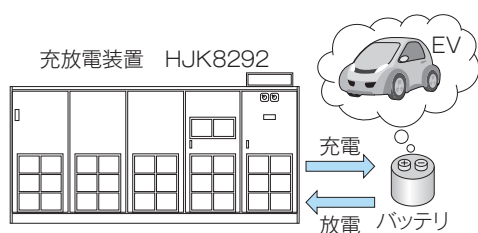


大容量・高精度充放電装置 HJK8292

柴田 翔 Sho Shibata
光田 純 Jun Mitsuta
小太刀圭一 Keiichi Kodachi

キーワード 充放電装置, マルチレベルコンバータ, バッテリ評価

概要



充放電装置によるバッテリーの評価

現在、自動車メーカー各社から電気自動車（EV）が発売され、いよいよ本格的な普及に突入しようとしている。EV普及のキーコンポーネントの一つがバッテリーである。バッテリーの評価用機器として、接続したバッテリーを任意の電圧・電流によって充放電させる装置がある。

充放電装置 HJK8292は、出力部の電力変換回路を当社独自のユニットを多重化したフライングキャパシタ型マルチレベルコンバータとすることで、大容量・高精度を実現している。これにより、幅広い容量のバッテリーに対応できる。また、回路の等価キャリア周波数を高めることで、出力フィルタの小形化を実現し、装置の寸法を小さくした。

1 まえがき

近年、持続可能な開発目標（SDGs）やカーボンニュートラルといった環境問題が注目され、世界的に電気自動車（EV）の普及が進んでいる。そのEV普及のキーコンポーネントの一つであるバッテリーの研究・評価が盛んに行われている。

車載用バッテリーの容量は、EVの走行距離に直結し、その大容量化が検討されている。また、バッテリーの充放電状態の正確な把握は、過充電又は過放電の危険性防止、適切な容量のバッテリーを選定することによるコスト低減にもつながるため、その評価用機器も高精度化が求められている。

本稿では、これらの要求に対応する大容量・高精度の充放電装置 HJK8292を紹介する。HJK8292は、容量が540kWと国内最大（HJK8292発売時）である。また、幅広い容量の動作範囲の中

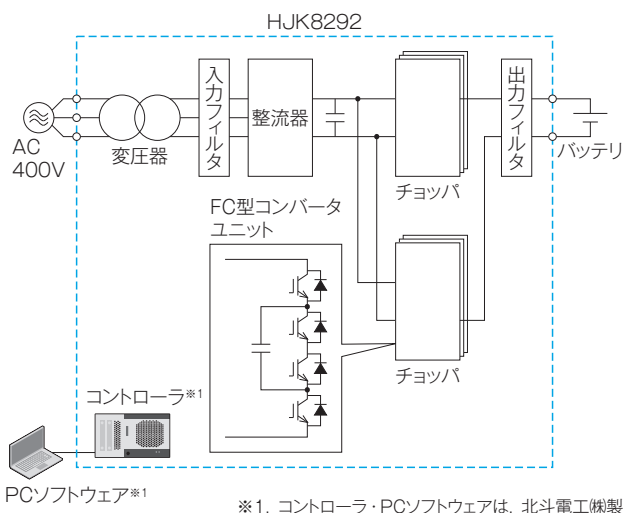
で精度を確保するために、HJK8292は出力電流の大きさによって三つのレンジを使い分け、それぞれの定格出力時で、電流出力精度 $\pm 0.3\%$ F.S.を達成した。

2 HJK8292 の特長

2.1 主回路構成

第1図にシステム構成を示す。HJK8292は、入力の交流を直流に変換する整流器部と、所望のDC（Direct Current）を出力するチョップ部から構成される。特にチョップ部の電力変換回路は、当社独自のユニットを多重化したフライングキャパシタ（FC）型マルチレベルコンバータを採用している。

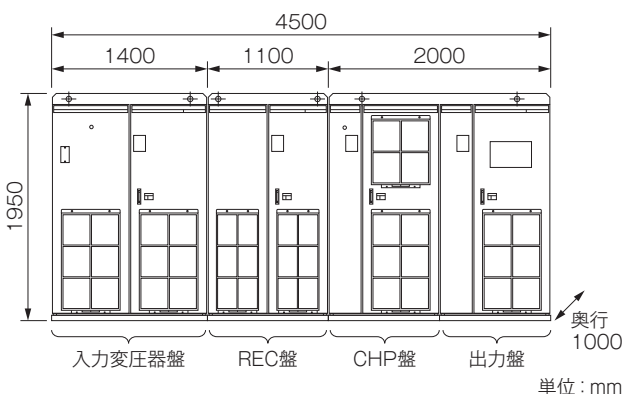
HJK8292は、出力電流の大きさによって三つのレンジに分かれ、大きい方からHighレンジ、Middleレンジ、Lowレンジとなっている。この三つのレンジを出力によって使い分けることで、一つの装置で



※1. コントローラ・PCソフトウェアは、北斗電工機製

第1図 システム構成

HJK8292は、整流器部とチョップパ部から構成され、特にチョップパ部は大容量と高精度な制御性能を実現するため、FC型マルチレベルコンバータを採用している。



第2図 外形寸法

HJK8292は、列盤構成である。

大電流から低電流の広い範囲で高い精度を確保している。

2.2 仕様

第2図にHJK8292の外形寸法を示す。HJK8292は、入力変圧器盤・整流器（REC）盤・チョップパ（CHP）盤・出力盤の列盤構成である。入力変圧器盤には、絶縁とRECの入力仕様に合わせるための変圧器が収納されている。REC盤とCHP盤には、それぞれ整流器部とチョップパ部の電力変換回路が収納されている。出力盤には、出力フィルタと装置のコントローラが収納されている。

第1表にHJK8292の主仕様を示す。装置容量は

第1表 主仕様

HJK8292は、大容量かつ高精度な制御性能を実現している。

項目	仕様	
装置容量	540kW*1	
出力電圧	0～750V*1	
定格電流	Highレンジ：900A*1 Middleレンジ：450A Lowレンジ：20A	
入力電圧範囲	3相 400～440V	
主回路定格種別	A0種（100%連続）	
制御性能*2	電流出力精度	±0.3%F.S.
	電流収束幅	±0.1%rmsF.S.
	電流応答性能	10ms以内に±0.1%rmsF.S.に収束 オーバーシュート量1%以内
	出力電圧精度	±0.1%F.S.
機能	出力電力精度	±0.5%F.S.
	定電流モード	電流を一定に制御
	定電圧モード	電圧が指定の制限値を上回らないよう電流を制御
定電力モード	出力電力が指定の制限値を上回らないよう電流を制御	
保護構造	IP20	
設置	屋内自立型	
冷却方式	強制空冷	
保守性	前面メンテナンス方式	
保守スペース	扉幅+600mm以上	
ケーブル引き込み	引き込み：上部 引き出し：下部	
耐振動	輸送時：4.9m/s ² （10～50Hz）以下	
使用環境条件	設置場所	屋内
	周囲温度	0～40℃、年平均25℃以下
	湿度	85%以下（結露のないこと）
	標高	1000m以下
雰囲気	腐食性又は爆発性のガス、金属粉、蒸気、じんあい、オイルミスト、風綿などが無いこと	
オプション	入力部 ファインメット	交流入力部に流入するコモンモードノイズを抑制
	直流部 ファインメット	本装置を通り抜けるコモンモードノイズを抑制
	出力部 ファインメット	出力部から流出するコモンモードノイズを抑制

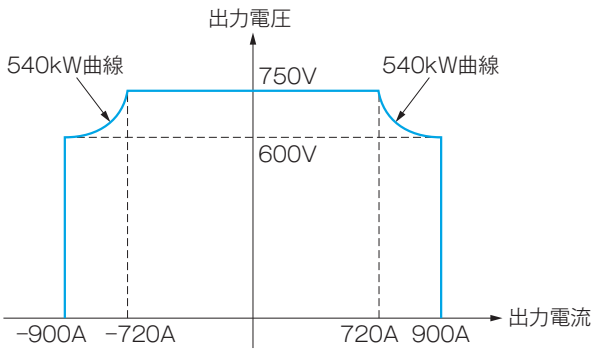
※1：出力電圧が600～750Vの範囲では、電力が540kWを超えないよう出力電流を絞って運転する。

※2：当社試験環境による。

540kWであるため、出力電圧によって出力電流を絞り、電力が540kWを超えないようにしている。

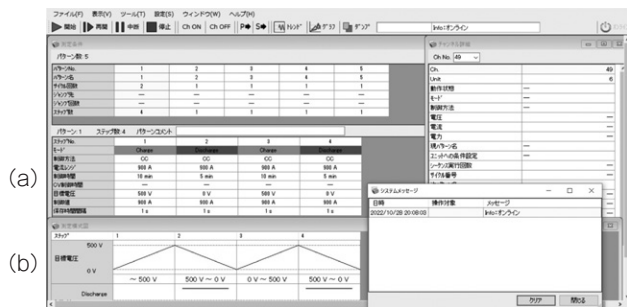
第3図にHJK8292の出力範囲を示す。出力電圧が600Vを超える範囲で定出力特性にしている。

第4図にHJK8292の操作指令などを送るパソコン（PC）ソフトウェア（北斗電工株製）の画面を示



第3図 出力範囲

HJK8292の装置容量は540kWで、出力電圧によって540kWを超えないよう出力電流を制御する。



※表示画面は、ソフトウェアのバージョンによって異なる。

第4図 PCソフトウェア画面

HJK8292では、操作指令などをPCソフトウェアから送信する。(a) 充電・放電などを設定でき、(b) 各指令の設定をグラフィカルに表示できる。

す。充電・放電の動作で、電圧・電流・時間などを細かく設定でき、その設定をグラフィカルに表示できる。また、運転時の出力電圧や出力電流などを表示させることもできる。

2.3 大容量化

HJK8292では、高い応答速度と出力リップルの低減を両立させるために、チョッパ部にFC型マルチレベルコンバータを採用している。FC型は、パルス幅変調 (PWM) の非線形領域を零相電圧重畳によって容易に回避することができ、低出力電圧時にも出力リップルを低減できる。FCは、スイッチング周波数によって充放電するため、電圧変動に対して必要なFCの容量は、スイッチング周波数を高くすることで小さくできる。FC型マルチレベルコンバータは、FC・IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) などで構成される電力変換回路を一つ

のユニットとし、そのユニットを並列にすることで大容量を実現している。さらに、ユニットを多重化することでチョッパ出力の平滑リアクトル小形化にも貢献している。出力電流の応答性能を確保するため、出力フィルタのインダクタンスを小さくする必要があるが、HJK8292ではユニットを多重化することで、回路の等価キャリア周波数を高め、出力フィルタの小形化を実現している。キャリア周波数を高めることはスイッチング損失の増大にもつながるが、マルチレベルとすることで、IGBT一つに印加される電圧を軽減し、出力電圧リップルとスイッチング損失を低減でき、熱損失の改善につながった。

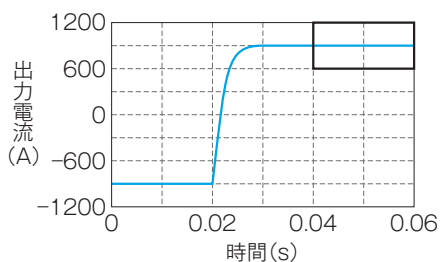
2.4 高精度化

HJK8292のFC型マルチレベルコンバータは、ユニットを多重化することで、出力の応答速度向上と電流リップルの低減を両立している。

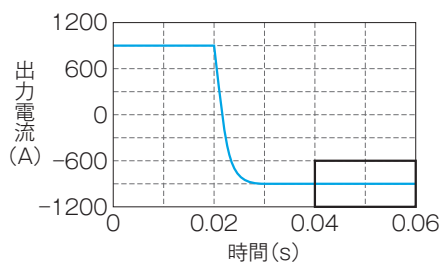
FC電圧のアンバランスは電流リップルを発生させるため、多重化されている複数のFC電圧を一定に制御しなければならない。FC電圧の充放電は、出力電流の極性によって決定し、出力電流の向きに応じて充電・放電の二つのパターンを適切に切り替えることでFC電圧を制御できる。ただし、低電流領域では、電流センサのオフセットや遅延の影響によって出力電流の方向を誤検出する可能性があり、FC電圧の充放電パターンを間違ってしまう。

HJK8292では、ある時刻のFC電圧の変化分を検出することで、FC電圧の充放電パターンを決定する方式を併用し、出力の電流量にかかわらずFC電圧を一定にできる。これにより、大電流から低電流の広い出力範囲で高精度な制御を実現している。

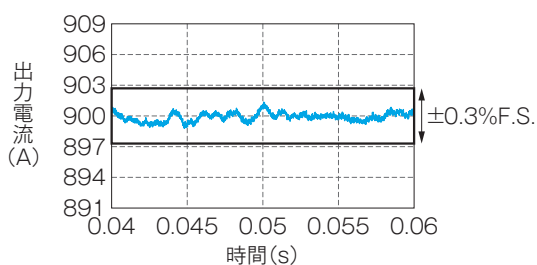
HJK8292では、チョッパ部のFC型マルチレベルコンバータの出力である出力フィルタ前の電流 (フィルタ電流) と、実際にバッテリーに流出入する出力フィルタ後の電流 (バッテリー電流) の二つを検出している。電流制御の中の比例積分 (PI) 制御では、応答速度を要求されるP制御にはフィルタ電流を入力し、I制御にはリップルの小さいバッテリー電流を入力する。このようにすることで、キャリア周波数の整数倍のような高周波のリップルを低減して



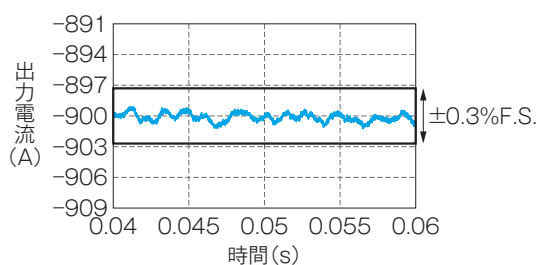
(a) 出力電流応答波形(-900→900A)



(c) 出力電流応答波形(900→-900A)



(b) (a)拡大波形



(d) (c)拡大波形

第5図 出力電流応答波形

HJK8292では、放電から充電、又は充電から放電の切り替えを高い応答性能で実現している。

いる。さらにP制御の電流指令値には、バッテリー電流のフィードバック項を加算することで外乱によるリップルを抑制している。

3 出力電流応答波形

第5図にHJK8292のHighレンジでの出力電流応答波形を示す。測定時は、HJK8292の出力を短絡して試験している。(a)は-900Aの放電から900Aの充電に、(c)は900Aの充電から-900Aの放電に切り替えた際の出力電流波形である。(b)は(a)の収束後の拡大波形、(d)は(c)の収束後の拡大波形である。(a)・(c)から、両者ともオーバーシュート量が0.1%以内の状態に、応答時間は10ms以内となり、高い応答性能となっている。収束後は両者とも出力精度は±0.3%F.S.以内となり、電流リップルが抑制された高精度な制御を実現している。

4 むすび

バッテリーの評価用機器である充放電装置HJK8292を紹介した。主回路構成の特長であるユニットを多重化したFC型マルチレベルコンバータ

によって、大容量かつ高精度を実現している。HJK8292の出力容量は、540kWと国内最大である。幅広い容量のバッテリーに対応でき、今後のEV普及による市場拡大にも大きく貢献することで、現在世界を取り巻く環境問題にも寄与することが期待される。

今後も容量系列の拡充などを含め、社会の要望に対応した製品をリリースしていく所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



柴田 翔
Sho Shibata
製品技術研究所
パワーエレクトロニクスに関する研究開発に従事



光田 純
Jun Mitsuta
製品技術研究所
パワーエレクトロニクスに関する研究開発に従事



小太刀圭一
Keiichi Kodachi
製品技術研究所
パワーエレクトロニクスに関する研究開発に従事