

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 ～高速回生車化による電力増加分のみ力行補助を行う制御～

Charge/Discharge Control of Energy Storage Systems on Railcars with High-Power Regenerative Braking

Based on Reference SOC Curve

～ Control that Performs Acceleration Assistance so that Power Consumption of Trains are Suppressed to the Original Level ～

奥平 昭太 (電気工学科)

Shota OKUDAIRA

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システムは、高速域でのブレーキ力低下や回生失効などの問題を抱えている。我々の研究グループでは、これらの問題を解決する手法として大電流駆動方式⁽¹⁾を適用した高速回生車の導入を提案しているが、この方式の導入によって力行/回生時のパワーが大幅に増加するため、回生失効や加速中の電圧降下が起こりやすくなる。そこでリチウムイオン二次電池ベースのエネルギー蓄積装置(以下 ESS と示す)を車載し、SOC カーブを用いて性能向上分の補助に主眼をおいた充放電制御の検討を行った。

2. 大電流駆動方式による高速域でのトルク向上

大電流駆動方式とは、駆動用モータの定格電流を現状の x 倍、定格電圧を $1/x$ 倍に変更し、全体的な定格出力とモータの体格を変えずにその過電圧耐量を活用することによって出力増強を行い、高速回生車化を図るものである。力行・回生時のパワーが x 倍となることで、高速域での大電力回生と加速性能向上が可能となるが、同時に制動時の回生失効や加速中の電圧降下が起こりやすくなる。そこで車上に ESS を搭載することによって電車線電流を従来並みに抑制することを考える。

3. SOC カーブを用いた ESS の充放電制御

〈3・1〉SOC カーブの概要 ある位置にいる列車が車載する ESS の望ましい SOC 値は、当該列車が今後走行する区間の勾配や走行条件等によりある程度定められる。そこで、あらかじめその SOC 値を求め、列車の位置に対する関数として車上で記憶しておき、実際の列車走行時にその値を呼び出して充放電制御の「目標値」として利用することを考える。この列車の位置に対する SOC 値の関数を、本論文では「SOC カーブ」と称する。

〈3・2〉充放電制御の思想 高速回生車の力行補助を本格的に行うためには回生エネルギーを全て ESS に蓄積する必要がある⁽²⁾。回生エネルギーをすべて蓄積することによって回生失効の防止効果が期待されるため、充電制御を行う際は回生エネルギーをすべて ESS に蓄積することとする。放電制御については、シミュレーション結果に基づき、高速回生車及び高速回生車化を行っていない車両の各入出力電力データから、高速回生車化による電力増加分のみを力行補助分とする制御を行う。

4. SOC カーブの設計結果

〈4・1〉SOC カーブの設計条件 SOC カーブの設計にあたって、パラメータとして使用する消費電力等のデータは饋電特性シミュレータ RTSS⁽³⁾から得られた結果を使用す

る。モデル路線は東京近郊に実在する通勤路線で、最高速度は 125km/h、変電所は 9 箇所ですべてシリコン整流器を用いるものとした。列車は 6 両編成で、運行間隔は 12 本/h である。このような路線において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、列車の入出力電力及び車上機器の損失を求めた上で SOC カーブの設計を行った。

〈4・2〉SOC カーブの設計結果 以上の思想に基づいて設計した SOC カーブを図 1 に示す。

使用する SOC 範囲 : 20~80[%]

車載 ESS の最大蓄積エネルギー : 310[MJ]

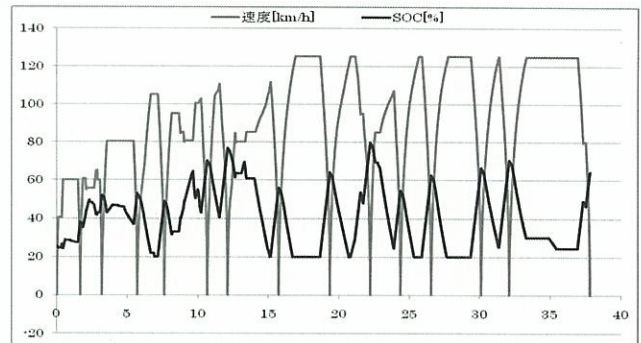


図 1. 速度及び SOC カーブ

〈4・3〉SOC カーブに関する考察 図 1 において、車載 ESS を全回生エネルギーを吸収することができる大きさに設定しているため、全区間にわたって SOC が使用範囲内に収まっていることがわかる。しかし、SOC が下限値の 20% に達した時点から、全く制御を行っていない箇所が見られるため、この部分は工夫次第でより効率的な制御が実現できる可能性がある。また、ESS の最大パワーを考慮に入れていないため、この点を考慮した設計も行う必要がある。

5. まとめ

高速回生車車載 ESS の充放電制御のための SOC カーブの設計を行った。今後は、この SOC カーブの有効性を評価するために、現状の RTSS に車載 ESS を評価するモデルを組み込み、評価を行うことが課題である。

文 献

- (1)佐藤司:「直流電気鉄道へのエネルギー蓄積素子導入の検討～高速回生能力向上及び回生失効対策を考慮した車両システムの概要設計」,工学院大学(修士論文)(2005)
- (2)安部峻史:「高速回生車導入時におけるエネルギー蓄積素子の充放電制御～期待される効果の検討～」,2006年日本機械学会第13回鉄道技術連合シンポジウム講演論文 pp.281-284
- (3)高木亮:「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)