

直流電気車車載エネルギー蓄積装置による集電電流ピーク値の抑制

Suppression of Peak Current through Current Collectors of DC Electric Railway Vehicles Using On-board Energy Storage Systems

高橋 昇大朗(電気システム工学科)

Shotaro TAKAHASHI

電気鉄道システム研究室 指導教員 高木 亮 教授

1. はじめに

車載エネルギー蓄積装置(On-Board Energy Storage System: OBESS)は、饋電回路の抵抗による電圧降下や饋電損失、負荷不足時に所望の電力回生ブレーキ力を得られなくなる回生失効など、直流饋電システムのかかえる問題の緩和手法として期待を集めているが、具体的な制御手法やその効果について十分な知見が得られているとはいえない。本研究では、OBESSにより集電電流のピーク値を大幅に抑制し、饋電特性を改善する手法について検討したので、報告する。

2. 仮定した OBESS の充放電制御

エネルギー蓄積装置 (Energy Storage System: ESS) の代表的な充放電制御手法である I-V 特性制御は ESS と饋電システムとの接続点の電圧に応じ充放電電流を定めるもので、地上設置 ESS で広く用いられているほか OBESS への適用も提案されている⁽¹⁻³⁾。本研究でもこれを用いる。

同時に、本研究ではパンタ点電流抑制制御を用いる。

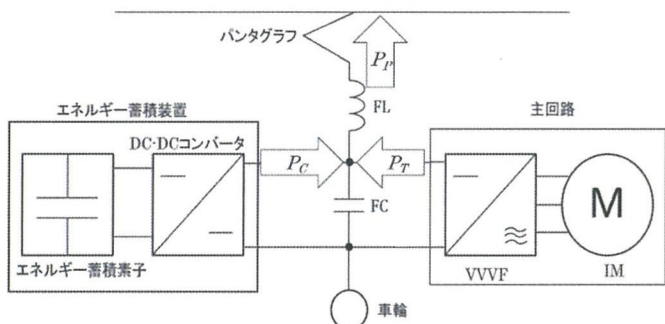


図1 パンタ点電流抑制制御概要

図1にその概要を示す。これにおいて、 $P_p = P_c + P_r$ である。パンタ点電力 P_p が予め定めた最大値を越えた場合、ESS 電力 P_c か主回路電力 P_r のどちらかを抑制しなければならない。そこで、力行性能低下など列車性能に悪影響が出ることを避けるため P_c を優先的に抑制し、 P_c だけではこれ以上抑制出来なくなったときはじめて P_r を抑制する。

3. シミュレーション条件

- ・路線：長さ約 26.6km, 複線, 24 駅
- ・饋電システム：1.5kV 直流電化/饋電抵抗 0.018Ω/km
- ・変電所：5 箇所、全てシリコン整流器を使用
- ・変電所容量：両端 3MW, 線路中間 6MW
- ・列車本数：8 両編成×6 本/h
- ・OBESS：全列車搭載, 1000MJ/編成 重量 11.7t
- ・最大パンタ点電流：500A または 1000A, 回生電流 0A

4. シミュレーション結果

シミュレーションは回生失効が起こりやすいとされる閑散時に同条件で電流抑制を行わない OBESS 非搭載時と比較検討を行った。表1に饋電特性評価として示す。

表1 饋電特性評価

	ESS搭載		ESS非搭載
最大パンタ点電流	500A	1000A	
回生エネルギー[KWh/h]	0	0	2061
主回路回生エネルギー[KWh/h]	2681	2686	2078
列車消費エネルギー[KWh/h]	2466	2440	2658
饋電損失[KWh/h]	14	22	213
変電所総合入力エネルギー[KWh/h]	2480	2461	2871
回生失効率[%]	0	0	18
主回路回生率[%]	55	55	45

OBESS 搭載時は回生失効率がゼロとなり、回生エネルギーが大幅に増えた。またパンタ点電流の抑制により饋電損失が顕著に減少した。この結果、OBESS 搭載時は饋電システムの全消費エネルギーである変電所総合入力エネルギーが減少した。しかし、回生エネルギーの増加幅と比べて列車消費エネルギーの減少幅が小さく、OBESS における充放電損失が大きいこともわかる。この結果、最大パンタ点電流 500 A のケースでは同 1000 A のケースに比べ変電所総合入力エネルギーは増えている。

5. まとめ

OBESS を用いた集電電流抑制により、回生失効防止に加え饋電損失の大幅な抑制が達成できたが、パンタ点電流の最大値を抑えすぎるとかえって消費エネルギーが増えることもわかった。従って、最適なパンタ点電流値を探る最適化が今後の課題として挙げられる。

文献

- (1) 佐々木龍一:「直流饋電システムにおける車載蓄電装置の電車線電圧による充放電制御の検討～フィードフォワード制御との比較～」, 工学院大学 (卒業論文) (2012)
- (2) 高見澤裕太:「直流饋電システムにおける車載蓄電装置の電車線電圧による充放電制御の検討～ラッシュ時の場合～」, 工学院大学 (卒業論文) (2012)
- (3) 村山智史:「直流饋電システムにおける車載蓄電装置の電車線電圧による充放電制御の検討～閑散時の場合～」, 工学院大学 (卒業論文) (2012)
- (4) 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)