Technical Education Journal : King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Vol. 10 No. 3 September – December, 2019

การพัฒนาชุดทดลองกังหันลมจำลอง

พงษ์ศิลป แก้วรัตนศรีโพธิ์*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบและพัฒนาชุดทดลองกังหันลมจำลอง เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นอกจากนี้ยังศึกษาประสิทธิผลของชุดทดลองด้วยการสำรวจความพึงพอใจของนักศึกษา สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบค่าซี วิธีดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้นำชุดทดลองที่สร้างขึ้นมาทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาที่เรียนหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 2 จำนวน 32 คน ทำการทดสอบก่อนเรียน เพื่อวัดความรู้ก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น หลังจากนั้น 3 เดือนทำการทดลอง เมื่อเรียนจบแล้วให้นักศึกษาทำแบบสอบถามวัดความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองกังหันลมจำลอง วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแบบทดสอบ แล้วนำมาวิเคราะห์ผล ผลการวิจัยพบว่า ชุดทดลองที่สร้างขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ การศึกษาระดับความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองกังหันลมจำลองพบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการใช้ชุดทดลองนี้อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.57

คำสำคัญ: กังหันลมจำลอง, โปรแกรมแลปวิว, ชุดทดลอง

* วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต โทร. +66 2997 2222 ต่อ 3257 อีเมล: phongsin.k@rsu.ac.th

_20-0293(001-230).indd 162 8/5/2563 BE 14:20

Effectiveness of Experimental Kit of Wind Turbine Simulator

Phongsin Kaewrattanasripho*

Abstract

The purposes of the study were to develop an experimental kit using the wind turbine simulator and to investigate its effectiveness by comparing the learning achievement of the students. Besides, the effectiveness of the experimental kit was confirmed through the students' satisfaction. The obtained data were analyzed in terms of percentage, average, standard deviation and Z- test. The experimental kit of wind turbine simulator was constructed and tried out with a group of 32 engineering students. The students were asked to do the pre-test formulated by the researcher to evaluate their aptitudes in the specific format. After 3 months, the experiments were conducted with achievement tests. The obtained scores from the tests were analyzed regarding the students' learning achievement. The findings showed that the learning achievement of the students were significantly different at .01 statistical level. The mean scores and standard deviation of students' opinions toward the experimental kit were found to be 4.51 and 0.57 respectively which implied that the students were strongly satisfied with the developed kit.

Keyword: Wind Turbine Simulator, LabVIEW, Experimental Kit

* College of Engineering, Rangsit University, Tel. +66 2997 2222 ext. 3257 e-mail: phongsin.k@rsu.ac.th

1. บทนำ

การศึกษาเกี่ยวกับกังหันลมผลิตไฟฟ้า มีผู้สนใจมากขึ้น เพราะเป็นพลังงานทดแทนที่สะอาด ไม่ก่อมลพิษ และยั่งยืนกว่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเชื้อเพลิง ซึ่งจะหมดในอนาคตอันใกล้นี้ สำหรับห้องปฏิบัติการที่ต้องการสร้างกังหันลม เพื่อการศึกษาคุณลักษณะกังหันลม จะมีราคาแพงและใช้พื้นที่มากในการติดตั้งกังหันลม และจะต้องมีความเร็วลมที่เพียงพอสำหรับการดำเนินงานของกังหันลม และเกิดความยากลำบากที่จะไปศึกษากังหันลมของจริงในสถานที่จริง เพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้ด้วยการจำลองกังหันลมโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เลียนแบบคุณลักษณะกังหันลมจริง ซึ่งโปรแกรมในปัจจุบันมีหลากหลายโปรแกรม แต่จากการศึกษาทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [1], [2], [3] ซึ่งกังหันลมแบบแนวแกนนอนมีกำลังทางกลดังสมการที่ 1 และแรงบิดดังสมการที่ 2

$$\mathrm{P_{WT}} = 0.5A_{blade}\rho v_w^3 C_p(\beta,\lambda) \qquad (1)$$

$$\mathrm{T_{WT}} = \frac{P_{WT}}{\omega} \qquad (2)$$

เมื่อ A_{blade} คือพื้นที่กวาดใบ ρ คือความหนาแน่นของอากาศ, v_w คือความเร็วลม $C_p(\beta,\lambda)$ คือสัมประสิทธิ์กำลังหาได้จากสมการที่ 3, β คือมุมบิดของใบ, λ คืออัตราความเร็วเสริม(Tip Speed Ratio), ω คือความเร็วเชิงมุม และหา $1/\lambda_i$ ได้จากสมการที่ 4

$$C_p(\beta,\lambda) = 0.5176\left(\frac{116}{\lambda_i} - 0.4\beta - 5\right)e^{-\frac{21}{\lambda_i}} + 0.0068\lambda \qquad (3)$$

$$\frac{1}{\lambda_i} = \frac{1}{\lambda+0.08\beta} - \frac{0.035}{\beta^3+1} \qquad (4)$$

และจากการศึกษาโปรแกรม [4], [5] ผู้วิจัยจึงเลือกใช้โปรแกรมแลปวิวเพราะส่วนที่ใช้สื่อสารกันระหว่างผู้เรียนกับโปรแกรมนั้นทำได้ง่าย และเสมือนจริง เพื่อรองรับองค์ความรู้เกี่ยวกับกังหันลมทางผู้วิจัยจึงพัฒนาและสร้างชุดทดลองกังหันลมจำลองด้วยโปรแกรมแลปวิว ซึ่งนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาการวัดและเครื่องมือวัด วิชาปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 2 วิชาการออกแบบระบบพลังงานทดแทน วิชาวิศวกรรมโรงจักรผลิตกำลัง วิชาปฏิบัติการเทคโนโลยีพลังงาน เพื่อให้ผู้เรียนมีองค์ความรู้ทักษะ สำหรับนำไปประกอบอาชีพและพัฒนาประเทศต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาชุดทดลองเรื่องกังหันลมจำลอง

2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดทดลองกังหันลมจำลองที่สร้างขึ้น

2.3 เพื่อสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองเรื่องกังหันลมจำลองที่สร้างขึ้น

3. สมมุติฐานการวิจัย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้น มีมากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองกันหันลมจำลองมีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

4.1 กำหนดระเบียบวิธีการวิจัย การวิจัยครั้งนี้มีแบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลัง (One-Group Pretest-Posttest Design)

4.2 กำหนดกลุ่มตัวอย่าง โดยเลือกแบบเจาะจงจากนักศึกษาของมหาวิทยาลัยรังสิต ระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาปฏิบัติวิศวกรรมเครื่องกล 2 จำนวน 32 คน

4.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีวิธีการดำเนินการสร้างคือ ศึกษา วิเคราะห์เนื้อหาคุณลักษณะกังหันลม และนำไปเขียนวัตถุประสงค์ เมื่อเสร็จจึงนำมาออกแบบชุดทดลอง จะประกอบด้วย แบบจำลองกังหันลม และเอกสารประกอบทดลองซึ่งมี วัตถุประสงค์ เนื้อหาวิชา รายการอุปกรณ์เครื่องมือ วิธีการทดลอง ตารางบันทึกผล สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง และคำถามหลังการทดลอง นำไปปรึกษาที่ปรึกษาซึ่งมีความผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนี้ เสร็จแล้วจึงทำการสร้างชุดทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ หลังจากนั้นนำชุดทดลองให้ที่ปรึกษาซึ่งมีความผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนี้ ตรวจสอบและนำมาแก้ไขปรับปรุงอีกครั้งหนึ่ง

การสร้างแบบทดสอบ โดยผู้วิจัยเลือกจัดสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เป็นชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก โดยการวิเคราะห์เนื้อหา วัตถุประสงค์ และสร้างแบบทดสอบ นำแบบทดสอบให้ที่ปรึกษาซึ่งมีความผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนี้ ตรวจสอบเพื่อ

หาจุดบกพร่อง และนำมาแก้ไขปรับปรุง ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์(IOC) และนำมาแก้ไขปรับปรุง ทดลองใช้เพื่อหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น จึงได้แบบทดสอบไปใช้ในการวิจัย

การสร้างแบบวัดความพึงพอใจของผู้เรียน แบบวัดความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดกังหันลมจำลอง ที่สร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ตอน ประกอบด้วย

- ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของนักศึกษาเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลอง มีลักษณะเป็นแบบปลายปิด 5 ระดับ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่ 1 ลักษณะทางกายภาพและส่วนที่ 2 การนำไปใช้งาน

- ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม มีลักษณะเป็นแบบปลายเปิด โดยกำหนดเกณฑ์ที่ให้ในการแปลความหมายของความคิดเห็นของนักศึกษาเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้ คะแนนเฉลี่ย 4.50–5.00 แสดงว่า ระดับความพึงพอใจมากที่สุด, คะแนนเฉลี่ย 3.50–4.49 แสดงว่า ระดับพึงพอใจมาก, คะแนนเฉลี่ย 2.50–3.49 แสดงว่า ระดับพึงพอใจปานกลาง, คะแนนเฉลี่ย 1.50–2.49 แสดงว่า ระดับพึงพอใจน้อย และคะแนนเฉลี่ย 1.00–1.49 แสดงว่าระดับพึงพอใจน้อยที่สุด

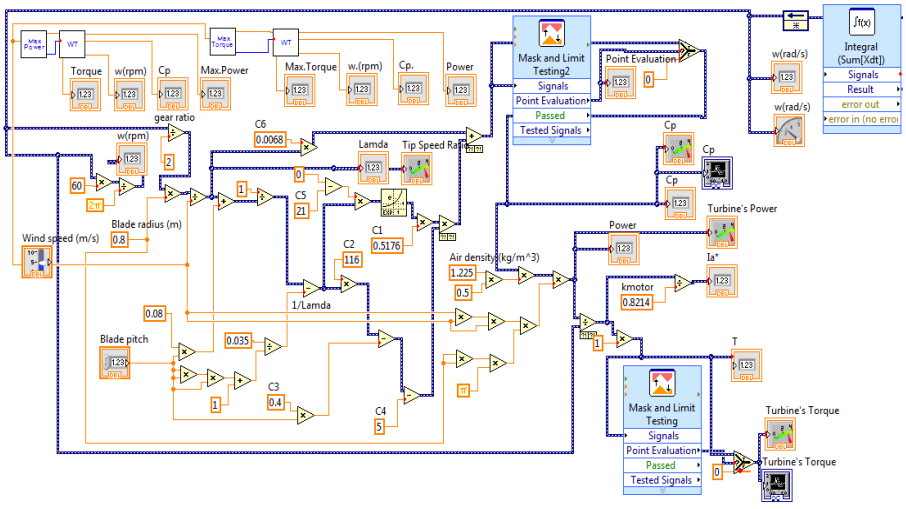
4.4 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล มีวิธีการคือ นำกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาปฏิบัติวิศวกรรมเครื่องกล 2 จำนวน 32 คน มาทำการทดลองโดย วัดความรู้เดิมด้วยแบบทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างทั้ง 32 คนในสัปดาห์ที่ 2 ของภาคการศึกษา เมื่อเวลาผ่านไป 3 เดือนก็ให้กลุ่มตัวอย่าง 32 คน ทำการทดลองโดยใช้ชุดทดลองที่แก้ไขปรับปรุงเสร็จแล้ว โดยการแนะนำนักศึกษาเกี่ยวกับเอกสารที่ใช้ในการทดลอง และการใช้ชุดทดลอง หลังจากที่ได้ทำกลุ่มตัวอย่างใช้ชุดทดลองแล้ว ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบสอบถามวัดความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองกังหันลมจำลอง วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแบบทดสอบ นำผลคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบ และแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่างไปวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน หาค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลอง

5. ผลการวิจัย

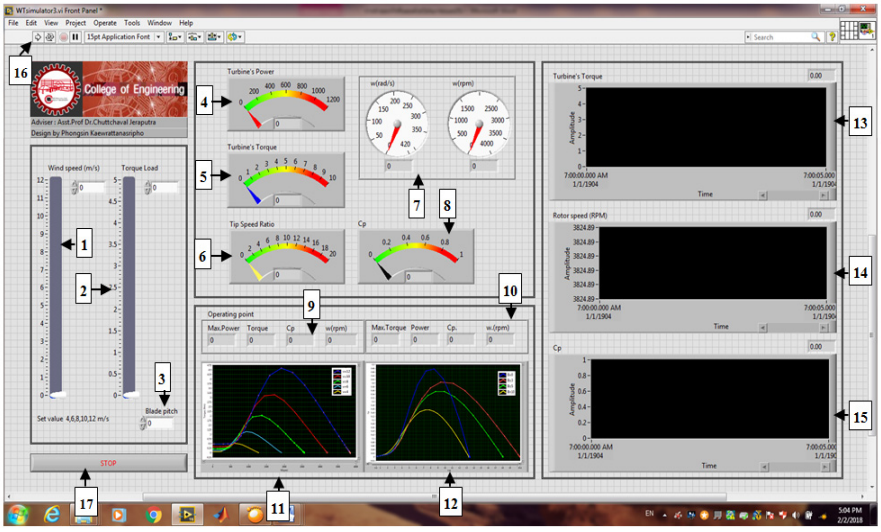
การพัฒนาชุดทดลองกังหันลมจำลองมีผลการวิจัยดังนี้

5.1 ผลการสร้างชุดทดลองกังหันลมจำลอง ประกอบด้วย ซอฟแวร์และฮาร์ดแวร์ มีรายละเอียดดังนี้

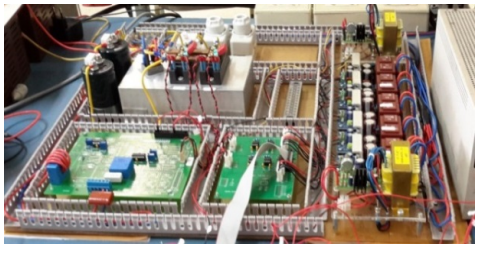
5.1.1 ซอฟต์แวร์ใช้โปรแกรมแลปวิวเขียนแบบจำลองคุณลักษณะของกังหันลมบนหน้าต่างของบล็อกไดอะแกรม ซึ่งผลการจำลองที่ได้จะตรวจสอบความถูกต้องกับทฤษฎี สำหรับหน้าต่างของบล็อกไดอะแกรมที่สร้างขึ้นแสดงในรูปที่ 1 และหน้าต่างของฟอนต์พาแนลที่ใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานกับตัวโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 2 ซึ่งผู้ใช้งานใช้ผ่านตัวควบคุม(Controls) และตัวแสดงผล (Indicator) ต่าง ๆ โดยรายละเอียดของหน้าต่างของฟอนต์พาแนลแสดงตามหมายเลขคือ หมายเลข 1 สำหรับปรับค่าความ เร็วลม, หมายเลข 2 สำหรับปรับแรงบิดโหลด, หมายเลข 3 สำหรับใส่ค่า, หมายเลข 4 สำหรับแสดงค่ากำลังของกังหันลม, หมายเลข 5 สำหรับแสดงค่าแรงบิดของกังหันลม, หมายเลข 6 สำหรับแสดงค่าอัตราความ เร็วเสริม, หมายเลข 7 สำหรับแสดงค่าความเร็วของกังหันลมซึ่งแสดงเป็น rpm และ rad/s, หมายเลข 8 สำหรับแสดงค่าสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันลม, หมายเลข 9 สำหรับ แสดงค่าแรงบิด สัมประสิทธิ์กำลัง และความ เร็วขณะที่กำลังเต็มพิกัด, หมายเลข 10 สำหรับแสดงค่ากำลัง สัมประสิทธิ์กำลัง และความเร็วเชิงมุม ขณะที่แรงบิดเต็มพิกัด, หมายเลข 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วเชิงมุมของกังหันลม เมื่อความ เร็วลมเปลี่ยนแปลง, หมายเลข 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์กำลัง กับอัตราความเร็วเสริม เมื่อมุมบิดของใบเปลี่ยนแปลง, หมายเลข 13 สำหรับแสดงรูปคลื่นสัญญาณแรงบิดของกังหันลม, หมายเลข 14 สำหรับแสดงรูปคลื่นสัญญาณความเร็วของกังหันลม, หมายเลข 15 สำหรับแสดงรูปสัญญาณสัมประสิทธิ์กำลัง, หมายเลข 16 ปุ่มเริ่มการทำงานและหมายเลข 17 ปุ่มหยุดการทำงาน ส่วนเอกสารประกอบการทดลอง มีวัตถุประสงค์เนื้อหาวิชา รายการอุปกรณ์ เครื่องมือ วิธีการทดลอง ตารางบันทึกผล สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง คำถามหลังการทดลอง



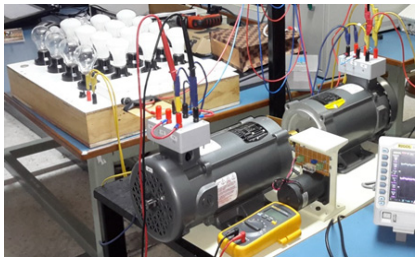
รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของแบบจำลองกังหันลมที่สร้างขึ้น



รูปที่ 2 ฟอนต์พาแนลของแบบจำลองกังหันลมที่สร้างขึ้น

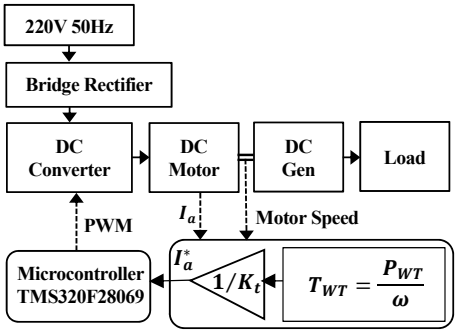


รูปที่ 3 ชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่สร้างขึ้น



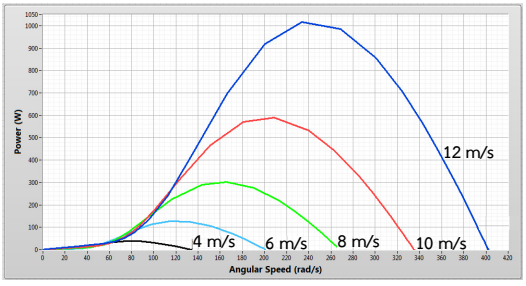
รูปที่ 4 มอเตอร์ไฟตรงที่ใช้เป็นเครื่องจำลองกังหันลม

5.1.2 ฮาร์ดแวร์ เป็นเครื่องจำลองกังหันลมที่สร้างขึ้นแสดงดังรูปที่ 3, 4 และแสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 5 ประกอบด้วยแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Bridge Rectifier) เพื่อนำไปใช้จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับดีซีคอนเวอร์เตอร์ (DC Converter) และแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ออกจากคอนเวอร์เตอร์ดังกล่าวจะจ่ายให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อสร้างแรงบิดตามที่ต้องการ สำหรับขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมมีรายละเอียดดังนี้ เมื่อป้อนค่าความเร็วลม มุมบิดของใบจากหน้าต่างฟอนต์พาแนล และตรวจจับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ตัวแปรดังกล่าวจะถูกส่งให้โปรแกรมแลปวิวนำมาใช้ในการคำนวณเพื่อจำลองคุณลักษณะการทำงานของกังหันลม และจ่ายสัญญาณกระแสไฟฟ้าอ้างอิงไปเปรียบเทียบกับกระแสที่วัดจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ TMS320F28069 โดยใช้การควบคุมแบบ PI จากนั้นจะส่งสัญญาณ PWM ไปยังชุดขับเกต เพื่อควบคุมชุดสวิตช์กำลัง IGBT ให้จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำงานได้ตามคุณลักษณะของกังหันลมจริง

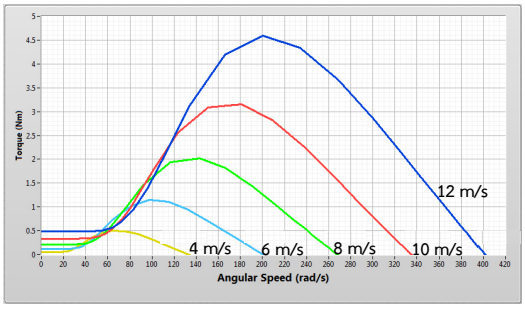


รูปที่ 5 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องจำลองกังหันลม

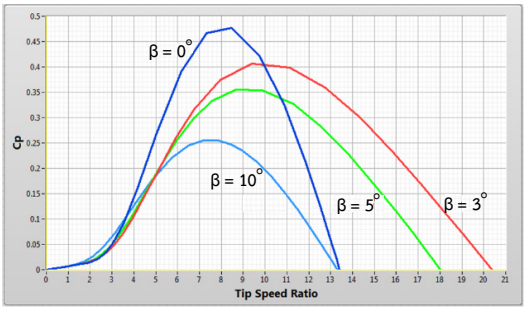
ผลการทดลอง เมื่อปรับความเร็วลม และแรงบิดโหลดที่ค่าต่าง ๆ ได้ผลการจำลองคุณลักษณะกำลังของกังหันลมที่เปลี่ยนแปลงตามความเร็วเชิงมุม ที่ความเร็วลม 12, 10, 8, 6 และ 4 m/s ดังรูปที่ 6 และนำผลการจำลองคุณลักษณะกำลังของกังหันลมมาเปรียบเทียบกับการคำนวณทางทฤษฎีพบว่ามีความถูกต้อง ได้คุณลักษณะแรงบิดของกังหันลมที่เปลี่ยนแปลงตามความเร็วเชิงมุม ที่ความเร็วลม 12, 10, 8, 6 และ 4 m/s ดังรูปที่ 7 และนำผลการจำลองคุณลักษณะแรงบิดของกังหันลมมาเปรียบเทียบกับการคำนวณทางทฤษฎีพบว่ามีความถูกต้อง และได้คุณลักษณะสัมประสิทธิ์กำลังกับค่าอัตราความเร็วเสริมที่มุมบิดของใบ 0, 3, 5 และ 10 องศา ดังรูปที่ 8



รูปที่ 6 คุณลักษณ์กำลังของกังหันลมจากการทดลอง



รูปที่ 7 คุณลักษณ์แรงบิดของกังหันลมจากการทดลอง



รูปที่ 8 คุณลักษณ์ C_p กับ Tip Speed Ratio (λ) ที่มุมบิดของใบต่าง ๆ

5.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบ นำมาเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ปรากฏผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{X}$	%	S.D.	V
ก่อนเรียน	32	1.97	15.14	1.60	81.07
หลังเรียน	32	11.56	88.94	1.54	13.35

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 1.97 คิดเป็นร้อยละ 15.14 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.60 จากผู้เรียนทั้งหมด 32 คน ส่วนคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 11.56 คิดเป็นร้อยละ 88.94 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.54 จากผู้เรียนทั้งหมด 32 คน ซึ่งจะเห็นได้ว่ากลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{X}$= 11.56 คะแนน) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X}$= 1.97 คะแนน) สัมประสิทธิ์การกระจายคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง (V=13.35%) มีการกระจายน้อยกว่าสัมประสิทธิ์การกระจายคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (V= 81.076%)

5.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน นำคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างมาทดสอบค่าซี ปรากฏผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

รายการ	Z
กลุ่มตัวอย่าง	-24.43

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01หรือคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างมากกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

5.4 ผลสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียน

เมื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับระดับความคิดเห็นของผู้เรียน (กลุ่มตัวอย่าง) และคำนวณเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อชุดทดลองเรื่องกังหันลมจำลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว ปรากฏผลดังตารางที่ 3 และ 4 ซึ่งพบว่า

1) ชุดทดลองมีความสวยงาม ได้ระดับความคิดเห็นของผู้เรียนคือ เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 63, เห็นด้วยมาก จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 31, เห็นด้วยปานกลาง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6 และได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62 แสดงว่าผู้เรียนมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด

2) ชุดทดลองมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน ได้ระดับความคิดเห็นของผู้เรียนคือ เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 63, เห็นด้วยมาก จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 31, เห็นด้วยปานกลาง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6 และได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62 แสดงว่าผู้เรียนมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด

3) ชุดทดลองมีความแข็งแรง ได้ระดับความคิดเห็นของผู้เรียนคือ เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 31, เห็นด้วยมาก จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 50, เห็นด้วยปานกลาง จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 19 และได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.71 แสดงว่าผู้เรียนมีระดับความพึงพอใจมาก

4) ชุดทดลองง่ายต่อการเก็บรักษา ได้ระดับความคิดเห็นของผู้เรียนคือ เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน 18 คนคิดเป็นร้อยละ 56, เห็นด้วยมาก จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 38, เห็นด้วยปานกลาง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6 และได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62 แสดงว่าผู้เรียนมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด

5) วัสดุที่นำมาสร้างชุดทดลองมีคุณภาพ ได้ระดับความคิดเห็นของผู้เรียนคือ เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 50, เห็นด้วยมาก จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 44, เห็นด้วยปานกลาง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6 และได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62 แสดงว่าผู้เรียนมีระดับความพึงพอใจมาก

6) ชุดทดลองง่ายต่อการใช้งาน ได้ระดับความคิดเห็นของผู้เรียนคือ เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 50, เห็นด้วยมาก จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 50 และได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 แสดงว่าผู้เรียนมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด

ตารางที่ 3 จำนวนคน และค่าร้อยละของผู้เรียนที่ทำแบบวัดความพึงพอใจ

รายการ	จำนวนคน (ค่าร้อยละ)		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
ส่วนที่ 1 ลักษณะทางกายภาพ			
1	20 (63%)	10 (31%)	2 (6%)
2	20 (63%)	10 (31%)	2 (6%)
3	10 (31%)	16 (50%)	6 (19%)
4	18 (56%)	12 (38%)	2 (6%)
5	16 (50%)	14 (44%)	2 (6%)
ส่วนที่ 2 ความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน			
6	16 (50%)	16 (50%)	-
7	18 (56%)	14 (44%)	-
8	16 (50%)	16 (50%)	-
9	24 (75%)	8 (25%)	-
10	18 (56%)	14 (44%)	-

ตารางที่ 4 ระดับความคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลอง

รายการ	$\overline{X}$	S.D.	ระดับการประเมิน
ส่วนที่ 1 ลักษณะทางกายภาพ			
1	4.56	0.62	มากที่สุด
2	4.56	0.62	มากที่สุด
3	4.13	0.71	มาก
4	4.50	0.62	มากที่สุด
5	4.44	0.62	มาก
ส่วนที่ 2 ความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน			
6	4.50	0.51	มากที่สุด
7	4.56	0.50	มากที่สุด
8	4.50	0.51	มากที่สุด
9	4.75	0.44	มากที่สุด
10	4.56	0.50	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.51	0.57	มากที่สุด

7) ชุดทดลองสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ได้ระดับความคิดเห็นของผู้เรียนคือ เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 56, เห็นด้วยมาก จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 44 และได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 แสดงว่าผู้เรียนมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด

8) โปรแกรมที่สร้างขึ้นง่ายต่อการเรียนรู้ ได้ระดับความคิดเห็นของผู้เรียนคือ เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 50, เห็นด้วยมาก จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 50 และได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 แสดงว่าผู้เรียนมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด

9) เอกสารการทดลองง่ายต่อการเรียนรู้ ได้ระดับความคิดเห็นของผู้เรียนคือ เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 75, เห็นด้วยมาก จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 25 และได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.44 แสดงว่าผู้เรียนมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด

10) ชุดทดลองนี้สามารถใช้หาคุณลักษณะของกังหันลมได้ ได้ระดับความคิดเห็นของผู้เรียนคือ เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 56, เห็นด้วยมาก จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 44 และได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 แสดงว่าผู้เรียนมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด

เมื่อหาค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจ พบว่ามีค่าเท่ากับ 4.51 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57 แสดงว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจเฉลี่ยต่อชุดทดลองนี้อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

6. สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

ชุดทดลองกังหันลมจำลอง ประกอบด้วยเครื่อง และแบบจำลองกังหันลม เอกสารประกอบการทดลองมีวัตถุประสงค์ เนื้อหาวิชา รายการอุปกรณ์ เครื่องมือ วิธีการทดลอง ตารางบันทึกผล สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง คำถามหลังการทดลอง

การเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นร้อยละ 74 จากความรู้เดิม

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนได้ กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

การสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนได้กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจเฉลี่ยต่อชุดทดลองนี้ อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

ชุดทดลองกังหันลมจำลองที่สร้างขึ้นใช้สำหรับศึกษาคุณลักษณะของกังหันลมได้เป็นอย่างดี การใช้งานก็ทำได้ง่ายและสะดวก สามารถโต้ตอบระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรมได้ทันที โดยไม่ต้องสร้างกังหันลมหรือเดินทางไปศึกษาในสถานที่ที่กังหันลมติดตั้งอยู่ การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ กล่าวคือกลุ่มตัวอย่างหลังจากที่ได้ผ่านขบวนการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองแล้ว คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมากกว่ากว่าก่อนเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่มีลักษณะการเรียนการสอนที่ใช้ชุดทดลอง เช่น Chakrit [6] ที่ว่าเมื่อกลุ่มตัวอย่างเรียนด้วยชุดทดลองแล้ว จะทำให้กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แต่เป็นที่น่าสังเกตว่ากลุ่มตัวอย่างเมื่อผ่านการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองนี้แล้ว คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนจะมีการกระจายน้อยกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ทั้งนี้เป็นเพราะว่าชุดทดลองสร้างตามหลักการและแนวทางของชุดทดลอง ได้รับคำแนะนำจากที่ปรึกษาที่เชี่ยวชาญด้านนี้ และจากการสำรวจความพึงพอใจ กลุ่มตัวอย่างแสดงความคิดเห็นว่าชุดทดลองง่ายต่อการใช้งานมากที่สุด และเอกสารการทดลองง่ายต่อการเรียนรู้มากที่สุด รวมถึงผู้วิจัยเปิดโอกาสให้กลุ่มตัวอย่างทุกคนได้ซักถามปัญหาหรือข้อสงสัย และชี้ให้เห็นความสำคัญที่จะต้องมีความรู้ความสามารถในเนื้อหาเรื่องนี้ เพื่อไปใช้ในการประกอบอาชีพ ดังนั้นชุดทดลองนี้สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนกับผู้เรียนเพื่อให้ได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 เพิ่มผลกระทบอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นจริงกับกังหันลม ในแบบจำลองกังหันลม

7.2 ควรจัดไว้ในสถานที่ที่เป็นการให้บริการการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนเพิ่มเติมหรือเรียนทบทวนได้สะดวกและต่อเนื่อง

7.3 ชุดทดลองจะมีประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับผู้สอนด้วย ดั้งนั้นผู้สอนจะต้องทำความเข้าใจในเนื้อหาที่ถูกต้อง รู้ถึงวิธีการสอน วิธีใช้ชุดทดลองเป็นอย่างดี

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ชัชวาลย์ เยรบุตร ที่ปรึกษางานวิจัย และศูนย์สนับสนุนและพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต ที่สนับสนุนทุนวิจัย

9. เอกสารอ้างอิง

[1] Mohamed A. El-Sharkaw, Wind Energy, CRC Press Taylor & Francis Group, 2014.

[2] T. Hardy, W. Jewell, "Emulation of a 1.5MW Wind Turbine with a DC Motor," *IEEE Power & Energy Society General Meeting,* pp. 1-8, 2011.

[3] M. Monfareda, H. M. Kojabadi and H. Rastegar, "Static and Dynamic Wind Turbine Simulator Using a Converter Controlled D.C. Motor," *Renewable Energy,* Vol.33, No.5, pp. 906-913, 2008.

[4] National Instruments Corporat, LabVIEW User Manual, Austin, 2003.

[5] H. P. Halvorsen, Introduction to LabVIEW, Porsgrunn, 2014.

[6] C. Kaewsai, "A Development and Study on the Effect of Using an Experimental Set on Wireless Communication System for IEEE 802.15.4 Standard," Master Thesis (Electrical Engineering), King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 2013. (in Thai)