การพัฒนาจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าแบบพึ่งพาตนเองเพื่อลดต้นทุนการผลิตภาคเกษตรกรรม

Development of a Bike Water pump with an Electric Generator in Self Reliance Concept for Cost Reduction of Agricultural Production

กฤษณะ จันทสิทธิ์ คมสัน มุ่ยสี
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและอัญมณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าแบบพึ่งพาตนเอง เพื่อสร้างทางเลือกใหม่ในการลดต้นทุนภาคเกษตรกรรม ซึ่งจะเหมาะสมสำหรับพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ห่างไกลจากระบบสายส่งไฟฟ้า สามารถจัดสร้างได้ง่ายและมีราคาถูก โดยงานวิจัยนี้ได้นำจักรยานปั่นน้ำไปประยุกต์ใช้กับร่องสวนสำหรับปลูกพืชผัก มีขนาดความกว้าง 5 เมตร ยาว 40 เมตร

จากผลการศึกษาโดยใช้ความเร็วสูงสุดในการทดสอบที่ 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในส่วนของระบบปั่นน้ำพบว่า จักรยานปั่นน้ำสามารถส่งแรงดันน้ำได้แรงสูงสุดที่ 8 หัวสปริงเกอร์ ใช้เวลาให้น้ำต่อร่องสวนเท่ากับ 20 นาที ระยะห่างระหว่างหัวสปริงเกอร์เท่ากับ 2 เมตร ความสูงของหัวสปริงเกอร์เท่ากับ 40 เซนติเมตร ในระบบท่อน้ำมีการติดตั้งระบบแอแวร์ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการส่งน้ำได้สูงสุด 20 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพบว่า สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 5 แอมป์ โดยใช้เวลาชาร์จประจุเต็มประมาณ 4 ชั่วโมง และในกรณีใช้ฮับมอเตอร์ทำหน้าที่ฉุดปั๊มชัก พบว่ามีค่ากระแสไฟฟ้าใช้งานเท่ากับ 2 แอมป์ และมีระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่เท่ากับ 1 ชั่วโมง ในด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมต้นทุนในการจัดสร้างจักรยานปั่นน้ำและการติดตั้งระบบสายส่งไฟฟ้า เท่ากับ 26,565 บาท และ 56,937 บาท ตามลำดับ ต้องเสียค่าพลังงานไฟฟ้า 2,600 บาทต่อปี มีระยะเวลาคืนทุนในการจัดสร้างเท่ากับ 0.80 ปี หรือ 9 เดือน 6 วัน และมีค่าเสื่อมราคาเท่ากับ 2,164 บาทต่อปี

คำสำคัญ : จักรยานปั่นน้ำ

Abstract

This research aimed to develop a bike water pump with an electric generator in self-reliance concept for a new way to reduce a agricultural production cost. The bike was applied for a vegetable plot size of 5 m wide with 40 m long.

The results, by using the water pump at the highest test velocity of 15 km/h, were found that the bike water pump could transfer the highest water pressure at 8 sprinklers, in 20 minutes a plot. The sprinkle had interval was 2 meters and 40 centimeters high. An airware system was installed in the water pipe system that could increase the water transfer efficiency at the highest of 20%. In the part of the electricity generation, the bike could produce the highest electricity at 5 A with 4 hr of electric charging. In the case of using a hub motor to lift the water pump, it was found that the electricity for utilization was 2 A as an hour of battery. For the engineering economy, the cost for the bike water pump and the electrical transmission system was 26,565 and 56,937 baht, respectively. The electricity cost was 2,600 baht/year. A payback period was 0.80 year or 9 month and 6 day and the depreciation was 2,164 baht/year.

Keyword : Bike water pump

บทนำ

จังหวัดจันทบุรีเป็นจังหวัดที่อยู่บริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย มีภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เหมาะสำหรับการทำเกษตรกรรมพื้นฐาน อาชีพของประชาชนภายในจังหวัด ส่วนใหญ่จะประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก ซึ่งจากการเข้าศึกษาค้นคว้าข้อมูลของการปลูกพืชชนิดต่างๆ ภายในจังหวัดจันทบุรี พบว่ามีพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกภายในจังหวัดจันทบุรีอยู่ 11 ชนิด ได้แก่ ทุเรียน เงาะ มังคุด สละ ลองกอง ลำไย พริกไทย มันสำปะหลัง ข้าวโพด ยางพารา และการทำนาข้าว นอกเหนือจากที่กล่าวข้างต้นแล้วก็จะเป็นการปลูกผัก ไม้ดอกไม้ประดับและการทำประมง ซึ่งมีพื้นที่ในการทำเกษตรกรรมภายในจังหวัดจันทบุรีอยู่ที่ประมาณ 2,132,100 ไร่ โดยจะมีการปลูกพืชชนิดต่างๆ คิดเป็นร้อยละ ถึง 90 % ของพื้นที่การทำเกษตรกรรมทั้งหมดและมีพื้นที่ปล่อยให้เป็นที่รกร้างกับการทำประมง คิดเป็นประมาณร้อยละ 10 % ซึ่งข้อมูลการใช้ที่ดินเพื่อการทำเกษตรกรรมภายในจังหวัดจันทบุรีจะแสดงในตารางที่ 1 (สำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี, ออนไลน์.2557)

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรของสำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี

การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร (ไร่)						
ปี พ.ศ.	พื้นที่ผลไม้ยืนต้น	พื้นที่นาข้าว	พื้นที่พืชไร่	พื้นที่ปลูกผัก-ไม้ดอกไม้ประดับ	พื้นที่เลี้ยงสัตว์ ,ประมง	อื่นๆ
2546	1,500,459	33,058	473,635	37,115	25,140	0
2547	1,317,465	24,241	608,492	13,718	129,728	28,000
2548	1,676,150	32,631	364,228	4,913	134,579	62,031
2549	1,631,567	35,530	425,042	11,906	129,231	41,748
2550	1,614,494	32,498	412,111	13,618	147,585	88,118
2551	1,509,648	26,094	445,426	9,729	154,701	74,613
2552	1,551,194	29,189	390,775	7,554	154,589	68,188
2553	1,575,355	31,813	389,269	1,046	154,526	57,881
2554	1,552,821	30,335	362,832	7,289	140,066	66,863
2555	1,555,623	27,511	332,470	7,453	151,385	57,659

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่ามีพื้นที่การทำเกษตรกรรมอยู่เป็นจำนวนมาก และจากการลงสำรวจกลุ่มเป้าหมายพบว่าเหตุผลหลักๆ ของความล้มเหลวในการประกอบอาชีพเกษตรกรรมของเกษตรกร ก็จะอยู่ในเรื่องของต้นทุนการผลิตนั่นเอง เช่น ต้นทุนค่าปุ๋ย ค่ายาปราบศตรูพืช ค่าน้ำ ค่าไฟ และปัญหาด้านราคาจำหน่ายผลผลิต ซึ่งได้พบประเด็นสำคัญเกี่ยวกับต้นทุนในเรื่องพลังงานไฟฟ้าจากปั๊มน้ำไฟฟ้าที่มีการเปิดใช้งานเป็นระยะเวลานานในช่วงหน้าแล้งทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าเป็นอย่างมาก และยังพบว่า พื้นที่การทำเกษตรกรรมบางพื้นที่มีความห่างไกลจากระบบสายส่งไฟฟ้า ซึ่งบางแห่งก็มีแหล่งน้ำที่เพียงพอแต่ไม่สามารถนำน้ำขึ้นมาใช้ทำเกษตรกรรมได้ เนื่องจากการลงทุนในการวางระบบไฟฟ้ากระทำได้ยากและมีราคาในการติดตั้งค่อนข้างสูง เช่น ต้องเสียค่าปักเสาไฟฟ้า ค่าสายไฟฟ้า ค่าแรงช่างและคนงาน ค่าเครื่องมืออุปกรณ์ ค่าบำรุงรักษาและค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน ซึ่งถ้าหากจะลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเพื่อใช้งานจะต้องใช้เงินลงทุนประมาณ 50,000-60,000 บาท (เอสเคเอสการไฟฟ้าจำกัด,ออนไลน์.2557) เพราะอยู่ห่างไกลระบบสายส่งไฟฟ้า แต่ถ้าหากใช้ระบบจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าจะใช้เงินลงทุนที่ต่ำกว่าคือ ประมาณ 10,000-20,000 บาท เท่านั้น (ขึ้นอยู่กับการดัดแปลงอุปกรณ์) จึงทำให้เกษตรกรต้องประสบกับปัญหาต้นทุนดังกล่าวเพราะไม่มีเงินลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าและทำให้ผลผลิตตกต่ำเพราะขาดแคลนน้ำในการทำเกษตรกรรมนั่นเอง

คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าว จึงมีแนวคิดที่จะช่วยแก้ไขปัญหาในเรื่องการลดต้นทุนการผลิตให้กับเกษตรกรซึ่งจะเป็นการแก้ไขปัญหาที่ต้นเหตุ โดยจะนำหลักการทางวิศวกรรมเข้ามาช่วยในการแก้ไขปัญหานั่นก็คือ การพัฒนาจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าแบบพึ่งพาตนเองเพื่อลดต้นทุนการผลิตภาคเกษตรกรรม โดยจะเน้นการพึ่งพาตนเองอย่างแท้จริงตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าแบบพึ่งพาตนเองเพื่อลดต้นทุนการผลิตภาคเกษตรกรรม ให้กับกลุ่มเกษตรกรตำบลรำพัน อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี จำนวน 1 เครื่อง

2. เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของงานวิจัยและถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลและอุปกรณ์ในการจัดสร้างจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าแบบพึ่งพาตนเอง เพื่อลดต้นทุนการผลิตภาคเกษตรกรรม โดยศึกษาลักษณะของอุปกรณ์ต่างๆ ที่สำคัญ เช่น รูปแบบของจักรยานที่มีระบบเกียร์ทดรอบ ปั๊มน้ำแบบลูกสูบชัก ชุดฐานโครงเหล็กสำหรับจับยึดจักรยาน ระบบแอร์แวเพื่อเพิ่มแรงดันของปั๊มน้ำ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Dc Motor) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า เครื่องควบคุมการชาร์จประจุ เครื่องอินเวอร์เตอร์ แบตเตอรี่แบบ Deep Cycle และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ตลอดจนทฤษฎีต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้อง (โซล่าสมายด์โนวเลจ,ออนไลน์.2557)

2. ลงสำรวจพื้นที่ในการทำเกษตรกรรมของกลุ่มชุมชนเป้าหมาย เพื่อจัดหาพื้นที่ๆ เหมาะสมในการติดตั้งและวางระบบจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าให้ครอบคลุมและเพียงพอต่อการใช้งานตลอดพื้นที่การทำเกษตรกรรม

3. ศึกษาและออกแบบชุดระบบการทำงานของชุดจักรยานปั่นน้ำ เช่น วิเคราะห์โครงสร้างของจักรยานที่จะนำมาจัดสร้าง วิเคราะห์ระยะห่างของสายพานที่ต่อร่วมกับปั๊มน้ำแบบลูกสูบชัก วิเคราะห์ขนาดมอเตอร์ที่ผลิตกระแสไฟฟ้าที่จะนำมาใส่บริเวณล้อหลังของจักรยาน และการออกแบบชุดฐานโครงเหล็กจับยึดอุปกรณ์ต่างๆ ให้มีความแข็งแรงทนทาน

4. ศึกษาและออกแบบชุดผลิตกระแสไฟฟ้าจากการปั่นจักรยานปั่นน้ำ เช่น วิเคราะห์หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่าน (Hub Motor) วิธีการประกอบติดตั้งชิ้นส่วนของมอเตอร์ การออกแบบให้มอเตอร์ทำงานเสมือน Generator เพื่อชาร์จประจุไฟเข้าสู่แบตเตอรี่ การออกแบบระบบควบคุมการชาร์จประจุแบตเตอรี่

5. ดำเนินการจัดสร้างจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าตามรูปแบบที่กำหนด โดยติดตั้งชุดอุปกรณ์ต่างๆ ให้ครบถ้วน ถ่ายภาพลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานและจดบันทึกข้อมูลที่สำคัญ เช่น ปัญหาที่พบขณะปฏิบัติงาน และแนวทางแก้ไขข้อผิดพลาดของการจัดสร้างในเบื้องต้น

6. หลังจากดำเนินการจัดสร้างจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าแล้ว ก็ต้องมีการทดสอบประสิทธิภาพของการใช้งานและการรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ปัญหาในเบื้องต้นเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขจนสำเร็จสมบูรณ์ ตลอดจนต้องมีการแปรผลในระดับต่างๆ ที่ทำการทดสอบ

7. มีการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม การคิดจุดคุ้มทุนในการลงทุนพัฒนาจัดสร้างจักรยาน ปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้า การคิดระยะเวลาคืนทุน การคิดค่าเสื่อมราคา ตลอดจนมีการแสดงข้อเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของจักรยานปั่นน้ำกับระบบปั๊มน้ำอื่นๆ

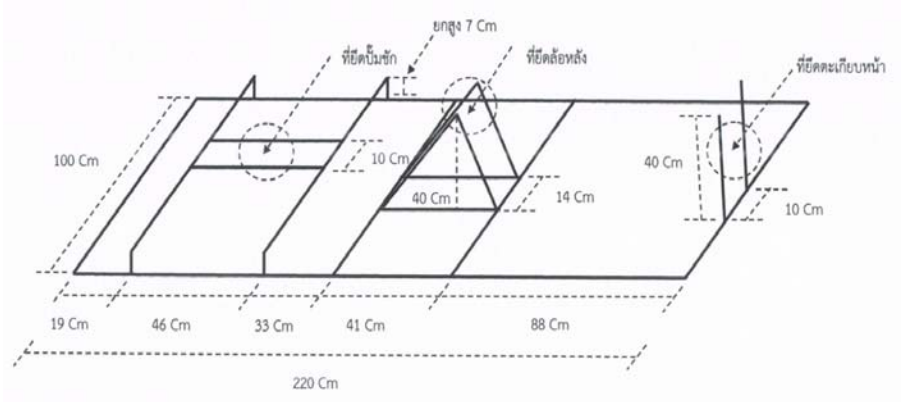
8. นำองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่ได้ดังกล่าว นำมาถ่ายทอดลงสู่กลุ่มชุมชน เพื่อสร้างความเข้มแข็งให้เกิดขึ้นแก่ชุมชน ลดภาระค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิง

9. จัดทำรูปเล่มสรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะเพื่อใช้ในการนำเสนอผลงานทางวิชาการและการตีพิมพ์ในวารสารระดับต่างๆ

ผลการวิจัย

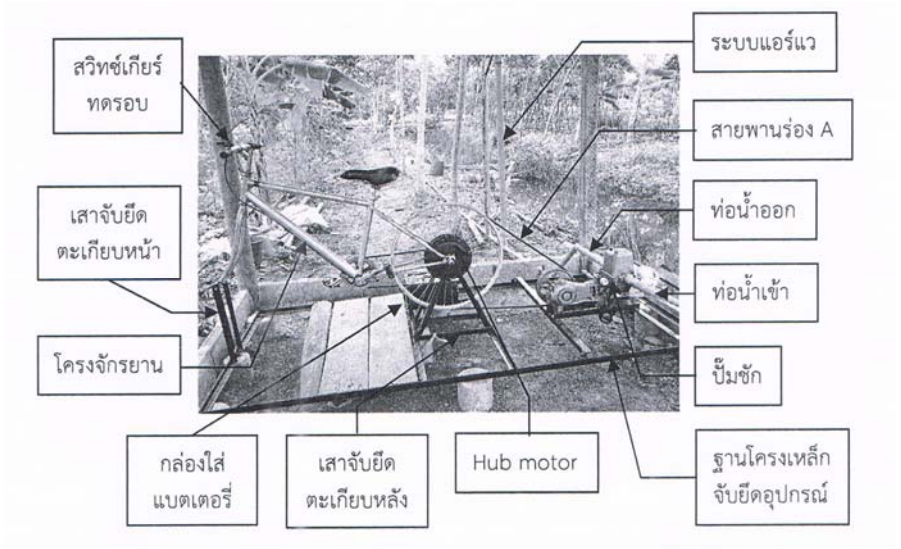
1. ลำดับขั้นตอนในการจัดสร้างจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าฯ

เริ่มตั้งแต่การออกแบบชุดโครงสร้างในระบบปั่นน้ำ โดยจะเลือกใช้จักรยานแบบที่มีชุดเกียร์ทดรอบชนิด 6 Speed เพื่อช่วยผ่อนแรงขณะปั่นและให้สามารถปรับระดับการปั่นจักรยานให้เหมาะสมกับผู้ใช้งานมากที่สุด ซึ่งจักรยานที่นำมาใช้จะถูกถอดล้อหน้าออกไปเพื่อเป็นอะไหล่ และล้อหลังจะถอดเฉพาะยางนอกและยางในเพื่อให้เหลือเฉพาะขอบล้อหลังเอาไว้สำหรับนำไปใช้ฉุดปั๊มชักด้วยสายพานชนิดร่อง A ซึ่งขอบล้อหลังของจักรยานดังกล่าวจะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 นิ้ว เมื่อได้รูปแบบของจักรยานและระบบเกียร์ทดรอบที่เหมาะสมแล้ว ก็มาถึงการออกแบบฐานโครงเหล็กสำหรับจับยึดอุปกรณ์ต่างๆ (เกษตรพอเพียงคลับ, ออนไลน์.2557) ด้วยเหล็กฉากขนาดหน้ากว้าง 25 มิลลิเมตร ดำเนินการเชื่อมประกอบเหล็กฉากตามรูปแบบที่กำหนด โดยมุ่งเน้นถึงความแข็งแรงทนทานและสามารถรองรับน้ำหนักผู้ใช้งานได้อย่างเหมาะสมลักษณะของแบบแปลนฐานโครงเหล็กสำหรับจับยึดอุปกรณ์จะแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะแบบแปลนฐานโครงเหล็กจับยึดอุปกรณ์ของจักรยานปั่นน้ำ

ในส่วนของการออกแบบระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจะใช้ Hub motor ทำหน้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้าคล้ายเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) โดยจะทำหน้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้าขณะปั่นจักรยาน คือ จะได้น้ำจากปั๊มชักไปใช้ยังพื้นที่เกษตรกรรม และได้กระแสไฟฟ้าจาก Hub motor ชาร์จประจุเก็บยังแบตเตอรี่ ซึ่งจะติดตั้งบริเวณดุมล้อหลังของจักรยานปั่นน้ำ ในส่วนการชาร์จประจุยังแบตเตอรี่ด้วย Hub motor นั้น จำเป็นต้องมีชุดควบคุมการชาร์จประจุไปยังแบตเตอรี่เพื่อให้ได้ขนาดแรงดันที่เหมาะสมและมีความราบเรียบสม่ำเสมอ จึงได้เลือกใช้ Bridge Diode จำนวน 2 ตัว นำมาต่อร่วมกับ Hub motor เพื่อใช้สำหรับควบคุมการชาร์จประจุยังแบตเตอรี่ (อีไบค์ไทยคิท.ออนไลน์.2550) โดยแบตเตอรี่ที่ใช้จะเลือกใช้แบตเตอรี่ชนิดแห้งขนาดแรงดัน 12 โวลท์ จำนวน 3 ก้อน ต่อแบบขนาน และเลือกใช้เครื่องแปลงแรงดันไฟฟ้าหรืออินเวอร์เตอร์ที่พัฒนามาจากเครื่องสำรองไฟของคอมพิวเตอร์ (UPS) คือ สามารถแปลงแรงดันไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นระบบไฟฟ้ากระแสสลับได้ โดยนำมาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก เช่น หลอดไฟ ทีวี วิทยุ โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น ลำดับสุดท้ายเป็นการออกแบบระบบแอร์แว ระบบท่อส่งน้ำ และการจัดสร้างโรงเรือนกันฝน ในระบบแอร์แวจะใช้ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว มีขนาดความยาว 1.50 เมตร ปิดปลายด้านหนึ่งด้วยฝาปิดขนาด 2 นิ้วเช่นกัน และอีกด้านหนึ่งใส่ข้อลดจาก 2 นิ้ว เป็นขนาด 1 นิ้วเพื่อใช้เป็นท่อส่งน้ำไปยังจุดต่างๆ ของพื้นที่เกษตรกรรม ในการวางระบบท่อส่งน้ำภายในพื้นที่เกษตรกรรมนี้ จะใช้ท่อส่งโดยทั่วไปคือ ขนาด 1 นิ้ว และจะใส่ข้อลดชนิด 4 หุน สำหรับจ่ายน้ำไปยังหัวสปริงเกอร์ต่อไป ในการจัดสร้างโรงเรือน กันฝนจะถูกจัดสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นที่หลบแสงแดดและป้องกันฝน เนื่องจากหากติดตั้งจักรยานปั่นน้ำในพื้นที่โล่งแจ้ง อาจทำให้อายุการใช้งานของจักรยานปั่นน้ำสั้นลง และอุปกรณ์ในระบบผลิตกระแสไฟฟ้าอาจเกิดความเสียหาย ทั้งยังมีประโยชน์ให้ผู้ใช้งานหรือเกษตรกร ได้ใช้เป็นที่พักผ่อนหลบแดดหลบฝนเช่นกัน ซึ่งลักษณะของจักรยานปั่นน้ำที่ได้ทำการจัดสร้างจะแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงลักษณะการจัดสร้างจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าฯ

2. ผลการศึกษาการจัดสร้างจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้า

หลังจากได้ทำการออกแบบและดำเนินการจัดสร้างจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าแบบพึ่งพาตนเอง เพื่อลดต้นทุนการผลิตภาคเกษตรกรรมเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และได้ดำเนินการติดตั้งใช้งานจักรยานปั่นน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม พร้อมกับมีการทดสอบการทำงานของการจัดสร้างและได้จัดเก็บข้อมูลการทำงานในด้านต่างๆ ก็จะสามารถวิเคราะห์ผลการศึกษาได้ คือความเร็วที่เหมาะสมในการปั่นนั้นควรจะอยู่ที่ระหว่าง 10-15km/h เนื่องจากเป็นความเร็วที่ปั่นใช้งานโดยทั่วไปและสามารถปั่นได้เป็นเวลานาน ซึ่งในระดับความเร็วดังกล่าวนี้ระบบเกียร์ทดรอบที่1-3 จะมีความหนืดมาก ทำให้เหนื่อยง่ายใช้เวลาปั่นเพียง 20-30 นาทีก็จะทำให้รู้สึกเหนื่อยและล้า ส่วนในระบบเกียร์ทดรอบที่ 4-6 พบว่าปั่นได้อย่างเบาสบาย คือสามารถปั่นได้เป็นชั่วโมง ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบการทำงานของชุดเกียร์ทดรอบแบบ 6 speed

ช่วงระดับเกียร์ทดรอบที่เหมาะสมในการใช้งาน					
เกียร์ 1	**เกียร์ 2**	**เกียร์ 3**	**เกียร์ 4**	**เกียร์ 5**	**เกียร์ 6**
มีความหนืดและหนักทำให้เหนื่อยง่ายขณะปั่น			สามารถปั่นได้อย่างเบาสบายไม่เหนื่อยง่าย		
ไม่เหมาะสม			มีความเหมาะสม		

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบการทำงานในระบบปั่นน้ำ

ความเร็วที่เหมาะสมในการปั่นใช้งาน	**เวลาในการให้น้ำ/ร่องสวน**	**จำนวนหัวสปริงเกอร์ /เที่ยวการปั่น**	**ระยะห่างระหว่างหัวสปริงเกอร์**	**จำนวนหัวสปริงเกอร์/ร่องสวน**	**ความสูงของหัวสปริงเกอร์**
10-15 km/h	20 นาที	7-8 หัว	2 เมตร	14-16 หัว	40 เซนติเมตร

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบการทำงานในระบบผลิตกระแสไฟฟ้า (ใช้แบตเตอรี่ชนิดแห้งขนาดแรงดัน 12 Vdc ขนาดกระแสของแบตเตอรี่ 7 A จำนวน 3 ก้อน)

กรณี Hub motor ทำหน้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้า (แบตเตอรี่ต่อแบบขนาน)			
ความเร็วที่ใช้ในการปั่น	**กระแสชาร์จประจุ (A)**	**ระบบแรงดันที่ชาร์จประจุ**	**เวลาเมื่อชาร์จประจุเต็ม**
10-15 km/h	2-5 A	12 Vdc	3-4 ชั่วโมง
กรณี Hub motor ทำหน้าที่ฉุดปั๊มชัก (แบตเตอรี่ต่ออนุกรม)			
ความเร็วที่ใช้ฉุดปั๊มชัก	**กระแสใช้งานของ Hub motor**	**ระบบแรงดันที่ใช้ฉุดปั๊มชัก**	**เวลาใช้งานของแบตเตอรี่**
10-15 km/h	2 A	36-38 Vdc	1 ชั่วโมง

3. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของการลงทุนจัดสร้างในสองกรณี

คือจะเป็นการวิเคราะห์หาต้นทุนค่าใช้จ่ายในการจัดสร้างจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อนำข้อมูล มาเปรียบเทียบกับการติดตั้งระบบสายส่งไฟฟ้า เนื่องจากพื้นที่เกษตรกรรมดังกล่าวมีความห่างไกลจากระบบสายส่งไฟฟ้า ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอยู่ประมาณ 400 เมตร ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกันก็จะทำให้ทราบคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น เพื่อจะได้ใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจลงทุนให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่เกษตรกรรมต่อไป ซึ่งจะแสดงการเปรียบเทียบดังในตารางที่ 5 (ไพบูลย์ แย้มเผื่อน,2548)

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติการลงทุนจัดสร้างทั้งสองกรณี

คุณสมบัติ	จักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าฯ	ระบบสายส่งไฟฟ้าขนาด 220 V 50 Hz
1. เงินลงทุนจัดสร้าง	26,565 บาท	56,937 บาท
2. รายจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้า	ไม่มี	2,600บาท/ปี
3. เวลาให้น้ำในพื้นที่เกษตรกรรม (จำนวน 8 ร่องสวน)	2.30 - 3 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง
4. การบำรุงดูแลรักษา	การบำรุงรักษากระทำได้ง่าย	การบำรุงรักษากระทำได้ยาก เนื่องจากระบบสายส่งยาว400 ม.
5. ผลต่อสุขภาพร่างกาย	เป็นการส่งเสริมสุขภาพร่างกาย	ไม่ส่งเสริมสุขภาพร่างกาย

การคิดระยะเวลาคืนทุนของการจัดสร้างจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าฯ

คือการนำข้อมูลของการลงทุนจัดสร้างทั้งสองกรณีนำมาเปรียบกันเพื่อหาระยะเวลาคืนทุน ซึ่งข้อแตกต่างระหว่างระบบสายส่งไฟฟ้ากับจักรยานปั่นน้ำก็คือ ในระบบสายส่งไฟฟ้าผู้ใช้จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า ทุกเดือน เนื่องจากต้องใช้มอเตอร์ปั๊มน้ำเป็นอุปกรณ์หลักในการส่งน้ำไปยังพื้นที่เกษตรกรรม และเมื่อได้ทำการสำรวจข้อมูลของมอเตอร์ปั๊มน้ำที่เหมาะสมกับพื้นที่เกษตรกรรม พบว่ามอเตอร์ปั๊มน้ำที่เหมาะสมจะมีขนาดอยู่ที่ 750 วัตต์ 1 แรงม้า (ซาวาดะ.ออนไลน์.2558) ซึ่งจำเป็นต้องนำข้อมูลดังกล่าวมาคิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าด้วย และนำมาเปรียบเทียบกับการลงทุนจัดสร้างจักรยานปั่นน้ำ โดยจะได้อธิบายเป็น 2 กรณีเพื่อให้เกิดความชัดเจนยิ่งขึ้น

กรณีที่ 1. เมื่อใช้เป็นระบบมอเตอร์ปั๊มน้ำในระบบสายส่งไฟฟ้า 2 ชั่วโมง/วัน

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปใน 1 วัน $= \frac{750 \text{ วัตต์} \times 2 \text{ ชั่วโมง}}{1{,}000 \text{ วัตต์}}$

$= 1.5$ หน่วย/วัน

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปใน 1 เดือน $= 1.5$ หน่วย x 30 วัน

$= 45$ หน่วย/เดือน

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปใน 1 ปี $= 45$ หน่วย x 12 เดือน

$= 540$ หน่วย/ปี

หากค่าพลังงานไฟฟ้าคิดเป็น 4 บาท/หน่วย $= 540$ หน่วย x 4 บาท

$= 2{,}160$ บาท/ปี

หากค่า Ft คิดเป็น 0.50 บาท/หน่วย $= 0.50$ บาท x 540 หน่วย

$= 270$ บาท/ปี

เมื่อนำค่าพลังงานไฟฟ้า + ค่า Ft $= 2{,}160 + 270$ บาท

$= 2{,}430$ บาท/ปี

คิดภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 % $= 170$ บาท

ดังนั้นค่าพลังงานไฟฟ้าที่ต้องจ่ายทั้งสิ้น $= 2{,}600$ บาท/ปี

เงินลงทุนทั้งหมด + ค่าพลังงานไฟฟ้าใน 1 ปี $= 56{,}937+2{,}600$ บาท

$= 59{,}537$ บาท/ปี

กรณีที่ 2. เมื่อใช้เป็นระบบจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้า (ไม่เสียค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า)

ดังนั้นค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปใน 1 ปี = 0 บาท/ปี

เงินลงทุนทั้งหมดในการจัดสร้างจักรยานปั่นน้ำ = 26,565 บาท/ปี

ดังนั้นต้นทุนที่ประหยัดได้ทั้งหมดของจักรยานปั่นน้ำ = 59,537 - 26,565 บาท

= 32,972 บาท/ปี

เมื่อคิดระยะเวลาคืนทุนของการจัดสร้างจักรยานปั่นน้ำ = $\frac{\text{เงินที่ลงทุนไปทั้งหมด}}{\text{ต้นทุนที่ประหยัดได้/ปี}}$

= $\frac{26{,}565 \text{ บาท}}{32{,}972 \text{ บาท}}$

ดังนั้นระยะเวลาคืนทุน = 0.80 ปี หรือ 9 เดือน 6 วัน

การคิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง (Straight Line Method)

จากการเข้าศึกษาข้อมูลถึงอายุการใช้งานของเฟรมจักรยานโดยทั่วไปพบว่ามีอายุการใช้งานประมาณ 7 ปี ซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาใช้คิดค่าเสื่อมราคาของการจัดสร้างจักรยานปั่นน้ำ โดยการคิดค่าเสื่อมราคาดังกล่าว จะเป็นการคิดค่าเสื่อมราคาโดยเฉลี่ยมูลค่าเสื่อมราคาของสินทรัพย์ให้เป็นค่าเสื่อมราคาในแต่ละปีเท่าๆ กันตลอดอายุการใช้งานของสินทรัพย์ถาวรนั้นๆ (โปรซอฟท์คอมเทค, ออนไลน์,2557)

อายุการใช้งานของสินทรัพย์ = 7 ปี

ราคาซาก (จักรยาน+อุปกรณ์ไฟฟ้า) = 1,000 บาท

ราคาทุนของสินทรัพย์ (เฉพาะจักรยาน+อุปกรณ์ไฟฟ้า) = 16,150 บาท

ค่าเสื่อมราคาต่อปี = $\frac{\text{ราคาทุนของสินทรัพย์ - ราคาซาก}}{\text{อายุการใช้งาน}}$

= $\frac{16{,}150 - 1{,}000 \text{ บาท}}{7 \text{ ปี}}$

= $\frac{15{,}150 \text{ บาท}}{7 \text{ ปี}}$

ดังนั้นค่าเสื่อมราคาในแต่ละปี = 2,164 บาท/ปี

การนำผลงานวิจัยถ่ายทอดเทคโนโลยีลงสู่กลุ่มชุมชน

หลังจากได้ดำเนินการพัฒนาจัดสร้างจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าและได้ดำเนินการทดสอบ เพื่อเก็บข้อมูลที่สำคัญแล้วก็ได้นำความรู้และเทคโนโลยีที่ได้จากการศึกษาวิจัยดังกล่าวนำลงถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดสร้างและส่งเสริมการลดต้นทุนการผลิตภาคเกษตรกรรมให้กับกลุ่มชุมชนต่อไป โดยได้นำความรู้และเทคโนโลยีนำลงถ่ายทอดให้กับกลุ่มชุมชนในพื้นที่ตำบลรำพัน อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี และได้ประสานความร่วมมือกับองค์การบริหารส่วนตำบลรำพัน ซึ่งเป็นองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่คอยดูแลและให้ความช่วยเหลือคณะวิจัย โดยได้ดำเนินการลงถ่ายทอดเทคโนโลยีเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2558 และภาพบรรยากาศของการถ่ายทอดเทคโนโลยีจะแสดงในภาพที่ 3-6

ภาพที่ 3-6 ภาพบรรยากาศการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าฯ

สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการศึกษา

สรุปลำดับขั้นตอนในการจัดสร้างจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าฯ

จากการศึกษาวิจัยพบว่ารูปแบบของจักรยานที่เหมาะสมและควรที่จะนำมาจัดสร้างเป็นจักรยานปั่นน้ำนั้น คือจะใช้เป็นจักรยานรูปทรงแบบไหนชนิดใดก็ได้ แต่มีข้อสำคัญว่าควรเป็นจักรยานที่มีระบบเกียร์ทดรอบเพื่อช่วยผ่อนแรงขณะปั่นใช้งาน เนื่องจากบริเวณล้อหลังของจักรยานมีการติดตั้ง Hub motor ไว้ด้วย ทำให้บริเวณล้อหลังของจักรยาน มีภาระโหลดเพิ่มขึ้นขณะปั่น และเมื่อทำการปั่นใช้งานเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า Hub motor ก็จะสร้างภาระโหลดขึ้นมาภายในตัวเองด้วย ทำให้มีภาระโหลดเพิ่มขึ้นอีก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ควรเลือกใช้จักรยานแบบที่มีระบบเกียร์ทดรอบ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ระบบเกียร์ทดรอบแบบ 6 Speed โดยมีลำดับขั้นตอนในการจัดสร้างคือ ขั้นแรกจะดำเนินการออกแบบจัดสร้างฐานโครงเหล็กสำหรับจับยึดอุปกรณ์ต่างๆ โดยใช้เหล็กฉากขนาด 25 มิลลิเมตร นำมาเชื่อมประกอบ เข้าด้วยกันให้มีขนาด 100 x 220 เซนติเมตร และจัดสร้างเสาสำหรับจับยึดขาตะเกียบหน้าและขาตะเกียบหลังด้วยเหล็กฉากเช่นกัน โดยเสาทั้งสองชุดมีความสูง 40 เซนติเมตร ถัดมาจะเป็นการจัดสร้างแท่นรองปั๊มชักและที่ยึดปั๊มชัก โดยแท่นรองปั๊มชักจะถูกยกสูงประมาณ 7 เซนติเมตร เพื่อป้องกันการเสียดสีกันระหว่างสายพานกับโครงเหล็กขณะปั่นใช้งาน และในส่วนของที่ยึดปั๊มชักจะถูกเจาะเป็นร่องไว้สำหรับปรับตั้งเลื่อนความตึงหย่อนของสายพาน โดยสายพานที่นำมาใช้จะเป็นสายพานชนิดร่อง A มีขนาดความยาว 98 นิ้ว ในส่วนของปั๊มชักจะเลือกใช้ ปั๊มชักขนาด 1 นิ้ว เนื่องจากจะมีขนาดที่เหมาะสมและสามารถใช้งานร่วมกับจักรยานได้ดี ในส่วนของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจะใช้ Hub motor ผลิตกระแสไฟฟ้าขณะปั่นโดยจะส่งผ่าน Bridge Diode จำนวน 2 ตัว ใช้เป็นชุดควบคุมการชาร์จประจุยังแบตเตอรี่ ในส่วนของแบตเตอรี่จะใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลท์ 7 แอมป์ จำนวน 3 ก้อน และใช้เครื่องอินเวอร์เตอร์ที่ดัดแปลงจาก UPS เนื่องจากมีราคาถูกและมีอะไหล่ค่อนข้างมาก ในระบบแอร์แว จัดทำแอร์แวจำนวน 4 ชุด โดยนำไปต่อทางออกของท่อส่งจำนวน 2 ชุด และนำไปต่อกับท่อส่งในร่องสวนที่อยู่ห่างไกลอย่างละ 1 ชุด สามารถเพิ่มแรงดันในท่อส่งได้ประมาณ 10 - 20% ส่วนการจัดสร้างโรงเรือนกันฝนมีวัตถุประสงค์ใช้เป็นที่หลบแดดและป้องกันฝน เพราะหากติดตั้งจักรยานปั่นน้ำในพื้นที่โล่งแจ้งจะทำให้อายุการใช้งานของจักรยานสั้นลงและอาจส่งผลกระทบต่อระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วย

สรุปผลการจัดสร้างจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้า

จากการทดสอบการทำงานของจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าฯ พบว่าความเร็วในการปั่นใช้งาน ที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 10-15 km/h ซึ่งสามารถปั่นได้อย่างเบาสบายและไม่หนักแรงส่งผลให้ปั่นได้เป็นเวลานานๆ ซึ่งในการปั่นให้น้ำไปยังพื้นที่เกษตรกรรมนั้นจะปั่นเป็นเที่ยวโดยจำนวนหัวสปริงเกอร์ต่อเที่ยวของการปั่นจะอยู่ที่ 7-8 หัว (จำนวนหัวสปริงเกอร์ที่ปั๊มชักสามารถส่งน้ำได้แรงสุด) และใช้เวลาในการให้น้ำของ 1 ร่องสวนประมาณ 20 นาที (แบ่งปั่น 2 เที่ยวๆ ละ7-8 หัว/10 นาที/0.5 ร่องสวน) โดยจะใช้หัวสปริงเกอร์ของ 1 ร่องสวนประมาณ 14-16 หัว และจะมีระยะห่างระหว่างหัวสปริงเกอร์ 2 เมตร เพราะจะได้การกระจายของน้ำที่เหมาะสมที่สุด โดยจะมีความสูงของหัวสปริงเกอร์ 40 เซนติเมตรเท่ากันทุกหัว ในส่วนของชุดระบบเกียร์ทดรอบแบบ 6 Speed พบว่าช่วงระดับของเกียร์ ทดรอบที่เหมาะสมต่อการใช้งานอยู่ระหว่างเกียร์ 4-6 เพราะสามารถปั่นได้อย่างเบาสบายและไม่หนักแรง ถือเป็นช่วงระดับเกียร์ทดรอบที่เหมาะสมที่สุด ในส่วนของระบบผลิตกระแสไฟฟ้ากรณีที่ Hub motor ทำหน้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้า จากการทดสอบความเร็วขณะปั่นระหว่าง 10-15 km/h พบว่ามีค่ากระแสไฟฟ้าชาร์จประจุอยู่ที่ 2-5 A และใช้เวลาการชาร์จประจุแบตเตอรี่เต็มประมาณ 3-4 ชั่วโมง โดยเป็นแรงดันไฟฟ้าขนาด 12 โวลท์ (แบตเตอรี่จะถูกต่อแบบขนาน) ในกรณีที่ Hub motor ทำหน้าที่ฉุดปั๊มชัก จากการทดสอบพบว่าเมื่อนำระบบไฟฟ้าจากแบตเตอรี่มาย้อนกลับให้ Hub motor ทำงานฉุดปั๊มชักแบบอัตโนมัติและปรับระดับความเร็วระหว่าง 10-15 km/h พบว่า Hub motor มีกระแสไฟฟ้าใช้งานอยู่ที่ 2 A และเวลาในการใช้งานของแบตเตอรี่ที่สั่งให้ Hub motor ทำงานจะอยู่ที่ประมาณ 1 ชั่วโมง โดยเป็นระบบแรงดันไฟฟ้าขนาด 36 โวลท์ (แบตเตอรี่จะถูกต่อแบบอนุกรม)

สรุปผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

คือการวิเคราะห์หาต้นทุนค่าใช้จ่ายและระยะเวลาคืนทุนในการจัดสร้างจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้า แล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับการติดตั้งระบบสายส่งไฟฟ้า เนื่องจากพื้นที่เกษตรกรรมดังกล่าวมีความห่างไกล จากระบบสายส่งของการไฟฟ้าประมาณ 400 เมตร แต่ยังมีแหล่งน้ำที่เพียงพอสำหรับทำเกษตรกรรม จึงเกิดเป็นแนวคิดในการลดต้นทุนการผลิตภาคเกษตรกรรม และจากผลของการศึกษาวิจัยพบว่า ต้นทุนในการจัดสร้างจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ต้นทุนในการจัดสร้างเท่ากับ 26,565 บาท และถ้าหากต้องการติดตั้งระบบสายส่งไฟฟ้าขนาดแรงดัน 220 V 50 Hz จะต้องใช้ต้นทุนเท่ากับ 56,937 บาท และจะต้องเสียค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าทุกเดือนหรือประมาณปีละ 2,600 บาท/ปี โดยจะมีระยะเวลาคืนทุนของการจัดสร้างเท่ากับ 0.80 ปี หรือ 9 เดือน 6 วัน ซึ่งก็มีความคุ้มค่ากับการลงทุนจัดสร้างเนื่องจากระยะเวลาคืนทุนเร็วนั่นเอง ในส่วนของการคิดค่าเสื่อมราคาในแต่ละปีพบว่าจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าที่ได้พัฒนามีค่าเสื่อมราคาเท่ากับ 2,164 บาท/ปี

ข้อเสนอแนะ

1. แบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบผลิตกระแสไฟฟ้านั้นจะเป็นชนิดใดหรือขนาดใดก็ได้ โดยถ้าหากเป็นแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ก็จะสามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ได้มาก เมื่อนำมาใช้กับเครื่องอินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงระบบไฟฟ้าหรือนำระบบไฟฟ้าจากแบตเตอรี่มาย้อนกลับให้ Hub Motor ทำงานฉุดปั๊มชัก ก็จะสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เป็นเวลานานขึ้นนั่นเอง แต่จะมีข้อเสียคือระยะเวลาในการปั่นเพื่อทำการชาร์จประจุก็จะยาวนานยิ่งขึ้นด้วย จึงมีข้อเสนอแนะให้นำแบตเตอรี่กลับไปชาร์จยังที่อยู่อาศัยเป็นครั้งคราว โดยการชาร์จประจุให้แบตเตอรี่เต็มทุกครั้ง และนำมาติดตั้งใหม่ก็จะช่วยลดเวลาในการชาร์จประจุและสามารถจ่ายพลังงานได้ยาวนานยิ่งขึ้น

2. จักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าที่ได้จัดสร้างขึ้นนี้จะเหมาะสำหรับพื้นที่ทำเกษตรกรรม ที่อยู่ห่างไกลจากระบบสายส่งไฟฟ้า แต่ยังมีแหล่งน้ำที่เพียงพอสำหรับนำมาใช้งาน ซึ่งในการลงทุนติดตั้งของระบบสายส่งไฟฟ้านั้นจำเป็นต้องใช้เงินลงทุนในการติดตั้งค่อนข้างสูง ส่งผลให้เกษตรกรไม่กล้าที่จะติดตั้งระบบสายส่งไฟฟ้าหรืออาจมีเงินทุน ไม่เพียงพอสำหรับติดตั้ง ทำให้เกษตรกรขาดโอกาสนำน้ำขึ้นมาใช้ประโยชน์ในพื้นที่เกษตรกรรมดังกล่าว การจัดสร้างจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าจึงถือเป็นทางเลือกใหม่ที่มีราคาถูก และสามารถนำน้ำขึ้นมาใช้ประโยชน์ใน ภาคเกษตรกรรมได้

3. จักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้าที่ได้จัดสร้างขึ้นนี้ เราสามารถลดต้นทุนของการจัดสร้างลงได้ เป็นจำนวนมาก คือหากเกษตรกรผู้ใช้งานไม่ต้องการหรือไม่มีความจำเป็นต้องใช้งานในระบบผลิตกระแสไฟฟ้า ก็จะทำให้เงินลงทุนในการจัดสร้างลดลงได้เป็นอย่างมาก โดยจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาใช้จัดสร้างและการดัดแปลงใช้งานที่เหมาะสมด้วย ซึ่งจะทำให้ได้ต้นทุนในการจัดสร้างที่ต่ำมาก

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี. 2557. **การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.chanthaburi.doae.go.th. 5 พฤศจิกายน 2557.

เกษตรพอเพียงคลับ. 2557. **แอแวร์ระบบสูบน้ำพลังสูงและโครงสร้าง.** (ออนไลน์).แหล่งที่มา : http://www.kasetporpeangclub.com. 6 พฤศจิกายน 2557.

อีไบค์ไทยคิท. 2550. **เรียนรู้สร้างจักรยานไฟฟ้า.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.ebikethaikit.com/. 6 พฤศจิกายน 2557.

โซล่าสมายด์โนวเลจ. 2557. **เครื่องควบคุมการชาร์จประจุ.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.solarsmileknowledge.wordpress.com. 7 พฤศจิกายน 2557.

ไพบูลย์ แย้มเผื่อน. 2548. **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.** กรุงเทพฯ ซีเอ็ดยูเคชั่น.

โปรซอฟท์คอมเทค. 2557. **วิธีคิดค่าเสื่อมราคา.**(ออนไลน์). แหล่งที่มา : www.prosoft.co.th/.10 พฤศจิกายน 2557.

เอสเคเอส. 2557. **ร้านขายอุปกรณ์งานระบบไฟฟ้า.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.skselectric.co.th. 10 พฤศจิกายน 2557.

ซาวาดะ. 2558. **ปั๊มน้ำ PE รุ่น ALFA 1250 M ขนาดมอเตอร์ 750 วัตต์ 1 แรงม้า.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.sawada.co.th/. 9 กรกฎาคม 2558.