

高速回生車搭載のエネルギー蓄積装置の充放電制御 ～力行補助に主眼をおいた制御～

Charge / Discharge Control of Energy Storage Systems on Railcars with High-Power Regenerative Braking

- Control that Focussing on Acceleration Assistance -

中田 真浩 (電気工学科)

Masahiro NAKADA

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

鉄道車両の電力回生ブレーキは、高速域でのブレーキ力の低下、回生失効などの問題を抱えている。我々の研究グループでは、高速域でのブレーキ力低下に対し大電流駆動方式を適用した高速回生車を用いることで解決することを提案している⁽¹⁾が、高速回生車化すれば力行時・回生時ともにパワーが大幅に増えるため、ブレーキ中の回生失効や加速中の電圧低下が起りやすくなる。そこで、EDLCベースのエネルギー蓄積装置を車載し、力行アシストを行う充放電制御の検討を行った。

2. 大電流駆動方式適用による高速時でのトルク向上

大電流駆動方式⁽¹⁾とは、駆動用モータの定格電流・電圧をそれぞれ現状の x 倍および $1/x$ 倍とし、現状と同一規格で大電流・低電圧定格のモータに変更することにより、その過電圧耐量を活用して高速での出力増強を図ろうとするものである。インバータの出力電圧の最大値は電車線電圧に依存して一定なので、モータの電圧を定格の x 倍に高めることが可能になる。インバータの容量を x 倍にしておくことにより、高速域において過電圧耐量を活用した大電力回生と加速性能向上が同時に可能となる。

しかし、従来の x 倍のパワーでの力行・回生となれば、ブレーキ中の回生失効や加速中の電圧低下が起りやすくなる。そこで、図 1 のようにフィルタコンデンサと EDLC を並列に接続し、電力を蓄積することによって電車線電流を従来並みに抑制することを考える。

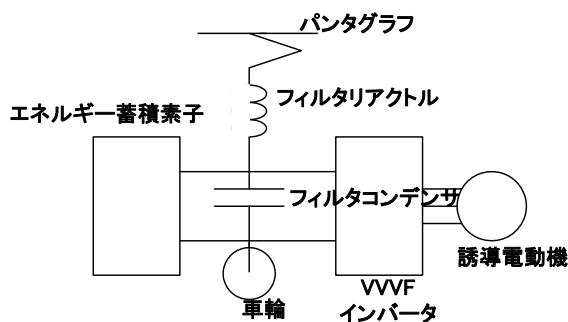


図 1. 大電流駆動方式

3. エネルギー蓄積装置の充放電制御

車載エネルギー蓄積装置によりあらゆる場面で力行アシストを行うためには、相当のエネルギー量をエネルギー蓄積装置に蓄えておかねばならない。しかし、エネルギー蓄積装置を車載するには重量等の制約があるためすべての力行をアシストするわけにはいかないので、瞬間電力が一定の閾値を超えた場合にエネルギー蓄積装置から放電する制御を行う。充電は、列車の回生ブレーキ時に発生するエネルギーを用いることを考える。それでもエネルギーが不足する場合、列車惰行時などに追加充電を行う。

なお、停車時の充放電に関しては停車時に架線と大電力のやりとりをすると接触抵抗による熱で架線を切断してしまう可能性があるため行わない。

4. シミュレーションによる SOC の推定結果

饋電システムシミュレータ RTSS⁽²⁾を用い、エネルギー蓄積装置の SOC の推定を行った。

モデル路線は東京近郊の実在の通勤路線で、最高速度は 125km/h である。路線長は 37.789km、変電所は 9 か所ですべてシリコン整流器を用いている。列車は 6 両編成で、運行頻度は 8 本/h である。

このような路線において、高速回生車を走行させた場合のシミュレーションを行い、列車の入出力電力および回生失効による回生電力の損失分を求めた上で、どの程度のエネルギー蓄積装置を車載すればよいのかを判断するために、エネルギー蓄積装置内のエネルギーの推移をみる。しかし、放電のみの制御を行った結果約 1000[MJ]ものエネルギーを事前に蓄える必要があるため、回生エネルギーを全てエネルギー蓄積装置に吸収する制御を行った。

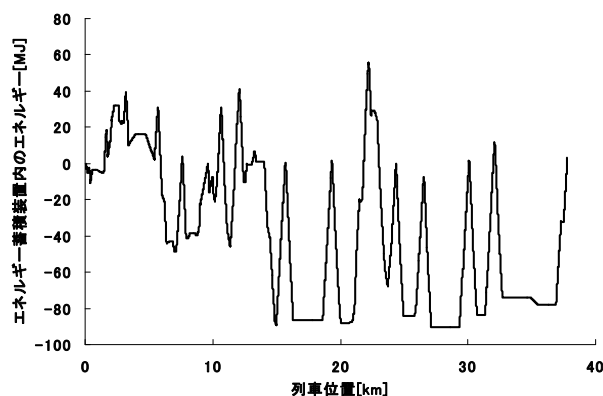


図 2. エネルギー蓄積装置内のエネルギー推移

今回のモデル路線において先に述べた制御を行った結果、エネルギー蓄積装置の容量は約 150[MJ]必要であることがわかる。150[MJ]の容量を持つエネルギー蓄積装置は約 30[t]の重量となり、列車の重量に加算する必要がある。その後 SOC の推移を求めるために充放電深度や初期の充電状態を決定し、データ上での検討を行う。

5. まとめ

本研究の結果、高速回生車にエネルギー蓄積装置を車載し力行補助を行った場合、力行補助だけでなく回生失効の防止にも役立つことがわかった。しかし、150[MJ]もの大容量のエネルギー蓄積装置による約 30[t]の増加を必要とするため列車の重量増加やコストの課題が残る。

文 献

- (1) 佐藤司:「直流電気鉄道へのエネルギー蓄積素子導入の検討～高速回生能力向上及び回生失効対策を考慮した車両システムの概要設計～」
2005 年度修士論文 工学院大学
- (2) 高木亮:「直流饋電系と列車群制御の総合インテリジェント化」
東京大学学位論文(1995)
- (3) 嵐洋一:「EDLC を用いたエネルギー蓄積装置を車載する高速回生車のライフサイクルコスト評価
～EDLC の容量が不足している場合～」