

課 題 情 報 シ ー ト

テ ー マ 名 :	発電機の製作		
担当指導員名 :	佐久間 富美夫	実施年度 :	28 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	学生数 :	4
		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】

電気エネルギー制御科の柱の一つがエネルギーであり、発電機製作はこれに対応したテーマです。電磁誘導現象は研究し尽くされた分野であり既に古典的技術であって新規性はありません。しかし、専門課程の学生が電磁気学、電気回路、電気計測、機械加工、機構などの知識と技能を活用して製作するには適当な課題であり、学生のものづくりにおける成長を促すことができます。制作のポイントは

1. 電磁誘導現象を発生させることができます。
2. 起電力を定量的に測定できる実験装置です。
3. 実験結果から磁力線の様子を知ることができます。

【訓練（指導）のポイント】

総合制作実習は、ものづくりすなわち原理から製品化までのプロセスの段階（PDCA）を体験させることにあります。

本課題は、電磁誘導現象を理解し、その応用製品である発電機の実験装置をテーマとした PDCA 体験課題です。

12 単位でこれを実施するにあたって、次の手法で指導しました。

1. 「製作」は全て学生の手によります。
2. スケジュール管理、計測データの分析、プレゼンテーション、については、指導員が、手本を見せ、同じことをトレースさせました。

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。

発電機の製作

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 佐久間 富美夫

要約 電磁誘導を利用した発電を実現するには、磁石とコイルの相対運動時の磁力線の様子を知ることが基礎となる。しかし、磁力線の測定または計算は容易ではない。そこで電磁誘導実験機を試作し、実験を行った。ここでは、実験データとその分析結果を報告する。また試作機の課題および今後の展望を述べる。

1 実験機製作の構造と特徴

電磁誘導現象を発生させる実験機を製作した。実験機の外観を図 1 に示す。実験機としての以下の特徴を設け、発電機設計の基礎データを得られる構造とした。

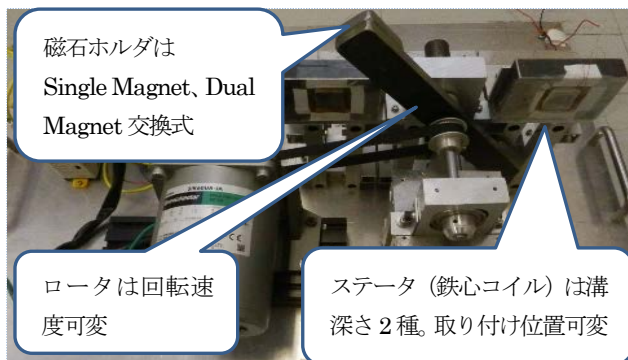


図 1 製作した実験機

- 鉄心のコイル溝深さ 6mm と 9mm の 2 種類に交換できるようにした。(図 2)

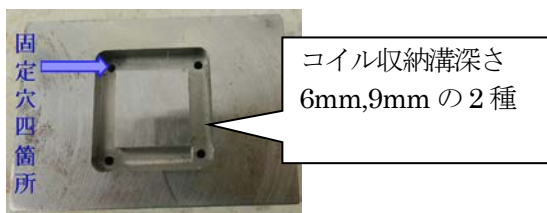


図 2 鉄心溝

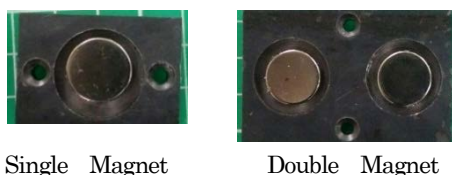


図 3 ロータに取付ける磁石ホルダ

- ロータに取り付ける磁石ホルダはシングルマグ

ネット、デュアルマグネットの 2 種類のホルダ(図 3)を交換できる。

- 鉄心コイル(ステータ)取り付け位置を可変とし、磁石(ロータ)との距離(以下、ギャップという)を調整できる。(図 4)
- スピードコントロールモータを採用し、ロータ回転速度を調整できる。



図 4 鉄心コイルの取り付け位置調整

2 実験と結果の分析

【実験方法と結果】

1 個のコイル(100 巻)に誘導される電圧をオシロスコープで観測した。図 5、図 6 はギャップをパラメータとした誘導電圧波形の比較である。最大起電力はシングルマグネットでギャップ 1.2 mm のとき約 11V、デュアルマグネットでギャップ 3mm のとき約 16V が得られた。図 7 は速度をパラメータとした誘導電圧波形である。回転速度が高いほど起電力が増えていくことがわかる。実験では、鉄心溝深さが誘導電圧に与える効果が見られなかった。コイルを溝の底部に収納できていなかったためと思われる。作り直して再実験が必要である。

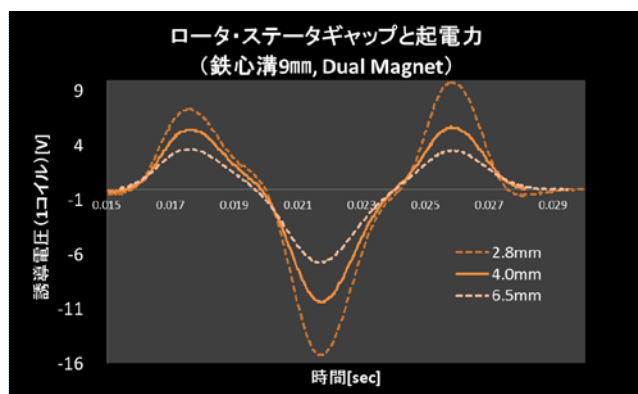


図 5 ロータ・ステータ間隙と誘導電圧 (Dual)

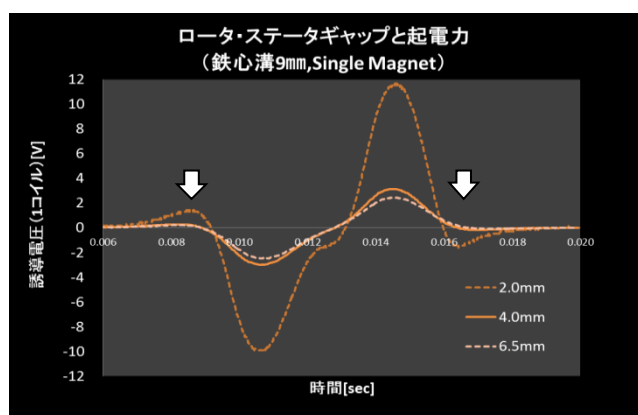


図 6 ロータ・ステータ間隙と誘導電圧(single)

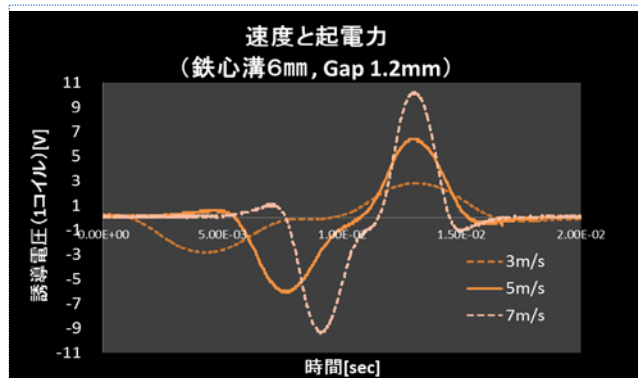


図 7 速度と誘導電圧

図 6 の矢印で示した部分に小さな谷と山がみられる。この現象は、磁石から鉄心ステータに入り込んだ磁力線の広がり方を示している。(図 8)

図 9 の等価回路を用い、実験データから計算した実効電圧、実効電流、負荷消費電力を表 1 に示す。

3 試作実験機の課題と今後について

電磁誘導現象の様子を観察する装置を作成し、実際の現象を測定することができた。図 5、図 6 から、図 8 のような磁力線を推測することができる。これは実

験学習装置または、実用発電機設計の基礎データ収集装置として有用である。装置としては以下の課題を残しているが、課題が明らかになり実用発電機の設計に寄与する成果と考えている。

- 1つのコイルが 15V 発電する。コイルのインピーダンスは $R=2.6\Omega$ 、 $L=1.4\text{mH}$ と整合する負荷を接続した場合の実効電流が 2A 以上になるため、現在のコイルの電線径 0.3φでは細すぎる。
- 電線径を太くすると、巻き数を減らさなければならぬため、ギャップをより小さくするため、機械加工精度を上げる必要がある。
- コイルをステータに収納する際、コイル電線被覆の損傷防止法を工夫する必要がある。
- 磁石ホルダの隙間による発電効率の比較

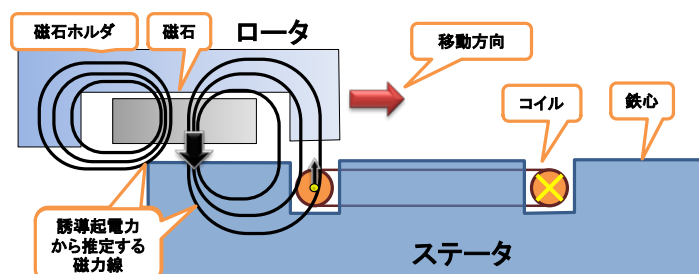


図 8 起電力波形から推定される磁力線

表 1 実験結果

鉄心溝深さ (mm)	ギャップ (mm)	Magnet holder	実効電圧 (V)	実効電流 (A)	負荷消費電力 (W)
9	3.0000	DUAL	9.37	2.07	9.11
9	4.0000	DUAL	6.45	1.42	4.28
9	6.0000	DUAL	6.01	1.32	3.71
9	6.5000	DUAL	2.12	0.46	0.46

(デュアルマグネット、回転数 700rpm)

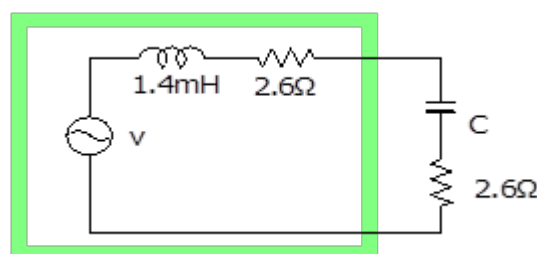


図 9 発電機と負荷の等価回路

参考文献

- 1) 平成 28 年度総合制作実習中間発表予稿集 「発電機の製作」

課題実習「テーマ設定シート」

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		発電機の製作	
担当指導員		担当学生	
○電気エネルギー制御科 佐久間富美夫			
課題実習の技能・技術習得目標			
電磁気学で学ぶ電磁誘導現象を再現する装置の製作を通して、電磁気学、電気回路、電気・電子計測、機械設計、機械工作、その他の科目で習得した要素を実践的に応用させます。目標を明確にし、学生自らが持つ初歩的能力を実践力に引き上げます。したがって指導員は指導に徹し、製作はすべて学生が行います。			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
交流発電機は新しい文献が見つからないほどに成熟した技術です。したがって、本課題は技術の先端や新規性をテーマとしてもものではありません。 また、完成度の高い製品を製作することを目標とすることは、指導員の手が加わることにつながることになります。本課題の目標は、目的を達する装置を学生がすべて担当することで、ものづくりに習熟することにあります。 学生にとって電磁誘導現象を理解することは容易ではありません。誘導起電力の計算はできても、磁力線が鉄心と空隙でできる空間にどのように配置され、導体との相互運動がどのようになると、どれほどの起電力を生ずるかを理解することは困難です。総じて技術者は五感で体験できる物理量のほかの感覚を持つことが要求されます。電磁誘導現象を体験学習する装置を製作することは、日常の体験や学習では習得できない技術者としてのセンスを磨くことになります。さらに、センスを磨く経験をすることは、将来の自己研さん方法の習得でもあります。 また、工場現場で働くことになる学生は、技能と技術と並んで生産技術を求められることになります。つまり、生産性と安全作業に対するセンスを獲得することを一方の目的としており、そのため、コイル製造法、鉄心製造法その他の製造法を工夫することを重視しています。			
実習テーマの特徴・概要			
本課題は「1. 電磁誘導実験装置」「2. 発電機の設計・製作」「3. 発電機の生産」を含みます。発電機をテーマにした製品開発の全行程を学ぶ課題です。学生は単年度で参加しますので全工程を経験することはできませんが、担当した部分の全工程の位置を理解させることはできます。生産現場のリーダー養成のための課題設定です。			
No	取組目標		
①	電磁誘導実験装置の構造をグループで話し合い、決定する。		
②	作業を分担し、担当している作業の進捗状況を相互に報告する。必要に応じて相互に協力する。(ステータ製作、ロータ製作、ステータ台製作、磁石ホルダ製作、その他)		
③	ステータ（鉄心コイル）のインピーダンス測定。		
④	ステータの位置を調整できる構造とする。		
⑤	ロータがシングルマグネット、デュアルマグネットの2種類を用意する。		
⑥	ロータの回転速度を調整できる構成とする。		
⑦	安全に実験を進めるための対策を施す。		
⑧	作業環境を整えるための整理整頓。		
⑨	実験データの処理と考察。		