

昇降圧コンバータの設計・製作及び教育教材への応用

AE22098 小田愛花

指導教員 藤田吾郎

1. はじめに^[1]

日本政府は 2050 年までに温室効果ガス排出量を全体としてゼロにする「カーボンニュートラル」の達成を目指しており、その実現手段として再生可能エネルギーが注目されている。中でも自然災害が多発する昨今、太陽光発電と蓄電池を組み合わせたシステムが、停電時のバックアップ電源として期待されている。

そこで本研究の目的は、大学で太陽光発電システムを学ぶことができる環境を構築し、将来の太陽光発電システムを扱う電力技術者を育成することである。本研究では、パワーコンディショナ(Power Conditioning System : PCS)に接続される手前の DC-DC コンバータ(SEPIC コンバータと ZETA コンバータ)の設計と製作をした。完成した教育用実験基板を図 1、図 2 に示す。



図 1 教育用 SEPIC コンバータ

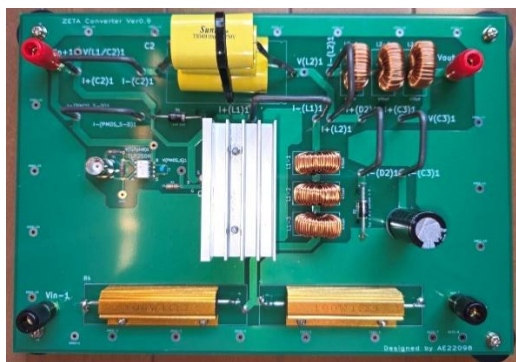


図 2 教育用 ZETA コンバータ

2. 太陽光発電システム

2.1 システム構成^[2]

図3に太陽光発電システムの構成図を示す。太陽光発電システムは、主に太陽電池モジュール(PV)、接続箱、PCS、蓄電池の 4 つから構成されている。まず、太陽電池モジュールで太陽の光エネルギーを電気に変換する。

変換された電気は、DC-DCコンバータを通して一定の直流電圧に変換してからPCSに送られる。送られた直流電力はPCSによって、家庭で使用されている交流電力に変換される。

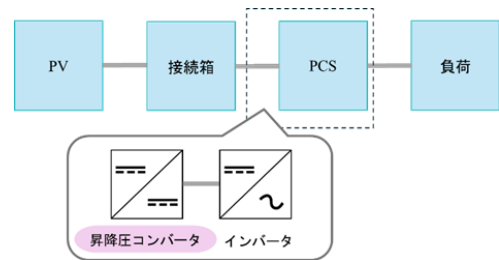


図3 太陽光発電システムの構成

3. SEPIC コンバータと ZETA コンバータ^[3]

今回、昇降圧コンバータとして ZETA コンバータと SEPIC コンバータの 2 種類のコンバータを製作した。一般的に用いられる昇圧チョップと降圧チョップを組み合わせたコンバータに比べ、出力電圧のリプルが小さいことや、入力と出力の極性が一致しているなどの特徴を持っている。本回路が汎用性、効率性に優れ、また ZETA コンバータ、SEPIC コンバータについても回路を通して学ぶことができると考え採用した。

実際に製作した回路を図 4、図 5 に示す。この回路図において、左側を入力で右側を出力としている。

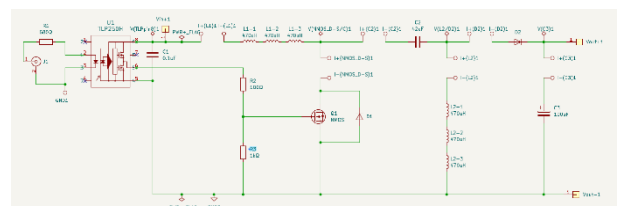


図 4 SEPIC コンバータ基板回路図

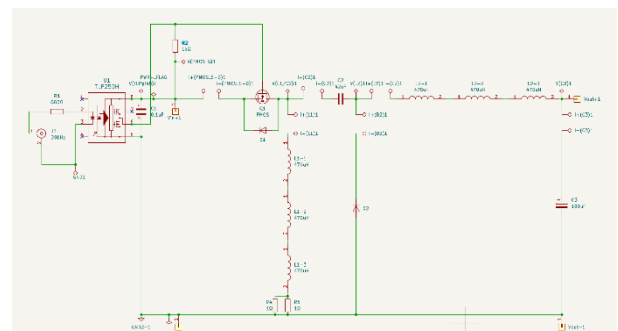


図 5 ZETA コンバータ基板回路図

4. 昇降圧試験

4.1 試作回路試験

図6、図7にSEPICコンバータとZETAコンバータの試作回路を示す。これらの回路に直流安定化電源を入力として昇降圧回路につなぎ、ファンクションジェネレータで20 [kHz]、 $V_{Low} = 0$ [V]、 $V_{High} = 5$ [V]の矩形波を出力し、出力側に電子負荷装置をつなぎ、100 [Ω]の負荷をかけて実験した。

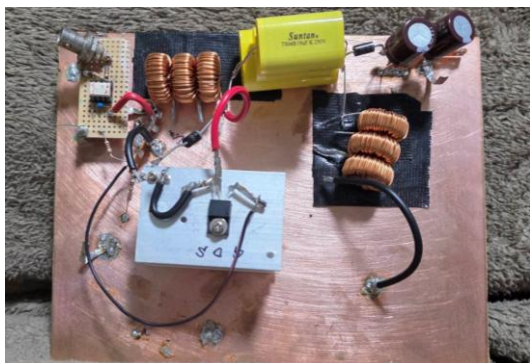


図6 SEPICコンバータ試作回路

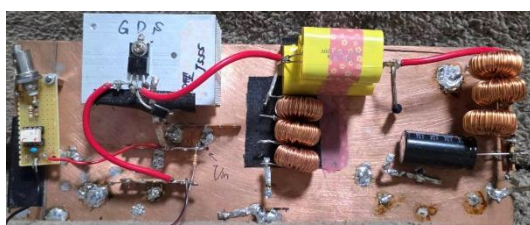


図7 ZETAコンバータ試作回路

4.2 出力電圧

図8にデューティ比における出力電圧の変化を示す。ZETA、SEPICコンバータともにデューティ比によって出力電圧がコントロール出来ていることを確認できた。

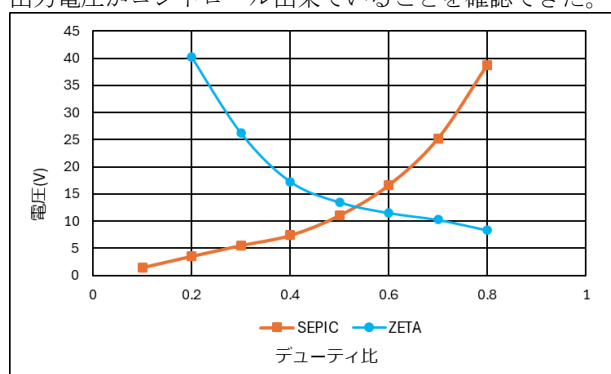


図8 デューティ比による出力電圧変化

5. 実験基板製作

5.1 基板設計

基板の設計にはKiCadを使用した。完成したデータは株式会社ユニクラフトに送付し、基板製作の発注をした。

図9、図10に発注した2つの基板設計図を示す。この

基板設計の特徴は、基板の構造が見えやすい配置にしていることである。BNC端子やフォトカプラの動作回路を左側の一箇所にまとめ、ターミナル端子をできる限り一直線上に配置した。よって、ZETAコンバータ、SEPICコンバータそれぞれ回路構成が見えやすいようになっている。また配線は大電流(最大3[A])、高周波(20[kHz])に対応するため、配線は太くし、角ばらないよう工夫した。

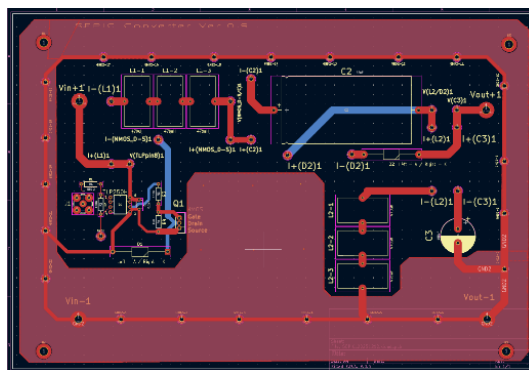


図9 SEPICコンバータ基板設計図

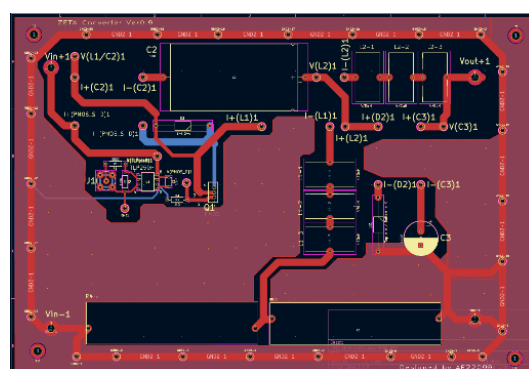


図10 ZETAコンバータ基板設計図

6. まとめ

今後は、完成した実験基板を評価し、必要に応じて修正を加える。また、学生が実験で本基板を使用する際に用いる実験マニュアルを作成する。本基板の製作を通じて、学生に太陽光発電システムを学ぶ環境を提供し、将来、太陽光発電システムを扱う電力技術者の育成につなげる。

参考文献

- [1] ISEP 環境エネルギー政策研究所、「2023年の自然エネルギー電力の割合(暦年・速報)」、最終閲覧日2025/1/24
<https://www.isep.or.jp/archives/library/14750/>
- [2] DS New Energy、「DC-DCコンバータの動作原理と太陽光発電システムにおけるその役割」、最終閲覧日2025/1/24
https://www.matsusada.co.jp/column/column-system_connection.html
- [3] 常田裕士「定番プリント基板設計KiCad入門」、CQ出版社(2025)