

直流電気車用車載蓄電装置のフィードフォワード充放電制御の改善 ～従来の制御との比較～

Improvement of Feed-forward Charge/discharge Control Onboard Energy Storage Systems DC Electric Railway Vehicles

～Comparison With Conventional Control～

益子 匠(電気システム工学科)

Takumi MASHIKO

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

電気鉄道において、饋電損失や回生失効など比較的大きな問題を抱えており、解決する手段として、蓄電装置 (Energy Storage Systems : ESS) を車載する方法が提案されている。当研究室では、車載 ESS 向けに充電度 (State of Charge : SOC) カーブに基づく充放電制御 (フィードフォワード制御) を提案するとともに、シミュレーションによる評価を行ってきた。^{(1) (3)}

本研究⁽⁴⁾では、先行研究で用いられている制御の一部を置き換えることによって、先行研究の制御に見られた、ESS の充放電をした方が良い場合での充放電を行う部分を増加させる制御手法の改善について検討を行った。本稿では、本研究と先行研究の比較として、シミュレーション^{(2) (3)}を行い、検討した結果を報告する。

2.文献(1)の充放電制御

文献(1)において、ESS の充放電制御には以下 3 つの制御手法を組み合わせるものが用いられている。

- (1) SOC カーブによるフィードフォワード充放電制御
- (2) 主回路優先制御
- (3) 乖離補正制御

上記三種類の制御を用いることによって、現実的かつ十分な制御を考案することができている。

しかし、この制御は自車のみを見て有益とするようなものであり、ほかに複数列車が存在する場合、他車の力行・消費電力を「助ける」ことができているとは言いがたい。

今回提案する制御では一部の制御を置き換えることによって、外部からの影響を今まで以上に受けやすくする。その代わりとして、自車に積載した ESS の充放電制御を改善し、消費電力を減らし、結果的に他車を「助ける」制御を行うことを狙いとする。⁽⁴⁾

3.シミュレーション⁽²⁾による評価方法

(1) 理論の提案

本研究における充放電制御は、前述した 2.(3) の乖離補正制御を電圧制御手法に置き換えることによって、全列車が I-V 特性に従って、パンダ点電圧に応じて充放電制御を行う。

(2) シミュレーション条件

シミュレーション条件を下記に示す。

- ・路線長：37.8km, 複線, 駅数：15 駅,
- ・饋電系統：1.5kV 直流電化, 上下一括饋電方式, 饋電抵抗 0.03Ω/km
- ・変電所：9 カ所, シリコン整流器使用 (定格：4MW (両端), 6MW (中間))
- ・列車：最高速度 125km/h, 6 両編成
- ・列車 ESS：全車搭載, 1755MJ/編成, 質量 8.5t

図 1 に停車駅と変電所の配置を示す。

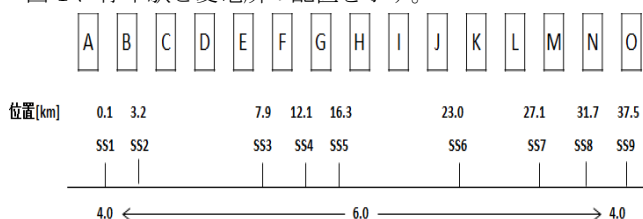


図 1 停車駅と変電所の配置

4 シミュレーション結果

図 2 に、文献(1)のシミュレーション結果と改善部分を記したグラフを示す。このシミュレーションでは自車の ESS とパンタ点電圧をグラフ化している。

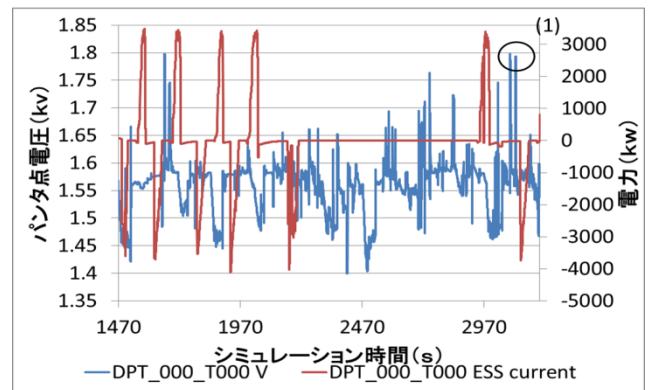


図 2 文献(1)のシミュレーション結果と改善部分

上記のグラフから、文献(4)の制御によって改善できると考えられる部分に印を付けた。この部分は、自他車の回生ブレーキがかかっていることから著しくパンタ点電圧が上昇し、制御の精度が低くなっている。このような状況でパンタ点電圧に基づいた制御を行うことが出来れば、自車以外の車両が回生失効に陥るような状況を回避することを助けることが出来ると考えられる。

5.まとめ

ESS に文献(1)の充放電制御を適用したシミュレーションからこの制御手法の改善点を見出すことができた。

文献(4)の制御手法をシミュレーションプログラムに実装し、文献(1)の制御の改善を図る必要がある。

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」工学院大学修士論文(2011)
- (2) 天野哲生「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」工学院大学卒業論文 (2009)
- (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)
- (4) 高橋佑杜「直流電気車用車載蓄電装置のフィードフォワード充放電制御の改善」(2014)