

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

～ 小容量の装置を分散設置する場合 ～

Introduction of the Wayside Installation Energy Storage Systems in DC Electric Railways

- Distributing Many Small-capacity Systems -

大久保 達也 (電気工学科)

Tatsuya Okubo

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

既存の直流電気鉄道では変電所にシリコン整流器が用いられており、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起きることがある。本検討で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饋電回路内の過剰な電力を蓄電させ、饋電線電圧の平準化、回生失効率の低下、省エネルギー化を図るための検討を行った。

2. エネルギー蓄積装置とその導入手法

饋電回路へ導入するエネルギー蓄積素子として期待されるものはフライホイール、リチウムイオン電池、電気二重層キャパシタ(以下 EDLC と表記)等が挙げられる。本論文では EDLC を用いて検討を行う。EDLC はエネルギー密度は低いがパワー密度が高く、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素子である。

エネルギー蓄積装置の導入法に関しては車上に設置する方法と地上へ設置する方法が考えられる。車上に設置する場合、車体重量の増加による影響を考えると搭載できる容量に制約がかかる。地上に設置する場合、重量の制限はなくなるが設置スペースと設置コストが比例するため体積が最小限の導入量で効果が得られる配置を考える必要がある。本論文では小容量のエネルギー蓄積装置を地上へ多数分散設置する方法について検討する。

3. 充放電制御

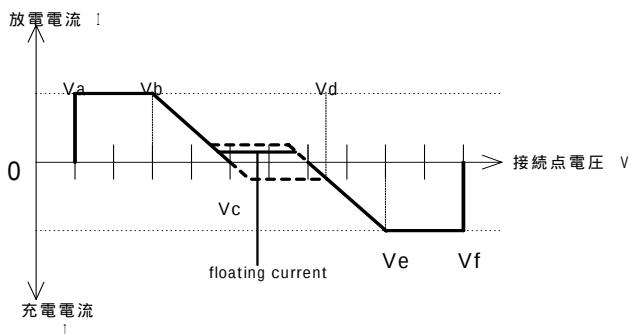


図1 EDLCの充放電制御

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、放電することで電圧を下支えし、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 1.5[kV]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。

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おき、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。

エネルギー蓄積装置の導入予定箇所は各駅ごとの中間地点とし、定格出力 1.0[MW]の PWM 変電所を路線全体で計 23 基設置した。

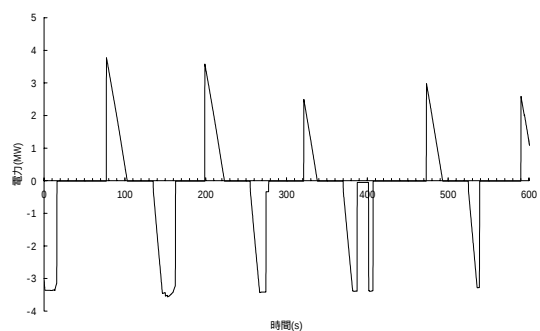


図2 列車の電力

図2は列車1編成の電力の時系列データで、(+)側が回生電力、(-)側が消費電力である。列車1編成が加速時に消費するエネルギーが平均約 60[MJ]、回生するエネルギーが平均約 50[MJ]となる。エネルギー蓄積装置の設置場所が駅間であり、列車2台の力行時消費電力の供給、もしくはブレーキ時の回生電力の吸収が同時に起こる可能性がある事を考えると、エネルギー蓄積装置の容量は 100[MJ]程度の余裕があればよい。エネルギー蓄積装置の充電度を約 50% に保つような特性を与えるとすれば、必要な容量は 200[MJ]となる。

5. おわりに

本検討において、シミュレーションによってエネルギー蓄積装置の容量を概算で求めることができた。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、省エネルギー化への効果が期待される。

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)