

饋電特性シミュレーションによる 車載エネルギー蓄積装置の充放電制御の評価

Evaluation of the Charge / Discharge Control of On-board Energy Storage Systems Using a Multi-train Simulator
of Power Feeding Network for DC Electric Railways
天野 哲生 (電気システム工学科)

Tetsuo AMANO

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

鉄道車両の電力回生ブレーキは、回生失効の発生や高速域で常用ブレーキに必要なブレーキ力の全てを賄うことができないといった問題を抱えている。これらの問題を解決するため、著者らの研究グループでは、リチウムイオン二次電池をベースとしたエネルギー蓄積装置(Energy Storage Systems)を車載し、大電流駆動方式を用いた高速回生車化を提案している。現状のエネルギー蓄積装置は高価であるため、高度な充放電制御が必要である。これまでに SOC(State Of Charge)カーブを用いた充放電制御を提案し、その基礎となる SOC カーブの設計法を議論してきている⁽¹⁾。本研究では、設計した SOC カーブを用いた充放電制御の具体的な方法を議論すると共に、饋電特性シミュレータで評価することを目的とする。

2. SOC カーブの設計

〈2・1〉概要 路線の或る位置における ESS が取るべき SOC 値を定め、車上で記憶し、実際の列車走行時に呼び出して充放電制御の目標値(リファレンス SOC)として利用する。位置に対するリファレンス SOC の関数を SOC カーブと称する。

〈2・2〉設計思想 列車が或る駅間を停車駅に向かって走行している時、路線と充放電制御に関する情報を列車に持たせる。力行時は、列車の力行電力が駅間毎に定めたアシスト閾値を超えた時にアシストする。回生時は回生失効を防止するため、回生エネルギーを全て充電する。惰行時は、充放電を行わず、実際に高速回生車が走行するときの充放電の調整余裕とする。SOC カーブは列車種別に対して1つずつ設計し、ダイヤの時間帯に関わらず共通の SOC カーブを用いることにする。充放電は走行中に行い、電車線破断防止のため停車中は行わない。

〈2・3〉設計方法 饋電特性シミュレータ RTSS を用いて、モデル路線に高速回生車を走行させた場合のシミュレーションを行い、列車の基準運転時分を計算した後、得られた入出力データを基に、単位時間の列車の速度変化と走行している位置の勾配符号により、充放電制御パターンを場合分けする。充放電制御パターンを表1に示す。

3. 車載 ESS の充放電制御モデル

〈3・1〉乖離補正制御 リファレンス SOC と現在 SOC に乖離が生じた時に、充放電を行って目標値に引き戻す乖離補正特性を図1に示す。現在 SOC がリファレンス SOC より大きい時は放電を行い、小さい時は充電を行う。

〈3・2〉主回路優先制御 主回路電流と ESS の充放電電流の和が最大電流を超えた時に絞込みを行う。絞り込みが

表 1. 加速度と勾配による充放電制御パターンの選択

速度変化	勾配	充放電パターン
加速	(+) or (L) or (-)	A
定速	(+) or (L)	A
惰行	(+) or (L) or (-)	B
抑速	(L) or (-)	C
減速	(+) or (L) or (-)	C

A: 力行電力がアシスト閾値 P_a を超えた時にアシストする。力行電力が追充電最大電力 $P_{\max}(\text{add})$ 以下の時に $P_{\max}(\text{add})$ となるように追充電する。

B: 充放電を行わない。

C: 全回生電力を充電する。充電電力 $P(\text{ess})$ に余力があれば追充電する。追充電最大電力は $P_{\max}(\text{add})$ までとする。

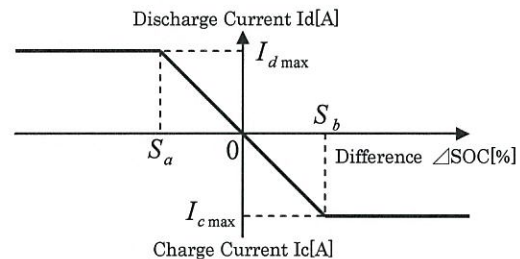


図 1. 乖離補正特性

行われた場合、力行時は力行電流が不足し、回生時は回生電流の行き場が不足するため、まず ESS の充放電電流を調整して不足を解消させる。それでも不足が生じる場合は、主回路電流を減らし、力行性能及び回生性能を低下させる。これを主回路優先制御と称する。

〈3・3〉ESS への充放電電力の与え方 前述の乖離補正特性の充放電電流に列車のパンタ点電圧を掛けた充放電電力 $P_1[\text{kW}]$ 、或る位置から次の位置へのリファレンス SOC 推移によるフィードフォワード制御を行う充放電電力 $P_2[\text{kW}]$ より、ESS に与える充放電電力 $P[\text{kW}]$ を(1)式とする。

$$P = P_1 + P_2 \quad (1)$$

4. まとめ

3 節に述べた車載 ESS の充放電制御モデルを組み込んで、エネルギー蓄積装置搭載車を含む直流饋電システムのシミュレーションが行えた。今後は、充放電制御の最適化を行うことが課題である。

文 献

- (1) 奥平・鈴木・高木:「SOC カーブに基づいた高速回生車搭載エネルギー蓄積装置の充放電制御」,平成 21 年電学大全, No.5-103 (2009)
- (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化」, 東京大学学位論文 (1995)