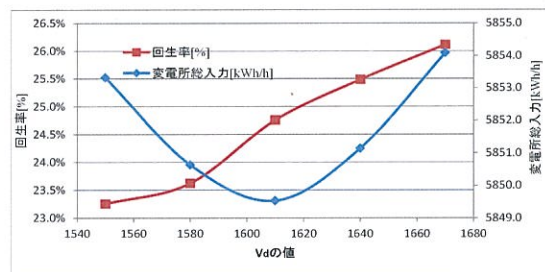


図3.  $V_d$  の変化による回生率と変電所総入力

図3のシミュレーション結果より、 $V_d$  が 1550V～1610V の間は充電をしすぎることで電車線電圧が低くなり電力が下がり、それにより力行車の性能が落ちることで列車位相がずれてしまったことで回生率が下がり、力行電力が増加したことにより変電所総入力が増加したと考える。

また  $V_d$  が 1610～1670V の間は電車線電圧が高くないと充電されないため饋電システム全体に電力がいくことで回生率は高くなり、ESS 充電度特性から浮動充放電がなくなったことで力行補助がされずESSを車載していない列車と同様に力行電力を消費することにより変電所総入力が増加したと考える。

### 5. まとめ

以上のように電車線電圧による充放電制御の充電特性のパラメータの設定の変更と饋電特性の関係について検討を行うことができた。今回はパラメータ変更による変化をみるために大きい容量のESSを車載しているので小さくすることが今後の課題である。

#### 文献

- (1) 滝本・國方・高木：「車上蓄電装置搭載編成の部分的導入による直流饋電システムの電圧平準化」, 平成 23 年電学全大, No.5-091 (2010)
- (2) 高木：「直流饋電系と列車群制御の統合インテリジェントシステム化」東京大学学位論文(1995)