

การพัฒนาชุดสาธิตการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าตามกฎหมายของฟาราเดย์ในรายวิชาฟิสิกส์ The demonstration of Electromagnetic induction from Faraday's law

รัตติกานต์ ยะกะชัย, นวพร น้อยนารถ, พันธุ์ศักดิ์ เกิดทองมี¹

Rattikan Yakachai, Nawaporn Noinart, Pansak Keadtongmee¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดสาธิตการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าตามกฎหมายของฟาราเดย์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ชุดสาธิตถูกออกแบบให้สามารถปรับเปลี่ยนจำนวนของแท่งแม่เหล็ก, จำนวนรอบของขดลวด และระยะห่างระหว่างแท่งแม่เหล็กกับขดลวดได้ ชุดสาธิตจะประกอบด้วยจานแม่เหล็ก ขดลวด 3 ขด มอเตอร์และระบบควบคุมการหมุนด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ แม่เหล็กที่ใช้จะเป็นชนิดที่มีความเข้มสูงมีลักษณะแบนเหรียญเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตรถูกนำไปติดบนจานหมุนเว้นระยะห่างกับขดลวดที่ติดตั้งบนแท่นปรับตำแหน่งได้ โดยลวดที่ใช้จะมีขนาดประมาณ 0.1 มิลลิเมตร พันเป็นขดกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ให้มีจำนวนรอบ 100 300 และ 500 รอบ ในการทดลองได้ทำการศึกษาแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนขดลวดที่ความเร็วรอบของการหมุนจานแม่เหล็กช่วง 200 – 800 รอบต่อวินาที ที่จำนวนรอบของขดลวดแต่ละค่า ผลการทดลองพบว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนแม่เหล็กและจำนวนรอบของขดลวด แต่จะมีค่าลดลงตามระยะห่างที่เพิ่มขึ้น โดยเมื่อใช้แท่งแม่เหล็ก 6 แท่ง จำนวนรอบขดลวด 500 รอบ ที่ความเร็วรอบการหมุน 200, 400, 600 และ 800 รอบต่อวินาทีและระยะห่างเป็น 2 มิลลิเมตร แรงเคลื่อนไฟฟ้าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 5.7 27.0 30.0 และ 44.7 มิลลิโวลต์ ตามลำดับแต่เมื่อมีระยะห่างระหว่างขดลวดกับสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้นเป็น 6 มิลลิเมตร ที่ความเร็วรอบหมุน 200, 400, 600 และ 800 วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเฉลี่ยมีค่าลดลงเป็น 0 0.6 1.1 และ 1.8 มิลลิโวลต์ ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ามีความสอดคล้องกับทฤษฎีการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้เป็นสื่อการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนที่ทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศที่มีราคาแพงได้

คำสำคัญ : การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า, กฎของฟาราเดย์

Abstract

This research aims to develop a demonstration kit for Faraday's law of electromotive force for high school students. The demo kit is designed to be able to adjust the number of magnets, the number of turns of the coil and the distance between the magnet and the coil. The kit consists of a magnetic disk, 3 piece coils motor and a microcontroller rotation control system. The magnets used are high-intensity, coin-shaped - 2 cm diameter type that mounted on a turntable spaced between the magnets and the coils. The insulated copper wire used is approximately 0.1 millimeters, wrapped in a circular shape with a diameter

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

Assist Professor, Faculty of Education, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University. Email: pkerdtongmee@gmail.com

of 2 centimeters, the numbers of turns are 100 300 and 500 turns. In this experiment, the electromotive force exerted on each coil at the rotation speed of the magnetic disc in the range of 200 – 800 rpm was studied. The results showed that the electromotive force generated increased with the number of magnets and the number of turns of the coil but will decrease with increasing distance. When using 6 bar magnets with 500 turns of the coil at 200, 400, 600 and 800 rpm and a distance of 2 mm, the average electromotive force was 5.7, 27.0, 30.0 and 44.7 millivolts respectively. But when the distance between the coil and the magnetic field was increased to 6 mm. At 200, 400, 600 and 800 revolutions the mean voltage was reduced to 0, 0.6, 1.1 and 1.8 mV, respectively. In this studied, the results showed that it was consistent with Faraday's theory of induction. which can be applied as a learning management media for students to replace expensive imports from abroad.

Keywords : Electromagnetic Induction, Faraday's law of induction

1. บทนำ

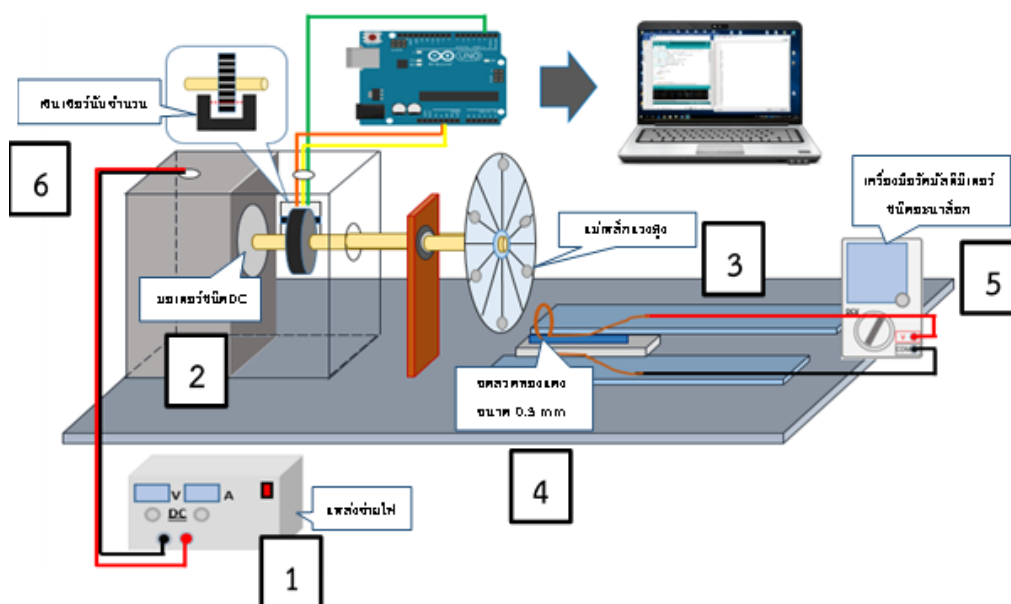
องค์ประกอบที่สำคัญในการเรียนการสอนของรายวิชาฟิสิกส์ นอกเหนือจากการสอนแบบบรรยายและสิ่งหนึ่งที่สำคัญของการเรียนรู้ นั่นก็คือ การสาธิตและการทดลอง ลงมือปฏิบัติจริงเพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจในทฤษฎีและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น แต่สิ่งหนึ่งที่เป็นปัญหาสำคัญของการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ คือ การขาดแคลนเครื่องมือ อุปกรณ์ สาธิตหรือชุดทดลองต่าง ๆ ที่เสริมการเรียนรู้เพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างแท้จริง เนื่องจากเครื่องมืออุปกรณ์ชุดสาธิต หรือชุดทดลองที่ใช้ในโรงเรียนส่วนใหญ่ถูกนำเข้ามาจากต่างประเทศมีราคาค่อนข้างแพง และมีงบประมาณที่จำกัดซึ่งไม่สามารถซื้อให้เพียงพอกับจำนวนของนักเรียนได้ อีกทั้งในปัจจุบันการเรียนวิชาฟิสิกส์และปฏิบัติการฟิสิกส์ที่ใช้ในโรงเรียนจะเกี่ยวข้องกับชุดปฏิบัติการเป็นส่วนใหญ่ (ศุภกร กตาทิการกุล, 2556) ตลอดจนกฎของการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ (Faraday's law of induction) เป็นกฎสำคัญสิ่งหนึ่งในเรื่องไฟฟ้าและแม่เหล็ก ซึ่งการจัดการเรียนการสอนกฎฟาราเดย์ จำเป็นต้องใช้ชุดสาธิต หรือชุดทดลองเพื่อทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามการออกแบบในการสร้างชุดสาธิตยังคงใช้หลักการของฟาราเดย์ ออกแบบให้ตัวนำและสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ให้เกิดการเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งจะทำให้ขณะที่ความเร็วในการหมุนเท่าเดิม แต่จะได้ความเร็วในการเคลื่อนที่ตัดผ่านเพิ่มเป็นสองเท่าเป็นผลให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเพิ่มขึ้นด้วย (อำนาจ ผัดวง, 2558) นอกจากนี้มีการนำข้อมูลผลการทดลองไปวิเคราะห์ โดยใช้ Raspberry pi ที่ทำงานได้เหมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กทั่วไป และสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รวมทั้งอุปกรณ์เซนเซอร์ต่าง ๆ แต่ Raspberry pi ยังมีราคาที่ไม่สูงมากจนเกินไป (สมภพ สุขเฉลิม, 2558) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการเริ่มต้นออกแบบสร้างชุดสาธิตการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าจากกฎของฟาราเดย์ ขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็ก ซึ่งมีผลทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยการเปลี่ยนพื้นที่ของวงจร, การเปลี่ยนขนาดของสนามแม่เหล็ก, อัตราเร็วของการเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็ก, ทิศทางของสนามแม่เหล็กเปลี่ยน เพื่อศึกษาการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เป็นไปตามทฤษฎีของกฎฟาราเดย์ และเลือกใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ในการแสดงค่าได้อย่างแม่นยำโดยการเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการควบคุมความเร็วรอบหมุน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

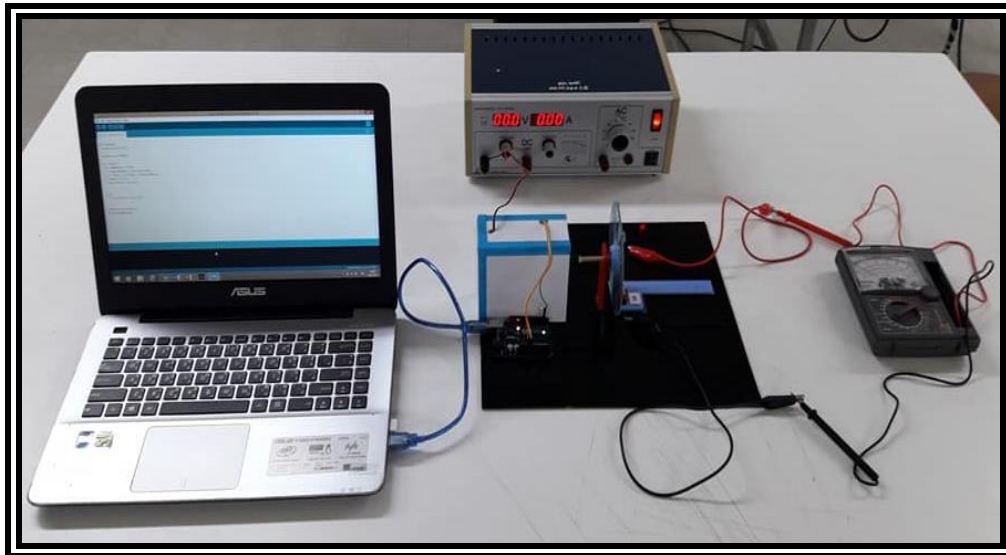
- 2.1 เพื่อสร้างชุดสาธิตการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยควบคุมจำนวนรอบการหมุนสนามแม่เหล็ก
- 2.2 เพื่อวัดหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากการเหนี่ยวนำ จำนวนของแม่เหล็ก, จำนวนรอบของขดลวด และระยะห่างระหว่างสนามแม่เหล็กกับขดลวด

3. ระเบียบวิธีวิจัย

ชุดสาธิตและแบบจำลองพร้อมการต่อวงจรควบคุมต่าง ๆ โดยเริ่มจาก หมายเลข 1 คือ แหล่งจ่ายไฟ ที่ต่อกับไฟฟ้าบ้าน 220 V หมายเลข 2 คือ มอเตอร์ชนิด DC ใช้ในการเคลื่อนที่ของแกนหมุน หมายเลข 3 คือ แป้นหมุนวงกลม ที่มีการติดตั้งแม่เหล็กแรงสูงต่อกับแกนมอเตอร์ หมายเลข 4 คือ ขดลวดทองแดง ขนาด 0.3 มิลลิเมตร เมื่อแม่เหล็กหมุนเกิดการตัดผ่านขดลวด ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ หมายเลข 5 คือ เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์ วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ไหลผ่านขดลวดทองแดงออกมา และหมายเลข 6 คือ ชุดควบคุมนับจำนวนความเร็วรอบ โดยมีการติดตั้งเซนเซอร์ระหว่างแกนหมุนด้านใน แล้วเดินสายต่อมายังเครื่อง Arduino Uno R3 และแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่ได้มีการเขียนโปรแกรมไว้ นำแผ่นอะคริลิกมา ตัดเป็นกล่องขนาดสี่เหลี่ยม ความกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตรและความสูง 10 เซนติเมตร สำหรับใส่มอเตอร์ และอุปกรณ์ไอซี นำขดลวด ขนาด 0.30 มิลลิเมตร ถูกขดให้เป็นวงแหวนขนาดผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร จำนวน 3 ขดโดยขดที่ 1 2 และ 3 มีการพันด้วยจำนวนรอบ 100 300 และ 500 รอบตามลำดับ แท่งแม่เหล็กถาวรในงานวิจัยนี้ได้ใช้แบบเหรียญขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตรความเข้ม 0.25 เทสลา จำนวน 6 ก้อน



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบต่างๆของชุดสาธิต 1) แหล่งจ่ายไฟ 2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 3) แท่งแม่เหล็กและจานหมุน 4) ขดลวดทองแดง 5) มัลติมิเตอร์ 6) เซนเซอร์วัดความเร็วรอบ



ภาพที่ 2 ชุดสาธิตการเหนี่ยวนำไฟฟ้าแม่เหล็กไฟฟ้าตามกฎหมายของฟาราเดย์

ในการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดผ่านขดลวด โดยการใช้ บอร์ด ออกแบบและเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์โดยใช้โปรแกรม Arduino Uno R3 และเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไอซี Optical Wheel Encoder for Smart Car HC-020K

การศึกษาความเข้มของสนามแม่เหล็ก ระยะห่างระหว่างสนามแม่เหล็กกับขดลวด จำนวนรอบของขดลวด และความเร็วรอบ ที่มีผลต่อการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าถูกกำหนดให้ระยะห่างระหว่างสนามแม่เหล็กกับขดลวด 2, 4 และ 6 มิลลิเมตร จำนวนรอบของขดลวด 100 300 และ 500 รอบ ความเร็วรอบของการหมุน 200 400 600 และ 800 รอบต่อนาที เมื่อทำการเปลี่ยนตัวแปรในการทดลองแต่ละครั้ง ทำการอ่านค่าจากเครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก

4. สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยผู้วิจัยสามารถออกแบบชุดสาธิตการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าจากกฎหมายของฟาราเดย์ และสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ที่มีความสม่ำเสมอในช่วง 200-800 RPM โดยใช้โปรแกรม Arduino และเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไอซี Optical Wheel Encoder for Smart Car HC-020K สำหรับผลการทดลองของชุดสาธิตสามารถสรุปได้ดังนี้

จากผลการทดลองแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะมีค่าแปรผันตรงกับความเข้มสนามแม่เหล็ก(จำนวนแท่งแม่เหล็ก) จำนวนรอบของขดลวด และความเร็วรอบของการหมุน แต่จะแปรผกผันกับระยะห่างระหว่างขดลวดกับแท่งแม่เหล็กซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่พบมีความสอดคล้องตามทฤษฎีของฟาราเดย์ ตามสมการ

$$\mathcal{E} = - \frac{Nd\Phi_B}{dt} = - \frac{NdBA}{dt} = - \frac{NAdB}{dt}$$

โดย $\mathcal{E}$ คือแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนขดลวด

N คือจำนวนรอบของขดลวด

A คือพื้นที่หน้าตัดของขดลวด

$\frac{dB}{dt}$ คืออัตราการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กเทียบกับเวลา

จากสมการจะเห็นได้ว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนขดลวดจะมีค่าแปรผันตรงกับความเข้มสนามแม่เหล็ก(B) จำนวนรอบของขดลวด(N) และอัตราการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กเทียบกับเวลา ($\frac{dB}{dt}$) แต่จะมีค่าลดลงตามระยะห่างระหว่างแท่งแม่เหล็กกับขดลวดเนื่องจากสนามแม่เหล็กมีค่าลดลงตามระยะทางส่งผลให้แรงเคลื่อนไฟฟ้ามีค่าลดลงไปด้วย สอดคล้องกับผลที่ได้จากการทดลอง

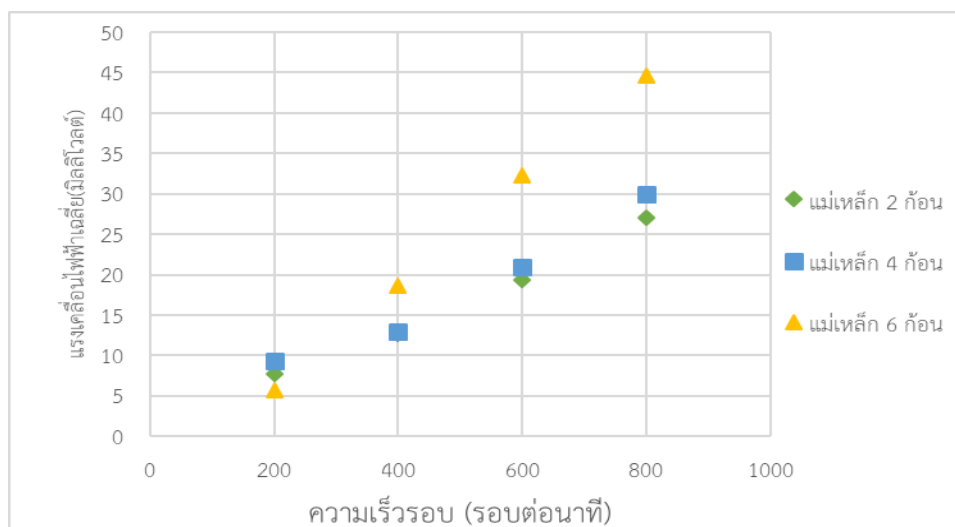
5. อภิปรายผลการวิจัย

5.1 จำนวนแท่งแม่เหล็กที่มีผลต่อการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า

กำหนดให้ระยะห่าง 2 มิลลิเมตร และจำนวนรอบของขดลวด 500 รอบ การทดลองพบว่า ที่แม่เหล็ก 2 ก้อน มีระยะห่าง 2 มิลลิเมตรระหว่างขดลวดจำนวน 500 รอบกับสนามแม่เหล็ก และมีความเร็วรอบ 200 400 600 และ 800 รอบต่อนาที วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเฉลี่ยมีค่า 7.7 12.7 19.3 และ 27 มิลลิโวลต์ , ที่แม่เหล็ก 4 ก้อน มีระยะห่าง 2 มิลลิเมตรระหว่างขดลวดจำนวน 500 รอบกับสนามแม่เหล็ก และมีความเร็วรอบ 200 400 600 และ 800 รอบต่อนาที วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเฉลี่ยมีค่า 9.3 13 21 และ 30 มิลลิโวลต์ และที่แม่เหล็ก 6 ก้อน มีระยะห่าง 2 มิลลิเมตรระหว่างขดลวดจำนวน 500 รอบกับสนามแม่เหล็ก และมีความเร็วรอบ 200 400 600 และ 800 รอบต่อนาที วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเฉลี่ยมีค่า 5.7 18.7 32.3 และ 44.7 มิลลิโวลต์ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนขดลวดจำนวน 500 รอบต่อความเร็วรอบของการหมุนจานแม่เหล็กเมื่อเพิ่มจำนวนแท่งแม่เหล็กเป็น 2 4 และ 6 ก้อนที่ระยะห่าง 2 มิลลิเมตร

ความเร็วรอบ(ต่อนาที)	แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเฉลี่ย (mV)		
	แม่เหล็ก 2 ก้อน	แม่เหล็ก 4 ก้อน	แม่เหล็ก 6 ก้อน
200	7.7	9.3	5.7
400	12.7	13	18.7
600	19.3	21	32.3
800	27	30	44.7



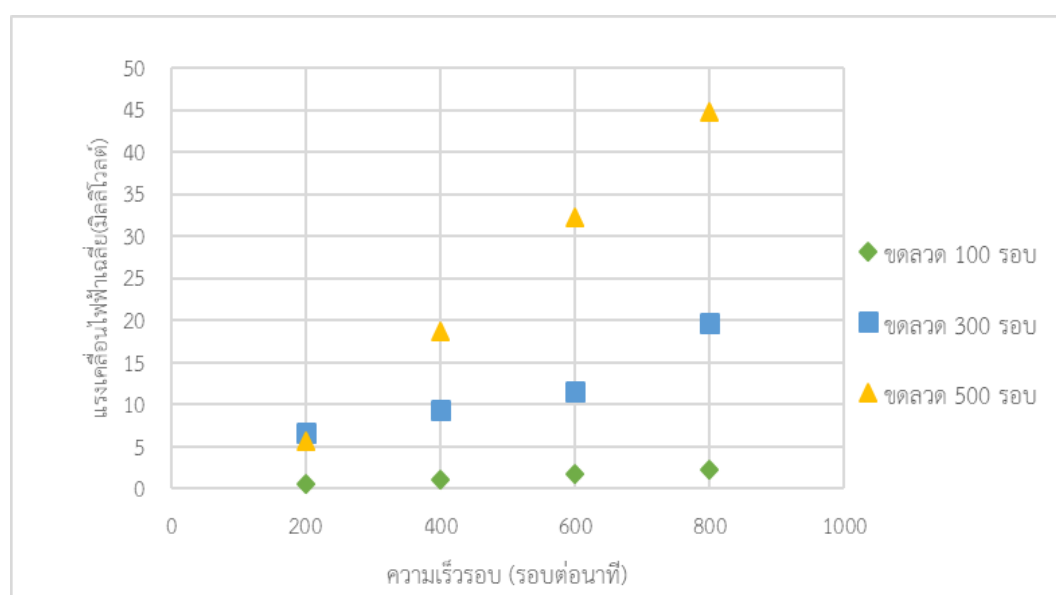
ภาพที่ 3 แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนขดลวดจำนวน 500 รอบต่อความเร็วรอบของการหมุนจานแม่เหล็กเมื่อเพิ่มจำนวนแท่งแม่เหล็กเป็น 2 4 และ 6 ก้อนที่ระยะห่าง 2 มิลลิเมตร

5.2 จำนวนรอบของขดลวดที่มีผลต่อการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า

ผลการทดลองในตอนนี้จะทำการศึกษาด้วยเงื่อนไขใช้แม่เหล็ก 6 ก้อน และระยะห่างระหว่างขดลวดกับสนามแม่เหล็ก 2 มิลลิเมตร ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2 พบว่า ที่ขดลวดจำนวน 100 รอบ แม่เหล็ก 6 ก้อน และระยะห่างระหว่างขดลวดกับสนามแม่เหล็ก 2 มิลลิเมตร และมีความเร็วรอบ 200 400 600 และ 800 รอบต่อนาที วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเฉลี่ยมีค่า 0.6 1 1.8 และ 2.2 มิลลิโวลต์ , ขดลวดจำนวน 300 รอบ แม่เหล็ก 6 ก้อน และระยะห่างระหว่างขดลวดกับสนามแม่เหล็ก 2 มิลลิเมตร และมีความเร็วรอบ 200 400 600 และ 800 รอบต่อนาที วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเฉลี่ยมีค่า 6.7 9.3 11.6 และ 19.6 มิลลิโวลต์ และที่ขดลวดจำนวน 500 รอบ แม่เหล็ก 6 ก้อน และระยะห่างระหว่างขดลวดกับสนามแม่เหล็ก 2 มิลลิเมตร และมีความเร็วรอบ 200 400 600 และ 800 รอบต่อนาที วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเฉลี่ยมีค่า 5.7 18.7 32.3 และ 44.7 มิลลิโวลต์

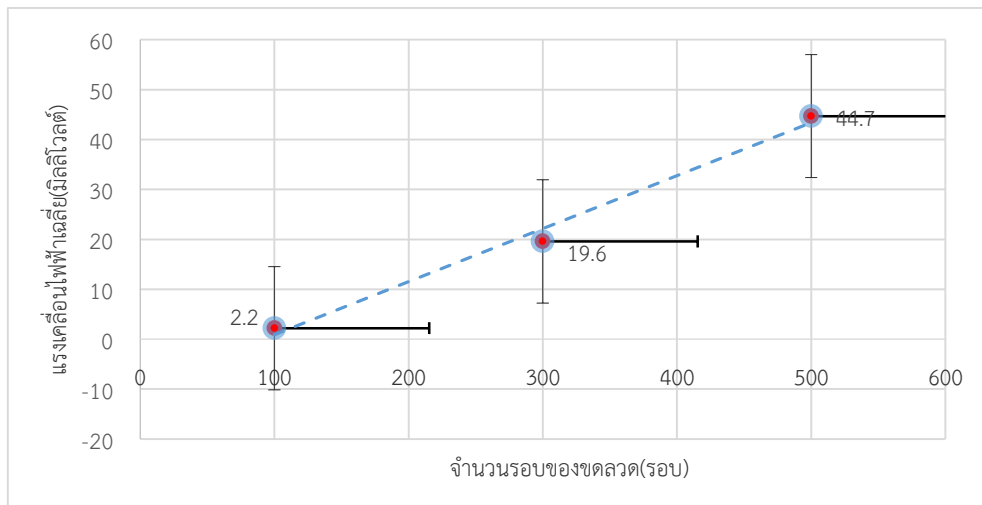
ตารางที่ 2 แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนขดลวดจำนวน 100 300 และ 500 รอบต่อความเร็วรอบของการหมุนจานแม่เหล็กที่ระยะห่าง 2 มิลลิเมตรและจำนวนแท่งแม่เหล็ก 6 ก้อน

ความเร็วรอบ(ต่อนาที)	แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (mV)		
	จำนวนรอบของขดลวด 100 รอบ	จำนวนรอบของขดลวด 300 รอบ	จำนวนรอบของขดลวด 500 รอบ
200	0.6	6.7	5.7
400	1	9.3	18.7
600	1.8	11.6	32.3
800	2.2	19.6	44.7



ภาพที่ 4 แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนขดลวดจำนวน 100 300 และ 500 รอบต่อความเร็วรอบของการหมุนจานแม่เหล็กที่ระยะห่าง 2 มิลลิเมตรและจำนวนแท่งแม่เหล็ก 6 ก้อน

เมื่อความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที ที่มีแม่เหล็ก 6 ก้อน และระยะห่างระหว่างขดลวดกับสนามแม่เหล็ก 2 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยของแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อจำนวนรอบของขดลวด กับจำนวนรอบของขดลวดไปมีค่าสูงขึ้นดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนขดลวดจำนวน 500 รอบต่อความเร็วรอบของการหมุนจานแม่เหล็กที่ระยะห่าง 2 มิลลิเมตรและจำนวนแท่งแม่เหล็ก 6 ก้อน

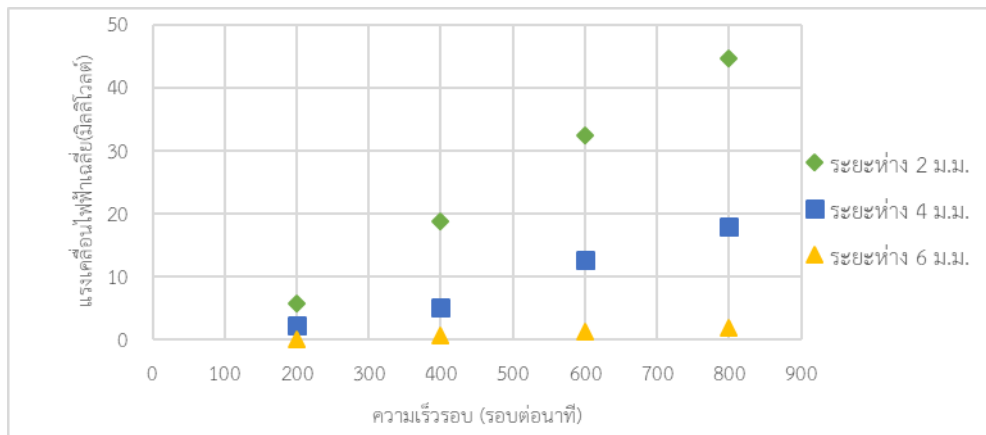
5.3 ระยะห่างระหว่างขดลวดกับสนามแม่เหล็กที่มีผลต่อการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า

ผลการทดลองในตอนนี้จะแสดงผลที่กำหนดให้แม่เหล็ก 6 ก้อน และจำนวนรอบของขดลวด 500 รอบ ที่ระยะห่างระหว่างขดลวดกับสนามแม่เหล็กต่าง ๆ

ตารางที่ 3 แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนขดลวดจำนวน 500 รอบที่ความเร็วรอบของการหมุนจานแม่เหล็กที่ระยะห่าง 2 4 และ 6 มิลลิเมตร

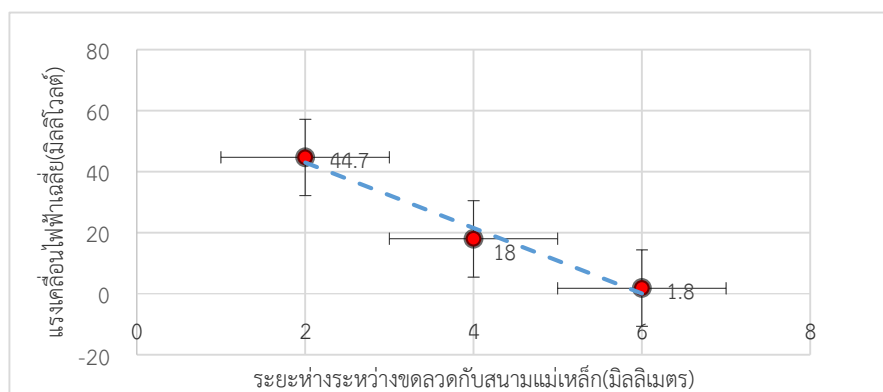
ความเร็วรอบ(ต่อนาที)	แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (mV)		
	ระยะห่าง 2 ม.ม.	ระยะห่าง 4 ม.ม.	ระยะห่าง 6 ม.ม.
200	5.7	2.3	0
400	18.7	5	0.6
600	32.3	12.6	1.1
800	44.7	18	1.8

จากตารางที่ 3 การศึกษาระยะห่างระหว่างขดลวดกับสนามแม่เหล็กที่มีผลต่อการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า พบว่า ที่ระยะห่างระหว่างขดลวดกับสนามแม่เหล็ก 2 มิลลิเมตร แม่เหล็ก 6 ก้อน จำนวนรอบของขดลวด 500 รอบ และมีความเร็วรอบ 200 400 600 และ 800 รอบต่อนาที วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเฉลี่ยมีค่า 5.7 18.7 32.3 และ 44.7 มิลลิโวลต์ , ที่ระยะห่างระหว่างขดลวดกับสนามแม่เหล็ก 4 มิลลิเมตร มีแม่เหล็ก 6 ก้อน จำนวนรอบของขดลวด 500 รอบ และมีความเร็วรอบ 200 400 600 และ 800 รอบต่อนาที วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเฉลี่ยมีค่า 2.3 5 12.6 และ 18 มิลลิโวลต์ และที่ระยะห่างระหว่างขดลวดกับสนามแม่เหล็ก 6 มิลลิเมตร แม่เหล็ก 6 ก้อน จำนวนรอบของขดลวด 500 รอบ และมีความเร็วรอบ 200 400 600 และ 800 รอบต่อนาที วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเฉลี่ยมีค่า 0 0.6 1.1 และ 1.8 มิลลิโวลต์



ภาพที่ 6 แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนขดลวดจำนวน 500 รอบที่ความเร็วรอบของการหมุนจานแม่เหล็ก ที่ระยะห่าง 2 4 และ 6 มิลลิเมตร

จากภาพที่ 6 จะเห็นว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่มีระยะห่างระหว่างขดลวดกับสนามแม่เหล็ก 2 มิลลิเมตร มีค่าค่อนข้างสูงที่ความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที ที่มีระยะห่างระหว่างขดลวดจำนวน 500 รอบกับสนามแม่เหล็ก 6 ก้อน ทำให้ทราบค่าเฉลี่ยของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มีระยะห่างระหว่างขดลวดกับสนามแม่เหล็ก ที่ 2 4 และ 6 มิลลิเมตร เท่ากับ 44.7 18 และ 1.8 มิลลิโวลต์ ตามลำดับ เมื่อนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าเฉลี่ยกับระยะห่างระหว่างขดลวดกับสนามแม่เหล็กไปเขียนกราฟความสัมพันธ์จะได้ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนขดลวดจำนวน 500 รอบที่ความเร็วรอบของการหมุนจานแม่เหล็ก 800 รอบต่อนาที ที่ระยะห่าง 2 4 และ 6 มิลลิเมตร

เอกสารอ้างอิง

- สมภพ สุขเฉลิม. (2558). การศึกษาและพัฒนาชุดปฏิบัติการการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า. สืบค้นเมื่อ มีนาคม 13, 2561, จาก <http://personal.sut.ac.th/worawat/ThesisAward/การศึกษาและพัฒนาชุดปฏิบัติการการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า.pdf>.
- ศุภกร กตาทิการกุล สุเจนต์ พรหมเหมือน และปิติ พานิชายุนนท์. (2556). ชุดทดลองแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำกระแส. สืบค้นเมื่อ มีนาคม 13, 2561, จาก <https://www.tci-thaijo.org/index.php/tsujournal/article/view/42905/35493>.
- อำนาจ ผัดวัน และจิรพันธ์ ทาแกง. (2558). การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขดลวดและสนามแม่เหล็กหมุนสวนทางกัน. สืบค้นเมื่อ มีนาคม 13, 2561, จาก http://www.ecti-thailand.org/assets/papers/1453_pub_75.pdf