

EDLC による車両用電力貯蔵システムの長期耐久試験

○工藤 靖之 [電] 関島 康直 (東海旅客鉄道㈱) [電] 戸田 伸一 (㈱東芝)

A long term endurance test for onboard energy storage system using EDLC

○Yasuyuki Kudo, Yasunao Sekijima, (Central Japan Railway Company)

Shin-ichi Toda, (Toshiba Corporation)

Regenerative energy failure causes loss of energy and mechanical wear of brake shoes and wheels. For prevention of them, we have developed an energy storage system using an electric double layer capacitor (EDLC). We have installed a new system on a conventional-line rolling stock (Series 313), and have performed a test run in October 2007. From the test, we have verified that the system effectively worked. Then we began a long term endurance test in operation in June 2008. We have confirmed an effect of energy saving by an EDLC in a few months' test term. We are planning to continue the endurance test to find life span of an EDLC and to verify reduction of mechanical wear.

キーワード：電力貯蔵，電気二重層キャパシタ，回生失効，省エネルギー

Key Words：energy storage, electric double layer capacitor, regenerative energy failure, energy saving

1. はじめに

直流電車の電力回生ブレーキでは、架線電圧の過上昇を防止するため、電力回生を絞り込む、もしくは停止させる回生失効が発生する。このとき、電気ブレーキ力が不足して空気ブレーキでブレーキ力を補うので、エネルギー損失や車輪磨耗増加といった問題につながる。そこで、電気二重層キャパシタ（以下 EDLC）を用いた車両搭載型の電力貯蔵システムにより、回生失効時に発生する空気ブレーキエネルギーを吸収して回生失効を低減することを考えた。

平成 16 年度より電力貯蔵システムを現車に搭載して試験を行い、システムの性能を確認した¹⁾²⁾。これを踏まえて、平成 20 年度より営業運転による長期耐久試験を開始したので、本稿では途中段階での結果を報告する。

2. 電力貯蔵システムの開発経緯

2.1 電力貯蔵システムの基本構成

(1) 電力貯蔵媒体

鉄道車両の回生失効は、ブレーキ力が大きく架線電圧が上昇する高速域で発生しやすく、減速とともに架線電圧が下がると回生が復活しやすいため、失効時間は短時間である。この時間内に絞り込まれた電力を吸収するには、小容量・大電流の充放電が可能な EDLC が適していると考えて採用した。EDLC は二次電池よりもサイクル寿命が長いことから、トータルコストの低減にも寄与しうること今回採用した理由の一つである。なお、実際の使用限度については長期耐久試験で検証していく。

(2) 電力貯蔵容量

車載する EDLC の容量は最大でも回生失効発生時に補足される空気ブレーキに相当する分が良い。313 系電車の

実際のブレーキデータの解析結果では、回生失効時の平均的な空気ブレーキエネルギーは電動車で約 0.6kWh であるが¹⁾、高速域で空気ブレーキのピークカットを行えば、より小さい電力吸収容量で機械磨耗低減効果が得られると考えた。そこで、EDLC 容量は平均値の約半分である約 0.3kWh（電動車 1 両あたり）で十分であると考えた。

2.2 走行試験の実施

(1) 平成 16 年度試験

既存の 313 系電車（2 両編成）の電動車（Mc 車）を改造して電力貯蔵システム（EDLC0.28kWh、DC/DC コンバータ）を搭載し（図 1 参照）、平成 17 年 1 月に走行試験を実施した。このときは営業列車に影響を与えない夜間に実施し、基本的な充放電性能を確認することができた。

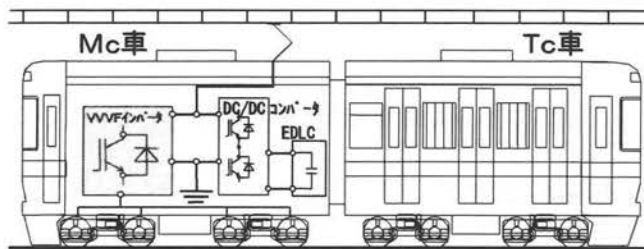


図 1 電力貯蔵システム概略図 (2 両編成)

(2) 平成 19 年度試験

平成 16 年度の試験結果を受け、EDLC の長期耐久試験を行うため、平成 18 年度に新製した 313 系電車（4 両編成）に電力貯蔵システムを搭載した（図 2,3 参照）。中間付随車（T 車）に EDLC0.6kWh を集中搭載しており、電動車 1 両あたりの EDLC 容量は 0.3kWh である。

長期耐久試験の実施に先立ち、営業時間帯での EDLC の動作状態を確認するため、平成 19 年 10 月の昼間に東海道

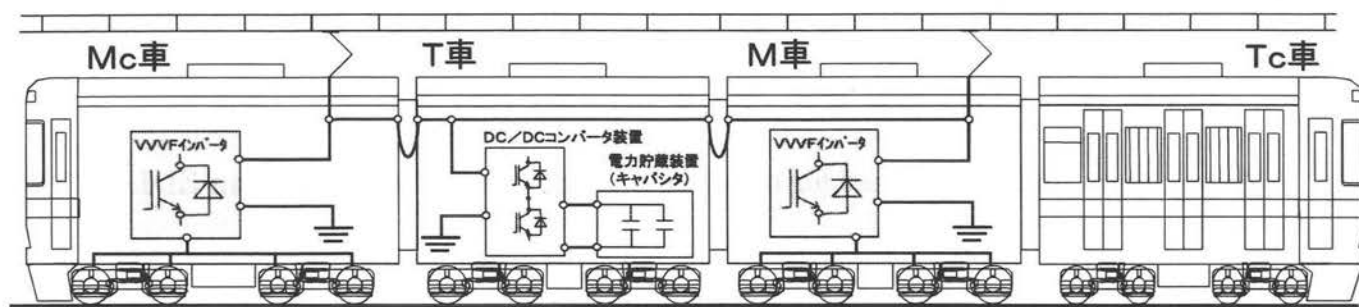


図2 長期耐久試験用電力貯蔵システム概略図 (4両編成)

線名古屋～大垣間2往復の走行試験を実施した。図4に速度120km/hからのブレーキ時における力行電流、回生電流、EDLC充放電電流等の測定結果の一例を示す。図からEDLCへの充電及びEDLCからの放電が計画通りにできていることが確認でき、営業時間帯の走行においてもブレーキ時及び力行時にEDLCが動作することが確認できた。



図3 EDLC (電力貯蔵装置)

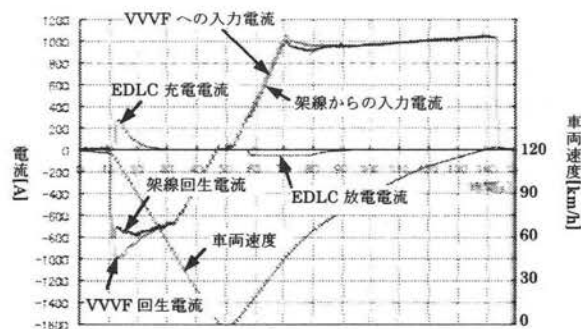


図4 ブレーキ時の電流等測定結果例

3. 長期耐久試験

3.1 概要

EDLCを使用する際に期待される効果や現車での使用条件におけるEDLCの耐久性について、長期間の営業運転を通じて検証するために、平成20年6月より中央本線等にて長期耐久試験を開始した。本試験の目的は、①省エネルギー効果、②機械磨耗の低減、③EDLCの耐久性の3点について検証することであるが、本稿では①のEDLCの省エネルギー効果等について報告する。

3.2 試験結果

(1) 省エネルギー効果

試験開始から約90日間のブレーキ、力行に関する諸電力量について評価した結果、

$$\text{回生率} = \frac{\text{インバータ回生電力量}}{\text{インバータ力行電力量}} = \frac{99,289\text{kWh}}{296,581\text{kWh}} = 33.02\%$$

であった。これに対し、電力貯蔵システムがなかった場合の回生率は、インバータ回生電力量からEDLC充電電力量(5,028kWh)を引き、さらに車両重量(137.86t)から電力貯蔵システム重量(2.25t)の分が減少することを考慮して計算すると、

$$\text{回生率} = \frac{99,289 \times (137.86 - 2.25)}{137.86 - 5,028} \div \frac{296,581 \times (137.86 - 2.25)}{137.86} = 31.75\%$$

となり、回生率で1.27%の上昇に寄与した。

(2) 充放電効率

同様に、試験開始から約90日後の充放電効率は、

$$\frac{\text{放電電力量}}{\text{充電電力量}} = \frac{3,678\text{kWh}}{5,028\text{kWh}} = 73.2\%$$

となり、キャパシタの内部抵抗や充放電時間を考慮すると妥当な値である³⁾。

4. まとめ

営業線においてEDLCを用いた電力貯蔵システムの長期耐久試験を開始して約3ヶ月が経過したが、EDLCにより継続的に回生率が向上されており、省エネルギーに寄与していることが確認できた。今後は省エネルギー効果を継続して確認するだけでなく、車輪等の機械磨耗低減効果やEDLCの耐久性についても検証を進めていく。

参考文献

- 1) 関島康直, 乾正幸, 青山育也, 門田行生: 車両搭載型電気二重層キャパシタによる回生エネルギー吸収の試み, 平成18年度電気学会産業応用部門大会講演論文集(CD-ROM), 1-O5-5, pp. I-125 - I-128.
- 2) 関島康直, 戸田伸一: 車両用EDLC電力貯蔵システムの走行試験, 平成20年度電気学会産業応用部門大会論文集(CD-ROM), 3-21, pp. III-201 - III-203.
- 3) 岡村迪夫: 電気二重層キャパシタと蓄電システム, pp. 13-15, 日刊工業新聞社, 1999.