

## 教育用双方向コンバータの設計とその導入に向けた教育アプローチ

電気電子工学専攻

MA23190 村松 泰紀

電力システム工学研究

指導教員 藤田 五郎

## 1. はじめに

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とする。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。完成イメージを図1に示す。製作したモジュールは併学の電気電子工学課程3年次の実験科目で使用する予定である。双方向昇降圧コンバータの働きを理解するために回路シミュレータのPSIMを用いる。安易にインストール可能であること、回路シミュレータを使用したことがない学生にも扱いやすいことがPSIMを採用する理由である。しかし複雑な双方向昇降圧コンバータの仕組みを理解する際、新たに回路シミュレータの取り扱いことは難しい。よって、2年次の実験にPSIMを2024年度から導入した。これにより、コンバータの理解とともに研究室配属時にも円滑にシミュレータを使用していけると考えている。



図1 教育用双方向昇降圧コンバータの完成イメージ

## 2. 太陽光発電システム

〈2・1〉 システム構成<sup>[1]</sup>

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(Photovoltaic :PV)、接続箱、PCS、蓄電池の4つから構成されている。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し、接続箱を通してPCSに送る。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る。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。

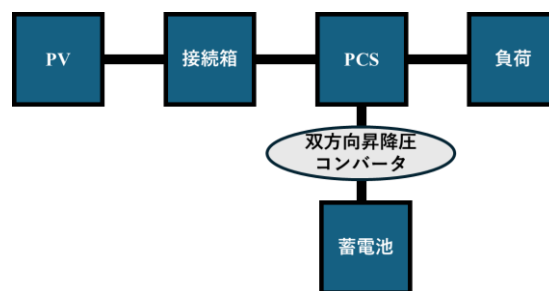


図2 太陽光発電システムの構成

〈2・2〉 PCS 構成<sup>[1]</sup>

図2にPCSの構成を示す。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交流電圧に変換する。

## 3. ZETA-SEPICコンバータ

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。一般的な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、出力電圧のリップルが小さいこと、入力と出力の極性が一致していることなどの特徴がある。本回路が汎用性に優れ、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。

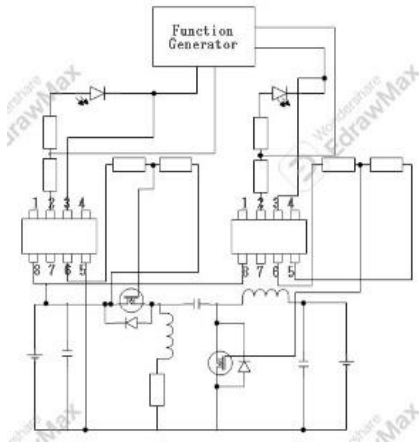


図3 ZETA-SEPIC コンバータ

## 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。

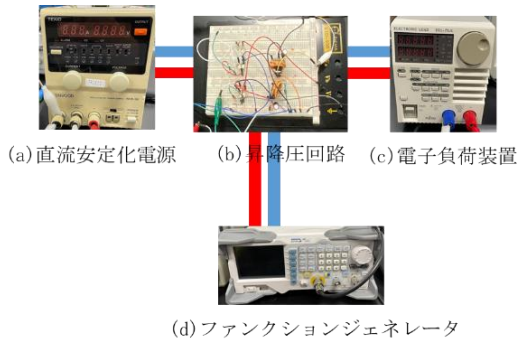


図4 使用機器と昇降圧回路

### 〈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。

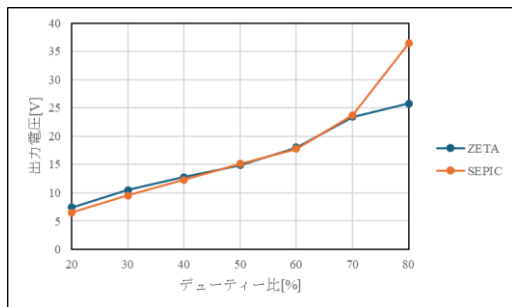


図5 デューティ比による出力電圧変化

## 5. モジュール製作

### 〈5-1〉 基板設計

基板の製作には「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。図6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)に耐えられるように、配線は太くし、角は丸くしている。

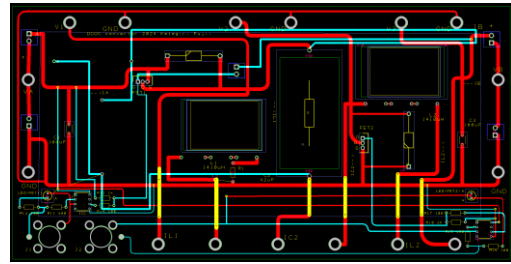


図6 基板設計図

### 〈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。設計はZETA-SEPICコンバータの回路構成が分かるようにし、またBNC端子、ポータブル端子、メータの位置を考慮した。

## 6. まとめ

今後は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。本モジュールを用いて、学生が太陽光発電システムを学ぶことで、将来の太陽光発電システムを扱う電力技術者を育成できると考えている。

## 参考文献

- [1] 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2024/11/15  
[https://www.matsusada.co.jp/column/column-system\\_connection.html](https://www.matsusada.co.jp/column/column-system_connection.html)
- [2] 渡辺電機工業株式会社, 「直流電流用デジタルパネルメータ」, 最終閲覧日2024/11/15  
[https://cdn.askul.co.jp/img/product/3L1/PA87342\\_3L1.jpg](https://cdn.askul.co.jp/img/product/3L1/PA87342_3L1.jpg)

## 代表的な研究業績

- [1] Taiki Muramatsu・Goro Fujita 「Design and Evaluation of Educational Bidirectional Buck-Boost Converters」, SEATUC 2024, pp.179-182
- [2] 村松 泰紀, 藤田 五郎 「教育用双方向降圧コンバータの設計と評価」 令和6年電気学会全国大会4-204-A3