

直流電気鉄道における地上設置エネルギー蓄積装置の導入に関する検討

～ 大容量の装置を少数設置した場合 ～

Introduction of the Wayside Energy Storage Systems in DC Electric Railways

～Adding a Small Number of Large-capacity Systems～

門舛 靖宏 （電気工学科）

Yasuhiro KADOMASU

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の電力の返還ができないため、饋電回路内に回生電力を消費する負荷が少ないと回生失効がおきることがある。筆者らはエネルギー蓄積装置を饋電システムの地上側へ導入し、過剰な電力をエネルギー蓄積装置に吸収させることで饋電線電圧の平準化・回生失効率低下・省エネルギー化などを図る手法に関して検討している。

2. エネルギー蓄積装置とその導入方法

このようなエネルギー蓄積装置に用いる蓄電素子として期待されているものには、フライホイール、リチウムイオン2次電池、電気2重層キャパシタ（以下EDLCと略す）等が挙げられる。本論文では、エネルギー密度は低いパワー密度が高く、充放電の繰り返しや電流の大きさによって寿命が短くなる危険性が少ないと考えられるEDLCを検討に用いる。

エネルギー蓄積装置の導入法に関しては、車上搭載および地上設置の両方が考えられる。車上搭載の場合、搭載できる容量に厳しい制約がある。地上設置の場合、車上搭載と異なり重量や容積からくる制限はほぼないと考えてよいが、設置コストは小さくないことから、最小限の導入量で効果的となるよう配置を考えなくてはならない。本論文では、エネルギー蓄積装置を地上設置する方法について検討する。

3. 充放電制御

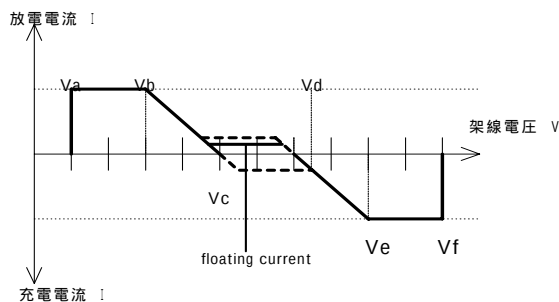


図1 エネルギー蓄積装置のV-I特性

図1は、エネルギー蓄積装置に与えるV-I特性の概要である。エネルギー蓄積装置は、その接続点電圧が低い場合には、列車が付近で大電力を消費して加速中であると考え、放電により電圧を下支えする。また、逆に接続点電圧が高い場合は、列車が付近で回生ブレーキをかけていると考え、充電により回生電力を吸収する。接続点電圧がこれらの中間である場合は、エネルギー蓄積素子の充電度(SOC)に応じて浮動充放電を行う。

4. 予備的シミュレーションとその結果

シミュレーションには饋電システムシミュレータRTSS^{(1),(2)}を用いる。シミュレーションには1.5kV直流電化された実在の通勤鉄道のデータを用いた。路線は26.5kmの複線で、駅数は24カ所、変電所は5カ所、列車は8両編成

で全列車各駅停車、閑散時10分間隔、ラッシュ時4分間隔の等時隔で運行されている。

本論文ではエネルギー蓄積装置の導入方法として、大容量の装置を比較的少数設置する場合を検討することにして

いる。シミュレーションによる検討のためには、装置のエネルギー蓄積容量を設定する必要がある。現時点ではRTSSに組み込むエネルギー蓄積装置のモデルが未完成なので、PWM変換器をエネルギー蓄積装置の設置が想定される場所に置き、その入出力電力がエネルギー蓄積装置の充放電電力とほぼ同じになると仮定して、電力を積分して蓄積エネルギーの時系列データを求めた。想定される蓄積装置の位置と既存の変電所位置を表1に、シミュレーションにより推定された所要エネルギー蓄積容量を表2に示す。ただし、表2の変電所名SUB1, SUB2, SUB3, SUB4は表1に示す導入位置2.6, 12.7, 18.9, 25.9[km]に対応する。

表1 追加PWM変電所導入位置

既存の変電所位置	1.4, 7.2, 16.5, 20.1, 24.6 [km]
追加PWM変電所導入位置（駅間）	2.6, 12.7, 18.9, 25.9 [km]

表2 エネルギー蓄積容量

変電所名	推定される蓄積容量 [MJ]	
	閑散時	ラッシュ時
SUB1	約180	約1200
SUB2	約300	約1200
SUB3	約470	約800
SUB4	約280	約800
SUB平均	約300	約1000

表2の結果から、大容量の装置を路線全体で4基設置する場合で1基あたり約1000MJのエネルギーを蓄積できれば十分であると推定した。

5. おわりに

本検討において、シミュレーションによりエネルギー蓄積容量を概算で求めることができた。今後は、エネルギー蓄積装置の充放電制御についての細かなパラメータの指定が必要である。

エネルギー蓄積装置のような余剰電力を吸収する装置を饋電システムへ導入することで回生失効の低減や饋電線電圧の平準化による饋電損失の低減による省エネルギー効果が期待される。

文 献

- (1) 高木：「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)
- (2) 高木：「直流鉄道電力シミュレーションプログラムRTSS」，日本シミュレーション学会第12回シミュレーション・テクノロジー・コンファレンス，(1993)