

教育用双方向昇降圧コンバータの設計

AE21036 片桐達也

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)と蓄電池を接続するための双方向昇降圧コンバータの設計をし、太陽光発電システムを模したモジュールの製作を行った。完成したモジュールを図1に示す。



図1 教育用双方向昇降圧コンバータ

2. 太陽光発電システム

2.1 システム構成^[2]

図2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、接続箱を通して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。

PCSには蓄電池が取り付けられており、余剰電力を蓄電池に充電する機能が備わっている。このPCSと蓄電池を接続するのが「双方向昇降圧コンバータ」であり、蓄電池への充電時には降圧、放電時には昇圧を行うことで、効率よく蓄電池の充放電を制御している。

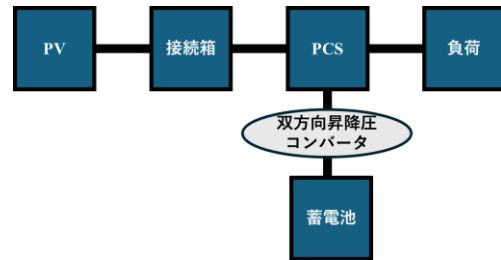


図2 太陽光発電システムの構成

2.2 PCS構成^[2]

太陽電池で発電された直流電力を、DC/DCコンバータを通して電力系統で使える電圧に変換し、インバータを通して家庭や電力系統で使用できる交流電圧に変換する。また、MPPT制御により日射変動があっても最大電力を取り出すことができる。

3. ZETA-SEPIC コンバータ^[3]

今回、双方向昇降圧コンバータとして ZETA コンバータと SEPIC コンバータを組み合わせた、ZETA-SEPIC コンバータ回路を製作した。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双方向コンバータに比べ、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3に示す。この回路図において、左側を入力、右側を出力とした場合が ZETA コンバータであり、逆に右側を入力、左側を出力とした場合が SEPIC コンバータである。

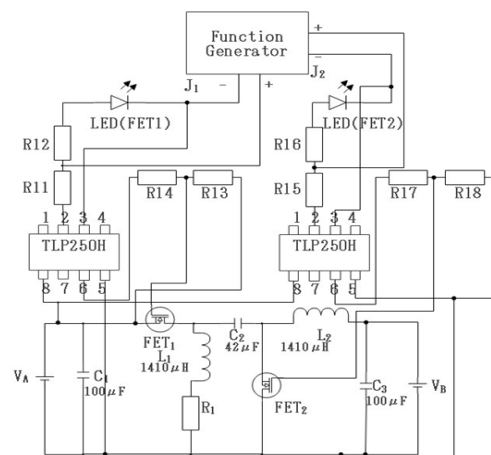


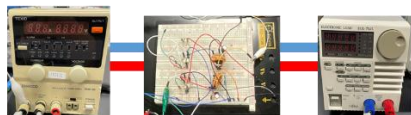
図3 ZETA-SEPIC コンバータ

4. 昇降圧試験

4.1 使用機器

図4に使用機器と昇降圧回路を示す。直流安定化電源を入力とし、昇降圧回路につなぎ、ファンクションジェネレータでPWM波形を出力し、電子負荷装置に出力して電圧を測定した。直流安定化電源から12Vを入力し、電子負荷装置では100Ωに設定した。

(a) 直流安定化電源 (b) 昇降圧回路 (c) 電子負荷装置



(d) ファンクションジェネレータ

図4 使用機器と昇降圧回路

4.2 出力電圧

図5にデューティ比における出力電圧の変化を示す。ZETA、SEPIC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。

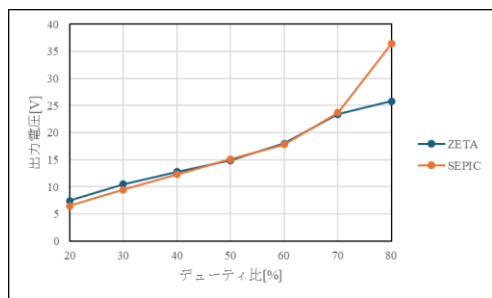


図5 デューティ比による出力電圧変化

5. モジュール製作

本モジュールの特徴は大きく3つある。1つ目は、図6のように三層構造であることだ。上部から順に、ポリカーボネート板、アルミ板、基板で構成され、順に設計を行った。2つ目はモジュール上で回路図や素子の値を確認できるように、ポリカーボネート板に回路図のイラストが印刷されていることである。3つ目は、モジュール正面に窓が付いており、基板が見えるデザインになっていることである。部品の大きさや取り付け方を視覚的に把握することで、学習効率の向上を目指した。

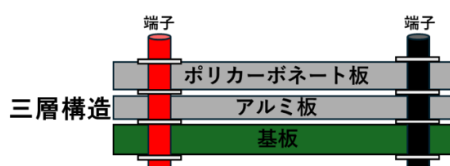


図6 モジュールの構成

5.1 基板設計

基板の製作にはRSコンポーネンツ株式会社が提供する「Design Spark PCB」(以下DSPCB)を使用した。また、部品データをDSPCBに読み込むために「Library loader」というアプリを使用した。完成したデータを株式会社ユニクラフトに送付し、製作した。

図7に発注した基板設計図を示す。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端子とターミナル端子を上下左右に配置し、フォトカプラの動作回路も一箇所にまとめることで、ZETA-SEPICコンバータの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3A)、高周波(20kHz)に対応するため、配線は太くし、角は丸くしている。

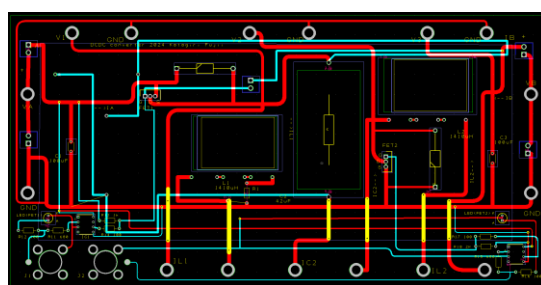


図7 基板設計図

5.2 アルミ板・ポリカーボネート板設計

アルミ板・ポリカーボネート板の製作にはオートデスク株式会社が提供する「AutoCAD」を使用した。完成したデータを、アルミ板はカナエテ株式会社に、ポリカーボネート板は、はざいやに送付して製作した。設計はZETA-SEPICコンバータの回路構成が分かるようにし、BNC端子、ポータブル端子、メータの位置も考慮した。

6. まとめ

今後は、完成したモジュールを評価し、必要に応じて修正を加えていく。また、実際に学生が本モジュールを実験で使用する際に用いる実験マニュアルの製作を行っていく。本モジュールの製作が、学生に太陽光発電システムを学ぶ環境を提供し、将来の太陽光発電システムを扱う電力技術者の育成を可能にした。

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2024/12/20
<https://www.isep.or.jp/archives/library/14750/>
- [2] 松定プレジジョン株式会社、「イチから学ぶ系統連系」、最終閲覧日2024/12/20
https://www.matsusada.co.jp/column/column-system_connection.html
- [3] 平地研究室技術メモ、「SEPIC+ZETA方式双方向DC/DCコンバータ」、最終閲覧日2024/12/20
<http://hirachi.cocolog-nifty.com/kh/files/20140630-1.pdf>