

นวัตกรรมการเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน

Innovation in Electric Reinforcing for Household

กมลวรรณ บุญเจริญ* ปัญญา เลิศไกร และ หัสชัย สิทธิรักษ์

Kamonwan Booncharoen*, Punya Lertgrai and Hussachai Sittirak

Received: 6 June 2019, Revised: 15 July 2019, Accepted: 15 October 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องนวัตกรรมการเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนมีจุดประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของครัวเรือน 2) พัฒนานวัตกรรมการเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน และ 3) ศึกษาประสิทธิผลของการใช้นวัตกรรมการเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน โดยเลือกครัวเรือนที่มีความพร้อมสำหรับการวิจัยคือ บ้านเลขที่ 69/1 หมู่ 11 ตำบลขนอม อำเภอกงหรา จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นครัวเรือนตัวอย่าง ซึ่งเก็บข้อมูลด้วยมาตรวัดพลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการใช้นวัตกรรม ส่วนประสิทธิผลเป็นการเปรียบเทียบสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมคือ ปี 2555 เปรียบเทียบกับปี 2559 โดยสามารถสรุปผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์คือ 1) สภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของครัวเรือนตัวอย่าง มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยวันละ 13.9 หน่วย สถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี 2555 เป็นเงิน 19,386.9 บาท 2) นวัตกรรมการเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน ประกอบด้วยการใช้หลอดแอลอีดี แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ใช้ระบบหมุนเวียนอากาศแทนเครื่องปรับอากาศ และพัฒนาโรงไฟฟ้าสมาร์ตไฮบริดผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 3,000 วัตต์ และ 3) ประสิทธิผลของการใช้นวัตกรรมการเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนประเมินจากค่าไฟฟ้าในปี 2559 ซึ่งคงเหลือ 1,544.6 บาท เท่ากับประหยัดค่าไฟฟ้าได้ร้อยละ 91.9 และมีระยะคืนทุนในเวลา 7 ปี

คำสำคัญ: ระบบหมุนเวียนอากาศ, โรงไฟฟ้าสมาร์ตไฮบริด, นวัตกรรมการเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้า

ABSTRACT

The study of Innovation in Electric Reinforcing for Household aimed to: 1) study electrical energy consumption state of household, 2) develop innovation in electric reinforcing for household, and 3) study the effectiveness of using the innovation in electric reinforcing for household. The sample house is 69/1 Moo 11, Khanom sub-district, Khanom district, Nakhon Si Thammarat. The data were collected from the electrical energy meter for electrical appliances and statistics on the electrical energy consumption before using the innovation. Additionally, the effectiveness was compared between the statistical electrical energy consumption prior and after the innovation which were in year 2012 and year 2016. The result of the study according to the objectives were as follows. 1) The electrical energy consumption state of household sample requires daily average usage of 13.9 kWh of electrical energy consumption, and the statistical electrical energy consumption in 2012 is 19,386.9 baht. 2) The Innovation in Electric Reinforcing for Household is consisted of the use of LEDs instead of fluorescent tubes, the use of air circulation instead of air conditioning, and the development of Smart Hybrid power plant producing 3,000 watts from solar cells. 3) The effectiveness of the Innovation in Electric Reinforcing for Household is estimated from the electricity cost in 2016, which is 1,544.6 baht. The electricity cost is 91.9% less than the regular costs, and the payback period is 7 years.

Key words: air circulation system, smart hybrid power plant, innovation of electric reinforcing

บทนำ

พลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่ง สำหรับอำนวยความสะดวกในการสื่อสาร ที่อยู่อาศัย และภาคธุรกิจ ดังนั้นการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยเพิ่มสูงขึ้นทุกปี โดยปี 2560 เพิ่มขึ้นจากปี 2559 ร้อยละ 3.36 และปี 2561 เพิ่มขึ้นจากปี 2560 ร้อยละ 2.92 (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2562) ทำให้ประเทศไทยต้องสูญเสียเงินตราต่างประเทศจำนวนมากสำหรับจัดหาเชื้อเพลิงและพลังงานไฟฟ้า และยังส่งผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนและสิ่งแวดล้อมในการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศของโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล และกรณีไฟฟ้าขัดข้องทั่วภาคใต้ วันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ.

2556 นั้นสะท้อนถึงความไม่มั่นคงจากการพึ่งพากระแสไฟฟ้าจากระบบใหญ่

การพัฒนาให้เกิดเป็นรูปธรรมของการอนุรักษ์พลังงานในภาคครัวเรือนไม่ได้มีเฉพาะการพัฒนาส่วนของอุปกรณ์ หรือพลังงานทางเลือกเท่านั้น เพราะสำคัญเหนือสิ่งอื่นใดก็คือพฤติกรรมของมนุษย์ ที่ปัจจุบันมีการสนใจอย่างจริงจัง ทั้งในระดับนักวิจัย ผู้กำหนดนโยบาย ผู้ปฏิบัติ และผู้บริโภคทั่วไป ที่กังวลถึงการขาดแคลนพลังงานจากปัญหาการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรโลกมากกว่าผลกระทบของภาวะเรือนกระจก มีการให้ความสำคัญของการอนุรักษ์พลังงานมากขึ้น และส่วนใหญ่จะมีความรู้เพียงพอเกี่ยวกับวิธีการประหยัดพลังงาน มีการยอมรับและต้องการที่จะประหยัด แต่ผู้บริโภคจำนวนมากก็ยังคงล้มเหลวที่จะปฏิบัติตามมาตรการต่างๆ (Frederiks *et al.*, 2015) ดังนั้นการ

ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานต้องมีการกระจายตัวไปยังชุมชน ให้เกิดความตระหนักในคุณค่าพลังงาน เปิดโอกาสให้ผู้ใช้งานไฟฟ้าสามารถบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เหมาะสมกับวิถีชีวิตและพฤติกรรม การใช้ไฟฟ้าของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2561)

กระทรวงพลังงาน (2554) ได้กำหนดแผนการอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี ในอาคารธุรกิจขนาดเล็กและบ้านที่อยู่อาศัย ซึ่งเป็นแผนปี 2554-2573 มีการคาดการณ์จำนวนอุปกรณ์ที่จะมีการใช้จนถึงปี 2573 สำหรับเครื่องปรับอากาศรวมทั้งหมดในกลุ่มธุรกิจขนาดเล็กและครัวเรือนใช้มากถึง 25,901 พันล้านหน่วย และสำหรับแสงสว่างจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ 5,222 พันล้านหน่วย ซึ่งจะเห็นว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าค่อนข้างสูงมาก จึงมีการพยายามผลักดันให้มีการใช้อุปกรณ์และเครื่องใช้ที่ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูงขึ้นเป็นหลัก เช่น การใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง การใช้แสงสว่างจากหลอดแอลอีดีแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ตลอดจนถึงผลักดันให้มีการใช้ไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทางเลือก โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) หรือพีวี (PV, Photovoltaic) มีชื่อเรียกได้หลายอย่าง เช่น โซลาร์เซลล์ เซลล์สุริยะ หรือเซลล์โฟโตโวลตาอิก ปัจจุบันนิยมแพร่หลายชนิดที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-type Silicon) ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ ทำจากซิลิกอนที่เจือด้วยสารฟอสฟอรัสมีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ และมีส่วนสารกึ่งตัวนำชนิดพี (P-type Silicon) ทำจากซิลิกอนที่เจือด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (ทำให้เกิดโฮล) เมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน (Hersch and Zweibel, 1982) เมื่อนำ

ซิลิกอนทั้ง 2 ชนิด มาประกบต่อกันเป็นรอยต่อพีเอ็น (P-N Junction) จึงทำให้ได้ "เซลล์แสงอาทิตย์" ในสถานะที่ยังไม่มีแสงสารถึงตัวนำชนิดเอ็นซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย และมีแถบโลหะเรียกว่าขั้วนำไฟฟ้าด้านหน้า ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วนสารกึ่งตัวนำชนิดพีซึ่งอยู่ด้านหลังของเซลล์โครงสร้างเป็นโฮล แต่ยังมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อย และมีแถบโลหะเรียกว่าขั้วนำไฟฟ้าด้านหลัง ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮล เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ เมื่อพลังงานสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหากันเพื่อจับคู่ อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น และโฮลจะวิ่งไปยังสารกึ่งตัวนำชนิดพี อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ขั้วนำไฟฟ้าด้านหน้าและโฮลวิ่งไปรวมกันที่ขั้วนำไฟฟ้าด้านหลัง เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจากขั้วนำไฟฟ้าด้านหน้าไปยังขั้วนำไฟฟ้าด้านหลังให้ครบวงจร จะทำให้อิเล็กตรอนวิ่งออกขั้วนำไฟฟ้าด้านหน้าผ่านวงจรไปยังขั้วนำไฟฟ้าด้านหลัง และเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นในทิศทางตรงกันข้าม

การประยุกต์ใช้ไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์สำหรับครัวเรือนและองค์กรจะมีสองรูปแบบ (Karthikeyan *et al.*, 2017) คือ ระบบไม่เชื่อมต่อสายส่ง (Off-grid system) และระบบเชื่อมต่อสายส่ง (Grid connected system หรือ Grid-tied system หรือ On-grid System) โดยทั้งสองระบบมีรายละเอียด คือ

1. ระบบไม่เชื่อมต่อสายส่ง ระบบนี้ค่อนข้างยุ่งยากกว่าระบบเชื่อมต่อสายส่ง เพราะนอกจากจะมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอินเวอร์เตอร์ (Off-grid inverter) แล้วยังต้องมีแบตเตอรี่และเครื่องควบคุมการประจุ (Charge controller) ด้วย โดยไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกประจุลง

แบตเตอรี่ จากนั้นอินเวอร์เตอร์จึงแปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยระบบนี้มีข้อดีคือหากไฟฟ้าจากการไฟฟ้าขัดข้อง ระบบก็ยังทำงานได้อยู่ตรงที่ ยังมีประจุไฟฟ้าในแบตเตอรี่ ดังนั้นระบบนี้นอกจากเหมาะสำหรับติดตั้งเพื่อความเสถียรของไฟฟ้าในบ้านแล้วยังเหมาะสำหรับพื้นที่ห่างไกลที่ไม่มีไฟฟ้าจากการไฟฟ้าด้วย แต่ข้อด้อยของระบบนี้ก็มีข้อจำกัดของการจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ขึ้นอยู่กับขนาดของอินเวอร์เตอร์ และมีการใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นมาสำหรับค่าแบตเตอรี่ เพราะอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ที่นิยมใช้คือชนิดตะกั่ว-กรด ที่ปกติแล้วมักจะมีอายุการใช้งานไม่เกิน 4 ปี ส่วนแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต (LiFePO₄) และลิเทียมไอออน (Li-ion) มีประสิทธิภาพสูงกว่ามากแต่ก็มีราคาแพงกว่ามากเช่นกัน ในขณะที่แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดแบบดีปไซเคิล (Deep cycle) นั้นมีประสิทธิภาพถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (บริษัท เมเซอร์โทรนิคส์ จำกัด, 2559) หรือประมาณสองเท่าของตะกั่ว-กรดธรรมดา โดยมีราคาสูงกว่าอยู่ประมาณร้อยละ 20 แบตเตอรี่แบบดีปไซเคิลนี้จึงเหมาะในการใช้งานในปัจจุบัน แต่อย่างไรก็ตามด้วยต้นทุนที่ต้องมีแบตเตอรี่ของระบบนี้จึงทำให้ระบบไม่เชื่อมต่อสายส่งจะมีต้นทุนสูงกว่าระบบเชื่อมต่อสายส่งอยู่ประมาณร้อยละ 63 ต่อหน่วย (kWh) (Seldon *et al.*, 2016) ซึ่งระบบไม่เชื่อมต่อสายส่งมีการคำนวณกำลังผลิตรวมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้จากสมการ (วรรณช, 2553)

$$P = \frac{P_L \times D}{Q \times A \times B \times C} \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อ P = กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้ง (วัตต์)

P_L = ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งวัน (วัตต์ – ชั่วโมงต่อวัน)

Q = พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกกระทบในหนึ่งวันสำหรับประเทศไทยมีค่า 4 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร

A = ค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์

B = ค่าชดเชยการสูญเสียเชิงความร้อน

C = ประสิทธิภาพของเครื่องแปลงแรงดัน

D = ความเข้มแสงปกติมีค่า 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร

2. ระบบเชื่อมต่อสายส่ง อุปกรณ์หลักจะประกอบไปด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์และกริดไทอินเวอร์เตอร์ (Grid tied inverter) เท่านั้น โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อได้รับแสงก็จะผลิตไฟฟ้ากระแสตรงมาให้ กริดไทอินเวอร์เตอร์แปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยคอนโทรลเลอร์ในอินเวอร์เตอร์จะเรียนรู้รูปแบบคลื่นสัญญาณไฟฟ้าจากการไฟฟ้าก่อนแล้วจึงผลิตไฟฟ้าให้มีรูปคลื่นตรงกัน (Synchronize) และเพิ่มศักย์ไฟฟ้าให้มีแอมพลิจูดเท่ากันหรือมากกว่าคลื่นบัพที่ทุกๆ จุดบนลูกคลื่น จึงทำให้ถ้าไม่มีการใช้กระแสไฟฟ้าในบ้าน กระแสไฟฟ้าก็จะไหลออกจากบ้านไปสู่สายส่งของการไฟฟ้า ทำให้มาตรการวัดแบบแอนาล็อกหมุนลอยหลังซึ่งถือว่าผิดระเบียบการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้า และหากไฟฟ้าจากการไฟฟ้าขัดข้อง กริดไทอินเวอร์เตอร์ก็จะหยุดทำงานทันที บ้านเรือนที่ติดตั้งระบบนี้ก็จะไม่มีกระแสไฟฟ้าให้ใช้แม้ว่าจะมีแสงแดดอยู่ก็ตาม

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นได้ว่าการแก้ปัญหาพลังงานไฟฟ้านั้นต้องกระทำพร้อมๆ กัน ทั้งส่วนของการใช้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น และส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ งานวิจัยนี้จึงพัฒนาระบบหมุนเวียนอากาศแทนการใช้เครื่องปรับอากาศ และเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างเป็นหลอดแอลอีดี

แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ตลอดจนถึงมีการใช้ไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ร่วมด้วย แต่เนื่องด้วยระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ทั้งระบบออฟกริดและออนกริดต่างก็มีข้อดีและข้อด้อย งานวิจัยนี้จึงพัฒนาระบบที่นำเอาข้อดีของทั้ง 2 ระบบมาไว้ด้วยกันแล้วเรียกว่าระบบสมาร์ตไฮบริด

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีขั้นตอนดำเนินการ 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ศึกษาสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของครัวเรือน ระยะที่ 2 พัฒนาวัดกรรมการเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน และระยะที่ 3 ศึกษาประสิทธิผลของการใช้วัตกรรมการเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน โดยใช้เครื่องมือเก็บข้อมูลตลอดการวิจัยนี้คือมาตรวัดพลังงานไฟฟ้าแบบกิโวลต์-ชั่วโมง (หน่วย) ทั้งแบบแอนะล็อกและแบบดิจิทัล โดยอ้างอิงมาตรวัดของการไฟฟ้า และเลือกครัวเรือนตัวอย่างคือ บ้านเลขที่ 69/1 ม.11 ต.ขนอม อ.ขนอม จ.นครศรีธรรมราช มีผู้อยู่อาศัย 5 คน ตลอดกระบวนการวิจัย ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการประยุกต์ใช้สำหรับครัวเรือนอื่นๆ ที่สมาชิกมากหรือน้อยกว่านี้ได้โดยง่าย

ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพการใช้ไฟฟ้าของครัวเรือน

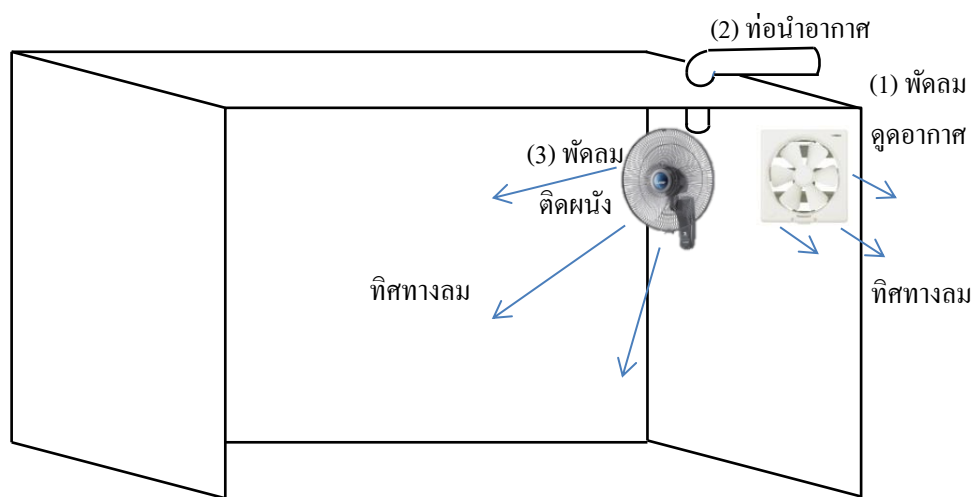
ศึกษาข้อมูลสถิติการใช้ไฟฟ้า จากฐานข้อมูลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เป็นเวลา 1 ปี ก่อนการพัฒนาวัดกรรม และศึกษาความต้องการใช้

พลังงานไฟฟ้าในสภาพปัจจุบันของบ้านตัวอย่างจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งานเป็นประจำ และแบ่งช่วงเวลาการใช้งาน โดยกำหนดช่วงเวลาหลัง 8:00 นาฬิกา ถึง 17:00 นาฬิกา เป็นช่วงที่มีแสงแดด และหลัง 17:00 นาฬิกา จนถึง 8:00 นาฬิกา เป็นช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด เพื่อสรุปข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดและต่ำสุด ความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวัน และต่อเดือน สำหรับเป็นข้อมูลในการออกแบบนวัตกรรม และเป็นข้อมูลเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังการพัฒนานวัตกรรมการเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน

ระยะที่ 2 การพัฒนาวัดกรรมการเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน มีองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง โดยใช้หลอดแอลอีดี (Light emitting diode : LED) แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยมีวัสดุคือ หลอดแอลอีดีขนาด 9 วัตต์ จำนวน 20 หลอด และขนาด 20 วัตต์ จำนวน 1 หลอด

ส่วนที่ 2 การพัฒนาระบบหมุนเวียนอากาศทดแทนการใช้เครื่องปรับอากาศ โดยมีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วนคือ (1) พัดลมขนาด 50 วัตต์ สำหรับดูดอากาศร้อนออกจากห้อง (2) ท่อนำอากาศเย็นจากภายนอกเข้าภายในห้อง และ (3) พัดลมดูดผนังขนาด 50 วัตต์ สำหรับส่ายอากาศในห้อง ซึ่งระบบหมุนเวียนอากาศแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของระบบหมุนเวียนอากาศ

แผนผังการติดตั้งระบบหมุนเวียนอากาศ โดยท่อนำอากาศใช้ท่อเกษตร (สีเทา) ขนาด 4 นิ้วยาว 4 เมตรราคาเส้นละ 280 บาท มีหลักการสำคัญคือ ปลายท่อนำอากาศด้านในจะต้องอยู่ด้านหลังของพัดลมติดผนัง ส่วนปลายท่อนอกติดตั้งนอกบ้านในจุดที่มีอากาศเย็นในเวลากลางคืน และเป็นจุดที่มีความปลอดภัยมีตะแกรงป้องกันสัตว์เข้าไปในห้อง

ส่วนที่ 3 การพัฒนาโรงไฟฟ้าสมาร์ทไฮบริด การพัฒนาในส่วนนี้มีการปรับเปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์ทั้ง การทดลองระบบไม่เชื่อมต่อสายส่ง และระบบเชื่อมต่อสายส่ง ตลอดระยะเวลา 3 ปี จนได้ระบบสุดท้ายที่รวมเอาข้อดีของทั้ง 2 ระบบเข้าด้วยกันแล้ว

เรียกว่าระบบสมาร์ทไฮบริด มีการปรับปรุงเพื่อให้ได้ระบบที่เหมาะสมที่สุดและมีค่าใช้จ่ายไม่สูง โดยพบว่าวัสดุที่สำคัญสำหรับสร้างระบบสมาร์ทไฮบริด (ไม่รวมตัวอาคาร) มีรายการดังตารางที่ 1 ซึ่งรวมงบประมาณที่ใช้ทั้งหมดเท่ากับ 110,000 บาท

ระยะที่ 3 การศึกษาประสิทธิภาพผลของการใช้นวัตกรรม

พิจารณาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการจ่ายค่าไฟฟ้า ตั้งแต่ก่อนดำเนินการวิจัย (ก่อนการใช้นวัตกรรม) เป็นเวลา 1 ปี เปรียบเทียบกับช่วงเวลาอีก 1 ปีหลังใช้นวัตกรรมการเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน

ตารางที่ 1 วัสดุและอุปกรณ์สำคัญที่ใช้สำหรับการสร้างโรงไฟฟ้าสมาร์ทไฮบริด

ลำดับ	รายการ	จำนวน	*ราคา (บาท)
1	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวม ขนาด 300 วัตต์	10 แผง	44,000
2	สายไฟ THW แกนทองแดงขนาด 10 ตารางมิลลิเมตร	100 เมตร	3,200
3	เครื่องควบคุมการประจุ 60 แอมแปร์	2 เครื่อง	4,200
4	แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด ขนาด 100 แอมแปร์-ชั่วโมง	8 ลูก	24,800
5	ออฟกริดอินเวอร์เตอร์ชนิดหลอดทองแดง 3,000 วัตต์	1 เครื่อง	14,500
6	กริดไทอินเวอร์เตอร์ ขนาด 1,000 วัตต์	2 เครื่อง	7,000
7	อุปกรณ์สำหรับระบบสลับแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าอัตโนมัติ	1 ชุด	750
8	มาตรวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	4 ชุด	600

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	จำนวน	*ราคา (บาท)
9	มาตรวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ	4 ชุด	2,000
10	พัดลมระบายความร้อน	2 ชุด	1,100
11	แผงวงจร ESP8266 NodeMCU V2 พร้อมรีเลย์ 4 ตัว	1 ชุด	400
12	กล้องวงจรปิดชนิด IP Camera	1 ชุด	1,400
13	เครื่องควบคุมการประจุ 10 แอมป์	1 เครื่อง	350
14	อุปกรณ์อื่นๆ เช่น รางสายไฟ สะพานไฟ และรีเลย์ เป็นต้น	1 ชุด	5,700
รวม			110,000

*ราคา ณ เดือนพฤษภาคม 2562

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ระยะที่ 1 ผลการศึกษาสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของครัวเรือน

การศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยการขอความอนุเคราะห์จากฐานข้อมูลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช ในช่วงปี 2555 มาพิจารณา ซึ่งเป็นช่วงก่อนการ

พัฒนานวัตกรรม มีข้อมูลแสดงดังตารางที่ 2 และพบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือนจะไม่เท่ากัน โดยขึ้นอยู่กับฤดูกาล นั่นคือเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม ที่เป็นฤดูร้อนจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก ในขณะที่เดือนกันยายนอากาศหนาวมีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุด

ตารางที่ 2 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าปี 2555 ของครัวเรือนตัวอย่าง

เดือนที่	เดือน	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย)	ค่าไฟฟ้า(บาท)
1	มกราคม	468	1,770.17
2	กุมภาพันธ์	381	1,407.82
3	มีนาคม	458	1,728.04
4	เมษายน	517	1,976.54
5	พฤษภาคม	518	1,980.75
6	มิถุนายน	466	1,911.33
7	กรกฎาคม	470	1,929.47
8	สิงหาคม	348	1,387.60
9	กันยายน	250	1,012.51
10	ตุลาคม	323	1,341.83
11	พฤศจิกายน	365	1,531.31
12	ธันวาคม	338	1,409.50
รวม		4,902	19,386.87

โดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งปี 4,902 หน่วย สูงสุดเดือนพฤษภาคม 518 หน่วย ใช้น้อยที่สุดในเดือนกันยายน 250 หน่วย หรือเฉลี่ยในรอบปีใช้ไฟฟ้าวันละ 13.40 หน่วย สูงสุดวันละ 16.70 หน่วย และใช้ไฟฟ้าต่ำสุดวันละ 8.33 หน่วย และมีค่าไฟฟ้ารวมทั้งปี 19,386.87 บาท ซึ่งจากค่าความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำสุดเมื่อนำไปคำนวณหาค่าลังผลิตรวมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยสมการ (1) พบว่ามีความต้องการกำลังผลิตที่ 4,067 วัตต์ หรือต้องใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 300 วัตต์ อย่างน้อย 14 แผง โดยงานวิจัยนี้จะสร้างนวัตกรรมที่ลดความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าลง และลดจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้น้อยกว่าที่คำนวณโดยทฤษฎีนี้ด้วย

นอกจากนี้การศึกษาสภาพปัจจุบันของครัวเรือนตัวอย่าง ด้วยการเก็บข้อมูลด้วยมาตรวัด พบว่ามีค่าเฉลี่ยการใช้งานวันละ 13.906 หน่วย ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยจากสถิติปี 2555 และได้ข้อมูลการใช้งานในเวลาที่ไม่มีการเปิดแอร์ 10.982 หน่วย หรือร้อยละ 78.97 ซึ่งเครื่องใช้ไฟฟ้าเป้าหมายของงานวิจัยนี้คือหลอดฟลูออเรสเซนต์มีการใช้งานรวมเฉลี่ยวันละ 2.05 หน่วย และเครื่องปรับอากาศเฉลี่ยวันละ 6.18 หน่วย

ระยะที่ 2 นวัตกรรมการเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน

ในการพัฒนานวัตกรรมการเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนใช้เวลาพัฒนาทดลองแก้ไข และปรับปรุงตั้งแต่ปี 2556 จนเสร็จสมบูรณ์ในปี 2559 ได้องค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 การใช้หลอดไฟฟ้าแสงสว่างเป็นหลอดแอลอีดีแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยใช้หลอดแอลอีดีขนาด 9 วัตต์ จำนวน 20 หลอด และขนาด 20 วัตต์ จำนวน 1 หลอด งบประมาณรวม 2,000 บาท ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 5 หลอดและขนาด 36 วัตต์ จำนวน 10

หลอด โดยมีการเพิ่มความสว่างด้วยการถอดฝาครอบออกทุกหลอด



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอด แอลอีดี

ส่วนที่ 2 ระบบหมุนเวียนอากาศทดแทนการใช้เครื่องปรับอากาศ เนื่องจากอุณหภูมิอากาศในห้องนอนมีผลโดยตรงกับความสบายในการนอนหลับ โดยไม่ควรเกิน 26 องศาเซลเซียส (Lan *et al.*, 2017) ทั้งนี้สถิติข้อมูลอากาศของจังหวัดนครศรีธรรมราชมีอุณหภูมิอากาศต่ำสุดในช่วงกลางคืนของแต่ละวันเฉลี่ยเท่ากับ 23.1 องศาเซลเซียส (ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา, 2560) จึงเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการหมุนเวียนอากาศดังกล่าวเข้าไปในห้องนอนบ้านตัวอย่างทดลองกับห้องนอนขนาด กว้าง 3 เมตร ยาว 3 เมตร สูง 2.8 เมตร ในช่วงเวลา 20:00 นาฬิกา ถึง 6:00 นาฬิกา เป็นเวลา 1 ปี พบว่าระบบหมุนเวียนอากาศสามารถถ่ายเทอุณหภูมิภายในห้องให้เท่ากับภายนอกห้องได้ภายในเวลาเฉลี่ย 1 ชั่วโมงนับตั้งแต่เริ่มเปิด โดยแสดงอุปกรณ์ที่ติดตั้งระบบหมุนเวียน

อากาศงบประมาณรวม 1,000 บาท (ไม่รวมค่าพัฒนาคู่อากาศ) ภายในห้องและภายนอกห้อง ดังภาพที่ 3 และ 4



ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของระบบหมุนเวียนอากาศภายในห้อง



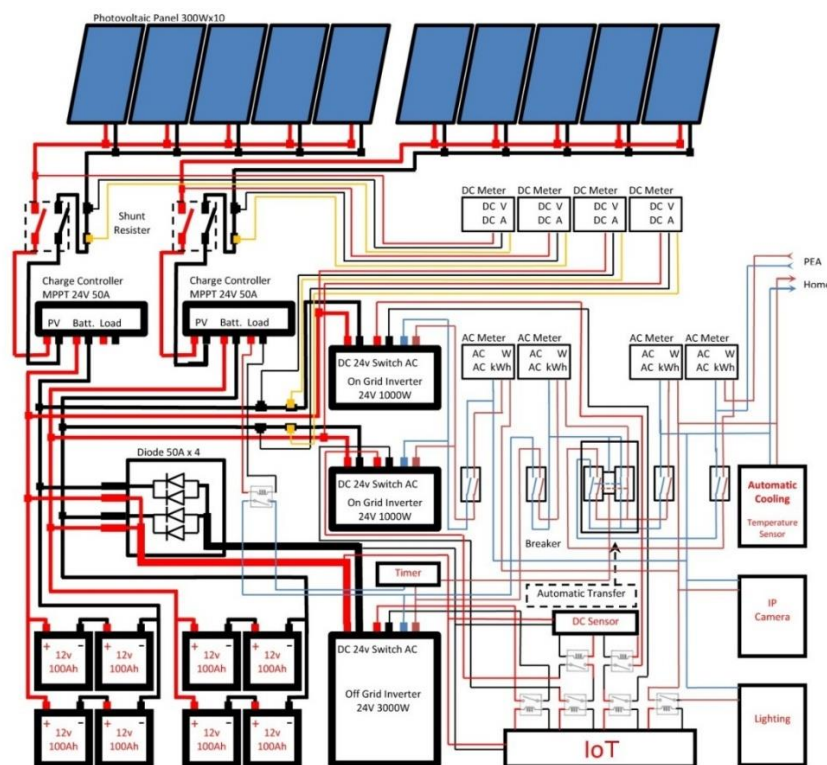
ภาพที่ 4 ส่วนประกอบของระบบหมุนเวียนอากาศภายนอกห้อง

ส่วนที่ 3 การพัฒนาโรงไฟฟ้าสมาร์ทไฮบริด ใช้ระบบแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ มีผังวงจรตามภาพที่ 5 และมีส่วนประกอบหลัก 5 ส่วนคือ

1. ส่วนการผลิตและเก็บประจุไฟฟ้า กระแสตรง ตามผังวงจรในภาพได้แก่ Photovoltaic Panel 300 วัตต์ 10 แผง Charge Controller 50 แอมแปร์ 2 เครื่อง และแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 100 แอมแปร์-ชั่วโมง 8 ลูก ต่ออนุกรมกัน 2 ลูก ขนานกัน 4 ชุด

2. ส่วน Automatic Transfer มีหน้าที่สลับแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติ โดยรับไฟฟ้ากระแสสลับเข้ามาจาก 2 แหล่ง จ่ายออก 1 ทาง (มีเงื่อนไขการทำงานตามรายละเอียดในส่วนที่ 3)

3. ส่วนแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ตามผังวงจรในภาพได้แก่ กริดไทอินเวอร์เตอร์ขนาด 1,000 วัตต์ จำนวน 2 ตัว และออฟกริดอินเวอร์เตอร์ ขนาด 3,000 วัตต์ จำนวน 1 ตัว ซึ่งถูกควบคุมการทำงานด้วย IoT (Internet of things) และตัวควบคุมการประจุขนาด 50 แอมแปร์ ในขณะที่กริดไทอินเวอร์เตอร์จะถูกควบคุมการทำงานด้วย IoT และ DC Sensor ซึ่ง DC Sensor ประยุกต์จากเครื่องควบคุมการประจุขนาด 10 แอมแปร์ ทำหน้าที่ตรวจจับระดับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ หากมีระดับต่ำกว่า 23 โวลต์ จะตัดการทำงานของกริดไทอินเวอร์เตอร์ในทุกๆ กรณี ซึ่งในสภาวะปกติระบบจะทำงานเฉพาะออฟกริดอินเวอร์เตอร์เท่านั้น แต่หากไม่มีไฟฟ้ากระแสตรงระบบจะสลับไปใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า ที่ควบคุมด้วยส่วนสลับแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติ หรือกรณีมีการใช้ไฟฟ้าเกินกำลังของออฟกริดอินเวอร์เตอร์ ระบบจะสลับไปใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าแทนและเปิดให้กริดไทอินเวอร์เตอร์ทำงานเสริมเข้ามา ดังนั้นถ้าใช้ไฟฟ้า 3,100 วัตต์ จะใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าเพียง 1,100 วัตต์ เท่านั้น

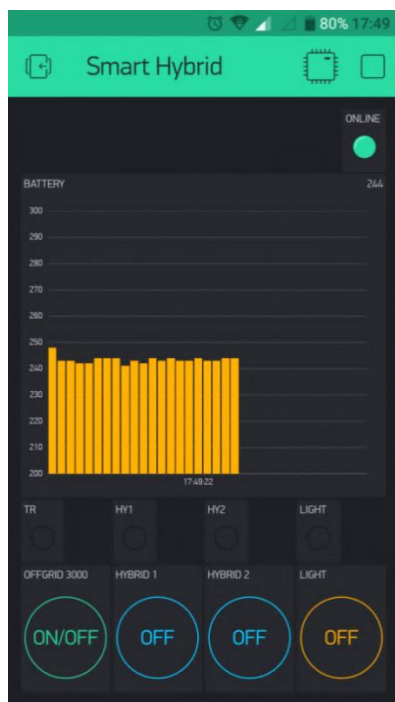


ภาพที่ 5 ผังวงจรโรงไฟฟ้าสมาร์ทไฮบริด

4. ส่วนของ IoT ทำงานร่วมกับกล้องวงจรปิด (IP camera) ที่สามารถปรับมุมมองระยะไกลได้ เพื่อให้สามารถติดตามการทำงานของอุปกรณ์ได้ตลอดเวลา ดังตัวอย่างภาพที่ 6 หน้าที่หลักของส่วน IoT นี้ คือการตรวจวัดสถานะแรงดันไฟฟ้าที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่ ควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์ ควบคุมการติดต่อสื่อสาร ตลอดจนถึงแสดงสถานะผ่านระบบอินเทอร์เน็ต โดยประยุกต์ใช้แผงวงจร ESP8266 NodeMCU V2 ทำงานร่วมกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งงานวิจัยนี้เลือกใช้งานโทรศัพท์ระบบแอนดรอยด์ และพัฒนาชุดแอปพลิเคชันควบคุมด้วยเครื่องมือ Blynk มีหน้าจอ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 6 การแสดงสถานะด้วยกล้องวงจรปิด



ภาพที่ 7 หน้าต่างควบคุมบนจอโทรศัพท์เคลื่อนที่

5. ส่วนบันทึกพลังงานไฟฟ้า และการระบายความร้อนอัตโนมัติ ทำหน้าที่ระบายความร้อนแบบอัตโนมัติให้กับอุปกรณ์ทั้งหมดในอาคารโรงไฟฟ้าสมาร์ทไฮบริด ตั้งอุณหภูมิให้ระบายความร้อนเมื่ออุณหภูมิถึง 33 องศาเซลเซียส และหยุดเมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส ส่วนมาตรวัดและบันทึกพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับสำหรับแสดงผลสถานะต่างๆ

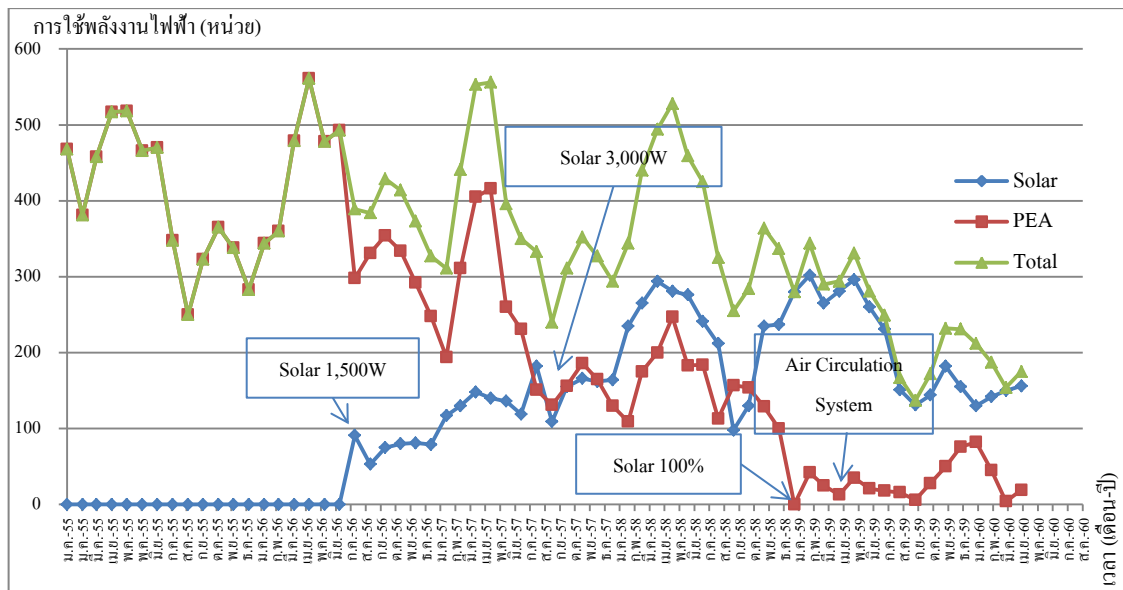
ซึ่งอุปกรณ์ของส่วนประกอบหลักทั้ง 5 ส่วน ได้ติดตั้งไว้ในโรงเรือนขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร สูง 1 เมตร มีประตูเปิดด้านหน้า และเรียกทั้งหมดนี้ว่าโรงไฟฟ้าสมาร์ทไฮบริด ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ลักษณะภายในโรงไฟฟ้าสมาร์ทไฮบริด

ระยะที่ 3 ประสิทธิภาพของการใช้นวัตกรรมการเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน

พิจารณาจากการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการจ่ายค่าไฟฟ้า ก่อนการใช้นวัตกรรม คือปี 2555 กับช่วงที่ใช้นวัตกรรม คือปี 2556 จนถึงปี 2560 ในภาพที่ 9 ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวมรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2555 ถึงเดือนเมษายน 2560 พบว่าการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1,500 วัตต์สามารถลดการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าได้ แต่ยังคงต้องใช้จากการไฟฟ้ามากกว่าที่ผลิตได้เอง จึงติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มเป็น 3,000 วัตต์ และติดตั้งระบบหมุนเวียนอากาศพร้อมทั้งยกเลิกการใช้เครื่องปรับอากาศในเดือนมีนาคม 2559



ภาพที่ 9 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าระหว่างเดือนมกราคม 2555 ถึงเดือนเมษายน 2560

จากการเลิกใช้เครื่องปรับอากาศในเดือน มีนาคม 2559 ทำให้กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าเดือน เมษายน และพฤษภาคม ไม่ขึ้นไปสูงเหมือนช่วง เดียวกันในปีก่อนหน้า ในที่นี้จึงได้ข้อสรุปที่ชัดเจน ว่า เครื่องปรับอากาศมีความสัมพันธ์กับความต้องการ ใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงมาก สอดคล้องกับข้อมูลจาก การศึกษาสภาพปัจจุบันของการวิจัยในระยะที่ 1 ที่ เครื่องปรับอากาศใช้เฉลี่ยถึงวันละ 6.18 หน่วย ของ การใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 13.906 หน่วย หรือร้อยละ 44.44 ในขณะที่ระบบหมุนเวียนอากาศมีการใช้ พัดลม 2 ตัวรวมกันเป็น 100 วัตต์ จากพฤติกรรมการใช้ งานเหมือนเดิมวันละ 10 ชั่วโมง เหลือใช้พลังงาน ไฟฟ้าเพียงวันละ 1 หน่วย ลดลงจากการใช้ เครื่องปรับอากาศร้อยละ 83.82 ทำให้เฉลี่ยต่อวันเสีย ค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับการปรับอากาศในห้องนอน เหลือเพียงร้อยละ 7.19 เท่านั้น

นอกจากนี้กราฟในภาพที่ 9 พบด้วยว่า บ้าน ตัวอย่างมีความต้องการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดในเดือน พฤษภาคมของทุกๆ ปี และมีความต้องการใช้ไฟฟ้า ต่ำสุดในเดือนกันยายนของทุกๆ ปี เช่นกัน นอกจากนี้เนื่องจากการบันทึกค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้า

ส่วนภูมิภาคสาขาอำเภอขนอม จังหวัด นครศรีธรรมราช จะบันทึกในระหว่างวันที่ 19 ถึง 22 ของทุกๆ เดือน (ยกเว้นปี 2555 ที่บันทึกระหว่างวันที่ 21-27) ดังนั้นข้อมูลค่าไฟฟ้าของเดือนพฤษภาคมจึงมี ช่วงของเดือนเมษายนอยู่ด้วย ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนที่มี การใช้พลังงานไฟฟ้ามากจากเครื่องปรับอากาศและ พัดลม แต่อย่างไรก็ตามแม้ฤดูร้อนจะมีความต้องการ ใช้ไฟฟ้ามาก แต่ก็สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มาก เช่นกัน และในทางกลับกันพบว่าในเดือนกันยายนที่ มีการใช้ไฟฟ้าน้อยนั้น จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้น้อย เช่นกัน ดังนั้นทำให้เส้นกราฟปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ เอง (Solar) จะสัมพันธ์กับฤดูกาล และสัมพันธ์กับ ความต้องการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งปี

ตั้งแต่เดือนมกราคม 2559 มีความชัดเจนว่า การเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้าถึงจุดเพียงพอต่อความ ต้องการ แม้ยังต้องใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าอยู่เล็กน้อย ก็ตาม ซึ่งพบว่าค่าไฟฟ้าที่ยังต้องใช้ของการไฟฟ้านั้น เกิดจากการหุงข้าวในเวลาหกโมงเช้า ซึ่งประจุไฟฟ้า ในแบตเตอรี่ใกล้หมดจึงไม่เพียงพอที่จะจ่ายประจุให้ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูงๆ ซึ่งหากจะทำให้ พอใช้เพื่อไม่ต้องใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าก็สามารถทำ

ได้ด้วยการเพิ่มแบตเตอรี่หรือไม่หุงข้าวในตอนเช้า คือ หุงตอนเย็นของวันก่อนหน้านั้นไว้แล้วค่อยอุ่นตอนเช้าของอีกวัน แต่งานวิจัยนี้ไม่ได้มีวัตถุประสงค์ที่จะยกเลิกการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า นั่นคือออกแบบให้ยังคงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในบางส่วน จึงไม่มีการทดลองเพิ่มแบตเตอรี่

และยังคงมีการหุงข้าวในตอนเช้าเป็นปกติ แต่อย่างไรก็ตามหากเกิดวิกฤติพลังงานไฟฟ้า หรือกระแสไฟฟ้าขัดข้องในพื้นที่ ไม่ว่าจะเป็นชั่วคราว รายชั่วโมง ตลอดทั้งวัน หรือหลายๆ วัน บ้านตัวอย่างนี้จะไม่ได้รับผลกระทบใดๆ ด้วยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการหุงข้าวให้สอดคล้องกับช่วงเวลาที่มิมีแสงแดดเท่านั้น

ตารางที่ 3 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมรายปีระหว่างปี 2555 ถึงปี 2559

ปี (พ.ศ.)	เซลล์แสงอาทิตย์ (หน่วย)	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (หน่วย)	รวม (หน่วย)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
2555	0	4,902	4,902	19,386.87
2556	380	4,607	4,987	19,614.20
2557	1,643	2,854	4,497	12,033.18
2558	2,668	1,881	4,549	7,350.53
2559	2,678	330	3,008	1,544.61

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารวมรายปีตั้งแต่ปี 2555 ถึงปี 2559 พบว่าในปี 2555 และ 2556 มีการใช้ไฟฟ้าปีละประมาณ 5,000 หน่วย แม้ปี 2556 จะมีการผลิตไฟฟ้าใช้เองบ้างแล้วก็ตาม แต่เมื่อถึงปี 2557 และ 2558 มีการใช้ไฟฟ้าจากการผลิตเองมากขึ้น การใช้ไฟฟ้ารวมลดลง และมีการใช้จากการไฟฟ้าลดลงด้วยเช่นกัน จนถึงปี 2559 การใช้ไฟฟ้ารวมเหลือเพียง 3,008 หน่วย โดยเป็นการผลิตเองถึง 2,678 หน่วยและใช้ของการไฟฟ้าเพียง 330 หน่วยเท่านั้น ซึ่งเท่ากับผลิตกระแสไฟฟ้าได้ถึงร้อยละ 89.03 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ดังนั้นในปี 2559 ที่ผลิตได้ 2,678 หน่วยนั้น เมื่อคำนวณโดยอ้างอิงค่าไฟฟ้ารวมภาษีมูลค่าเพิ่มของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในเดือนพฤษภาคม 2560 หน่วยละ 3.476 บาท พบว่าช่วยลดค่าไฟฟ้าที่จะต้องจ่ายให้กับการไฟฟ้าได้ 9,308.73 บาทต่อปี หากคำนวณต้นทุนค่าวัสดุอุปกรณ์ อ้างอิงราคาในท้องตลาดเมื่อพฤษภาคม 2562 มีราคารวมที่ 110,000 บาท พบว่าจะใช้เวลา

ประมาณ 11 ปีจึงจะคืนทุน แต่ระหว่างนั้นจะมีค่าแบตเตอรี่ที่เสื่อมเมื่อใช้งานถึงสามปีครึ่ง ทำให้ระยะคืนทุนยืดออกไปอีกเป็นประมาณ 13 ปี ส่วนอุปกรณ์อื่นๆ มีอายุการใช้งานยาวนานกว่าแบตเตอรี่ โดยเฉพาะแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีอายุการใช้งานมากกว่า 25 ปี

งานวิจัยนวัตกรรมการเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนนี้ นอกจากพัฒนาในส่วนของระบบสมาร์ตไฮบริดแล้วยังมีในส่วนของ การประหยัดไฟฟ้า โดยการเปลี่ยนใช้หลอดไฟแสงสว่างเป็นหลอดแอลอีดีแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ และใช้ระบบหมุนเวียนอากาศแทนเครื่องปรับอากาศด้วย ดังนั้นการประเมินประสิทธิผลของนวัตกรรมจึงใช้ข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาก่อนที่มีการพัฒนานวัตกรรม นั่นก็คือ ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในปี 2555 ที่มีค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายให้การไฟฟ้า 19,386.87 บาท กับช่วงหลังจากมีการพัฒนานวัตกรรม การเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนที่ค่าไฟฟ้า

ลดลงทุกปี จนถึงปี 2559 ซึ่งเป็นช่วงที่นวัตกรรมมีความสมบูรณ์ พบว่าค่าไฟฟ้าเหลือเพียง 1,544.61 บาท นั่นคือเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าปี 2559 กับปี 2555 จะประหยัดค่าไฟฟ้าได้เท่ากับ 17,824.26 บาทต่อปี เท่ากับประหยัดค่าไฟฟ้าได้ร้อยละ 91.94 ต่อปี และเมื่อคำนวณจากงบประมาณทั้ง 3 ส่วนรวมเป็น 113,000 บาท ทำให้ระยะเวลาคืนทุนเมื่อรวมงบค่าเปลี่ยนแบตเตอรี่ 1 ครั้ง ลดลงเหลือเพียงประมาณ 7 ปีเท่านั้น

อย่างไรก็ตามนวัตกรรมการเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนนี้ไม่ได้มีประสิทธิผลเพียงเพื่อทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าเท่านั้น แต่ยังช่วยรักษาความเสถียรของไฟฟ้าในครัวเรือน และสร้างความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้าได้อีกด้วย ดังคำกล่าวของสุวิทย์ ธรณินทร์พานิช เลขาธิการกลุ่มอุตสาหกรรมพลังงานทดแทน (กลุ่มอุตสาหกรรมพลังงานทดแทน, 2558) ที่ได้กล่าวไว้ว่า "การพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ต้องมีการกระจายตัวไปยังชุมชน ผลិតจุดไหนใช้ตรงนั้นจะลดการสูญเสีย และเกิดความตระหนักในคุณค่าพลังงาน" นั่นเอง

สรุป

ในช่วงปี 2555 ถึงปี 2558 ครัวเรือนตัวอย่างมีการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 4,902, 4,987, 4,497 และ 4,549 หน่วย ตามลำดับ ใช้สูงสุดในเดือนพฤษภาคมของทุกๆ ปี และต่ำสุดในเดือนกันยายนของทุกๆ ปี เช่นกัน สอดคล้องกับความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศ ในขณะที่ปลายปี 2556 มีการเปลี่ยนหลอดไฟแสงสว่างจากหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดแอลอีดีจึงทำให้ในปี 2557 จนถึงปี 2558 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงจากปี 2556 เหลือร้อยละ 8.52 ต่อปี ซึ่งมีการลดลงไม่มากแต่จะคุ้มทุนในเวลาเพียง 1 ปี 1 เดือนเท่านั้น นอกจากนี้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในบ้านตัวอย่างที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด

คือ เครื่องปรับอากาศในห้องนอนที่เปิดใช้งานช่วงเวลากลางคืน ใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยถึงร้อยละ 44.44 ของความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด และปี 2559 มีการเริ่มใช้ระบบหมุนเวียนอากาศแทนเครื่องปรับอากาศ ส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศในห้องนอนในเวลากลางคืนลดลงเหลือเพียงร้อยละ 7.19 ของความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด จึงทำให้ปี 2559 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดเหลือเพียง 3,008 หน่วย หรือลดลงจากปี 2556 ร้อยละ 33.11

นวัตกรรมการเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนใช้เวลาในการพัฒนา 3 ปี จนได้ส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน โดยมีส่วนที่ 1 คือการเปลี่ยนหลอดไฟแสงสว่างชนิดแอลอีดีทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ส่วนที่ 2 คือใช้ระบบหมุนเวียนอากาศทดแทนเครื่องปรับอากาศ ทำให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการปรับอากาศในห้องนอนในเวลากลางคืนได้ถึงร้อยละ 37.25 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด และส่วนที่ 3 คือ ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่เรียกว่า "โรงไฟฟ้าสมาร์ทโฮบริด" ซึ่งพัฒนาโดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์รวมขนาด 3,000 วัตต์ กริดไทอินเวอร์เตอร์ขนาด 2,000 วัตต์ และออฟกริดอินเวอร์เตอร์ขนาด 3,000 วัตต์

ประสิทธิผลของการใช้นวัตกรรมการเสริมสร้างพลังงานไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน ประเมินด้วยข้อมูลสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้า เปรียบเทียบระหว่างปี 2555 กับปี 2559 พบว่าประหยัดค่าไฟฟ้าได้เท่ากับ 17,824.26 บาทต่อปี หรือร้อยละ 91.94 ต่อปี และมีระยะคืนทุนที่ 7 ปี ทำให้เห็นได้ว่าภาคครัวเรือนสามารถพึ่งพาตนเองในด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยตัวเองได้ เปรียบเสมือนต้นไม้ทุกต้นในป่าที่สามารถสังเคราะห์แสงได้ด้วยตัวเองโดยไม่ต้องพึ่งพาต้นไม้ใหญ่ แม้พายุจะพัดต้นไม้เล็ก

ใหญ่ในป่าล้มลง ต้นไม้ที่เหลือรอดก็ยังคงอยู่ต่อไปได้ด้วยตัวเอง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คุณสุนีย์ สมสัน ที่ให้อาณูเคราะห์บ้านเลขที่ 69/1 ม.11 ต.ขนอม อ.ขนอม จ.นครศรีธรรมราช เป็นครัวเรือนตัวอย่างสำหรับการทดลองตลอดกระบวนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพลังงาน. 2554. **แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554 - 2573)**. เอกสารเผยแพร่, กระทรวงพลังงาน.

กลุ่มอุตสาหกรรมพลังงานทดแทน. 2558. **การดำเนินการด้านธุรกิจพลังงานทดแทน หลักสูตพลังงานสำหรับผู้บริหาร**. เอกสารเผยแพร่, สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย.

บริษัท เมเซอร์โทรนิคส์ จำกัด. 2559. **เครื่องทดสอบและวิเคราะห์แบตเตอรี่ชนิด Deep Cycle**. วารสาร **Semiconductor Electronics** (432): 43-51.

วรณัฐ แจ่มสว่าง. 2553. **พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy)**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2562. **สถานการณ์การใช้น้ำมันและไฟฟ้าในช่วง 2 เดือนแรกของปี 2562**. สถานการณ์การใช้ น้ำมันและไฟฟ้า. แหล่งที่มา: [http://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/situation-oil-electric?orders\[publishUp\]=publishUp&issearch=1](http://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/situation-oil-electric?orders[publishUp]=publishUp&issearch=1), 29 พฤษภาคม 2562.

ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา. 2560. **ภูมิอากาศจังหวัดนครศรีธรรมราช**. แหล่งที่มา: <http://climate.tmd.go.th/data/province/> ใต้ฝั่งตะวันออก/ภูมิอากาศนครศรีธรรมราช. pdf, 20 พฤศจิกายน 2560.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2561. **คู่มือแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (Power Development Plan: PDP)**. เอกสารเผยแพร่, กระทรวงพลังงาน.

Frederiks, E.R., Stenner, K. and Hobman, E.V. 2015. Household energy use: Applying behavioural economics to understand consumer decision-making and behaviour. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 41: 1385-1394.

Hersch, P. and Zweibel, K. 1982. **Basic Photovoltaic Principles and Methods**. U.S. Government Printing Office, Washington DC.

Karthikeyan, V., Rajasekar, S., Das, V., Karuppanan, P. and Singh, A.K. 2017. Grid-Connected and Off-Grid Solar Photovoltaic System. **Green Energy and Technology** : 125-157.

Lan, L., Tsuzuki, K., Liu, Y.F. and Lian, Z.W. 2017. Thermal environment and sleep quality. **Energy and Buildings** 149: 101-113.

Seldon, Y., Penjor, U., Puri, K.R. and Lhendup, T. 2016. Performance Analysis of an Off-Grid and Grid-Tied Solar Photo Voltaic System in Bhutan. **International Journal of Electronics, Electrical and Computational System** 5(5): 172-177.