

車載蓄電装置を用いた列車電流抑制による饋電損失低減手法の検討 ～列車電流抑制値を駅間ごとに決めた SOC カーブ制御～

Reduction in the Feeding Losses of DC Electric Railways by the Suppression of Train Load Currents
with the Onboard Energy Storage Systems

～Feed-forward Control with Assisting Threshold Individually Set for Each Inter-station Run～

折原 圭 (電気システム工学科)

Kei ORIHARA

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

比較的大きな饋電損失や回生失効などの直流電気鉄道がかかえる問題を解決する手段として、蓄電装置(Energy Storage System : ESS)を車載する方法⁽¹⁾が提案されている。本研究では特に饋電損失の低減に主眼をおき、パンタ点入力電流の最大値をある値にまで抑制することで省エネルギー化を図る手法について検討を行った。本稿では、SOC カーブによる充放電制御⁽¹⁾を用い、当該最大値を路線の各駅間ごとに変更した場合の検討結果を報告する。

2. SOC カーブ制御による充放電制御

SOC カーブによる充放電制御とは、列車位置に対する車載 ESS の望ましい SOC 値の関数(SOC カーブ)を事前に計算等で求め、車上に記憶しておき、列車走行時にこれを充放電制御目標値として利用する制御方法である⁽²⁾。

本検討においては、力行時にパンタ点入力電流が駅間ごとに設定した最大値を超えた場合に車載 ESS からの放電により力行アシストを行うものとして SOC カーブを設計した。ブレーキ時には回生ブレーキにより発生した電力を全て車載 ESS に充電することとし、さらに惰行時に追充電を行う。本検討においては、惰行時の追充電電力を全駅間について一定とした。また、各駅間のパンタ点最大電流値は、リファレンス SOC 値が次駅到着時に必ず 65% に戻るように設定した。

図 1 に、ある路線において上記の考え方のもと設計された SOC カーブの例と、列車の運転曲線(速度-位置曲線)を示す。

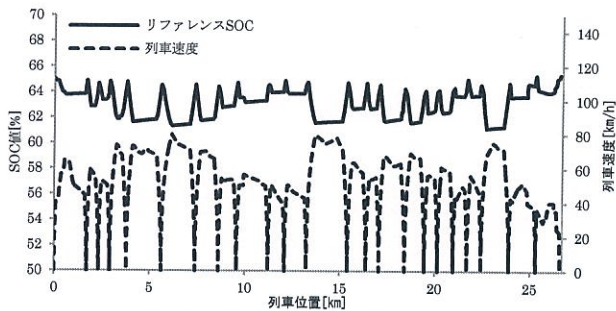


図 1 SOC カーブとランカーブ

3. シミュレーション条件

シミュレーション条件の概要を以下に示す。

- ・路線：長さ 26.6 km, 複線, 駅数 24 駅
- ・饋電システム：1.5 kV 直流電化
上下一括饋電方式, 饋電抵抗 0.03 Ω/km
- ・変電所：5 箇所, 全てシリコン整流器を使用
- ・変電所容量：路線両端 3.0 MW, 路線中間 6.0 MW
- ・列車本数：8 両編成×6 本/h
- ・車載 ESS：全車搭載, 1239.9 MJ/編成 重量 8.32 t

4. シミュレーション結果

図 2 に、惰行時に行う充電量を変更したことによる饋電損失の変化の様子を示した。表 1 には、パンタ点最大電流値が路線内一定とした場合⁽⁴⁾と本検討とで、それぞれ変電所総合入力エネルギーが最小になったケース同士の結果を示した。

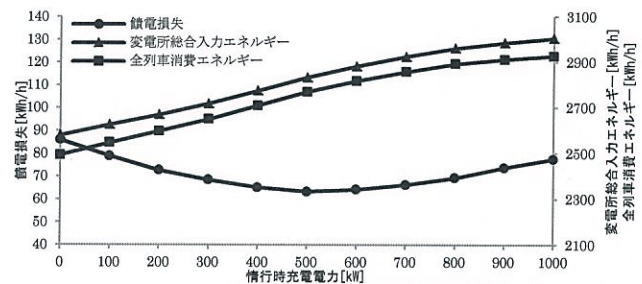


図 2 パンタ点最大電流と饋電評価量の関係

表 1 饋電評価量の比較

パンタ点最大電流値	ESS なし	全駅間一定	駅間別変更
全列車消費エネルギー[kWh/h]	2616	2404.111	2493.206
饋電損失[kWh/h]	206	126.466	85.988
変電所総合入力エネルギー[kWh/h]	2822	2530.577	2579.195
回生失効率[%]	20.4	0.0	0.0
架線回生率[%]	42.4	42.1	27.6

図 2 より変電所総合入力エネルギーはパンタ点最大電流値が全体的に高い惰行時充電電力 0 kW のときが一番低い結果になった。これと文献(4)で検討したパンタ点最大電流値全駅間一定のケースを表 1 により比較すると、饋電損失は全駅間一定のケースに比べ本検討のほうが低減できているものの変電所総合入力エネルギーは逆に増大していることがわかった。

5. まとめ

以上のように、駅間ごとに異なるパンタ点最大電流値を設定する場合について検討したが、文献(4)に比べて変電所総合入力エネルギーが増える結果となってしまった。一般的には駅間別にパラメータを変更できるほうがよい結果を得られると考えられるので、よりよいパラメータ設定方法を探ることが今後の課題となる。

文 献

- (1) 天野哲生：「電気鉄道向け車載エネルギー蓄積装置のフィードフォワード制御の提案」,2011 年度工学院大学修士論文
- (2) 佐々木龍一：「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～フィードフォワード制御との比較～」,2011 年度工学院大学卒業論文
- (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システム化」,東京大学学位論文(1995)
- (4) 芝鷹文：「車載蓄電装置を用いた列車電流抑制による饋電損失低減手法の検討～列車電流抑制値を駅間によらず一定とした SOC カーブ制御～」,21013 年度工学院大学卒業論文(2013)