

直流饋電系統への移動式蓄電装置の導入に関する検討

～ 閑散時の郊外設置シミュレーション ～

Mobile Energy Storage Systems for DC Electric Railways:
Placing ESSs in the Substation Section During Off-Peak Hours

菅野 巧真 (電気システム工学科)

Takuma KANNO

電気鉄道システム研究室 指導教員 高木 亮 教授

1 はじめに

近年、直流電気鉄道における回生失効・電圧降下等の問題を解決する手段として地上設置型エネルギー蓄積装置 (Stationary Energy Storage System: SESS) が注目されている。しかし、列車の負荷分布は列車ダイヤにより変動するため、その適切な設置場所は時間帯により変化する可能性がある。

そこで、本研究では移動可能な地上設置型エネルギー蓄積装置 (Mobile Energy Storage System: MESS) について検討した。本研究では閑散時間帯に MESS を回生負荷が不足しがちな郊外付近に接続したケースについて検討した。また、文献 (1) の報告内容と合わせ MESS の SESS に対する優位性の検討を行った。

2 MESS

MESS は鉄道車両 1 両分程度のサイズと考え、通常の鉄道車両に搭載されるようなサイズの ESS を 5 ユニット程度搭載するものとする。そのため、乗客が乗る場所はない。

接続の方法に関しては、線路を使って自走させる場合、専用の側線に入れ、パンタグラフを上げておく方法が使える。

3 シミュレーション条件 (閑散時)

シミュレーションに用いた路線モデルは東京の中央快速線および緩行線とした。シミュレーション条件を以下に示す。

3.1 MESS シミュレーション (閑散時)

- ・路線長 53.08km, 複線 (一部複々線), 全 32 駅
- ・饋電系統: 1.5kV 直流電化・上下線別饋電
- ・変電所: 16 箇所, 電圧変動率 8%
- ・列車: 10 両編成, 全各停平行ダイヤ (快速線 6 分間隔, 緩行線 4 分間隔, 在線本数: 快速線上下線とも 10, 緩行線上下線とも 15)
- ・MESS 設置場所: 2 箇所, 日野駅および国分寺駅
- ・MESS 定格出力: 充電放電ともに 1.8MW
- ・MESS エネルギー容量: 1554.4kWh

3.2 SESS シミュレーション (閑散時)

- ・路線, 饋電系統, 変電所, 列車, SESS の定格出力およびエネルギー容量は 3.1 節と同様。
- ・SESS 設置場所: 2 箇所, 日野駅および八王子駅

4 シミュレーション結果

3.1 節の条件にて、MESS を導入した場合の閑散時間帯シミュレーションを行った。同時にラッシュ時間帯 MESS シミュレーション⁽¹⁾も行った。その結果のうち各種饋電特性評価量をまとめたものを表 1 および表 2 に示す。一日あたり鉄道運行時間が 19 時間, うちラッシュ時間帯 3 時間, 閑散時間帯 16 時間と仮定し, 表 1 のデータより一日あたり饋電特性評価量を求め, 表 3 および表 4 の「MESS」列に示した。

また, 3.2 節の条件にて, SESS を導入した場合の閑散時間帯シミュレーションを行った。同時にラッシュ時間帯 SESS シミュレーション⁽¹⁾も行った。一日あたり運行時間に関し先程と同様の仮定のもと, このデータより一日あたりの饋電特性評価量を求め, 表 3 および表 4 の「SESS」列に示した。

電力回生能力が十分生かせなかったことを示す回生失効

率は MESS によりわずかながら低下がみられるが, 鉄道システムの消費エネルギー総量を示す変電所総合入力エネルギーは MESS 化によりむしろ増加していることがよみとれる。

表 1: 閑散時の各種饋電特性評価量

System-wide energy evaluations				
Evaluated item	ラッシュ		閑散	
	in [kWh/h]	in [kWh/3h]	in [kWh/h]	in [kWh/16h]
回生可能エネルギー	49202	147605	29522	472351
回生エネルギー	46521	139563	26118	417887
回生エネルギー (インバータ直流端)	49201	147602	27624	441980
力行エネルギー	142106	426317	78963	1263409
力行エネルギー (インバータ直流端)	129936	389807	72969	1167502
動輪周エネルギー	20810	62431	11716	187453
動輪周エネルギー (機械エネルギー除く)	44092	132277	24748	395963
動輪周ブレーキエネルギー	83852	251557	47039	752627
動輪周ブレーキエネルギー (機械エネルギー除く)	60570	181711	34007	541116
列車消費エネルギー	95585	286754	52845	845522
饋電損失	9484	28452	5137	82199
変電所総合入力エネルギー	105069	315207	57983	927721

表 2: 閑散時の回生率

Regeneration rates		
Evaluated item	ラッシュ	閑散
	Rate[%]	Rate[%]
回生失効率	0.00	6.43
回生率	32.74	33.08
パンタ直 (インバータ直流端)	37.87	37.86

表 3: 閑散時およびラッシュ時の各種饋電特性評価量

System-wide energy evaluations		
Evaluated item	MESS	SESS
	in [kWh/19h]	in [kWh/19h]
回生可能エネルギー	620572	619956
回生エネルギー	558141	557450
回生エネルギー (インバータ直流端)	590271	589582
力行エネルギー	1690289	1689726
力行エネルギー (インバータ直流端)	1557869	1557309
動輪周エネルギー	249882	249884
動輪周エネルギー (機械エネルギー除く)	527851	528240
動輪周ブレーキエネルギー	1004645	1004184
動輪周ブレーキエネルギー (機械エネルギー除く)	726675	725827
列車消費エネルギー	1132148	1132277
饋電損失	112169	110651
変電所総合入力エネルギー	1244317	1242928

表 4: 閑散時およびラッシュ時の回生率

Regeneration rates		
Evaluated item	MESS	SESS
	Rate[%]	Rate[%]
回生失効率	4.88	4.90
回生率	33.02	32.99
回生率 (インバータ直流端)	37.89	37.86

5 まとめ

MESS の利用により, SESS 利用時と比べ小幅ながら饋電特性が変化することを確認できた。設置位置の最適化, および移動に時間がかかることをモデル上きちんと考慮することが, 今後の課題である。

参考文献

- (1) 福島 寛史: 「直流饋電系統への移動式蓄電装置の導入に関する検討～ラッシュ時の都心設置シミュレーション～」工学院大学卒業論文 (2019)