เครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ

An automatic winding machine for transformers and fan motors

ประชุม อุทาพรม[1*] ฉัชชิมา บุญชู[1] สุวัฒนา วงษ์วิหก[1] และ อังคณา เรืองฤทธิ์[1]

Prachum Utaprom[1*], Chutchima Boochoon[1], Suwattana Wongwihok[1] and Aungkana Rungrid[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบ สร้างและวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ โดยนำบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมการทำงานของชุดมอเตอร์และใช้สัญญาณพัลส์จากมอเตอร์ในการนับจำนวนรอบของการพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลม ใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ รับค่าจากการกดคีย์แพด และประมวลผลจากบอร์ด Arduino Mega 2560 เพื่อให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์เริ่มทำงาน จากการทดลองเครื่องใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนเพลา ตัวแกนจะใช้เป็นเหล็กเกลียวทำให้ชุดป้อนขดลวดสามารถเลื่อนไปทางซ้ายและขวาเพื่อทำการเรียงเส้นลวดให้เป็นระเบียบและเต็มขนาดของบล็อกได้ และมีไว้สำหรับใช้ฟีดเส้นลวดไม่ให้หย่อนมากหรือตึงมากจนเกินไป การทดสอบการพันขดลวด มี 2 ประเภท คือ 1) เครื่องพันขดลวดแบบพันมือ (ผู้ไม่เชี่ยวชาญ ผู้เชี่ยวชาญ) 2) เครื่องพันขดลวดแบบพันอัตโนมัติ ขนาดเส้นลวดที่ใช้ทดลอง เบอร์ 35, 36, 37 จำนวน 3 ครั้ง เพื่อหาค่าความเร็วเฉลี่ย ($\bar{x}$) และการหาประสิทธิภาพเครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 9 คน ผลการประเมินในภาพรวมอยู่ในระดับดี ในการพันในทุก ๆ รอบความเร็วรอบของมอเตอร์มีกำลังในการหมุนไม่แตกต่างกันมากเฉลี่ยอยู่ที่ 362-367 RPM เครื่องทำการพันเส้นลวดทองแดง 100 รอบ จำนวน 3 ครั้ง และขนาดเส้นลวดเบอร์ 35, 36 และ 37 (ขนาดที่ใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้า) จะใช้เวลาเฉลี่ย 1 นาที 20 วินาที ใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ขนาด 12V, 3A แรงบิดขนาด 0.39 N.m ปรับองศา 1.8°/step สามารถดึงเส้นลวดที่มีขนาดตั้งแต่เบอร์ 24-37 หรือเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.17-0.55 มิลลิเมตรได้ ซึ่งสามารถนำมาใช้ทดแทนการพันขดลวดแบบมือได้ ทำให้มีจำนวนรอบการพันที่แม่นยำ

คำสำคัญ: ขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้า ขดลวดมอเตอร์พัดลม สเต็ปปิ้งมอเตอร์

Abstract

The purpose of this research was to design, create, and analyte the performance of automatic winding machine for transformers and fan motors. The Arduino Mega 2560 microcontroller board was applied to control the operation of the motor unit using the pulse signal from the motor for counting the number of the winding machine for transformers and fan motors, the stepping motor got result from pressing the keypad and processing from the Arduino Mega 2560 board to stepping motor starts. From the experiment, the motor was used to drive the shaft with the core used as a spiral steel for arrange the coil can be moved left and right to keep the wire tidy and fulfill the block,

[1] คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี

[1] Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Suphanburi Campus

[*] Corresponding author. E-mail: utaprom@gmail.com

Received: April 18, 2021; Revised: July 30, 2021; Accepted: September 6, 2021

and also intended for tense wire not too loose or too taut. There were two types of coil winding testing: 1) a hand-wound winding machine. (non-expert, expert) 2) an automatic winding machine with wire size used in experiment number 35, 36, 37 for 3 times to find the average speed ($\bar{x}$) and to find the efficiency of automatic winding machine for transformers and fan motors by 9 experts. The evaluation result was good in every times and the rotational speed of the motor was not different, showing the average of 362-367 RPM. The coil winding machine was tested 100 turns 3 times with the wire size 35, 36 and 37 (sizes for electrical appliances) obtained an average of 1.20 minute using 12V, 3A stepping motor, 0.39 N and adjust angle 1.8°/step. They could pull the wire sizes from No. 24-37 or diameter from 0.17-0.55 mm and might replace by the hand winding, resulting in an accurate number of winding cycles.

Keywords: transformer coil, wind motor coil, stepping motor

บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นอุตสาหกรรมที่มีการเจริญเติบโตสูง เครื่องใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะประกอบด้วยหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ประเทศไทยมีการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์ทั่วไปมี 2 วิธี คือ การผลิตโดยการใช้เครื่องจักรและการผลิตโดยใช้แรงงานคน ในกรณีที่ใช้เครื่องจักรผลิตจะมีความเป็นระเบียบ แม่นยำสูง ใช้เวลาผลิตเร็วและจำนวนมาก แต่จะใช้ต้นทุนที่สูง และในขณะที่ผลิตโดยใช้แรงงานคนจะมีความเป็นระเบียบ ความแม่นยำน้อยกว่า ใช้เวลาผลิตที่มากและได้จำนวนน้อย ซึ่งเราจะพบว่าชีวิตประจำวัน การใช้อุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องใช้หลายสิ่งหลายอย่างเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว การเคลื่อนที่ เช่น พัดลม เครื่องซักผ้า และเครื่องดูดฝุ่น เป็นต้น เมื่อมองเข้าไปภายในอุปกรณ์ สิ่งที่สำคัญคือ หม้อแปลงไฟฟ้า (transformer) และมอเตอร์ (motor) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลการทำงานปกติของมอเตอร์ไฟฟ้าส่วนใหญ่เกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กในตัวมอเตอร์ และสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสในขดลวดทำให้เกิดแรงดูดและแรงผลักของสนามแม่เหล็ก

จากการสัมภาษณ์ตามร้านรับซ่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับการพันขดลวด ได้กล่าวถึงประสบการณ์ในการใช้เครื่องพันขดลวดแบบพันมือ ปัญหาที่พบคือในการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้า และมอเตอร์ต้องอาศัยผู้ที่มีทักษะสูงในการพันขดลวด ซึ่งจะทำให้ใช้เวลาน้อยและการนับรอบจำนวนการพันอาจมีการผิดพลาดได้น้อยลง ยังใช้วิธีการพันขดลวดด้วยแรงงานคน หรืออาจใช้มอเตอร์เป็นตัวเคลื่อนในการพันขดลวด ซึ่งจะทำให้เวลาในการพันเร็วขึ้นมากกว่าเดิมแต่งานที่ได้จะไม่ค่อยเป็นระเบียบ เช่น Sunanthawiwan, Ruangwongwittaya, & Ngamlert (1996) พัฒนาเครื่องพันขดลวดอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ออกแบบและพัฒนาให้สามารถพันขดลวดได้หลายขนาด ทำงานได้รวดเร็ว ใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ 2 ตัว ตัวหนึ่งใช้เพื่อหมุนโรลของขดลวด ตัวที่สองใช้เพื่อส่ายขดลวดในทิศทางตามเข็มและทวนเข็มนาฬิกา ควบคุมการทำงานด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางปริ้นเตอร์พอร์ต สามารถกำหนดจำนวนรอบของการพัน ขนาดของเส้นลวด และความกว้างของบ็อบบิ้น ได้โดยตรงในโปรแกรม

Thongkao, & Lheowpichedkul (2005) พัฒนาเครื่องพันขดลวดในปัจจุบันยังใช้แรงงานคนในการพันขดลวดและเป็นปัญหาสำหรับคนพันขดลวดเองก็คือการนับรอบที่ถูกต้องและต้องใช้แรงงานคนอีก ดังนั้นเพื่อลดปัญหานี้ จึงได้มีการนำเอาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขายอยู่ในประเทศไทยเข้ามาเป็นตัวช่วยในการพันขดลวดและนับรอบที่ถูกต้องได้ ได้แก่ วงจร AVR ATmega8 วงจรตรวจจับรอบการพันวงจร drive สำหรับมอเตอร์ ซึ่งแต่ล่ะวงจรจะมีความสำคัญที่แตกต่างกันไป

Muongthong (2009) พัฒนาเครื่องพันขดลวดหม้อแปลง คณะวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ สร้างขึ้นเพื่อช่วยในการนับจำนวนรอบของการพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งจากผลการทดลองในการนับจำนวนรอบแบบเข็มยังไม่สามารถนับรอบได้แม่นยำ

Kasemsin (2016) พัฒนาเครื่องกัดแผ่นวงจรพิมพ์กึ่งอัตโนมัติ สร้างขึ้นเพื่อกัดแผ่นวงจรพิมพ์กึ่งอัตโนมัติ และทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องกัดแผ่นวงจรพิมพ์กึ่งอัตโนมัติ โครงสร้างทำมาจากอะคริลิก ใช้ระบบการฉีดพ่นกรดลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ ควบคุมอัตราความเร็วในการฉีดพ่นกรดลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยบอร์ด Arduino UNO R3 การสั่งงานสามารถสั่งผ่านหน้าจอสัมผัสแบบคาปาซิทีฟที่สามารถปรับได้ 3 ระดับ และแสดงผลการทำงานด้วยจอแสดงผลแบบแอลซีดี

Kasemsin, & Yolai (2020) พัฒนาชุดสาธิตการแทงเข็มฉีดยาเข้ากล้ามเนื้อแสดงผลผ่านสมาร์ทโฟนด้วยแอปพลิเคชันอินเวนเตอร์ สร้างขึ้นเพื่อพัฒนาทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน และศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานชุดสาธิตการแทงเข็มฉีดยาเข้ากล้ามเนื้อแสดงผลผ่านสมาร์ตโฟนด้วยแอปพลิเคชันอินเวนเตอร์ ซึ่งเป็นการพัฒนาชุดสาธิตที่มีอยู่เดิม โดยประยุกต์ใช้ผ้านำไฟฟ้าเป็นเซนเซอร์ตรวจจับการแทงเข็มฉีดยาแต่ละจุด ใช้ไมโครคอนโทลเลอร์ตระกูล AVR ในการประมวลผลการทำงาน ประกอบเข้ากับหุ่นไฟเบอร์ครึ่งตัวชาย ตัดคอ มีแขนติดตัง บนฐานที่สามารถปรับความสูง-ต่ำได้ ชุดสาธิตฯ สามารถแสดงผลของการแทงเข็มด้วยหลอดแอลอีดี และแสดงผลผ่านสมาร์ตโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้ด้วยเทคโนโลยีบลูทูธ

ดังนั้น ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดในการสร้างเครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 มาประยุกต์ใช้ ทำให้การพันเส้นลวดมีความเป็นระเบียบ สามารถตั้งจำนวนรอบและนับจำนวนรอบได้อย่างแม่นยำ อีกทั้งสามารถใช้กับเส้นลวดได้หลายขนาด และสามารถนำเครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติไปประยุกต์ใช้ในงานอื่น ๆ ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. สร้างต้นแบบชุดพันขดลวดอัตโนมัติและวิเคราะห์สมรรถนะการทำงาน
2. เพื่อศึกษาการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์มาประยุกต์ใช้นับจำนวนรอบ
3. เพื่อศึกษาการทำงานของชุดพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลม ด้วยการใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 มาประยุกต์ใช้

วิธีการศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบชุดพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ และวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของเครื่องโดยการนำบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์บอร์ด Arduino Mega 2560 มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมการทำงานของชุดมอเตอร์ เพื่อใช้ในการนับจำนวนรอบของการพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ ดัง (Figure 1)

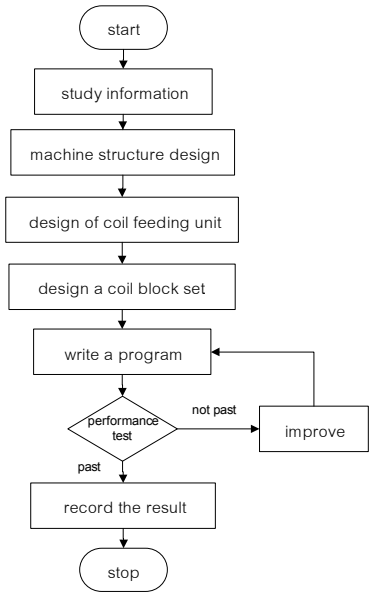

Figure 1 Operating method diagram.

จาก (Figure 1) แสดงบล็อกไดอะแกรมการดำเนินงานการสร้างต้นแบบเครื่องพันหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ โดยทำงานศึกษาข้อมูลเพื่อออกแบบตัวเครื่อง ออกแบบชุดป้อนขดลวด ออกแบบชุดพันขดลวด ทำการเขียนโปรแกรมทดลองการทำงานและสรุปผล สถานที่ทำการวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562

1. การศึกษาข้อมูล

การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำงานเพื่อดำเนินการสร้างเครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ ที่ควบคุมการทำงานไมโครคอนโทรเลอร์ โดยศึกษาข้อมูลดังนี้

- Arduino Mega 2560
- Stepping motor
- TB6600 0.5-4 A stepper motor driver
- LCD i2c

2. การออกแบบโครงสร้างเครื่องพันขดลวด

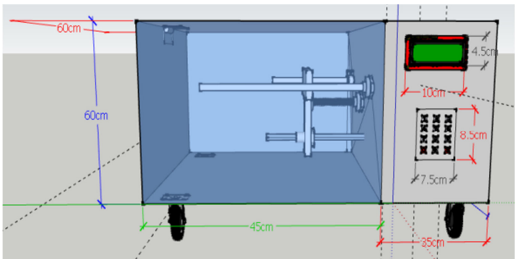

Figure 2 Outer coil winding machine structure.

จาก (Figure 2) แสดงด้านหน้าของเครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ ที่มีขนาดความกว้างทางด้านฝั่งชุดพันขดลวดอยู่ที่ความสูง 60 เซนติเมตร และมีความลึก 60 เซนติเมตร ทางด้านฝั่งชุดคอนโทรลมีความกว้าง 35 เซนติเมตร มีความสูง 60 เซนติเมตร และมีความลึก 60 เซนติเมตร

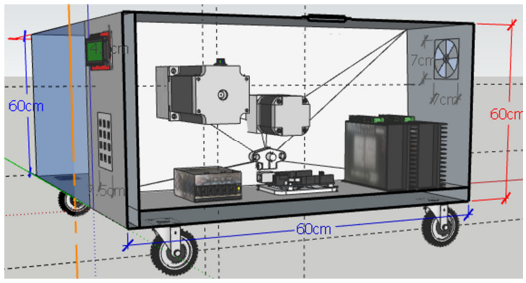

Figure 3 Inner coil winding machine structure.

จาก (Figure 3) แสดงด้านในของเครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ เป็นรูปแบบการจำลองติดตั้งอุปกรณ์ภายในของตัวเครื่อง

Figure 4 An automatic winding machine for transformers and fan motors.

จาก (Figure 4) เครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ โดยมีโครงสร้างของเครื่องทำจากสแตนเลสที่มีขนาดความหนา 1 มิลลิเมตร ประกอบเป็นตู้โดยมีขนาดความสูงอยู่ที่ 60 เซนติเมตร และมีขนาดความกว้างอยู่ที่ 75 เซนติเมตร มีขนาดความกว้างด้านข้างอยู่ที่ 60 เซนติเมตร และมีขนาดความสูงจากพื้น 6 เซนติเมตร

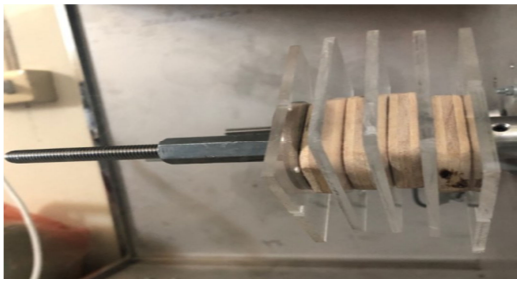

Figure 5 Winding block kit.

จาก (Figure 5) เป็นชุดพันขดลวด โดยใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ขนาด 12V, 3A ปรับองศา 1.8°/step เป็นตัวหมุนแกนเพลาเพื่อให้ได้จำนวนรอบตามที่ต้องการ

3. ออกแบบชุดป้อนขดลวด

ในการทำงานของชุดนี้ คือการใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนเพลา โดยที่ตัวแกนจะใช้เป็นเหล็กเกลียวทำให้ชุดป้อนขดลวดสามารถเลื่อนไปทางซ้ายและขวาเพื่อทำการเรียงเส้นลวดให้เป็นระเบียบและเต็มขนาดของบล็อกได้ และมีไว้สำหรับใช้ฟีดเส้นลวดไม่ให้หย่อนมากหรือตึงมากจนเกินไป

4. การออกแบบชุดเซ็นเซอร์

การส่งสัญญาณพัลส์ มีหลักการทำงาน คือ สัญญาณพัลส์มาจากการหมุนของมอเตอร์ มอเตอร์หมุนหนึ่งรอบจะได้สัญญาณพัลส์หนึ่งลูกคลื่น แล้วส่งสัญญาณเข้าไปที่ตัว driver motor จากนั้นจะเก็บค่าสัญญาณพัลส์ที่ได้ไว้ที่บอร์ด Arduino Mega 2560 แล้วนำไปแสดงที่จอ LCD ซึ่งนำมาใช้ในการ นำจำนวนรอบการหมุนของมอเตอร์

ชุดแสดงผล เป็นชุดแสดงผล โดยใช้จอ LCD โดยหลักทำงานของจอแสดงผลคือ รับค่าจากเซ็นเซอร์ ที่วัดจำนวนรอบจากการหมุนของมอเตอร์ และนำมาแสดงผลที่จอ LCD

5. ออกแบบการเขียนโปรแกรม

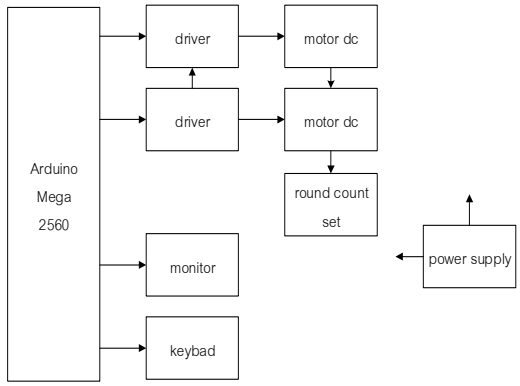

Figure 6 Block diagram of the operation of the automatic winding machine for transformers and fan motors, and controlled Arduino Mega 2560.

จาก (Figure 6) แสดงบล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ ควบคุมด้วย Arduino ประกอบด้วย บอร์ด Arduino Mega 2560, stepping motor, TB6600 0.5-4 A stepper motor driver, จอ LCD i2c, keypad active buzzer module และ power supply

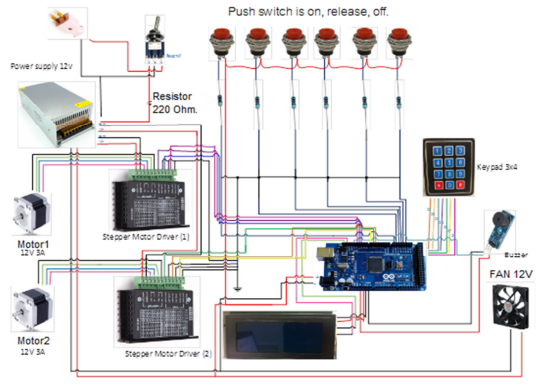

Figure 7 Device connection model.

จาก (Figure 7) เป็นการเชื่อมต่อของอุปกรณ์มีหลักการทำงานคือ บอร์ด Arduino Mega 2560 จะเป็นตัวควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งหมดในวงจรให้ทำงานไปตามที่ได้โปรแกรมไว้ ลักษณะการทำงานของวงจรเครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติจะเริ่มทำงานตั้งแต่การรับค่ามาจากสวิตช์กดติดปล่อยดับ และคีย์แพด จากนั้นส่งค่าไปที่บอร์ด Arduino Mega 2560 และบอร์ดจะทำการส่งสัญญาณข้อมูลต่อไปยัง TB6600 0.5-4 A stepper motor driver ตัว driver จะเป็นตัวคอนโทรลการทำงานให้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ว่าต้องการให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ทำงานไปในรูปแบบและทิศทางใด เมื่อสเต็ปปิ้งมอเตอร์ เริ่มทำงานจะส่งสัญญาณข้อมูลแบบพัลส์ให้กับไดร์มอเตอร์ แล้วส่งค่ากับไปเก็บไว้ในบอร์ด Arduino Mega 2560 เพื่อส่งข้อมูลพัลส์ไปแสดงในรูปแบบตัวเลขที่จอ LCD

ผลการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการออกแบบ สร้างและวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ สามารถแสดงผลดังต่อไปนี้

- ผลการทดลอง
- ผลการทดสอบประสิทธิภาพ
- สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาข้อมูลเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน เช่น หม้อแปลงของแหล่งจ่ายไฟเครื่องขยายเสียง ขดลวดของมอเตอร์พัดลม จะใช้เส้นลวดในช่วงเบอร์ 23-38 พันชุดขดลวดปฐมภูมิ ขดทุติยภูมิ (ในหม้อแปลง) และชุดรันและสตาร์ท (ในพัดลม)

ดังนี้ผู้วิจัยจึงออกแบบตัวเครื่องให้สามารถทำงานอยู่ในช่วงดังกล่าว และเลือกขนาดเส้นลวดทดลองเก็บข้อมูล

ผลการทดลองการพันขดลวดสามารถแบ่งออกเป็นแบบ 2 ประเภท ดังนี้

1) เครื่องพันขดลวดแบบพันมือ

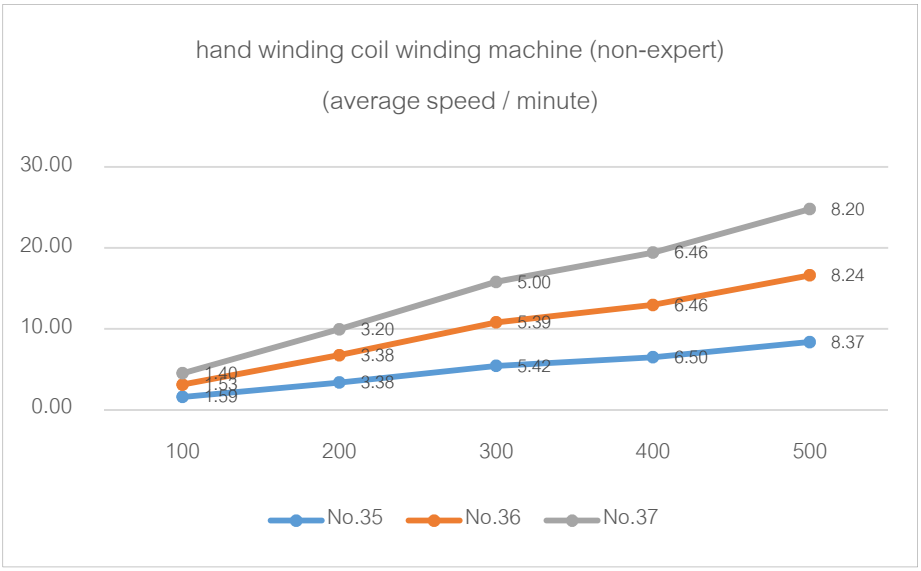

Figure 8 Test results for hand winding coil winding machine (non-expert).

จาก (Figure 8) ผลการทดสอบเครื่องพันขดลวดแบบพันมือ (โดยผู้ไม่เชี่ยวชาญ) ซึ่งจะเห็นได้ว่าในการพันขดลวดที่จำนวน 100 รอบ ทั้ง 3 ครั้ง ขดลวดเบอร์ 35 ใช้ความเร็วเฉลี่ย 1.59 นาที ขดลวดเบอร์ 36 เวลาความเร็วเฉลี่ย 1.53 นาที และขดลวดเบอร์ 37 เวลาความเร็วเฉลี่ย 1.40 นาที การพันขดลวดที่จำนวน 200 รอบ ทั้ง 3 ครั้ง ขดลวดเบอร์ 35 ใช้ความเร็วเฉลี่ย 3.38 นาที ขดลวดเบอร์ 36 ใช้เวลาความเร็วเฉลี่ย 3.38 นาที และขดลวดเบอร์ 37 ใช้เวลาความเร็วเฉลี่ย 3.20 นาที การพันขดลวดที่จำนวน 300 รอบ ทั้ง 3 ครั้ง ขดลวดเบอร์ 35 ใช้ความเร็วเฉลี่ย 5.42 นาที ขดลวดเบอร์ 36 ใช้เวลาความเร็วเฉลี่ย 5.39 นาที และขดลวดเบอร์ 37 ใช้เวลาความเร็วเฉลี่ย 5.00 นาที การพันขดลวดที่จำนวน 400 รอบ ทั้ง 3 ครั้ง ขดลวดเบอร์ 35 ใช้ความเร็วเฉลี่ย 6.50 นาที ขดลวดเบอร์ 36 ใช้เวลาความเร็วเฉลี่ย 6.46 นาที และขดลวดเบอร์ 37 ใช้เวลาความเร็วเฉลี่ย 6.46 นาที และการพันขดลวดที่จำนวน 500 รอบ ทั้ง 3 ครั้ง ขดลวดเบอร์ 35 ใช้ความเร็วเฉลี่ย 8.37 นาที ขดลวดเบอร์ 36 ใช้เวลาความเร็วเฉลี่ย 8.24 นาที และขดลวดเบอร์ 37 ใช้เวลาความเร็วเฉลี่ย 8.20 นาที

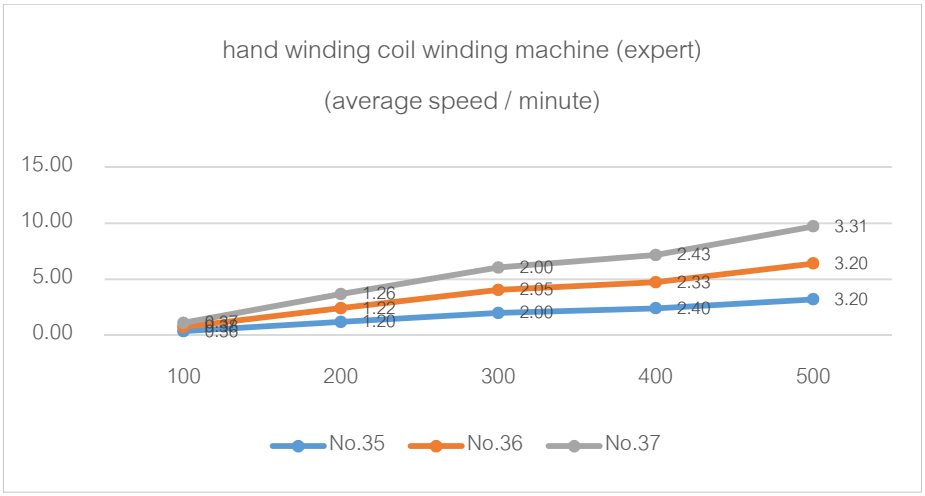

Figure 9 Test results for hand winding coil winding machine (expert).

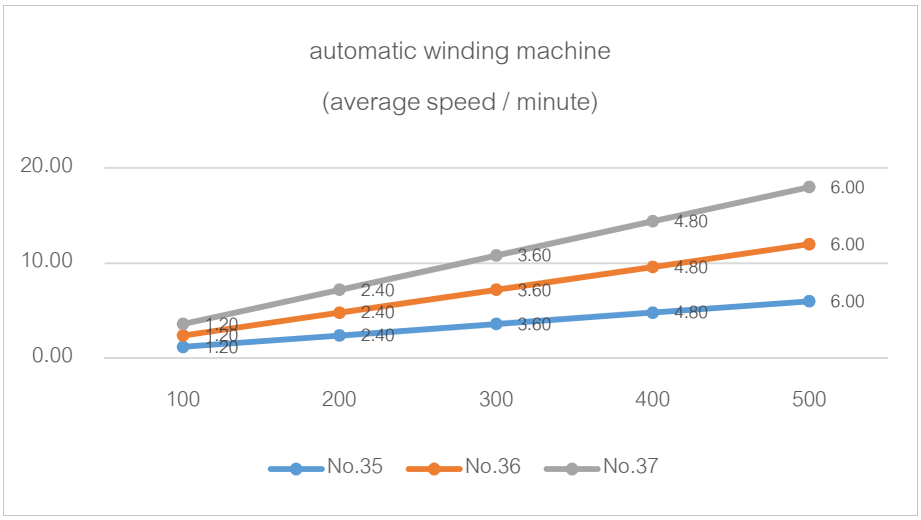

Figure 10 Test results for automatic winding machine.

จาก (Figure 9) ผลการทดสอบเครื่องพันขดลวดแบบพันมือ (โดยผู้เชี่ยวชาญ) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการพันขดลวดจำนวน 100 รอบ ขนาดขดลวดเบอร์ 35 ทั้งหมด 3 ครั้ง ใช้เวลาความเร็วเฉลี่ยที่ 36 วินาที ขนาดขดลวดเบอร์ 36 ใช้เวลาความเร็วเฉลี่ย 38 วินาที และขดลวดเบอร์ 37 ครั้ง ใช้เวลาความเร็วเฉลี่ย 37 วินาที การพันขดลวดที่จำนวน 200 รอบ ทั้ง 3 ครั้ง ขดลวดเบอร์ 35 ใช้ความเร็วเฉลี่ย 1.20 นาที ขดลวดเบอร์ 36 ใช้เวลาความเร็วเฉลี่ย 1.22 นาที และขดลวดเบอร์ 37 ใช้เวลาความเร็วเฉลี่ย 1.26 นาที การพันขดลวดที่จำนวน 300 รอบ ทั้ง 3 ครั้ง ขดลวดเบอร์ 35 ใช้ความเร็วเฉลี่ย 2 นาที ขดลวดเบอร์ 36 ใช้เวลาความเร็วเฉลี่ย 2.05 นาที และ

ขดลวดเบอร์ 37 ใช้เวลาความเร็วเฉลี่ย 2 นาที การพันขดลวดที่จำนวน 400 รอบ ทั้ง 3 ครั้ง ขดลวดเบอร์ 35 ใช้ความเร็วเฉลี่ย 2.40 นาที ขดลวดเบอร์ 36 ใช้เวลาความเร็วเฉลี่ย 2.33 นาที และขดลวดเบอร์ 37 ใช้เวลาความเร็วเฉลี่ย 2.43 นาที และการพันขดลวดที่จำนวน 500 รอบ ทั้ง 3 ครั้ง ขดลวดเบอร์ 35 ใช้ความเร็วเฉลี่ย 3.20 นาที ขดลวดเบอร์ 36 ใช้เวลาความเร็วเฉลี่ย 3.20 นาที และขดลวดเบอร์ 37 ใช้เวลาความเร็วเฉลี่ย 3.31 นาที

จาก (Figure 10) ผลการทดสอบเครื่องพันขดลวด (แบบอัตโนมัติ) จะเห็นได้ว่าการพันขดลวดจำนวน 100 รอบ ขนาดขดลวดเบอร์ 35, 36, 37 ทั้งหมด 3 ครั้ง ใช้เวลาความเร็วเฉลี่ยที่ 1.20 นาที การพันขดลวดที่จำนวน 200 รอบ ทั้ง 3 ครั้ง ขดลวดเบอร์ 35, 36, 37 ใช้ความเร็วเฉลี่ย 2.40 นาที การพันขดลวดที่จำนวน 300 รอบ ทั้ง 3 ครั้ง ขดลวดเบอร์ 35, 36, 37 ใช้ความเร็วเฉลี่ย 3.60 นาที การพันขดลวดที่จำนวน 400 รอบ ทั้ง 3 ครั้ง ขดลวดเบอร์ 35, 36, 37 ใช้ความเร็วเฉลี่ย 4.80 นาที และการพันขดลวดที่จำนวน 500 รอบ ทั้ง 3 ครั้ง ขดลวดเบอร์ 35, 36, 37 ใช้ความเร็วเฉลี่ย 6.00 นาที

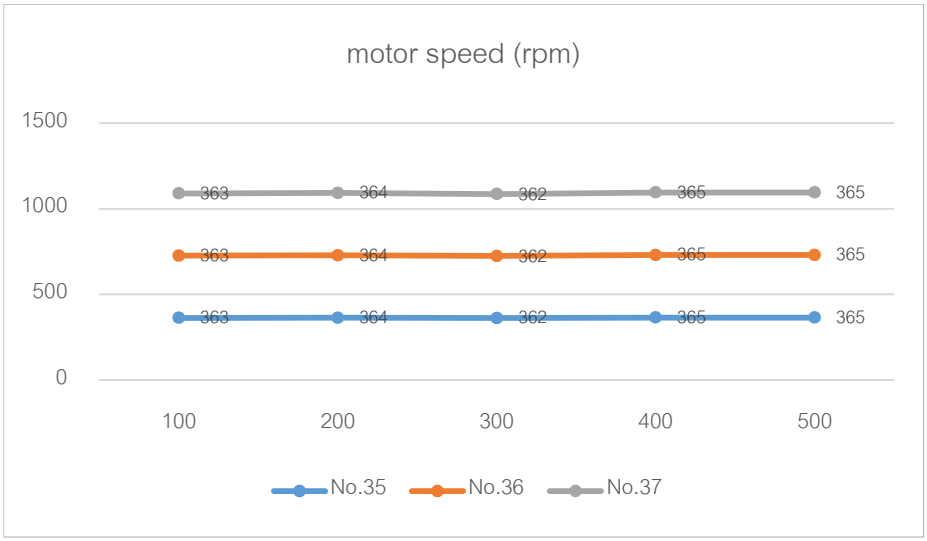

Figure 11 Test results for automatic winding machine (motor speed).

จาก (Figure 11) ผลการทดสอบเครื่องพันขดลวดแบบอัตโนมัติ เพื่อหาค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ (RPM) ขนาดขดลวดเบอร์ 35, 36, 37 ที่การพันขดลวดจำนวน 100 รอบ ความเร็วรอบของมอเตอร์เท่ากับ 363 RPM ที่การพันขดลวดจำนวน 200 รอบ ความเร็วรอบของมอเตอร์เท่ากับ 363 RPM ที่การพันขดลวดจำนวน 300 รอบความเร็วรอบของมอเตอร์เท่ากับ 362 RPM ที่การพันขดลวดจำนวน 400 รอบ ความเร็วรอบของมอเตอร์เท่ากับ 365 RPM และที่การพันขดลวดจำนวน 500 รอบ ความเร็วรอบของมอเตอร์เท่ากับ 365 RPM

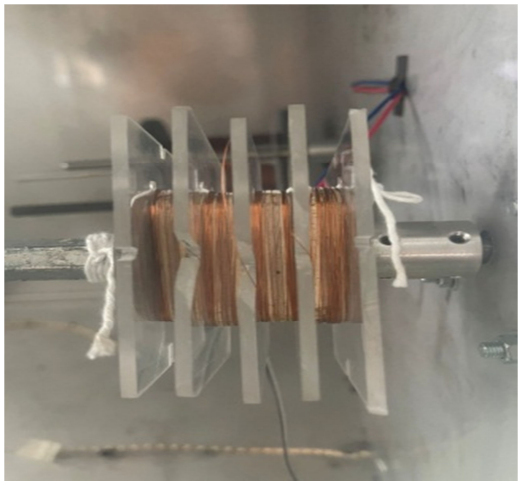

Figure 12 Coils wound with automatic winding machine.

จาก (Figure 12) แสดงคอยล์ที่ได้จากการพันด้วยเครื่องพันหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ เป็นชุดบล็อกใช้สำหรับการพันขดลวดมอเตอร์พัดลม

ผลการทดลองจากเครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ โดยให้ผู้ที่ไม่มีประสบการณ์และผู้ที่มีประสบการณ์ในการใช้เครื่องพันขดลวดแบบพันมือโดยได้ทดลองใช้และได้ผลสรุปในการพันขดลวดดังนี้

ในการพันเส้นลวดทองแดงในแต่ละบล็อกจะมีค่าความผิดพลาดการพันเส้นทองแดงเกินจำนวนรอบที่กำหนดไว้ ซึ่งเกิดจากในขณะที่กำลังจะข้ามจากหนึ่งบล็อกไปยังอีกหนึ่งบล็อกจึงทำให้เกิด ความผิดพลาดได้ แต่ถ้าทำการพันเส้นลวดทองแดงหนึ่งบล็อกจะไม่เกิดความผิดพลาดของจำนวนรอบ และการพันเส้นลวดทองแดง 100 รอบ จะใช้เวลาเฉลี่ย 1 นาที 20 วินาที ซึ่งในการพันในทุก ๆ รอบความเร็วรอบของมอเตอร์มีกำลังในการหมุนไม่แตกต่างกันมากเฉลี่ยอยู่ที่ 362-367 RPM

ขนาดของเส้นลวดทองแดงที่สามารถใช้กับเครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดของเส้นลวดที่สามารถใช้ได้มีตั้งแต่เบอร์ 24-37 หรือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.17-0.55 มิลลิเมตร เพราะเส้นลวดมีขนาดไม่เล็กและไม่ใหญ่มากจนเกินไป จึงทำให้มอเตอร์มีแรงดึงเพื่อที่จะพันขดลวดได้ ส่วนเบอร์ที่ไม่สามารถใช้ได้นั้นจะมีตั้งแต่ช่วง 0.60-1.40 มิลลิเมตร หรือเบอร์ 23-37 เพราะมีขนาดใหญ่เกินที่มอเตอร์จะสามารถดึงได้ แรงบิดของมอเตอร์นั้นมีน้อย จึงไม่สามารถพันได้

2) ผลการทดสอบประสิทธิภาพ

จาก (Table 1) ผลการประเมินประสิทธิภาพเครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 9 คน ในภาพรวมอยู่ในระดับ ดี โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.64 เมื่อพิจารณาแต่ละรายการ รายการที่มีค่าสูงสุดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 คือ ความแข็งแรงของตู้ รองลงมาคือความสะดวกในการใช้งานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 รองลงมาตามลำดับค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22 คือหัวข้อ ง่ายต่อการใช้งานและการแสดงผลของจอ LCD โดยภาพรวมทั้งหมด การออกแบบมีความเหมาะสม ชุดไฟเลี้ยงวงจรมีความเหมาะสม ชุดอินพุตของอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลมีความเหมาะสม มีระบบความปลอดภัยที่ดี ง่ายต่อการใช้งาน ง่ายต่อการซ่อมแซมบำรุงรักษา และรายการที่มีค่าต่ำสุดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.44 คือ ความเหมาะสมของต้นทุน

Table 1 Performance evaluation results.

evaluated item	analysis results		
	mean ($\bar{x}$)	standard deviation (S.D.)	results
1. the equipment used is appropriate	4.00	0.50	good
2. cabinet strength	4.56	0.53	very good
3. cabinet size is reasonable	3.56	0.73	good
4. design is reasonable	3.89	0.78	good
5. the circuit power supply is suitable	4.11	0.33	good
6. the input set of the device used to transmit data is appropriate	4.11	0.78	good
7. the winding kit is suitable	3.78	0.97	good
8. ease to use	4.33	0.71	good
9. LCD display	4.22	0.83	good
10. easy to move	3.78	0.67	good
11. have a good safety system	4.00	0.87	good
12. easy to use	4.22	0.44	good
13. easy to repair and maintain	4.00	0.50	good
14. cost suitability	3.44	0.73	moderate
15. complementing the learning of winding machine transformer and automatic wind motor	4.00	0.37	good
mean	4.00	0.64	good

3) สรุปผลการทดลอง

เครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ การนับจำนวนรอบเป็นการใช้สัญญาณพัลส์ จากมอเตอร์ที่ส่งทีละ 1 ไซเคิล มาแสดงผลที่จอ LCD ชุดพันขดลวดใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ขนาด 12V, 3A แรงบิดขนาด 0.39 N.m สามารถดึงเส้นลวดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.17-0.55 มิลลิเมตร แต่ยังไม่ครอบคลุมขนาดของขดลวดทั้งหมดได้ แกนหมุนบล็อกพันขดลวดยังไม่มีความสมดุล

อภิปรายผล

เครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ สามารถทำงานได้อย่างประสิทธิภาพ เนื่องด้วยการออกแบบโดยใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์มาประยุกต์ใช้นับจำนวนรอบ ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 มาประยุกต์ใช้การควบคุมการทำงานดังนี้ 1) จอแสดงผลแบบแอลซีดีและคีย์แพดรับคำสั่งค่าต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kasemsin (2016) ซึ่งพบว่า ประสิทธิภาพของการสั่งงานผ่านหน้าจอสัมผัสแบบคาปาซิทีฟตอบสนอง

ต่อการกดสั่งงานได้ 100 เปอร์เซ็นต์ จอแสดงผลแบบแอลซีดี การแสดงผลของคำสั่งต่าง ๆ แสดงผลได้ 100 เปอร์เซ็นต์ 2) การพันเส้นลวดทองแดง 100 รอบ จะใช้เวลาเฉลี่ย 1 นาที 20 วินาที ซึ่งในการพันในทุก ๆ รอบความเร็วรอบของมอเตอร์มีกำลังในการหมุนไม่แตกต่างกันมากเฉลี่ยอยู่ที่ 362-367 RPM และขนาดของเส้นลวดทองแดงที่สามารถใช้กับเครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติได้ ซึ่งมีขนาดตั้งแต่เบอร์ 24-37 หรือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.17-0.55 มิลลิเมตร เพราะเส้นลวดมีขนาดไม่เล็กและไม่ใหญ่มากจนเกินไป จึงทำให้มอเตอร์มีแรงดึงเพื่อที่จะพันขดลวดได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Thongkao, & Lheowpichedkul (2005) ซึ่งพบว่า 1) เครื่องสามารถพันขดลวดได้สูงสุด 9999 รอบ ขดลวดที่พันต้องเป็นขดลวดขนาดเล็กเท่านั้น ถ้าเป็นขดลวดขนาดใหญ่จะไม่สามารถพันได้เนื่องจาก motor มี torque ต่ำ ในการนับรอบจะนับได้แม่นยำ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบประมาณ 200 RPM ซึ่งถ้าเร็วมากเวลาหยุดจะทำให้รอบเกิน ซึ่งเกิดจากแรงเฉื่อยของ motor และผลิตภัณฑ์ที่ได้จะไม่ค่อยมีระเบียบ 3) การประเมินประสิทธิภาพเครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ อยู่ในระดับ ดี ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.64 รายการที่มีค่าสูงสุดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 คือ ความแข็งแรงของตู้ รองลงมาคือความสะดวกในการใช้งานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 รองลงมาตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22 คือหัวข้อ ง่ายต่อการใช้งาน และการแสดงผลของจอ LCD โดยภาพรวมทั้งหมด การออกแบบมีความเหมาะสม ชุดไฟเลี้ยงวงจรมีความเหมาะสม ชุดอินพุตของอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลมีความเหมาะสม มีระบบความปลอดภัยที่ดี ง่ายต่อการใช้งาน ง่ายต่อการซ่อมแซมบำรุงรักษา และรายการที่มีค่าต่ำสุดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.44 คือ ความเหมาะสมของต้นทุน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kasemsin, & Yolai (2020) ซึ่งพบว่า ความคล้ายทางกายวิภาคศาสตร์ อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 (คะแนนเต็ม 5.00) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.17 ประสิทธิภาพด้านความเที่ยงตรงของการแสดงผลด้วยแอลอีดี การเตือนด้วยเสียงและการแสดงผลผ่านสมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ คิดเป็นร้อยละ 100 ความพึงพอใจของผู้นำไปใช้งาน มีความพึงพอใจระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55

สรุป

งานวิจัยนี้ ได้นำเสนอผลการทดสอบและวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino Mega 2560 มีการออกแบบชุดป้อนขดลวด ใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ในการนับจำนวนรอบและดึงเส้นลวด สามารถตั้งจำนวนรอบในการพัน เลือกขนาดของเส้นเส้นลวดได้หลายขนาด มีความแม่นยำในการนับจำนวนรอบ โดยขนาดของเส้นลวดมีผลกับแรงดึงที่ในการพันแต่ละครั้ง กล่าวคือ เส้นลวดเบอร์ 37 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า เส้นลวดเบอร์ 24 ดังนั้นจึงทำให้ใช้แรงดึงน้อยกว่า ซึ่งผลการทดลองได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด ทำให้ผู้วิจัยได้ความรู้และสามารถพัฒนาสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ ตัวเครื่องที่สร้างขึ้นสามารถ

นำไปใช้งานพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมต่าง ๆ ประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน

จากการทดสอบและวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์พัดลมแบบอัตโนมัติ พบปัญหาและอุปสรรคดังนี้ 1) เครื่องพันขดลวดไม่สามารถดึงเส้นลวดที่มีขนาดเล็กกว่า 0.17 มิลลิเมตร ได้เพราะมอเตอร์มีแรงบิดมากเกินไปจึงทำให้เส้นลวดขาด 2) เครื่องพันขดลวดไม่สามารถดึงเส้นลวดที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.55 มิลลิเมตร ได้เพราะมอเตอร์มีแรงบิดน้อยเกินไปจึงทำให้เส้นไม่สามารถเรียงเส้นได้ 3) แกนหมุนของบล็อกพันขดลวดเหวี่ยงมากเกินไปจึงทำให้การพันขดลวดไม่สมดุลกัน ซึ่งสามารถนำปัญหาและอุปสรรคไปทำการวิจัยต่อในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

Kasemsin, W. (2016). The PCB milling machine semi-automatic. *RMUTSB Academic Journal, 4*(2), 207-221. (in Thai)

Kasemsin, W., & Yolai, J. (2020). The development of demonstration kit for intramuscular injection needle display via smartphone inventor application. *RMUTSB Academic Journal, 8*(1), 112-124. (in Thai)

Muongthong, S. (2009). *Transformer winding machine* (research report). Uttaradit: Uttaradit Rajabhat University.

Sunanthawiwan, S., Ruangwongwittaya, S., & Ngamlert, A. (1996). *Automatic coil winding machine* (Bachelor's thesis). Srinakharinwirot University, Bangkok.

Thongkao, M., & Lheowpichedkul, W. (2010). *Coil wiring machine* (Bachelor's thesis). Khon Kaen University, Khon Kaen.