

## การควบคุมแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวร โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

### Voltage Control of Permanent Magnet Generator by using Microcontroller

พีรวัฒน์ มีสุข<sup>1\*</sup>, ชุมพล วันศรี<sup>2</sup> และ กวินชัย ต้องตรงทรัพย์<sup>2</sup>

Peerawat Meesuk<sup>1\*</sup>, Chumphon Wansri<sup>2</sup> and Kawinchai Tongtrongsut<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและระบบควบคุมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

<sup>2</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าเครื่องกลการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

<sup>1</sup>Department of Electrical Engineering and Automation control systems, Faculty of Engineering and Industrial Technology,  
Bansomdejchaopraya Rajabhat University

<sup>2</sup>Department of Electromechanic Manufacturing Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology,  
Bansomdejchaopraya Rajabhat University

\*Email: peerawat.me@bsru.ac.th

Received: June 06, 2021; Revised: October 28, 2021; Accepted: December 01, 2021

#### บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้าโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวรแบบฟลักซ์ตามแนวแกน ซึ่งวงจรการควบคุมแรงดันไฟฟ้าประกอบไปด้วยวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น 3 เฟสแบบบริดจ์และวงจรทอนระดับแรงดัน โดยการควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าด้านออกจะควบคุมในส่วนของผู้ประสมสวิตซ์ของวงจรถอนระดับแรงดันด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น UNO R3 ซึ่งผลการทดสอบที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าความเร็วรอบเท่ากับ 300 รอบต่อนาที ปรับตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าด้านออกได้สูงสุด 35.00 โวลต์ วัดค่าได้ 39 โวลต์ ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 600 รอบต่อนาที ปรับตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าด้านออกได้สูงสุด 70.00 โวลต์ วัดค่าได้ 72 โวลต์ และที่ความเร็วรอบเท่ากับ 900 รอบต่อนาที ปรับตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าด้านออกได้ 100.00 โวลต์ วัดค่าได้ 101 โวลต์ ซึ่งผลจากการทดสอบชุดทดสอบแสดงให้เห็นถึงชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้ามีความสามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้านออกได้ตามเงื่อนไข

**คำสำคัญ:** เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวร, วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น 3 เฟสแบบบริดจ์, วงจรทอนระดับแรงดัน

#### Abstract

This article presents the design and build of a voltage control using a microcontroller for an axial flux permanent magnet generator. The voltage control circuit consists of a three phase full-wave bridge rectifier and buck converter circuit. The voltage output of the device to control the switch of a circuit board with a reduced voltage level Arduino microcontroller model UNO R3. The generator speed test of 300 rpm adjustable output voltage up to 35.00 volts measured at 39 volts. At 600 rpm, the output voltage is adjustable up to 70.00 volts, measured at 72 volts, and at 900 rpm, the output voltage is adjustable to

100.00 volts. The value is 101 volts. The result of the voltage regulator circuit test shows that the voltage regulator is capable of controlling the output voltage according to conditions.

**Keywords:** Permanent Magnet Generator, Three Phase Full-Wave Bridge Rectifier, Buck Converter

## 1. บทนำ

ในสภาพสังคมปัจจุบันมีการขยายตัวในภาคครัวเรือนเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้มีความต้องการการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นจึงมีการคิดค้นเทคโนโลยีด้านการใช้งานพลังงานทดแทนเกิดขึ้นมากมายเพื่อตอบสนองความต้องการ ในปัจจุบันมนุษย์ได้ให้ความสำคัญและนำพลังงานจากลมมาใช้ประโยชน์มากขึ้น[1] เนื่องจากมีอยู่ทั่วไป ไม่ต้องซื้อหา เป็นพลังงานที่สะอาด ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสภาพแวดล้อม และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไม่รู้จักหมดสิ้น

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับการใช้งานด้านพลังงานทดแทน โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า ในส่วนของพลังงานกลมีการใช้งานจากพลังงานหลากหลายรูปแบบ เช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ เป็นต้น พลังงานลมเป็นพลังงานตามธรรมชาติที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ความกดดันของบรรยากาศและแรงจากการหมุนของโลก สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเร็วลมและกำลังลม เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าลมเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่มีอยู่ในตัวเอง และ แต่มีข้อจำกัดคือ ช่วงกระแสลมที่ไม่คงที่ ทำให้ช่วงขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่ต่อเนื่องหรือไม่สามารถรักษาแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดให้มีค่าคงที่ได้[2] จึงทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ได้ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานที่ไม่ต่อเนื่องด้วย ซึ่งวิธีที่นิยมนำมาแก้ไขปัญหาดังกล่าวให้ทำงานดีขึ้น คือนำวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังมาประยุกต์ใช้งาน

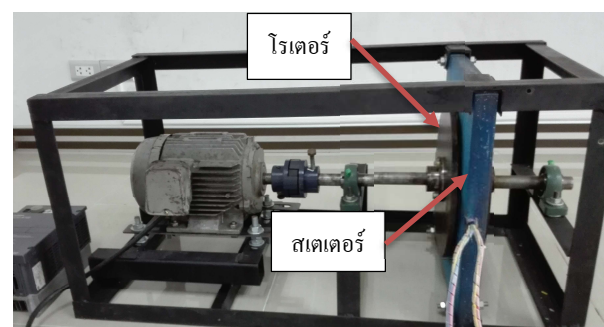
ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกการใช้งานวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ประกอบด้วยวงจรเรียงกระแสและวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าที่มีหน้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดได้แก่วงจรทอนระดับแรงดัน (Buck Converter) เป็นวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ทำหน้าที่ลดระดับแรงดันไฟฟ้าด้านออกให้ต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้ามาใช้งานในระบบนี้

เพื่อควบคุมและรักษาระดับแรงดันด้านขาออกที่ต้องการนำไปใช้งาน โดยในบทความนี้ประกอบด้วยที่มาและความสำคัญในหัวข้อที่หนึ่ง หัวข้อที่ 2 จะเป็นทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัย หัวข้อที่ 3 เป็นวิธีการดำเนินงาน หัวข้อที่ 4 เป็นผลการศึกษาและการอภิปรายผล และการสรุปผลการศึกษาเป็นหัวข้อที่ 5

## 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโรตอร์

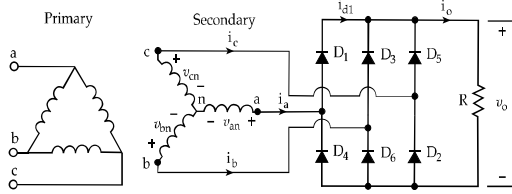
เป็นเครื่องจักรกลที่ใช้สำหรับแปลงผันพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนที่สร้างสนามแม่เหล็ก เรียกว่า วงจรสนามและส่วนที่สร้างแรงดันไฟฟ้า เรียกว่า วงจรอาร์เมเจอร์ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง โดยวงจรสนามจะเป็นส่วนที่อยู่กับที่ วงจรอาร์เมเจอร์จะเป็นส่วนที่เคลื่อนที่ แต่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ วงจรสนามและวงจรอาร์เมเจอร์ สามารถเป็นได้ทั้งส่วนที่อยู่กับที่และส่วนที่หมุนได้ ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวรแบบปลั๊กตามแนวแกนอาศัยสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรจากโรเตอร์หมุนตัดผ่านขดลวดที่ถูกยึดอยู่กับที่ในสเตเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวรแบบปลั๊กตามแนวแกนแสดงได้ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวร

## 2.2 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น 3 เฟสแบบบริดจ์

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น 3 เฟสแบบบริดจ์ ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้ไดโอดเป็นตัวอุปกรณ์สวิตช์



รูปที่ 2 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น 3 เฟสแบบบริดจ์

จากรูปที่ 2 จะได้รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าด้านออก ประกอบด้วย 6 พัลส์ ดังนั้นจึงหาค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าด้านออก ได้ดังนี้

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} V_m = 1.6542 V_m \quad (1)$$

$$V_{rms} = \left( \frac{3}{2} + \frac{9\sqrt{3}}{4\pi} \right)^{1/2} V_m = 1.6554 V_m \quad (2)$$

ถ้าโหลดเป็นความต้านทาน ค่า rms ของกระแสไฟฟ้าที่ไดโอดจะเป็นดังสมการที่ 3

$$I_{d,rms} = \frac{0.9558 V_m}{R} \quad (3)$$

กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่ไดโอดแต่ละตัว มีค่าเป็นดังสมการที่ 4

$$I_{d,av} = \frac{\sqrt{3} V_m}{\pi R} \quad (4)$$

ค่า rms ของกระแสไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงจะเป็นดังสมการที่ 5

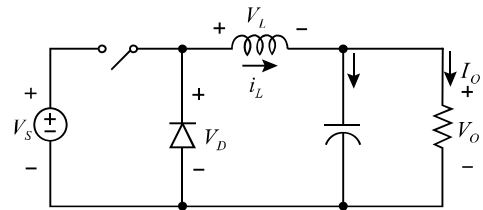
$$I_s = \left( \frac{1.3517 V_m}{R} \right) \quad (5)$$

ค่าแรงดันไบแอสกลับสูงสุดที่เกิดขึ้นทุกไซเคิลของไฟฟ้ากระแสสลับ (Manimum Peak Repetitive Reverse Voltage) หรือค่า PIV ที่ไดโอดทำงานได้โดยไม่ชำรุด จะได้ดังสมการที่ 6

$$V_{RRM} = \sqrt{3} V_m \quad (6)$$

## 2.3 วงจรทอนระดับแรงดัน

วงจรทอนระดับแรงดันหรือวงจรบั๊กคอนเวอร์เตอร์ เป็นวงจรแปลงผันแรงดันกระแสตรงที่ทำหน้าที่ลดระดับแรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า ซึ่งโครงสร้างของวงจร แสดงดังภาพที่ 2 ประกอบด้วยตัวสวิตช์ที่เป็นมอสเฟต ทำหน้าที่ตัด ต่อวงจร ส่วนไดโอด ทำหน้าที่เป็นทางไหลของกระแสในช่วงสวิตช์เปิดวงจร ส่วนตัวเก็บประจุ ทำหน้าที่กรองแรงดันไฟฟ้าด้านออกให้เรียบขึ้น และตัวเหนี่ยวนำทำหน้าที่สะสมพลังงานและจ่ายพลังงานในช่วงสวิตช์ปิดและเปิดวงจร [3] ,[4]



รูปที่ 3 วงจรทอนระดับแรงดัน

ในวงจรทอนระดับแรงดัน อัตราขยายแรงดันจะมีค่าสูงสุดไม่เกิน 100 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิญจักรหน้าที่ (D) ของวงจรทอนระดับแรงดันเป็นวงจรที่ทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกน้อยกว่าหรือเท่ากับแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่า D โดยการปรับค่า D สามารถปรับได้ตั้งแต่ศูนย์ถึงหนึ่ง[5] ดังสมการที่ 7

$$\frac{V_o}{V_s} = D \quad (7)$$

## 2.4 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น UNO R3 แสดงดังรูปที่ 4 สำหรับคำนวณประมวลผลการสร้างสัญญาณ PWM เพื่อใช้สำหรับควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้านออก ซึ่ง Arduino นั้นเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แบบสำเร็จรูปในยุคปัจจุบัน ซึ่งถูกสร้างมาจาก Controller ตระกูล ARM ของ ATMEL [6] ข้อดีของบอร์ดคือเรื่องของ Open Source ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อเป็นอุปกรณ์ต่างๆ ได้และความสามารถในการเพิ่ม Boot Loader เข้าไปที่ตัว ARM จึงทำให้การ Upload Code เข้าตัวบอร์ดสามารถทำ

ได้ง่ายขึ้น และมีการพัฒนา Software ที่ใช้ในการควบคุมตัวบอร์ดของ Arduino โดยใช้เป็นภาษา C++



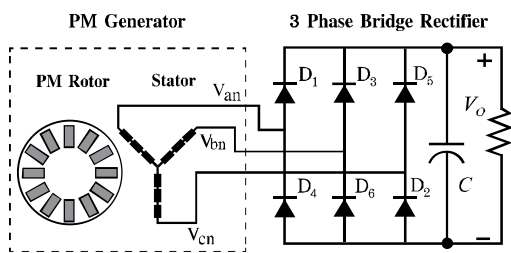
รูปที่ 4 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

### 3. วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 การออกแบบวงจร

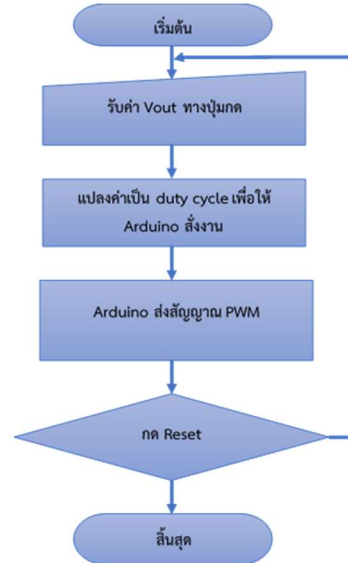
ในส่วนของการออกแบบวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น 3 เฟสแบบบริดจ์ ได้ใช้ไดโอด 6 ตัวต่อกันแบบบริดจ์ [7] แสดง

รูปที่ 5

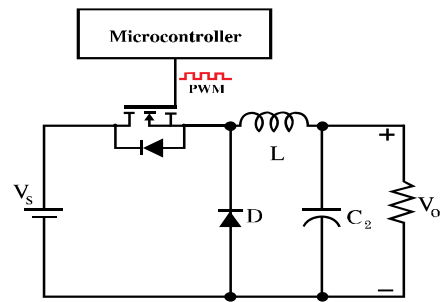


รูปที่ 5 การออกแบบวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น 3 เฟสแบบบริดจ์

การออกแบบวงจรทอนระดับแรงดัน โดยส่วนประกอบของวงจรจะประกอบไปด้วยมอสเฟต ตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ และไดโอด โดยหลักการทำงานของวงจรเพื่อให้ระดับแรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ออสเฟสกำลัง เบอร์ STW45NM50 เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ให้กับวงจรทอนระดับแรงดัน ในการควบคุมระดับแรงดันด้านออกได้ทำการควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด Arduino Uno R3 ควบคุมด้วยการส่งสัญญาณอนาล็อกในรูปแบบของสัญญาณ PWM โดยมีกระบวนการตามรูปที่ 6 เพื่อควบคุมการเปิด - ปิดอุปกรณ์สวิตซ์ แสดงได้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 ขั้นตอนการสร้างสัญญาณ PWM



รูปที่ 7 การออกแบบวงจรทอนระดับแรงดัน

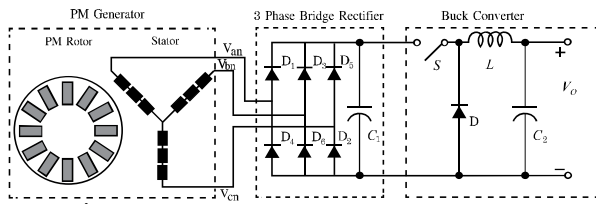
#### 3.2 การทดสอบการควบคุมแรงดันไฟฟ้า

ในหัวข้อนี้เป็นการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อมีการควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้านออกโดยเตรียมอุปกรณ์สำหรับการทดสอบตามรูปที่ 8



รูปที่ 8 การทดสอบชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้า

- นำชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้าต่อเข้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดแม่เหล็กถาวรขนาด 300 วัตต์ โดยที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทดสอบต่อแบบสตาร์



รูปที่ 9 วงจรสำหรับทดสอบการควบคุมแรงดันไฟฟ้า

แบนพิมพ์ด้านนอกของชุดควบคุม โดยตั้งแต่ 0 ถึง 100 โวลต์ โดยเพิ่มครั้งละ 10 โวลต์

6) ทำการทดลองซ้ำในขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 5 โดยเปลี่ยนความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็น 600 และ 900 รอบต่อนาที ตามลำดับ

2) เดินเครื่องเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แล้วทำการปรับความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ได้เท่ากับ 300 รอบต่อนาที

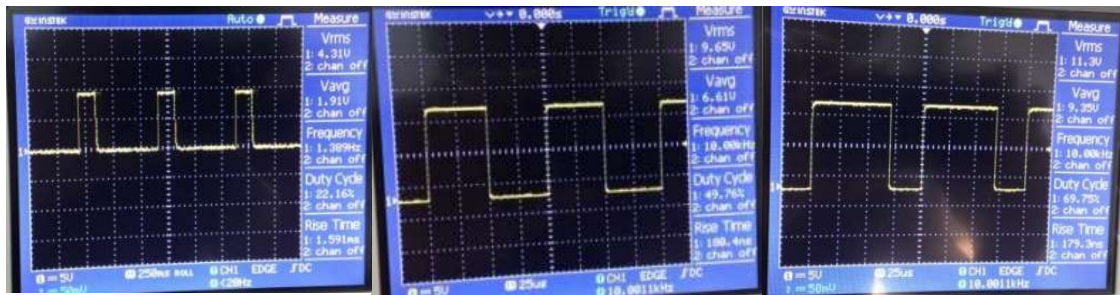
3) ทำการปรับแรงดันไฟฟ้าด้านออกเท่ากับ 0 โวลต์

4) ทำการบันทึกผลค่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าและแรงดันไฟฟ้าด้านออกของชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้า

5) ทำการทดสอบซ้ำในขั้นตอนที่ 3 และขั้นตอนที่ 4 โดยทำการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าด้านออกด้วยการกดปุ่มจาก

#### 4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

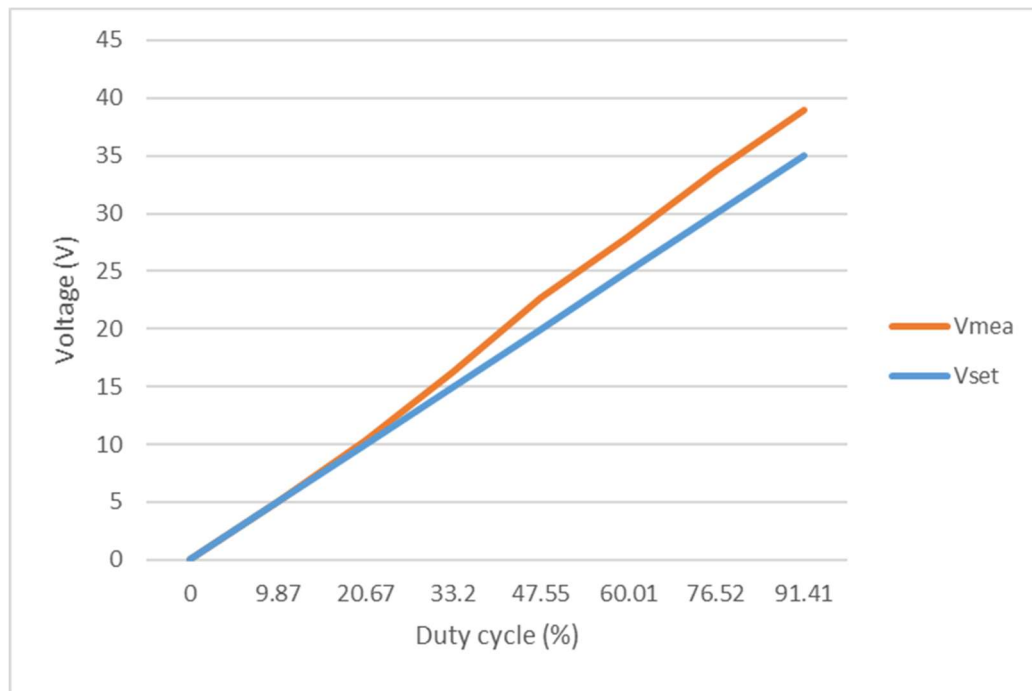
การทดสอบชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ได้ทดสอบสัญญาณ PWM ที่ได้จากการส่งสัญญาณของ Arduino ที่ duty cycle เท่ากับ 22.16% 49.76% และ 69.75% แสดงได้ดังรูปที่ 10 กรณีเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีความเร็วรอบ 300 600 และ 900 รอบต่อนาที โดยการควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้านออก ซึ่งผลการทดสอบ แสดงดังตารางที่ 1 ถึง ตารางที่ 3



รูปที่ 10 สัญญาณ PWM ที่ Arduino สร้างขึ้นเพื่อนำไปควบคุมอุปกรณ์สวิตซ์ในวงจรทอนระดับแรงดัน

ตารางที่ 1 การทดสอบการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที

การตั้งค่า $V_{out,DC}$ (V)	ผลการทดสอบ						
	แรงดันไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า			$V_{out,AC}$ (V)	$V_{out,DC}$ (V)	D(%)	Err (%)
	A	B	C				
0.00	18.33	18.00	18.33	51.67	0.00	0.00	0.00
5.00	18.67	18.00	19.00	50.67	5.00	9.87	0.00
10.00	18.67	18.00	19.00	50.00	10.33	20.67	3.33
15.00	18.67	18.00	18.67	49.20	16.33	33.20	8.89
20.00	18.33	18.00	18.33	47.67	22.67	47.55	13.33
25.00	18.00	17.67	18.00	46.67	28.00	60.01	12.00
30.00	17.00	16.00	17.00	44.00	33.67	76.52	12.22
35.00	16.67	16.00	16.00	42.67	39.00	91.41	11.43



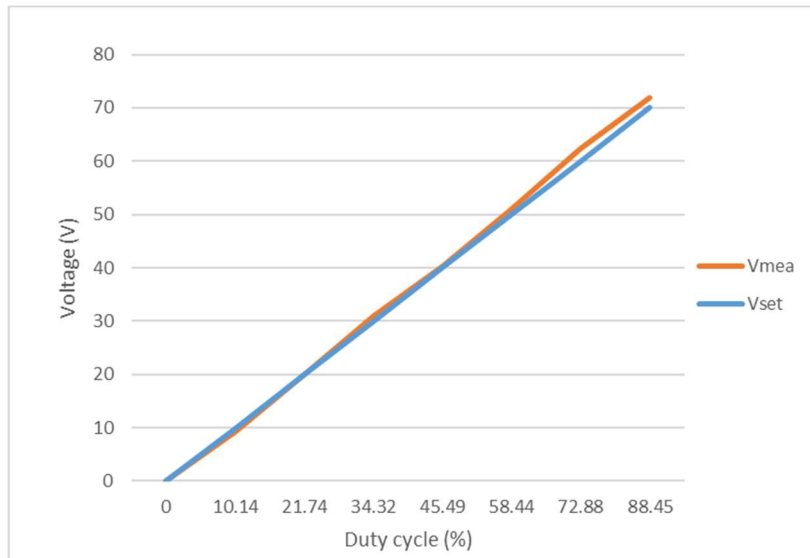
รูปที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและค่าวัฏจักรหน้าที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที

จากตารางที่ 1 สามารถนำผลการทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้าที่ปรับตั้งค่าและค่าแรงดันที่ไฟฟ้าที่วัดค่าได้มาแสดงผลในรูปแบบกราฟแสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า

และค่าวัฏจักรหน้าที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที ซึ่งแสดงดังรูปที่ 11

ตารางที่ 2 การทดสอบการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที

การตั้งค่า $V_{out,DC}$ (V)	ผลการทดสอบ						
	แรงดันไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า			$V_{out,AC}$ (V)	$V_{out,DC}$ (V)	D (%)	Err (%)
	A	B	C				
0.00	37.00	36.00	37.00	92.33	0.00	0.00	0.00
10.00	36.67	36.33	37.00	92.00	9.33	10.14	6.67
20.00	37.00	36.00	37.00	92.00	20.00	21.74	0.00
30.00	36.67	36.00	37.00	90.33	31.00	34.32	3.33
40.00	36.67	35.67	36.67	88.67	40.33	45.49	0.83
50.00	36.33	35.67	36.33	87.33	51.00	58.44	2.00
60.00	35.67	34.33	35.67	85.67	62.33	72.88	3.89
70.00	35.00	34.00	35.00	81.67	72.00	88.45	2.86



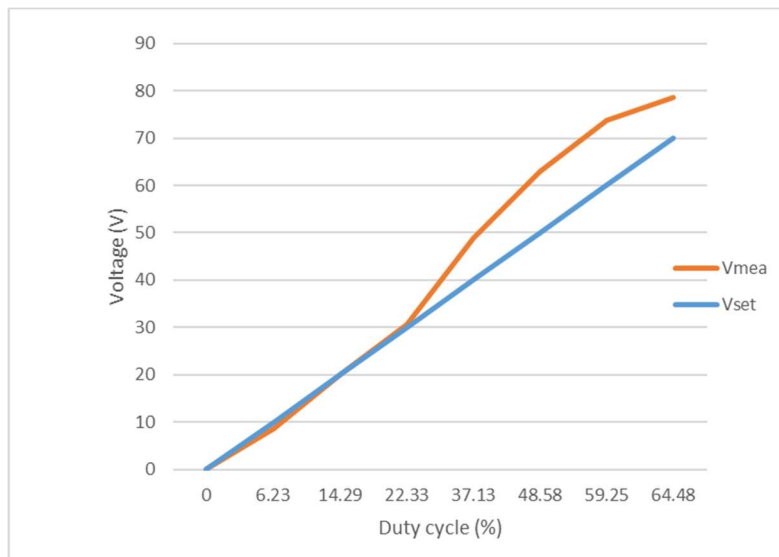
รูปที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและค่าวัฏจักรหน้าที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที

จากตารางที่ 2 สามารถนำผลการทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้าที่ปรับตั้งค่าและค่าแรงดันที่ไฟฟ้าที่วัดค่าได้มาแสดงผลในรูปแบบกราฟแสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า

และค่าวัฏจักรหน้าที่ที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที ซึ่งแสดงดังรูปที่ 12

ตารางที่ 3 การทดสอบการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ความเร็วรอบ 900 รอบต่อนาที

การตั้งค่า $V_{out,DC}$ (V)	ผลการทดสอบ						
	แรงดันไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า			$V_{out,AC}$ (V)	$V_{out,DC}$ (V)	D(%)	Err (%)
	A	B	C				
0.00	55.67	54.67	55.67	141.00	0.00	0.00	0.00
10.00	55.67	54.67	55.67	139.00	8.67	6.23	13.33
20.00	55.67	54.67	55.67	140.00	20.00	14.29	0.00
30.00	55.67	54.67	55.67	137.33	30.67	22.33	4.44
40.00	54.67	53.33	55.00	132.00	49.00	37.13	22.50
50.00	53.67	52.67	54.00	129.67	63.00	48.58	26.00
60.00	52.67	51.67	53.00	124.33	73.67	59.25	22.78
70.00	52.33	51.33	52.67	122.00	78.67	64.48	12.38



รูปที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและค่าวัฏจักรหน้าที่ความเร็วรอบ 900 รอบต่อนาที

จากตารางที่ 3 สามารถนำผลการทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้าที่ปรับตั้งค่าและค่าแรงดันที่ไฟฟ้าที่วัดค่าได้มาแสดงผลในรูปแบบกราฟแสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและค่าวัฏจักรหน้าที่ที่ความเร็วรอบ 900 รอบต่อนาที ซึ่งแสดงดังรูปที่ 12

จากรูปที่ 10 และ 11 จะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าใกล้เคียงกัน และคลาดเคลื่อนกับผลการคำนวณ เนื่องจากกำลังการสูญเสียภายในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังและวิธีการเก็บผลทดสอบ ซึ่งผลการทดสอบชุดทดสอบ แสดงให้เห็นว่าชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้ามีความสามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้านออกได้ตามเงื่อนไข

จากรูปที่ 13 พบว่าแรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าใกล้เคียงกัน แต่คลาดเคลื่อนมากในช่วงมีค่าวัฏจักรหน้าที่ประมาณ 30 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ หรือช่วงแรงดันไฟฟ้าด้านออกที่ประมาณ 40 ถึง 80 โวลต์ เนื่องจากกำลังการสูญเสียภายในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังและความคลาดเคลื่อนจากอุปกรณ์ตรวจจับแรงดันไฟฟ้า ซึ่งผลการทดสอบชุดทดสอบ แสดงให้เห็นว่าชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้ามีความสามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้านออกได้ตามเงื่อนไขได้เช่นเดียวกัน

## 5. สรุปและเสนอแนะ

การทดสอบชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้า สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 300 600 และ 900 รอบต่อนาที โดยการทดสอบการควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้านออก

ซึ่งผลการทดสอบชุดทดสอบ แสดงให้เห็นว่าชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้ามีความสามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้านออกได้ตามเงื่อนไข

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ที่ให้การสนับสนุนโครงการนี้ ทำให้งานวิจัยนี้ดำเนินการได้สำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] K. Prompinit and W. Kasemsin, "Development of Direct Current Generator using Energy from Automobile Pressure," in Thai Science and Technology Journal (TSTJ), Vol. 28 No. 5 May 2020, pp. 885-900. (in Thai)
- [2] We. Chaichan, S. Kanchana and Wa. Chaichan, "Electric Power Generation of Two Dimensional Electric Power Generation base on Sea Wave Simulation," in WICHCHA JOURNAL, Vol. 37 Special Issues June –August 2018, pp 1-11.(in Thai)
- [3] R. Khambuya, "A high step-down single-switch dc-dc converter," M.Eng. thesis, School of Electrical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree



- University of Technology , Nakhon Ratchasima, 2015 (in Thai).
- [4] W. Phetphimoom, K. Bhumkittipich and Santipab Kotthale. "A design of power converter circuit for 1 kW wind turbine generator " in Journal of Engineering, RMUTT Vol.9 No.1, pp 19-27. (in Thai)
- [5] C.N. Bhende.and S.G. Malla. (2009). Voltage control of stand- alone wind and solar energy system. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 361-373.
- [6] Haque Md. Enamul, Negnevitsky Michael and Muttaqi Kashem M. (2008). A Novel Control Strategy for a Variable- Speed Wind Turbine With a Permanent- Magnet Synchronous Generator. IEEE Transactions on Industry Applications, 331-339.
- [7] M. Pathmanathan, C. Tang, W. L. Soong, and N. Ertugrul. (2008). Detailed Investigation of Semi-Bridge Switched- Mode Rectifier for Small- Scale Wind Turbine Applications.