

車両の回生絞り込み特性と変電所の V-I 特性変更による 直流電気鉄道在省エネルギー化の検討

Energy Savings in DC Electric Railways by Changing the Regeneration Limiter Characteristics of Trains
and Voltage-Current Characteristic of Feeding Substations

横村 尚吾（電気システム工学科）

Shogo YOKOMURA

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

既存の多くの直流電気鉄道では変電所にシリコン整流器が用いられ、直流側から交流側へ電力の逆流ができないため、回生電力を消費する負荷が少ないと回生失効が起きることがある。本研究では、直流饋電システム下で、より多く回生電力を融通させるために、車両の回生絞り込み特性や変電所の V-I 特性、饋電定数などを変更することで直流電気鉄道全体に生じる省エネルギー効果の定量的な評価を行う。

2. 回生絞り込み電圧を変更したことによる省エネルギー化

絞り込み特性とは、回生負荷が十分存在しない場合に、車両のパンタ点電圧が上昇すると主回路電流を絞るものである。この特性は車両の機器保護のために必要不可欠であるが、現在の絞り込み特性では過剰に電力を絞り込んでいることが指摘されている⁽¹⁾。

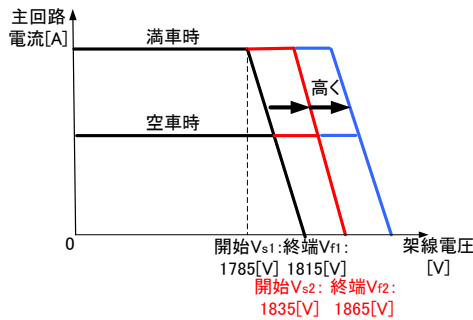


図 1 回生絞り込み電圧の上昇例

回生絞り込み電圧は、機器耐圧が許す限り高く設定するのがよいとされる。絞り込み電圧が高くなると回生車のパンタ点電圧が高くなり、より距離の遠い力行車まで回生電力の融通ができることから、列車の総消費エネルギーが減少する。

また、変電所の無負荷時送出し電圧は高くすると列車性能が上がり、力行時間が減少することで列車消費エネルギーが減少する。しかし、送出し電圧が高すぎる場合は回生電力の融通を妨げてしまうことから、送出し電圧の最適化が必要とされている。ここでは、異なる 3 つの回生絞り込み特性を用いて、変電所総合入力エネルギー（以下:変電所総合入力）が最小となる変電所の無負荷時送出し電圧を求めた。変電所総合入力とは、系統から受電するエネルギー量を示す点を示し、この値が最小となる無負荷時送り出し電圧を最適点とする。

3. シミュレーション条件

図 1 の参考に、表 1 の特性を与えシミュレーションを行う。

表 1 絞り込み電圧の具体的な電圧値

絞り込み特性	絞り込み開始電圧	絞り込み終端電圧
無変更	1785	1815
+50V	1835	1865
+80V	1865	1895

モデル路線の概要を以下に示す。

路線長 37.7km(複線), 1500V 電化, 列車は 6 両編成
駅数 15, 変電所 9 カ所(ダイオード変電所・電圧変動率 6%), 上下線別饋電, 饋電定数 0.03[Ω/km]
普通 10 分間隔/準急・急行 30 分間隔

4. シミュレーション結果

RTSS⁽²⁾によるシミュレーションの結果より、絞り込み電圧を上げた時の変電所総合入力と総列車消費エネルギーを図 2 に示す。絞り込み電圧を高くしたことで総列車消費エネルギー、変電所総合入力とも減少している。また、無負荷時送出し電圧の最適点が特性無変更時は 1620V だったのに対して +50V 時は 1660V, +80V 時は 1660V と上昇し、最適な送出し電圧が上昇する結果が得られた。

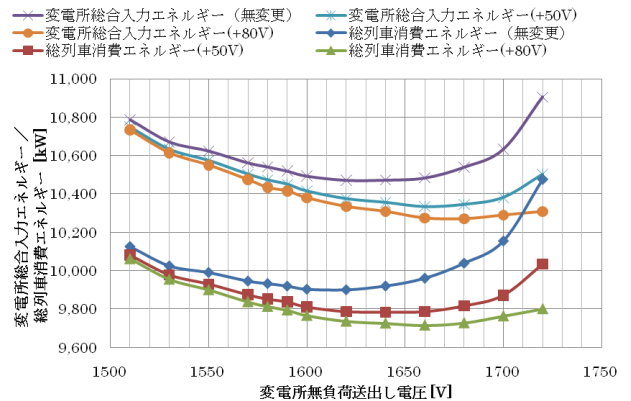


図 2 絞り込み電圧上昇時の変電所無負荷時送出し電圧の推移

表 2 は最適点における変電所総合入力と総列車消費エネルギーを示す。結果から、無負荷時送り出し電圧が高くなることで、列車性能が高くなったことから総列車消費エネルギーが減少している。また、総列車消費エネルギーと、饋電損失が減少したことで変電所総合入力が減少し、省エネルギー効果が見られた。

表 2 各絞り込み特性による変電所総合入力と総列車消費エネルギー

絞り込み電圧	無変更	絞り込み+50V	絞り込み+80V
総列車消費エネルギー[kW]	9901	9786	9727
変電所総合入力[kW]	10472	10334	10270

5. おわりに

本検討より、回生絞り込み電圧を高くすることで省エネルギー効果を示された。回生絞り込み特性の変更以外にも、変電所の V-I 特性や饋電定数を変更することで、更なる省エネルギー化効果を示す事が必要と考える。

文 献

(1) 曾根 悟:「回生車時代の饋電特性と絞り込み特性の再検討」

交通・電気鉄道, リニアドライブ合同研究会資料, TER02-49/LD-02-64 (2002)

(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」, 東京大学学位論文(1995)