

N700S新幹線車両用バッテリー自走システムの開発

[電] 佐藤 賢司 [電] 福島 隆文 [電] 加藤 宏和

○ [電] 小田 耕太郎 瀬尾 哲平 山崎 実 (東海旅客鉄道株式会社)

Development of Battery Self-Traction System for N700S Shinkansen High Speed Train

Kenji Sato, Takafumi Fukushima, Hirokazu Kato, ○Kotaro Oda
Teppei Seo, Minoru Yamazaki, (Central Japan Railway Company)

In the N700S Shinkansen rolling stock, we achieved weight reduction and compactness of the traction system that increased the flexibility in designing the layout of the underfloor equipment. This flexibility enabled a self-traction battery system, which was developed for traction to use in case of power failure of catenary, to be installed on the Series N700S. The self-traction battery system was verified by conducting running tests and the Series N700S debuted in July, 2020 on its revenue service. In this paper, we introduce the entire batter system and the results of running tests.

キーワード: リチウムイオンバッテリー, 新幹線車両, 安全性, 小型軽量化

Key Words: Li-ion battery, Shinkansen rolling stock, safety, compactness and weight reduction

1. はじめに

東海道新幹線の新型車両 N700S では, 新型半導体である SiC 素子とブローレス CI の冷却方式とを組み合わせ, 更に, 6 極モーターを駆動させることによって大幅な小型軽量化を図り, N700 系に対し, 主回路システムが編成で約 20%の軽量化とそれに伴う小型化を実現した。

近年, リチウムイオンバッテリーをはじめとする蓄電池の進歩は著しく, 自動車ではハイブリッド車や EV で多数のリチウムイオンバッテリーが適用され, 実績を上げている。鉄道車両においてもハイブリッド車両の力行, 回生電力の調整, 非常時走行の電源, 更には, 非電化区間の走行の電源等として活用され, その範囲は広がっている⁽¹⁾⁽²⁾。

N700S では, 主回路システム等の小型化によるスペース活用と軽量化から, リチウムイオンバッテリーを使用した大容量バッテリー装置の搭載を可能とし, そのエネルギーで走行するシステムを開発した。これは高速鉄道で世界初のシステムであり, 長時間の停電が発生する場合に東海道新幹線区間のトンネルや橋りょう等を避けてお客様の避難が容易な場所への自力走行が可能となる。

2. バッテリーの選定

バッテリーにはリチウムイオンバッテリーを採用した。今回適用したものは, 自動車等で使用実績のあるバッテリーの中

で, 安全性を最優先とした。内部短絡を物性的に防止でき, 万が一, 異物混入等で内部短絡を起こしても穏やかな放電反応となるものとして, 負極にチタン酸リチウムを使用したバッテリーを選定した。

3. バッテリー自走システムの開発

N700S のバッテリー自走システムのコンセプトは, 下記の通りであり, これらを基に開発を行った。

- ① 高速走行性能を確保するため, 高速走行用に最適化された性能及び主回路システムは基本的に変更しない。
- ② 安全性及び信頼性確保のため, バッテリー選定や周辺回路での保護検知, 保護機能を確立する。
- ③ 床下の空きスペースが少ないため, 小型軽量化をする。
- ④ バッテリー電源の有効活用として, 非常時の自走に加えて普段の走行においてもメリットを出す。

N700S のバッテリー自走システムは, 通常走行では主変圧器から静止形変換装置を介してバッテリーに電力を充電する。長時間の停電が発生した時には, 充電されたバッテリーから主変換装置を介しモーターに電力を供給するとともに, モーターを冷却するためのブロー及びブレーキ等の動作時に使用する空気を供給するコンプレッサ (以下, コン

ブという)へ電力を供給し、架線の電力を使用せずに時速30km/hで自力走行するシステムである。バッテリー自走システムの回路構成を図1に示す。

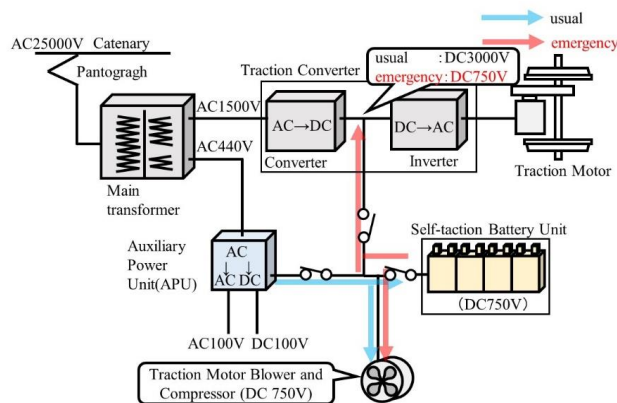


図1 バッテリー自走システム回路構成

4. バッテリー自走システムの安全性⁽³⁾

バッテリーモジュールには内部の各セルの電圧、温度等を監視するCMU（セルモニタリングユニット）を搭載し、自走用バッテリー装置に搭載している24台のモジュール全てを監視する装置として、BMU（バッテリーマネジメントユニット）を搭載している（図2参照）。

それに加え、本装置ではバッテリー制御装置で外部機器の状態（各接触器等）を監視し、異常検知すると接触器（BLB）を開放し、バッテリーを保護するようにした。更に、異常時の確実な安全性確保のため、BMUと制御装置は互いに状態を監視する構成とし、どちらか一方が異常となった場合、もう一方でBLBを開放する2重系とした。

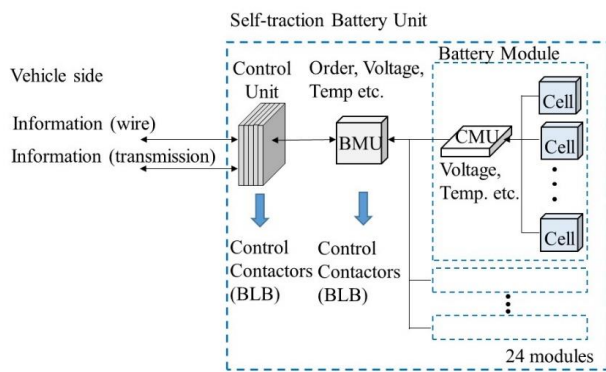


図2 安全性に配慮したシステム構成

5. 自走試験

N700S 確認試験車による自走試験は、2018年9月に浜松工場構内で、自走用バッテリー装置を2両に搭載し、構内の最高速度約5km/hでの走行を実施した。続いて、2019年7月に三島車両所構内で、自走用バッテリー装置を4両に拡大搭載し、最高速度約30km/hでの走行を実施した後、本線（浜松～静岡）において、自走試験を行った。本線での試験条件を表1に示す。

表1 試験条件

試番	試験条件	自走条件
1	自走バッテリー残量「0」まで走行	速度 25km/h～28km/h
2	同上	速度 28km/h（等速）

試番2の結果を図3に示す。コンプレッサー稼働により自走バッテリーからコンプレッサへ電力が供給された後、起動時の最大トルク出力により、0km/hから3km/hにてバッテリー電流値が大きく増加し、3km/hを超えると、バッテリー出力が一定となる特性領域となる。その後、速度28km/hを維持するために力行ノッチやブレーキ扱いによるコンプレッサ動作等により、バッテリー電流の増減を繰り返す。走行の後半部分ではバッテリー電圧の低下によりバッテリー電流が徐々に増加する傾向を示している。また、バッテリー電流がゼロにならないのは、コンプレッサ及びMMBM動作による。線形を考慮して惰行を加え、ブレーキ操作を少なくして空気消費量を減らす等の走行パターンにより、電力消費の比較的大きいコンプレッサの動作を抑えることで、バッテリー消費は低減できると言える。

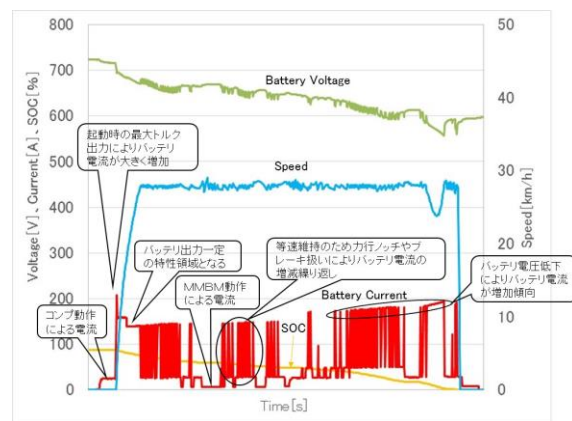


図3 自走試験結果

6. まとめ

N700Sでは、SiC素子を主回路システムに適用することで小型軽量化を図り、その生み出した重量、スペースを活用し、バッテリーによる自走システムを開発した。現車による本線自走走行試験においては、自走システムが設計通りに動作していることを確認した。これにより、東海道新幹線区間のトンネルや橋りょう等を避けてお客様の避難が容易な場所への自力走行が可能となり、更なる安全性・安定性の向上に繋がる。この成果は2020年7月にデビューしたN700S量産車で実用化した。

参考文献

- 1) 廣田航介：SiCを用いた鉄道車両向け車上蓄電システム、東芝レビュー、Vol.71, No.4, 2016
- 2) 畠田憲司：BEC819系交流架線式蓄電池電車の量産開発について、鉄道車両工業 481号, 2017.1
- 3) 佐藤賢司, 加藤宏和：高速車両でのバッテリー自走システムについて、電気学会産業応用部門大会, 5-78, V429-434, 2019