

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 ～電圧による充放電制御の考え方の適用～

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

～Application of Current-collector-voltage-based Control Concept～

高橋 佑杜（電気システム工学科）

Yuto TAKAHASHI

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

直流電気鉄道は、集電電流が大きいために饋電損失が大きくなりがちである。また、シリコン整流器を用いているため、電力回生能力を有する列車から発生する回生電力を饋電系統内ですべて消費する必要がある、それができない場合に生じる回生失効も問題視される。これらを解決するため、蓄電装置(Energy Storage Systems : ESS)を車載する方法が提案されている^(引用)。

当研究室では、車載 ESS 向けについて充電度(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^(引用)。

本研究では、ESS を車載する列車が自車以外の回生車の回生失効につながる饋電線電圧の上昇を抑制することもできるよう、文献(1)で提案された制御スキームを改良する検討を行ったので報告する。

2.文献(1)における ESS の充放電制御手法

文献(1)においては、ESS の充放電制御として以下の3種の制御手法を組み合わせた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 列車の位置に対し、当該位置で車載 ESS が取るべき SOC 値の関数をあらかじめ定めておき、それを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。この関数（フィードフォワードデータ）のことを SOC カーブと称する。

SOC カーブと列車速度、車載 ESS の蓄積容量から、車載 ESS のフィードフォワード充放電電力を定め、充放電を行う。

(2) 主回路優先制御 パンタ点入出力電力の絶対値が何らかの上限値を超過した場合には、まず車載 ESS の充放電電力の変更でパンタ点電力の抑制を図り、主回路電力の変更、すなわち列車の加減速性能の低下を防ぐ。車載 ESS の充放電電力の絶対値が上限値を超過した場合にはじめて列車性能に影響を及ぼす主回路電力変更に踏み込む。

(3) 乖離補正制御 列車の現在位置から(1)の SOC カーブにより求めたリファレンス SOC 値と現在の車載 ESS の SOC 値との間に乖離が生じた場合に、リファレンス値へ引き戻すための充放電を行う。

図1に、以上のうち制御(3)の特性を示す。この制御による充放電電力はリファレンス SOC 値と現在の SOC 値との差のみに定められている。

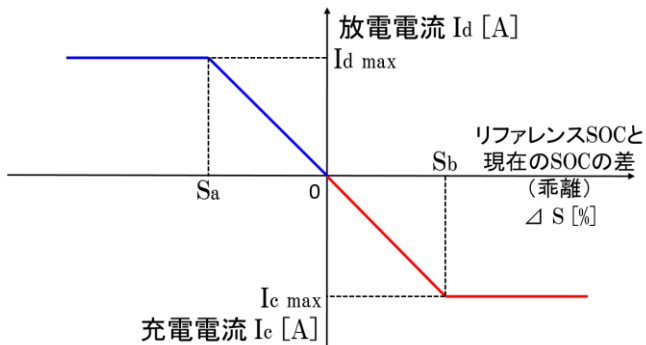


図1．乖離補正特性

また、制御(1)は SOC カーブが与えられれば自動的に定まる性質のものであり、その SOC カーブは通常自車以外の状況を考慮して求められることはないと考えられる。また、制御(2)もパンタ点電力が上限に達した場合の優先順位を決め

ているにすぎない。

結果的に、この制御では、自車以外の車両が回生失効に陥るような状況においてその回避を助けるような機能はないといえる。

3.本研究における充放電制御の改善手法

文献(1)の制御をシミュレーションした結果、複数存在する列車が同時刻に電力消費または電力回生を行った場合に、その列車らのパンタ点電圧が急激に上昇・低下するということがあった。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できれば、「自車以外の車両が回生失効に陥るような状況」の回避を助けることができると考えられる。それを実現するためには、前述した制御(3)を変更し、パンタ点電圧に基づく制御の考え方を取り入れればよいと考えられる。

具体的には、直流饋電システム内で運行している全列車に ESS を導入されている状況において、それら全車が図2に示すような特性に従いパンタ点電圧に応じた充放電制御を行う。

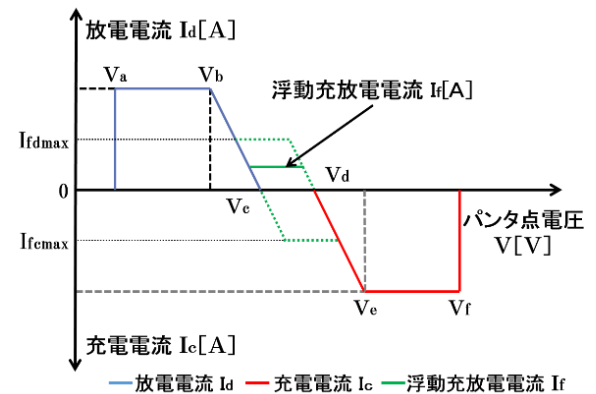


図2．ESS のパンタ点電圧による充放電特性（I-V 特性）

Va~Vf のパラメータを以下の表1の値に設定し、パンタ点電圧によって充放電制御を行う。

表1．I-V 特性の各パラメータ

パラメータ	Va	Vb	Vc	Vd	Ve	Vf
設定電圧[V]	1300	1400	1450	1700	1750	1850

4.おわりに

本研究において、文献(1)で用いられたフィードフォワード充放電制御を改良する手法を提案することができた。

この手法を饋電特性シミュレータ RTSS⁽²⁾へ実装し、実際にシミュレーションを行ってその効果を検証する必要がある。

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」、2011 年度工学院大学修士論文

(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化」、東京大学学位論文(1995)