

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～

Examination of the I-V characteristic based Charge / Discharge Control of On-board Energy Storage System in the DC Railway Power Feeding Network

～Assuming Peak-hour Traffic Conditions～

高見澤 裕太 (電気システム工学科)

Yuta TAKAMIZAWA

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

直流電気鉄道が抱える課題に電圧降下があり、ラッシュ時は特に顕著である。その課題解決のため、エネルギー蓄積装置(Energy Storage System: ESS)を車載する提案がされている。我々の研究グループでは、電車線電圧によって、ESSをI-V制御を用いる充放電制御⁽¹⁾を提案している。しかし、その充放電制御パラメータの設定に関する議論はこれまでされていなかった。そこで、本研究では、充放電制御のパラメータの値を連続的に変更し、実績のある饋電特性シミュレータ⁽²⁾を用いて、ESSのパラメータの設定と饋電特性との関係を定量的に評価した。

2. 車載 ESS の電車線電圧による充放電制御の検討

本研究での充放電制御は、直流饋電システム内で運行している全列車にESSを導入し、それら全車が図1に示すようなI-V特性に従って、電車線電圧に応じて充放電制御を行う。

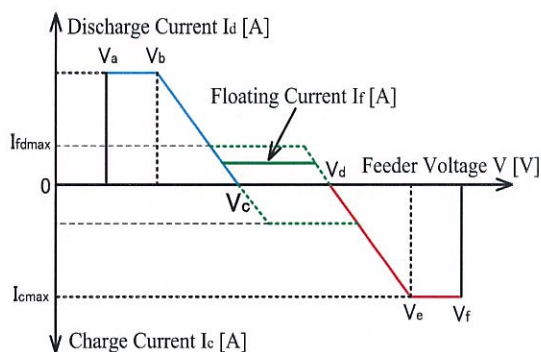


図1. ESSの電車線電圧による充放電制御

このうち、 V_a 、 V_f は1200V、1900Vに固定、放電特性側の電圧 V_b と V_c の値を変更する。なお、充電側の V_d と V_e の値は1550Vと1600Vに固定し変更しない。

V_b の設定方法について、 $V_b \sim V_c$ 間の電圧の幅(放電絞込範囲)を50V固定とし、 V_b を1200Vから1500Vの範囲で30V毎に動かした。この結果より、 V_b が放電動作をしつつ、また、SOC値が放電可能SOC値の最低値まで放電していない1440Vに目を付けこの値で固定し、 V_c を1450Vから1540Vの範囲で10V毎に放電絞込範囲を変化させてシミュレーションを行った。評価関数として、力行時パンタ点電圧と最低パンタ点電圧を主に用いる。

3. シミュレーション条件

モデル路線とシミュレーション条件の概要を以下に示す

- ・路線：長さ約37.5km、複線、15駅
- ・饋電システム：1.5kV直流電化、上下別饋電方式
饋電抵抗 0.03Ω/km
- ・変電所：9箇所、全てシリコン整流器を使用
- ・変電所容量：路線両端3.0MW、路線中間4.5MW

- ・列車本数：6両編成×38本
- ・列車ダイヤ：約3分間隔、全列車各駅停車の平行ダイヤ
- ・車載ESS：全車搭載、1000MJ/編成 重量18.72t

4. シミュレーション結果

シミュレーション結果を表2に示す。

表2. 饋電特性評価量

放電絞込範囲	ESSなし	幅40V	幅70V	幅100V
力行時 平均パンタ点電圧[V]	1485.2	1491.3	1496.9	1502.5
力行時 最低パンタ点電圧[V]	1308.3	1449.1	1455.4	1460.4
総力行エネルギー [kWh/h]	28719.8	28084.8	27229.4	26438.3
総回生エネルギー [kWh/h]	9810.1	6171.0	5368.9	4633.7
饋電損失[kWh/h]	1322.2	746.7	605.5	499.3
回生率[%]	34%	22%	20%	18%

表2より、ESSなしの時は放電絞込範囲が大きい100Vの時と比べて力行時平均パンタ点電圧と最低パンタ点電圧どちらも上昇している。これは放電絞込範囲が小さいものと大きいものと比べても同様のことが言える。これはESSの放電絞込範囲の幅が広いものほど電圧降下に対して放電動作をする頻度が増加したと考えられる。これにより、総力行エネルギーが減少したと考えることができる。しかし、力行時パンタ点電圧が上がったことにより、回生車の回生電力が力行車に届かなくなり、回生失効を起こさないようにESSで充電する頻度が増加する。これは、パンタ点電圧が上がったことにより回生率と総回生エネルギーと饋電損失が減少していることから分かる。

5. まとめ

車載ESSの場合、容量が増加すると重量も増加するが、今回のシミュレーションでは、容量1000MJのESSを使っているにもかかわらず、重量18.72tとしてしまった。よって容量にあった重量でシミュレーションをすることが検討課題である。また、放電特性パラメータの V_b を固定し V_c を変化させたが、 V_b の値が違う場合に V_c を同じように変化させた場合に、同様の評価が得られるかということも検討課題である。

文献

- (1) 滝本・國方・高木：「車上蓄電装置搭載編成の部分的導入による直流饋電システムの電圧平準化」, 平成23年電学全大, No.5-091 (2010)
- (2) 高木：「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)