

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 ～ラッシュ時の検討～

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

～Assuming Peak-hour Traffic Conditions～

長島 匡太郎（電気システム工学科）

Kotarou NAGASHIMA

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きている。しかし、ESSの蓄電容量は近年の蓄電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⁽¹⁾。本研究では、これと同様の考え方を地上設置型ESSを導入することを提案する。

2.地上設置型ESSへのSOC制御導入方法

<2.1> リファレンスSOCカーブの設計

前述したように車載ESSでの充放電制御にSOCカーブを用いることが提案されている。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。 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

$$T_j = T^* + \sum_i (T_{ij}(x_i) - T^*) \quad \cdots(1)$$

のように計算することができる。なお、式(1)中の T^* はSOCの基準値である。

ESSを電圧源として考えると、複数台ESSが在るとしても各々の電圧が違うとは考えにくい。そこで、2つのESSに挟まれている区間の充放電電力の按分比は、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する。

<2.3> 乖離補正

設計したリファレンスSOCと饋電特性シミュレータRTSS⁽²⁾より得られたSOCを比較。乖離が生じた場合目標値に戻すため、充放電を行う補正をする。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。乖離補正制御の概略を図1に示す。

<2.4> 低電圧リミッタ

SOCが低く、さらにESSの接続電圧が低い状態では、ESSは充電することは出来ない。何故なら、ESSが電圧を維持する装置という観点から、接続点電圧が低い状態で充電による更なる電圧降下を招くようなことは避ける必要がある。そこで、図2に示すような低電圧リミッタを使い、接点電圧が閾値 V_b に達したら、ESSの充電動作を抑制し、 V_a に達したら完全に充電動作を停止させる制御を行う。ラッシュ時には、短い列車間隔のなかでESSを即座に定常状態に戻すことが必要となるので、 V_a ・ V_b 間の傾きを急峻なものとする。

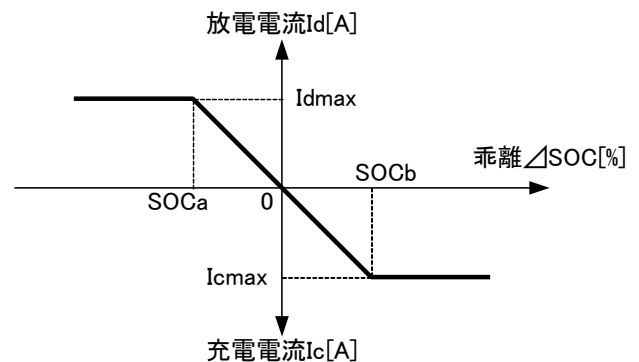


図1 乖離補正制御

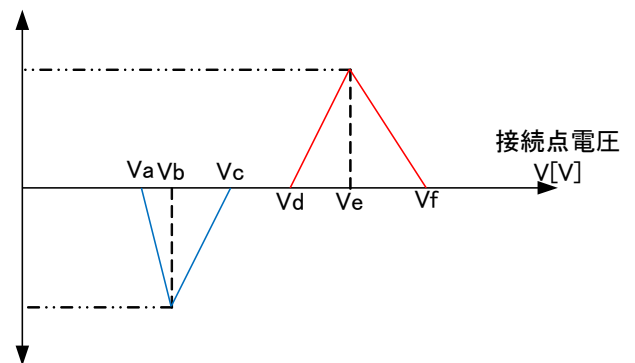


図2 低電圧リミッタ

5. 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：「エネルギー蓄積装置搭載車を含む直流饋電システムの饋電特性シミュレーション」，平成22年電気学全大，No.5,p.p.100-101(2010)
- (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)