

交流電源を用いた交流電池充電システムにおける充電効率の改善

Improvement of Charging Efficiency of AC Battery Charging Systems using AC Power Source

荒巻匡洋
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

本研究では、交流発電源を対象とした交流電池の充電システムを提案している。本稿では、交流電池の充電システム内にある定電流回路の回路方式を変更した結果、得られた充電効率の改善効果について報告する。

キーワード：交流電池，充放電実験，リチウムイオン電池

1. 緒言

本研究室では、交流電池[1]の開発元である AC Biode 社と産学提携し、2020 年より独立型交流電池の周辺回路に関する共同研究を開始した。交流電池は、特殊な電極構造によって交流で充放電することを可能とした二次電池である。交流電池の原理は考案されてから日が浅いため、実用に向けた具体的な充放電方法や充放電時の諸特性が明らかになっていない。そのため、共同研究の一部として、交流電池の理想的な充電方法を模索している。本研究では、水力発電機などの交流発電源を対象とした交流電池の充電システムを提案しており、実際に提案システムの製作および改良を行っている。先行実験では、システムの充電制御方式を定電圧制御 (CV) から定電流定電圧制御 (CCCV) へ変更を行い、充電時間の短縮を図った。変更前後における提案システムの充電特性の変化を確認したところ、充電時間は 10 時間から約 3 時間半へと短縮された。しかし、充電効率を確認したところ 68% から 32% へと大幅に低下する結果となった。充電効率が低下した原因としては、充電システム内にある定電流回路部分の熱損失が考えられる。実際に定電流回路部分単体の電力効率を測定したところ、電力効率は 42% と非常に低い値を示した。そこで、定電流回路の回路方式を発熱の少ないスイッチング・レギュレータ方式へ変更を行い、充電シ

ステムの充電効率の改善を図った。

本稿では、充電効率の改善を目的として、スイッチング・レギュレータ方式の充電システムを用いて模擬交流電池に対して充放電実験を行い、先行実験における充電システムと充電電力効率について比較を行う。

2. 交流電池の動作

図 1 に交流電池の充電動作の模式図を示す。交流電池は、AC Biode 社によって開発された交流電源として動作可能な二次電池の 1 種である。同電池には、負極 (Anode) と正極 (Cathode) の間に「Biode」と呼ばれる AC Biode 社が独自に開発した両性電極が存在する。Biode は、負極と正極の特性を併せもち、流れ込む電流の向きによってその特性が切り替わる。そのため、図 1 のように片方の出力電極は Biode とし、もう片方の極を Anode 極と Cathode 極でスイッチングすることにより交流の入力を可能としている。

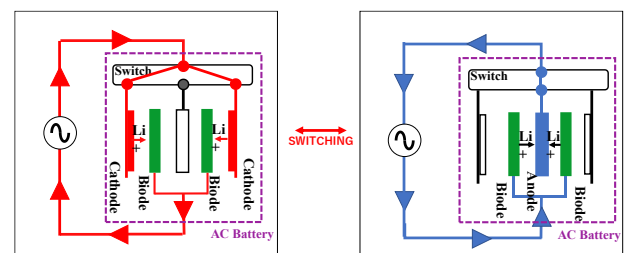


図 1 交流電池の充電動作

3. 実験方法

本実験では、定電流回路部分を変更した充電システムを用いて、模擬交流電池に対して 30 分間充電を行い、充電に使用された電力を確認する。その後、充電された模擬交流電池を放電して実際に電池に蓄積された電力の確認を行い、充電に使用された電力と比較することで充電効率の算出を行う。次節に充電システムの構成、定電流回路の動作原理、並びに本実験の実験条件について示す。

3. 1 充電システムの構成

図 2 に本実験で用いた充電システムのブロック図を示す。本充電システムは交流電源からの交流電圧を直流へ変換して定電流化を行い、定電流化後に再度交流へ変換する構成となっている。

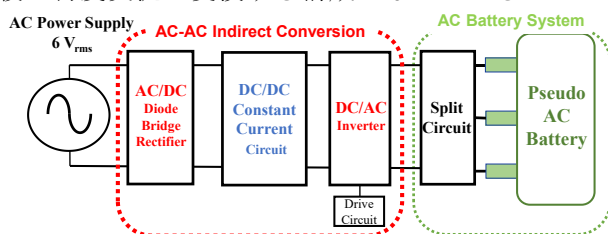


図 2 システム構成

3. 2 定電流回路の動作原理

本実験では、定電流回路部分の回路方式をスイッチング・レギュレータ方式とした。スイッチング・レギュレータ方式ではスイッチング素子を高速で on・off することで入力電力をパルス状に変換する。その後、パルス幅を変化させることで出力電圧の調節を行い、出力側に流れる電流を一定化する。また、スイッチング素子をスイッチとして利用するため、素子の発熱が抑えられる。

3. 3 実験条件

交流電池はまだ開発途上であり、市販されているリチウムイオン電池のような大電流は取り出せていない。そのため、本実験では市販のリチウムイオン電池（定格：3.7V 2600mAh×2本）2個を直列接続して、2個の電池の間を Biode 極と見立てることで交流電池を模擬している。充電に供する交流電源の出力設定は 6V の定電圧出力とした。CC 充電の出力電流値は 3A 一定とし、CV 充電の出力電圧値は 4.2V 一定とした。充電に供した交流電源の出力は、6V : 40Hz の正弦波とした。

4. 実験結果

図 3 に充放電実験における充電電力推移を示す。模擬交流電池の Cathode-Biode 間と Biode-Anode 間がほぼ同じ推移を示したため、図 3 では Cathode-Biode 間のみを表示している。図 3 より交流電源からの入力電力はサンプリングの特性上、周期的に変動しており、それに伴って模擬交流電池側の出力電力も変動していた。また、充電に使用された電力量および放電電力量に関しては 3.62 Wh - 3.04 Wh であった。この結果から充電電力効率を計算すると 83.4% であり、充電電力効率は先行実験における充電方式と比較して上昇したといえる。

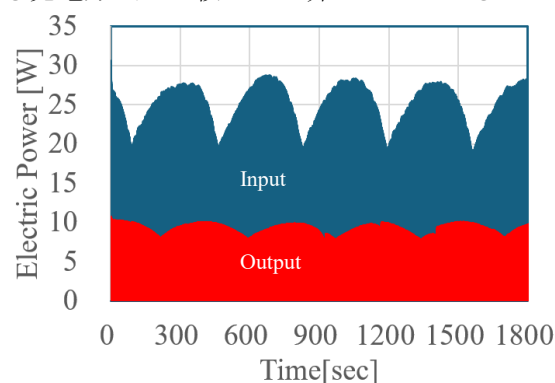


図 3 充電電力の推移

5. 結言

本稿では、充電効率の改善を目的として、スイッチング・レギュレータ方式の充電システムを製作し、充放電実験を通じて本システムの充電効率を算出した。その結果、充電効率は 83.4% となり先行実験で用いたリニア・レギュレータ方式の充電システムと比較して効率が上昇する結果となった。

今後は、充電の進行とともに充電電流値をステップ的に切り替える制御方式へ変更を行い、充電効率のさらなる向上を目指す。また、小型の水力発電機を充電電源として用いて充電実験を行う予定である。

参考文献

- [1] AC Biode 社：「AC battery system」(2024/10/23 閲覧), <https://www.acbiode.com/ac-battery.html>
- [2] 荒巻匡洋, 米盛弘信：“交流電源を用いた交流電池充電システムの充電時間短縮”, 2024年(第42回)電気設備学会全国大会要旨集, pp248-249 (2024)