

太陽光発電用昇圧型コンバータの製作

AE18012 大野 雅人

指導教員 藤田 吾郎

1. はじめに

現在、日本では再生可能エネルギーに対する注目が高まってきている。その例として、2020年10月に日本は温室効果ガスを2050年までにゼロとするという宣言を行った。その方法として再生可能エネルギーを日本の主力電源にすると発表している。実際に2014年から2020年までに全電力発電量に対する再生可能エネルギーの割合は年々増加している。加えて2030年までに再生可能エネルギーを全電力量の22~24%とすることを目標として掲げている。

また現在、世界中で自然災害の発生件数が増加傾向にある。このような背景から太陽光発電は太陽光パネルと蓄電池を組み合わせた非常用電源としての役割を期待されている。

本研究の目的は PCS の製作。PCS とは太陽光発電をサポートし、電力系統と接続する役目を持つ機器である。PCS を作成することにより大学において太陽光発電システムを試すことが出来る環境を構築、より簡単に太陽光発電について学べる環境を作りたいと考えている。今回は PCS 内の昇圧型コンバータの作成を行った。

2. 昇圧型コンバータ

2.1 昇圧型コンバータとは

太陽光パネルから入力される電圧を理想の電圧に昇圧する役割を持っている。太陽光パネルはその性質上不安定であるため、電圧を制御しより大きい電力を得ることができるようになる必要がある。今回は PWM 信号を用いる定電圧方式で行う。これを PWM 方式という。

2.2 主構成

図1にシステムの構成図を示す。パワーステージと制御部で構成されており、制御部は電圧検出+誤差増幅位相補償+PWM+ゲートドライバで構成されている。

制御部の動作は出力電圧を検出し、基準電圧と比較したのち、誤差増幅位相補償により増幅されてコンパレータに入力される。そして三角波と比較され、それに見合った時比率のパルス信号が生成され、ゲートドライバを通してスイッチング素子に入力される。

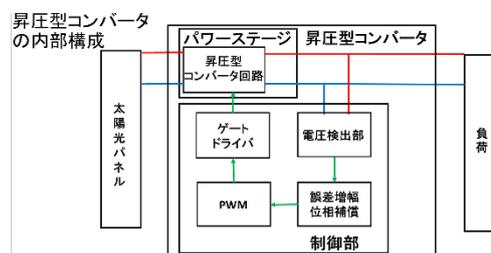


図1 システム全体の構成

2.3 昇圧型コンバータの動作

図2に昇圧型コンバータの回路図を示す。この回路は PWM 信号のオンオフの繰り返しによって入力電圧を目的の出力電圧に昇圧する回路である。

オン状態では回路は MOSFET が短絡するので回路はインダクタと抵抗の直列接続と同様の動作をする。インダクタに入力電圧が印加しエネルギーが蓄えられ、電流が上昇する。出力側はコンデンサに蓄えられたエネルギーによって出力電圧が維持される。

オフ状態では MOSFET が開放する。インダクタは蓄えられたエネルギーを放出する電源と等価になり、回路は抵抗とコンデンサの並列接続と等価になる。よってコンデンサにエネルギーが蓄えられ、電圧が上昇し、電流が減少する。

この繰り返しによって昇圧された出力電圧と出力電流が維持される。[1]

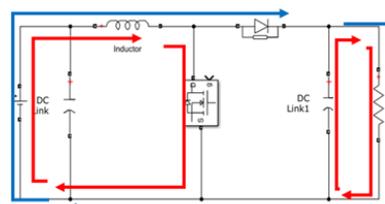


図2 昇圧型コンバータ

3. 製作手順

3.1 設計

初めに元となる仕様を決める。表1に今回考える仕様を示す。この値は現在利用している太陽光パネルの I-V 曲線から導き出したものである。

ここから回路に必要なインダクタやコンデンサの必要数値を算出し、それを基に実際の素子を探していく。そして実際の素子の値を用いて再計算を行い、妥当であるか確認する。[2]

そしてこれらの値を基にシミュレーションを行い、その動きが妥当であるかを確認する。電圧と電流の変動範囲が0.9%と十分に小さいことを確認できた。

表1 仕様

出力電圧 V_{out}	17.22V
出力電流 I_{out}	2.238A
入力電圧 V_{in}	15±2V
スイッチング周波数 f_s	100kHz
出力リップル電圧 ΔV_{out}	172mV

3.2基板デザイン

次に基板の作成を行う。これにはアールエスコンポーネンツ株式会社が配信している「Design Speak PCB」(以降 DSPCB)を利用した。

必要な素子呼び出し、回路を組む。「library loader」というアプリを使うことで実際にある素子のデータを利用できる。この回路を図3に示す。

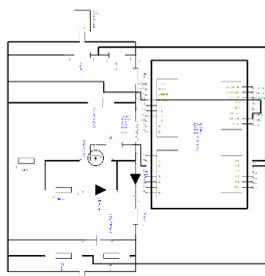


図3 DSPCB 回路図

次に回路を基板に製作していく。本研究では PWM 信号を利用するために基板にそれを発信する C2000 を設置する場所を設けた。それを踏まえて図4のような基板設計を行った。図5に製作した基板を示す。

本研究では C2000 の基板の左側に昇圧型コンバータの回路を分けて設置した。理由としては、昇圧型コンバータに流れる電流は最大3A であるが、これは C2000 の回路においてかなり大きい電流であり、その影響をなるべく減らすためお互いを分けて基板を設計した。また昇圧型コンバータはその電流に耐えられるように配線を最大電流の約2倍以上に耐えられるように太くした。その他にも素子の大きさを変更し、可能な限り小型化するようにした。

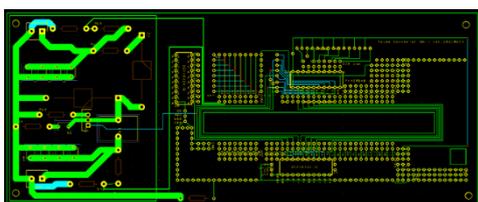


図4 基板設計図

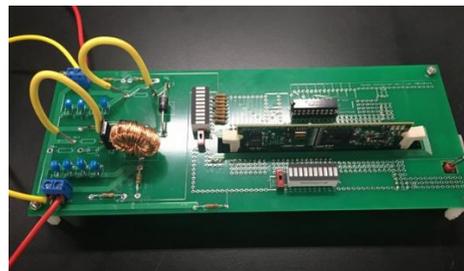


図5 製作した基板

4.実験

試作した基板を使い、実際に太陽光発電模擬実験を行った。測定した出力電圧と出力電流の波形を図6に示す。表2に測定値を示す。

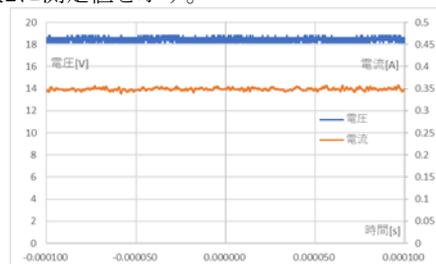


図6 出力電圧と出力電流の波形

表2 出力電圧値と出力電流値

	電流[A]	電圧[V]
平均値	0.349	18.5
リップル[%]	5.59	3.25

電圧は18.5V に昇圧できており、リップルは妥当な範囲に収まっていることが確認できた。結果として高効率での動作を確認できた。

6.まとめと今後

本研究では、太陽光発電における電圧制御を行う昇圧型コンバータを製作した。今後は昇圧だけでなく降圧も出来る昇降圧型コンバータの製作を考えている。しかし制御が難しいためソフト面での習熟が必要となってくる。よって今後は昇降圧型コンバータの設計と制御などソフト面について学んでいきたい。

参考文献

- [1] 平地 克也,「DC/DCコンバータの基礎から応用まで」、オーム社,2018
- [2] 馬場 清太郎,「電源回路設計 成功のカギ～要求仕様通りの電源を短時間で設計できる」,CQ 出版社,2009