

大形リチウムイオン電池用急速充電装置の開発

Development of Boost Charger System for Large-Scale Lithium-Ion Battery

松川和也* 林田哲也* 大芝正嗣* 松本貴文*
道永勝久* 多田幸生* 石本孔律* 山本利男*

Kazuya Matsukawa Tetsuya Hayashida Masashi Ohshiba Takafumi Matsumoto
Katsuhisa Michinaga Yukio Tada Yoshinori Ishimoto Toshio Yamamoto

Abstract

Lithium-ion battery is going to be substituted for the existing batteries carried in the automated guided vehicle because of its superior high rate charge and discharge performances. The charger is now needed to adapt the larger charging current for its application. A boost charger system for large-scale lithium-ion battery has been successfully developed to meet the large-sized system for automated guided vehicles. The application of larger charging current was attained by the development of forced-air-cooled switching power supply unit with high power factor. Moreover, this charger system has an easy maintenance-ability with the high function combining the communication management unit with the power supply unit. This system is expected to have a matching ability sufficiently enough to cover the further extension of demands.

Key words: Boost charger system; Large-scale lithium-ion battery; Automated guided vehicles

1 まえがき

我々はさまざまなフィールドで時代のニーズに応え、蓄電池や電源を開発・商品化してきた。その一つに、搬送システム用の蓄電池と充電器がある。蓄電池は搬送車の動力源となり、充電器は停止中の搬送車に対して急速に充電する役割を担っている。この十数年、液晶などに見られるように、搬送対象物は世代ごとに大きく重くなってきている。そのために、蓄電池は、かつて使用されてきたアルカリ電池よりも高率充放電が可能なりチウムイオン電池が、今後の主流になってい

くものと考えられる。その充電器としては、電池を急速に充電できる大容量のもので、かつ小形品が求められる。

今回これらの要求を満足させる充電器として、長寿命のファンを搭載した大容量小形強制空冷方式、さらに省保守・高機能の長所を有するスイッチング充電器を開発したので紹介する。

2 充電器開発のねらい

リチウムイオン電池はエネルギー密度が高いために、小形軽量であり、メモリー効果もなく、搬送システムとしては最適なものである。当社はいち早く自動

* (株) ジーエス・ユアサパワーサプライ 開発部

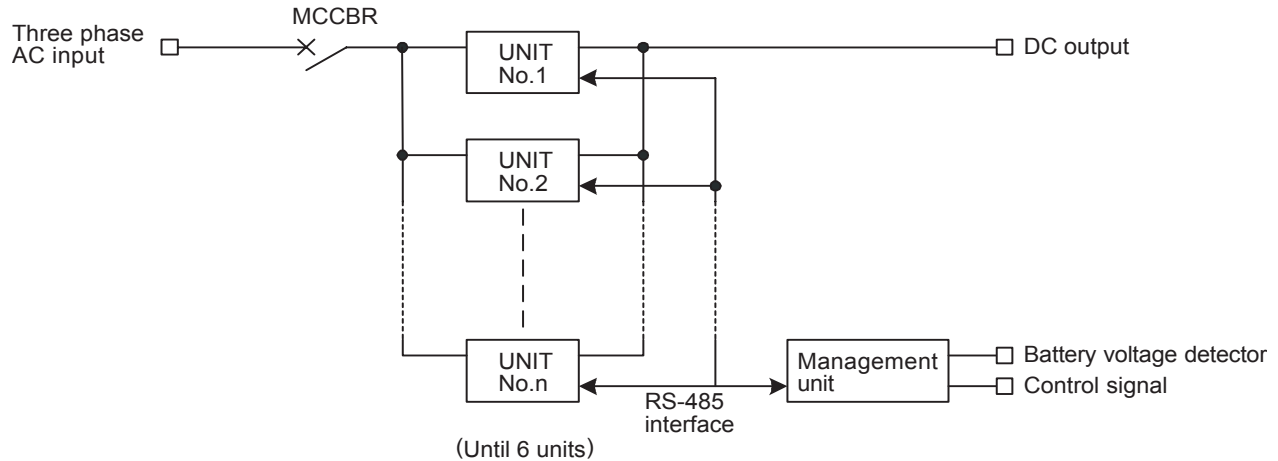


Fig. 1 Typical system diagram for newly developed charger.

搬送システム用として、リチウムイオン電池とその専用充電器を販売してきた。

しかしながら、近年の搬送システムの大型化にともない、さらなる大容量の蓄電池と充電器が必要となっている。蓄電池は並列に接続することによって容量を増やすことができるが、充電器は警報監視や充電制御をとまなうため容易に容量を増やすことはできない。また、充電器が故障すると搬送システムが停止するので、復旧時間を短縮できる構成のものが望まれている。これらの要望に応じるため、電源部は強制空冷式を採用し小形のユニット形にすること、管理部はその電源ユニットと電池の情報を一括管理して高機能にすることを開発コンセプトとして取り組んだ。

3 充電器の概要

3.1 システム回路構成

今回、開発した自動搬送車用リチウムイオン電池充電器の代表的なシステム構成を Fig. 1 に示す。そのシステムは 70 V 80 A 出力の電源ユニット "SU-H-T7080" (最大 6 台まで接続可能) と充電器システムを管理する管理装置 "SRA-AGV"、入力ブレーカーおよび入出力端子台などで構成される。管理装置は装置各部の計測値表示やシーケンス・警報処理だけではなく、電源ユニットとデータ通信をおこない、電源ユニットの情報収集と運転・停止や充電電流の制御をできるようにしている。

従来のサイリスタ充電器 "QD-32-48-240 (3.0C)-1" の電源システムでは、単機システムが一般的に用いられる。今回開発したスイッチング充電器は、電源ユニットを複数機並列に接続するのでサイリスタ充電器と比

べ、つぎのような特長を有している。

- (1) リチウムイオン電池の容量や充電時間に合わせ、任意の台数を並列接続して容易に充電器容量を拡大することができる。
- (2) ユニット単位での増設が可能で、初期の設備コストを最小限に押さえられるために、経済的なシステムが実現できる。
- (3) ユニット単位での保守・交換が可能であるために、故障時の復旧時間の短縮・メンテナンス性の向上に寄与している。

3.2 システム構造

Fig. 2 に電源ユニットを 3 台実装したシステム



Fig. 2 Outside view for newly developed charger system "QCL-48-240-1".

"QCL-48-240-1"の写真を示す。前面には通常のメンテナンス処理をおこなえるように管理装置・入力ブレーカーを配置しており、ユニットは背面より増設・保守ができる。

搬送システムが運用されるクリーンルームを考慮し、背面吸気・底面排気の構造としている。吸気口には防塵フィルターの取り付けも可能である。また、充電器は搬送システムを導入する工場のレイアウト変更に対応できるようキャスターを取り付けており、自由

に移設ができるようにしている。

3.3 システム仕様

今回開発した充電器の仕様を Table 1 に示す。また、その機能一覧をまとめて Table 2 に示す。

4 電源ユニットの特長

電源ユニットとして、リチウムイオン電池の充電を考慮し、出力電圧が最大 70 V、出力電流が 80 A のも

Table 1 Specifications of newly developed charger system "QCL-48-240-1".

Items	Specifications	Notes	
System	Conversion	Three phase power-factor correction converter + DC/DC converter	
	Cooling	Forced-air cooling	
	Rating	100% continuation	
AC input	Phase	Three phases-three lines	
	Voltage	200 V or 210 V or 220 V \pm 10%	
	Frequency	50 or 60 Hz \pm 5%	
	Input current	Max. 60 A	
	Input capacity	Approx. 18 kVA	Typical value
	Power factor	98% min.	At rated input/maximum output
	Efficiency	88% min.	At rated input/maximum output
DC output	Rated charge voltage	65 V	Maximum voltage 70 V
	First-charge current	240 A	
	Second-charge current	160 A	
	Accuracy of output constant current	Within \pm 5%	
Others	Operating temperature	-10 ~ 40 °C	
	Humidity	30 ~ 85%	Without condensation
	Insulation resistance	Min. 5 M Ω	At DC 500 V megger
	Withstand voltage	AC 2000 V 1 min. (AC - FG)	
		AC 2000 V 1 min. (AC - DC)	
		AC 500 V 1 min. (DC - FG)	
	Dimensions	W 540 \times H 900 \times D 600 mm	Except projected parts
Mass	Approx. 150 kg		

Table 2 Function lists of management unit "SRA-AGV".

Functions	Items	
Operation switch	Measurement, Alarm restoration, ▲, ▼	
Stated-display light	AC receive, Charging, Full Charge, Alarm, Checking	
Numeric display	Measurement	Charger output voltage, Charger output current, Battery voltage, AC input voltage, Output voltage of power supply units, Output current of power supply units
		Alarm
	History	
	Setup	Power supply unit number, Maximum charging time, Alarm setting voltage for battery, The first value of constant current charge, The second value of constant current charge
External output signal	Alarm, Joint failures, Charging, Full Charge	

のを開発した。Fig. 3に主回路構成を示す¹⁾。主回路は2コンバータ方式を採用し、前段が高力率AC/DCコンバータ、後段がDC/DCコンバータである。電源ユニットの外観をFig. 4に示す。

4.1 高力率AC/DCコンバータ

高力率AC/DCコンバータは三相200V系の交流入力電力を約360Vの直流電力に変換するものである。入力電流波形を入力電圧に同期した正弦波に制御して、力率をほぼ100%にするとともに、直流電力の定電圧制御も同時におこなっている。

4.2 DC/DCコンバータ

DC/DCコンバータは70V 80Aの直流電力に変換するもので、直流出力70V 40AのDC/DCコンバータを並列接続している。変換方式にはフルブリッジ構

成の位相差制御方式コンバータで、MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) の出力容量と共振リアクトルLp1(Lp2)との共振現象により、零電圧スイッチング(ZVS: Zero Voltage Switching)を実現することで高効率化をはかっている。

4.3 その他の特長および特性

制御回路にはワンチップRISC (Reduced Instruction Set Computer) マイコンによるデジタル制御方式を採用している。マイコンは、主回路の制御をおこなうと同時にRS-485インターフェース経由で管理装置とデータ通信をおこなっている。

本ユニットは長寿命ファンを用いた強制空冷式を採用することで、部品の小形化をはかり、構成部品をプリント基板実装とし構造を簡略化することで、小

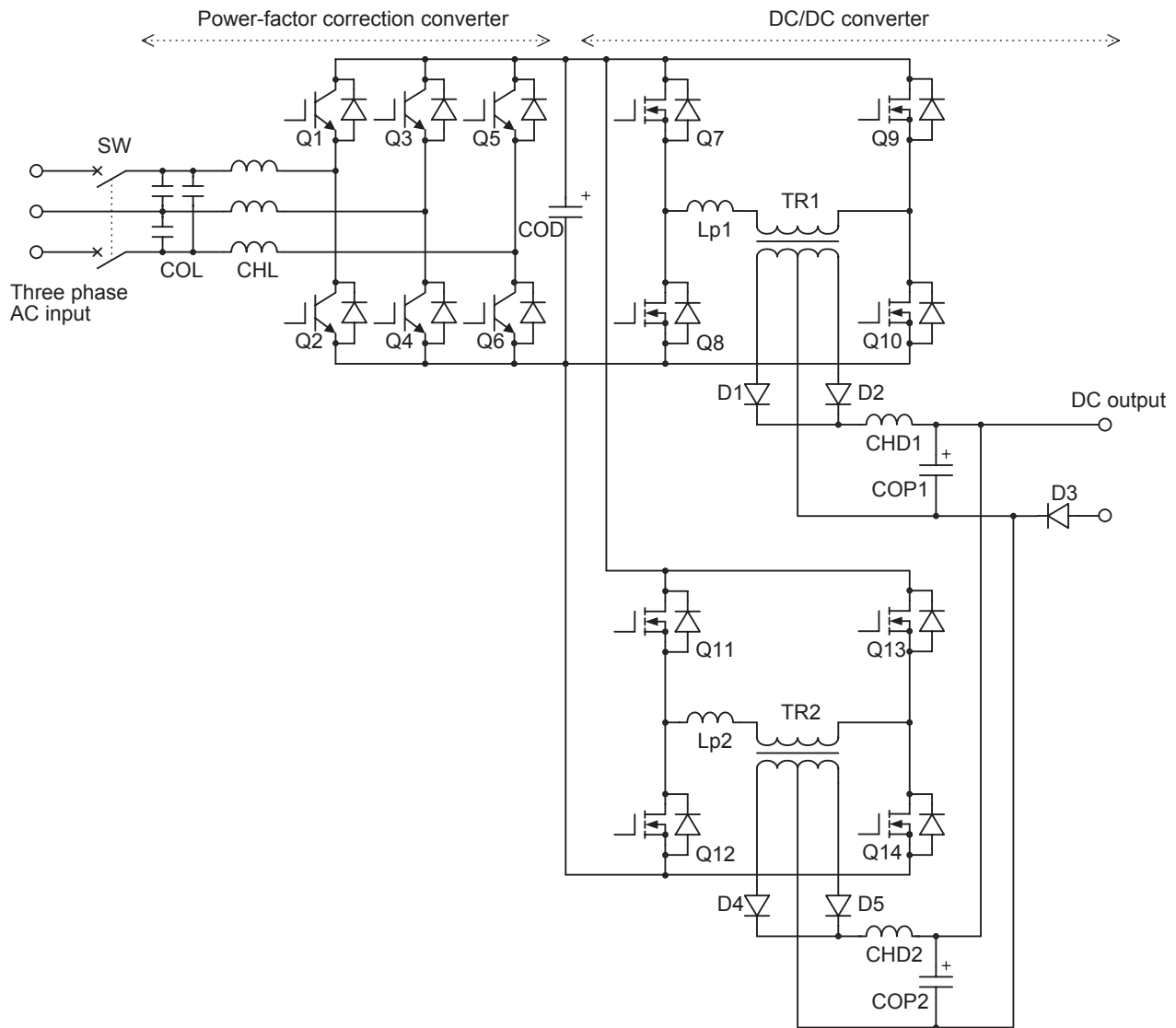


Fig. 3 Main circuit diagram for newly developed power supply unit "SU-H-T7080".

形軽量化と低コスト化を実現している。開発した電源ユニットの効率特性を Fig. 5 に、力率特性を Fig. 6 に示す。入力 200 V、出力 70 V 80 A において効率は 92.6%、力率 99.6% といずれも良好な特性が得られた。

5 管理装置の特長

5.1 充電制御

セル電圧などの電池の情報は、モジュール電池に搭載された BMU (Battery Management Unit)²⁾ で収集し、その装置と充電器の間で多くの信号の受け渡しをすることにより充電制御をおこなう。その充電器は電池を短時間で確実に満充電にするための二段定電流充電をおこなう。初期電流値にて定電流急速充電し、セル電圧が満充電付近に到達すると電流を減少させ、終了電圧に到達すると充電を完了する。

5.2 状態・警報監視

管理装置の外観を Fig. 7 に示す。受電・充電・故障状態が一目でわかる LED 表示や、キー操作により各種電圧・電流を数値表示できる。警報については Table 2 に示す項目を監視している。いずれかを検出すると、警報内容をコード表示し、故障 LED を点灯させ、充電を停止する。警報には自己保持機能があるので、人為的な操作にて復帰させないと、再充電できないようにしている。また、この警報内容を履歴とし



Fig. 4 Outside view for newly developed power supply unit "SU-H-T7080".

てメモリーに記録保存し、画面操作にて表示する機能を持っている。その件数は最大 60 件保存できる。これら多種の状態・警報監視により、過充電・過放電などによる電池の性能劣化を防止し、保守も容易にできる。

5.3 電源ユニットとの通信

本管理装置は電源ユニットと RS-485 による通信をおこなっている。電源ユニットへの送信項目としては、運転・停止の情報だけではなく出力電流の指令値（設

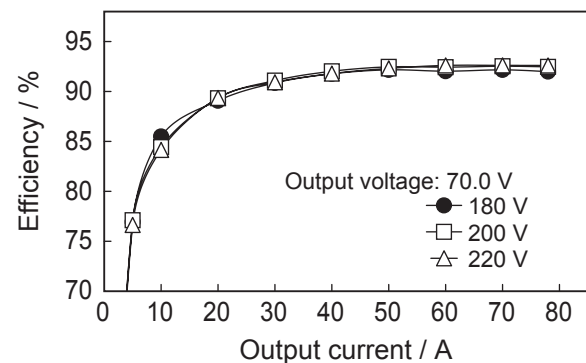


Fig. 5 Efficiency for newly developed power supply unit "SU-H-T7080".

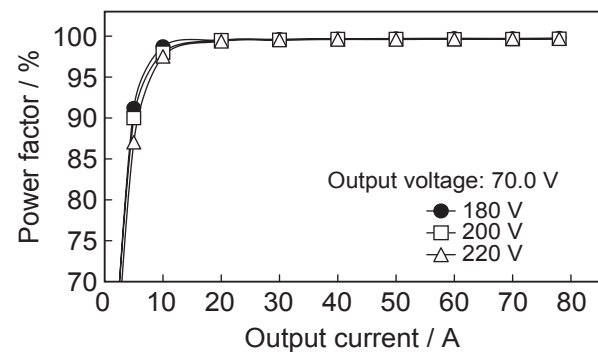


Fig. 6 Power factor for newly developed power supply unit "SU-H-T7080".



Fig. 7 Outside view for newly developed management unit "SRA-AGV".

Table 3 Comparison between newly developed charger “QCL-48-240-1” and thyristor charger “QD32-48-240 (3.0C) -1”.

Items	QCL-48-240-1	QD32-48-240 (3.0C) -1
Conversion	Three phase power-factor correction converter + DC/DC converter	Three phase full wave rectifier
System component	Three units in parallel	Single system
Phase	Three phases-three lines	Three phases-three lines
Input voltage	200 V or 210 V or 220 V \pm 10%	200 V or 210 V or 220 V \pm 10%
Input current	Max. 60 A	Max. 90 A
Input capacity	Approx. 18 kVA	Approx. 28 kVA
Power factor	98% min.	75% min.
Efficiency	88% min.	75% min.
Rated charge voltage	65 V	65 V
First-charge current	240 A	240 A
Second-charge current	160 A	160 A
Dimensions	W 540 \times H 900 \times D 600 mm	W 600 \times H 1360 \times D 550 mm
Mass	Approx. 150 kg	Approx. 300 kg

定値)も送信している。出力電流は、管理装置に保持している設定値をキー操作にて変更することで、容易に変更・調整できる。電源ユニットからの受信項目として、各電源ユニットの出力電圧・出力電流・警報内容(出力過電圧、出力低電圧、ファン停止、温度上昇など)を受信している。従来のユニット形電源装置では各電源ユニットの出力電圧や電流の確認は、電源ユニットにあるチェック端子にテスターを差し込んで測定しなければならなかったが、本装置では画面をキー操作するだけで確認可能である。かりに電源ユニットとの通信が異常となった場合に備え、電源ユニットの運転/停止制御については通信以外に接点信号回路でもおこなっており、確実に充電停止できるものとしている。

5.4 設定機能

今後予想される多彩なシステムの要求に対応するため、管理装置では出力電流・電源ユニット数・最大充電時間・蓄電池過電圧の設定値変更を標準で対応できるものとしている。

6 サイリスタ充電器との比較

従来のサイリスタ充電器と今回開発した電源ユニットを用いた充電器との比較を Table 3 に示す。開発品では容積 35% 減、質量 50% 減になり、小形軽量が実現できた。また、スイッチング方式の採用により、力率・

効率が従来品より向上し、入力容量は約 35% 低減することができた。この効率が向上したことによって、電気料金は年間約 128,400 円の削減(1 kWh 当たりの単価 = 9.77 円、稼働率 50% として)、CO₂ は年間約 2,370 kg-c の削減(CO₂ 削減効果を約 180 g-c/kWh、稼働率 50% として)が見込まれる。

7 むすび

今回、通信機能付き強制空冷式スイッチング電源ユニットと管理装置を組み合わせることにより小形軽量、高性能、省保守の充電器システムを製品化することができた。この充電器は、最近の動向にマッチしたこれからの自動搬送車用の充電器システムとしてのニーズに充分応えることができると確信している。

今後も我々はこのような時代の要請に応える商品の開発に努力する所存である。

文 献

- 1) 多田幸生, 道永勝久, 芦田有治, 大芝正嗣, 山口雅英, 三好聖司, *GS News Technical Report*, **60** (2), 45 (2001).
- 2) 瀬山幸隆, 下園武司, 西山浩一, 中村秀司, 園田輝男, *GS News Technical Report*, **62** (2), 76 (2003).