

課題情報シート

テーマ名 :	電気カートの 作				
担当指導員名 :	皆川 要・麻生 誠	実施年度 :	26 年度		
施設名 :	沖縄職業能力開発大学校				
課程名 :	専門課程	訓練科名 :	電気エネルギー制御科		
課題の区分 :	総合制作実習課題	学生数 :	4 人	時間 :	12 単位 (216h)

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

現在、各自動車メーカーから電気自動車が販売されています。しかし、走行時間や安全面など様々な課題もあり、研究開発の余地が多く残る分野となっています。そこで、本では電気カートの制作を通してものづくりの総合的な実践力・課題解決能力を身に付けます。また、チーム内では情報の共有を行い、コミュニケーション能力を持った技術者を目指します。

【学生の内訳】筐体整備：全員、駆動回路制作：2名、モータ制御プログラム作成：2名

【訓練（指導）のポイント】

電気自動車の基礎知識として既存の動作原理や課題点などを調査し、カートの筐体を用いてモータの駆動方法を習得します。また、機械工作も取り入れ整備面も実習することで総合的なものづくりを体験することができます。その結果、学生自身が1つの製品を作るイメージを持つことができ、興味を持たせることができました。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 沖縄職業能力開発大学校
住所 : 〒904-2141 沖縄県沖縄市池原 2994-2
電話番号 : 098-934-6208 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/okinawa/college.html>

課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

電気カートの製作

沖縄職業能力開発大学校 電気エネルギー制御科

1. はじめに

近年、電気自動車が目玉されており、その仕組みや技術に興味があり本卒研で電気自動車に対する知識を深めたいと思った。また、昨年の九州ポリテックビジョンで電気カートの展示をしており、それを超えるような作品を制作したいと思いこのテーマを選定した。

さらに、モータは高い回転速度を得られることから三相誘導電動機を使用している。しかし、始動電流が大きく、始動トルクが小さいというデメリットがあり、それらの改善点としてインバータ始動が挙げられる。図1は三相誘導電動機の概観図であり、今回使用している電動機の仕様を表1に示す。



図 1. 三相誘導電動機の概観図

表 1. 仕様

種類	三相誘導電動機
型式	SF-JR
定格出力	S" & [kW]
定格回転速度	1710 [rpm]
重量	25 [kg]
極数	4 極

2. 設計・制作

2-1. 車体

車体の制作として以下の事を行っており、概観図を図2に示す。

- ① さび取り
- ② 塗装
- ③ タイヤの組み換え
- ④ ブレーキの取り付け
- ⑤ モータの土台の加工・取り付け
- ⑥ モータとギアの接合
- ⑦ ポテンショメータの加工・取り付け
- ⑧ ロータリエンコーダの加工・取り付け
- ⑨ バッテリーケースの加工・取り付け



図 2. 車体の概観図

2-2. システム構成

図3は三相誘導電動機を駆動させるためのシステム構成である。電動機の駆動電源は昇圧回路を用いずに12[V]バッテリーを24個直列に接続し288[V]を発生させることで電流を増加させトルクを確保している。またマイコンからの制御信号をトランジスタアレイとフォトカプラを通してインバータ回路のIGBTに入力することで制御回路とインバータ主回路を電氣的に絶縁することができる。この入力された信号によってIGBTでスイッチングを行い、誘導電動機を駆動させている。

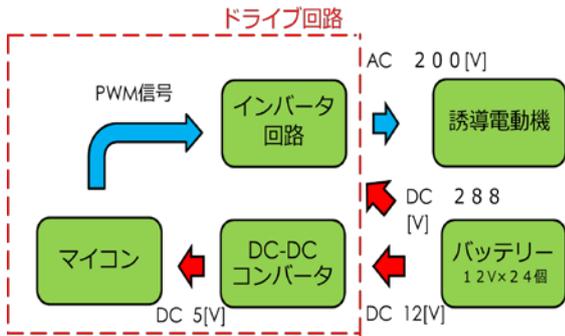


図 3. システム構成

実際に制作したドライブ回路を図 4 に示す。回路を基板化したことで、コンパクトに収める事ができ、回路自体も簡潔になり、故障箇所の特特定も容易に確認できるようになった。

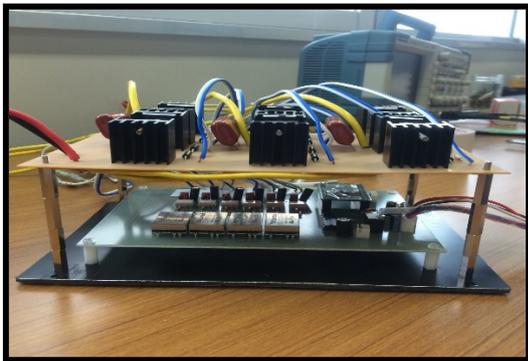


図 4. ドライブ回路

3. ベクトル制御

3-1. 概要

図 5 は直流モータの原理モデルである。

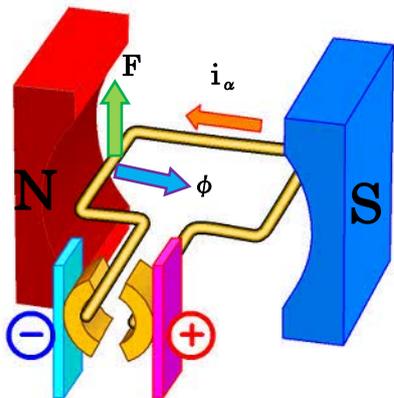


図 5. 直流モータの原理モデル

直流モータのトルク及び速度の制御は磁束 ϕ の方向と電流 i_a の流れる位置と方向がトルク発生 F に最も効果的であるよう構造的に固定され、フレミングの左手の法則がそのまま当てはまり定量的にわかりやすいので、比較的容易に行う事ができる。

一方、交流モータは磁束の大きさ・方向、電流の方向とも、どのようになっているかわかりにくく、直流モータと同等の高速応答制御をすることは難しい。ここで発想を転換して、交流モータの磁束の方向を瞬時に捉えることができると仮定する。さらに、磁束の方向を動かぬ座標系とし、その座標の上で交流モータのトルク発生を考える。そのように考えると、これは直流モータのトルク発生と同じで、磁束の方向と構造的に直交する方向の電流を制御する手段さえあれば、直流モータと同じ制御性能が得られる。これが、交流モータのベクトル制御の発想であり、概観図を図 6 に示す。

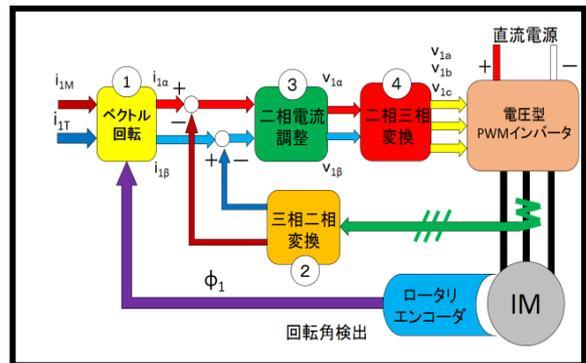


図 6. 概要図

3-2. 各演算部の説明

ここでは、図 6 の概観図に示した①～④の各演算部の説明をする。

①ベクトル回転部

指令値電流である、磁束分電流とトルク分電流を取り込み、ロータリエンコーダからのパルスを用いて求めた角度により、 $i_{1\alpha}$ と $i_{1\beta}$ を算出する。また、今後の制御を容易にするための役割をもつ。

②三相二相変換部

三相巻線では、巻線の相互間で磁気的な結合（相互干渉）があり扱いにくい。そこで、インバータからの三相出力電流を二相巻線分に変換し、磁気的な結合（相互干渉）をなくすためのシステムが三相二相変換部である。

③二相電流調節部

この演算部への入力は、ベクトル回転部と三相二相変換部で得られた電流の偏差となる。その電流を電圧に変換するためのシステムが二相電流調節部である。

④二相三相変換部

二相電流調節部で得られた二相分の電圧 PWM インバータに加えるための三相分の電圧に変換するための演算部である。

3-3. プログラムの内容

実際にプログラムに付加した内容を以下で説明する。

・A/D 変換

A/D0~A/D3 はプログラム内で与えている変数名名である。まず、A/D0 ではポテンシオメータにかかる電圧値 0~5[V] を A/D 変換しプログラム内で 5[V] をマイコンの A/D 変換の最大カウント数である 1024 に変換している。また、A/D1~A/D3 では変流器で 3 相分の電流を 1/120 で取り込み 30[Ω] の抵抗で電圧降下させることによって電圧値として A/D 変換し、前述と同様に 5[V] を最大カウント数である 1024 に変換している。また、A/D 変換した値に 20/1024 をかけることで相電流を検出することができる。

・角度の検出

ロータリーエンコーダの 2 相分のパルスを見コンの位相計数を使用し演算している。ロータリーエンコーダの分解能が 500 であり 2 相のパルスの立上がり立下りを検出することで 4 倍の分解能が得られることからパルス 1 つで 0.18 度の検出が可能である。

・指令値のプログラム化

指令値とは、ポテンシオメータから送られてくる信号を電流に変換したもので、この指令値を制御することによってスピードを調節している。また、図 7 は三相誘導電動機の等価回路となっており、指令値電流は分流の式で求められる。図 7 でいうと相互リアクタンスに流れる電流を磁束分電流 I_m 、2 次回路に流れる電流がトルク分電流 I_t となる。

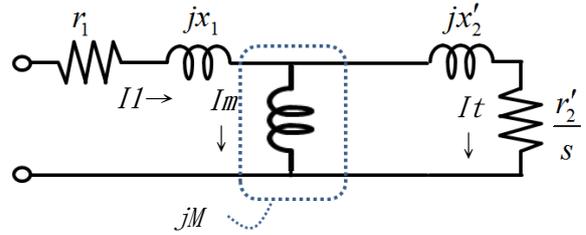


図 7. 三相誘導電動機の等価回路

r_1 : 一次抵抗	r_2 : 二次抵抗
x_1 : 一次リアクタンス	x_2 : 二次リアクタンス
M : 相互リアクタンス	I_1 : 一次電流
I_m : 磁束分電流	I_t : トルク分電流
s : すべり	

4. 評価

4-1. 出力波形

図 8 に制御回路から出力される制御信号を示す。この波形は IGBT 上段に流入する制御信号で、それぞれ 120 度ずつ位相をずらしている。

また、マイコンから出力される制御信号をインバータ主回路に直接入力すると、電圧が足りず IGBT が動作しないため、フォトカプラを通して電氣的に絶縁しながら、15[V] の制御信号に増幅して出力している波形である。

図 9 は上下間の IGBT の制御信号を見たものである。上下間の IGBT が同時に ON になってしまうと、貫通電流（ショートスルー）が流れ危険なため、図 9 に示すように 10[μs] のデッドタイムを設けている。

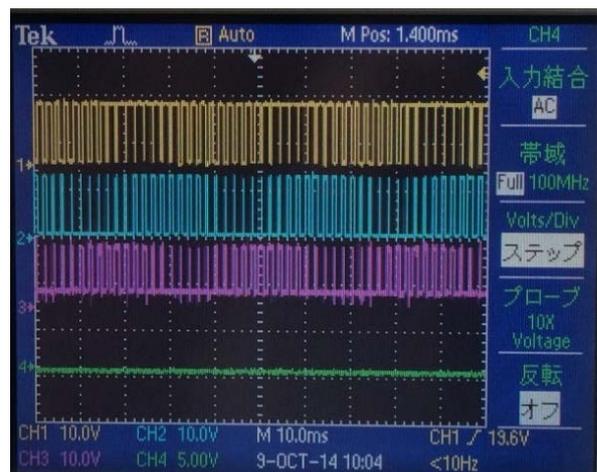


図 8. 制御信号

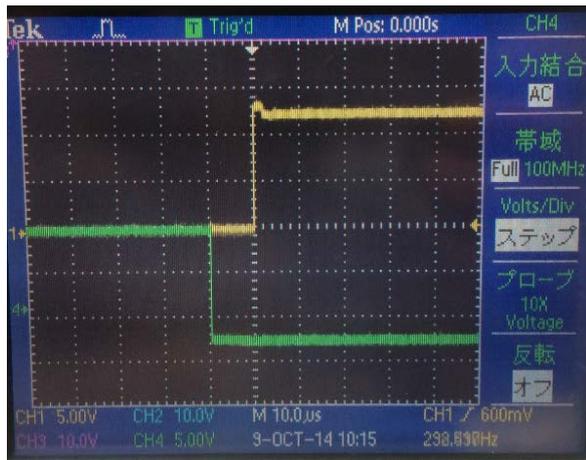


図 9. デッドタイム

図 10 は、IGBT のゲートに制御信号を加え、コレクタ・エミッタ間に 20[V]を加えたときの上から順に U 相・V 相・W 相の出力波形である。図 10 は 1 目盛りあたり 10[V]の波形でありプラスに 1 目盛り、マイナスに 1 目盛りそれぞれ波形が出ていることから、±20[V]の三相交流波形が出力されていることが分かる。

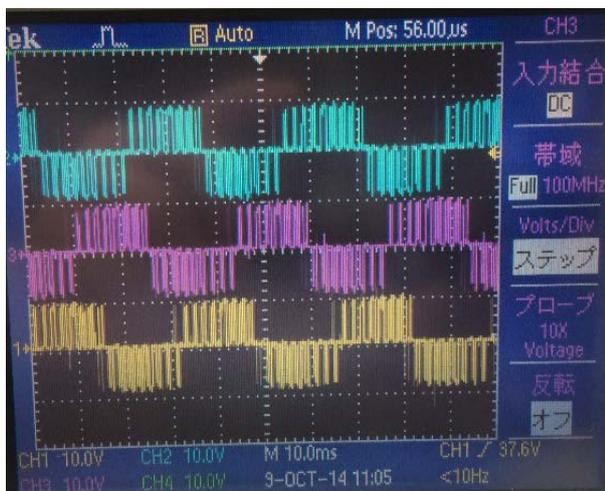


図 10. 三相交流波形

4-2. 測定結果

ベクトル制御が現時点では完成していない為、ここでは、V/F 一定制御での測定結果を表 2 に示す。最大電流は無負荷時、負荷時どちらも同じような結果が得られた。また、無負荷・アクセル 100[%]時の回転数は 1760[rpm]であり、これを速度で表すと 20[km/h]である。今回使用した電動機は定格回転数が 1710[rpm]であるので、定格以上の回転数を得ることが出来たと言える。これに対し、負荷時の同条

件では 5.9[km/h]であり、高速度での走行は出来なかった。しかし、停止時にハンドルを曲げていても始動が出来る程の高いトルクを得ることが出来た。

表 2. 測定結果

	無負荷時		負荷時	
	回転数 [rpm]	最大電流 [A]	速度 [km/h]	最大電流 [A]
アクセル				
始動時	-	2.2	-	1.2
50%	152	4.5	-	4.1
100%	1760	1.93	5.9	2.03

5. まとめ

1年間を通して、主にドライブ回路の制作、ベクトル制御のプログラミングに取り組んだ。成果としてはドライブ回路をプリント基板化し、走行することができたが高速で走る事は出来なかった。また、ベクトル制御については制御信号を出力する事は出来ているが、正しい変調率を与える事が出来ていないため、モータを回す事は出来ていない。

今後は、ベクトル制御のプログラムを改善し、負荷時での高速走行を出来るようにしていきたい。

6. 参考文献

- 森本雅之(2011)『入門インバータ工学』森北出版
 - 百目鬼英雄(2010)『電動モータドライブの基礎と応用』技術評論者
 - 中野孝良(1996)『交流モータのベクトル制御』日刊工業新聞社
 - 『電動機ベクトル制御の基礎 1~5』公益社団法人日本電気技術者協会
- URL <http://www.jeea.or.jp/course/contents/07118/>

課題実習「テーマ設定シート」

作成日：平成26年9月17日

科名：電気エネルギー制御科

教科の科目		実習テーマ名	
総合制作実習		電気カートの制作	
担当教員		担当学生	
○電気エネルギー制御科	皆川要		
○電気エネルギー制御科	麻生誠		
課題実習の技能・技術習得目標			
電気カートの制作を通してものづくりの総合的な実践力を身に付けます。また、チーム内では情報の共有を行い、コミュニケーション能力を持った技術者を目指します。			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
近年、地球温暖化などといった環境破壊が問題となっています。そこで実習テーマとして排気ガスを排出しない電気を動力とした乗り物を制作します。乗り物にはカートを選択し電動機を載せる事を決めました。 小さい子供から大人まで様々な人たちが安全に手軽に楽しめるものを完成目標とし、電気エネルギー制御科で学んだ電動機やマイコン制御等の知識を実践技術として作品に取り込みます。			
実習テーマの特徴・概要			
①誘導電動機及びバッテリーの選定 ②昇圧回路(60~100V → 300V)の設計・製作 ③インバータ回路(0~30Hz)の設計・製作 ④バッテリー充電回路(プラグイン)の設計・製作 ⑤電磁ブレーキと再生ブレーキの設計・製作 また、グループワークを通して、ヒューマンスキル等について学び、社会人としての基本的なスキルを身につけます。			
No	取組目標		
①	実習を通じて幅広い電気関係の知識・技術を習得します。		
②	個人ごとに目標を掲げその目標の達成に向かって創意工夫して取り組みます。		
③	報告・連絡・相談を怠らず作業に遅延を発生させないよう気をつけます。		
④	課題を解決するために必要な情報を収集し、分析・評価して合理的な手順や方法を提案します。		
⑤	各自が与えられた役割を果たし、グループメンバーをフォローし合って、グループのモチベーションを維持します。		
⑥	実習の進捗状況や、発生した問題等については、担当教員へ報告します。		
⑦	材料、工具、機器、部品等については、チェックリストを用いて管理します。		
⑧	グループメンバーの意思疎通を図り、協力体制を構築維持します。		
⑨	図や表を効率的に利用した分かり易い報告書や発表会予稿原稿を作成し、発表会では制限時間内に伝えたい内容を説明します。		
⑩	整理整頓・清潔・身ぎれいに努めます。		