

3 レベルインバータの電源に交流電池を使用した際の積算有効電力の比較

Comparison of Integrated Active Power when AC Batteries are used as the power source for a 3-Level Inverter

松崎恵太

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：交流電池, インバータ, PWM

1. 緒言

本研究室は、AC Biode 社が開発した世界初の独立型交流電池[1]に付随する諸回路の開発を行っている。独立型交流電池は、負極と正極の間に Biode という独自の両性電極を配置し、外部からのスイッチングで交流波形を出力することが特徴である。独立型交流電池の目的は、両性電極にて分けた電位を交互に使用することで、より多くの電力を取り出すことである。

先行実験では、交流電池を模擬した電源回路をロボットに搭載し、電圧変動を測定する実験を行った結果、放電電圧の変動が緩やかであることを確認した。また、交流電池を模擬した電源回路と DC-DC コンバータを比較した実験を行った結果、交流電池を模擬した電源回路の方がより多く電力を取り出せることがわかった。しかし、実験回数が少ないことや実験条件（リチウムイオン電池の選定、電子負荷の負荷変動時間設定、電流設定）の多面的な検討が不足しているため、多方面からの検証が必要である。さらに、交流出力で使用する実験を行っていないため、交流電池を使用して交流出力した際どのような優位性があるか調査する必要がある。

本実験では、まず交流出力において中間電位を使用した場合の実験を行うため、2 レベルインバータと 3 レベルインバータ（T-NPC 型）の製作を行う。Biode を使用しない 2 レベルインバータと Biode を使用する T-Neutral Point Clamp (以下 T-NPC)

型 3 レベルインバータでバッテリーの放電実験を行い積算有効電力量の比較を行う。

2. 実験に使用する回路の製作

比較実験に使用する回路の製作を行う。図 1 にゲートドライブ回路を示す。TLP-250 を使用し、制御側との絶縁、およびゲートドライブを行う。ゲートドライバの電源は絶縁型 DC-DC (MCW03-05D12) を使用した。ロジック反転とデッドタイム生成のためゲートドライブ IC (IR2003) を使用した。図 2 に 2 レベルインバータの回路図を示す。図 3 に T-NPC 3 レベルインバータ回路を示す。両回路ともスイッチング素子は MOS-FET (サンケン電気製 FKI06075) を使用した。制御用の PWM 信号生成には Arduino MEGA を使用した。位相基準 PWM モードで三角波キャリアベース PWM[2]の生成を行った。キャリア周波数は 1kHz、変調波は 50Hz となるようプログラムした。また、電圧に関しては 0~100%で可変できるようにした。

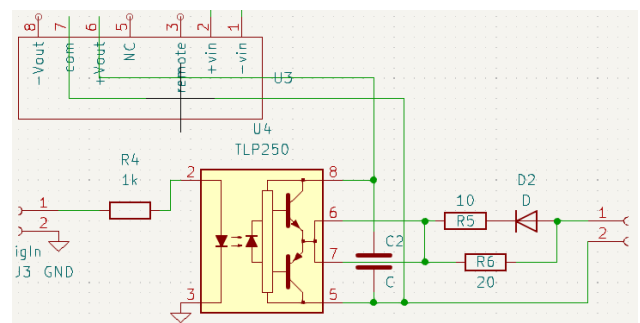


図 1 ゲートドライブ回路

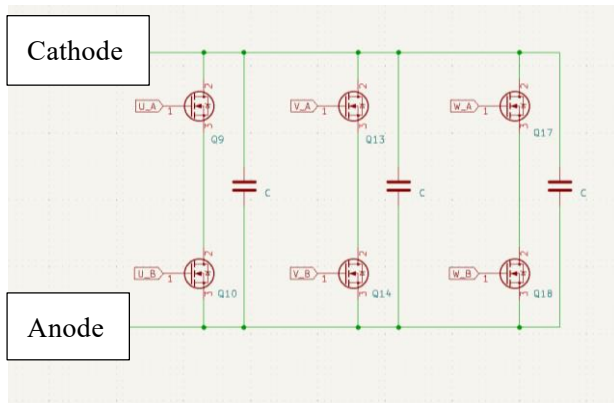


図 2 2 レベルインバータ回路

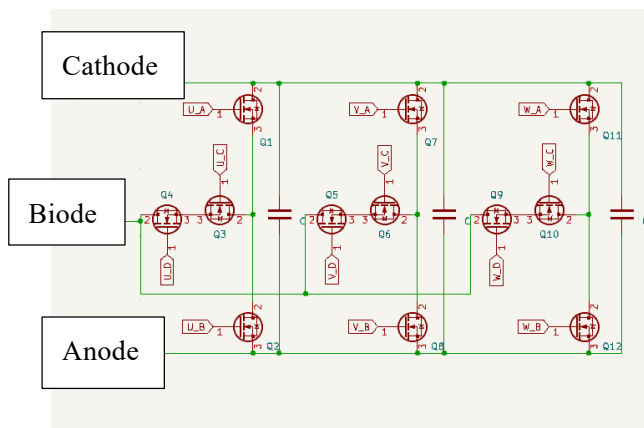


図 3 T-NPC 型 3 レベルインバータ回路

3. 実験方法

製作した 2 レベルインバータと 3 レベルインバータを使用して放電実験を行う。バッテリーは SONY 製 18650 リチウムイオンバッテリー (定格 3.7V 2000mA) を使用する。バッテリーの容量、内部抵抗は事前に測定を行い、特性がそろっているものを使用する。2 レベルインバータで実験を行う際はバッテリーを 2 直列 (7.4V 2000mA) とし、インバータに接続する。3 レベルインバータで実験を行う際は、2 直列 (7.4V 2000mA) した接続点の 3.7V を Biode として扱い、インバータに接続する。負荷は 5Ω のセメント抵抗をデルタ結線したものを使用した。そのため、皮相電力と有効電力が等しく、力率は 1 として考える。しかし、測定の関係上、1 相のみの電流・電圧をメモリハイコーダ (HIOKI MR6000) で測定を行った。メモリハイコーダの設定は、サンプリング数 20kS/s、ポイント数 67, 108, 800 とした。電圧の設定は、2 レベルインバータ、3 レベルインバータともに 80% の変調となるように設定した。

4. 実験結果

表 1 に 2 レベルインバータ、および 3 レベルインバータで放電実験を行った結果を示す。結果から交流出力有効電力量は 2 レベルインバータ : 15.993Wh, 3 レベルインバータ : 15.816Wh であり、2 レベルインバータが約 0.2Wh 多い結果となった。また、直流入力電力量から効率を算出した結果、2 レベルインバータ 88.262%, 3 レベルインバータ 87.485% と 2 レベルインバータが約 1% 高効率という結果となった。理由として、3 レベルインバータでは 2 レベルインバータと比べ素子の使用数が多く、オン抵抗やスイッチング損失が増加したのだと考える。

表 1 放電実験の結果

	3-Level Inverter	2-Level Inverter
DC Input Power Amount [Wh]	18.079	18.121
AC Output Active Energy [Wh]	15.816	15.993
Efficiency [%]	87.485	88.262

5. 結言

本稿では、2 レベルインバータと T-NPC 型 3 レベルインバータの製作を行い。その後、Biode を使用しない 2 レベルインバータと Biode を使用する T-NPC 型 3 レベルインバータでバッテリーの放電実験を行い、積算有効電力量の比較を行った。その結果、今回の実験では Biode を使用しない 2 レベルインバータの出力有効電力量が多い結果となった。3 レベルインバータは、2 レベルインバータと比較して高調波を抑制できることから、高効率化を図ることで、交流電池の利用用途の拡大に寄与できると考えられる。

今後は、オン抵抗の低い素子に変更して高効率化を行うとともに、他の手法の検討も行う。

参考文献

- [1] AC Biode 社: 「AC BATTERY SYSTEM」, <https://www.acbiode.com/ac-battery.html> (2023/10/12 閲覧)
- [2] 東芝: 「インバータ DC-AC 変換」, https://toshiba.semiconstorage.com/info/application_note_ja_20180726_AKX00012.pdf?did=61545 (2021) (2023/10/22 閲覧)