

車上蓄電装置搭載編成の部分的導入による直流饋電システムの電圧平準化

～閑散時の場合～

Suppression of Voltage Fluctuation in the DC Railway Power Feeding Network by Partial Introduction of Trains with Energy Storage Systems

～Assuming Off-peak-hour Traffic Conditions～

滝本 尚史(電気工学科)

Hisafumi TAKIMOTO

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

回生失効や電圧降下など、直流電気鉄道がかかえる問題を解消するため、車上蓄電装置の導入が提案されている⁽¹⁾。これまでの研究ではある鉄道路線を走行する列車すべてに車上蓄電装置を搭載する前提で検討を行っているが、搭載する列車を一部にとどめても同様の効果が得られる可能性がある。そこで、本研究では、車上蓄電装置を一部の編成にのみ導入し、その蓄電装置の充放電制御を電車線電圧により行うことで、蓄電装置搭載車自身だけでなく近隣の他車の回生失効や電圧降下なども防ぐことを狙う方式について、饋電特性シミュレータにより定量的に評価することを目的とする。

2. 車上蓄電装置の電車線電圧による充放電制御

本研究においては、ある鉄道路線で運行している列車の一部に蓄電装置搭載車を導入すると仮定する。蓄電装置搭載車は、自車のみならず近隣の非搭載車についても回生電力吸収や力行補助を行うため、電車線電圧により蓄電装置の充放電を制御するものとする。

例えば、電車線電圧が高い場合、蓄電装置搭載車が蓄電装置の充電を行えば、電圧が低下し、回生失効が防止される。一方、電車線電圧が低い場合、蓄電装置搭載車が蓄電装置の放電を行えば、電圧が上昇し、力行性能低下が抑制される。

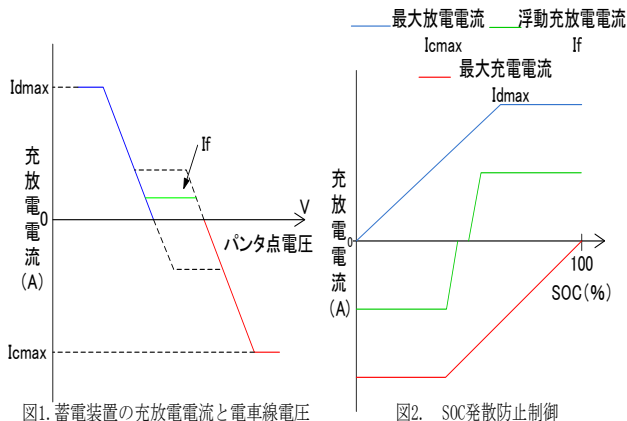


図1. 蓄電装置の充放電電流と電車線電圧

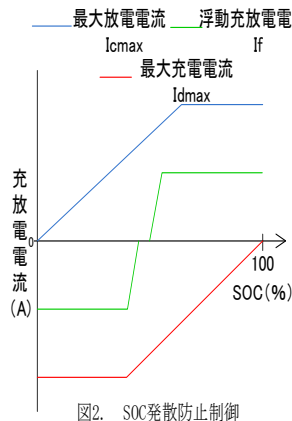


図2. SOC発散防止制御

車載蓄電装置は、上記の考え方に基づいて図1のように電車線電圧に応じた電流での充放電を行う。ただし、過充電・過放電を防ぐため、図1における電流パラメータは図2のようにSOCに応じて変化させる。

本研究で取り扱う閑散時間帯には、回生失効防止のための充電動作が電圧降下防止のための放電動作より頻度が多いと考えられるので、浮動充放電電流が0となるSOCの範囲を低

い領域（35～40％程度）に設定した。なお、停車時や低速域においてパンタグラフに大電流を流すとトロリ線断線などの問題が生じる可能性があるため、低速域では充放電電流を抑制することとした。

3. シミュレーション条件

モデル路線とシミュレーション条件の概要を以下に示す

- ・路線：長さ約 26.5km，複線，24 駅
- ・饋電システム：直流 1.5kV 電化，上下一括饋電方式
- ・変電所：5カ所，すべてシリコン整流器使用
- ・列車：8両編成×10本，うち5本に車上蓄電装置を搭載
- ・列車ダイヤ：10分時隔，全列車各駅停車の平行ダイヤ
- ・蓄電装置搭載車部分導入時の搭載車編成数，装置容量：10編成中5本に導入，300MJ / 編成
- ・蓄電装置搭載車と非搭載車の質量差分：2.25 t

4. シミュレーション結果

全編成が蓄電装置非搭載車の場合と、蓄電装置搭載車部分導入の場合とで比較を行った。

蓄電装置搭載編成を部分的に投入することにより、饋電システムの電圧が平準化された。力行車のパンタ点電圧の遷移が、1382V から 1825V だったものが 1406V から 1765V となったことから確認できる。

1- (パンタ点回生エネルギー/回生可能エネルギー) を百分率で示したものを回生失効率と定義すると、蓄電装置非搭載編成のみの場合は 20% となったが、蓄電装置搭載編成を部分的に投入したことにより、1% 程度まで軽減された。この結果、変電所入力エネルギーが 17% 程度削減できた。

表 1. シミュレーション結果

	蓄電装置非搭載	蓄電装置搭載車部分導入	削減量
力行車のパンタ点電圧の遷移	1382～1825(V)	⇒ 1406～1765(V)	—
回生失効率	20%	⇒ 1%	—
変電所入力エネルギー	2931kW	⇒ 2423kW	508(kW) 17(%)

5. まとめ

以上のように、車上蓄電装置搭載編成の部分的導入により饋電システムの電圧平準化がなされ、回生失効が防止でき、電気鉄道の消費エネルギー削減が可能であることがわかった。エネルギー蓄積装置の容量や導入編成の割合、充放電特性パラメータ等の最適化が今後の課題である。

文 献

- (1) 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
- (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)