

交流電池を用いた電源システムの動作特性

Driving Characteristics of Power Supply Systems Using AC Batteries

津田浩平

指導教員 米盛弘信

サレジオ工業高等専門学校 専攻科 生産システム工学専攻 産業応用研究室

キーワード：リチウムイオン電池，Hブリッジ回路，倍電圧整流回路

1. 緒言

一般的なリチウムイオン電池パックは、複数の電池セルを直列接続して大容量電池を構成している。しかし、電池パック内の温度上昇等によって電池セルは劣化し、内部抵抗が高くなることが知られている。本研究室と共同研究している AC Biode 社は、安全性と小型化・高効率化を目指した交流電池を開発した^[1]。図 1 は、交流電池の構造を示す。交流電池は、負極(Anode)と正極(Cathode)の間に Biode という AC Biode 社が独自に開発した両性電極(Biode)を配置している。同電池は、外部信号によって負極と正極をスイッチで切り替えて交流的に使用する。交流電池は、並列接続した電池と等価である。そのため、全セルに共通の電圧を印加できるので、内部抵抗のバラツキによる充電電圧の偏りがなくなる。しかし、電池を並列接続することで、負荷が所望する電圧に達しないことがあり、昇圧回路の接続が必要となる。そこで、交流電池を用いた電源システムには、電気二重層キャパシタ(以下：EDLC)を使用した倍電圧整流回路を接続する。交流電池と昇圧回路を組み合わせた電源システムは原理が考案されてから日が浅く、実用に向けた具体的な特性が明らかになっていない。そこで本研究室では交流電池の評価、および交流電池に接続する昇圧回路の開発が目的である。先行研究では、交流電池に接続する倍電圧整流回路の出力電流を変動させた際の電力変換効率を明らかにした。

本稿では、交流電池を用いた電源システムの動

作特性を明らかにする。

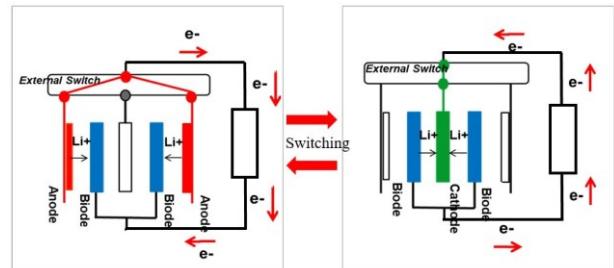


図 1 交流電池の構造

2. 実験方法

図 2 は、実験回路である。交流電池はまだ開発途上であるため、市販されているリチウムイオン電池のような高電流は取り出せていない。そのため、市販のリチウムイオン電池(KEEPPOWER 製 3.7V(満充電時：4.2V)-2600mAh)を 3 直 2 並列接続(満充電時：12.6V)し、H ブリッジ回路を接続することで交流電池を模擬している。H ブリッジ回路には、スイッチング素子に SiC-MOS-FET を用いた。駆動周波数は、10kHz とする。倍電圧整流回路には、内部抵抗が低く大容量の EDLC を使用することで交流電圧を整流しながら直流倍電圧へ昇圧する。本実験では、EDLC(400F-3V)9 個直列接続を 1 ユニットとして構成する。負荷は、菊水社製の直流電子負荷(PLZ334W)によって、0.1C(0.26A)、0.2C(0.52A)、0.3C(0.78A)の 10 秒ステップでループさせて CC 放電を行う。

実験手順は、①直流電源を使用し、無負荷状態で EDLC を初期充電(電池の放電限界電圧:9V まで)する、②電池を接続し、EDLC を満充電にする、③電

子負荷装置で負荷変動させて放電する, ④HIOKI 製のデータロガーで入力電圧・電流, 出力の電圧・電流を測定する, ⑤測定した値から, 積算電力を算出する. また, 従来システムとして, 6 直列接続した電池を電子負荷装置に直接接続し, 負荷変動させた際の積算電力を算出する. そして, 提案システムの積算電力と比較する.

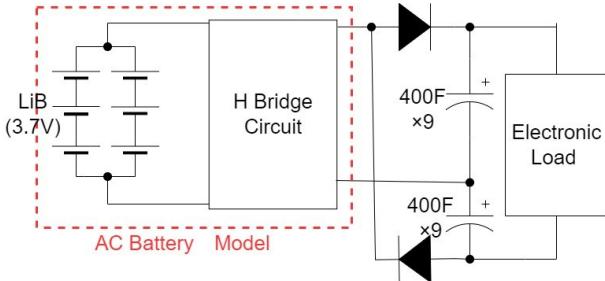


図 2 実験回路

3. 実験結果

図 3 は, 提案システムにおいて負荷を変動させた際の入力電圧・電流, 出力電圧・電流である. ロガによる記録は, 電池を接続するときに開始した. 図 3 より, 約 53 分まで EDLC を無負荷状態で充電した結果, 出力電圧が 18V 弱から 25.2V 弱となっており, 入力電圧 12.6V の約 2 倍に昇圧されていることが確認できる. 次に EDLC を満充電した後, 電子負荷装置で放電を開始した. 図 3 の出力電流は, 0.26A, 0.56A, 0.78A と変動していることを示している. 図 3 を見ると, 測定を開始して約 5 時間で電池の保護回路が機能し, 放電を終了している. 一方, 図 4 は電池を 6 個直列接続し, 負荷電流を変動させた場合の電圧・電流特性である. 図 4 の電圧と図 3 の入力・出力電圧を比較すると, 図 4 の従来法よりも提案システムの方が電圧の変動が少ない. 電池は, 電圧・電流の変動が少ない方が劣化しにくくなることが見込まれる. また, 提案システムは, 放電を開始して約 4 時間後, 電池の保護回路が機能し, 放電を終えた.

一方, 提案法では電池から出力される積算電力が 44.19Wh であり, 倍電圧整流回路の出力の積算電力は, 37.83Wh であった. また, 従来法の電池 6 直列接続した場合の積算電力は 41.04Wh であった. この結果から, 交流電池を模擬した電源システム

では, 従来法よりも電池から多くのエネルギー量を得られた. しかしながら, 負荷で利用できるエネルギー量が従来法よりも少ない結果となった. これは H ブリッジ回路, 倍電圧整流回路で用いられている素子の損失が影響していると考えている. そのため, 今後は本実験条件で H ブリッジ回路と倍電圧整流回路の効率を明らかにする. そして, 回路を改良し, 更なる回路の高効率化を目指す.

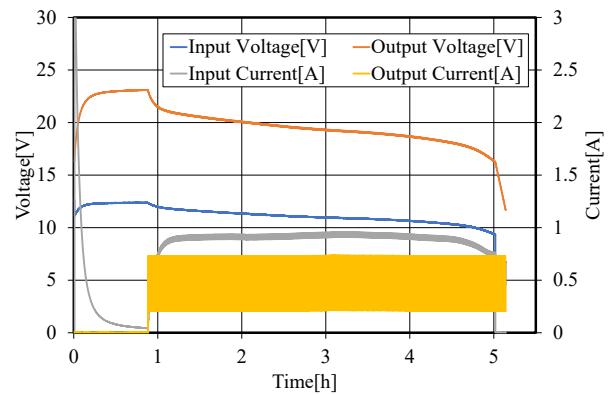


図 3 提案システムの負荷電流変動特性

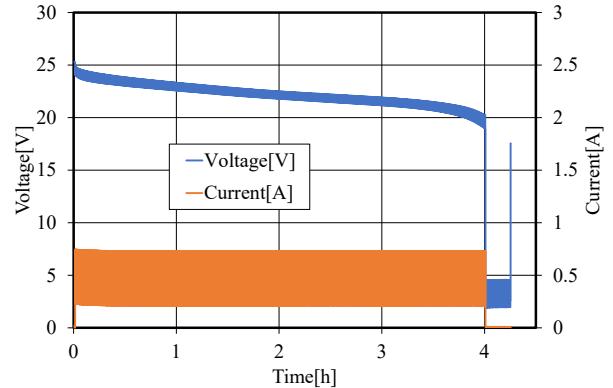


図 4 従来システムの負荷電流変動特性

4. 結言

本稿では, 提案する電源システムの実動作を明らかにするため, 提案法と従来法の積算電力を示した. その結果, 提案システムは従来法よりも電池から多くのエネルギー量を得られたが, 負荷で利用できるエネルギー量が少ないことを確認した.

今後は, 回路の更なる高効率化を目指す.

参考文献

- [1] AC Biode 社 HP:<https://www.acbiode.com/home>
(2022/10/17 閲覧)