

# SOC カーブに基づいた地上設置型エネルギー蓄積装置の充放電制御 ～閑散時の検討～

Charge/Discharge Control of Trackside Energy Storage Systems Based on Reference SOC Curves

～Assuming Off-peak-hour Traffic Conditions～

山下 智大（電気システム工学科）

Tomohiro YAMASHITA

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

著者らの研究グループでは、直流饋電システムに地上設置エネルギー蓄積装置(Energy Storage Systems : ESS)を導入し、余剰回生電力を充電して回生失効を防止するとともに、電圧降下時には放電して電圧降下を抑制する手法について検討を行っている。しかし、ESS の蓄積容量は近年の蓄積素子のめざましい研究開発の進展にもかかわらず十分ではなく、少ない容量の ESS 設置で最大限の効果を得るため「賢い」充放電制御の開発が求められている。

ESS は小容量のものなら車載も可能だが、車載 ESS については ESS の充電度(State of Charge : SOC)のリファレンス値を列車位置の関数として求め(これを SOC カーブと呼ぶ)、この値に基づいた充放電制御を行うことが提案されている。本研究では、これと同様の考え方を地上設置型 ESS に導入することを提案する。

## 2. SOC カーブとは

モデル線内に存在する 1 列車に注目し、列車位置に対する電力のカーブを SOC に変換、変換したカーブを充放電制御の目標値(リファレンス SOC)として利用する。列車位置に対するリファレンス SOC の関数を SOC カーブと呼ぶ。

## 3. 地上設置型 ESS へ SOC 制御の導入

SOC カーブを用いて ESS を充放電制御する手法は、既に車載型 ESS に於いて議論されてきた<sup>(1)</sup>。車両に搭載された ESS の場合、当該車両が標準運転曲線に基づき走行した場合の ESS の標準的な入出力電力は当該車両の力行・回生電力のみによって求めることができ、これをもとに SOC カーブを決定することができた。しかし、地上 ESS に於いては、1 つの ESS に対して複数の列車が関係する点が異なる。

そこで、まず列車が地上設置 ESS ひとつひとつについて SOC カーブを用意しておく。SOC 値の基準値を  $T^*$  とする。 $i$  番目の列車の位置が  $x_i$  であるときの  $j$  番目の ESS のリファレンス SOC 値が  $T_{ij}(x_i)$  とであるとすれば、現在の列車群の位置に対して  $j$  番目の ESS のリファレンス値  $T_j$  は

$$T_j = T^* + \sum_i (T_{ij}(x_i) - T^*)$$

のように計算することができる。

## 4. SOC カーブの設計手法

饋電特性シミュレータ RTSS<sup>(2)</sup>を用いる。ダイオード変電所と ESS が設置してあるモデル線内に 1 列車のみ存在しているとき、各々の ESS が列車へ供給すべき力行・回生電流を求める。求めた電流値に饋電線電圧を乗ずると電力が求まるので、列車位置に対する電力のカーブが得られる。さらに、電力のカーブを SOC に変換して、SOC カーブを作る。SOC の発散を防ぐ為、ESS が充電傾向であれば放電、放電傾向であれば充電をする必要がある。しかし、特に充電電力に関しては変電所から賄われるので、架線電圧を低下させてしまい、列車負荷が多いラッシュ時に於いては力行性能の低下が顕著に出

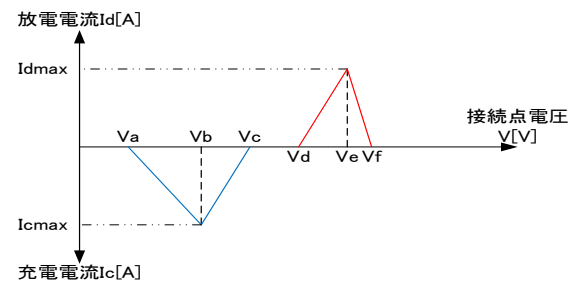


図 1. 回生絞込み・低電圧リミッタ特性

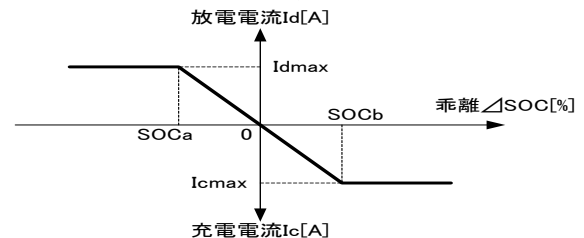


図 2. 乖離補正制御

る恐れがある。また、列車負荷が少ない閑散時に於いて放電を行うと、架線電圧の上昇が起こり、回生失効を招く恐れがある。上記の問題を防止するため、ESS の接続点電圧の  $V_b$  を下回った場合は低電圧リミッタを設け充電電流を絞り、 $V_e$  を上回った場合は回生絞込みを行い、放電電流を絞るようにする。閑散時に於いては、架線電圧が上昇しやすいので、 $V_e-V_f$  の傾きを急峻にさせる。2 つの ESS に挟まれた区間の充放電電力は、列車と ESS 間に流れる電流の距離に比例したアドミタンスで推定し、按分する。

## 5. 乖離補正制御

モデル線内に複数列車を走らせ、各々の ESS が供給すべき力行・回生電力を求め、SOC に変換する。

リファレンス SOC と複数列車が走っているときの実際の SOC を比較、乖離が生じた場合、目標値に戻すため、補正の充放電をする。実際の SOC がリファレンス SOC よりも小さいときは充電、大きいときは放電をする。乖離補正制御を図 2 に示す。

## 6. まとめ

地上設置型 ESS の充放電制御に SOC カーブを用いる方法を提案できた。今後は、充放電制御の評価や、既存の I-V 特性による充放電制御との比較検討が課題である。

文献

- (1)天野哲生・高木亮：「饋電特性シミュレーションによる車載エネルギー蓄積装置の充放電制御の評価」，平成 22 年電学全大，No.5,p.p.100-101 (2009)
- (2)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化」，東京大学学位論文 (1995)