

เครื่องต้นแบบตู้เย็นพลังงานแสงอาทิตย์

Solar Refrigerator Prototype

วิรัช กองสิน *

Wiruch Kongsin *

Received: 12 June 2019, Revised: 15 July 2019, Accepted: 21 April 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการออกแบบตู้เย็นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดประมาณ กว้าง 0.4 เมตร ยาว 0.33 เมตร สูง 0.54 เมตร สำหรับถนอมของสด โดยรับพลังงานไฟฟ้ามาจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อหาประสิทธิภาพพลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นที่เหมาะสมระหว่างตู้เย็นที่ไม่มีการควบคุมด้วยระบบควบคุมพีไอดีกับตู้เย็นที่มีการควบคุมด้วยระบบควบคุมพีไอดี โดยทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพจากผัก 5 ชนิด คือ แตงกวา มะเขือยาว พริกหวาน มะเขือเทศดิบ มะเขือเทศสุก ซึ่งอยู่ในกลุ่มผักสดที่ต้องใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษาอยู่ในช่วงประมาณ 8-10 องศาเซลเซียส โดยการทดลองใช้อุณหภูมิทำความเย็นที่ 8 องศาเซลเซียส ผลการวิจัยพบว่า การทำความเย็นให้กับผัก 5 ชนิดที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส แบบไม่มีการควบคุมด้วยระบบควบคุมพีไอดี ใช้แรงดัน 11.29 โวลต์ กระแส 0.40 แอมแปร์ กำลังไฟฟ้า 4.59 วัตต์ และ แบบมีการควบคุมด้วยระบบควบคุมพีไอดี ใช้แรงดัน 10.14 โวลต์ กระแส 0.27 แอมแปร์ กำลังไฟฟ้า 2.74 วัตต์ ทำให้ทราบว่าแบบควบคุมด้วยระบบควบคุมพีไอดี มีการใช้พลังงานน้อยกว่า 36.93 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ช่วงเวลาที่เก็บพลังงานเข้าสู่แบตเตอรี่ที่ดีที่สุดอยู่ที่ประมาณ 14.30 น. มีค่าความเข้มแสงที่ 32500 ลักซ์ ได้กักเก็บไฟฟ้าประมาณ 65 วัตต์ โดยแบตเตอรี่ขนาด 60 แอมแปร์ต่อชั่วโมงเก็บพลังงานไฟฟ้าในระยะเวลา 8 ชั่วโมง ได้กักเก็บไฟฟ้ารวมทั้งหมดเท่ากับ 580.53 วัตต์ หรือ กระแสไฟฟ้าที่ 48.37 แอมแปร์ ซึ่งเพียงพอกับการใช้สำหรับตู้เย็นภายใน 1 วัน และสามารถนำไปพัฒนาตู้เย็นพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไปในอนาคต นอกจากพลังงานจากแสงอาทิตย์แล้วตู้เย็นแบบมีการควบคุมด้วยระบบควบคุมพีไอดียังสามารถประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนแบบอื่นๆ ได้ เช่น พลังงานทดแทนจากลม พลังงานทดแทนจากน้ำ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งาน

คำสำคัญ: ตู้เย็น, พลังงานแสงอาทิตย์, พลังงานทดแทน

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ เลขที่ 450 หมู่ 6 ตำบลย่านยาว อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 72130

Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, 450 Moo 6, Yanyao, Samchuk, Suphan Buri 72130, Thailand.

* ผู้เขียนประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): wiruch.k@rmutsb.ac.th

ABSTRACT

This paper presented the design of a solar refrigerator of approximate $0.4 \times 0.33 \times 0.54$ meters for preserving fresh food by receiving electrical energy from the solar system. This was to explore suitable energy efficiency for refrigerating between the refrigerating system with and without PID control. The efficiency was analyzed from five types of vegetables, namely cucumber, eggplant, bell pepper, raw tomato, and ripe tomato. These vegetables needed to be stored at 8-10 degrees Celsius and this experiment employed 8 degrees Celsius temperature. The results of the research showed that the refrigerating system without PID control uses a voltage of 11.29 volts and a current of 0.40 amperes that was equal to the electric power of 4.59 watts. The refrigerating system with PID control uses a voltage of 10.14 volts and a current of 0.27 amperes that was equal to the electrical power of 2.74 watts. This showed that energy consumption of the system with PID control was less than 36.93 % of without PIC control. The best time for energy storage of the solar system was around 14.30 p.m. with a light intensity of 32500 lux and a power of about 65 watts. The 60 ampere-hour batteries storing power in eight hours were able to store total electricity power of 580.53 watts or the current of 48.37 amperes that was enough to use refrigerator for a day. This was also able to develop more efficient solar refrigerator in the future. In addition to the solar energy, refrigerator with the PID control system can apply to other alternative energy for more efficiency such as wind power and water power.

Key words: refrigerator, solar energy, renewable energy

บทนำ

ในปัจจุบัน ถ้าหากไม่มีการถนอมอาหาร ประชากรของประเทศไทยและโลกจะต้องประสบปัญหาการขาดแคลนอาหาร ในทางตรงกันข้าม บางพื้นที่อาจจะประสบปัญหาเกี่ยวกับผลผลิตล้นตลาด ในฤดูกาลการผลิต ราคาผลผลิตตกต่ำ ผลผลิตเกิดการเน่าเสีย การบริโภคอาหารในชีวิตประจำวันไม่ได้รับความสะดวก ประชาชนจำนวนมากในบางภาคของประเทศที่อยู่ห่างไกลจากทะเล อาจประสบปัญหาโรคคอพอกที่เกิดจากการขาดไอโอดีน ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านการถนอมอาหารเจริญขึ้น จึงทำให้ปัญหาต่างๆ ดังได้กล่าวมาแล้วลดลงอย่างมาก (ชมภู, 2550) โดยการถนอมอาหารมีหลายวิธีหนึ่งวิธีที่นิยมคือการใช้ความเย็น และอุปกรณ์ที่นิยมใช้คือ

ตู้เย็น เป็นอุปกรณ์อำนวยความสะดวกที่แทบทุกบ้านจะต้องมีไว้ใช้ ประโยชน์ที่สำคัญของตู้เย็นก็คือไว้ใช้เก็บอาหารให้ได้นานขึ้น ทั้งอาหารสดประเภทเนื้อสัตว์และผักสดต่างๆ และอาหารสำเร็จรูปที่อาจยังกินไม่หมดก็สามารถเก็บไว้ในตู้เย็น เพื่อยืดระยะเวลาการบูดเน่าได้ แต่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้า พลังงานที่ใช้ในปัจจุบันมีแนวโน้มลดลง ทำให้มนุษย์หาวิธีการที่จะลดการใช้พลังงานและหาพลังงานทดแทน โดยเฉพาะมาใช้แทนพลังงานเชื้อเพลิง ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นพลังงานอีกทางเลือก และเป็นพลังงานที่ไม่มีวันหมดและมีทุกหนทุกแห่ง อีกทั้งในการเปลี่ยนรูปพลังงานยังไม่ก่อให้เกิดมลพิษเป็นพลังงานที่สะอาด โดยเฉพาะแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เปลี่ยนแสงเป็นไฟฟ้าไม่ต้อง

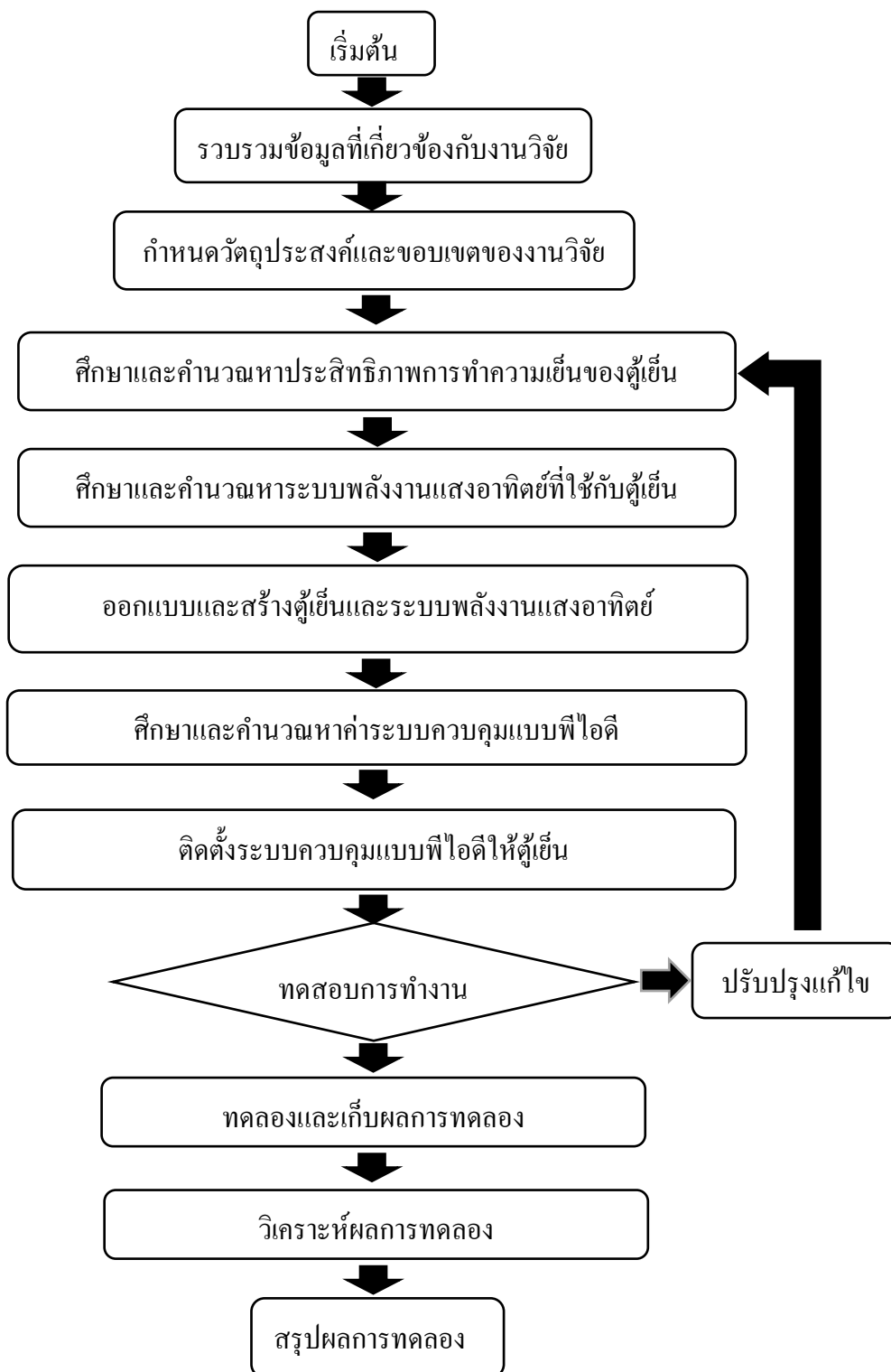
บำรุงรักษาและมีอายุการใช้งานยาวนานถึง 30 ปี ได้มีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในวงกว้างทำให้มีการลดการใช้ค่ากระแสไฟฟ้า (นพดล, 2557) ทำให้มีการคิดค้นระบบผลิตกำลังไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์โดยโซลาร์เซลล์ที่ใช้กับตู้เย็นเรียกว่า ตู้เย็นพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อประโยชน์ในการประหยัดพลังงานและใช้กับพื้นที่ที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีแนวความคิดที่จะศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของตู้เย็นไฟฟ้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้การควบคุมด้วยระบบควบคุมแบบพีไอดี จากงานวิจัย (บุญเลิศ, 2551) นำเสนอการศึกษาการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างตู้เย็นไฟฟ้ากับตู้เย็นไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1.7 กิโลวัตต์ 60 W อุณหภูมิที่ 5 องศาเซลเซียส พบว่า การลงทุนตู้เย็นไฟฟ้าลงทุน 3,500 บาท ตู้เย็นไฟฟ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ลงทุน 68,500 บาท ตู้เย็นไฟฟ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์ไม่เสียค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายเป็นค่าไฟฟ้า 894.25 บาทต่อปี และงานวิจัย (ปฐมพงศ์ และคณะ, 2557) นำเสนอศึกษาระบบทำน้ำร้อนและน้ำเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับโซลาร์เซลล์ โดยระบบใช้กำลังไฟฟ้าขนาด 210 วัตต์ โดยสามารถทำน้ำเย็นมี

อุณหภูมิต่ำสุดที่ 15.4 องศาเซลเซียส และทำน้ำร้อนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 66.9 องศาเซลเซียส มีสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) การชาร์จประจุไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มาสู่แบตเตอรี่ 82.08 เปอร์เซ็นต์ มีระยะเวลาคืนทุน 4 ปี 10 เดือน จากงานวิจัยทั้งสองเรื่องนี้ทำให้ทราบว่าตู้เย็นไฟฟ้าสามารถลดอุณหภูมิได้ต่ำกว่าระบบแบบเทอร์โมอิเล็กทริกส์โดยใช้พลังงานที่น้อยกว่า ดังนั้นจึงเลือกศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพจากตู้เย็นไฟฟ้า

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษา การออกแบบ และจัดสร้างตู้เย็นพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้โซลาร์เซลล์เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับแบตเตอรี่เพื่อนำกระแสไฟฟ้าให้กับคอมพิวเตอร์ โดยมีโซลาร์ชาร์จเจอร์เป็นตัวชาร์จประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ ออกแบบส่วนประกอบของตู้เย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ออกแบบและสร้างระบบตู้เย็นตามอุณหภูมิที่เหมาะสม จากนั้นจึงทำการทดลองและทดสอบหาประสิทธิภาพสูงสุดของระยะเวลาการใช้งานทางไฟฟ้า



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ออกแบบและคำนวณหาประสิทธิภาพการทำความเย็น

1.1 การคำนวณหาอุปกรณ์สำหรับระบบทำความเย็น

กำหนดขนาดตู้เย็นใช้เก็บผลิตภัณฑ์ในงานวิจัยมี ขนาดกว้าง 0.4 เมตร ยาว 0.33 เมตร สูง 0.54 เมตร หุ้มด้วยแผ่นโพลีสไตรีนหนา 10 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม $U = 0.28 \text{ W/m}^2\text{-K}$ (สุลักษณ์ และ ปริญญา, 2558) อุณหภูมิแวดล้อมภายนอกเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ในแต่ละวันจะทำความเย็นให้กับของสดหนัก 10 กิโลกรัม จากอุณหภูมิในการเก็บ 8 องศาเซลเซียส คำนวณภาระการทำความเย็น โดยไม่คิด ภาระความร้อนอื่นๆ ทั้งนี้ให้คิดจากการทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน

$$\text{พื้นที่ผิวภายนอกห้องเย็น} = 2(0.4 \times 0.33) + 2(0.33 \times 0.54) + 2(0.54 \times 0.4) = 1.128 \text{ ตารางเมตร}$$

ภาระความร้อนที่ผ่านผนัง

$$\dot{Q} = UA (T_o - T_i) = (0.28 \text{ W/m}^2\text{-K}) \times (1.128 \text{ m}^2) \times ((40+273) - (8+273) \text{ K}) = 10.10 \text{ W}$$

ภาระความร้อนจากอากาศภายนอกเข้ามา

$$\dot{Q} = mh = (2.3 \text{ l/s}) \times (0.1359 \text{ kJ/l}) = 0.312 \text{ W}$$

ภาระความร้อนของผลิตภัณฑ์

$$\dot{Q} = mC_p (T_j - T_z) / t = 10 \text{ kg} \times 3.94 \text{ kJ/kg-K} \times ((40+273) - (8+273) \text{ K}) / (24 \times 3600 \text{ s}) = 0.0146 \text{ W}$$

ภาระความร้อนจากการคายน้ำ

$$\dot{Q} = m \times RR = (10 \text{ kg}) \times (0.023 \text{ W/kg}) = 0.23 \text{ W}$$

ภาระความร้อนรวม

$$\text{ภาระความร้อนรวม} = 10.10 + 0.312 + 0.0146 + 0.23 = 10.66 \text{ W}$$

$$\text{คิดค่าความปลอดภัย 5 \%} = (10.66 \times 1.05) \text{ W} = 11.19 \text{ W}$$

ขนาดของเครื่องทำความเย็น

$$\text{ขนาดของเครื่องทำความเย็นที่ต้องการ } Q = 24 Q_e / T$$

$$Q = 24 \text{ hr} \times 11.19 \text{ W} / 24 \text{ hr} = 1.19 \text{ W (ค่าความปลอดภัย 10\%)}$$

(เลือกคอมเพรสเซอร์ขนาด 12 V/24 V, 18 W, 2000 rpm ซึ่งมีขนาดเล็กสุด)

$$\text{ปริมาตรภายในห้องเย็น} = 0.4 \times 0.33 \times 0.54$$

$$= 0.071 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

จากตารางค่าปริมาณอากาศที่เข้ามาจากการเปิดประตูแปรผันตามขนาดห้อง ได้ค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลเข้าของอากาศภายนอก โดยการเทียบที่ปริมาตรภายในเท่ากับ 0.071 ลูกบาศก์เมตร ได้อัตราการไหลเข้าของอากาศภายนอกเท่ากับ 2.3 l/s (สุลักษณ์ และ ปริญญา, 2558)

ถ้าให้อากาศภายนอกมี RH เท่ากับ 50% และอุณหภูมิภายนอกห้องเย็น 40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในห้องเย็น 8 องศาเซลเซียส ได้ค่าตัวประกอบเอนทัลปีที่เปลี่ยนแปลง (กรณีใช้งานหลัก) เท่ากับ 0.1359 kJ/l (สุลักษณ์ และ ปริญญา, 2558) และที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ได้ค่าอัตราการคายน้ำของสดรายวันเท่ากับ 0.023 W/kg (สุลักษณ์ และ ปริญญา, 2558) โดยฝักมีค่าความร้อนจำเพาะเท่ากับ 3.94 kJ/kg-K (สุลักษณ์ และ ปริญญา, 2558)

1.2 การเลือกอุปกรณ์สำหรับระบบทำความเย็น (ตระการ, 2555)

การเลือกคอนเดนซิงยูนิท

คอนเดนซิงยูนิทโดยทั่วไปจะใช้สำหรับปริมาณความเย็นไม่มากนัก ในกรณีที่ต้องการปริมาณความเย็นมาก จะต้องเลือกอุปกรณ์มา

ประกอบกัน แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงการเลือกคอนเดนซิงยูนิทก่อน ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการเลือกคอนเดนซิงยูนิทพิจารณา ดังนี้ อุณหภูมิไอวาโปรเรเตอร์ ระบบทำความเย็น การระบายความร้อน อุณหภูมิคอยล์ร้อน และ ปริมาณ ความ เย็น ที่ ตี อ ง ก า ร

ตารางที่ 1 การเลือกจำนวนชั้นตอน

อุณหภูมิไอวาโปรเรเตอร์ (°C)	จำนวนชั้นตอน (Stage)
สูงกว่า -25	1
-25 ถึง -40	2
-40 ถึง -80	3

อุณหภูมิไอวาโปรเรเตอร์ได้จากการเลือกไอวาโปรเรเตอร์เย็นมาก่อน โดยอุณหภูมิไอวาโปรเรเตอร์เป็นตัวกำหนดระบบทำความเย็น จากตารางที่ 1 เลือก

แบบหนึ่งชั้นตอนเนื่องจากต้องการอุณหภูมิสูงกว่า -25 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2 การเลือกอุณหภูมิคอยล์ร้อน

ระบายความร้อน	อุณหภูมิ(°C)
อากาศ	50-60
น้ำ	40

จากข้อมูลตารางที่ 2 ให้เลือกคอนเดนซิงยูนิทสำหรับตู้เย็น ใช้อากาศระบายความร้อน ซึ่งเป็นคอมเพรสเซอร์กระแสดตรงขนาด 12 โวลต์ 18 วัตต์ ซึ่งเป็นขนาดเล็กสุดและเพียงพอต่อขนาดตู้เย็นที่ออกแบบ

การเลือกคอยล์เย็น

คอยล์เย็น เป็นอุปกรณ์ที่จะให้ความเย็นกับตู้เย็น เพื่อให้ห้องมีอุณหภูมิและความชื้นตามที่ออกแบบไว้ ขนาดตู้ : ขนาดความกว้าง ยาว และสูงของตู้ จะใช้พิจารณาว่า

- คอยล์เย็นที่จะเลือกสามารถติดตั้งภายในตู้ได้หรือไม่

- ความต้องการที่จะให้ลมเย็นส่งไปถึงท้ายตู้ได้หรือไม่

- การกระจายลมทั่วถึงภายในตู้หรือไม่ซึ่งอาจจะทำให้ต้องใช้คอยล์เย็นหลายชุด

การเลือกคอยล์เย็น นอกจากจะพิจารณาสิ่งที่กล่าวมาข้างต้น ยังต้องพิจารณาระยะห่างระหว่างฟินอีกด้วย ระยะห่างฟินน้อย เมื่อใช้กับห้องอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียสและความชื้นต่ำ น้ำแข็งจะเกาะที่ฟินเร็ว ทำให้ประสิทธิภาพต่ำ จึงควรเลือกระยะฟินมากขึ้น ข้อเสนอแนะ ระยะฟินไม่น้อยเกิน 4.5 มิลลิเมตร ความชื้นสูง ที่อุณหภูมิใดๆ ดังนั้นจากตารางเลือกคอยล์เย็น จึงเลือกขนาดที่ใช้กับ

คอมเพรสเซอร์ 1/3 แรงม้า ขนาดความเย็น 1,150 BTU/HR

การเลือกอุปกรณ์ลดความดัน

จากตารางเลือกอุปกรณ์ลดความดันตามขนาดที่ใช้กับคอมเพรสเซอร์ 1/3 แรงม้า ขนาดความเย็น 1,150 BTU/HR โดยใช้รุ่นที่ความดันเท่ากันภายนอก ซึ่งจะทำให้การทำงานของวาล์วลดความดันโดยอุณหภูมิ (thermal expansion value) ทำงานได้ดีขึ้น โดยไม่ต้องกังวลถึงความดันตกในคอลล์เย็น

2. การออกแบบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับ

ตู้เย็น (นพดล, 2557)

คำนวณระบบโซลาร์เซลล์ เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าให้กับตู้เย็นไอโซนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ตู้เย็นใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 18 วัตต์

2.1 การคำนวณหาขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ค่าการใช้พลังงานใน 1 วัน = ค่าการใช้พลังงานทั้งหมด $\times$ ชั่วโมงการใช้งาน

ค่าการใช้พลังงานใน 1 วัน = $18 \times 24 = 432$ วัตต์

ขนาดของแผง = ค่าการใช้พลังงานใน 1 วัน / ชั่วโมงการรับแสงประมาณ 6 ชั่วโมงต่อวัน

ขนาดของแผง = $432 / 6 = 72$ วัตต์ (เลือกแผง 100 วัตต์ 12 โวลต์)

2.2 การคำนวณหาขนาดเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า (charger)

ทำหน้าที่เก็บประจุกระแสไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ ทำให้ยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ได้ ซึ่งต้องมีขนาดเท่ากับหรือมากกว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจากแผงโซลาร์เซลล์สู่แบตเตอรี่ ดังนั้นขนาดของเครื่องควบคุมการเก็บประจุกระแสไฟฟ้าควรมีขนาดเกินกระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์

ขนาดเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า = ขนาดของแผง/แรงดันไฟฟ้าของแผง

ขนาดเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า = $100 / 12 = 8.33$ แอมป์

(เลือกใช้เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าขนาด 15 แอมป์)

2.3 การคำนวณหาขนาดแบตเตอรี่ (battery)

ทำหน้าที่เก็บสำรองไฟฟ้าในเวลาที่ไม่สามารถรับแสงได้ (เช่น ในเวลากลางคืน) แบตเตอรี่ที่เหมาะสมกับการใช้งานในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ deep cycle แต่จะมีราคาสูง ซึ่งเราสามารถเลือกใช้แบตเตอรี่ชนิดอื่นแทนได้ เช่น แบตเตอรี่รถยนต์ หรือแบตเตอรี่แห้ง ซึ่งจะมีราคาถูกกว่า

ขนาดแบตเตอรี่ = ค่าการใช้พลังงานใน 1 วัน / แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ $\times 0.6$ (การใช้งานกระแสไฟฟ้าในแบตเตอรี่) $\times 0.85$ (ประสิทธิภาพ inverter)

ขนาดแบตเตอรี่ = $432 / (12 \times 0.6 \times 0.85) = 70.58$ Ah (เลือกขนาด 75 Ah)



ภาพที่ 2 เครื่องต้นแบบตู้เย็นพลังงานแสงอาทิตย์

3. การหาค่าระบบควบคุมแบบพีไอดี (วโรคม, 2550)

การควบคุมระบบทำความเย็นของตู้เย็นพลังงานแสงอาทิตย์ จะควบคุมมอเตอร์ของคอมเพรสเซอร์ด้วยระบบควบคุมแบบพีไอดี โดยการใส่โปรแกรมแมทแลบ/ซิมูลิงค์ ช่วยในการทดสอบ

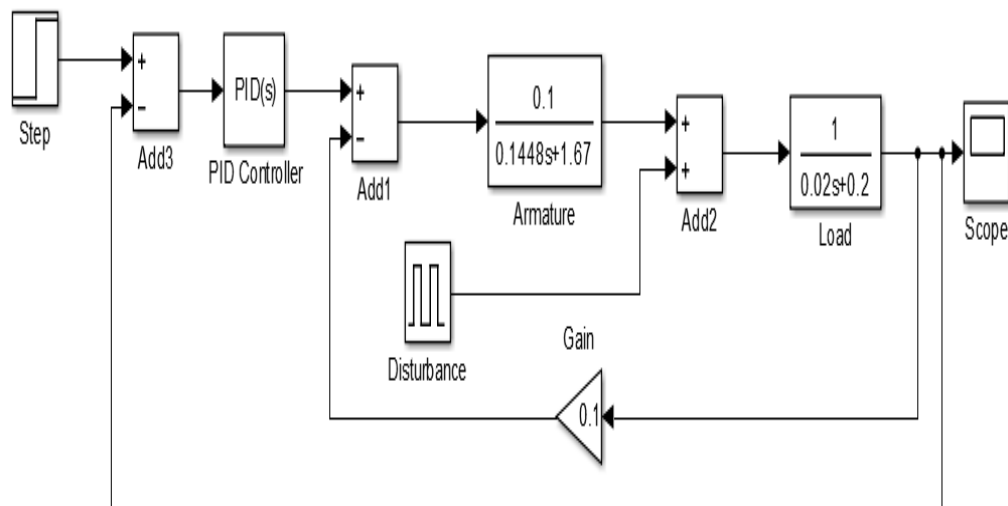
ระบบที่ทราบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ เพื่อหาค่าเกณฑ์ของตัวควบคุมแบบพีไอดี โดยใช้วิธีการซีเกลอร์นิโคลแล้วใช้โปรแกรมแมทแลบ/ซิมูลิงค์ ทดสอบผลของการใช้ตัวควบคุมที่ได้กับระบบดังกล่าว

ตารางที่ 3 ค่าพารามิเตอร์คอมเพรสเซอร์

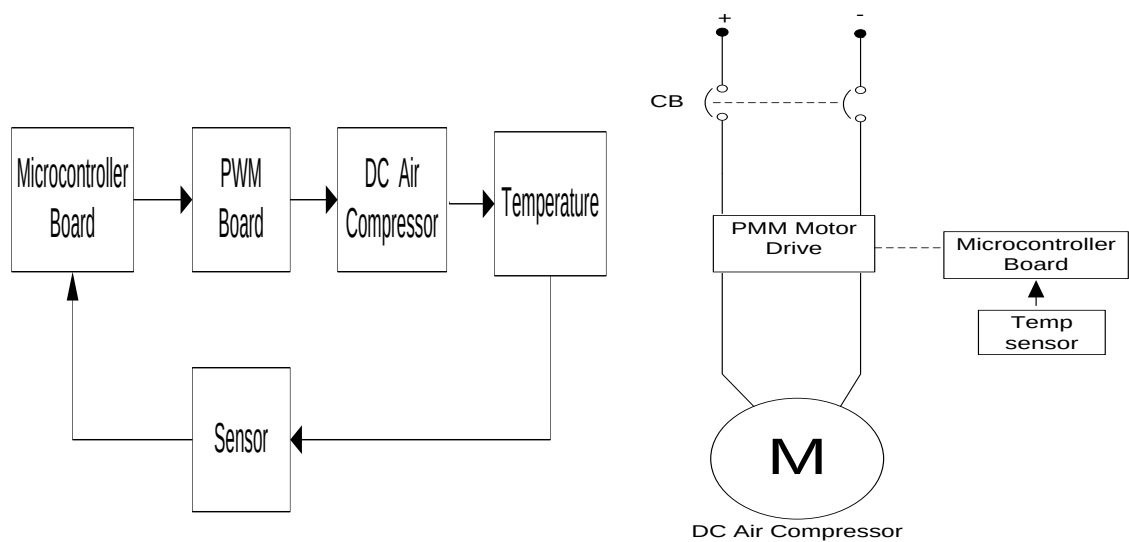
ตัวแปร	ค่าของตัวแปร
พิกัดแรงดัน	12 V/24 V
พิกัดกระแส	3.58 A
พิกัดกำลังงาน	43 W
ความเร็วรอบสูงสุด	2,000 rpm
ความต้านทานขดลวดอะเมเจอร์	1.67 Ω
ความเหนี่ยวนำขดลวดอะเมเจอร์	0.1448 H
ความเฉื่อยของอะเมเจอร์	0.02 kg.m ² /s ²
แรงเสียดทานสถิต	0.2 N.m.s
K_a, K_t	1

จากค่าพารามิเตอร์คอมเพรสเซอร์ในตารางที่ 3 นำมาหาค่าเกนที่เหมาะสมด้วยวิธีการซีเกลอร์นิโคล เพื่อใช้ในการควบคุมระบบด้วยการควบคุมแบบพีไอดี โดยการปรับจูนเกนเพื่อหาค่าของระบบซึ่งได้ค่า $K_p = 3$, $K_i = 2$, $K_d = 0.05$ ซึ่งเป็นค่าเกนที่ทำให้

ให้เกิดโอเวอร์ไม่เกิน 5% ผลตอบสนองมีการพุ่งเกินที่ค่อนข้างต่ำ ผลดีก็คือระบบค่อนข้างปลอดภัยจากการพุ่งเกินของผลตอบสนอง และได้ผลตอบสนองที่มีความเร็ว



ภาพที่ 3 แบบจำลองสำหรับหาผลตอบสนองในการควบคุมแบบพีไอดี



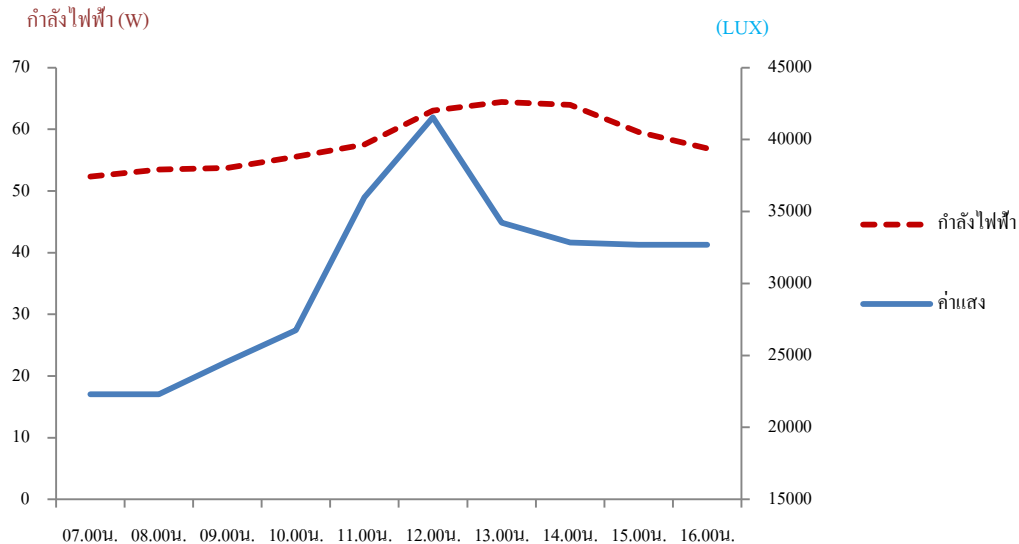
ภาพที่ 4 ระบบควบคุมการทำงานในการควบคุมระบบทำความเย็น

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. การทดลองการชาร์จพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์

การใช้โซลาร์เซลล์ 120 วัตต์ ในการชาร์จ แบตเตอรี่ 60 แอมแปร์ ในระยะเวลา 1 วัน หรือ 10

ชั่วโมง จากการคำนวณได้กระแสทั้งหมด ซึ่งเป็น กระแสที่สามารถทำการชาร์จแบตเตอรี่ให้ได้ ประสิทธิภาพให้พร้อมใช้งาน เฉลี่ยภายใน 5 วัน

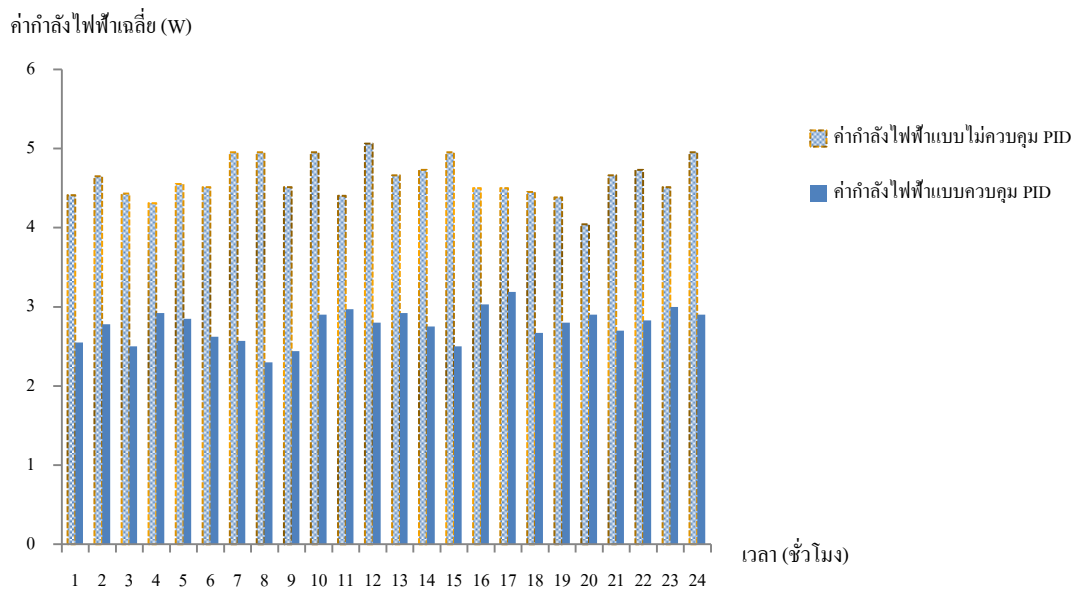


ภาพที่ 5 ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าในการเก็บพลังงาน

จากกราฟในภาพที่ 5 จะเห็นได้ว่าช่วง ประมาณ 12.30 น. ค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงจะมากที่สุดประมาณ 43000 ลักซ์ ได้ค่ากำลังไฟฟ้าประมาณ 60 วัตต์ แต่ไม่ใช่ช่วงเวลาเก็บพลังงานได้สูงสุด เนื่องจากความร้อนมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าลดลง (ทงนเกียรติ, 2559) เวลาที่เก็บพลังงานที่สูงสุดอยู่ที่ประมาณ 14.30 น. มีค่าความเข้มแสงที่ 32500 ลักซ์ ได้ค่ากำลังไฟฟ้าประมาณ 65 วัตต์ และเวลาที่เก็บพลังงานต่ำที่สุดอยู่ที่เวลา 07.00 น. มีค่าความเข้มแสงที่ 22000 ลักซ์ ได้ค่ากำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 52.36 วัตต์

2. การทดลองการใช้งานของผู้เฝ้าที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส (เฉลี่ย) ไม่มีการควบคุมด้วยพีไอดีและควบคุมด้วยพีไอดี

การเก็บผลการทดลองจะทำการวัด แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการเก็บผลการทดลองเป็นเวลา 10 วัน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยเริ่มเก็บค่าเมื่อระบบทำความเย็นของผู้เฝ้ามีอุณหภูมิอยู่ที่ 8 องศาเซลเซียส ในกรณีที่ไม่มีผลิตภัณฑ์ในตู้เย็น ทั้งแบบระบบไม่มีการควบคุมด้วยพีไอดีและควบคุมด้วยพีไอดี



ภาพที่ 6 กำลังไฟฟ้าขณะใช้งานตู้เย็น

จากกราฟในภาพที่ 6 การเปรียบเทียบผลการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างที่ไม่ควบคุมกับที่ควบคุมด้วยระบบฟuzzy แบบที่ไม่ควบคุมด้วยระบบฟuzzy จะใช้พลังงานรวมใน 24 ชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 92.25 วัตต์ เมื่อเทียบกับอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับตู้เย็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับที่ต้องใช้อินเวอร์เตอร์ใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่า (Akinola *et al.*, 2015) ส่วนแบบที่ควบคุมด้วยระบบฟuzzy จะใช้พลังงานรวมใน 24 ชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 54.96 วัตต์ ทำให้ทราบว่า การควบคุมด้วยฟuzzy ทำให้ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่าแบบที่ไม่ควบคุมด้วยระบบฟuzzy กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 37.29 วัตต์ เกิดจากระบบที่ควบคุมด้วยฟuzzy สามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในค่าที่ต้องการมากที่สุดและจัดการกับสัญญาณรบกวนต่าง ๆ จึงส่งผลต่อการใช้กำลังไฟฟ้าของตู้เย็นลดลงถ้ามีการใส่ผลิตภัณฑ์ในตู้เย็น กำลังไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ใส่เข้าไปในตู้เย็น (Ekren *et al.*, 2011)

สรุป

การทดสอบประสิทธิภาพตู้เย็นที่ไม่ควบคุมด้วยระบบฟuzzy โดยเฉลี่ยอุณหภูมิของตู้เย็นที่ 8 องศาเซลเซียส โดยผักที่ใช้มี 5 ชนิด ได้แก่ แตงกวา มะเขือยาว พริกหวาน มะเขือเทศดิบ และมะเขือเทศสุก ซึ่งอยู่ในกลุ่มผักสดที่ต้องใช้อุณหภูมิในการเก็บรักษาอยู่ในช่วงประมาณ 8-10 องศาเซลเซียส โดยตู้เย็นแบบที่ไม่ควบคุมด้วยระบบฟuzzy โดยเฉลี่ยใช้กระแส 0.40 แอมแปร์ แรงดัน 11.29 โวลท์ กำลังไฟฟ้า 4.59 วัตต์ และแบบที่ควบคุมด้วยระบบฟuzzy โดยเฉลี่ยใช้กระแส 0.27 แอมแปร์ แรงดัน 10.14 โวลท์ กำลังไฟฟ้า 2.74 วัตต์ จะเห็นได้ว่าการควบคุมแบบที่ควบคุมด้วยระบบฟuzzy สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 1.84 วัตต์ และมีอัตราควบคุมความเย็นในตู้เย็นที่สม่ำเสมอ ทำให้มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีขึ้น

แผงโซลาร์เซลล์ 120 วัตต์ เวลาที่เก็บพลังงานเข้าสู่แบตเตอรี่ที่ดีที่สุดอยู่ที่ประมาณ 14.30 น. มีค่าความเข้มแสงที่ 32500 ลักซ์ ได้ค่ากำลังไฟฟ้า

ประมาณ 65 วัตต์ และเวลาที่เก็บพลังงานต่ำที่สุดอยู่ที่เวลา 07.00 น. มีค่าความเข้มแสงที่ 22000 ลักซ์ ได้ค่ากำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 52.36 วัตต์ โดยในการชาร์จแบตเตอรี่ขนาด 60 แอมแปร์ ในระยะเวลา 8 ชั่วโมงจากการคำนวณได้กำลังไฟฟ้ารวมทั้งหมดเท่ากับ 580.53 วัตต์ ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าที่สามารถทำการชาร์จแบตเตอรี่ที่ 48.37 แอมแปร์ ซึ่งเพียงพอกับการใช้สำหรับตู้เย็นภายใน 1 วัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากผู้มีพระคุณอย่างสูงหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมทุกท่าน ที่ได้กรุณาแก้ปัญหาและเสริมสร้างกำลังใจในการวิจัยตลอดมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งจึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- ชมภู ยิ้มโต. 2550. การถนอมอาหาร: Food Preservation. โอเคียนส์โตร์, กรุงเทพฯ.
- ตระการ ก้าวไกลกรรม. 2555. การทำความเย็นตอนที่ 2-3 อุปกรณ์ทำความเย็นแบบอัดไอ. วารสารเทคนิค เครื่องกล ไฟฟ้า อุตสาหการ 21(238): 136-144.
- ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. 2559. ระบบระบายความร้อนด้วยอากาศในเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกำลังไฟฟ้า. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. แหล่งที่มา: <https://www.nnr.nstda.or.th/website/attachments/article/1034/10-Solarพลังงานแสงอาทิตย์.pdf>, 14 ธันวาคม 2559.

นพดล รุ่งสวาท. 2557. การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์. ส่วนวิชาการวิศวกรรม สำนักส่งเสริม และพัฒนางานเทคนิค กรมประชาสัมพันธ์. แหล่งที่มา: https://hq.prd.go.th/engineer/download/article/article_20150720153823.pdf, 28 มีนาคม 2557.

บุญเลิศ สงวนวัฒนา. 2551. การศึกษาตู้เย็นไฟฟ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร 14(2): 59-68.

ปฐมพงศ์ จิโน, ธีรายุ ปิ่นทอง และ โกเมน หมายมั่น. 2557. การศึกษาระบบทำน้ำร้อนและน้ำเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ ร่วมกับโซลาร์เซลล์. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 19(3): 231-243.

วโรดม ตูจินดา. 2550. การออกแบบระบบควบคุม. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุลักษณ์ มงคล และ ปริญญา คงกระพันธ์. 2558. ห้องเย็นเก็บผลผลิตทางการเกษตร. การจัดการพลังงานในภาคเกษตรกรรม วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้. แหล่งที่มา: <http://readgur.com/doc/2105408/วิชา-พง-424-การจัดการพลังงานในภาคเกษตรกรรม>, 15 พฤษภาคม 2558.

Akinola, A.O., Mogaji, T.S. and Adewole, K.A. 2015. Development of Solar-Powered Mobile Refrigerator. **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering** 5(9): 1-6.

Ekren, O, Yilanci, A., Cetin, E. and Ozturk, H.K. 2011. Experimental Performance Evaluation of A Pv-Powered Refrigeration System.

Electronics and Electrical Engineering

8(114): 7-10.