

交流電池に接続するコッククロフト-ウォルトン回路に関する基礎研究

A Basic Study on the Cockcroft-Walton Circuit Connected to AC Batteries

千葉穰¹⁾

指導教員 米盛弘信¹⁾

1) 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：交流電池, CW 回路, EDLC

1. 諸言

現在、あらゆる製品に使用されている電池は、1800年にボルタが銅を負極、亜鉛を正極として一次電池を実用化して以来、直流電源という認識が一般的である。本研究室では、安全性と小型化・高効率化を目指した世界初の独立型交流電池^[1] (AC Biode 社製)に関する共同研究を2020年からスタートした。AC Biode 社製の交流電池の特徴として、負極 (Anode), 正極 (Cathode) の間に Biode (両性電極, AC Biode 社の造語)を入れることにより、低電圧出力が可能となっている。共同研究の内容として、交流から直流を得るために市販されている静電容量 100F 程度の電気二重層キャパシタ (EDLC: Electrical Double Layer Capacitor) を実装させたコッククロフト-ウォルトン (CW: Cockcroft-Walton) 回路の開発を目的とする。

本稿では、交流電池に接続する CW 回路について電子回路シミュレータ LTspice で CW 回路の動作解析を行い、EDLC を CW 回路に適用した場合の充電波形と出力電圧を明らかにする。また、実際に1段の CW 回路を構成して充電特性を測定した結果を報告する。

2. 従来の直列接続型リチウムイオン電池パックの問題点と交流電池について

リチウムイオン電池はメモリ効果がないと言われているが、実際は経時的な使用によって内部抵抗が増加し、出力できるエネルギーが減少する。一

般的に電気自動車等で使用しているリチウムイオン電池は、数多くのセルを直列接続して大容量電池パックを構成している。同手法の場合、各セルにおける内部抵抗等の差異によって、各セルの充電バランスにバラツキが生じる場合がある。そこで、各セルの電圧を監視するためのモニタ回路を設ける必要がある。また、複数のセルを直列接続して構成した電池パックの正極側と負極側に配置されたセルは、経時変化によって内部抵抗が高くなる傾向があり、電池の劣化が生じる。一対策案として、リチウムイオン電池セルを並列接続して全セルに共通の電圧を印可する方法がある。並列接続した場合、内部抵抗のバラツキに起因する充電電圧の偏りがなくなるため上述した問題は軽減される。また、スイッチを切り替えて交流的に電池を使用することで電池の内部抵抗の増加を防ぐことが期待できる。しかし、並列接続の場合、負荷が所望する電圧を得られない場合があり、昇圧回路が必要となる。そこで、充放電耐性がある EDLC を使用した CW 回路と組み合わせて電源システムを構築するアイデアに至った。

図1は、AC Biode 社が開発した交流電池の構造である。図1を見ると、負極 (Anode), 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を配置している点の特徴である。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1波長の交流を得る仕組みになっている。したがって、AC Biode 社の交流電池は、方形波が

出力される。

以上より、図 1 の交流電池と大容量の EDLC を活用した CW 回路を組み合わせることによって、劣化が少ない電源システムの構築を目指している。

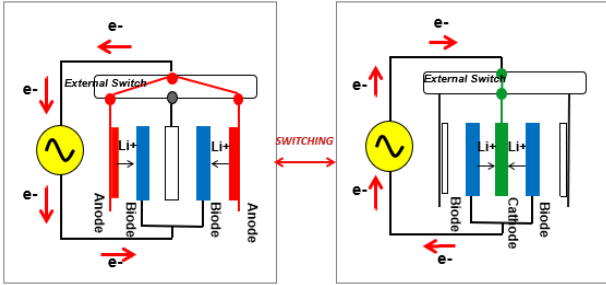


図 1 交流電池の構造^[1]

3. 解析方法・実験方法

図 1 に解析で使用した CW 回路を示す。本解析では、交流電池に接続する CW 回路の充電特性を解析する。電源電圧は独立型交流電池 1 個分の最大値が約 3.7V なので、3.7V 一定、周波数は 50Hz 一定とした。使用した EDLC は 3V 耐圧であり、CW 回路で電源電圧の倍電圧が出力されると予想されるので、EDLC3 個を直列で組み 9V 耐圧にした。

一方、実際に組んだ CW 回路は図 1 の入力側に調整用のスライダックトランスを入れ、出力側は無負荷状態とした。充電特性はスライダックで充電電流の最大値を約 1.5A に調整しながらデータロガーによって測定した。

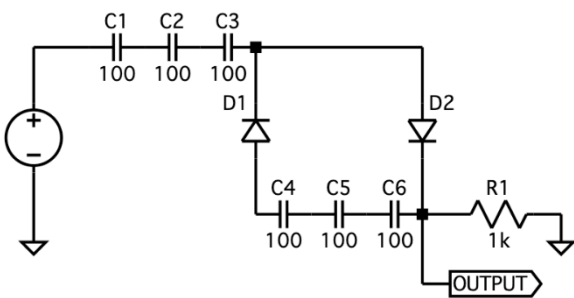


図 1 実験に供した CW 回路

4. 解析結果・実験結果

図 2 はシミュレーションによる充電波形である。交流電圧 3.7V は CW 回路を通して 5.5V になった。負荷抵抗に電流が流れていることもあり、倍電圧

にはならなかったが昇圧できることを確認した。

図 3 は実際に組んだ CW 回路の充電波形（各コンデンサの両端電圧と出力電圧）である。充電電流を制御したことによって充電時間は長くなったが、無負荷なので出力電圧が約 7.4V と理論通りの電圧に昇圧することを確認した。

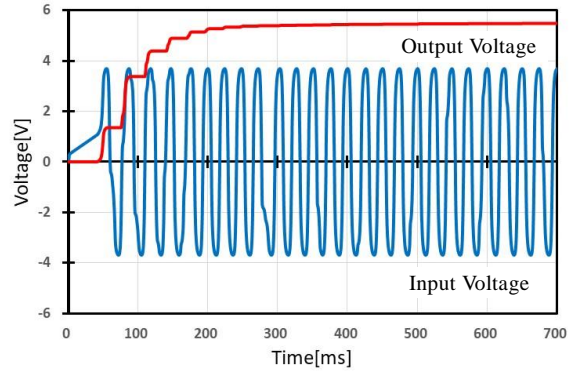


図 2 シミュレーション結果

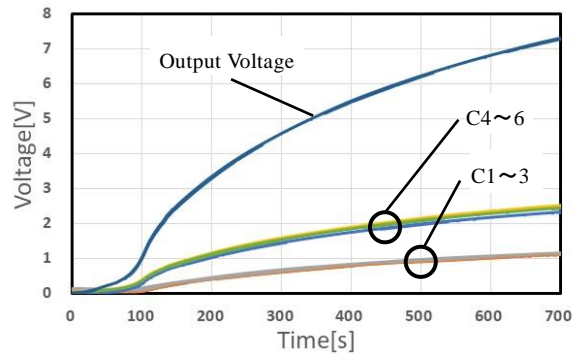


図 3 CW 回路の充電波形

5. 結言

本稿では、交流電池と CW 回路を接続した際の充電波形を示した。シミュレーションでは、電源電圧の倍にはならなかったが、実際に組んだ CW 回路では 3.7V から出力電圧が約 7.4V と理想的な結果を確認した。しかし、実機を組むにあたり初期充電時の電流が大きいという問題点があり、定電流回路を組み込む必要がある。将来的には、交流電池と CW 回路の組み合わせによって小型ドローンを駆動させる予定である。

参考文献

- [1] AC Biode 社 HP, <https://www.acbiode.com/home> (2020/10/19 閲覧)