

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 ～理論的検討～

Line Receptivity Estimated for Charge/Discharge Control of Stationary Energy Storage Systems for DC Electric Railways
～ Theoretical Examination ～

岡田 雅史 (電気システム工学科)

Masafumi OKADA

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

当研究室では、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防止を図る研究が行われてきた。回生失効の原因は、回生電力が消費電力を大きく上回り、電圧が上がりすぎてしまうことである。各列車の今後の電力は予測可能であり、過去にラインリセプティビティ(回生電力の受容性)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

変電所付近は電圧が高く、回生電力は超えにくいいため、列車の電力は、変電所一つのみ越えるものとする。なお、図1では、変電所を“SS”と表記している。参考文献[4]では、SS3におけるラインリセプティビティ推定の際、SS1及びSS5付近の列車の電力があまり考慮されていないため推定結果がずれるものと考えた。これを改善するため、SS3へ影響する列車の電力は、変電所一つ越えたとき列車の位置にかかわらず半分の電力のみ影響すると仮定した。つまり、SS1～SS2及びSS4～SS5の列車の電力は、半分のみSS3に影響するものとする。

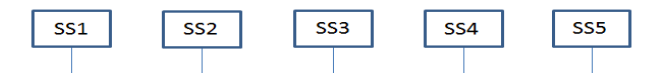


図1 ラインリセプティビティの定義

したがって、SS3から見た列車の電力の状況についてSS3のラインリセプティビティとすると、各列車の電力についてSS1～SS2に存在する各列車の電力

$$P_{\alpha_1}, P_{\alpha_2}, P_{\alpha_3}, \dots, P_{\alpha_n}$$

SS2～SS4に存在する各列車の電力

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

SS4～SS5に存在する各列車の電力

$$P_{\gamma_1}, P_{\gamma_2}, P_{\gamma_3}, \dots, P_{\gamma_n}$$

としたとき、

SS3のラインリセプティビティ $P_{receptivity}$ は、

$$P_{receptivity} = \sum_{j=1}^n P_{\alpha_j} \times \frac{1}{2} + \sum_{j=1}^n P_{\beta_j} + \sum_{j=1}^n P_{\gamma_j} \times \frac{1}{2}$$

と表すことが出来る。

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 カ所、シリコン整流器使用(定格：3MW×2 ケ所(1.4km,24.6km)、6MW×3 ケ所(7.2km,16.5km,20.1km))
 - ・ESS：1 ケ所(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
- なお以下の結果では、16.5km にある変電所でのラインリセプティビティについて考えている。

4. シミュレーション結果

4-1. 変電所電圧との比較

図2に於いてラインリセプティビティが正の部分では、回生電力が多いことを示し、逆の場合は消費電力が多いことを示す。そのため、ラインリセプティビティが正の場合、変電所電圧は上がり、逆の場合は下がるはずである。その点については、図2から概ね正しい結果が得られたものと考えられる。一方、ラインリセプティビティが正の時のとき、電圧が

かなり上昇するが、それと比べ負の場合あまり電圧が下がっていないことがわかる。この原因として変電所は逆潮流できないため、ラインリセプティビティが正の時はESSで負担するしかないので電圧がすぐに上昇することが考えられる。また、他の変電所の電力を考慮していないためラインリセプティビティが負に過大に出ている可能性が考えられる。

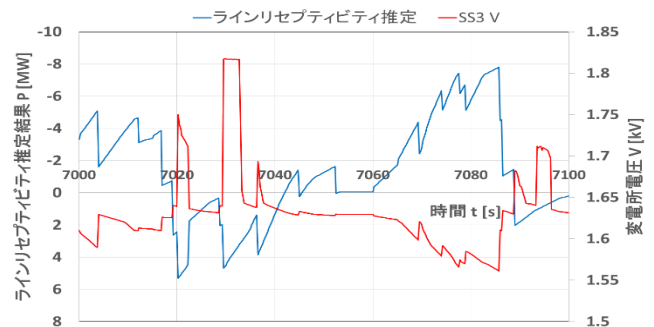


図2 変電所電圧との比較

4-2. I-V制御のESSの充放電電力との比較

I-V制御のESSと比較し、推定方法の正しさについて確認した。I-V制御は、それなりにうまく動作しているのでラインリセプティビティが同じようなグラフとなれば、うまく推定できていると考えられる。結果を図3に示す。

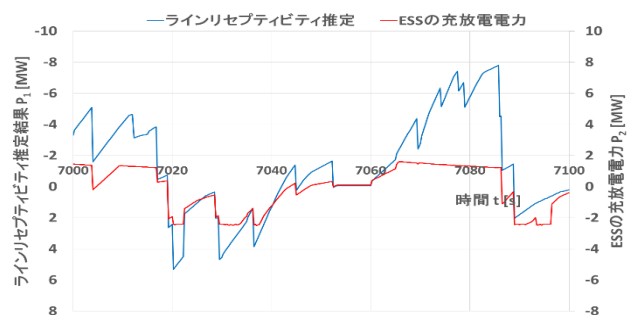


図3 I-V制御のESSの充放電電力との比較

この図からわかるように、7066～7087秒及び7008～7018秒付近で、値が大きく異なっていることがわかる。この原因として、I-V制御のESSが浮動充放電の動作をしているためと考えられる。

5. まとめ

本研究において、参考文献[4]での課題点である変電所から離れた電力について考慮しラインリセプティビティ推定を行ったが結果はあまり変わらなかった。ラインリセプティビティ推定が一部うまくいかなかった原因として変電所の電力を考慮していないことが考えられる。そのためより正確なものとするためには、変電所の電力についても考慮する必要があることがわかった。

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(JRAIL2013)pp.219～222
- [3]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」1994年度東京大学学位請求論文(1995年)
- [4]西村 真登：「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～」2014年度工学院大学卒業論文