

課題情報シート

テーマ名 :	電動車両の製作				
担当指導員名 :	栗秋 亮太	実施年度 :	27 年度		
施設名 :	関東職業能力開発大学校附属千葉職業能力開発短期大学校				
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】

本制作物では、マイコンの使い方やプログラミング、パワーMOSFET のスイッチング制御方法、機構部の設計、モータや蓄電池の選定などを学ぶことを目標とし、以下の流れで制作を行いました。

- ① 本制作物の事前知識として、マイコンによるパワーMOSFET のスイッチング制御で小型直流モータの可変速を行う仕組みを学習しました。
- ② 機構部の設計を行いました。運転速度などの仕様を決定し、必要トルクなどを計算、モータやスプロケットの選定を行いました。
- ③ 制御部の設計・製作を行いました。①で学習した内容を元にモータドライバを設計・製作し、選定したモータを運転しながら各部の状態を測定、問題点を改良していきました。
- ④ 機体の組み立て・改良を行いました。旋回時にモータの軸に加わるひずみの抑制や、フットプレートの制作など、機体周辺の改良を行いました。
- ⑤ 試験走行を行い、運転状態を計測して仕様を満たしているかを確認しました。

全体を通して、電動車両のソフトおよびハードの両面で製作に関連する分野を学ぶことができました。特に、モータドライバの製作においては、小型モータの運転時には問題がなかった。パワーMOSFET の発熱やサージ電圧による焼損などの問題と対策、その効果を学習することができた点はよかったと思います。

【訓練（指導）のポイント】

製作当初に、本制作物の基礎部分となるパワーMOSFET のスイッチング制御によるモータの可変速制御の手法について、講義と実験を通して学習させました。

制御部の制作については、運転状態を測定器で測定しながら行い、異常のある部分について原因と対策を学生に調査・実験させながら制作を行いました。

総合制作実習の講義の頭毎に各学生の担当部分の進捗状況を確認する時間を設け、問題点について全員で共有するように心がけました。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 関東職業能力開発大学校附属千葉職業能力開発短期大学校
住所 : 〒260-0025 千葉県千葉市中央区問屋町 2-25
電話番号 : 043-242-4166 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/chiba/college/>

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。

電動車両の製作

千葉職業能力開発短期大学校
電気エネルギー制御科
指導教員 栗秋 亮太

要約 電動輸送機器 (EV : Electric Vehicle) は、電気エネルギーを駆動源とする輸送機器である。近年では資源制約や環境問題への関心の高まりを背景に電気自動車や電動バイク等が注目を集めており、各企業においても開発がすすめられている。

1 はじめに

EV は電気・電子回路や電動機、蓄電池などの技術を応用したものであり、当科で学習した内容を応用するのに適した分野であると考え、総合制作実習のテーマとして選定した。製作する EV は授業において荷物装置として使用でき、かつ、オープンキャンパスや学園祭などにおいて科の PR となることを目標とした。

2 制作する EV の概要

当校には制御回路および機構部が不良な電動キックボードおよび電動バギーがあり、これらを改良・改善し、目標の達成を目指す。製作にあたり、まずは小型で危険も少ないと考えられた電動キックボードを試作機として製作し、その後、試作機で得たノウハウを活用して電動バギーの製作を行う事とした。

図 1 に電動キックボード、電動バギーの外観を示す。



<電動キックボード>

<電動バギー>

図 1 製作した EV 車両の外観

3 試作機の制作

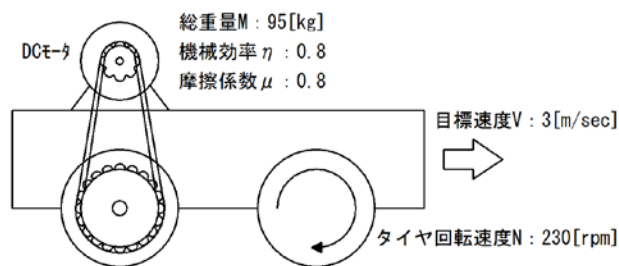
電動キックボード (以下、試作機とする) は、「機構部」、「速度制御部」、「モータドライバ部」、「電源部」から構成される。以下、各部について説明する。

3. 1 機構部の制作

試作機はチェーン駆動であり、モータとタイヤ間は径の異なるスプロケットを介して接続されている。

試作機に搭載されているモータは性能が不明なブラシ付 DC モータであった。負荷状態での電流を計測したところ 30[A] 程度の電流が流れており、モータのトルク不足が推測された。そこで、必要となる性能を図 2 に示す条件で算出し、モータの変更を検討した。

図 2 の条件を満たす必要走行動力を計算したところ、出力 P[W] は 64.65[W] となり、また、所要トルクは 2.68[N・m] と求められた。そこで、当科にあった 48[W]、出力トルク 0.6[N・m] のブラシ付き DC ギアモータの流用を検討した。不足トルクはスプロケット比を 1:4 に調整することで確保でき、走行速度においても計算上では 2.4[m/sec] (約 8[km/h]) 程度で、目標値に近い値を得ることができたためこのモータを採用した。



$$\text{必要走行動力 } P = Mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) \cdot \frac{V}{\eta} \text{ [W]}$$

$$\text{所要トルク } T_L = P / (0.1047 \cdot N) \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

図 2 機構部の設計

3. 2 速度制御部の制作

速度制御のコントローラには Arduino® を採用した。モータの速度指令にはホールセンサ内蔵のスロットルを採用した。スロットルの捻り具合に比例して 0~5[V] のアナログ電圧を入力する。Arduino® は、この入力電圧に応じて 5[V] の出力電圧を PWM に変調しカプコンを介してモータドライバへ出力する。

PWM とは Pulse Width Modulation の略であり、一定電圧の出力からパルス列のオンとオフの一定周期を作

り、オンの時間幅を変化させる電力制御方式である。

ブラシ付 DC モータは回転速度が電圧に比例し、回転トルクが電流に比例する特徴があるため、可変速を行うにはモータに加える電圧の可変を行う必要がある。試作機においてはパワー MOSFET (以下、FET とする) を PWM による高速スイッチングを行うことで、モータに印加する電圧を可変する手法をとった。

3. 3 モータドライバ部の制作

Arduino からの出力信号は、フォトカプラを介してモータドライバへ出力され、FET のゲート-ソース間 (以下、G-S 間とする) に電圧を印加する。この値がしきい値を超えるとドレイン・ソース (以下、D-S 間とする) 間に電流が流れ、モータが駆動する。

図 3 に制作したモータドライバ部の回路図を示す。

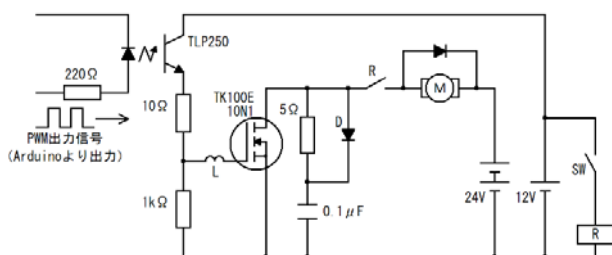


図 3 モータドライバ部の回路図

モータドライバ部の制作にあたり、制作当初に FET が異常発熱して焼損する問題が多発した。以下に推測された発熱の原因と施した対策、結果について示す。

① フォトカプラ、FET のスイッチング遅延の影響

モータ運転中のフォトカプラの出力および FET の D-S 間電圧を計測したところ、電圧の立ち上り・立ち下りに遅延が発生していた。これは採用したフォトカプラの応答速度および FET の入力容量の大きさが原因であると推測された。対策として高速動作フォトカプラと低オン抵抗で入力容量の小さい FET を採用したところ、FET の発熱を減少させることに成功した。

② G-S 間電圧に対するモータ逆起電力の影響

FET の G-S 間電圧はモータの駆動電源から供給していたが、モータの逆起電力により G-S 間の電圧がしきい値電圧を下回り、FET の熱損失が増加していることが確認された。対策として小型の 12[V] バッテリーを G-S 間電圧用の専用電源として採用したところ、安定した電圧を印加することができるようになった。

③ モータ駆動時にサージ電圧が発生している

FET の D-S 間電圧を測定したところ、モータを PWM 駆動した際のオンからオフに出力が切り替わる瞬間に電源の 5 倍程度のサージ電圧が発生していた。FET の焼損は、このサージ電圧が FET の最大定格電圧を超えたことにより発生していることが確認された。そこで、サージ電圧の対策としてスナバ回路の採用を検討した。スナバ回路は、サージ電圧を FET の D-S 間に並列に接続されたコンデンサで吸収し、蓄えた電荷を抵抗器で消費する構造となっている。

図 4 にスナバ回路接続前および接続後の FET の D-S 間電圧の比較を示す。図に示すように、スナバ回路によりサージ電圧を抑制していることが確認できる。

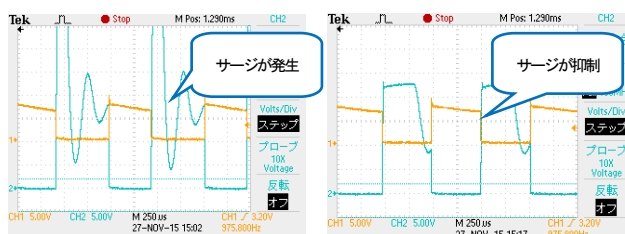


図 4 ドレイン-ソース間電圧の比較

4 試作機の運転

制作した試作機を運転したところ、体重 60[kg] 前後の人間が乗った場合での負荷電流は 2~3[A] 程度であり、FET の発熱もなく走行速度も設計通りの速度を得ることができた。また、過負荷時における想定として 100[kg] 超の負荷をかけた場合においても、速度は低下するものの運転は可能であり、FET も焼損することはなかった。このように、開発当初の問題であった熱問題も解決し、幅広い範囲の人が運転できる車体を制作することができた。

5 おわりに

現在、電動バギーの製作は既に完了しており、発注しているバッテリーが届き次第、テスト走行および評価を行う予定である。

私達は電動車両の制作を通して機構部の設計や部品の選定、組み立て作業など、通常の授業からは得難い経験と感動を得ることができた。この経験を今後の職業生活にも活かし、これからの日本の「ものづくり」に貢献したいと思う。

課題実習「テーマ設定シート」様式

作成日：平成26年9月18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		電動車両の製作	
担当教員		担当学生	
電気エネルギー制御科 栗秋 亮太			
課題実習の技能・技術習得目標			
2年間で学習した電動機制御、電子回路、プログラミング、機械加工の知識・技術を活用し、設計・製作・試験・運転に至るまで、ものづくりに おいて必要となる一連の技術の確認および実践を行う。			
実習テーマの設定背景			
当科では電子回路や電気機器などにおいてパワーエレクトロニクス分野も学習しており、大出力のモータの制御回路を設計・製作を通して「も のづくり」の楽しさ、奥深さを感じ、実際の現場で活用してもらえるものを設計・製作することを実習テーマとして設定した。			
実習テーマの特徴・概要			
システムの考察、制御回路の製作、機器の選定、動作試験までを一貫して行う。電動機は大出力のDCモータをマイコン（Arduino®）により制 御し、筐体およびコントローラ等の設計・加工など機械加工分野も含めた、2年間で学習した内容を総合的に活用して制作を行う。			
No	取組目標		
①	このテーマに取り組む目的を理解する。		
②	マイコンによる直流モータの制御手法について学習する。		
③	制作する試作機（電動キックボード）の仕様を決定する。		
④	③の仕様を満たす車両の機構部の設計およびモータ等の選定を行う。		
⑤	②の知識をもとに、モータドライバの設計・制作を行う。		
⑥	試作機の組み立てを行う。		
⑦	試作機の試運転を行い、細部の調整を図る。⑦までの内容を活用して、実機（電動バギー）の制作を行う。		
⑧	⑦までで学んだ知識を活用して、実機（電動バギー）の制作を行う。		
⑨	実機の試運転を行い、細部の調整を図る。		
⑩	この実習を通して、学習した内容を報告書にまとめる。		