

航空機向けリチウムイオンバッテリー用 地上支援装置 "BHDU3924 Type GSE" の開発

Development of Ground Support Equipment "BHDU3924" for Lithium-ion Aircraft Battery

内堀卓治* 向井寛* 小西大助**
吉田浩明*** 園田輝男** 武田浩一***

Takuji Uchibori Hiroshi Mukai Daisuke Konishi
Hiroaki Yoshida Teruo Sonoda Koichi Takeda

Abstract

GS Yuasa Technology Ltd. is providing Li-ion battery "LVP65-8" for the next generation aircraft "Boeing 787". GS Yuasa Technology has also developed GSE (ground support equipment) "BHDU3924" for airlines' battery maintenance. This equipment is applicable for on- and off-board uses. One of its functions is initial check test on the state of battery such as voltage, temperature, and other output signals. The other functions are charging, discharging, capacity check test, and SOC adjustment for storage. The GSE is proved to be operable securely and easily for battery maintenance by various verification tests.

Key words: GSE; Aircraft battery; APU; BMU

1 はじめに

ボーイング社が開発している次世代中型ジェット旅客機 787 型機は 2011 年第 3 四半期に航空会社への納入が開始される予定である。787 型機は、エンジンの改良・機体の軽量化・電化の推進等により燃料効率を向上させて、中型機でありながら大型機なみの航続距離を実現したといわれている。

(株)ジーエス・ユアサ テクノロジーは、当旅客機に

* (株)ジーエス・ユアサ テクノロジー 事業推進部

** リチウムイオン電池事業部 開発本部

*** (株)ジーエス・ユアサ テクノロジー

特殊・リチウム電池本部

用いられるメインバッテリーおよび APU (補助動力装置) バッテリーとして、リチウムイオン電池 "LVP65-8"¹⁾ を供給している。この電池は航空会社等によりメンテナンスがおこなわれるが、メンテナンスの均一性や容易さのために専用の GSE (地上支援装置) が必要となる。そこで、本装置の開発を実施した。

電池のメンテナンス装置に必要な機能は、電池電圧・電流・温度の計測、電池に内蔵された BMU (電池監視装置) の信号状態の検知、および電池の充放電である。今回、本装置の機能の詳細や特長などについて報告する。

2 装置の概要

2.1 外観

Fig. 1 に本装置の外観写真を示す。操作および表示用パネルは上面部の前側に配置され、右側面にはファンや付属ケーブル接続用コネクタを配置している。また、電池接続用のケーブルは本装置の下部に収納されている。

本体の外形寸法は、386.7 (W) × 422.6 (H) × 235.8 (D) mm (ハンドルや脚や突起物を含まず) である。本体質量は、12.5 kg (付属ケーブルを含まず) である。したがって、本装置は航空機の機内の通路をおとなが片手で持ち運ぶことが可能である。

2.2 機能

本装置は、外部電源なしで「オンボード」(航空機機内用)として、また、DC電源と組み合わせて「オフボード」(メンテナンスショップ用)としても使用することが可能である。

本装置は初期確認テスト、充電、放電、容量確認テスト、SOC (充電レベル) 調整の5つの試験機能を有する。「オンボード」、「オフボード」それぞれのモードにおける適用可能な機能について、Table 1 に示す。

なお、「初期確認テスト」は、本装置からメンテナンス対象の電池の電圧や温度を計測し、また、電池に



Fig. 1 External appearance of GSE "BH DU3924" for lithium-ion aircraft battery.

内蔵されたBMUを起動させて、BMUによる電池の自己診断結果を確認するものである。SOCは電池の残容量を指す。上記の試験中の電池電圧や電流などのデータは本装置内に保存され、パーソナルコンピュータにデータを取り込むことが可能である。

2.3 構成

本装置は、Fig. 2のブロック図に示すように、制御基板、操作スイッチ、表示用LED、ディスプレイ、充電リレー、放電リレー、放電用抵抗、冷却ファン、パワーケーブル、信号ケーブルなどからなる。操作スイッチ・表示用LED・ディスプレイの外観をFig. 3に、主要部品の機能について、以下に示す。

制御基板：電池の信号の入出力、電圧・電流・温度の計測、充放電・冷却・表示の制御をおこなう。

パワーケーブル：電池の充放電電流を流す。

信号ケーブル：電池の信号の入出力をおこなう。

操作スイッチ：試験の開始や停止の操作をおこなう。

表示用LED：電池の出力信号の状態などの表示をおこなう。

Table 1 Functions of GSE "BH DU3924" for lithium-ion aircraft battery maintenance.

Functions	On-board	Off-board
Initial check test	Available	Available
Charge	Not available	Available
Discharge	Available	Available
Capacity check test	Available for discharge	Available
SOC adjustment (Storage)	Available for discharge	Available

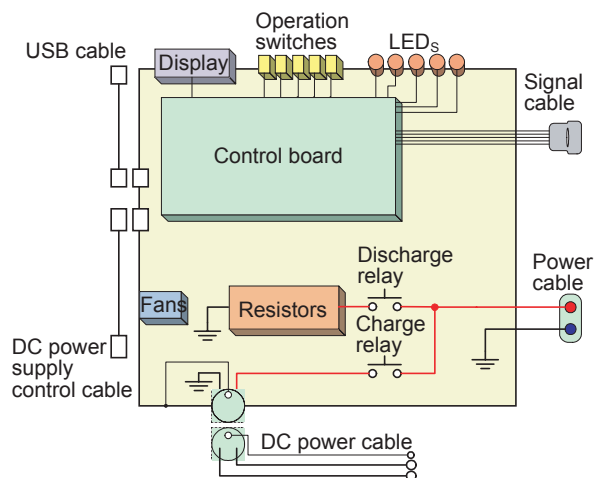


Fig. 2 Block diagram of GSE "BH DU3924" for lithium-ion aircraft battery maintenance.

ディスプレイ：電圧・電流・温度などの情報を表示する。

充電リレー：充電回路と電池との接続と遮断をおこなう。

放電リレー：放電回路と電池との接続と遮断をおこなう。

放電抵抗：電池の放電をおこなう。

冷却ファン：放電抵抗などの発熱部品を冷却する。

DC電源ケーブル：オフボードで、外部電源から本装置に電流を供給する。

DC電源制御ケーブル：オフボードで、本装置から外部電源を制御する。

USBケーブル：試験データをコンピューターにダウンロードするとき使用する。

2.4 電気特性

2.4.1 計測精度

本装置による電圧・電流・温度の計測精度を Table 2 に示す。

2.4.2 充放電設定仕様

本装置は、オフボードでは指定の DC 電源を組み合わせて電池を充電することが可能である。また、本装置はオンボード、オフボードともに内蔵の抵抗にて電池を放電させることができる。本装置による充放電の設定仕様は Table 3 に示すとおりである。

2.5 保護機能

本装置には、充電リレー、放電リレー、ヒューズを

内蔵している。本装置は、電池の電圧異常、電池および本装置内部の温度異常、充放電の異常、電池の BMU 信号の異常を監視し、異常検出時は必要に応じてリレーを開いて充放電を停止させ、本装置と電池を保護する。短絡電流のような極めて過大な電流に対してはヒューズによって保護している。

また、本装置は検出した異常の原因に応じてエラーコードを選定し、ディスプレイに表示し、試験結果データに保存する。このエラーコードを確認することにより、異常が電池側あるいは本装置側のどのような原因によるものかをスムーズに確認することができ、メンテナンス性の向上に役立つ。

3 評価試験

本装置の開発にあたっては、つぎの Table 4 に示すように、動作や性能の確認試験、温湿度や振動・衝撃といった環境試験、および EMC（電磁両立性）試験などの評価を実施した。

動作性能確認試験においては、DC 電源と電子負荷を組み合わせる試験をおこない、本装置の各試験機能における動作の流れを確認するとともに、DC 電源および電子負荷にて模擬された電池電圧の変化にともなう充放電電流の変化を確認した。

さらに、電池を組み合わせる本装置による充電や放電などの各試験機能の動作確認試験をおこなった。ここで、電池電圧や電流など本装置に保存されるログ

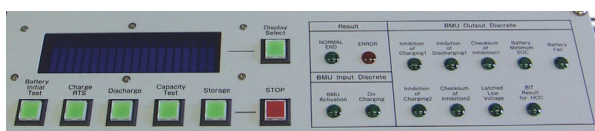


Fig. 3 External appearance of display-operation panel attached to GSE "BHDU3924" for lithium-ion aircraft battery maintenance.

Table 2 Measurement accuracy of GSE "BHDU3924" for lithium-ion aircraft battery maintenance.

Items	Accuracy	Remarks
Battery voltage	+/- 30 mV	-
Battery current	+/- 1 A	-
Battery temperature	+/- 3 deg C	At 25 deg C

Table 3 Charge and discharge setting specifications of GSE "BHDU3924" for lithium-ion aircraft battery maintenance.

Items	Value	Applicable functions
Charge voltage	32.2 V	Charging and capacity check test
Charge current	50 A	Charging, capacity check test, and SOC adjustment
Cut-off current of charge	Less than or equal to 6 A	Charging and capacity check test
Discharge current	Approx. 50 A (Constant resistance)	Discharging, capacity check test, and SOC adjustment
Cut-off voltage of discharge	22.0 V	Discharging and capacity check test
Cut-off voltage of charge	30.0 V	SOC adjustment (Charge)
Cut-off voltage of discharge	29.6 V	SOC adjustment (Discharge)

Table 4 Verification test items of GSE "BH DU3924" for lithium-ion aircraft battery maintenance.

Test items	Contents
Measurement accuracy	For detection of voltage, current, and temperature
Operation	In each mode
Safety function	For voltage, current, and temperature
Power consumption	In each operation mode
Insulation	Between chassis and terminals
Temperature	Operation in high and low temperature environments
Humidity	Operation in high humidity environment
Transportation vibration	ASTM D4169
Packaging drop	ISTA 2A
Corner drop	IEC 61010-1
EMC	CE marking (EMC directive), FCC Part 15 class A

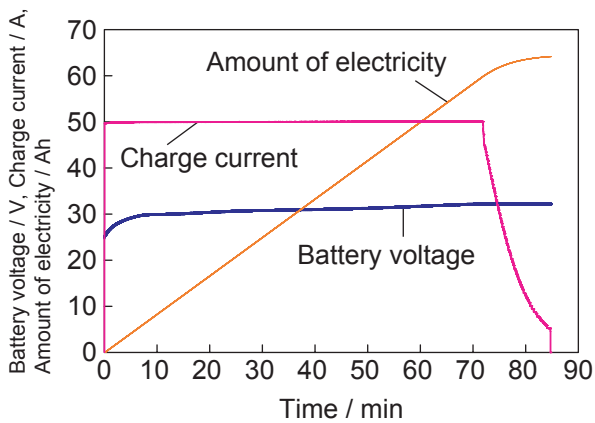


Fig. 4 Representative charge characteristics of lithium-ion battery "LVP65-8" under charge function of GSE "BH DU3924". The battery was charged at constant current of 50 A followed by constant voltage of 32.2 V.

データから電池電圧や充放電電流の変化を確認した。

EMC (電磁両立性) 試験については、CE マーキングの EMC 指令に関するエミッション (放射) 試験とイミュニティ (耐性) 試験、および FCC class A に関するエミッション試験を実施した。

温湿度や振動・衝撃といった環境試験は、本装置の使用条件を考慮した厳しい条件を設定して評価した。

4 試験の結果と考察

4.1 動作性能確認

本装置と実際の電池 "LVP65-8" とを組合せて、動作性能確認試験をおこなった。

Fig. 4 は、電池の代表的な充電特性を示す。電池電

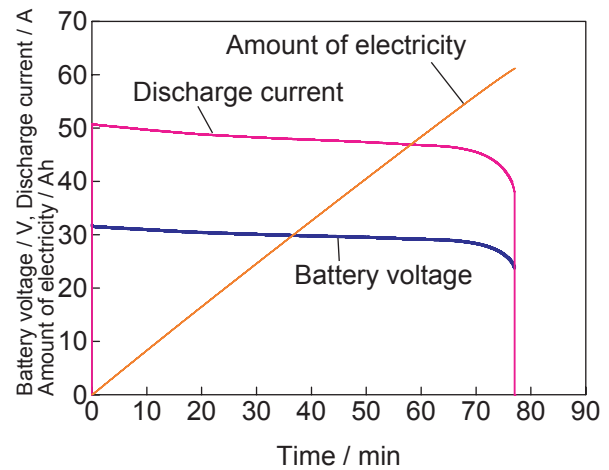


Fig. 5 Representative discharge characteristics of lithium-ion battery "LVP65-8" under discharge function of GSE "BH DU3924". The battery was discharged at approx. 50 A with constant resistance.

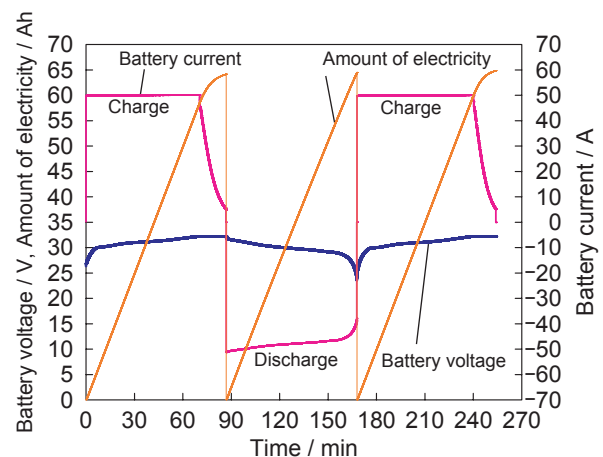


Fig. 6 Representative charge and discharge characteristics of lithium-ion battery "LVP65-8" under capacity check test function of battery GSE "BH DU3924". The battery was discharged to 22.0 V at constant resistance after fully charged at constant current followed by constant voltage for capacity check and then fully recharged.

圧 32.2 V 未満では電流は 50 A を維持し、電池電圧が 32.2 V に到達すると電流が垂下する CCCV (定電流・定電圧) 特性が確認できた。

Fig. 5 は、電池の代表的な放電特性を示す。放電開始時に 50 A 強あった電流値が電池電圧が低下するのにもなって低下する CR (定抵抗) 放電特性が確認できた。

Fig. 6 は、容量試験における電池の代表的な充放電特性を示す。本装置は、まず充電により電池を完全充

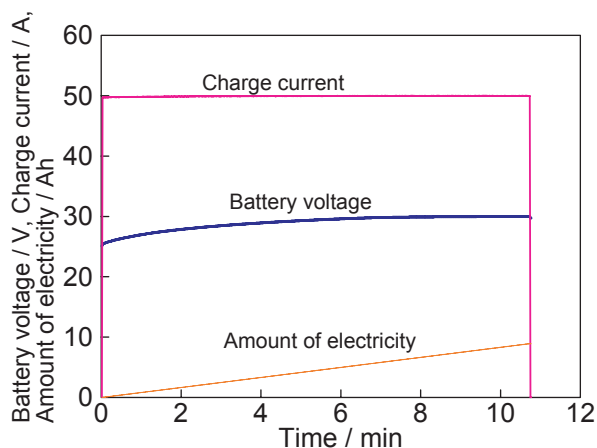


Fig. 7 Representative charge characteristics of lithium-ion battery "LVP65-8" under SOC adjustment function of battery GSE "BH DU3924". The battery was charged to 30.0 V at constant current of 50 A.

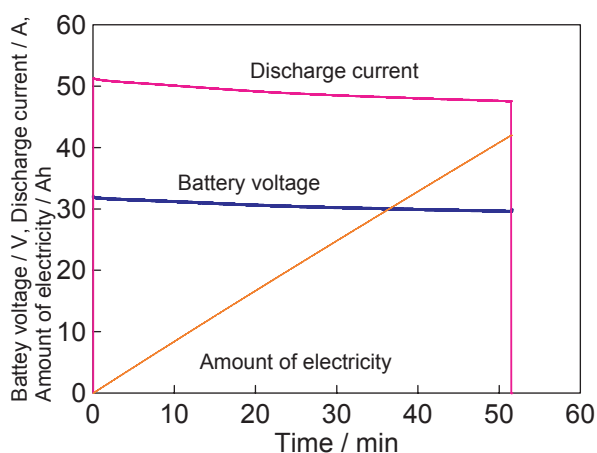


Fig. 8 Representative discharge characteristics of lithium-ion battery "LVP65-8" under SOC adjustment function of battery GSE "BH DU3924". The battery was discharged to 29.6 V at approx. 50 A with constant resistance.

電状態にしてから放電を開始して電池容量を算出し、最後に電池を完全充電して終了するという正規の動作をおこなうことができた。また、充電時は CCCV 特性を、放電時は CR 特性を示していることが確認できた。

Fig. 7 は、SOC 調整（充電）における代表的な充電特性を示す。CC（定電流）特性での充電開始後、電池電圧が 30.0 V に到達して充電が終了することが確認できた。

Fig. 8 は、SOC 調整（放電）における代表的な放電



Fig. 9 Experimental scenery of electrostatic discharge in EMC tests for GSE "BH DU3924".

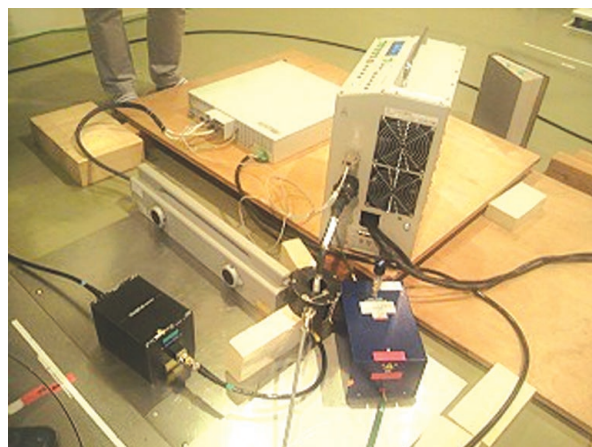


Fig. 10 Experimental scenery of conducted disturbances in EMC tests for GSE "BH DU3924".

特性を示す。CR 特性での放電開始後、電池電圧が 29.6 V に到達して放電が終了することが確認できた。

以上のとおり、充放電に関する各試験機能について、電池との組合せで本装置が正規の手順で動作し、充放電特性も適正であることが確認できた。

4.2 EMC 試験

EMC（電磁両立性）試験については、CE マーキングの EMC 指令に関するエミッション（放射）試験とイミュニティ（耐性）試験、および FCC class A に関するエミッション試験を実施し、本装置はこれらのすべての試験について異常なく完了している。その結果により、CE マーキングおよび FCC クラス A 適合の自己宣言を実施している。

Fig. 9 は静電気試験、Fig. 10 は伝導妨害試験の様子を示す。

4.3 温湿度・振動・衝撃等の環境試験

温湿度や振動・衝撃といった環境条件などの評価を実施した。その結果、Table 4に示すすべての試験項目について基準値を満たしており、その設計の妥当性を確認することができた。

5 むすび

本装置および指定のDC電源を使用することによって、大がかりな充放電設備や電池信号のモニター装置を用意することなく、対象の航空機用電池の点検作業を安全かつ容易におこなうことが可能となった。また、電池の故障の確認だけでなく、電池容量の確認や

SOC調整も簡単な操作で確実に実施することが可能である。

今後、世界各地の航空会社においてボーイング787型旅客機が導入されるのにもない、本装置が用いられることになる。本装置により、安全で簡便に当該電池のメンテナンスがおこなわれること、そして安全かつ円滑な航空機の運用がおこなわれることを期待する。

文 献

- 1) Junya Ueda, Yoshitaka Ishida, Takahiro Shizuki, and Teruo Sonoda, *GS Yuasa Technical Report*, 7 (1), 14 (2010).