学生実験用デスクトップ発電実験装置の開発

Development of Desktop Power Generating System for Engineering Experiments

稲 守 栄^{※1}
Sakae INAMORI

千 田 和 範^{※1}
Kazunori CHIDA

野 口 孝 文^{※1}
Takafumi NOGUCHI

荒 井 誠^{※1}
Makoto ARAI

1. はじめに

最近の工学教育では、講義で理論を学習し実験でその理論を実際に確認する形が一般的である。本校でも、講義と実験を連携させた実践的な技術者育成のカリキュラムが組まれている。しかし、本校電気工学科における実験の様子を観察してみると、実験内容を十分に理解している学生と学習不足の学生がいる。特に電気機器関連の実験では、発電機や電動機の原理と理論や構造、また同時に交流理論などにおいて、学生の理解の差として現れている。これは、実験に用いる装置がブラックボックス化されていることで、理論と実験結果に関連性が見えにくい。そして、計測が大掛かりになることに原因があると考えられる。同時に実験に取り組む姿勢についても、理解不足の学生は実験に対しても積極的になれず、講義に沿った実験を行っていても、理解する機会を逃しているのが現状である。

これらの問題点を改善するためには、実験に積極的に参加できるように動機づけを考慮する。また、発電機や電動機における原理、構造などをすばやく比較、検討できる環境が必要となる。そこで、本研究では、上記の問題を解決できる学生実験用デスクトップ発電実験装置の開発を行う。

2. 学生実験用デスクトップ発電実験装置の構想

2.1 従来の実験装置の問題点

従来の学生実験用発電機や電動機には、以下のような問題点があった。

- (1) 実験装置が大型
- (2) 実験に多くの学生が関わる必要がある
- (3) 実験の動機付けが困難
- (4) 理論と実験結果の関連付けが難しい

まず、第1～3項目で示すように、これまで実施してきた実験は、実験装置が大型であるため、測定機器を含めると大掛かりな実験となってしまう。そのため、多くの学生が共同で実験を行う必要があった。しかし、実験に対する動機付けは考慮されていなかったため、実

験に積極的に参加する学生は限定されており、大半の学生は、実験内容を理解しないまま実験を行っていた。

また、講義では理論や機器の内部構造について学習しているが、実験時には、実験装置の内部構造の確認や変更は難しい。その結果、講義で理論を学習しても、実験で確認することが難しいため、第4項目に示すように、理論と実験結果の関連付けが困難である。そこで、実験には動機付けと同時に講義で学習した事柄を反映しやすい実験装置が必要だと考える。これまで、教材開発を行う際、ARCSモデル¹⁾を基に開発を行い、動機付けに効果を挙げてきた²⁾。ここでARCSモデルとは、注意 (Attention)、関連性 (Relevance)、自信 (Confidence)、満足感 (Satisfaction) の頭文字をとった、学習意欲を向上させるための動機付けモデルのことである。

本報告では、これまでと同様、ARCSモデルを考慮し教材を開発した内容について紹介する。

2.2 実験装置開発における設計仕様

今回開発する実験装置は、講義との連携を考慮して図1のような全体構成とする。

まず、装置の組立て、分解がしやすく、かつ、内部の測定条件の変更が容易にできる実験装置にすることを考える。これにより、講義で学習した理論と実験結果の関連性が非常に明確になり、これまで学生が難しいと感じていた理論など理解することが容易になる。同時に、学生の理解度向上から、達成感が得やすくなると考えられる。

図1 実験装置の全体構成

平成21年1月27日受付

※1 釧路工業高等専門学校

加えて、学生は学習した内容が実社会でのシステムで活用されていることを、実機を通して体験することで、実験に対して強い動機付けを実現できると考えられる。特に、風力発電は、北海道内で盛んに行われている発電方法であるため、学生の興味が高い³⁾。よって、実験に対して強い動機付けが可能である。

3. モジュール化したデスクトップ型発電実験システム

3.1 実験装置の概要

ここで、今回開発した実験装置について説明する。

まず、図2(a)のように従来の実験装置は、その大きさに問題があった。そこで、学生一人ひとりが組み立てて実験することを考慮し、図2(b)のような一辺0.2[m]の大きさの卓上サイズとした。形状については、従来の発電機によくみられる円筒状の構造にすると、組立て、交換が非常に難しい。そこで、図3の様に固定子と回転子を平面状に積み重ねたフラットロータ形にすることで、組立てや交換が非常に簡単となる。なお、固定子モジュールの材質については加工性を考慮し、アクリル材を使用した。また、回転子モジュールの材質についても同様に、鋼材とアクリル材を使用している。固定子モジュール、回転子モジュールについては、次節にて説明する。

3.1.1 固定子モジュール

固定子モジュールは、図4(a)のコイルモジュールを、アクリル製の馬蹄型のプレートで、両サイドから

はさむことで実現している。図4(b)は、製作したコイルモジュールである。図4(b)に示すように、コイルモジュールは、コイルの巻数、線径、モジュール自体の形状変更が容易である。なお、コイルモジュールにフランジをつけ、ワイヤを巻きつけやすい構造とすることで、作業の負担を軽減している。

また、図5に示すように、コイルモジュールからの配線において、ターミナル端子台を使用することで、各相を取り出すことが簡単となる。また、これは線材に無理な力がかかり断線してしまうのを防止する。このような構成とすることで、コイルモジュールの個数、配置の変更、さらには、单相、三相、五相といった相数の変更、そして、V、Y、 Δ 結線などの結線方法など、様々な条件での実験が簡単に行うことができる。図6(a)(b)は、单相と三相に相数を変更した場合のコイルモジュールの例である。

(a) コイルモジュール概要 (b) 実際に製作したモジュール
図4 コイルモジュール

(a) 従来の実験装置 (b) 本実験装置

図2 実験装置の概要

図3 製作したフラットロータ形発電機の構造

図5 ターミナル端子台の様子

(a) 单相の場合

(b) 三相の場合

図6 相数を変更した場合

3.1.2 回転子モジュール

回転子モジュールは磁界を生み出すために、ネオジム磁石を取り付ける。ネオジム磁石は、他の磁石に比べ、磁力が非常に大きいため、発電量を大きくするには効果的と考えた。また、磁石の配置を固定する部分は加工性を考慮して、図7(a)のように、円盤状の銅材とアクリル材の2層構造とした。アクリル材は磁石ホルダとして使用している。アクリル材には磁石を保持する穴をあけ、磁石の位置がずれるのを防いでいる。図7(b)は、実際に製作した12極の回転子モジュールである。このほかにも、磁石を3個ずつのグループに分け、N極のグループ、S極のグループと交互に配置すると、4極とすることができる。このように、回転子モジュールは、磁石の極数を自由に変更することができる。

(a)側面から見た図 (b)上面から見た図
図7 回転子モジュール

4. デスクトップ発電実験装置の実験例

ここでは、今回開発したデスクトップ発電実験装置の発電特性の一例を示す。特性試験の条件は、表1の通りである。表1の条件のもとで、図8の回路を組み、

表1 発電試験の諸条件

名 称	条 件	備 考
発電機構造	同期型発電	
固定子モジュール	三相9スロット	
コイルモジュール	$\phi 120\text{mm}$, 12極	ネオジム磁石 $\phi 15 \times 5\text{mm}$ 使用
巻線種類	PEW線 $\phi 0.2\text{mm}$	巻線抵抗: 22Ω
コイル巻数	480 ± 5

図8 発電機1相分の測定回路

表2 発電試験の結果

	U相	V相
電圧 (実効値)	922mV	955mV
電流	40mA	40mA

※軸回転数：480RPMの時

図9 U相とV相の電圧波形

発電試験を行った。その結果を表2に示す。またU相、V相の電圧波形を図9に示す。図9より、きれいな交流波形が得られていることが確認できた。よって、実験に用いるのに十分な性能があると考えられる。

5. おわりに

本稿では、学生実験用デスクトップ発電実験装置の開発を行った。まず、従来の実験装置は、大型でかつ、内部構造がブラックボックス化されているため、理論と実験内容を関連付けて学習することが難しかった。そこで、これらの問題点を改善するために、ARCSモデルを考慮し実験装置に求められるものについて説明した。ここでは、講義と実験の関連性を持たせるため、実験装置は、学生自らが組立て、内部の測定条件の変更が簡単に行えることを重視した。

次に、実際に実験装置を製作した。本実験装置は、フラットロータ形の発電機実験装置とした。これにより、本装置は分解や組立てが簡単な固定子モジュールと回転子モジュールの2つの構造で構成されている。固定子モジュールは、コイルモジュールを導入することで製作が楽にでき、相数の変更も容易に行える。回転子モジュールには、磁石ホルダを用いることで、磁石の配置を自由に変更することができる。また、固定子モジュール、回転子モジュールともに、加工性のよい材質を使用することで、製作自体が容易に行うことが可能となり、様々な条件下で測定を行うことが可能となった。

今後は、実際に学生実験に取り入れ、より学生が興味を持ち、積極的に実験に取り組めるよう改良を行う。

参 考 文 献

- 1) 鈴木克明：教材設計マニュアル, 北大路書房, pp.176-179, 2002
- 2) 稲守 栄, 千田和範, 野口孝文, 荒井 誠, 小清水 誠：モジュール構造を取り入れた学生実験用シーケンス制御学習教材の開発と評価, 工学教育, 54-4, pp.21-26, 2006
- 3) 千田和範, 佐藤英樹, 野口孝文, 稲守 栄, 荒井 誠, 梶原秀一：風力発電用翼設計を通した試行錯誤型実験における課題設定とその作品との関係, 工学教育, 56-5, pp.103-110, 2008

著 者 紹 介

稲守 栄

2005年 釧路工業高等専門学校電気工学科卒業

現 在 釧路工業高等専門学校電気工学科技術職員

〒084-0916 北海道釧路市大楽毛西2-32-1

E-Mail : sakae@kushiro-ct.ac.jp