

# 電鉄用地上設置型エネルギー蓄積装置の充放電制御のためのラインリセプティビティ推定 ～電圧による充放電制御との比較検討～

Line Receptivity Estimation for Charge/Discharge Control of Stationary Energy Storage Systems for DC Electric Railways

～ Comparison with Live Voltage Based Control Results ～

西村 真登 (電気システム工学科)

Masato NISHIMURA

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

我々の研究グループでは、直流饋電システムに地上設置型エネルギー蓄積装置(Energy Storage Systems: ESS)の導入によって回生失効の改善を図る研究が行われてきた。回生失効の原因は、回生可能電力が饋電システム内の消費電力を上回ってしまうことである。各列車の今後の電力は予測可能なので、過去の研究ではラインリセプティビティ(回生電力受容性)を推定し、車載のESSの充放電制御に用いることが提案されている。本研究では、それを地上設置型のESSに用いることが出来るか検討を行った。

## 2. ラインリセプティビティの定義

参考文献[1]より用いていたある列車のラインリセプティビティの定義はその列車の回生電力の影響範囲に存在する列車の電力の合計である。これを地上設置型ESSに用いるため、変電所に適用した。なお、ESSは変電所(SS3)に置くものとする。

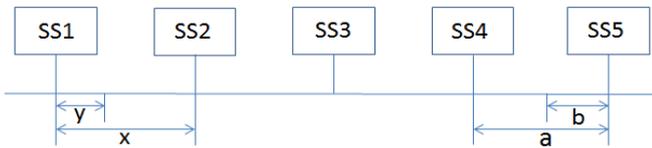


図1 ラインリセプティビティの定義

図1に示すようなとき、SS3から見た列車の電力状況についてラインリセプティビティの定義を以下に示す。

SS1~SS2に存在する列車の電力 $P_\alpha$ , 位置 $y$

$$P_{\alpha_1}, P_{\alpha_2}, P_{\alpha_3}, \dots, P_{\alpha_n}, y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$$

SS1~SS2のラインリセプティビティ $P_A$

$$P_A = \sum_{j=1}^n \left( P_{\alpha_j} \times \frac{y_j}{x} \right)$$

SS2~SS4に存在する列車の電力 $P_\beta$

$$P_{\beta_1}, P_{\beta_2}, P_{\beta_3}, \dots, P_{\beta_n}$$

SS2~SS4のラインリセプティビティ $P_B$

$$P_B = \sum_{j=1}^n P_{\beta_j}$$

SS4~SS5に存在する列車の電力 $P_\gamma$ , 位置 $b$

$$P_{\gamma_1}, P_{\gamma_2}, P_{\gamma_3}, \dots, P_{\gamma_n}, b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$$

SS4~SS5のラインリセプティビティ $P_C$

$$P_C = \sum_{j=1}^n \left( P_{\gamma_j} \times \frac{b_j}{a} \right)$$

SS1~SS5のラインリセプティビティ $P_{receptivity}$

$$P_{receptivity} = P_A + P_B + P_C$$

## 3. シミュレーション条件

シミュレーション条件の概要を以下に示す。

- ・路線長: 26.5km, 複線, 駅数: 24 駅
- ・饋電系統: 1.5kV 直流電化, 上下一括饋電方式, 饋電抵抗 0.03Ω/km
- ・変電所: 5 ヵ所 (1.4km, 7.2km, 16.5km, 20.1km, 24.6km) シリコン整流器使用 (定格: 3MW×2ヶ所, 6MW×3ヶ所)
- ・ESS: 1ヶ所 (16.5km) 設置, 容量 10 MW
- ・列車ダイヤ: 全各駅停車平行ダイヤ÷列車密度 10 本/h

## 4. 変電所電圧との比較

シミュレーション結果から2の定義より求めたラインリセプティビティ推定と変電所の電圧との比較を行った(図2参照)。図2の結果を確認すると①より、この時間においてラインリセプティビティ推定結果が電圧に対応していないことがわかる。これは5.5km付近の回生車の回生電力の影響がラインリセプティビティ推定の際、定義よりも大きく出ている為である。また、②より7020秒付近より7030秒付近のラインリセプティビティが大きい値でならなければならないが、これは7020秒付近において18km付近に回生車が存在し、23km付近には大きな電力を消費している列車がいた。その為、18km付近の列車の回生電力は、23km付近の列車に消費されているが、ラインリセプティビティの計算において、23kmの列車の電力の影響をあまり考慮していないためである。



図2 ラインリセプティビティ推定と変電所電圧との比較

## 5. I-V制御のESSの充放電電力との比較

シミュレーション結果から2の定義で求めたラインリセプティビティ推定とI-V制御との比較を行った(図3参照)。

図3からわかるように大体の部分では、ラインリセプティビティ推定結果が充放電電力と同じように動いている。ただし、7065~7086秒付近で動きが異なるので、原因を追究し、改善を行う必要がある。

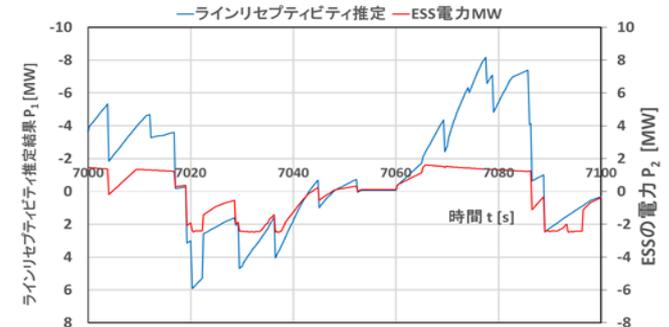


図3 ラインリセプティビティ推定とI-V制御との比較

## 6. まとめ

本研究において、シミュレーションの結果からラインリセプティビティの定義が大体正確であることがわかる。しかし、ラインリセプティビティの定義について変電所から離れた位置にある列車の電力が推定結果より大きく出ているので、定義を考える際、この点についても考慮する必要がある。

文献

[1]安部 峻史:「ラインリセプティビティ推定を用いた高速回生車車載エネルギー蓄積素子の充放電制御」2007年度工学院大学大学院修士論文

[2]堀 紘彰ほか:「回生電力有効活用の可能性についての検討」第20回鉄道技術連合シンポジウム(J-RAIL2013)pp.219~222