

三相インバータを用いたモジュール実験の提案

AE22002 永井楓斗

指導教員 藤田吾郎

1. 背景・目的

近年、世界的に脱炭素社会の実現が急務となっており、日本政府も2050年カーボンニュートラルの実現に取り組んでいる。それに伴い電力系統がより複雑化になり電力技術関係者の需要が増加している。電気・電力業界では、少子高齢化による技術者の不足が懸念されており、高度な専門知識と実践的な技術を備えた人材の育成が重要な題となっている。

こうした課題の解決のため、電力変換や制御の基礎から応用までを段階的に学べる教育体系を整えることは、将来の電気系技術者を育成するうえで大きな意義を持つ。特に三相インバータは産業機器、再生可能エネルギー設備、パワーエレクトロニクス分野など幅広く用いられており、その動作原理や制御手法を理解することは電気工学を学ぶ学生にとって欠かせない学習内容である。

本研究では、三相インバータを実験モジュール化し直流から三相交流を生成するプロセスや基本的な制御手法を実践的に学習できる教育プログラムを構築する。

2. モジュール型電力系統実習装置^[1]

モジュール型電力系統実習装置は既存の電力系統実習装置とは異なり、コンパクトな箱型である。既存の市販品である大型の実習装置は非常に高価であり、また改造が困難であるため様々な実験に対応する柔軟性に欠けている。これらの問題を踏まえ作成された実習装置が図1に示すような、モジュール型電力系統実習装置である。

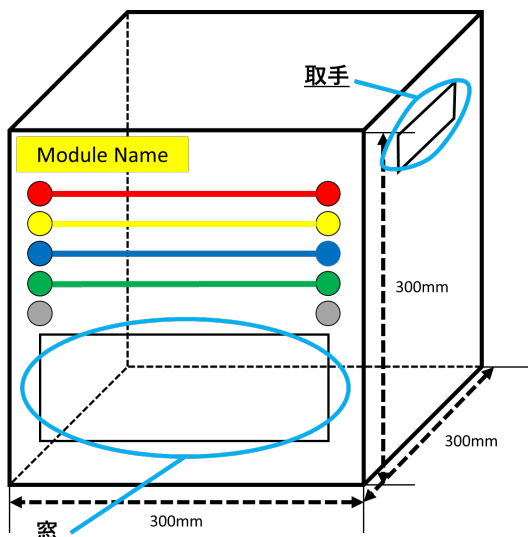


図1 モジュール型電力系統実習装置の規格

3. 学習用教材としてのインバータの提案

3.1 三相インバータを用いる目的

パワーエレクトロニクスにおいてインバータは基本的かつ重要な要素である。そのため実験を通して動作原理や特性を確認することで、学習時の内容の定着と理解の深化を目的としている。特に三相インバータは単相インバータと比べ構成が複雑であるものの構造や制御の基本原理は明瞭であるためより高い学習効率が見込まれる。また、実験においてオシロスコープ等を使用し電圧・電流の測定や波形解析を行うことで計測スキルを実践的に習得できる点も利点として挙げられる。

以上の理由から、本研究では大学学部レベルの学生実験での使用を目的とした学習用教材として三相インバータを用いたモジュール実験を導入することを提案する。

3.2 搭載する機能

三相インバータモジュールは学生実験での使用を想定しているためインバータに対する理解促進は必須である。そのためPWM、デッドタイム生成回路を取り付け入力する周波数や波形を変化させることでさまざまな実験や考察が行えるように設計した。PWM生成回路を図2に示す。

また、ファンクションジェネレータの仕様上3相目を反転増幅回路で生成している。図3に反転増幅回路の波形を示す。

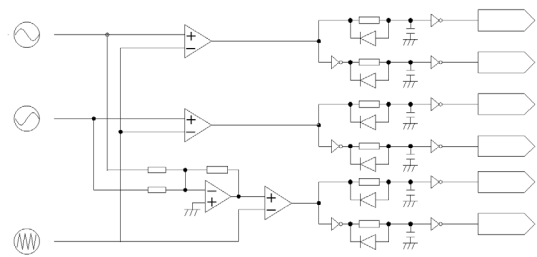


図2 PWM, デッドタイム生成回路

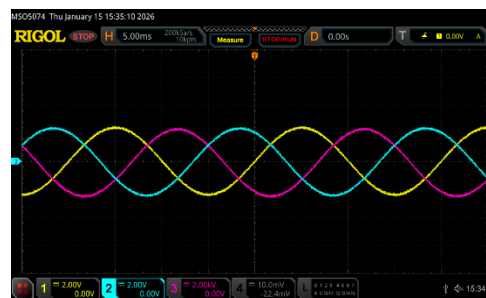


図3 反転増幅回路

3.3 PCBの設計

DPPCBを用いてPWM, デッドタイム生成回路を作成した。設計したPCBを図4に示す。

右の回路はLEDスイッチング回路であり, 後述するようにインバータに送る信号通りに光るように設計したのになっており, 基板を切って使用する。

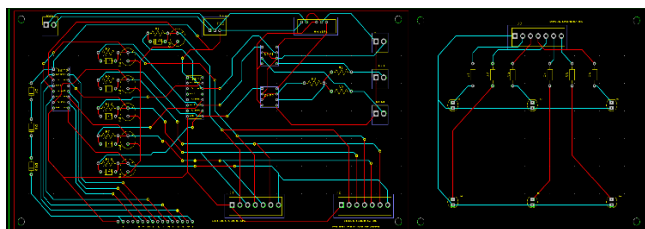


図4 PCB (左側: Main回路 右側: LEDスイッチング回路)

3.4 パネルの設計

正面パネルはAuto CADで図面を作成し, Adobe illustratorでデザインを行った。パネル上部はLEDスイッチングを視認でき, 低周波時に空いた穴からLEDの光が確認できるように設計した。下部はPWM, とデッドタイム生成回路を理解できるような回路を載せた。また, 各種機器との接続や計測が理解しやすいデザインとなっている。正面パネルイラストを図5に示す。

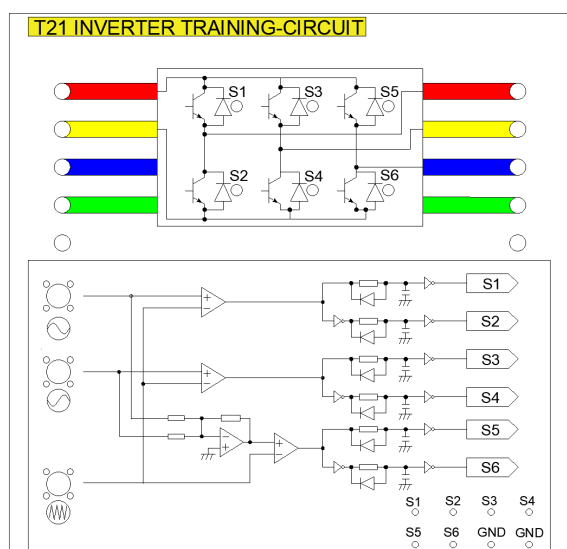


図5 正面パネルイラスト

4. 実験・評価方法

4.1 実験方法

本モジュールと直流電源機, 三相モータを用いた直流から三相交流への変換実験を主に行う。併せて入力する電圧や周波数の条件により変化するLEDのスイッチングやモータの動作を体感することで動作に理解を深めさせ

る。また, 回路上では理解が難しくなってしまう反転増幅回路やデッドタイム生成回路についてもブレッドボード上での動作確認を行う。このような実験内容は, 段階的な理解を促す教育プログラム構成が有効であるとの報告^[2]を参考に設計した。

実験は事前・実験中・事後の3つに分けて以下のように教育プログラムを構築している。

- (1) 事前ではPWM信号の生成方法やPSIMを用いた動作原理を事前レポートとしてまとめる。
- (2) 実験中では実施する内容の理解は指示役をつけて安全な実験を実施することで各種計器の使用法を学ばせる。
- (3) 事後では実験を通して取得した各種電圧・電流波形から読み取れる考察・事前シミュレーションとの誤差・単相インバータとの比較等を事後レポートとしてまとめる。

4.2 評価方法

本研究の評価はモジュール実験の学習効果の有用性を知るために事前・事後の2回アンケートを実施する。アンケートはいくつかの設問とそれらに対する5段階評価で構成し, 得られた結果を基に本実験の有用性を検討する。

5. 今後の展望

本研究では三相インバータを学習用教材として用いることを目的とし, 教育実験に適したモジュールの設計及び実験内容の検討を行った。

今後の展望としては学生実験を行う際に学習の助けとなるような実験マニュアルの整備が挙げられる。

また, 学習効果を一層高めることを目標に, 学生実験で得られたアンケート結果から実施予定の実習・試験プログラムの内容を丁寧に調整し, 統一性と実用性を備えた教育カリキュラムへと仕上げていく予定である。これらの取り組みにより, 教育の質を向上させ, 学生が電力システムのしくみや応用技術をより深く理解できる環境の実現を目指す。

参考文献

- [1] 一松祥右, 藤田吾郎, 坂井直樹, 三岡功治「モジュール型電力系統実習装置の提案」日本工学教育会 工学教育 61-2(2013)
- [2] 水口拓弥, 松本和幸, 堀内貴之「ものづくりのための企業内教育(職場内教育)ーパワーエレクトロニクス教育の実施ー」, 電気学会教育フロンティア講演論文集, FIE-13-038(2013)