

太陽光発電学習用双方向昇降圧コンバータの設計と計測

AE20054 藤井健人

指導教員 藤田吾郎

1. はじめに

現在、日本政府はカーボンニュートラルの目標を掲げ、再生可能エネルギーの導入が急務となっている。特に、太陽エネルギーは其中でも注目され、2050年までに温室効果ガス排出量をゼロにするための中心的なエネルギー源として位置づけられている。同時に、日本では災害が散発的に発生しており、緊急時の電源として太陽光発電や蓄電池を組み合わせた非常用電源が注目されている。

本研究の目的は、太陽光発電システムをモジュール化し、電力システムに関わる技術者の育成手段として活用し、特に、研究室や大学において太陽光発電について学ぶ環境をより身近にし、理論だけでなく実践的な経験を通じて学生たちに知識を提供することが重要。そのため、本研究では太陽光発電システムのPCSを構築し、大学における実践的な学習環境を整備することを目指している。

2. 太陽光発電システム

〈2・1〉 システム構成^[1]

図1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では、太陽電池が直流を生成し、インバータがこれを交流に変換、発電の余剰電力はバッテリーに蓄積し、PCSが電力供給の制御を担う。これにより、太陽光の変動や需要変化に柔軟に対応できる。モニタリング・制御システムが運用状況を監視し、最適な動作を確保し、直流・交流の変換を通じて、持続可能なエネルギー供給を実現し、環境への貢献を促進する。

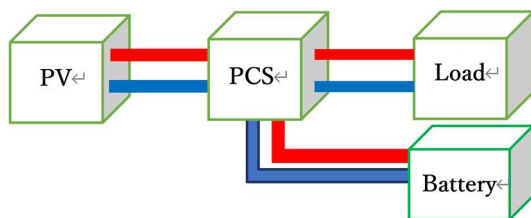


図1 太陽光発電システムの構成

〈2・2〉 PCS 構成

図2にPCSの構成を示す。DC/DCコンバータを用いて電力システムで使える電圧に昇圧し、インバータを通して交流電圧に変換する。制御方式については、主にPWM方式とMPPT方式の2つがある。



図2 PCSの構成

3. ZETA-SEPICコンバータ

図3は今回製作した、ZETA-SEPICコンバータの回路図を示しており、この回路図において、左側を入力、右側を出力としたときに昇降圧できるZETAコンバータ、逆に右側を入力、左側を出力としたときに昇降圧できるSEPICコンバータとなる。用途としては、太陽光発電システムで蓄電池を利用するときに、双方向昇降圧コンバータを用いて降圧で充電、昇圧で放電し、蓄電池を充放電することができる。

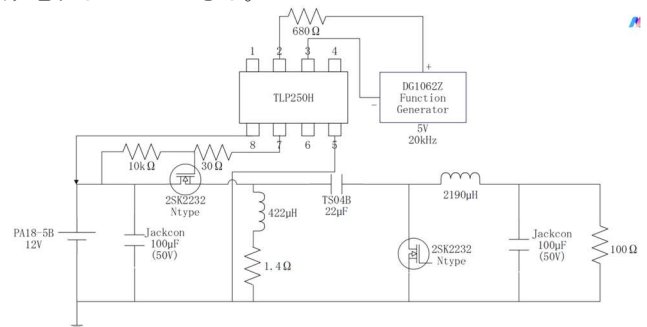


図3 ZETA-SEPICコンバータ

4. シミュレーション

MATLAB Simulinkを用いて製作したSimulink modelを図4に示す。PVパネルの代わりに入力電圧12Vの直流を入力として、デューティ比0.5で昇降圧するシミュレーションを行った。シミュレーションを繰り返し行い、素子の選定を行った。

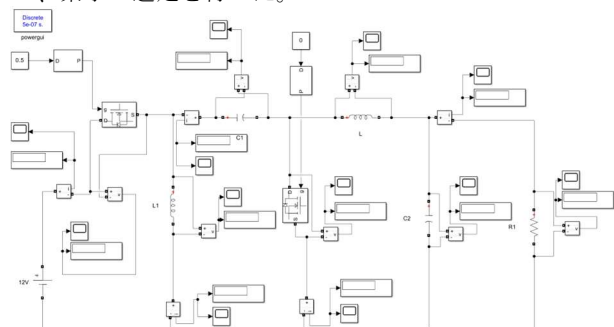


図4 Simulink model

5. 昇降圧試験

基板を製作するにあたって、アールエスコンポーネンツ株式会社が提供している「Design Spark PCB」を利用した。

実際に必要な素子で設計するために、「library loader」というアプリを用いてデータを利用した。

図5にZETA-SEPICコンバータの基板設計図を示す。設計図については、表配線(赤い線)の活用や部品配置を工夫して、可能な限り見やすい基板設計図を作成している。また、電流を最大3A流すことができるように配線を太くしており、電流を測定するための導線を組み込むために抵抗を図に組み込んでいる。

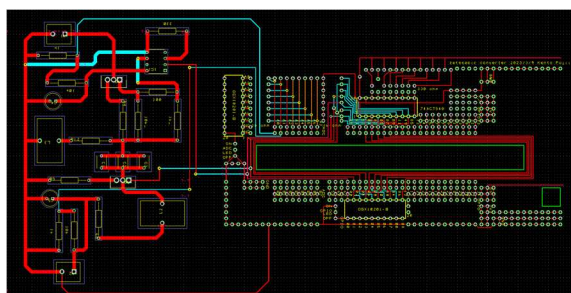


図5 基板設計図

6. 昇降圧試験

〈6.1〉 使用機器

図6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、降圧回路につなぎ、ファンクションジェネレータで入力信号を出力し、電子負荷装置に出力して電流、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)作成基板 (c)電子負荷装置



(d)ファンクションジェネレータ

図6 使用機器と降圧回路

〈6.2〉 出力電圧

入力電圧12V、負荷100Ωで昇降圧試験を行った。

図7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。

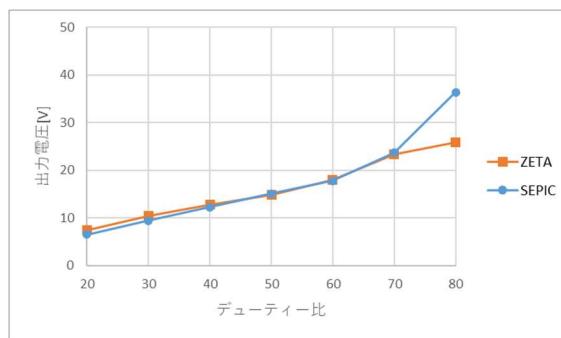


図7 デューティ比による出力電圧変化

〈6.2〉 効率

デューティ比を変更することにより効率の変化を確認した。また、測定時の入力電圧は12V、負荷は100Ωとする。図7にデューティ比による効率の変化を示す。

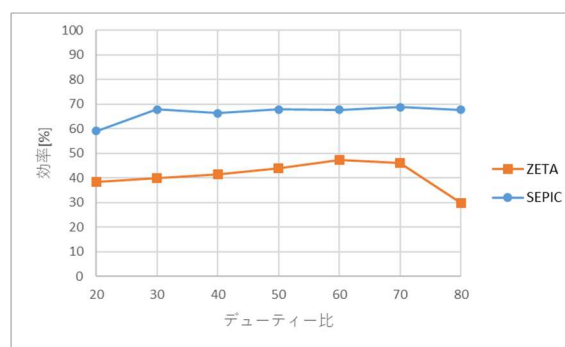


図8 デューティ比による効率の変化

7. 考察

今回は効率の算出を中心に評価を行ったが、一般的な双方向昇降圧コンバータの効率は80~90%であり比較するとZETAでは35%、SEPICでは20%ほど効率が低いという結果となった。原因を追究するためにフォトカプラ、MOSFET、インダクタ、ダイオードの損失を調べる必要がある。

8. まとめ

ZETA-SEPICコンバータの出力結果と効率の算出結果を示した。今後はSEPICコンバータ、ZETAコンバータ単体での製作をし、より効率の高いZETA-SEPICコンバータを製作する。また、各素子の損失などの細かい評価も必要である。

参考文献

- [1] 板子一隆：「太陽光発電システムのパワーコンディショナ入門」，竹生修己，オーム社，(2014)
- [2] 平地克也：「DC/DCコンバータの基礎から応用まで」，電気学会，オーム社，(2018)