

S4-4. 軌道系交通システムの架線レス化への取組み

[電] ○森田 克明(三菱重工業) 山下 博(三菱重工業) 西村 悟(三菱重工業)

安原 陽生(三菱重工業) [機] 山口 正博(三菱重工業) [電] 森本 雅之(三菱重工業)

A study on the guideway transportation system without overhead line

Katsuaki Morita (Mitsubishi Heavy Industries), Hiroshi Yamashita (Mitsubishi Heavy Industries), Satoru Nishimura (Mitsubishi Heavy Industries), Akio Yasuhara (Mitsubishi Heavy Industries), Masahiro Yamaguchi (Mitsubishi Heavy Industries), Masayuki Morimoto (Mitsubishi Heavy Industries)

Environmental concerns, energy conservation and short construction period are increasingly requested for the recent guideway transportation systems. To meet these requirement, onboard energy storage device for driving force could take the place of conventional overhead line. This paper describes the outline of vehicle-test-run results of new transportation system using lithium-ion secondary battery as an onboard power supply source. Future possibility of this new system is also discussed.

キーワード：新交通システム、リチウムイオン二次電池

Keywords: New transportation system, Lithium-ion secondary battery

1. はじめに

自動車業界の環境配慮を背景に、急速に蓄電デバイス技術が進展している。軌道系交通システムにおいても環境調和・低環境負荷・短工期などの都市交通ニーズが高まっており二次電池や電気二重層キャパシタ、将来的には燃料電池の適用が検討されるようになった。駆動エネルギー源として蓄電デバイスを搭載することで架線を無くすことができ、軌道の簡素化や都市環境との調和を実現できる。エネルギー密度が大きく、大容量の入出力が可能なリチウムイオン二次電池を搭載した鉄輪の試作車両が公表されている^(1,2)。

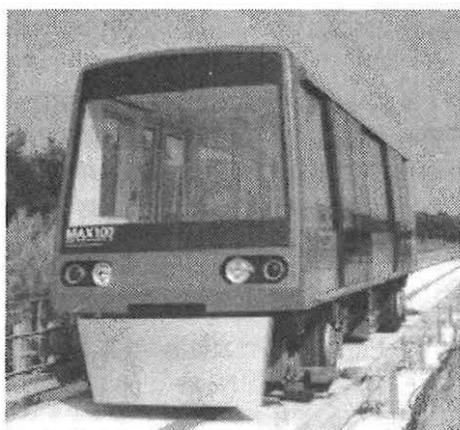


図1 試験車両

本稿では軌道系交通システムの架線レス化の例としてVVVFインバータ駆動のゴムタイヤ車両(図1)にリチウムイオン二次電池を搭載し、電池に充電したエネルギーのみで実車走行を実施した結果を紹介する。

2. 電池駆動試験システム

電池駆動時の基礎特性を把握するために、架線方式の既存試験車両を改造し、実車走行可能な電池駆動システムを試作した。システム構成を図2に示す。リチウムイオン二次電池を搭載し車両主回路に接続することで、架線を使用しないシステムとした。電池への充電は停車中に外部の商用電源から行った。

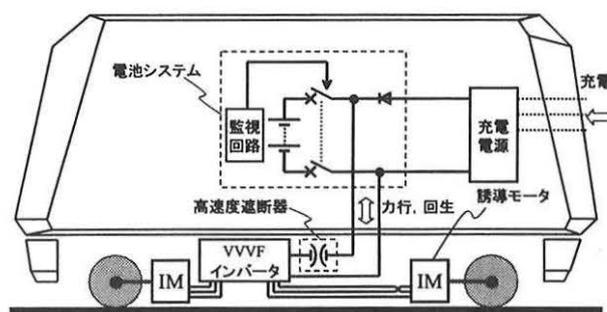


図2 システム構成

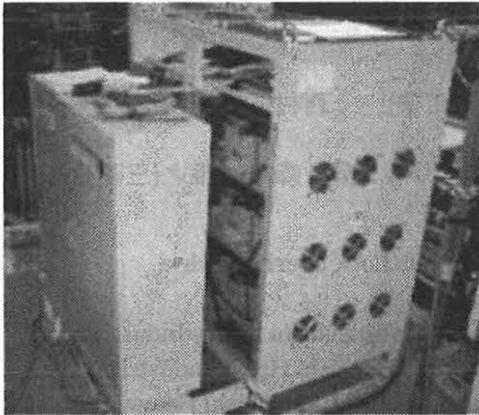


図3 リチウムイオン電池システム

図3にリチウムイオン電池システムを示す。電池システムは床上搭載とし、本体と制御装置で構成している。電池本体には監視回路を設置し、セル単位での過充電や過放電・セル間の電圧ばらつき・電池温度など、異常時には制御装置で自動的に主回路を遮断する機構を設けている。

3. 消費電力特性計算

システム設計のため消費電力特性を事前に評価できるよう、電池駆動車両をモデリングした。

モータ軸における運動方程式は(1)式で表され、モータトルク T_m とモータ軸換算走行抵抗 T_l と車速の関係を導出できる。

$$J \frac{d\omega}{dt} = T_m - T_l \quad (1)$$

ここで、 J はモータ軸換算の慣性モーメント、 ω はモータの回転角速度である。モータ入力側電力は、インバータを含めた直流機モデルとして導出した。これにモータ効率及びインバータ効率を考慮し、(2)式に示す電池モデルと組み合わせることで電池入力電流 I_{dc} 、電池電圧 V_{dc} を計算した。

$$V_{dc} = \int \frac{I_{dc}}{C} dt + I_{dc} R \quad (2)$$

ここで、 R は内部抵抗、 C は静電容量である。導出した電池電力を積算することで消費エネルギー特性を計算できる。

4. 走行試験

構内の試験線にて、架線を使用せず実車走行試験を実施した。図4に代表的な走行データと計算結果を示す。取得した走行データを基に、電池内部抵抗などの計算パラメータを合わせこむことにより、電池駆動車両の消費電力特性を高精度に予測することが可能になった。

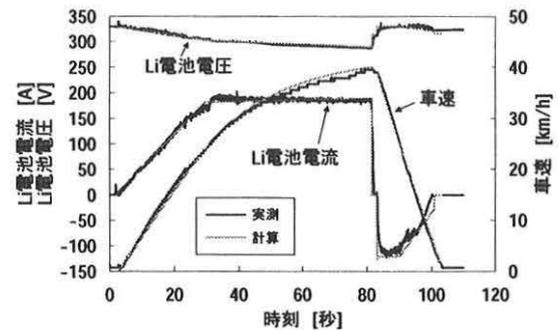


図4 走行データ

5. 実用化に向けて

架線レスシステムの実用化に向けて、車載重量やスペースの制限内での電池システムの実装や寿命の確保が必要である。リチウムイオン電池では、一般に適正な充電状態 (SOC) 範囲を保つこと、すなわち、総エネルギー容量に対し通常使用するエネルギー容量を小さくすることが長寿命化に有効である。また、総エネルギー容量に余裕を持たせることで、非常時の長距離走行や長時間停車も可能となる。図5に実路線を想定した消費電力の計算例を示す。軌道系交通システムでは路線に応じてあらかじめ運行パターンが定まっており、車載重量やスペースの制限内で電池への負担を低減するフレキシブルな充電システムの設計が可能である。

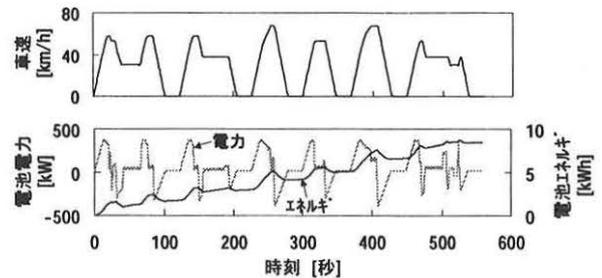


図5 実路線を想定した消費電力計算例

6. おわりに

ゴムタイヤ車両にリチウムイオン電池を搭載し、架線を使用せず電池に充電したエネルギーのみで実車走行を試みた取組みを紹介した。実用化に向け、路線の特徴を生かした柔軟性の高いシステム構築を目指し、事業者・乗客にとって魅力ある新しい軌道系交通システムを提案していきたい。

参考文献

- 1) 小笠：リチウムイオン二次電池の技術と鉄道車両への適用，鉄道車両と技術，No.89，pp.13-20 (2003)
- 2) 大澤、豊田 他：NEトレイン (ハイブリッド方式) の開発，J-Rail 2003 講演論文集，pp.295-298 (2003)