

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

～一定以上の電力を消費する場合に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 when the Acceleration Power Exceeds Predefined Threshold Level-

鈴木 元気 (電気工学科)

Genki SUZUKI

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、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、高速域でのブレーキ力低下に対し大電流駆動方式⁽¹⁾を適用した高速回生車の導入を提案しているが、この方式を導入することによって力行/回生時共に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、これらの問題を解決することに主眼をおき設計した SOC カーブを用いた充放電制御について検討を行った。

2. 充放電制御のための SOC カーブの設計

〈2・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。

〈2・2〉SOC カーブの設計思想 単位時間における速度の変化と列車が走行している位置の勾配について場合分けを行い、列車の消費電力がそれぞれの場合に応じて設定した各しきい値を超えた際に力行補助の割合を変化させる制御とした。場合分けを行う各パターンの関係を表 1 に示す。

表 1. 列車加速度・勾配による充放電パターンの選択

速度変化	勾配符号	充放電パターン
加速	+	A
加速	0	A
加速	-	A
定速	+	B
定速	0	C
定速	-	C
減速	+	D
減速	0	D
減速	-	D

A : 電力が 3.9MW(1500V×2600A)を超えた分に SOC 値別定数(加速) C_a をかけた値をアシスト

B : 電力が正のとき、勾配値を 100 で割った値の 1.1 倍を電力にかけた分アシスト

C : 電力が負のとき、全電力を充電

D : 電力が負のとき、全電力を充電し

さらに SOC 値別定数(減速) C_r 分を充電

高速回生車の力行補助を本格的に行うために、回生エネルギーは全て蓄積することとした。エネルギーが不足する場合には、回生中に架線からも充電を行った。これによって力行補助だけではなく、回生失効の発生率が大幅に削減されるこ

とが期待される。また、力行補助を行うことにより、架線から取る最大電流が小さくできるため、饋電損失を減らすことができると考えられる。

〈2・3〉SOC カーブの設計結果 SOC カーブを設計するにあたってモデルとした路線は、東京近郊に実在する通勤路線で、最高速度は 125km/h である。路線長は 37.789km、変電所は 9 箇所ですべてダイオード変電所としている。列車は 6 両編成で、運行間隔は 1 2 本/時である。上記の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饋電システムシミュレータ RTSS⁽²⁾により行い、得られた列車の電力データから位置毎の SOC 曲線(SOC カーブ)の設計を行った。設計された SOC カーブと速度のグラフを図 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 : 150[MJ]

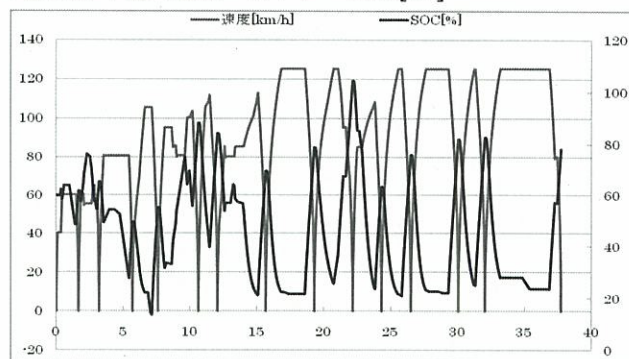


図 1. 速度及び SOC カーブ

〈2・4〉SOC カーブに関する考察 図 1 に設計した SOC カーブの一例を示す。エネルギー蓄積素子の寿命などを考慮すると、実際に使用する SOC の範囲は 20%~80%となるのが望ましいが、この例では 20%を下回っている点や 80%を上回っている点が見られる。これらについては、表 1 に示したしきい値を変更するなどの方法により、20~80%の範囲内に抑えることが可能であると考えられる。

3. まとめ

高速回生車に車載 ESS を導入した際の充放電制御のための SOC カーブの設計を行った。今後、この SOC カーブの有効性の評価を行うため、車上エネルギー蓄積装置のモデルを RTSS に組み込み、シミュレーションを行う必要がある。その際、設計した SOC カーブから条件が変化することにより SOC がこの目標値から逸脱してしまうことが考えられるため、目標値に近づける制御を加える必要があるが、その制御の手法について検討を行う必要がある。

文 献

- (1) 安部 峻史:「ラインリセプティビティ推定を用いた高速回生車車載エネルギー蓄積素子の充放電制御」 2007 年度修士論文 工学院大学
- (2) 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システム化」 1995 年度東京大学学位論文