

実機による全波整流型コッククロフト - ウォルトン回路 の高周波駆動に関する一検討

A Study on the Full-Wave Rectification Type Cockcroft-Walton Circuit
of Multistage Connection at High Frequency Driving

中川湧貴
指導教員 米盛弘信

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：全波整流型 CW 回路, 電源回路, 高周波スイッチング, 直流高電圧

1. はじめに

コッククロフト-ウォルトン (CW: Cockcroft-Walton) 回路は, 交流電圧を直流高電圧へ容易に変換できるが, 出力電流の低下が問題である. 全波整流型 CW 回路は, 半波整流型 CW 回路に比べて充電回数が倍になる為, 出力電流の増大とリップル率の改善が可能である^[1]. また, 回路の高周波化により電圧降下の低減, 電流値の増大, 及びリップル率の改善が確認されている^[2]. 一般的に CW 回路は, 段数を増やすことで高電圧を生成可能である. そこで本研究室では, CW 回路を応用した太陽光を模擬する PV モジュール用のパワー LED 式室内実験用光源を実現する研究を続けている. 光源の実現にあたり, 商用電源 100V-50Hz (or 60Hz) で駆動を目指す. 使用するパワー LED の駆動条件は, 電圧: 300V, 電流: 600mA, リップル率: 1%未満である.

図 1 は, 全波整流型 CW 回路にスイッチング回路を付加し, 商用周波数から kHz オーダーへ高周波変換する提案回路を示す. 先行研究^[3]では, 電子回路シミュレータを使用し, スwitching回路を付加した CW 回路の段数を変動させた際の実出力電圧と出力電流を明らかにした結果, CW 回路 2 段で目標値に到達した. 次の実験として, 実機で多段接続した全波整流型 CW 回路の特性を明らかにする必要がある. そこで著者は, 実機で全波整流型 CW 回路を高周波駆動させた場合の出力特性を測

定する.

本稿では, 実機で全波整流型 CW 回路 4 段を高周波駆動した際の出力 $I-V$ 特性を明らかにする.

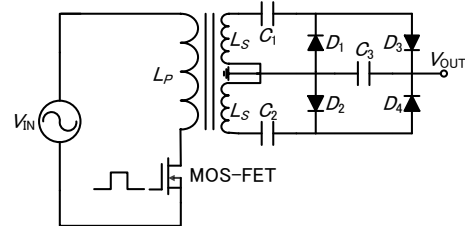


図 1 スwitching回路を付加した全波整流型 CW 回路

2. 回路動作

本回路は, トランスを介して全波整流型 CW 回路に電力を伝達する方式を採用している. 本実験では, 全波整流型 CW 回路 4 段を接続することで高電圧を得る. また, 出力電流増大のためスイッチング回路を付加して CW 回路を高周波駆動する. 高周波交流は, MOS-FET を Duty 比 10% の 10kHz パルスで駆動することによって発生させる. ゲート回路は, フォトカプラ (TLP250) を使用し, トランスの巻き数比は 1:1.5:1.5 とした. 一般的に自己インダクタンス L_P をスイッチングすると, 大きなサージ電圧が発生し, MOS-FET の D-S 間に加わる. このサージ電圧が MOS-FET の耐圧を超えた場合, MOS-FET が破損してしまう可能性がある. これを防止するため, サージ電圧を吸収する役割を持つスナバ回路を MOS-FET の D-S 間に挿入した.

3. 実験方法

図 2 は、4 段接続した全波整流型 CW 回路を示す。本実験では、実機で全波整流型 CW 回路 4 段を高周波駆動させた際の出力電圧と出力電流を明らかにする。本実験は、実機で高周波変換を確認するため直流安定化電源を用いて電源電圧:20V 一定とし、安全に配慮した上で回路動作を確認する。また、生成するスイッチング周波数は、10kHz 一定として高周波数に変換する。全波整流型 CW 回路の段数は 4 段において、負荷抵抗 100Ω~1kΩ を 100Ω ステップで変動させて測定を行った。出力電圧と出力電流は、負荷抵抗の両端波形から導出した。

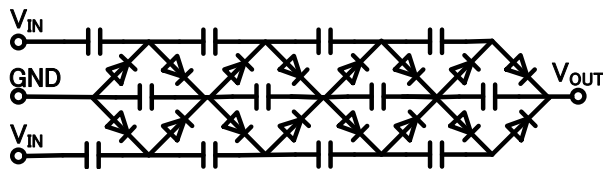


図 2 4 段接続した全波整流型 CW 回路

4. 実験結果

図 3 は、全波整流型 CW 回路 4 段の負荷抵抗を変動させた際の出力 $I-V$ 特性である。図 4 は、負荷抵抗 1kΩ 時の高周波トランス 1 次側と 2 次側の波形を示す。図 3 より、負荷抵抗 1kΩ 時の出力電圧:17.1V, 出力電流:16.1mA となった。また、図 4 より、高周波トランス 2 次側の波形に大きな歪が確認された。さらに、1 次側が 21.2V に対して、2 次側が 1.07V となった。

5. まとめ

本稿では、実機で全波整流型 CW 回路 4 段を高周波駆動した際の出力 $I-V$ 特性を明らかにした。

結果より、電源電圧:20V に対して CW 回路 4 段時で想定される昇圧比にならない結果となった。この原因として、高周波トランス 1 次側と 2 次側の波形から考えた結果、CW 回路に正しく電力を伝達できていないことが判明した。本実験では、入力パルスの矩形波高周波成分が今回使用する正弦波用高周波トランスにおいて大きな損失が生じたと考えられる。改善案として、提案回路に LC 並列共振回路を挿入してスイッチング回路で生成した矩形波から正弦波に変換し、トランスに高周波成分を入力することが挙げられる。

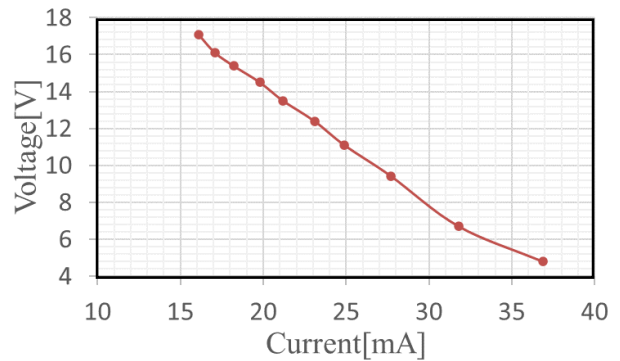


図 3 負荷抵抗を変動させた際の出力 $I-V$ 特性

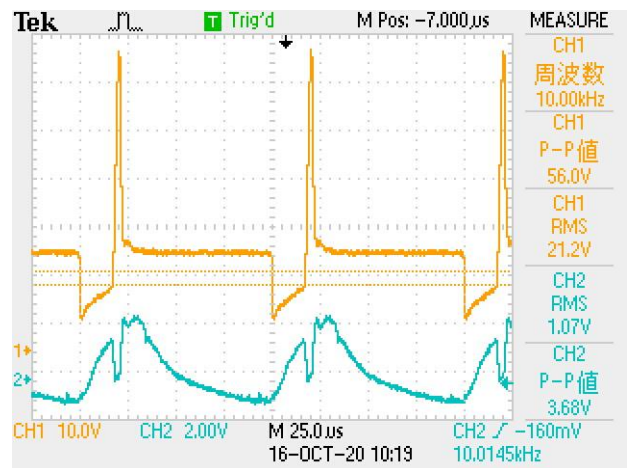


図 4 高周波トランス 1 次側, 2 次側波形

参考文献

- [1] 幅野岬太, 大島穂高, 米盛弘信:「コッククロフト-ウォルトン回路の電流増大に向けた一提案-半波整流型 CW 回路と全波整流型 CW 回路の性能の比較-」第 9 回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集, pp.96-97 (2017)
- [2] 大島穂高, 幅野岬太, 米盛弘信:「コッククロフト-ウォルトン回路の電流増大に向けた一提案-入力周波数と出力電流の関係-」第 9 回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集, pp.98-99 (2017)
- [3] 中川湧貴, 米盛弘信:「シミュレータによるスイッチング回路を付加した全波整流型コッククロフト-ウォルトン回路の動作解析」2020 年(第 38 回)電気設備学会全国大会講演論文集, p.4-5, A-3

謝辞

高周波トランスや素子をご提供頂いた株式会社ニッシンのご関係の皆様にご感謝致します。