

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมจากลมระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ

A Wind Turbine Generator from the Exhausted Air of Air- Conditioning Compressor

สามม แซ่ไคว้ว, ทวีสันต์ เสนาะวาที, ประยุทธ์ ฤทธิเดช และ ยุทธนา จงเจริญ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า วิทยาลัยวิศวกรรมคานเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

110/1-4 ถนนประชาชื่น หลักสี่ กทม. 10210 โทรศัพท์: 02-954-7300 ต่อ 585 Email: yutana.cho@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมระบายความร้อนคอมเพรสเซอร์แอร์ที่สามารถผลิตไฟฟ้า โดยการทดสอบจะใช้ใบพัดกังหันลมที่มี 2 3 และ 4 ใบพัด แต่ละใบพัดจะมีขนาด กว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 26 เซนติเมตร ใช้กับคอมเพรสเซอร์ขนาด 60,000 บีทียู ที่ระยะห่าง 10 เซนติเมตร ห่างจากคอมเพรสเซอร์ ที่ความเร็วลมวัดได้ที่ 6 เมตรต่อวินาที ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ประกอบด้วย 1 สเตเตอร์ 4 ขั้ว และ 1 โรเตอร์ 16 ขด สามารถสร้างแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุดถึง 13.6 V เพื่อการจ่ายโหลดทางไฟฟ้า และได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่า 13.57 W โดยการควบคุมแรงดันคงที่ประมาณ 13.6 V ดังนั้นสรุปได้ว่าระบบสามารถจ่ายโหลดได้พิกัดที่ 13.6 W ที่ 12 V เท่านั้น โดยต้องมีการชาร์จแบตเตอรี่ไปพร้อมกัน

Abstract

The aim of this paper is to design and construct an electric generator from the exhaust air of air-conditioning compressor. The testing wind turbine in 2, 3 and 4 blades with the size of 20 cm in width and 26 cm in length are used with 60,000 BTU compressor at a distance of 10 cm from the generator at wind speed of 6 m/s. The generator consists of 1-stator of 4 pole and 1-rotor with 16 coils. Results are shown that the maximum voltage of 13.6 V is generated in supplying an electric load of maximum power of 13.57 W by keeping a constant voltage at 13.6 V. In conclusion, this wind turbine system can supply a load rated 13.6 W at 12 V in the same time of battery charging.

Keywords: Wind Turbine, DC Generator

1. สัญลักษณ์

E_{th} คือ ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (ค่าเฉลี่ย) (V)

P คือ จำนวนขั้วแม่เหล็ก

ϕ คือ จำนวนฟลักซ์แม่เหล็กต่อขั้ว (wb)

n คือ ความเร็วของตัวนำที่ผ่านสนามแม่เหล็ก (rpm)

Z คือ จำนวนตัวนำที่ต่ออนุกรมกัน

α คือ จำนวนวงจรขดลวดที่ขนานกัน (Parallel Path)

λ คืออัตราส่วนความเร็วปลายใบ (Tip Speed Ratio)

Ω คือความเร็วเชิงมุม (rad/s)

R คือรัศมีใบกังหันลม (m)

r คือรัศมีเฟืองทด

V คือความเร็วลม (m/s)

2. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยได้ให้ความสำคัญและสนใจในการพัฒนาด้านพลังงานทดแทนจากกังหันลมที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในต่างจังหวัดที่มีลมเพียงพอก่อการใช้กังหันลมผลิตไฟฟ้า แต่ในกรุงเทพมหานครนั้นมีแรงลมต่ำเนื่องจากมีตึกสูงและบ้านเรือนเป็นจำนวนมากทำให้แรงลมไม่พอที่จะขับกังหันลมผลิตไฟฟ้า ในขณะที่เดียวกันจะเห็นได้ว่าความถี่สูงจะมีเครื่องปรับอากาศเป็นจำนวนมาก เราจึงเห็นถึงความสำคัญจากลมระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศนี้มาขับเคลื่อนกังหันที่เอามาจากธรรมชาติที่มีความเร็วลมต่ำ [1,2]

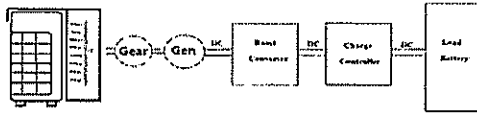
ดังนั้นบทความนี้จึงออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมจากลมระบายความร้อนคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศขนาด 60,000 บีทียู จากนั้นทำการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายโหลดชนิดต่างๆ ในห้องปฏิบัติการไฟฟ้ากำลังและสถานที่จริง และสรุปผลการทดสอบ

3. หลักทฤษฎีและการออกแบบ

3.1 การออกแบบกังหันลมกับพลังงานลม

กำลังลมที่เกิดจากลมระบายความร้อนคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศขนาด 60,000 บีทียู โดยออกแบบกังหันใบพัดขนาด กว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 26 เซนติเมตร จำนวน 3 ขนาดคือ 2 ใบ 3 ใบ และ 4 ใบ โดยขนาดใบที่ได้ออกแบบนั้นจะสามารถรับลมจากลมระบายความร้อนคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศได้พอดีกับพื้นที่หน้าตัดพัดลมพอดี ที่ระยะห่างจากขอบคอมเพรสเซอร์ประมาณ 10 เซนติเมตร สำหรับระบบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประกอบด้วยกังหัน ชุดทรานสดูคเตอร์ ชุดกรองชุดกรองชุดกรอง วงจรบูตควบคุม

แรงดัน วงจรควบคุมแรงดัน เพื่อจ่ายให้กับโหลดหรือประจุแบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 โดอะแกรมระบบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม

ในการคำนวณค่าพลังงานลมระบายความร้อนคอมเพรสเซอร์ เครื่องปรับอากาศอาศัยสมการ[3]

$$P_w = \frac{1}{2} \rho A v^3 C_p \quad (1)$$

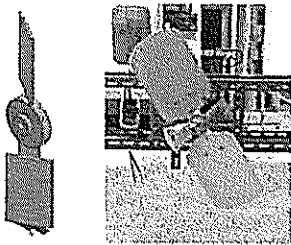
โดยความเร็วรอบคำนวณได้จาก

$$\lambda = \frac{R\Omega}{V} \quad (2)$$

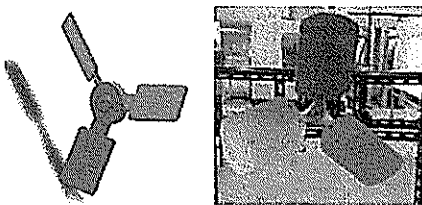
การคำนวณอัตราทดความเร็วเชิงมุมคำนวณได้จาก

$$I = \omega_1 / \omega_2 = r_2 / r_1 \quad (3)$$

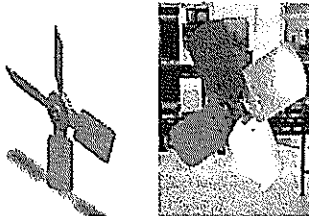
การออกแบบใบพัดทั้ง 3 แบบ แสดงดังรูปที่ 2 3 และ 4



รูปที่ 2 ใบพัดแนวแกนแนว (HAWT) จำนวน 2 ใบ



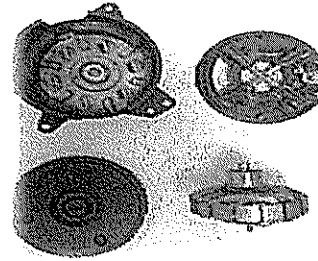
รูปที่ 3 ใบพัดแนวแกนแนว (HAWT) จำนวน 3 ใบ



รูปที่ 4 ใบพัดแนวแกนแนว (HAWT) จำนวน 4 ใบ

3.2 การออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เลือกใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดกระแสตรง ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1. สเตเตอร์ มี 4 ขั้ว 2. โรเตอร์ มีจำนวน 16 สลิต ดังแสดงรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงสเตเตอร์และโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

โดยแสดงการคำนวณดังนี้

ความกว้างของขั้วแม่เหล็ก = องศาขั้วแม่เหล็ก

$$\begin{aligned} \text{Pole Pitch} &= \frac{360}{4} \\ &= 90 \text{ องศา/ขั้ว} \end{aligned} \quad (4)$$

ความกว้างของขดลวด = จำนวนสลิตบนแกนอาร์เมเจอร์/ขั้วแม่เหล็ก

$$\begin{aligned} \text{Coil Pitch} &= \frac{16}{4} \\ &= 4 \text{ สลิต/ขั้ว} \end{aligned} \quad (5)$$

ในการคำนวณอาร์เมเจอร์ (Armature) แกนอาร์เมเจอร์และคอมมิวเตเตอร์จะถูกยึดอยู่บนเพลลาโดยมีขดลวดพันอยู่ในสลิต (Slots) ไปรอบๆ แกนอาร์เมเจอร์ และปลายทั้งสองข้างของขดลวดแต่ละขดจะต่อเข้ากับซี่คอมมิวเตเตอร์ จากนั้นใช้ขดลวดการพันตัวนำของขดลวดอาร์เมเจอร์ที่มีช่อง 16 สลิต แบบกึ่งปิด จำนวน 2 ชั้น (Layer) ของขดลวดในสลิต จำนวนตัวนำที่ต่ออนุกรมกันทั้งหมดหาได้คือ

$$Z = 16 \times 2 \times 70 = 2,240 \text{ ตัวนำ}$$

สำหรับการคำนวณแรงดันไฟฟ้าอาศัยสมการดังนี้

$$E_{av} = P \phi \cdot (n / 60) (z / a) \quad (6)$$

กรณีกำหนดความเร็ว 1700 รอบต่อนาที จะได้ค่าแรงดัน

$$\begin{aligned} E_{av} &= 4 \cdot 60 \cdot 26 \cdot 10^{-6} \cdot (1700 / 60) (2240 / 1) \\ &= 15.3 \text{ โวลต์} \end{aligned}$$

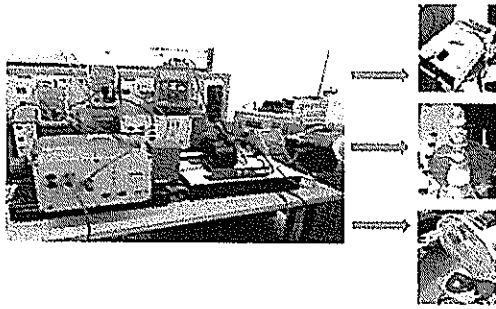
4. การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

สำหรับในการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากลมระบายความร้อนคอมเพรสเซอร์แอร์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. ทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการไฟฟ้ากำลังโดยใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และ 2. ทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สถานจริงคอมเพรสเซอร์แอร์ขนาด 60,000 บีทียู โดยมีกรทดสอบดังนี้ คือ

ทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด, ขณะจ่ายโหลดหลอดไฟฟ้า, ขณะจ่ายโหลดหลอดไฟฟ้า และขณะทดสอบชาร์จแบตเตอรี่

4.1 ทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการไฟฟ้ากำลัง

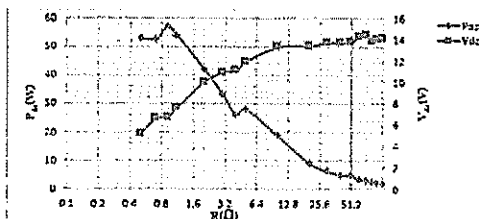
โดยการทดสอบกับโหลด 3 ชนิด คือ ความต้านทาน หลอดไฟ LED และ พัดลม ในการทดสอบใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระแสตรง ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงการทดสอบจ่ายโหลดในห้องปฏิบัติการ

4.1.1 ทดสอบจ่ายโหลดความต้านทาน

ผลการทดสอบกำลังสูงสุด ที่ความเร็ว 1,700 รอบต่อนาที สามารถจ่ายโหลดกำลังสูงสุดที่ 58 วัตต์ที่แรงดัน 8 โวลต์ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 กราฟแสดงกำลังสูงสุดของ DC Voltage and Power

4.1.2 ทดสอบจ่ายโหลดหลอดไฟ LED

ในการทดสอบ เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จ่ายโหลดหลอดไฟ LED ขนาด 12 โวลต์ 5 วัตต์ ที่ความเร็วคงที่ 1,700 รอบต่อนาที แสดงผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลทดสอบโหลดหลอดไฟ LED ขนาด 12 โวลต์ 5 วัตต์ ที่ความเร็ว 1,700 รอบต่อนาที

จำนวนหลอด LED (หลอด)	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมแปร์)	กำลัง (วัตต์)	ความเร็ว (รอบต่อนาที)
1	13.4	0.129	1.7	1700
2	13.6	0.254	3.4	1700

ผลการทดสอบจ่ายโหลดหลอดไฟ LED ขนาด 12 โวลต์ 5 วัตต์ จำนวน 1 หลอด ได้กำลังสูงสุดประมาณ 1.7 วัตต์ ที่แรงดันไฟฟ้า 13.4

โวลต์ ขณะที่ย้ายจำนวน 2 หลอด ได้กำลังสูงสุดที่ประมาณ 3.4 วัตต์ ที่แรงดันไฟฟ้า 13.6 โวลต์ ซึ่งพบว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่สามารถจ่ายหลอดไฟฟ้าได้เต็มพิกัด

4.1.3 ทดสอบด้วยโหลดพัดลมไฟฟ้า

ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 2

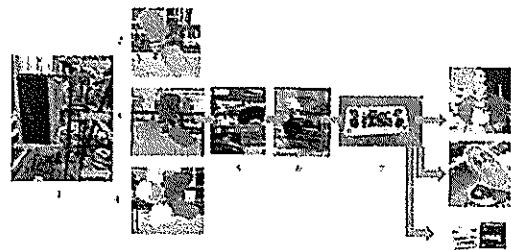
ตารางที่ 2 ผลทดสอบโหลดพัดลมไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ 12 วัตต์ ที่ความเร็ว 1,700 รอบต่อนาที

พัดลมไฟฟ้า (ระดับ)	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมแปร์)	กำลัง (วัตต์)	ความเร็ว (รอบต่อนาที)
1	13.6	0.70	9.5	1700
2	13.7	0.89	12.1	1700
3	13.3	1.18	15.6	1700

จะพบว่า ที่ความเร็วในการหมุนคงที่ 1700 รอบต่อนาที สำหรับทดสอบจ่ายโหลดพัดลมไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ 12 วัตต์ จำนวน 3 ระดับ โดยระดับที่ 1 2 และ 3 มีกำลังสูงสุดที่ประมาณ 9.5 12.1 และ 15.6 วัตต์ และแรงดันไฟฟ้า 13.6 13.7 และ 13.3 โวลต์ ตามลำดับ

4.2 ทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากลมระบายความร้อนคอมเพรสเซอร์แอร์ 60,000 บีทียู (สถานที่จริง)

ทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากลมระบายความร้อนคอมเพรสเซอร์แอร์ 60,000 บีทียู ที่สถานที่จริงหลังศึกษาการปฏิบัติมหาวิทยาลัย โดยทดสอบดังนี้ คือ ทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด, ทดสอบจ่ายโหลดหลอดไฟ LED และ ทดสอบจ่ายโหลดพัดลมไฟฟ้า และ การทดสอบชาร์จแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงการทดสอบจ่ายโหลด ณ สถานที่จริง

4.2.1 ทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด

โดยรับลมระบายความร้อนจากคอมเพรสเซอร์แอร์ที่สถานที่จริง และทำการทดสอบโดยใช้ใบพัดกังหันลม 2 ใบ 3 ใบ และ 4 ใบ เพื่อการรับลมดังกล่าว โดยผลการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แสดงดังตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า กรณี ใช้ ใบพัดกังหันลม 4 ใบ จะรับแรงลมได้ดีที่สุด ซึ่งผลิตแรงดันไฟฟ้าได้ถึง 8.89 โวลต์

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด

จำนวนกังหันลม (No. of Blade)	ความเร็วรอบ (rpm)	แรงลม (m/s)	แรงดัน (Vdc)
2	150.3	6	0.83
3	778	6	8.21
4	1,104	6	8.89

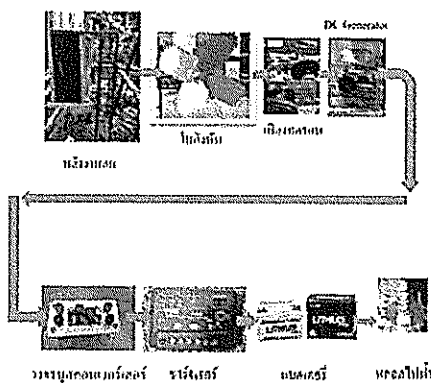
4.2.2 ผลการทดสอบจ่ายโหลดไฟฟ้า LED

ในการทดสอบ เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จ่ายโหลดไฟฟ้า ขนาด 12 โวลต์ 5 วัตต์ จะพบว่ากำลังและแรงดัน ขณะทดสอบจ่าย โหลดหลอด LED ขนาด 12 โวลต์ 5 วัตต์ จำนวน 1 หลอด กำลังสูงสุด ที่ประมาณ 1.0 วัตต์ และแรงดันไฟฟ้า 13.9 โวลต์ โดยที่ความเร็ว 775 รอบต่อนาที ขณะที่จ่าย จำนวน 2 หลอด กำลังสูงสุดที่ประมาณ 1.4 วัตต์ และแรงดันไฟฟ้าลดลงเหลือ 6.6 โวลต์ โดยที่ความเร็ว 565 รอบ ต่อนาที

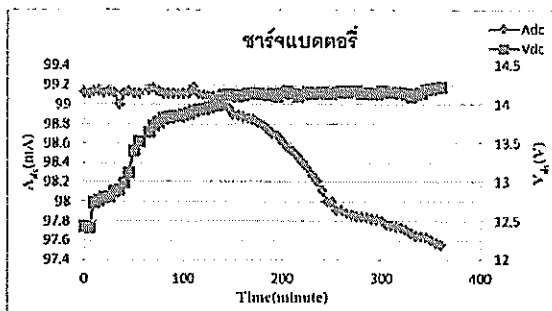
4.2.3 ผลการทดสอบการจ่ายโหลดพัดลม

จะพบว่าแรงดันและกำลังของ ที่ความเร็วในการหมุนคงที่ สำหรับทดสอบจ่ายโหลดพัดลมไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ 12 วัตต์ จำนวน 3 ระดับ ระดับที่ 1 กำลังสูงสุดที่ประมาณ 1.4 วัตต์ และแรงดันไฟฟ้า 5.6 โวลต์ ที่ความเร็ว 873 รอบต่อนาที ขณะที่ระดับที่ 2 และ 3 ไม่ สามารถจ่ายโหลดพัดลมได้

4.3 ผลการทดสอบจ่ายโหลดการชาร์จแบตเตอรี่



รูปที่ 9 ระบบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่/จ่ายโหลด



รูปที่ 10 ผลทดสอบการชาร์จแบตเตอรี่

จะพบว่าในการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมระบาย ความร้อนคอมเพรสเซอร์แอร์ชาร์จแบตเตอรี่เพื่อให้เกิดความ

เสถียรภาพในการประจุและป้องกันผลกระทบเมื่อระดับแรงดันไม่ คงที่ซึ่งอาจจะเกิดขึ้น ดังนั้นจึงได้เลือกใช้แบตเตอรี่แบบ Lithium ขนาด 14 โวลต์ 11 แอมป์แปร์-ชั่วโมง จำนวน 1 ก้อน เพื่อเก็บพลังงาน ไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมระบายความร้อน คอมเพรสเซอร์แอร์ แสดงผลการทดสอบชาร์จแบตเตอรี่ดังรูปที่ 11

การสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมระบายความร้อน คอมเพรสเซอร์แอร์ชาร์จแบตเตอรี่ขณะจ่ายโหลดหลอดไฟ LED จะ ได้ว่าค่าเฉลี่ยแรงดันที่ 13.6 โวลต์ 0.997 แอมแปร์ 13.57 วัตต์ โดยใน การทดสอบใช้หลอดไฟ LED ขนาด 12 โวลต์ 5 วัตต์ จำนวน 3 หลอด ใช้เวลา 8 ชั่วโมง โดยการบันทึกข้อมูลจะบันทึกทุกๆ 15 นาที ดังตารางข้างล่าง

ตารางที่ 4 ผลทดสอบการชาร์จแบตเตอรี่ขณะจ่ายหลอดไฟ LED 3 หลอด

เวลา (min)	แรงดันขา อด (V)	กระแส (A)	กำลังไฟฟ้า (W)	หลอดไฟ จำนวน (หลอด)
315	13.56	0.997	13.52	3
330	13.54	0.997	13.50	3
345	13.50	0.997	13.46	3
360	13.49	0.995	13.42	3
375	13.48	0.994	13.40	3
390	13.43	0.993	13.34	3
405	13.40	0.992	13.29	3
420	13.39	0.990	13.26	3
435	13.27	0.981	13.02	3
450	13.19	0.981	12.94	3
465	13.15	0.980	12.89	3
480	13.10	0.979	12.82	3
ค่าเฉลี่ย	13.60	0.997	13.57	3

5. สรุปผลการทดลอง

การออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานระบาย ความร้อนคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศขนาด 60,000 บีทียู สามารถสร้างแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุดถึง 13.6 V เพื่อการจ่ายโหลดทาง ไฟฟ้าและ ได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่า 13.57 W โดยการควบคุมแรงดัน คงที่ประมาณ 13.6 V ดังนั้นสรุปได้ว่าระบบสามารถจ่ายโหลดได้พิกัด ที่ 13.6 W ที่ 12 V เท่านั้น โดยต้องมีการชาร์จแบตเตอรี่ไปพร้อมกัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] สุรภักษ์ จันท์บาง และ สุทธิ ตั้งแสงพรกุล, “ผลิตไฟฟ้าจากลม ระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์”, กลุ่มวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 2554.
- [2] วิรัช ไรชนรินทร์, “รายงานการศึกษาวิจัยพัฒนาสาธิตต้น แบบ เทคโนโลยีกังหันลมผลิตไฟฟ้าความเร็วลมต่ำ”, ม.เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2551.