บทที่ 4
ผลกาวิจัย/การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการศึกษาออกแบบชุดโครงสร้างจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบสำหรับผลิต และเก็บกระแสไฟฟ้า

1. ผลการศึกษาพื้นที่สำหรับจัดสร้างจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์

ผลการสำรวจพื้นที่การสร้างจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ของโรงเรียน พบว่า บริเวณพื้นที่สำหรับจัดสร้างโรงเก็บจักรยานปั่นไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์นั้น อยู่บริเวณด้านหลังโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ดังภาพที่ 4.1 ซึ่งได้ดำเนินการจัดสร้างไว้เมื่อปี พ.ศ. 2556 ชื่อโครงการอบปลาแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ สนับสนุนงบดำเนินงานโดยธนาคาร กรุงไทย จำกัด (มหาชน) ร่วมกับบริษัทเอส ซี บี ไดร์เออร์ จำกัด

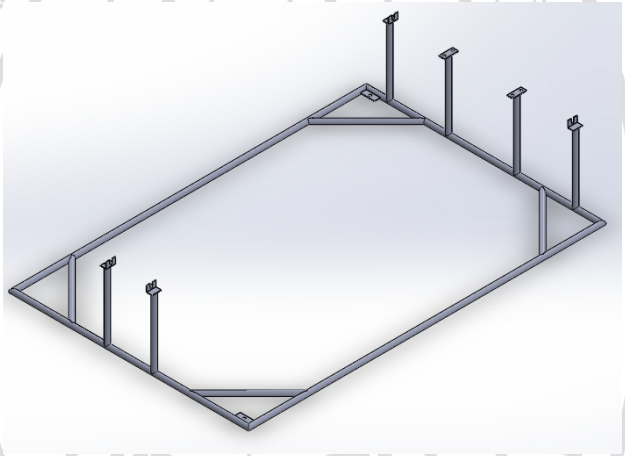
ภาพที่ 4.1 พื้นที่จัดสร้างอาคารเก็บจักรยาน

โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของโรงเรียนอนุบาลเกาะกูดมีขนาดความกว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร และสูง 2.3 เมตร มีพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ใช้ขนาดแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ขนาดกำลังวัตต์รวม 20 วัตต์ จำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่นำพาความชื้นที่อยู่ภายในโรงอบ ฯออกมายังบริเวณภายนอก กำหนดทิศทางการสร้างอาคารเก็บจักรยานให้ขนานกับโรงอบแห้ง โดยให้ระยะห่างระหว่างอาคารขนาด 3 เมตร และมีพื้นที่อาคารขนาดความกว้าง 3 เมตร ขนาดความยาว 3 เมตร และเทพื้นบริเวณโดยรอบขนาดความกว้าง 4 เมตร และขนาดความยาว 4 เมตร เพื่อให้สามารถมีทางเดินโดยรอบขนาด 0.5 เมตร (รายละเอียดดังภาคผนวก จ)

2. ผลการศึกษา และออกแบบชุดโครงสร้างของจักรยานปั่นกระแสไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์

จากการศึกษา และออกแบบชุดโครงสร้างของจักรยานปั่นกระแสไฟฟ้า พบว่า โครงสร้างส่วนล่างทำด้วยโลหะกลมชุบซิงก์ขนาด 2 นิ้ว มาทำเป็นฐานยึดโครงสร้างส่วนล่างของจักรยานขนาด

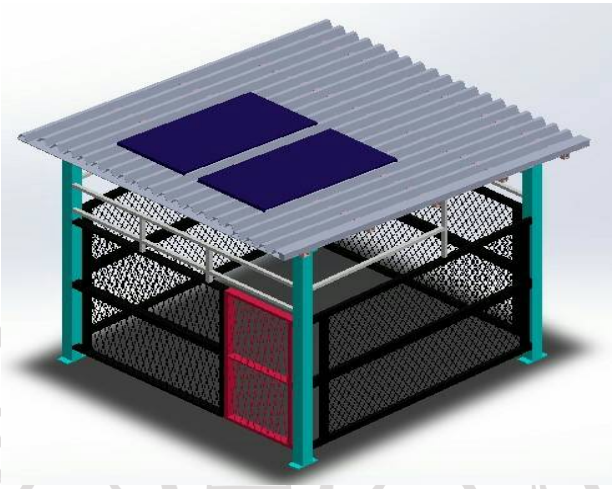
ความกว้าง 64 เซนติเมตร ยาว 180 เซนติเมตร และสูง 80 เซนติเมตร นำมาตัดด้วยเครื่องตัดโลหะให้มีขนาดความกว้างของฐาน 110 เซนติเมตร ความยาว 113 เซนติเมตร และความสูง 30 เซนติเมตร เชื่อมระหว่างความกว้างและความยาวของฐานด้วยเหล็กกลมชุบซิงก์ขนาด 1.5 นิ้ว เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับตัวโครงสร้าง ดังภาพที่ 4.2 โครงสร้างฐานจักรยานสามารถยึดด้วยพุกลงกับพื้นปูนซีเมนต์ เชื่อมติดกับมุมของโครงสร้างทั้ง 4 มุม เพื่อไม่ให้เกิดการขยับตัวขณะปั่นจักรยาน และเพิ่มความมั่นคงเวลาขึ้นปั่นจักรยาน โครงสร้างสำหรับวางชุดจักรยานใช้โลหะชนิดกลมมาขนาดความกว้าง 2 นิ้ว สูง 30 เซนติเมตร เป็นอุปกรณ์ในการตั้งจักรยานให้ลอยบนชุดโครงสร้างจักรยานจำนวน 6 จุด โดยมีขารับด้านหน้าล้อจักรยานขนาด 24 นิ้ว จำนวน 2 จุด ขนาดความสูง 30 เซนติเมตร ขาตั้งสำหรับยึดแกนปั่นจักรยานด้านหลังจำนวน 4 จุด สูง 30 เซนติเมตร รัดโครงสร้างจักรยานให้แน่นกับขาตั้งด้วยโลหะครึ่งวงกลม



ภาพที่ 4.2 แบบจำลองโครงสร้างจักรยานปั่นกระแสไฟฟ้า

ส่วนโครงสร้างสำหรับรองรับแผงโซล่าเซลล์ ด้วยการวางบนหลังคาอาคารเก็บจักรยานปั่นไฟฟ้าแบบหลังคาเมทัลชีต เพื่อรองรับแผงโซล่าเซลล์จำนวน 2 แผง ขนาดความกว้าง 99.20 เซนติเมตร ยาว 195 เซนติเมตร และสูง 4.5 เซนติเมตร ยึดด้วยอุปกรณ์สำหรับจับยึดแผงโซล่าเซลล์เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของแผงโซล่าเซลล์ เชื่อมต่อสายไฟฟ้าที่ออกมากจากแผงโซล่าเซลล์ลงมายังกล่องควบคุมภายในอาคารดังภาพที่ 4.3

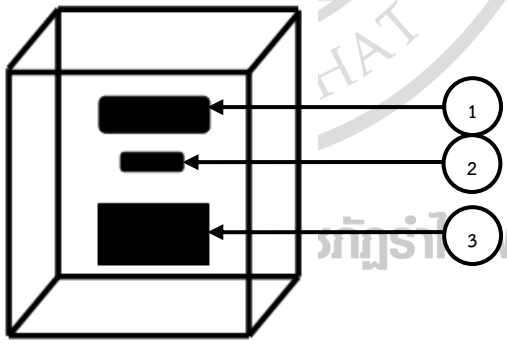
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 4.3 โครงสร้างหลังคาเมทัลชีตสำหรับวางแผงโซล่าเซลล์

3. ผลการศึกษา และออกแบบชุดผลิตกระแสไฟฟ้าจากการปั่นจักรยานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์

จากการศึกษา และออกแบบชุดผลิตกระแสไฟฟ้าจากการปั่นจักรยานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ตู้ควบคุมที่นำมาใช้เก็บอุปกรณ์เป็นกล่องกันน้ำมีขนาดความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 43 เซนติเมตร และลึก 15 เซนติเมตร ภาพที่ 4.4 (รายละเอียดภาคผนวก ฉ) ภายในกล่องออกแบบสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ด้วยกัน 3 แถว ประกอบด้วย แถวที่ 1 (1) ทำการติดตั้งชุด Monitor สำหรับแสดงผลเกี่ยวกับค่าแรงดันไฟฟ้า (โวลต์มิเตอร์) ค่ากระแสไฟฟ้า (แอมมิเตอร์) ที่ได้จากการปั่นจักรยานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ แถวที่ 2 (2) ติดตั้งชุด Monitor เพื่อแสดงผลระบบร้อยละแบตเตอร์รี่ที่ต่อร่วมกันทั้ง 4 ลูก และแถวที่ 3 (3) ติดตั้งชุด Outlet ปลั๊กไฟฟ้าตัวเมีย (เต้ารับ) เพื่อต่อใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างที่ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสลับขนาด 220 โวลต์



ลิขสิทธิ์ข ภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 4.4 ชุดควบคุมกระแสไฟฟ้าจากการปั่นจักรยานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์

จากการศึกษาและออกแบบอุปกรณ์สำหรับจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าความต้องการต่อการใช้กำลังไฟฟ้าของโรงอบประกอบด้วยพัดลมไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 0.1 แอมแปร์ และกำลังวัตต์ขนาด 20 วัตต์ จำนวน 2 ตัว หลอดไฟนีออนขนาด 18 วัตต์ จำนวน 1 หลอด ระยะเวลาต่อการใช้งานโดยเฉลี่ยต่อวัน 8 ชั่วโมงต่อวัน ทำการคำนวณเพื่อหารายละเอียด (Space) ของอุปกรณ์ได้ดังต่อไปนี้

4.1. การคำนวณหาขนาดแผงโซล่าเซลล์

ขนาดของแผง = ค่าการใช้พลังงานรวม / 5 ชั่วโมง (ปริมาณแสงอาทิตย์ใน 1 วันโดยเฉลี่ย)

= ((18 วัตต์ x 8 ชั่วโมง) + (40 วัตต์ x 8 ชั่วโมง)) / 5

= ((144) + (320)) / 5

= 92.8 วัตต์

ดังนั้น ขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ คือ 92.8 วัตต์หรือมากกว่า โดยควรจะมีพลังงานสำรองไว้ใช้ในกรณีที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตพลังงาน ไฟฟ้าได้ เช่น เวลาที่ฝนตกหรือไม่มีแสงอาทิตย์ ก็ควรจะเพิ่มขนาดของแผงโซล่าเซลล์ และแบตเตอรี่เพื่อใช้ในการเก็บพลังงานสำรอง แต่เนื่องจากพื้นที่ โรงเรียนอนุบาลเกาะกูดเป็นเกาะ มีสภาพภูมิอากาศค่อนข้างปิดแดดไม่ต่อเนื่อง ฝนตกชุก ซึ่งมีผลต่อการผลิตไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ จึงควรออกแบบให้มีปริมาณสำรองไฟฟ้าไว้อย่างน้อย 5 วัน จึงต้องออกแบบระบบให้สามารถใช้ไฟฟ้าได้ 5 วัน ในวันที่ไม่มีแสงแดดเลยก็สามารถมีปริมาณไฟฟ้าสำรองให้เพียงพอ

500 วัตต์ x 5 วัน = 2,500 วัตต์ต่อวัน

การคำนวณหาแผงโซล่าเซลล์ ปริมาณค่าเฉลี่ยผลิตไฟฟ้า 5 ชั่วโมงต่อวัน

2,500วัตต์/5 ชั่วโมง = 500 วัตต์

เพราะฉะนั้น แผงโซล่าเซลล์ 300 วัตต์ x 2 แผง = 2 แผง

4.2. การคำนวณหาขนาดเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ (Control Change)

กระแสไฟฟ้า = กำลังวัตต์รวมแผงโซล่าเซลล์ / แรงดันไฟฟ้า

= 600 วัตต์ / 24 โวลต์

= 25 แอมแปร์

ดังนั้น ขนาดของเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ (Control Change) ที่ต้องใช้ คือ 25 แอมแปร์ หรือมากกว่า

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4.3. การคำนวณหาขนาดเครื่องแปลงแรงดันไฟฟ้าอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

กำลังไฟฟ้ารวม = กำลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการ x ค่าเผื่อกำลังไฟฟ้า (5 เท่า)

= ((20 วัตต์ x 2) + (18 วัตต์)) x 5 เท่า

= 290 วัตต์

ดังนั้น ขนาดของเครื่องแปลงแรงดันไฟฟ้าอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ที่ต้องใช้ คือ 290 วัตต์ หรือมากกว่า และเป็นชนิด Pure Sine Wave

4.4. การคำนวณหาขนาดแบตเตอรี่ (Deep Cycle)

ขนาดแบตเตอรี่ = (กำลังไฟฟ้าที่ Lode ต้องการ x ระยะเวลาที่ต้องการใช้งาน) / (แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ x ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ x ประสิทธิภาพของ Inverter)

โดยที่

ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ ถ้าใช้แบตเตอรี่รถยนต์ = 0.60

ถ้าใช้แบตเตอรี่ชนิด Deep Cycle = 0.80

ประสิทธิภาพ Inverter (คุณภาพดี) = 0.85

= ((18 วัตต์ x 8 ชั่วโมง) + (40 วัตต์ x 8 ชั่วโมง)) / (24 x 0.80 x 0.85)

= (144) + (320) / 16.32

= 28.44 แอมแปร์

ดังนั้น ขนาดของขนาดแบตเตอรี่ (Deep Cycle) ที่ต้องใช้ คือ 28.44 แอมแปร์ หรือมากกว่า และเป็นแบตเตอรี่ขนาดแรงดัน 24 โวลต์ เข้ากับระบบ

4.5 การคำนวณชุดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Dc Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจำนวน 2 ตัว เมื่อทำงานพร้อมกันด้วยความเร็วในการหมุน 15-20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้จำนวน 195 วัตต์ รวมจำนวน 390 วัตต์ เมื่อหมุนพร้อมกันทั้ง 4 ตัว (จักรยาน 2 คัน ๆละ 2 ตัว)

ขนาดของมอเตอร์ = ค่าการใช้พลังงานรวม / 6 ชั่วโมง (ปริมาณการปั่นจักรยานใน 1 วัน)

= ((18 วัตต์ x 8 ชั่วโมง) + (40 วัตต์ x 8 ชั่วโมง)) / 6

= ((144) + (320)) / 6

= 77.34 วัตต์

ดังนั้น ขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) ที่ต้องใช้ คือ 77.34 วัตต์ต่อตัว หรือมากกว่า โดยควรจะมีการเผื่อขนาดมอเตอร์ที่ระดับ 5 เท่า เนื่องจากความเร็วที่ปั่นจักรยานไม่สม่ำเสมออีกทั้งรอบความเร็วที่ใช้ปั่นไม่สามารถควบคุมให้คงที่ได้

เมื่อทำการคำนวณคุณลักษณะอุปกรณ์ที่นำมาต่อเป็นชุดจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า อุปกรณ์ทั้งหมดของระบบมีการเผื่อคุณลักษณะให้มากกว่าค่าที่คำนวณได้ โซล่าเซลล์ที่นำมาใช้มีขนาด 300 วัตต์ จำนวน 2 แผง เครื่องควบคุมการชาร์จประจุ (Control Change) ขนาด 30 แอมแปร์ เครื่องแปลงแรงดันไฟฟ้าอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ขนาด 2,000 วัตต์ สำหรับต่อโหลดเพิ่มจากที่คำนวณ ขนาดแบตเตอรี่ (Deep Cycle) แรงดัน 24 โวลต์ 150 แอมแปร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Dc Motor) ขนาด 350 วัตต์ จำนวน 4 ตัว ทั้งนี้จะใช้เวลาในการเก็บประจุไฟฟ้าลงแบตเตอรี่จนกระทั่งเต็มด้วยโซล่าเซลล์โดยเฉลี่ย 6 ชั่วโมง เวลาเก็บประจุแบตเตอรี่สำหรับปั่นการจักรยานโดยเฉลี่ย 9.3 ชั่วโมง และเวลาเก็บประจุแบตเตอรี่สำหรับการปั่นจักรยานร่วมกับโซล่าเซลล์โดยเฉลี่ย 3.64 ชั่วโมง สอดคล้องกับงานวิจัยของประวิช บุญเจริญและเอกชัย นามวงค์ (2555) ศึกษาเกี่ยวกับการจัดสร้างจักรยานออกกำลังกายผลิตไฟฟ้าและเป็นการศึกษาการทำงานของเครื่อง

กำเนิดไฟฟ้าที่มีกำลังไฟจ่ายออกขนาด 12 โวลต์ เนื่องจากมีอุปกรณ์ที่สามารถกำเนิดไฟฟ้าจากแรงปั่นได้ จึงนำหลักการดังกล่าวมาจัดสร้างอุปกรณ์ที่สามารถคืนพลังงานให้แก่แบตเตอรี่จากการปั่นด้วยเท้า จากผลของการทดสอบรถจักรยานไฟฟ้าที่สร้างขึ้นได้ปริมาณไฟที่จ่ายออกคือขนาด 12 โวลต์ และนำไปใช้งานได้จริง

ผลการดำเนินการจัดสร้างจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

1. ผลการจัดสร้างจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

ผลการจัดสร้างจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า พบว่า นำโครงสร้างในส่วนฐานวางจักรยานที่ได้ทำการออกแบบ และจัดสร้างไว้มาทำการวางเพื่อรองรับจักรยานปั่นแบบ 3 ล้อ ขนาดล้อหน้า 24 นิ้ว และล้อหลังขนาด 20 นิ้ว ซึ่งมีขนาดความกว้างของโครงสร้าง 110 เซนติเมตร ความยาว 113 เซนติเมตร ดังภาพที่ 4.5 ทาสีกันสนิม และปกปิดรอยเชื่อมด้วยสีบรอนเงิน ชนิดกันน้ำ

ภาพที่ 4.5 โครงสร้างจักรยานปั่นกระแสไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ผลการการติดตั้งจักรยานปั่น 3 ล้อ พบว่า จักรยานปั่นที่นำมาติดตั้งเป็นจักยานที่มีการขับเคลื่อนด้วยเพลากลาง ส่งกำลังจากเฟืองขับที่อยู่ทางด้านหน้าไปยังเฟืองขับที่อยู่ทางด้านหลัง ทำให้ล้อทั้ง 2 ข้าง ของจักรยานเคลื่อนที่ โดยเมื่อทำการติดตั้งชุดกำเนิดกระแสไฟฟ้าแล้วต้องทำการดัดแปลงโครงสร้างจักรยานในส่วนเพลากลางเพื่อให้สามารถจับกับชุดกำเนิดไฟฟ้าให้เคลื่อนที่พร้อมกันได้ ดังภาพที่ 4.6 เนื่องจากขณะปั่นจักรยานล้อที่หมุนทางด้านซ้าย และขวาจะไม่หมุนไปในทิศทางเดียวกัน โดยทำการกลึงเหล็กให้มีขนาด 2 นิ้ว จับยึดกับแกนเพลาของจักรยาน และลดขนาดลงเหลือ

1 นิ้ว จับยึดกับชุดกำเนิดไฟฟ้าของจักรยาน ขนาดความยาว 5 เซนติเมตร เพื่อให้เกิดแรงขับถ่ายเทไปยังล้อด้านหลังทั้ง 2 ข้างของจักรยาน ไปในทิศทางเดียวกันขณะปั่นจักรยาน

ภาพที่ 4.6 โครงสร้างจักรยานในส่วนจับยึดเพลากลาง

จักรยานถูกออกแบบด้วยเท้าปั่นฟันเฟืองขนาด 44 ฟันเฟือง (17 เซนติเมตร) ส่งแรงขับไปยังเพลากลางมีระยะห่าง 52 เซนติเมตร ส่วนชุดขับด้านหลังมีขนาด 18 ฟันเฟือง (8 เซนติเมตร) แกนเพลากลางยึดติดกับชุดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เพื่อสร้างกระแสไฟฟ้าดังภาพที่ 4.7

ภาพที่ 4.7 โครงสร้างจักรยานพร้อมจักรยานปั่นกระแสไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ผลการติดตั้งโครงสร้างแผงโซล่าเซลล์เพื่อรับพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า โครงสร้างอาคารจักรยานมีขนาดพื้นที่บนหลังคาขนาดความกว้าง 4 เมตร และขนาดความยาว 4 เมตร พื้นที่สำหรับวางแผงโซล่าเซลล์รวมต้องการพื้นที่ขนาดความกว้าง 200 เซนติเมตร ยาว 195 เซนติเมตร และสูง 4.5 เซนติเมตร วางด้วยอุปกรณ์สำหรับจับยึดแผงโซล่าเซลล์ เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ขณะใช้งาน อีกทั้งการจัดวางให้เป็นไปตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์โดยวางในลักษณะกึ่งกลางระหว่างแนวทิศตะวันออก และทิศตะวันตกเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด สามารถรับความเข้มของแสงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวัน

2. ผลการจัดสร้างอาคารเก็บจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

ผลการจัดสร้างอาคารเก็บจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ขนาดพื้นปูนซีเมนต์มีขนาดความกว้าง 4 เมตร ยาว 4 เมตร และหนา 0.1 เมตร โดยมีส่วนผสมของหิน ปูน และทราย ทำให้ยึดติดกันแน่นสามารถวางสิ่งของที่มีน้ำหนักได้เป็นอย่างดี ตั้งเสาสี่เหลี่ยมขนาดความกว้าง 3 นิ้ว ยาว 3 นิ้ว สำหรับรองรับหลังคา โดยมีระยะพื้นที่อาคารขนาดความกว้าง 3 เมตร ยาว 3 เมตร ความสูงด้านหน้า 2.6 เมตร ลาดเอียงมาทางด้านหลัง 2.3 เมตร หลังคาเมทัลชีตขนาดความกว้าง 4 เมตร ความยาว 4 เมตร ยึดด้วยนอตยึดหลังคา เพื่อใช้วางแผงโซล่าเซลล์จำนวน 2 แผง ล้อมบริเวณอาคารโดยรอบด้วยลวดตาข่าย และประตูทางเข้าอาคารจำนวน 1 บานขนาดความกว้าง 1 เมตร สำหรับเข้าไปปั่นจักรยาน ดังภาพที่ 50 โดยมีระยะห่างระหว่างอาคารโรงอบ ฯขนาด 3 เมตร

ภาพที่ 4.8 อาคารเก็บจักรยานจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์

3. ผลการศึกษาการใช้งานจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าแบบพึ่งพาตนเองในพื้นที่โรงเรียนอนุบาลเกาะกูด จ.ตราด

หลังติดตั้งจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า พบว่า มีขั้นตอนการใช้งาน ดังภาพที่ 4.9 ซึ่งเริ่มต้นจากการตรวจสอบความเรียบร้อยของสายไฟ และจุดเชื่อมต่อของอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพปกติ (รายละเอียดภาคผนวก ช)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 4.9 จักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

ทำการเปิดสวิตช์ควบคุมการทำงานที่กล่องควบคุมชุดสาธิตจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ไปที่ตำแหน่ง “On” เพื่อเปิดระบบให้อุปกรณ์ภายกล่องควบคุมทำงาน สังเกตมอนิเตอร์แสดงผลในส่วนแสดงค่าแรงดัน และค่ากระแสไฟฟ้า ทำการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อเก็บลงแบตเตอรี่ด้วยการสร้างกระแสไฟฟ้าแบบพึ่งพาตนเอง โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วน คือ จักรยานปั่นกระแสไฟฟ้าด้วยชุดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) จำนวน 4 ชุด รวมกำลังวัตต์สูงสุด 1,400 วัตต์ ความเร็วที่ใช้ในการปั่นเหมาะสมคือ 15 ถึง 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แผงโซล่าเซลล์ที่รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ ขนาด 300 วัตต์ จำนวน 2 แผง รวม 600 วัตต์ ซึ่งรับพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ในช่วงเวลา 08.00 ถึง 17.00 น. และการปั่นจักรยานร่วมแผงโซล่าเซลล์ โดยสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมกัน หรือแยกผลิตในแต่ละช่วงเวลาได้ สังเกตมอนิเตอร์แสดงผลเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้ามายังแบตเตอรี่จะแสดงผลให้ทราบทันที และหากเมื่อต้องการนำกระแสไฟฟ้าที่อยู่ในแบตเตอรี่มาใช้งาน ก็จะต้องทำการแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ผ่านอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าอินเวอเตอร์ (Inverter) ขนาด 2,000 วัตต์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ขนาด 220 โวลต์ แล้วจึงนำอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดแรงดัน 220 โวลต์ มาต่อเพื่อใช้งานต่อไป

4. ผลการทดสอบจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าแบบพึ่งพาตนเองในพื้นที่โรงเรียนอนุบาลเกาะกูด จ.ตราด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ผลการทดสอบจักรยานปั่นกระแสไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าโดยทำการทดสอบผลิตกระแสไฟฟ้าจากการปั่นจักรยานจำนวน 2 คัน ด้วยความเร็วคงที่ 15 ถึง 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง กระแสไฟฟ้าที่ได้ผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 300 วัตต์ จำนวน 2 แผง และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ ทำการชาร์ตกระแสไฟฟ้าเข้ากับแบตเตอร์รี่ขนาด 24 โวลต์ 150 แอมแปร์ และเก็บข้อมูลทุก ๆ 1 ชั่วโมง ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบจักรยานปั่นกระแสไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้า

ลักษณะการผลิตกระแสไฟฟ้า	เวลา (1 ชั่วโมง)			ปริมาณกำลังงานไฟฟ้า	
	ครั้งที่ 1 (ร้อยละ)	ครั้งที่ 2 (ร้อยละ)	ครั้งที่ 3 (ร้อยละ)	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมแปร์)
1. การปั่นจักรยาน	3	3	3	25.00	3.00
2. พลังงานจากแสงอาทิตย์	5	5	5	26.30	11.30
3. การปั่นจักรยานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์	7	7	7	26.50	12.50

ผลการทดสอบจักรยานปั่นกระแสไฟฟ้า พบว่า ความเร็วที่ใช้ปั่น 15-20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจำนวนจักรยาน 2 คัน ระบบ 24 โวลต์ ขนาดกำลังวัตต์สูงสุดเท่ากับ 1,400 วัตต์ สามารถอ่านค่าโวลต์มิเตอร์ได้เท่ากับ 25 โวลต์ จำนวนกระแสไฟฟ้าที่อ่านได้จากแอมมิเตอร์เท่ากับ 3 แอมแปร์ จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับร้อยละ 3 ของปริมาณแบตเตอรี่ 150 แอมแปร์ ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ครั้ง มีค่าเท่ากับร้อยละ 3 และเมื่อทดสอบการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อบรรจุลงในแบตเตอรี่ให้เต็มจำนวนร้อยละ 100 โดยวัดปริมาณแบตเตอรี่ที่ร้อยละ 30 จะใช้เวลาทั้งหมด 24 ชั่วโมง สอดคล้องกับงานวิจัยของอีไบค์ไทยคิท, 2550 ทดสอบปั่นจักรยานด้วยความเร็วเฉลี่ย 16 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ด้วยมอเตอร์ขนาด 36 โวลต์ 350 วัตต์ ชาร์ตแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 9 แอมแปร์ จะได้ค่ากำลังไฟฟ้าเท่ากับ 52 วัตต์

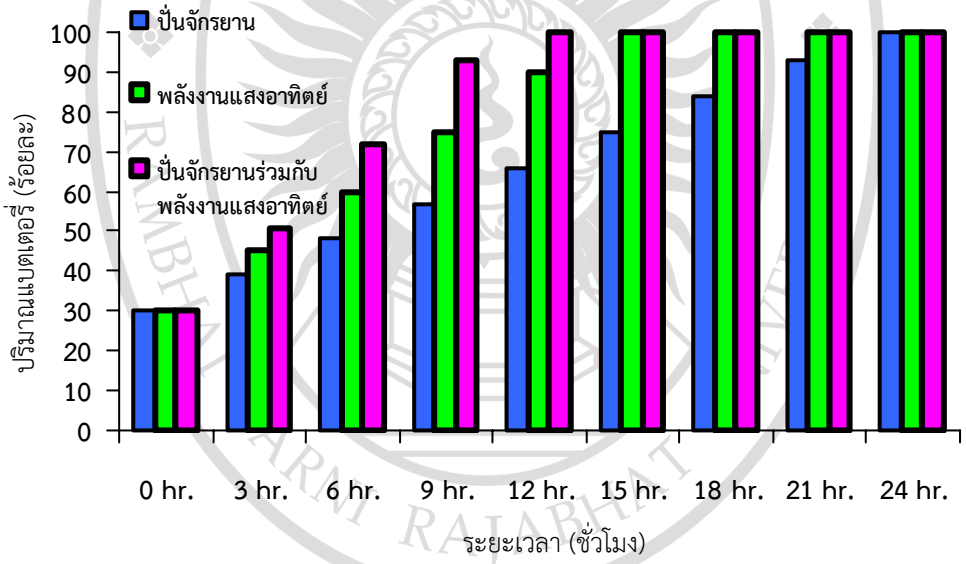
ผลการทดสอบพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ พบว่า ช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยแผงโซล่าเซลล์ขนาด 300 วัตต์ จำนวน 2 แผง อยู่ในช่วงเวลา 09.00 ถึง 17.00 น. สามารถอ่านค่าโวลต์มิเตอร์ได้เท่ากับ 26.30 โวลต์ จำนวนกระแสไฟฟ้าที่อ่านจากแอมมิเตอร์ได้เท่ากับ 11.30 แอมแปร์ จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับร้อยละ 5 ของปริมาณแบตเตอรี่ 150 แอมแปร์ ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ครั้ง มีค่าเท่ากับร้อยละ 5 และเมื่อทดสอบการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อบรรจุลงในแบตเตอรี่ให้เต็มจำนวนร้อยละ 100 โดยวัดปริมาณแบตเตอรี่ที่ร้อยละ 30 จะใช้เวลาทั้งหมด 14 ชั่วโมง

ผลการทดสอบจักรยานปั่นกระแสไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า เมื่อดำเนินการเชื่อมต่อวงจรผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทั้ง 2 คัน ร่วมกันกับแผงโซล่าเซลล์จำนวน 2 แผง สามารถอ่านค่าโวลต์มิเตอร์ได้เท่ากับ 26.50 โวลต์ จำนวนกระแสไฟฟ้าที่อ่านได้จากแอมมิเตอร์เท่ากับ 12.50 แอมแปร์ จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับร้อยละ 7 ของปริมาณแบตเตอรี่ 150 แอมแปร์ ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ครั้ง มีค่าเท่ากับร้อยละ 7 และเมื่อทดสอบการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อบรรจุลงในแบตเตอรี่ให้เต็มจำนวนร้อยละ 100 โดยวัดปริมาณแบตเตอรี่ที่ร้อยละ 30 จะใช้เวลาทั้งหมด 10 ชั่วโมง

ผลการทดสอบสมรรถนะจักรยานปั่นกระแสไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า เมื่อทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 1 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณแบตเตอรี่จะค่อย ๆเพิ่มขึ้น โดยการปั่นจักรยานจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ปริมาณแบตเตอรี่ของพลังงานจากแสงอาทิตย์จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 5

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เช่นเดียวกับการปั่นจักรยาน และปริมาณแบตเตอรี่ของการปั่นจักรยานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 7 โดยจะสามารถเพิ่มจำนวนกระแสไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ขนาด 24 โวลต์ 150 แอมแปร์ ได้ภายใน 10 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4.10 สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชายศักดิ์ (2550) ทำการศึกษาจักรยานไฟฟ้าพลังงานทดแทน โดยมีวัตถุประสงค์ทำการสร้างจักรยานไฟฟ้า ที่ใช้หลักการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ด้วยตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลที่มีหน่วยความจำแบบแฟลซ ด้วยเทคนิคการควบคุมความเร็วแบบปรับค่าแรงดันอาร์เมเจอร์ ที่ทำการปรับความกว้างของพัลส์ให้สอดคล้องกับคันเร่ง และโหลดที่เปลี่ยนแปลงและมีการสร้างพลังงานทดแทนจากการปั่นจักรยาน โดยมอเตอร์จะทำหน้าที่เป็นเจนเนอเรเตอร์ ผลิตแรงดันไฟฟ้าเพื่อประจุพลังงานสู่แบตเตอรี่จากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการและการใช้งานจริงของจักรยานไฟฟ้าต้นแบบ พบว่าจักรยานไฟฟ้าพลังงานทดแทนต้นแบบ ให้ผลตอบสนองในการขับขี่ที่ดี มีความเร็วสูงสุด 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะเดินทางสูงสุดต่อการประจุพลังงาน 22 กิโลเมตร ที่ความเร็ว 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ใช้พลังงานประมาณ 1.82 kW-h ต่อระยะทาง 100 กิโลเมตร และทำการปั่นเพื่อประจุพลังงานด้วยกำลัง 35 วัตต์ ที่ความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



ภาพที่ 4.10 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ตามลักษณะที่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

5. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจักรยานปั่นกระแสไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์

เมื่อดำเนินการพัฒนาจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าแบบพึ่งพาตนเอง และทำการทดสอบสมรรถนะด้วยการใช้งาน เพื่อดูการกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้เก็บเข้าไปไว้แบตเตอรี่ ขนาด 24 โวลต์ 150 แอมแปร์ และเพื่อให้การวิจัยมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงทำการวิเคราะห์ผลการวิจัยด้วยหลักทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการปั่นจักรยาน พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแสงอาทิตย์ และการปั่นจักรยานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ ดังแสดงผลในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์

ปัจจัยที่ใช้ในการเปรียบเทียบ	จักรยานปั่น	พลังงานแสงอาทิตย์	จักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์
1. ด้านพลังงาน			
1.1 กำลังงานไฟฟ้ารวมสูงสุด (วัตต์)	1,400	600	2,000
1.2 ค่าแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	25.00	26.30	26.50
1.3 ค่ากระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	3.00	11.30	12.50
2. ด้านประสิทธิภาพของระบบ			
2.1 จำนวนร้อยละกระแสไฟฟ้าที่ได้ต่อชั่วโมง	3	5	7
2.2 เวลาในการเก็บกระแสไฟฟ้า (ชั่วโมง)	24	14	10
2.3 ช่วงเวลาผลิตกระแสไฟฟ้า	ทุกช่วงเวลา	08.00-17.00 น.	08.00-17.00 น.
3. ลักษณะการใช้งานชุดสาธิต ฯ			
3.1 แหล่งกำเนิดพลังงาน	มอเตอร์ไฟฟ้า	แผงโซล่าเซลล์	มอเตอร์ไฟฟ้าและแผงโซล่าเซลล์
3.2 ลักษณะการใช้งาน	ปั่นจักรยาน	รับแสงแดด	ปั่นจักรยานและรับแสงแดด
3.3 การควบคุมกระแสไฟฟ้า	Control Chang	Control Chang	Control Chang
3.4 มอนิเตอร์แสดงผล	โวลต์(V) แอมป์(A) มิเตอร์	โวลต์(V) แอมป์(A) มิเตอร์	โวลต์(V) แอมป์(A) มิเตอร์
3.5 การแปลงแรงดันไฟฟ้า	Inverter	Inverter	Inverter
4. ต้นทุนที่ใช้สร้างชุดสาธิต ฯ (ส่วนกำเนิดกระแสไฟฟ้า)	18,000 บาท	19,000 บาท	37,000
5. สมรรถนะการใช้งาน	พอใช้	ดี	ดีมาก

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

จะเห็นได้ว่าการปั่นจักรยานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำหน้าที่เป็นเจนเนอร์เรเตอร์ขนาด 700 วัตต์ จำนวน 2 ชุด ร่วมกับแผงโซล่าเซลล์ขนาด 300 วัตต์ จำนวน 2 แผง ใช้จักรยานชนิด 3 ล้อ ขนาดล้อหน้า 24 นิ้ว (60.96 เซนติเมตร) ขนาดล้อหลัง 20 นิ้ว (50.80 เซนติเมตร) เมื่อเปรียบเทียบกับใช้ชุดมอเตอร์หรือการใช้แผงโซล่าเซลล์เพื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว โดยสามารถเก็บกระแสไฟฟ้าลงยังแบตเตอรี่ขนาด 24 โวลต์ 150 แอมแปร์ได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังช่วยด้านสุขภาพร่างกายของผู้ที่ปั่นจักรยานให้แข็งแรงและยังได้พลังงานไฟฟ้าไว้ใช้เองภายในครัวเรือนอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิมพิไล (2555) ได้ทำการศึกษาจักรยานผลิตกระแสไฟฟ้าและการออกกำลังกายคือศึกษาประสิทธิภาพของจักรยานผลิต

กระแสไฟฟ้าและความเหมาะสมของการปั่นจักรยานผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับออกกำลังกาย จากการปั่นจักรยานหมุนไดนาโมแล้วนำพลังงานไฟฟ้าเก็บไว้ในแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 5 แอมแปร์ การออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานช่วยระบบการเผาผลาญพลังงาน ส่งเสริมให้ร่างกายแข็งแรงพร้อมทั้งได้ประโยชน์ในการสร้างพลังงานไฟฟ้าขึ้นมาทดแทน โดยการทดสอบที่ความเร็วรอบการปั่นจักรยานระหว่าง 30 ถึง 50 รอบต่อนาที พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย อัตราการเผาผลาญพลังงานเฉลี่ย และกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่าสูงขึ้น เมื่อความเร็วรอบการปั่นจักรยานสูงขึ้น โดยที่ความเร็วรอบ 30 และ35 รอบต่อนาที ช่วยรักษาสุขภาพและร่างกายให้แข็งแรง ประสิทธิภาพของการปั่นจักรยานผลิตกระแสไฟฟ้าเท่ากับร้อยละ 7.23 และร้อยละ 11.14 และที่ความเร็วรอบ 40 ถึง 50 รอบต่อนาที ช่วยพัฒนาระบบการทำงานแบบใช้ออกซิเจน ประสิทธิภาพของการปั่นจักรยานผลิตกระแสไฟฟ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 15.26 และร้อยละ 18.18 ตามลำดับ

6. ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี และบูรณการการเรียนการสอน

เมื่อดำเนินการติดตั้งจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าแบบพึ่งพาตนเองเสร็จเรียบร้อย นำผลการวิจัยถ่ายทอดเทคโนโลยี และบูรณการการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึง 6 ของโรงเรียนอนุบาลเกาะกูด จ.ตราด ร่วมกับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณาจารย์ ผู้ที่สนใจทั่วไปรวมจำนวน 113 คน ในวันจันทร์ที่ 12 มิถุนายน 2560 ณ โรงเรียนอนุบาลเกาะกูด อำเภอเกาะกูด จังหวัดตราด ดังภาพที่ 4.11

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 4.11 การถ่ายทอดเทคโนโลยี และบูรณการการเรียนการสอน

โดยจัดทำแบบสอบถามหลังการถ่ายทอดเทคโนโลยี แบ่งเป็น 4 ตอน (รายละเอียดดังภาคผนวก ซ) ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ตอนที่ 2 ความคิดเห็นต่อการจัดโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย ตอนที่ 3 ความพึงพอใจของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี และตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี พบว่า สถานภาพของผู้ให้ข้อมูลรวม 113 คน แบ่งเป็นเพศชาย 60 คน (ร้อยละ 53.10) เพศหญิง 53 คน (ร้อยละ 46.90) อายุต่ำกว่า 15 ปี จำนวน 65 คน (ร้อยละ 57.50) ระหว่าง 16 ถึง 25 ปี จำนวน 14 คน (ร้อยละ 12.40) ระหว่าง 26 ถึง 35 ปี

จำนวน 14 คน (ร้อยละ 12.40) ระหว่าง 36 ถึง 45 ปี จำนวน 9 คน (ร้อยละ 8) ระหว่าง 46 ถึง 55 ปี จำนวน 7 คน (ร้อยละ 6.20) และมากกว่า 55 ปี จำนวน 4 คน (ร้อยละ 3.50) ระดับการศึกษา พบว่า ผู้เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีระดับการศึกษาชั้นประถมศึกษาสูงสุดจำนวน 68 คน (ร้อยละ 60.20) ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน 3 คน (ร้อยละ 2.70) อนุปริญญาจำนวน 4 คน (ร้อยละ 3.50) ปริญญาตรีจำนวน 30 คน (ร้อยละ 26.50) ปริญญาโทจำนวน 8 คน (ร้อยละ 7.10) สถานภาพ พบว่า นักเรียน/นักศึกษาจำนวน 77 คน (ร้อยละ 68.10) ข้าราชการจำนวน 14 คน (ร้อยละ 12.40) พนักงานของรัฐ/รัฐวิสาหกิจจำนวน 13 คน (ร้อยละ 11.50) ธุรกิจส่วนตัวจำนวน 4 (ร้อยละ 3.50) พนักงานบริษัท/เอกชนจำนวน 1 คน (ร้อยละ 1) และเกษตรกรจำนวน 4 คน (ร้อยละ 3.50)

ความคิดเห็นต่อการจัดโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย พบว่า ท่านทราบข่าวสารการจัดโครงการจากแหล่งใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) อันดับที่ 1 คือ เพื่อน/บุคคลที่รู้จักแนะนำ คิดเป็นร้อยละ 95.60 หมวดที่ 2 ท่านได้รับประโยชน์ด้านใดจากการเข้าร่วมโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) อันดับที่ 1 คือ เพิ่มพูนความรู้/ประสบการณ์ คิดเป็นร้อยละ 85.80 หมวดที่ 3 ท่านนำความรู้ที่ได้ไปขยายผลต่อในด้านใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) อันดับที่ 1 คือ ประยุกต์เป็นองค์ความรู้ใหม่ คิดเป็นร้อยละ 91.20 หมวดที่ 4 ท่านต้องการรับบริการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านใดจากผลการวิจัย (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) อันดับที่ 1 คือ ด้านพลังงานทดแทน/อนุรักษ์พลังงานคิดเป็นร้อยละ 92.00

ความพึงพอใจของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี พบว่า ด้านความรู้ความเข้าใจ ระดับความพึงพอใจ คือ มากที่สุด เป็นอันดับ 1 จำนวน 2 ข้อ คือ ท่านมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีด้านพลังงานไฟฟ้า และท่านมีความรู้ความเข้าใจหลังการอบรม และฝึกปฏิบัติ ค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ (Mean) 4.65 คิดเป็นร้อยละ 93.00 ด้านความพึงพอใจ ระดับความพึงพอใจ คือ มากที่สุดเป็นอันดับ 1 คือ ความพึงพอใจต่อความรู้ความสามารถที่ถ่ายทอดความรู้ของวิทยากรค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ (Mean) 4.78 คิดเป็นร้อยละ 95.60 ด้านการนำความรู้ไปใช้ ระดับความพึงพอใจมากที่สุดเป็นอันดับ 1 คือ ท่านสามารถนำความรู้ที่ได้รับมาเพิ่มศักยภาพด้านพลังงานไฟฟ้าผลิตกระแสไฟฟ้าไว้ใช้เอง ค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ (Mean) 4.77 คิดเป็นร้อยละ 95.40 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม พบว่า อยากทราบพลังงานทดแทนในรูปแบบใหม่เพิ่มเติม

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี