

**ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากลูกหมุนระบายอากาศ****Capacity in Electricity-Production of a Ventilator**อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ<sup>1\*</sup> ทีปกร คุณาพรวิวัฒน์<sup>1</sup> วรพจน์ พันธุ์คง<sup>2</sup><sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม 61 ถนนพหลโยธิน  
แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900<sup>2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม 61 ถนนพหลโยธิน  
แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

\*E-mail : apirak.sa@spu.ac.th โทร 02-5791111 โทรสาร 02-5611721

**บทคัดย่อ**

บทความนี้ เป็นการนำเสนอศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าจากลูกหมุนระบายอากาศโดยใช้ลูกหมุนขนาด 24 นิ้ว จำนวน 1 ลูก ที่ใช้ใน การระบายอากาศร้อนใต้หลังคาอาคารหรือโรงงานและใช้แรงลมธรรมชาติเป็นต้นกำลังในการหมุน และในการศึกษานี้ จะไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการระบายความร้อนของตัวลูกหมุน การศึกษา เริ่มจากการติดตั้งครีบลึงด้านบนของชุดหมุนเพื่อให้สามารถรับลมได้มากขึ้น และหมุนได้เร็วขึ้นในส่วนของการผลิตไฟฟ้า มีการติดตั้งขอลวดทองแดงจำนวน 12 ชุด บนฐานที่อยู่หนึ่งซึ่งทำจากสแตนเลส และมีแม่เหล็กขนาด 50×30×10 mm. จำนวน 12 ตัว ติดตั้งอยู่บนชุดที่เคลื่อนที่ เมื่อลูกหมุนเคลื่อนที่ด้วยแรงลมจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนตัดขดลวดตัวนำและเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นจากนั้นนำไปต่อผ่านชุดไดโอด และเครื่องควบคุมการชาร์จเพื่อชาร์จเข้าแบตเตอรี่ฟัดขนาด 6 Volt กระแส 1.2 Ah จำนวน 2 ลูก ที่ต่อขนานกันอยู่ จากแบตเตอรี่ถ่านนำไปต่อผ่านชุดอินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงแรงดันให้เป็น 220 Volt สามารถนำไปใช้กับหลอดไฟได้โดยตรง จากการทดสอบที่ความเร็วลมเฉลี่ย 8 m/s ลูกหมุนหมุนด้วยความเร็ว 122 rpm ผลิตไฟฟ้าขณะชาร์จได้แรงดัน 18 Volt กระแส 0.22 Amp เมื่อชาร์จเก็บในแบตเตอรี่และต่อผ่านชุดอินเวอร์เตอร์สามารถนำไปใช้กับหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ขนาด 5 Watt ได้นานประมาณ 2 ชั่วโมง หรือกรณีนำไปใช้โดยตรงขณะมีการชาร์จด้วยสามารถนำไปใช้กับหลอด LED ขนาดแผง 1×1 ฟุต ได้อย่างต่อเนื่อง กรณีที่ใช้ลูกหมุนหลายลูกและความเร็วลมมากกว่า 8 m/s พลังงานไฟฟ้าที่ได้จะมากขึ้นและใช้งานได้นานขึ้น

**คำหลัก :** การผลิตไฟฟ้า / ลูกหมุนระบายอากาศ / สนามแม่เหล็ก**Abstract**

This article presents the capacity of electricity production by one 24-inch ventilator, which was used to decrease temperature under building roofs or in factories, of which natural winds are the sources of air circulation and these will not affect the ventilator's air-cooling ability. In this study, a curved fin-like device was installed on the top side of the ventilator in order to get more wind and faster swirling of the air and to thus perceive bigger capacity in electricity production. Twelve sets of copper hooks were installed on a stable stainless base and twelve 50X30X10 mm magnets were attached on the moving parts. When the

ventilator was moved by winds, a magnetic field occurred, moving around and cutting the thin curved lead wires, and brought about electric currents. The electricity was then connected with a diode and two 6-volt, 1.2 Ah battery chargers which were placed parallel to each other. If the battery was connected with an inverter in order to adapt the electric pressure into 220 volts, the electricity could be used with load directly. From the experiment in which the wind speed was 8 m/s and the swirling speed of the ventilator was 122 rpm, the ventilator could produce 18-volt and 0.22 amp electricity while the battery charger was working. In contrast, connected with an inverter while the battery charger was not working, the ventilator could be used with compact 5-watt fluorescent bulbs for one hour. If used while being charged, the ventilator could be used with 1x1 ft. LED bulbs continuously. As a result, the amount of electricity depends on the quantity of ventilators, i.e. the more ventilators, the greater amounts of electricity production.

**Keywords:** electricity production / ventilator / magnetic field

## 1. บทนำ

พลังงาน นับเป็นปัจจัย ที่สำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมของประเทศ ที่นับวันก็มีแนวโน้ม ในทางวิกฤติมากขึ้น จึงทำให้เกิดการพึ่งพาการใช้พลังงานทดแทนในรูปแบบ ต่าง ๆ อีกมากมาย อาทิ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงาน จาก ชีวมวล พลังงานชีวมวล เป็นต้น [1] พลังงานลมเป็นอีก ทางเลือกหนึ่งที่ได้รับ การศึกษา และ พัฒนา อย่าง ต่อเนื่องเพื่อให้การนำมาประยุกต์ใช้มีความเป็นไปได้ และเกิดประโยชน์มากขึ้น เนื่องจากพลังงานลมมีอยู่ โดยทั่วไป และเป็นพลังงานที่สะอาดไม่ก่อให้เกิด อันตรายต่อสภาพแวดล้อม ไม่ก่อให้เกิดก๊าซเรือน กระจก และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ไม่รู้จักหมดสิ้น เช่น การนำมาใช้ในการสูบน้ำ หรือ การผลิตไฟฟ้า การระบายอากาศ เป็นต้น ในการนี้จึงเกิดแนวคิดที่จะ ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าจากลูกหมุน ระบายอากาศ โดยให้ลูกหมุนทำหน้าที่เปลี่ยน พลังงานลมให้เป็นพลังงานกลในรูปแบบการหมุนเพื่อ ใช้ขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ( Alternator) และนำไฟฟ้าที่ ผลิตได้ไปทดลองใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อไป

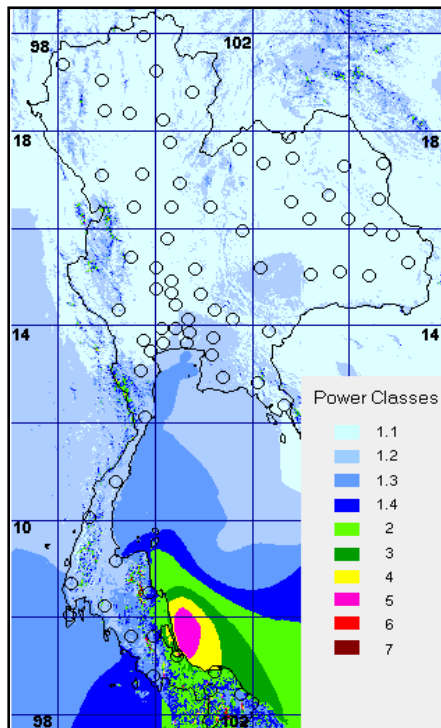
## 2. พลังงานลมที่มีอยู่ในประเทศไทย

ในประเทศไทยมีการนำพลังงานลมมาใช้ [2] ใน การผลิตไฟฟ้าจากกังหันผู้ใช้ไฟฟ้าเอง และจากการ ไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่ผลิตไฟฟ้าเพื่อส่งเข้า

ระบบส่ง โดยตามแผนการพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้า ของประเทศไทยฉบับ พ.ศ. 2550-2564 (PDP 2007) การนำพลังงานลมเพื่อการผลิตไฟฟ้าได้ถูกบรรจุใน โครงการพลังงานทดแทน ( Renewable Portfolio Standard: RPS) ซึ่งกำหนดนโยบายการผลิตไฟฟ้า จากพลังงานทดแทน เป็นสัดส่วนไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของกำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (ก๊าซ ธรรมชาติ น้ำมัน และถ่านหิน) โดยโรงไฟฟ้าของการ ไฟฟ้าฝ่ายผลิตทั้งที่ดำเนินการเองและให้ภาคเอกชน ดำเนินการซึ่งจะก่อสร้างในช่วงปี พ.ศ. 2551-2553 จะ มีกำลังไฟฟ้าจากพลังงานลมทั้งสิ้น 4 เมกะวัตต์

สำหรับศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทย จากรายงานการศึกษาของกรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงานและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่ง ประเทศไทย พบว่าแหล่งศักยภาพพลังงานลมที่ดีของ ประเทศไทย มีศักยภาพกำลังลมเฉลี่ยทั้งปีอยู่ ประมาณระดับ1-5 (Wind Power Classes 1-5) ซึ่ง เท่ากับค่าความเร็วลมประมาณ 0-6.4 เมตร/วินาที จากรูปที่ 1 แสดงแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของ ประเทศไทยโดยแสดงตัวอย่างดังนี้ Class 1: ความเร็วลม 0.0-4.4 เมตร/วินาที และ Class 7: ความเร็วลม 7.0-9.5 เมตร/วินาทีการนำพลังงานลมมา ประยุกต์ใช้งาน ในประเทศไทยจัดแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ[3] ได้แก่ กังหันลมเพื่อการสูบน้ำ กังหันลม

เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า และการใช้พลังงานลมเพื่อ  
การระบายอากาศ บนหลังคา



รูปที่ 1 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทย[2]

## 2.1 การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลม

ปัจจุบันการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมจะใช้กังหันลมเป็นอุปกรณ์หลัก ลักษณะการทำงานคือ เมื่อมีลมพัดผ่านมาปะทะกับใบพัดของกังหันลม กังหันจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลม ที่อยู่ในรูปของพลังงานจลน์ไปเป็นพลังงานกลจากการหมุนของใบพัด แรงจากการหมุนของใบพัดนี้จะถูกส่งผ่านทำให้แกนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Alternator) เกิดการหมุน ด้วยหลักการนี้ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า สามารถผลิตไฟฟ้าออกมาได้ [4] โดยทั่วไปแล้วกังหันจะเริ่มทำงานที่ความเร็วลม 2-3 m/s แต่สำหรับช่วงทำงานปกติมันจะทำงานที่ความเร็วลม 6 -15 m/s ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบใบพัดและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ จากหลักการดังกล่าวสามารถประยุกต์อุปกรณ์อื่น ๆ ที่มีลักษณะการเกิดการหมุนขณะใช้งาน เช่นกรณีของลูกหมุนระบายอากาศที่ใช้ในการศึกษา

## 2.2 การใช้พลังงานลมในการระบายอากาศ

ปัจจุบันมีการติดตั้งลูกหมุนระบายอากาศ ( roof ventilator) บนหลังคาของโรงงานและบ้านพักอาศัย โดยใช้พลังงานลมจากธรรมชาติเป็นต้นกำลังทำหน้าที่

ระบายเอามวลอากาศร้อนที่อยู่ใต้หลังคาออก ไปนอกอาคารทำให้อากาศเย็นไหลเข้ามาแทนที่จึงส่งผลให้อุณหภูมิภายในอาคารลดลง ลูกหมุนระบายอากาศทำงานโดยอาศัยพลังลมที่เกิดจากธรรมชาติจึงไม่มีการเสียค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า และสามารถติดตั้งได้กับหลังคาทุกประเภท ลูกหมุนมีขนาดตั้งแต่ 14-39 นิ้ว ความร้อนที่ ระบายออกจากอาคาร จะมีปริมาณมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับขนาดของลูกหมุนและความเร็วลมที่ปะทะกับลูกหมุน เช่นลูกหมุนขนาด 14 นิ้ว ที่ความเร็วลม 3.3 m/s จะปริมาณอากาศที่ระบายออก 1,177 CFM



รูปที่ 2 ลักษณะของลูกหมุนระบายอากาศ

## 3. การผลิตไฟฟ้าโดยใช้ลูกหมุนระบายอากาศ

ในการศึกษาได้นำลูกหมุนที่ใช้ในท้องตลาดขนาด 24 นิ้ว มาทดสอบเพื่อหาความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจากการใช้งานโดยการนำขดลวดทองแดงที่ได้จากการออกแบบเบื้องต้นเบอร์ 16 AWG ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.3 mm พันแบบแกนอากาศจำนวน 12 ชุด ติดตั้งที่ฐานของลูกหมุนที่อยู่หนึ่งวงห่างกันในระยะ 30 องศา และติดตั้งแม่เหล็กถาวรขนาด 50 × 30 × 10 mm จำนวน 12 ตัว บนใบพัดที่เคลื่อนที่โดยใช้เรซินเป็นฉนวน เมื่อใบพัดหมุนจะทำให้แม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดกับขดลวดและผลิตไฟฟ้า ลักษณะการติดตั้งแสดงในรูปที่ 2 เพื่อให้การรับลมของลูกหมุนดีขึ้นจึงได้ออกแบบใบรับลมที่มีขนาด ความยาว 600 mm สูง 300 mm มีรัศมี ความโค้ง 150 mm ติดตั้งไว้ส่วนบนของลูกหมุน ใบรับลมที่ใช้เป็นขนาดโดยประมาณเพื่อให้เหมาะกับลูกหมุนที่ใช้ในการทดสอบ การศึกษาต่อไปอาจต้องเพิ่มในส่วนของการออกแบบใบรับลมนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการพัฒนาต่อไป



รูปที่ 3 การติดตั้งชุดผลิตไฟฟ้าและใบรับลม ในการออกแบบแรงดันไฟฟ้าจากลูกหมุนเพื่อนำไปเลือกขนาดของแบตเตอรี่อาศัยสมการดังนี้ [5]

$$E_{av} = N \cdot A \cdot B \left[ \frac{n}{60} \right] \quad (1)$$

โดยที่  $E_{av}$  คือแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากลูกหมุน  $N$  คือจำนวนรอบของขดลวด  $A$  คือ พื้นที่หน้าตัดของแม่เหล็กที่ขนานกับขดลวด  $B$  คือ ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก  $n$  คือ ความเร็วรอบของลูกหมุน

แรงดันสูงสุดสำหรับกรณีการต่อขดลวดอาเมเจอร์ที่ลูกหมุนเป็นแบบสตาร์

$$E_{peak} = 1.56 \cdot E_{av} \quad (2)$$

โดยที่  $E_{peak}$  คือแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้จากลูกหมุน

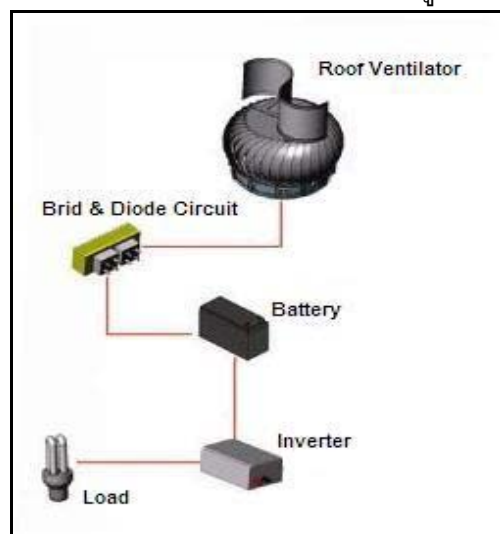
แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงรวมทั้งหมดที่ผลิตได้จากลูกหมุน

$$E_{dc} = [(E_{peak} \cdot \sqrt{3}) - 1.4] \cdot L \quad (3)$$

โดยที่  $E_{dc}$  คือแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากลูกหมุน  $L$  คือ จำนวนขดลวดที่ติดตั้งอยู่รอบลูกหมุน

ขณะลูกหมุนได้รับแรงลมทำให้แม่เหล็กเคลื่อนที่หมุนติดกับชุดขดลวดที่อยู่หนึ่งและต่อกันแบบสตาร์ 4 เฟส ในแต่ละเฟสจะต่อขดลวดอนุกรมกัน 3 ขด ก็จะทำให้ได้กระแสไฟฟ้าสลับ 4 เฟส หลังจากนั้นจึงใช้วงจรบริดจ์ไดโอดเรียงกระแสจากกระแสสลับเป็นกระแสตรงเพื่อนำไปชาร์จในแบตเตอรี่ ขนาด 6 โวลต์ จำนวน 2 ลูก ที่ต่อขนานกันอยู่และเมื่อนำไฟฟ้าจาก

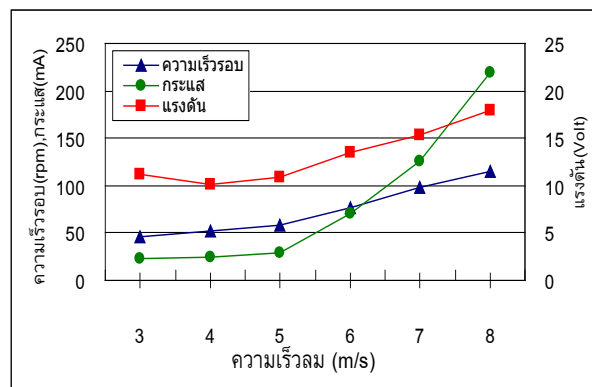
แบตเตอรี่ไปใช้งานจะต้องใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 100 Watt แปลงให้เป็นไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ ต่อไปใช้งานกับโหลดได้ ลักษณะของวงจรแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 วงจรที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าจากลูกหมุน

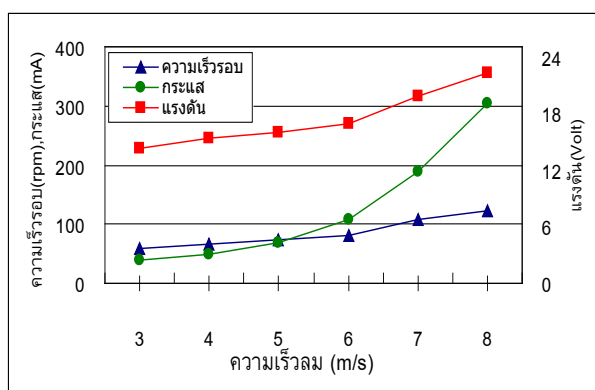
#### 4. การทดสอบการผลิตไฟฟ้า

ในการทดสอบการผลิตไฟฟ้าจากลูกหมุนระบายอากาศ ใช้การทดสอบโดยอาศัยลมจากพัดลมตั้งพื้น ขนาดมอเตอร์ 1/2 แรงม้า เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด 1.2 m เพื่อให้สามารถควบคุมระดับความเร็วลมได้ตามต้องการ ขณะลูกหมุนเคลื่อนที่ได้ทำการวัดความเร็วลมเฉลี่ย(m/s) บริเวณด้านหน้าลูกหมุน ความเร็วรอบของลูกหมุน( rpm) แรงดันไฟฟ้า( Volt) และกระแสไฟฟ้า(mA) ที่ได้จากลูกหมุนโดยตรงก่อนชาร์จเข้าแบตเตอรี่ การทดสอบจะใช้ระดับความเร็วลมเฉลี่ยเริ่มตั้งแต่ 3 m/s และเพิ่มความเร็วครั้งละ 1 m/s จนถึงความเร็วสูงสุดที่ 8 m/s โดยแบ่งเป็นสองส่วนเปรียบเทียบกันคือ กรณีที่ติดและไม่ติดใบพัดรับลม และเปรียบเทียบผลที่ได้ดังรูป



รูปที่ 5 ผลการเก็บข้อมูลจากลูกหมุนที่ไม่ติดใบรับลม

จากรูปที่ 5 เป็นการทดลองการผลิตไฟฟ้าแบบไม่เสริมไบพัตร์บลม ด้านบน จะเห็นว่า ที่ความเร็วลม 3 m/s จะมีความเร็วรอบเท่ากับ 46 rpm ผลิตแรงดันไฟฟ้า 9.22 Volt ได้กระแส 23.5 mA และกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 0.217 Watts เมื่อเพิ่มความเร็วลม จะทำให้ความเร็วรอบ แรงดัน กระแส และ กำลังไฟฟ้า มีค่าเพิ่มขึ้น และที่ความเร็วลมสูงสุด 8 m/s จะมีความเร็วรอบเท่ากับ 114.4 rpm ได้แรงดัน 18 Volt ได้กระแส 220 mA และกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 3.96 Watt และจากการทดลองในรูปที่ 6 ซึ่งเป็นการทดลองกรณีที่มีการเสริมไบพัตร์บลม ด้านบน ผลการทดลองที่ระดับความเร็วลมเท่ากันพบว่า ที่ความเร็วลม 3 m/s จะมีความเร็วรอบเท่ากับ 59.8 rpm ผลิตแรงดันไฟฟ้า 14.24 Volt ได้กระแส 39 mA และกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 0.67 Watts เมื่อเพิ่มความเร็วลมสูงสุด 8 m/s จะมีความเร็วรอบเท่ากับ 122 rpm ได้แรงดันไฟฟ้า 22.2 Volt ได้กระแส 305 mA และกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 6.77 Watt

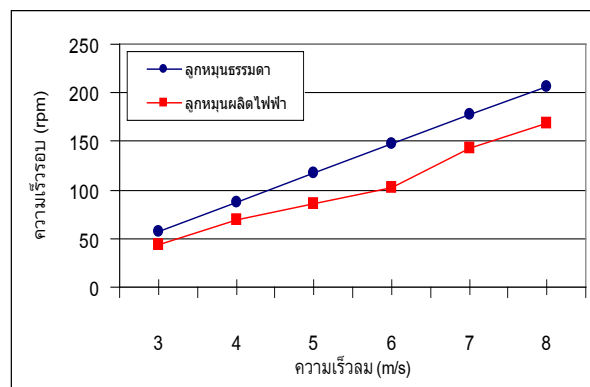


รูปที่ 6 ผลการเก็บข้อมูลจากลูกหมุนที่ติดไบร์บลม

การติดไบร์บลมด้านบนลูกหมุนจะทำให้แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความเร็วรอบมีค่าเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 30 – 40% แต่เมื่อเปรียบเทียบความเร็วรอบของลูกหมุนที่ใช้งานปกติกับลูกหมุนที่ดัดแปลงมาเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่แสดงในรูปที่ 7 พบว่าความเร็วรอบของลูกหมุนที่นำมาผลิตไฟฟ้าจะมีความเร็วรอบลดลงประมาณ 30% เป็นข้อเสียที่ทำให้ประสิทธิภาพในการระบายอากาศลดลงด้วย

จากข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากลูกหมุนการนำไปใช้งานสามารถจ่ายให้กับโหลดได้โดยตรงแต่จะใช้ได้กับโหลดที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนักเช่นหลอด LED ที่มี

ขนาดของแผงประมาณ 1x1 ฟุต เนื่องจากลูกหมุนอาจได้รับลมในอัตราที่ไม่คงที่จึงไม่เหมาะกับโหลดขนาดใหญ่ เพื่อให้สามารถนำพลังงานไฟฟ้าไปใช้งาน



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบความเร็วรอบของลูกหมุน

## 5. สรุปผล

ตัวอย่างต่อเนื่องจึงนำไฟฟ้าที่ได้ไปต่อผ่านชุดวงจรบริดจ์และไดโอดเพื่อแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ก่อนชาร์จเข้าแบตเตอรี่ จากการทดสอบที่ความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ย 8 m/s ลูกหมุนหมุนด้วยความเร็ว 122 rpm ผลิตไฟฟ้าขณะชาร์จได้แรงดัน 18 Volt กระแส 0.22 Amp สามารถนำไปใช้กับหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ขนาด 5 Watt ได้นานประมาณ 2 ชม. ขณะที่แบตเตอรี่มีไฟเต็ม แต่ถ้าใช้งานขณะที่ชาร์จด้วยและความเร็วรอบของลูกหมุนคงที่ สามารถจ่ายให้โหลดได้อย่างต่อเนื่อง

จากผลการทดสอบสรุปได้ว่า การผลิตไฟฟ้าจากลูกหมุนระบายอากาศจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามความเร็วลมที่เพิ่มสูงขึ้น ขณะเดียวกันความสามารถในการระบายอากาศอื่น จะมีปริมาณ ลดลง เล็กน้อย เมื่อเทียบกับลูกหมุนธรรมดา เพราะว่ามีแรงเสียดทานเพิ่มมากขึ้น จากน้ำหนักของแม่เหล็กที่ติดอยู่กับใบหมุน และสาเหตุที่ผลิตไฟฟ้าได้น้อยเกิดจากการสูญเสียในระบบมีมาก ขนาดขดลวดเล็ก ใบพัดที่ติดอยู่ด้านบนมีขนาดไม่เหมาะสมทำให้ รับลม ได้น้อย ระยะห่างของขดลวดกับแม่เหล็กมากเกินไปทำให้การเหนี่ยวนำ ไม่มาก ไฟฟ้าที่ได้จึงออกมาน้อยกว่าที่ทำการออกแบบไว้

## 6. เอกสารอ้างอิง

[1] วรณัฐ แจ่มสว่าง (25 51). พลังงานหมุนเวียน , กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- [2] สุรัชชัย ชัยทัศนีย์(2552),การผลิตไฟฟ้าจากพลังงาน  
ลม,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,[ระบบออนไลน์],  
แหล่งที่มา <http://newsletters.eng.chula.ac.th/>
- [3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน  
(25 52). ศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทย ,  
วารสารพลังงานทางเลือก, 1 เมษายน 2552, หน้า 86  
– 114.
- [4] ยุทธศักดิ์ คณาสวัสดิ์ (2550),ทิศทางการผลิต  
ไฟฟ้าจากพลังงานลม, วารสารส่งเสริมการลงทุน, 12  
ธันวาคม 2550, หน้า 52 – 58.
- [5] อุทัย จิรภาณี (2537),เทคโนโลยีการเปลี่ยน  
กระแสลมเป็นกระแสไฟฟ้า , คอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์  
เวิลด์, 16 กรกฎาคม 2537, หน้า 18 – 24.
- [6] Department of Alternative Energy  
Development and Efficiency, Ministry of Energy,  
Thailand (2004) available online:  
<http://www.eren.doe.gov/consumerinfo/>