

電気自動車用急速充電器「FRCM シリーズ」

FRCM Series of EV Quick Chargers

川浦 正人 KAWAURA Masato

畠中 伸治 HATAKENAKA Shinji

守山 亨 MORIYAMA Toru

電気自動車の発売が相次ぎ、国内では急速充電スポットの設置が加速している。富士電機は、汎用インバータを応用した急速充電器を開発し、市場へ参入した。今回、フロントエンド電源をベースに、電気自動車用急速充電器「FRCM シリーズ」を開発した。電源ユニットは、高周波絶縁タイプであり、高調波の問題を解決している。充電器盤は、質量 210 kg と軽量で、奥行きは一般的な自動販売機と同じ 480 mm の薄形構造である。パネルは、ユニバーサルデザインによる設計で使いやすさを追求するとともに、非常時はハードウェアシーケンスで入力と出力の二重遮断を行う安全設計を取り入れている。

Electric vehicles are being released one after another, and the high-speed charging spots construction is accelerating in Japan to deal with global warming. Fuji Electric developed high-speed charging units that use general-purpose inverters and released them on the market. This time, we developed the FRCM series, a quick charger for electric vehicles based on front-end power supplies. The power unit, insulated from high-frequency waves, and has solved the problem caused by harmonics. The charger panel is lightweight at 210 kg and its depth is 480 mm, similarly thin as a general vending machine. The panel has a universal design seeking ease of use, and employs safety design using a hardware sequence that blocks both input and output to reliably cut the current in emergencies as well.

① まえがき

地球温暖化に対処するため、自動車の排ガス規制は年々厳しくなっている。例えば米国カリフォルニア州の「ZEV 法」では、販売車両の 10% を無公害車もしくは低公害車としなければならない。この状況に対応するため、自動車メーカー各社は、低公害車の開発および市場投入を加速している。

2010 年に、電気自動車（EV）の発売もしくは発売計画の発表が相次ぎ、低公害車すなわち EV の流れが加速した感がある。国内では、急速充電スポットの設置が加速し、安心して EV を利用できるインフラ環境が構築されつつある。

富士電機は、汎用インバータを応用した急速充電器の開発を行い、市場への参入を果たした。今回、高周波絶縁の電源ユニットや薄板構造の盤など、新しいコンセプトに基づいた電気自動車用急速充電器「FRCM シリーズ」を開発した。

② 製品の特徴

(1) 高周波絶縁の電源ユニット

従来機種の電源ユニットは、汎用インバータを応用していたが、電源高調波の問題や出力容量の拡張性が低いなどの課題があった。そこで、フロントエンド電源をベースに、1 台 12.5 kW の電源ユニットを開発した。この電源ユニット 2 台を並列に接続して、定格出力 25 kW の急速充電器とした。低圧受電の電源設備に適用可能であり、電源高調波の問題も解決している。

(2) 薄型構造による省設置スペース化

図 1 に示す FRCM シリーズは、自動販売機の薄板盤

構造の技術を利用し、質量 210 kg と軽量で、奥行きは一般的な自動販売機と同じ 480 mm の薄形構造である。従来機種「FRCH シリーズ」は、質量 700 kg で奥行きは 700 mm であった。急速充電器は、駐車場の隅に設置されることが多く、薄形構造によりスペースを有効利用できる。富士電機の自動販売機は、累積 500 万台以上の出荷実績があり、耐久性や防犯性能など、不特定多数の人が利用する製品ノウハウがある。これを本製品に適用している。

(3) ユニバーサルデザインと安全設計

扉表面には、自動販売機で一般的なユニバーサルデザイン(注1)を採用した。また、富士電機の安全設計の考え方を取り入れ、安全でかつ使いやすい製品とした。



図 1 「FRCM シリーズ」

③ 電源ユニット

3.1 機能概要と特徴

(1) 外観と機能

電源ユニットの外観を図2に示す。電源ユニット1台の出力電力は12.5kWである。複数台の電源ユニットを並列接続して運転することも可能であり、25kW、37.5kW、50kWというように充電器盤の出力を増加できる。

機器上部に冷却ファンを設け、冷却用の空気を下から上に抜く構造である。電源ユニットを並列接続する場合は、横に並べて取り付けることができるように、端子台、コネクタ類は、全て本器の前面部に配置している。

交流入力端子の上部にあるサーキットプロテクタにより、電源ユニット内部に制御不能な異常が発生した場合、盤内の電源ラインから安全に切り離すことができる。

また、下部に設けた設定スイッチ類により、複数台での並列運転や故障発生時の縮退運転が可能である。

(2) 動作の概要

この電源ユニットは、バッテリー充電器用電源のため、定電流制御方式を採用している。内部の電圧・電流・温度など各種情報を計測しており、エラーログ機能として異常発生時に各種情報を内部メモリに取り込んでいる。各種情報はパソコンに接続して取り出すことができ、異常発生時の要因分析が容易である。

(3) 電気的仕様と特徴

電源ユニットの主な仕様を表1に示す。電源ユニット単体で効率92%を確保している。CHAdeMO仕様^(注2)は、充電器盤全体として効率90%であり、十分な余裕がある。電源ユニットの入力部のAC-DC変換には力率改善回路を搭

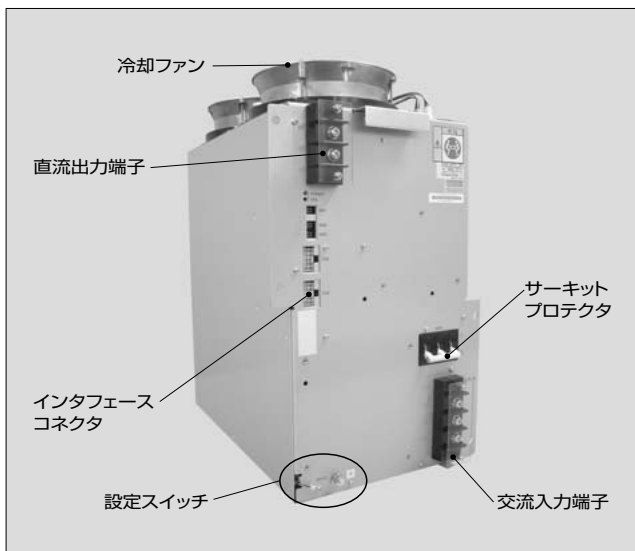


図2 電源ユニット

〈注1〉ユニバーサルデザイン：年齢や障がいの有無などにかかわらずできるだけ多くの人々が利用可能であるようなデザインにすることをいう。

載しているため、入力電流波形が正弦波に近い波形となっており、本製品の外部に力率改善用のコンデンサを取り付ける必要がない。また、“高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン”にも適合している。

出力部のDC/DCコンバータは80kHzの高周波でスイッチングすることにより、出力リップル電流を低減するとともに絶縁用トランスの小型化を図っている。

冷却に関しては長寿命ファンを使用しており、周囲温度40℃の環境下で、充電器の耐用年数である8年の間、部品交換を必要としない設計となっている。また、回転数可変型のファンを使用しており、電源内部の温度を計測し、回転数を適切に制御することで騒音を低減している。この電源ユニットは、充電器の安全規格であるUL2202に適合しており、米国での使用も可能である。

3.2 回路構成と電源技術⁽¹⁾

図3に電源ユニットの回路ブロック図を示す。

(1) 入力部

入力部のAC-DC変換は、3レベル力率改善回路（特許取得済）を適用している。三相交流入力を一括して入力電流が正弦波となるよう制御し、安定した直流中間電圧を得ている。制御回路は、DSP（Digital Signal Processor）によるデジタル制御によって、入力電流の波形整形および出力電圧安定化を実現している。従来のアナログ制御方式の

表1 電源ユニットの主な仕様

項目		仕様
入力特性	入力電圧	三相 AC170～264V
	周波数	50/60Hz
	突入電流	50A以下
	効率	92%以上
	力率 高調波電流規制	95%以上 IEC, EN61000-3-2 (準拠)
出力特性	出力電圧	50～500V
	出力電流	0～31.25A
	リップルスパイク	±10V以下
	出力リップル電流	1.25Ap-p以下
	過電圧保護レベル	520～540V
	過電流保護レベル	102～130%
環境条件	動作温度/湿度	-20～+50℃/5～95%RH
	保存温度/湿度	-40～+70℃/5～95%RH
	耐振動	0.5G 3～60Hz 1cycle/2分×5
	加熱保護	あり
規格	適合規格	CHAdeMO Ver0.9準拠
	海外安全規格	UL2202
その他	寸法	W230×D465×H380 (mm) (突出部含まず)
	質量	26kg以下
	冷却条件	強制風冷 (底面吸気, 上面排気)

〈注2〉CHAdeMO：チャデモ協議会の商標または登録商標

場合より、制御回路部品数を 80% 削減し、基板面積を大幅に低減した。

(2) 直流中間部

直流中間部には、電解コンデンサを 2 直列で接続している。この電解コンデンサの上下の電圧をそれぞれ制御し、出力電圧としている。電解コンデンサの上下の電圧をそれぞれ制御しているため、直流中間電圧に出力する電圧設定の変更のみで、回路構成・部品を変更することなく交流入力電圧 400 V にも対応可能な回路方式である。

(3) 出力部

出力部の DC/DC コンバータには、フェーズシフトコンバータ方式を採用している。ZVS (ゼロボルトスイッチング) により、スイッチング素子として使用している MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) のスイッチング損失を低減し、効率を改善している。この DC/DC コンバータは 1 回路で 3.125 kW 出力であり、4 回路を並列に接続することで電源ユニット 1 台当たり 12.5 kW の出力電力を得ている。

電源ユニットは電流バランス回路も備えており、複数台のユニットを接続した場合でも各ユニットは平均分割された同一の出力電流となっている。各電源ユニットの負荷を均一化することで信頼性を向上している。出力には逆流防止用のダイオードも実装しており、万が一、電源ユニットが破損した場合でもバッテリーからの逆流を防止できる。

4 盤

4.1 充電器の概要

(1) 熱設計

出力 25 kW の充電器の効率を 90% とした場合、最大出力時には 2.5 kW の熱を排出する必要がある。排熱が最大の課題である。そこで、最大の発熱部である電源ユニットの排熱を最優先とし、筐体 (きょうたい) のなるべく上部に配置して、発生した熱をすぐに天板から盤外へ排出できる構造にした。

図 4 に盤内部の部品配置を示す。電源ユニット 2 台を並列に盤の上部に配置し、空気の流れを考慮して電源ユニットの下部には部品の配置を最小限にとどめた。漏電遮断器、

電磁接触器、ヒューズなどの主回路系電気部品を全て左側に配置し、電源ユニットと分離することにより空気の流れを確保し、熱の課題を解決した。

図 5 に、盤内気流シミュレーションの結果を示す。盤内の空気の流れと温度分布が一目で分かり、部品配置につい

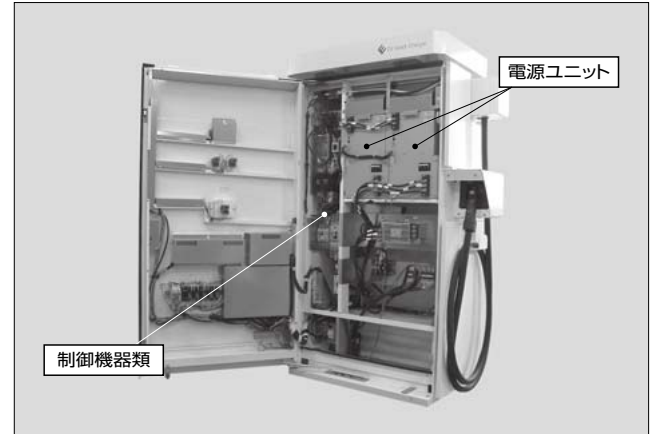


図 4 盤内部の部品配置

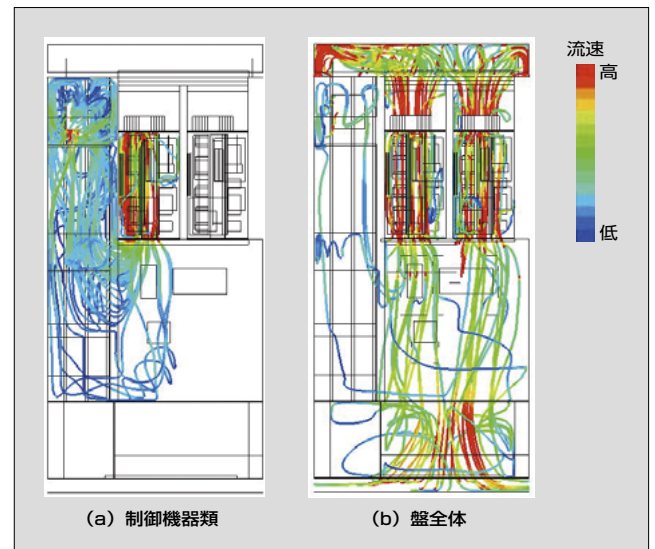


図 5 盤内気流シミュレーション解析

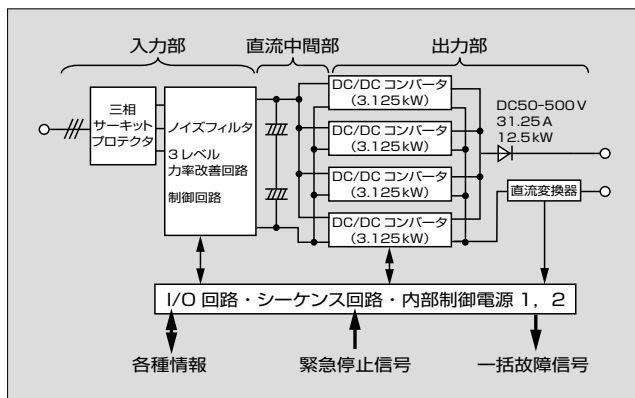


図 3 電源ユニットの回路ブロック図

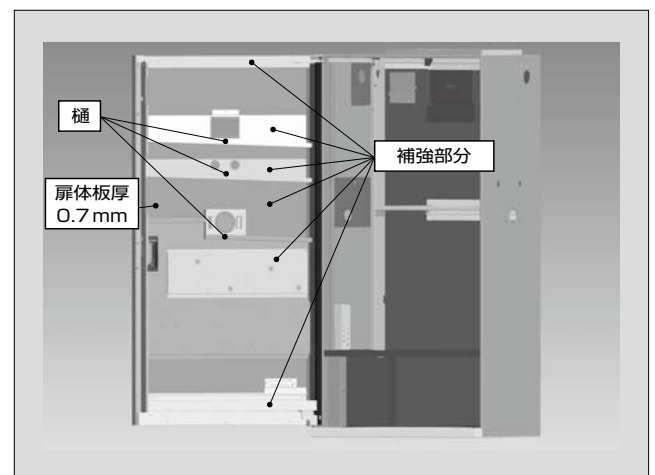


図 6 扉部の構造

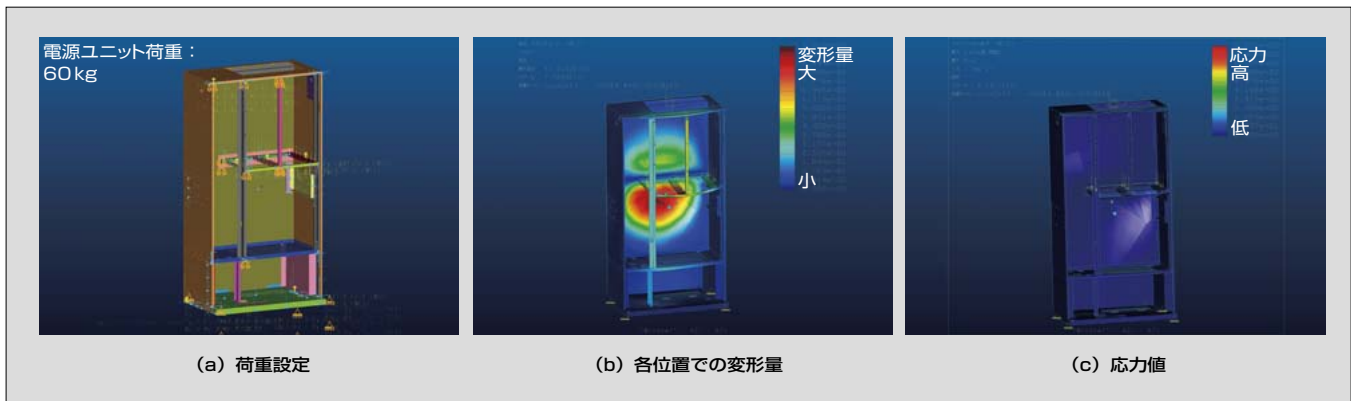


図7 応力解析の例

て机上検討が可能である。実機試作の前に妥当性を評価し、よく一致することを確認した。

(2) ユニバーサルデザインと安全設計

扉表面のデザインには、ユニバーサルデザインを採用し、液晶表示器や操作ボタンなどのレイアウトを行った。

主回路は入力部に漏電遮断機能付きブレーカと主回路遮断用の電磁接触器を、出力部にはスーパーラピットヒューズと直流出力遮断用のDCコンタクトを配置した。非常停止スイッチやドアスイッチなどによる緊急遮断は、安全リレーを用いたハードウェアシーケンスで構成した。入力と出力の二重遮断を行い、確実に遮断する安全設計となっている。また、制御部で出力などに異常を検知した場合は、電源ユニットの出力を停止する保護機能も組み込まれている。

電源ユニットは、2台並列接続であり、正常時は協調して運転している。1台が故障したときには、正常な残りの1台での縮退運転が可能である。

4.2 自動販売機的设计ノウハウの適用

通常、配電盤などの筐体板厚は2.3mmである。一方、自動販売機では、薄板に補強部材を組み合わせる筐体技術を適用して、十分な筐体剛性を持たせている。この設計技術を取り入れ、本体・扉ともに0.7mmの板厚で十分な筐体剛性を持つ充電器とした。その結果、製品質量を従来機種種の約700kgから210kgに抑えることができ、軽量化を実現した。

図6に扉部の構造を、図7に応力解析の例を示す。扉部は開閉時に片持ちとなるため、特に強度が問題となる。また、本体部は電源ユニットが約60kgであり、この保持構造が課題である。補強部品や補強構造は、三次元CADを用いた構造解析を実施し、試作する前に十分に検討を行い、最適化設計により十分な強度を持たせた。各部品は、市販の鋼材を使わず、自動販売機で使用している薄板板金を折り曲げて最適な形状にして使用している。扉部では補強部品が、扉に取り付けられる表示器やスイッチなどの器具類からの水漏れ時の樋（とい）を兼ねる構造となっている。

また、扉ロック機構やヒンジ機構、ドアストッパなどの機能部品は、自動販売機で採用している部品と可能な限り

共通化し、信頼性の向上を図った。

配線に関しては、主回路を除き、端子台を使用したねじ配線避け、自動販売機と同様にコネクタを使用したワイヤハーネスを部品化した。これにより、コネクタのみでの配線作業とした。さらに、アングルクランプにより配線を固定することで、信頼性と組立性を両立した。

また、各電気部品はユニット化し、取付け金具に電気部品や配線をあらかじめ接続した形でラインへ投入する方式とした。

5 あとがき

電気自動車用急速充電器「FRCMシリーズ」を紹介した。EVおよび急速充電器の市場は、これから新たに形成される市場で今後の広がりが期待でき、各社がいろいろな試みを行いつつ顧客ニーズを模索している。

富士電機は、電源ユニットに関しては、UL、CEマークの取得と海外電圧（AC480V）対応を行い、電源技術でEVの発展に貢献していく。また、充電器本体に関しては、課金ネットワーク対応やコイン課金装置など、アプリケーションをそろえることにより、顧客ニーズに対応していく。

EVという新たな市場の立ち上りを機に、パワーエレクトロニクス技術の適用により低炭素社会の構築に貢献していく所存である。

参考文献

- (1) 三野和明, 五十嵐征輝. AC-DC変換回路技術. 富士時報. 2002, vol.75, no.8, p.460-463.



川浦 正人

電気自動車用急速充電器の商品企画に従事。現在、富士電機株式会社パワエレ機器事業本部ドライブ事業部自動車産業プロジェクト部。



畠中 伸治

直流安定化電源の主回路，制御回路の開発・設計に従事。現在，富士電機株式会社パワエレ機器事業本部筑波工場設計部。



守山 亨

特機製品の開発設計に従事。現在，富士電機リテイルシステムズ株式会社生産・開発本部三重工場設計部。





*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。