



ระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก Air Compressor System of Solar Energy for Small Industry

ศรายุทธ จิตรพัฒนานกุล*, กฤษณะ จันทสิทธิ์, ธีรวัฒน์ ชื่นอัสดงคต

Sarayut Chitphutthanakul, Kritsana Chantasit, Teerawat Chuenatsadongkot

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี 22000

Department of Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology, Rambhai Barni Rajabhat University,
Chanthaburi 22000 Thailand

*Corresponding author E-mail: sarayut134@gmail.com

(Received: June 26 2019.; Revised : August 24 2019.; Accepted : September 20 2019)

บทคัดย่อ

ในการทำวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานปั๊มลมด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในแต่ละช่วงเวลา โดยใช้ภาชนะบรรจุลมขนาด 36 ลิตร ติดตั้งมอเตอร์ไม่มีชุดแปลงถ่าน (Brushless DC Motor) 24 โวลต์ 350 วัตต์ ขนาด 500 รอบ ขับด้วยมู่เล่ ขนาด 3 นิ้ว ไปยังปั๊มลูกสูบ ขนาดมู่เล่ตัวตาม 6 นิ้ว ด้วยแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 325 วัตต์ จำนวน 1 แผง ผ่านตู้ควบคุมภายในติดตั้งฟิวส์ไฟฟ้ากระแสตรง เซอร์กิตเบรกเกอร์ และอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอกทางไฟฟ้า (Surge Protector) มอนิเตอร์แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และ กำลังไฟฟ้า สวิตช์แบบปรับหมุน ไฟโซลาร์สถานะในตำแหน่งปิด และตำแหน่งเปิดของระบบ พบว่า หลังติดตั้งระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ทดสอบการทำงานในช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 17.00 น. โดยเฉลี่ย 6 ครั้งใน 1 ชั่วโมง วัดปริมาณ ความเข้มแสง ปริมาณแรงดันไฟฟ้า ปริมาณกระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ และปริมาณความเร็วรอบของมอเตอร์ โดยช่วงเวลาการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ ช่วงเวลา 13.00 น. ใช้ระยะเวลาการบรรจุลมลงในภาชนะขนาด 36 ลิตรด้วยเวลา 7.42 นาที ด้วยแรงดัน 36.85 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 7.23 แอมแปร์ กำลังไฟฟ้า 259.26 วัตต์ และความเร็วรอบ 426.80 รอบต่อนาที

คำสำคัญ : ปั๊มลม, พลังงานแสงอาทิตย์, อุตสาหกรรมขนาดเล็ก

Abstract

This research aimed to study the development of small air compressor system of solar energy and to compare the efficiency of air compressor with DC motor in each of the deviation. The system was implemented by installation brushless DC motor, 24 volts, 350 watts, 500 rpm with 36-liter air storage tank. It was driven by 3-inch pulley to 5-inch pulley pump with one solar panel, 325 watts through the installed current probes, circuit breaker and surge protector, monitor displaying voltage electric current and electric power, rotation switch, the light showing on and off of the system. It was found that after the installation of air compressor systems solar energy for small industry. The test conducted from 08.00 a.m. to 05.00 p.m., average 6 times an hour. The measurement of the light intensity of quantity of voltage, the quantity of electricity power from the solar panels, the quantity and the speed of the motor showed that the highest efficiency was 01.00 p.m. It took 7.42 minutes to fill air into the 36-liter air storage tank with pressure 36.85 volt, electricity 7.23 ampere, power 259.26 watts and the speed 426.80 rpm.

Keywords : Air Compressor, Solar Energy, Small Industry



บทนำ

เครื่องอัดอากาศหรือปั๊มลมแบบลูกสูบ (Reciprocating Compressors) เครื่องอัดอากาศประเภทนี้ส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็ก ใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องยนต์ขนาดเล็ก โดยมีสายพานเป็นอุปกรณ์ถ่ายทอดกำลังงานไปสู่เครื่องอัดเพื่อให้ลูกสูบเคลื่อนที่อัดอากาศให้มีปริมาตรเล็กลง และความดันของอากาศสูงขึ้น อากาศอัดจะถูกส่งไปเก็บไว้ในภาชนะบรรจุลมก่อนที่จะนำไปใช้งานต่อไป โดยเครื่องอัดอากาศประเภทนี้ส่วนใหญ่ จะระบายความร้อนด้วยอากาศ ดังนั้นบริเวณรอบ ๆ เสื้อสูบของเครื่องอัดจึงทำเป็นแผ่นครีป (Vane) เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการระบายความร้อนให้มากยิ่งขึ้น การเคลื่อนที่ของลูกสูบในจังหวะอัดแต่ละครั้งจะทำให้อากาศหรือแก๊สเกิดการอัดตัวขึ้น เมื่ออากาศถูกอัดตัว โมเลกุลของอากาศจะเกิดการเสียดสีกันทำให้อากาศที่ถูกอัดมีความร้อนสูงขึ้น ดังนั้นอากาศที่ถูกอัดก่อนที่จะถูกนำไปยังภาชนะอัดอากาศ จึงต้องมีการระบายความร้อนออกก่อน เพื่อป้องกันอันตรายจากความร้อนซึ่งจะทำให้ชิ้นส่วนภายในเครื่องอัดอากาศได้รับความเสียหาย อากาศอัดดังกล่าวเมื่อถูกนำไปเก็บในภาชนะอัดอากาศจะยังมีความร้อนเหลืออยู่ เมื่ออากาศอัดภายในภาชนะบรรจุลมอากาศเย็นตัวลง ก็จะทำให้ไอน้ำกลั่นตัวเป็นหยดน้ำอยู่ในภาชนะเก็บอัดอากาศ ซึ่งจะก่อให้เกิดความเสียหายได้ในขณะที่นำอากาศไปใช้งาน จึงต้องมีการระบายน้ำส่วนนี้ออกไปจากภาชนะเก็บอัดอากาศ ก่อนที่จะมีการใช้งานอยู่เสมอ (ไอ เอ็นเนอร์ยี กรุ๊ป, 2558)

ผู้วิจัยได้ศึกษาการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากเป็นพลังงานสะอาด ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสภาพแวดล้อม โดยปัจจุบันระบบปั๊มลมนั้นได้มีการนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ทั้งในระดับครัวเรือน และระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก อาทิเช่น ใช้สำหรับเป่ากรองอากาศรถยนต์ เพิ่มระดับแรงดันของล้อยางรถยนต์หรือมอเตอร์ไซด์ และนำไปใช้ในอุตสาหกรรมประกอบอาหาร เป็นต้น ทางคณะผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาเชื่อมต่อ เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) ทดแทนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) เนื่องจากมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้หลักการเหนี่ยวนำมอเตอร์จึงจะทำงาน ซึ่งจะต้องใช้กระแสไฟฟ้าปริมาณสูงในการทำงาน ด้วยการนำปั๊มลม จำนวน 1 ลูกสูบ ขนาดภาชนะบรรจุลม ขนาด 36 ลิตร ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ขนาด 1/4 แรงม้า ติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบด้วย แผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 325 วัตต์ จำนวน 1 แผง มอเตอร์ไม่มีชุดแปลงถ่าน (มอเตอร์บัสเลส) ขนาด 24 โวลต์ 350 วัตต์ เพื่อทดแทนระบบเดิม ซึ่งระบบจะทำงานโดยใช้กระแสไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ และอาศัยความเข้มแสงจากดวงอาทิตย์ไปขับมอเตอร์ให้ปั๊มลมทำงานนำลมที่ได้บรรจุลงในภาชนะเก็บ ตลอดระยะเวลาในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง และเกิดการพึ่งพาตนเองในการดำเนินงาน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พิจารณาที่จะศึกษาการพัฒนาระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เพื่อเป็นเครื่องมือต้นแบบในการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนในภาคอุตสาหกรรม เกิดการอนุรักษ์ และสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากภาครัฐ อีกทั้งยังเป็นการช่วยลดสภาวะโลกร้อนได้เป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างระบบปั๊มลมมอเตอร์กระแสสลับกับมอเตอร์กระแสตรง

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาและพัฒนาระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้แหล่งพลังงานสะอาด โดยนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 350 วัตต์ บรรจุลมลงในภาชนะบรรจุลม ขนาด 36 ลิตร โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยและระยะเวลาเก็บข้อมูลในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเมษายน แบ่งวิธีการดำเนินการวิจัย 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ศึกษาข้อมูลอุปกรณ์การจัดสร้างระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

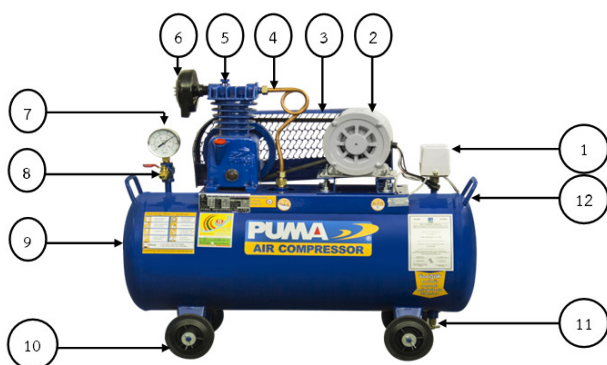
ศึกษาข้อมูลและอุปกรณ์ในการจัดสร้างระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก โดยศึกษาลักษณะของอุปกรณ์ต่างๆ ที่สำคัญ เช่น รูปแบบของปั๊มลมที่นำมาใช้กับงานวิจัย โดยเลือกใช้ปั๊มลมขนาด 1/4 แรงม้าภาชนะบรรจุลม ขนาด 36 ลิตร ยี่ห้อ PUMA รุ่น PP1-PM แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ขนาด 1 ลูกสูบ ร่วมกับแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 325 วัตต์ จำนวน 1 แผง และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Brushless DC Motor) ขนาด 350 วัตต์ ชุดแทนสำหรับยึดตู้ควบคุม วัตต์มิเตอร์ เพื่อแสดงค่าพิกัดแรงดันไฟฟ้ากระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ตลอดจนทฤษฎีต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดสร้างระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กได้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 การศึกษาปั๊มลมที่ใช้สำหรับโครงการวิจัย

ปั๊มลมที่นำมาใช้ในโครงการวิจัยเป็นปั๊มลมขนาด 1/4 แรงม้า ภาชนะบรรจุลม ขนาด 36 ลิตร ยี่ห้อ PUMA รุ่น PP1-PM แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ รายละเอียดดังภาพที่ 1 โดยมีอุปกรณ์ควบคุมการทำงานผ่านสวิตช์ควบคุมแรงดัน (Pressure Switch) ขนาดแรงดัน 220 โวลต์ สามารถปรับแรง



ต้นภายในภาชนะบรรจุลมได้ตามต้องการที่ระดับ 5-7 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร (kg/cm²) (1) มอเตอร์ขนาด ¼ แรงม้า (0.25 กิโลวัตต์) ขนาดแรงดัน 220 โวลต์ จำนวนขั้ว ขนาด 4 ขั้ว (Pole) ความถี่ 50/60 เฮิรตซ์ ความเร็วรอบ 1,440 รอบ/นาที (2) ขนาดสายพานเบอร์ 26 นิ้ว ขับด้วยมู่เล่ ขนาด 3 นิ้ว ไปยังปั๊มลูกสูบขนาดมู่เล่ตัวตาม 6 นิ้ว พร้อมอุปกรณ์ชุดป้องกันการหมุนของสายพาน (3) ท่อลมขนาดเชื่อมต่อระหว่างชุดปั๊มลูกสูบแรงดันลมกับภาชนะพักสำหรับบรรจุลม (4) วาล์วสำหรับให้แรงดันลมไหลผ่าน ด้วยแรงดันลม ขนาด 1 ลูกสูบ ขนาดลูกสูบ 51 มิลลิเมตร และขนาดช่วงชัก 38 มิลลิเมตร ปริมาณลม 58.80 ลิตรต่อนาที แรงที่กระทำต่อวัตถุหรือสสารต่อพื้นที่ขนาด Single Stage ขนาด 7-10 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (kg/cm²) ความเร็วรอบ 650 รอบ/นาที (5) ช่องลมเข้าภายในมีอุปกรณ์กรองสิ่งสกปรก (6) เกจวัดแรงดันลมภายในภาชนะพักลมขนาด ¼ นิ้ว ขนาดแรงดัน 7 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (kg/cm²) หรือ 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) (7) วาล์วสำหรับจ่ายแรงดันลมผ่านท่อสายลมพียูหรือสายลมโพลียูรีเทนขนาด 8*5 มิลลิเมตร (8) ภาชนะบรรจุลมขนาด 260*700 มิลลิเมตร สามารถบรรจุลมได้ปริมาณ 36 ลิตร รับแรงดันได้ 20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และผ่านการทดสอบที่ระดับแรงดันสูงสุดที่ระดับ 30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (9) ล้อสำหรับเคลื่อนย้ายจำนวน 4 ล้อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ½ นิ้ว (10) วาล์วสำหรับระบายน้ำหรือความชื้นที่อยู่ภายในภาชนะบรรจุลม เพื่อป้องกันการกัดกร่อน (11) และหลากหลายภาชนะบรรจุลม สำหรับเคลื่อนย้าย (12) ซึ่งปั๊มลดังกล่าวเป็นขนาดเล็กสุดเหมาะสำหรับนำไปใช้ในครัวเรือนหรือร้านให้บริการเติมลมสำหรับรถจักรยานหรือมอเตอร์ไซด์ขนาดเล็ก สะดวกต่อการบำรุงรักษา



ภาพที่ 1 ปั๊มลมขนาด ¼ แรงม้า 1 สูบ
ภาชนะบรรจุลมขนาด 36 ลิตร

ลักษณะการใช้งาน พบว่า ปั๊มลมทำงานได้โดยใช้มอเตอร์ขนาด ¼ แรงม้า (0.25 กิโลวัตต์) เป็นตัวขับเคลื่อนมู่เล่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ไปยังมู่เล่ของปั๊มลม ขนาด 6 นิ้ว โดยใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ ขนาด 220 โวลต์ 1 เฟส ก่อนการใช้งานให้ดึงวาล์วสำหรับปิดกั้นทางลมขึ้นก่อนทุกครั้ง โดยเมื่อปั๊มลมเริ่มทำงานจะใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 4.77 นาที ในการบรรจุลมลงในภาชนะ เมื่อถึงระดับแรงดันลมที่ระดับ 4.8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kg/cm²) อุปกรณ์ตรวจเช็คระดับแรงดัน จะตัดการทำงานทันที และเมื่อระดับแรงดันลมภายในถึงถูกระบายออกไปที่ระดับ 3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ปั๊มลมจะกลับมาทำงานอีกครั้ง โดยใช้ระยะเวลา 2 นาที ซึ่งหลังการใช้งานควรหมั่นถ่ายน้ำภายในภาชนะบรรจุลมอย่างสม่ำเสมอก่อนใช้งานเป็นประจำ และควรตรวจสอบระดับน้ำมันของปั๊มลมให้อยู่ในระดับพอดีกับจุดสังเกตของปั๊มลม เนื่องจากปั๊มลมเป็นระบบลูกสูบ ทำให้ต้องหมั่นตรวจเช็คให้ปั๊มลมทำงานได้เป็นอย่างดี

1.2 การศึกษาชุดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงบัสเลส (Brushless DC Motor) ดังภาพที่ 2 ซึ่งเป็นมอเตอร์ไม่มีชุดแปลงถ่าน ขนาด 24 โวลต์ 350 วัตต์ จำนวน 1 ตัว อัตราทด 6:1 จำนวน 3,000 รอบต่อนาที มอเตอร์แบบนี้จะถูกติดตั้งแทนที่มอเตอร์เดิมของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ โดยต่อผ่านชุดกล่องควบคุมการทำงานของมอเตอร์ ส่วนบนของมอเตอร์จะมีชุดเกียร์ โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย เช่น ใช้ในงานระบบสูบน้ำ รถไฟฟ้าหรืองานที่ต้องการใช้ทดแทนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นต้น

BLDC 24V 350W



ภาพที่ 2 ชุดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Brushless DC Motor)



ลักษณะการใช้งาน พบว่า เมื่อต้องการนำแบตเตอรี่ไปใช้งาน โดยทั่วไปนั้นมียูต์ด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบที่มีวงจรควบคุม (Driver) ภายในกับภายนอก ซึ่งหากมีวงจรควบคุมภายในมาแล้วก็เพียงพอแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้ถูกขั้ว (ขั้วบวก + และ ขั้วลบ -) แต่ถ้าหากไม่มีวงจรควบคุมมา จำเป็นอย่างยิ่งจะต้องต่อมอเตอร์ แบตเตอรี่ผ่านกล่องวงจรควบคุมการทำงาน โดยในปัจจุบันมีระดับแรงดันที่ใช้งานตั้งแต่ 24 โวลต์ขึ้นไป และกำลังมอเตอร์ตั้งแต่ขนาด 350 500 และ 750 วัตต์ ขึ้นไป ซึ่งการใช้งานสามารถต่อได้โดยตรงกับแหล่งจ่ายพลังงาน เช่น แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง แบตเตอรี่ หรือพลังงานสะอาด เช่น พลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ พลังงานลม เป็นต้น

1.3 การศึกษาชุดระบบพลังงานแสงอาทิตย์

แผงโซลาร์เซลล์ที่นำมาใช้เป็นแบบผลึกรวม (Poly Crystalline) มีขนาดความกว้าง 992 มิลลิเมตร ยาว 1960 มิลลิเมตร และสูง 40 มิลลิเมตร ขนาดกำลังวัตต์สูงสุดที่ผลิตได้ 325 วัตต์ ยี่ห้อ Suntech รุ่น STP325-24/vfw จำนวน 1 แผงสำหรับติดตั้งด้านหลังคา เพื่อใช้ในการรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ เป็นระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Stand Alone System) หรือระบบออฟกริด (Off Grid) ซึ่งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ คือ ระบบที่ผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์โดยไม่ต้องเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย ข้อดีของระบบ คือ ไม่ยุ่งเกี่ยวกับระบบของการไฟฟ้า ทำให้เมื่อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าดับ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระยังคงมีไฟฟ้าใช้งานได้ ข้อเสียของระบบดังกล่าวคือ ต้องใช้แบตเตอรี่เพื่อสำรองพลังงานในการใช้งานตอนกลางคืน (นครินทร์ รินผล, 2559)

1.4 การศึกษาชุดอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอกทางสายไฟฟ้า

การป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่าโดยการติดตั้งระบบเสาต่อฟ้าและสายดิน จะสามารถป้องกันได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากความต้านทานดินที่เกิดขึ้นตอนปักแท่งกราวด์ลงในดินอาจจะบดบังศักย์ไฟฟ้าปริมาณมหาศาลไม่ทัน ทำให้มีแรงดันส่วนหนึ่งไหลย้อนเข้าไปในระบบและทำความเสียหายกับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ จึงต้องติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอกเพิ่มเข้าไปในระบบ ซึ่งนอกจากสามารถป้องกันไฟกระชอกจากฟ้าผ่าได้มากขึ้นแล้วยังป้องกันไฟกระชอกอื่นๆ ได้ เช่น ไฟกระชอกจากการปลดสับ Capacitor Bank สามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดจากแรงดันไฟฟ้ากระชอก แรงดันไฟฟ้าเกินชั่วขณะ แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดจากฟ้าผ่าหรือฟ้าแลบ แรงดันไฟฟ้าสูงฉับพลันที่เกิดจากการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ และแรงดันไฟฟ้าสูงฉับพลันที่เกิดจากการตัด-ต่อ หรือการลัดวงจรในระบบสายส่ง

ไฟฟ้าเป็นต้น โดยจะป้องกันไฟกระชอกได้ 2 ลักษณะ คือ ไฟกระชอกแบบช่วงสั้นหรือ Transient (บางครั้งเรียกว่า Surge) เช่น รูปคลื่นมาตรฐาน 8/20 ไมโครวินาที ไฟกระชอกแบบช่วงยาวหรือ Swell (Surge) ที่เกิดตามธรรมชาติและในระบบไฟฟ้า 50 เฮิร์ตซ์ ความสามารถในการควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำส่วนที่เกินขึ้นไปให้มีค่าคงที่ โดยดูดกลืนพลังงานเหนี่ยวนำ ที่เข้ามาทางระบบไฟฟ้าเข้าไปภายในตัวเองส่วนหนึ่ง และอีกส่วนหนึ่งส่งถ่ายพลังงานเหนี่ยวนำไปลงที่ระบบดิน จนทำให้เกิดความปลอดภัย (เน็คเทค เว็ป เบส เลือร์นนิ่ง, 2561)

1.5 การศึกษาชุดฟิวส์สำหรับโซลาร์เซลล์

ฟิวส์เป็นอุปกรณ์ป้องกันโดยทำหน้าที่เหมือนตัวนำตัวหนึ่งในวงจรไฟฟ้า เมื่อเกิดกระแสเกินปกติ (Overload Current) หรือกระแสลัดวงจร (Short Circuit Current) มีค่ามากกว่ากระแสที่ฟิวส์ทนได้ (Fuse's Current Rating) จะทำให้ฟิวส์ขาด (Blown Fuse) ทำให้วงจรขาดและกระแสไม่ไหลอีกต่อไป เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์และผู้ใช้อุปกรณ์ ฟิวส์แตกต่างจากเบรกเกอร์ตรงที่ ฟิวส์เมื่อทำการตัดวงจรออกแล้ว จะใช้งานต่อไปไม่ได้ ต้องทำการเปลี่ยนฟิวส์ใหม่ ส่วนเบรกเกอร์เมื่อตัดวงจรแล้ว สามารถรีเซ็ตแล้วใช้งานได้ต่อไปอีก อย่างไรก็ตาม ฟิวส์มีราคาถูกกว่าและให้ความเสถียรภาพและรวดเร็วในการตัดวงจรได้ดีกว่าเบรกเกอร์ นอกจากนี้ฟิวส์ทุกชนิดสามารถป้องกันทั้งกระแสเกินปกติ (Overload Current) และกระแสลัดวงจร (Short Circuit Current) แต่เบรกเกอร์นั้นโดยส่วนใหญ่จะออกแบบมาเพื่อป้องกันกระแสเกินปกติ (Overload Current) อย่างเดียวเท่านั้น ไม่สามารถจะป้องกันกระแสที่อันตรายอย่างกระแสลัดวงจร (Short Circuit Current) ได้ (โซลาร์เจน, 2558)

1.6 การศึกษาชุดเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Breaker)

ชุดเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Breaker) เป็นอุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้ากระแสตรงที่สำคัญอย่างหนึ่งสำหรับระบบวงจรโซลาร์เซลล์ ซึ่งเบรกเกอร์จะทำหน้าที่ควบคุมการไหลผ่านของพลังงานไฟฟ้า ซึ่งการเลือกใช้งานเบรกเกอร์นั้น จะขึ้นอยู่กับวงจรที่ต้องการใช้งานเป็นหลัก ซึ่งมีหลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นระบบแรงดันสูง หรือระบบที่จะต้องเน้นการไหลผ่านของกระแส เป็นต้น การเชื่อมต่อสายไฟของเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีลักษณะการต่อที่สำคัญ คือ ต้องต่อสายไฟขั้วบวกที่ด้านซ้ายของ DC Breaker และขั้วลบที่ด้านขวาของ DC Breaker ห้ามต่อสลับขั้วเพราะจะทำให้ DC Breaker ไหม้ และให้ต่อสายไฟจากบนลงล่าง เพราะด้านบนของ DC Breaker เป็นทางไฟเข้า ส่วนด้านล่างเป็นทางไฟออก



ส่วนที่ 2 ศึกษาออกแบบชุดควบคุมระบบปั๊มลม พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

2.1 ศึกษาและออกแบบขนาดมอเตอร์ สายพาน และ
แผงโซลาร์เซลล์ ระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรม
ขนาดเล็ก เช่น วิเคราะห์โครงสร้างของปั๊มลมเพื่อหาขนาดมอเตอร์
ต้นกำลัง ขนาดความยาวสายพาน และขนาดแผงโซลาร์เซลล์ที่จะนำ
มาจัดสร้าง โดยขนาดความเร็วรอบของมอเตอร์บัสเลส 24 โวลต์
350 วัตต์ มีขนาดความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที มีขนาดมอเตอร์ของ
ปั๊มลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 นิ้ว สามารถนำมา
ติดตั้งทดแทนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในตำแหน่งเดิมได้ทันที
โดยสามารถคำนวณหารายละเอียดของอุปกรณ์ได้ดังต่อไปนี้
(ทีเอ็นกรุ๊ป, 2560)

1. ขนาดของมอเตอร์ปั๊มลม

$$MP \cdot MR = LP \cdot LR \quad (1)$$

เมื่อ

MP คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมอเตอร์
ของต้นกำลัง (มอเตอร์)

MR คือ ความเร็วรอบของต้นกำลัง (มอเตอร์)

LP คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมอเตอร์
ของโหลด (ปั๊มลม)

LR คือ ความเร็วรอบของโหลด (ปั๊มลม)

เมื่อต้องการหาขนาดมอเตอร์ต้นกำลัง (มอเตอร์บัสเลส)
โดยนำขนาดมอเตอร์ปั๊มลมมาคำนวณ จะสามารถนำสมการที่ 1 คำนวณ
หาได้ดังนี้

$$MP = (LP \cdot LR) / MR$$

$$MR = (6 \cdot 250) / 500$$

$$LP = 3 \text{ นิ้ว}$$

ดังนั้น ขนาดของมอเตอร์ต้นกำลัง (มอเตอร์บัสเลส) มีค่า
เท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 3 นิ้ว

2. ขนาดของสายพาน

$$L = 2C + 1.57(MP + LP) + ((MP + LP)^2 / 4C) \quad (2)$$

เมื่อ

L คือ ขนาดความยาวของสายพาน

C คือ ระยะห่างระหว่างเพลาดำกับ
เพลาดำตาม

MP คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมอเตอร์
ของต้นกำลัง (มอเตอร์)

MR คือ ความเร็วรอบของต้นกำลัง (มอเตอร์)

LP คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมอเตอร์ของโหลด
(ปั๊มลม)

LR คือ ความเร็วรอบของโหลด (ปั๊มลม)

เมื่อต้องการหาขนาดความยาวของสายพานจะสามารถ
นำสมการที่ 2 คำนวณหาได้ดังนี้

$$\begin{aligned} L &= 2(9.5) + 1.57(3 + 6) + ((3 + 6)^2 / 4(9.5)) \\ &= 19 + 14.13 + 2.13 \\ &= 35.26 \text{ นิ้ว หรือ } 36 \text{ นิ้ว} \end{aligned}$$

ดังนั้น ขนาดของสายพานมีค่าเท่ากับ 35.26 นิ้ว
แต่เนื่องจากขนาดสายพานดังกล่าวไม่มีจำหน่าย จึงต้องใช้สายพาน
ขนาด 36 นิ้ว

3. ขนาดของแผงโซลาร์เซลล์

เนื่องจากความต้องการของมอเตอร์บัสเลส
มีขนาดแรงดัน 24 โวลต์ 350 วัตต์ ดังนั้นแผงโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสม
ต่อการใช้งาน คือ ค่าแรงดันของแผงโซลาร์เซลล์มีขนาดเป็น 1.5
เท่าของระบบ

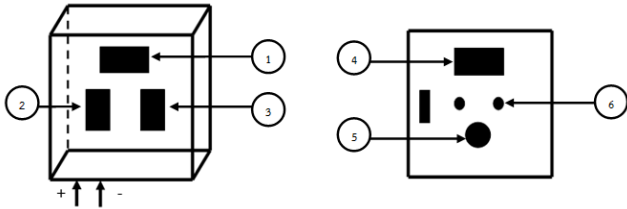
ขนาดแรงดันแผงโซลาร์เซลล์ $24 \cdot 1.5$ หรือ
เท่ากับ 36 โวลต์

ดังนั้น ขนาดของแรงดันแผงโซลาร์เซลล์ที่
เหมาะสมต่อการใช้งานมีค่าเท่ากับ 36 โวลต์ ขึ้นไป โดยสังเกตที่ค่า
VOC (Open-Circuit Voltage) ของแผงโซลาร์เซลล์

เมื่อทำการคำนวณหาคุณลักษณะอุปกรณ์ที่
นำมาต่อเป็นชุดระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า อุปกรณ์
ทั้งหมดของระบบมีรายละเอียดประกอบด้วย โซลาร์เซลล์ขนาด
325 วัตต์ จำนวน 1 แผง มอเตอร์ตัวขับ (มอเตอร์บัสเลส) ขนาด 3 นิ้ว
1 ตัว และสายพานขนาดความยาว 36 นิ้ว จำนวน 1 เส้น โดยจะ
สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพในช่วงเวลาที่แผงโซลาร์เซลล์
มีระดับความเข้มแสงสูงสุดด้วยระยะเวลาเฉลี่ย 4-5 ชั่วโมงต่อวัน

2.2 ศึกษาและออกแบบชุดควบคุมกระแสไฟฟ้า
ระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก
เช่น วิเคราะห์หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงผ่าน
กล่องควบคุม ขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมเพื่อนำกระแส
ไฟฟ้าที่ได้มาขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Brushless DC
Motor) วิธีการประกอบติดตั้งชิ้นส่วนของมอเตอร์ และให้ระบบฯ
สามารถแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า
เพื่อทราบการทำงานของระบบฯ ได้ โดยมีกล่องควบคุมที่นำมาใช้
เก็บอุปกรณ์เป็นโลหะกันน้ำมีขนาดความกว้าง 25 เซนติเมตร
ยาว 35 เซนติเมตร และลึก 15 เซนติเมตร ดังภาพที่ 3 ภายใน
ตู้ออกแบบสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ 2 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่ 1
ทำการติดตั้งฟิวส์ไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน
พิกัด เซอร์กิตเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับตัดต่อวงจรไฟฟ้า
ระบบการทำงาน และอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากทางไฟฟ้า
(Surge Protector) เพื่อป้องกันในกรณีที่เกิดไฟกระชากรุนแรง (1)

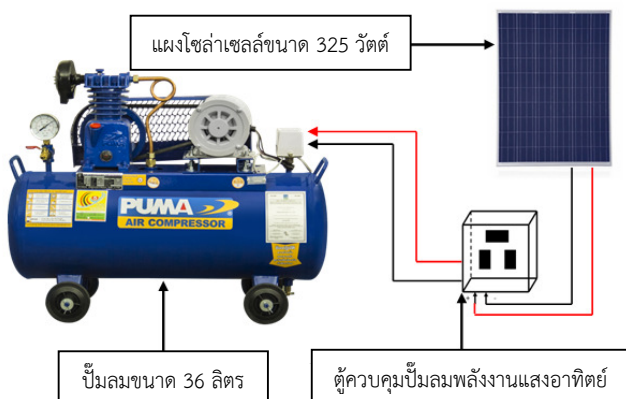
ส่วนที่ 2 ติดตั้งชุดควบคุมการทำงานของมอเตอร์บัสเลส ขนาด 24 โวลต์ 350 วัตต์ (2) ส่วนที่ 3 เป็นชุดเทอร์มินอล สำหรับเชื่อมต่อสายไฟฟ้า (3) อีกทั้งยังมีส่วนสนับสนุนการทำงานของระบบ ได้แก่ มอนิเตอร์แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า (4) เพื่อให้ทราบสถานการณ์ทำงาน สวิตช์แบบปรับหมุน (5) ไฟโซว์สถานะในตำแหน่งปิด และตำแหน่งเปิดของระบบ (6) เพื่อให้ผู้ใช้งานสะดวกและเข้าใจการทำงานอย่างง่าย



ภาพที่ 3 แบบจำลองตู้ควบคุมระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนภายใน และภายนอก

ส่วนที่ 3 การจัดสร้างระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

การจัดสร้างระบบปั๊มลมพร้อมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 1 ชุด ตามรูปแบบที่กำหนดดังภาพที่ 4 โดยติดตั้งชุดอุปกรณ์หลักมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทดแทนในตำแหน่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ให้สามารถทำงานได้ โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่บนหลังคา หันแผงโซลาร์เซลล์ไปทางทิศใต้ มุมลาดเอียง 15-17 องศา ถ่ายภาพลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานและจดบันทึกข้อมูลที่สำคัญ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์แนวทางแก้ไขในเบื้องต้น ตามรูปแบบของการติดตั้งระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด



ภาพที่ 4 แบบจำลองระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

ส่วนที่ 4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

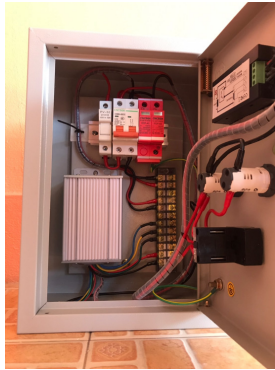
หลังจากดำเนินการติดตั้งระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กแล้ว เพื่อให้การวิจัยมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงทำการวิเคราะห์ผลการวิจัยด้วยหลักทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของการใช้งานและการรวบรวมข้อมูล โดยการเก็บข้อมูลกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ตั้งแต่เวลา 08.00 - 17.00 น. โดยวัดค่าความเข้มแสง แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา โดยเฉลี่ย 6 ครั้งใน 1 ชั่วโมง ประเมินประสิทธิภาพในด้านพลังงาน ประสิทธิภาพระบบปั๊มลม การใช้งานระบบปั๊มลม ต้นทุนที่ใช้สร้างระบบปั๊มลม และสมรรถนะการใช้งาน

ผลการวิจัย

1. ผลการจัดสร้าง และศึกษาการใช้งานระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

1.1 ผลการการจัดสร้างระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

ผลการจัดสร้างระบบควบคุมปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า อุปกรณ์ที่ควบคุมระบบการทำงานจะถูกติดตั้งลงในกล่องโลหะกันน้ำพร้อมช่องระบายความร้อนขนาดความกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 35 เซนติเมตร และลึก 15 เซนติเมตร ดังภาพที่ 5 โดยทำการติดตั้งฟิวส์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 32 แอมแปร์ 100 โวลต์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 32 แอมแปร์ 120-500 โวลต์ อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอกทางไฟฟ้า (Surge Protector) ขนาด 20 กิโลแอมแปร์ 1000 โวลต์ ชุดควบคุมการทำงานของมอเตอร์บัสเลส ขนาด 24 โวลต์ 350 วัตต์ ชุดเทอร์มินอลขนาด 25 แอมแปร์ 600 โวลต์ มอนิเตอร์แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าขนาด 100 แอมแปร์ 100 โวลต์ สวิตช์แบบปรับหมุนขนาด 6 แอมแปร์ 250 โวลต์ และไฟโซว์สถานะในตำแหน่งปิด และตำแหน่งเปิดขนาด 27 มิลลิแอมแปร์ 24 โวลต์ ซึ่งภายในถูกเชื่อมต่อกับสายไฟขนาด 1*2.5 ตารางมิลลิเมตร



ภาพที่ 5 ตู้ควบคุมระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์
ภายใน และภายนอก

การติดตั้งระบบควบคุมการทำงานของระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการใช้กระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นหลัก โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 325 วัตต์ จำนวน 1 แผง ขับมอเตอร์บัสเลส ขนาด 350 วัตต์ 24 โวลต์ โดยเมื่อแผงโซลาร์เซลล์รับพลังงานจากแสงอาทิตย์เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า แรงดันและกระแสไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านสายไฟ (PV1-F) ขนาด 1*4 ตารางมิลลิเมตร เข้ามายังตู้ควบคุมผ่านหัวต่อ (MC4) ขั้วบวก (+) และขั้วลบ (-) ที่อยู่ด้านล่างตัวตู้ แล้วเข้าไปที่ฟิวส์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ และอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากทางไฟฟ้า (Surge Protector) หลังจากนั้น ตู้ควบคุมจะทำงานได้โดยสวิทช์เปิด-ปิดด้านหน้าพร้อมไฟแสดงสถานะ โดยจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากตู้ควบคุมไปยังกล่องควบคุมแรงดันลมที่ตัวภาชนะบรรจุลม ซึ่งมีอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์บัสเลสขับให้มอเตอร์หมุนตามค่าแรงดัน และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์



ภาพที่ 6 มอเตอร์บัสเลสปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์

ผลการติดตั้งมอเตอร์บัสเลสปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์ ดังภาพที่ 6 พบว่า ตำแหน่งจุดติดตั้งมอเตอร์บัสเลสสามารถติดตั้งทดแทนมอเตอร์เดิมที่มาจากโรงงาน โดยการขันน็อตยึดมอเตอร์ยังตำแหน่งฐานยึดทั้ง 4 ด้านให้แน่นหนา ไม่ให้ตัวมอเตอร์บัสเลสขยับไปมาได้ขณะทำงาน ซึ่งสายพานที่ใช้มีขนาด 36 นิ้ว ขนาดมูเล่ปั๊มลม (ตัวตาม) ขนาด 6 นิ้ว และมูเล่มอเตอร์บัสเลส (ตัวขับ) ขนาด 3 นิ้ว หมุนไปตามด้านขวาของปั๊มลมตามค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์

ผลการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เพื่อรับพลังงานแสงอาทิตย์ระบบปั๊มลม พบว่า ตำแหน่งติดตั้งของแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 325 วัตต์ ที่เหมาะสม คือ หลังคาของอาคารจอดรถคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (อาคาร 8) ซึ่งเป็นหลังคาเมทัลชีต โครงสร้างหลังคาหันไปทางใต้ และมีความลาดเอียงประมาณ 15-20 องศา ดังภาพที่ 7 ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เป็นอย่างมาก ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้ง วสท. 022013-59 เรื่อง มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย : ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาด้านมุมมองระหว่าง 15-20 องศา สำหรับติดตั้งเมื่อเทียบกับทิศใต้ (True South) ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบ (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2561) และเป็นจุดที่เหมาะสมสำหรับนำปริมาณลมที่ได้ไปใช้งาน เช่น เติมนลมสำหรับรถมอเตอร์ไซด์ รถยนต์ หรือการเป่าฝุ่นในกรอองอากาศรถยนต์ เป็นต้น



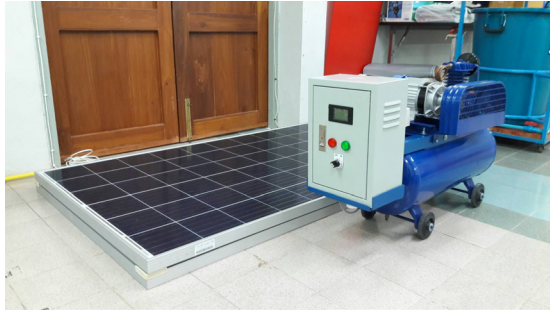
ภาพที่ 7 จุดติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์หลังคาของอาคารจอดรถ
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เริ่มต้นจากนำขายึดหลังคาเมทัลชีตแบบยิงสกรู (Metal sheet roof, Bolt system) วางบนสันนูนของแผ่นเมทัลชีต ด้วยการเจาะสกรูลงไปให้ยึดกับคานของอาคาร นำรางอะลูมิเนียม (Aluminum Rail) วางบนขายึดหลังคาเพื่อติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ไปตามแนวยาว หลังจากนั้น นำอุปกรณ์จับยึดด้านข้างแผงโซลาร์เซลล์ (End Clamp Solar Module) ให้แน่นไม่สามารถขยับตัวได้ และยังเป็นการป้องกันกระแสลมพัดพาแผงโซลาร์เซลล์ให้ตกหล่นไปยังด้านล่างอีกด้วย



1.2 ผลการศึกษาการใช้งานระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

หลังติดตั้งระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่ามีขั้นตอนการใช้งาน ดังภาพที่ 8 ซึ่งเริ่มต้นจากการตรวจสอบความเรียบร้อยของสายไฟ และจุดเชื่อมต่อของอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานโดยสามารถเริ่มดำเนินงานในช่วงเวลา 08.00 เป็นต้นไป จนถึงช่วงเวลา 17.00 น. เนื่องจากปั๊มลมจะรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง เพื่อขับปั๊มให้ทำงาน



ภาพที่ 8 ระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

การใช้งานเริ่มต้นโดยทำการเปิดสวิตช์ควบคุมการทำงานที่กล่องควบคุมระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์ไปที่ตำแหน่ง “On” เพื่อเปิดระบบให้อุปกรณ์ภายในกล่องควบคุมทำงาน สังเกต

สถานะไฟแสดงการทำงานจะเปลี่ยนจากตำแหน่งสีแดง มาอยู่ในตำแหน่งสีเขียว มอนิเตอร์แสดงผลในส่วนแสดงค่าแรงดัน ค่ากระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ ปั๊มลมขนาดมอเตอร์บัสเลสขนาด 350 วัตต์ จะเริ่มทำงานเมื่อมีแรงดันตั้งแต่ 24 โวลต์ เป็นต้นไป ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มแสงที่ตกกระทบแผงโซลาร์เซลล์ โดยจะมีความเร็วรอบที่แตกต่างกันและแต่ละช่วงเวลาความเร็วสูงสุดที่ 3,000 รอบต่อนาที ด้วยอัตราทด 6:1 (500 รอบต่อนาที) เมื่อปั๊มลมทำงานลมที่ได้จะถูกนำไปเก็บลงในภาชนะบรรจุลมขนาด 36 ลิตร โดยจะหยุดการทำงานอัตโนมัติที่ระดับแรงดันลม 4.8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ด้วยอุปกรณ์เซ็นเซอร์ระดับแรงดันลมภายในภาชนะบรรจุลม โดยที่ขณะปั๊มลมทำงานหากมีเงาบังแผงโซลาร์เซลล์ ก็จะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบด้วย

1.3 ผลการทดสอบระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

ผลการทดสอบระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก พบว่า การทดสอบโดยทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 17.00 น. เฉลี่ย 6 ครั้งใน 1 ชั่วโมง อุณหภูมิโดยเฉลี่ย 32-35 องศาเซลเซียส วัดปริมาณความเข้มแสง ปริมาณแรงดันไฟฟ้า ปริมาณกระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ และปริมาณความเร็วรอบของมอเตอร์บัสเลสได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

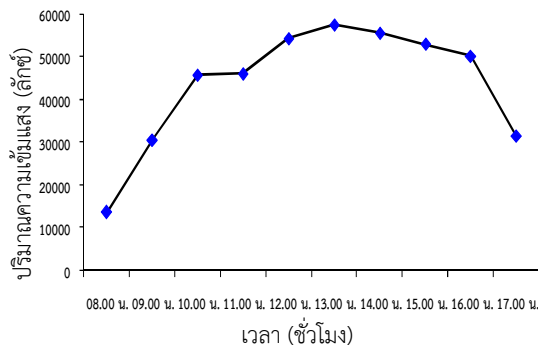
ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มแสง (ลักซ์)	ค่าแรงดัน (โวลต์)	ค่ากระแส (แอมแปร์)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)
08.00 น.	13,548	17.93	1.63	29.23	159.60
09.00 น.	30,573	28.50	4.16	132.11	310.63
10.00 น.	45,678	35.79	6.36	227.68	406.71
11.00 น.	46,127	35.86	6.49	230.46	417.53
12.00 น.	54,257	36.38	6.81	243.15	422.35
13.00 น.	57,479	36.85	7.23	259.26	426.80
14.00 น.	55,625	34.95	6.26	231.65	422.95
15.00 น.	52,928	33.40	5.99	199.71	382.80
16.00 น.	50,234	32.05	4.04	162.93	352.88
17.00 น.	31,393	19.76	2.89	58.14	189.07

ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มแสง พบว่า ค่าปริมาณความเข้มแสงจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ผ่านมา โดยการวัดด้วยเครื่องมือทดสอบความเข้มแสง (Light Intensity Meter) ยี่ห้อ Pro's Kit รุ่น MT-4017 ซึ่งเมื่อเริ่มต้นระยะเวลา 08.00 น. ความเข้มแสงจากดวงอาทิตย์จะยังมีปริมาณน้อย โดยเฉลี่ยเท่ากับ 13,548 ลักซ์ เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น จะมีแนวโน้มความเข้มแสง

เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการโคจรของดวงอาทิตย์ที่เคลื่อนจากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก โดยสามารถวัดค่าปริมาณความเข้มแสงได้สูงสุดในเวลาช่วง 13.00 น. โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 57,479 ลักซ์ และจะมีค่าเฉลี่ยแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาหลังจาก 14.00 น. ที่ระดับความเข้มแสง 31,393 ลักซ์ ระยะเวลา 17.00 น. ความสัมพันธ์ของระยะเวลาและปริมาณความเข้มแสงดังภาพที่ 9

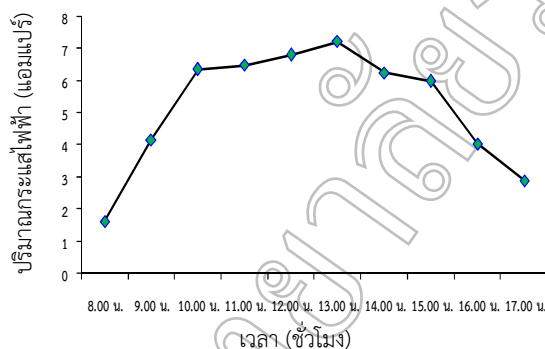


จะสังเกตได้ว่า กราฟจะมีลักษณะเป็นรูปพาลาโบลา ซึ่งค่าปริมาณความเข้มแสงจะพบมากสุดในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 15.00 น.



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ของระยะเวลา กับปริมาณความเข้มแสง

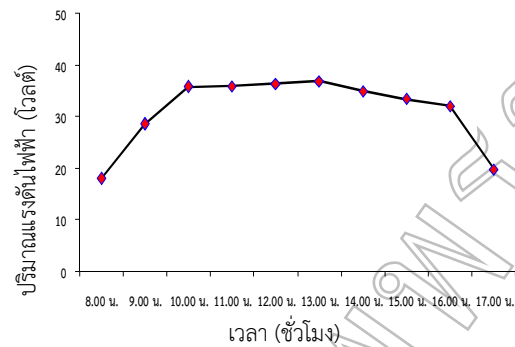
ผลการวิเคราะห์ค่าแรงดันไฟฟ้า พบว่า ค่าแรงดันไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มตามระยะเวลาการโคจรของดวงอาทิตย์ โดยเมื่อเริ่มทำการเก็บข้อมูลในระยะเริ่มต้นจะมีแรงดันโดยเฉลี่ย 17.93 โวลต์ ในช่วงเวลา 08.00 น. และระดับแรงดันไฟฟ้าจะมีค่าสูงสุดที่เวลา 13.00 น. โดยเฉลี่ยเท่ากับ 36.85 โวลต์ และจะมีลักษณะกราฟเป็นลักษณะรูปพาลาโบลา ทั้งนี้ในบางช่วงเวลาอาจจะมีเงาเมฆเลื่อนเข้ามาบังแผงโซลาร์เซลล์ ส่งผลให้ปริมาณแรงดันไฟฟ้าตกลง และจะมีค่าเฉลี่ยแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาหลังจาก 14.00 น. ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 19.76 โวลต์ ระยะเวลา 17.00 น. ซึ่งจะสอดคล้องกับปริมาณความเข้มแสง หากปริมาณความเข้มแสงมาก ก็จะมีค่าแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นเช่นกัน ดังภาพที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลา และปริมาณแรงดันไฟฟ้า



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ของระยะเวลา กับปริมาณกระแสไฟฟ้า

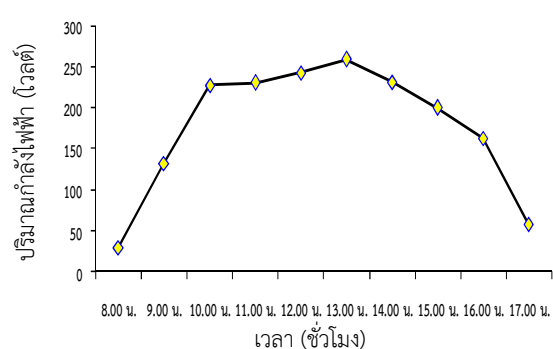
ผลการวิเคราะห์ค่ากำลังไฟฟ้า พบว่า ค่ากำลังไฟฟ้าเกิดจากค่าแรงดันไฟฟ้าคูณกับค่ากระแสไฟฟ้า โดยหากค่าทั้ง 2 มีค่าปริมาณเพิ่มขึ้นปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ได้ก็จะสูงขึ้นตาม โดยเมื่อทำการเก็บข้อมูลในระยะเริ่มต้นจะมีกำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ย 29.23 วัตต์ ในช่วงเวลา 08.00 น. และระดับกำลังไฟฟ้าจะมีค่าสูงสุดที่เวลา 13.00 น. โดยเฉลี่ยเท่ากับ 259.26 วัตต์ ซึ่งเป็นผลให้

โดยหากปริมาณความเข้มแสงมาก แผงโซลาร์เซลล์ก็จะผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาปริมาณมากเช่นกัน



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ของระยะเวลา กับปริมาณแรงดันไฟฟ้า

ผลการวิเคราะห์ค่ากระแสไฟฟ้า พบว่า ค่ากระแสไฟฟ้าจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มแสง โดยเมื่อมีปริมาณความเข้มแสงมากค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ก็จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มแสง โดยเมื่อมีปริมาณความเข้มแสงเพิ่มสูงขึ้นค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ก็จะเพิ่มสูงขึ้นตาม โดยสามารถวัดได้ที่ 7.23 แอมแปร์ ที่เวลา 13.00 น. ดังภาพที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลา และปริมาณกระแสไฟฟ้า ดังนั้นลักษณะของกราฟที่ได้จึงมีความสอดคล้องกับกราฟของปริมาณความเข้มแสง

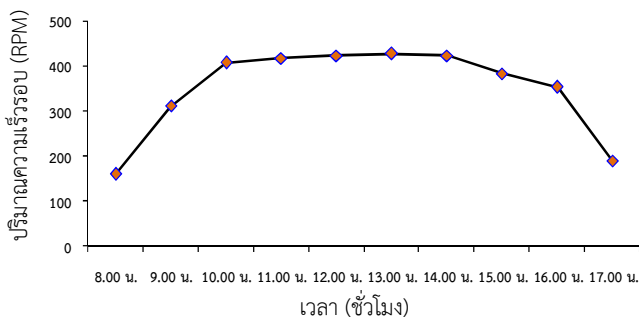


ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ของระยะเวลา กับปริมาณกำลังไฟฟ้า

บัสเลสมอเตอร์มีประสิทธิภาพการทำงานใกล้เคียงกับคุณลักษณะของมอเตอร์ คือ 350 วัตต์ ทั้งนี้ในบางช่วงเวลาอาจจะมีเงาเมฆเลื่อนเข้ามาบังแผงโซลาร์เซลล์ ส่งผลให้ปริมาณกำลังไฟฟ้าลดลง ดังภาพที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลา และปริมาณกำลังไฟฟ้า



ผลการวิเคราะห์ค่าความเร็วรอบของมอเตอร์บัสเลสพบว่า ค่าความเร็วรอบของมอเตอร์บัสเลสด้วยเครื่องวัดความเร็วรอบยี่ห้อ Peak Meter รุ่น PM6208A ซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ของแผงโซล่าเซลล์ เพื่อจ่ายให้กับมอเตอร์บัสเลสทำงาน โดยเมื่อทำการเก็บข้อมูลในระยะเริ่มต้นจะมีความเร็วรอบโดยเฉลี่ย 159.60 รอบต่อนาที (RPM) ในช่วงเวลา 08.00 น. และระดับความเร็วรอบสูงสุดที่เวลา 13.00 น. โดยเฉลี่ยเท่ากับ 426.80 รอบต่อนาที และจะมีลักษณะกราฟเป็นรูปพาลาโบลา ทั้งนี้ ในบางช่วงเวลาอาจจะมีเงาเมฆเลื่อนเข้ามาบังแผงโซล่าเซลล์ ส่งผลให้ปริมาณความเร็วรอบลดลง ดังภาพที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลา และปริมาณแรงดันไฟฟ้า



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ของระยะเวลากับปริมาณความเร็วรอบมอเตอร์บัสเลส

ผลการวิเคราะห์ทดสอบระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์พบว่า ในช่วงเริ่มต้นค่าปริมาณความเข้มแสงจะส่งผลต่อความเร็วรอบในการบรรจุลมลงภาชนะขนาด 36 ลิตร ส่งผลให้ระยะเวลาในการบรรจุลมในแต่ละช่วงเวลามีปริมาณแตกต่างกัน คือ ในช่วงเวลา 08.00-09.00 น. ความเร็วรอบของมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบ 310.63 รอบต่อนาที จะใช้เวลาในการบรรจุลมลงในภาชนะเฉลี่ย 18.00 นาที ตัดการทำงานแรงดันลม 4.8 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร ช่วงเวลา 09.00-10.00 น. ความเร็วรอบของมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบ 406.71 รอบต่อนาที จะใช้เวลาในการบรรจุลมลงในภาชนะเฉลี่ย 10.40 นาที ช่วงเวลา 10.00-11.00 น. ความเร็วรอบของมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบ 417.53 รอบต่อนาที จะใช้เวลาในการบรรจุลมลงในภาชนะเฉลี่ย 9.35 นาที ช่วงเวลา 11.00-12.00 น. ความเร็วรอบของมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบ 422.35 รอบต่อนาที จะใช้เวลาในการบรรจุลมลงในภาชนะเฉลี่ย 8.25 นาที ช่วงเวลา 12.00-13.00 น. ความเร็วรอบของมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบ 426.80 รอบ

ต่อนาที จะใช้เวลาในการบรรจุลมลงในภาชนะเฉลี่ย 7.42 นาที ช่วงเวลา 13.00-14.00 น. ความเร็วรอบของมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบ 422.95 รอบต่อนาที จะใช้เวลาในการบรรจุลมลงในภาชนะเฉลี่ย 8.43 นาที ช่วงเวลา 14.00-15.00 น. ความเร็วรอบของมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบ 382.80 รอบต่อนาที จะใช้เวลาในการบรรจุลมลงในภาชนะเฉลี่ย 11.55 นาที ช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ความเร็วรอบของมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบ 352.88 รอบต่อนาที จะใช้เวลาในการบรรจุลมลงในภาชนะเฉลี่ย 16.33 นาที และช่วงเวลา 16.00-17.00 น. ความเร็วรอบของมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบ 189.07 รอบต่อนาที จะใช้เวลาในการบรรจุลมลงในภาชนะเฉลี่ย 60 นาที ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล, กฤษณะ จันทสิทธิ์, คมสัน มุ่ยสี และนิกร ผงทอง (2562) ได้ศึกษาระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ในช่วงเริ่มต้นค่าปริมาณความเข้มแสงมีปริมาณน้อยระบบสูบน้ำบาดาล จะทำการดึงกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้า และจะค่อยๆ ลดการพึ่งพาลงในช่วงเวลาที่ระบบโซล่าเซลล์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงขึ้น จนระบบฯ สามารถทำงานได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ได้ร้อยละ 100 ในช่วงเวลาที่ผลิตกระแสไฟฟ้าได้เท่ากับขนาดความต้องการแสงไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำบาดาล เช่น ในตอนเช้าเวลา 08.00 น. ระบบต้องการกระแสไฟฟ้าที่ระดับ 5.9 แอมแปร์ ในช่วงเวลาดังกล่าวสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าที่ระดับ 1.11 แอมแปร์ ดังนั้นจึงต้องพึ่งพาระบบไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอีก 4.79 แอมแปร์ เปรียบเทียบกับช่วงเวลา 12.00 น. แผงโซล่าเซลล์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดที่ 5.94 แอมแปร์ ซึ่งเป็นเวลาที่แสงจากดวงอาทิตย์ตั้งฉากกับแผงโซล่าเซลล์ทำให้ระบบฯ ไม่ต้องดึงกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

2. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

เมื่อดำเนินการพัฒนาสร้างระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์ และทำการทดสอบสมรรถนะด้วยการใช้งาน เพื่อดูประสิทธิภาพการทำงานด้วยการบรรจุลมลงในภาชนะขนาด 36 ลิตร ด้วยมอเตอร์บัสเลสขนาด 350 วัตต์ เพื่อให้การวิจัยมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงทำการวิเคราะห์ผลการวิจัยด้วยหลักทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ดังแสดงผลในตารางที่ 2



ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบปั๊มลมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC)

ปัจจัยที่ใช้ในการเปรียบเทียบ	มอเตอร์กระแสสลับ (AC)	มอเตอร์กระแสตรง (DC)
1. ด้านพลังงาน		
1.1 กำลังงานไฟฟ้ารวม (วัตต์)	¼ Hp หรือ 250	350
1.2 ค่าแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	220	24
1.3 ค่ากระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	2.7	4-7
2. ด้านประสิทธิภาพระบบปั๊มลม		
2.1 เวลาบรรจุลมที่ระดับ 4.8 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (นาฬิกา)	4.77	สูงสุด 7.42
2.2 ความเร็วรอบมอเตอร์ (RPM)	1440	500
2.3 ช่วงเวลาทำงานของปั๊มลม	ทุกช่วงเวลา	08.00-16.30 น.
3. ลักษณะการใช้งานระบบปั๊มลม		
3.1 แหล่งกำเนิดพลังงาน	ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	แผงโซล่าเซลล์
3.2 ลักษณะการใช้งาน	ต่อกับปลั๊กไฟ	แสงแดด
3.3 การควบคุมการทำงาน	Pressure Switch	กล่องควบคุม+Pressure Switch
3.4 มอนิเตอร์แสดงผล	วัดตมิตอร์	วัดตมิตอร์
3.5 ค่ากระแสไฟฟ้า/การบรรจุลม	5-8 บาท/วัน	ไม่มี
4. ต้นทุนที่ใช้สร้างระบบปั๊มลม (ส่วนมอเตอร์)	2,000-3,000 บาท	2,790 บาท พร้อมกล่องควบคุม
5. สมรรถนะการใช้งาน	เท่ากัน	เท่ากัน

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์ ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 350 วัตต์ แผงโซล่าเซลล์ ขนาด 325 วัตต์ จำนวน 1 แผง มีประสิทธิภาพสมรรถนะ การทำงานเท่ากันกับการใช้มอเตอร์กระแสสลับ โดยการใช้งาน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีข้อได้เปรียบด้านของแหล่งพลังงาน มาจากธรรมชาติ ไม่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน อีกทั้งระบบฯ ยังเหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมซ่อมสัตว์ถึงรถยนต์ ระบบเติมลม ร้านซ่อมหรือจำหน่ายมอเตอร์ไซด์ อีกทั้งยังเป็นการประยุกต์ใช้ พลังงานไฟฟ้าที่มาจากธรรมชาติ ไม่ก่อให้เกิดมลพิษในสิ่งแวดล้อม และยังลดค่าใช้จ่ายในอุตสาหกรรมขนาดเล็กได้อีกด้วย ซึ่งสอดคล้อง กับงานวิจัยด้านลดการใช้พลังงานของวีระศักดิ์ สมัครการ, เอรวัฒน์ ลำเต้ และวันเฉลิม บุราณเดช (2554) ได้ศึกษาการปรับปรุง เครื่องอัดอากาศใช้งานระบบอัตโนมัติ เพื่อลดต้นทุนในระบบ โดยการปรับปรุงระบบควบคุมการทำงานเป็นแบบอัตโนมัติ ซึ่งทำการติดตั้งชุดควบคุมเครื่องอัดอากาศแบบอัตโนมัติ ในระบบ ควบคุมการทำงาน หลังจากติดตั้งส่งผลให้ชั่วโมงการทำงาน เครื่องอัดอากาศแต่ละเครื่อง มีค่าชั่วโมงการทำงานลดลงและ ใกล้เคียงกัน พร้อมทั้งควบคุมการทำงานเครื่องอัดอากาศจำนวน 5 เครื่องให้ทำงานสอดคล้องกับปริมาณแรงดันที่ใช้ในระบบ

การผลิตให้เหมาะสม และยังส่งผลถึงการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้า ที่สูญเสียจากชั่วโมงการทำงานที่ลดลงของเครื่องอัดอากาศจาก การใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง จากผลการปรับปรุงสรุปได้ว่า สามารถ ลดชั่วโมงการทำงานโดยเฉลี่ย 918.82 ชั่วโมง/เครื่อง และยังคง การใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 129,709.95 บาท/เดือน

สรุปและอภิปรายผล

1. ปั๊มลมที่นำมาใช้ในโครงการวิจัยเป็นปั๊มลม ขนาด ¼ แรงม้า (0.25 กิโลวัตต์) ยี่ห้อ PUMA รุ่น PP1-PM แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ สามารถปรับแรงดันภายในภาชนะเก็บได้ตามต้องการ ที่ระดับ 5-7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ขนาดสายพานเบอร์ 26 นิ้ว ขับด้วยมอเตอร์ ขนาด 3 นิ้ว ไปยังปั๊มลูกสูบขนาดมูเล่ต์ตาม 6 นิ้ว ปริมาณลม 58.80 ลิตรต่อนาที ความเร็วรอบ 650 รอบ/นาที ภาชนะบรรจุลมขนาด 260*700 มิลลิเมตร สามารถบรรจุลมได้ ปริมาณ 36 ลิตร รับแรงดันได้ 20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีล้อสำหรับเคลื่อนย้ายจำนวน 4 ล้อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ½ นิ้ว ก่อนใช้งานควรระบายน้ำหรือความชื้นที่อยู่ภายในภาชนะ บรรจุลม เพื่อป้องกันการกัดกร่อน เหมาะสำหรับนำไปใช้ในครัวเรือน หรือร้านให้บริการเติมลมสำหรับรถจักรยานหรือมอเตอร์ไซด์ ขนาดเล็ก สะดวกต่อการบำรุงรักษา



2. อุปกรณ์ระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วย โซล่าเซลล์ ขนาด 325 วัตต์ จำนวน 1 แผง มอเตอร์ไม่มีชุดแปลงถ่าน ขนาด 24 โวลต์ 350 วัตต์ ขนาด 500 รอบ จำนวน 1 ตัว (อัตราทด 6:1 จำนวนรอบสูงสุดที่ 3,000 รอบต่อนาที) มู่เล่ตัวขับ (มอเตอร์ บัสเลส) ขนาด 3 นิ้ว 1 ตัว และสายพานขนาดความยาว 36 นิ้ว จำนวน 1 เส้น ตัวควบคุมที่นำมาใช้เก็บอุปกรณ์เป็นเหล็กกันน้ำ มีขนาดความกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 35 เซนติเมตร และลึก 15 เซนติเมตร ภายในตู้ออกแบบสำหรับติดตั้งฟิวส์ไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินพิกัด เซอร์กิตเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับตัดต่อวงจรไฟฟ้าระบบการทำงาน และอุปกรณ์ป้องกันไฟ ฟ้ากระชอกทางไฟฟ้า (Surge Protector) เพื่อป้องกันในกรณีที่เกิด ไฟกระชอกรุนแรง ติดตั้งมอนิเตอร์แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า กระแส ไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า เพื่อให้ทราบสถานการณ์ทำงาน สวิตช์ แบบปรับหมุน ไฟโซลสถานะในตำแหน่งปิด และตำแหน่งเปิด ของระบบ ตำแหน่งติดตั้งของแผงโซล่าเซลล์ถูกวางบนหลังคา ของอาคารจอดรถคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (อาคาร 8) ซึ่งเป็น หลังคามะทัลชีท โครงสร้างหลังคาหันไปทางใต้ และมีความลาดเอียง ประมาณ 15-20 องศา เป็นจุดที่เหมาะสมสำหรับนำลมที่ได้ไป ใช้งาน เช่น เติมน้ำสำหรับรถมอเตอร์ไซด์ รถยนต์ หรือการเป่าฝุ่น ในโรงรถอาคารรถยนต์

3. ผลการทดสอบระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กโดยทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 17.00 น. เฉลี่ย 6 ครั้งใน 1 ชั่วโมง อุณหภูมิโดยเฉลี่ย 32-35 องศาเซลเซียส วัดปริมาณความเข้มแสง ปริมาณแรงดัน ไฟฟ้า ปริมาณกระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ และ ปริมาณความเร็วรอบของมอเตอร์บัสเลส โดยช่วงเวลาการทำงาน ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ ช่วงเวลา 13.00 น. ใช้ระยะเวลาใน การเก็บลงในภาชนะขนาด 36 ลิตร ด้วยเวลา 7.42 นาที

4. ประสิทธิภาพระบบปั๊มลมเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่าง มอเตอร์กระแสสลับ (AC) กับมอเตอร์กระแสตรง (DC) พบว่า ประสิทธิภาพในการทำงานใกล้เคียงกัน ซึ่งข้อได้เปรียบของมอเตอร์ กระแสตรงคือ ไม่มีค่าใช้จ่ายในส่วนค่ากระแสไฟฟ้า อีกทั้งระบบก็ยัง ดูแลรักษาง่าย ช่วยส่งเสริมการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศลง เป็นต้นแบบของอุตสาหกรรมที่ต้องใช้ลมในปริมาณไม่มาก และยัง เป็นการอนุรักษ์พลังงานอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มแผงโซล่าเซลล์ขนาดเดียวในลักษณะวงจร ขนานเพื่อให้กำลังไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น
2. ควรมีการศึกษาเพิ่มแบตเตอรี่สำหรับเก็บกระแส ไฟฟ้า และสำรองในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด
3. ควรติดตั้งในที่ที่ไม่มีเงาบังต้นไม้ สิ่งกีดขวางใดๆ เนื่องจากจะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าลดลง

เอกสารอ้างอิง

- โซลาร์เจน. (2558). **ฟิวส์ (Fuse) คืออะไร**. (ออนไลน์) แหล่งที่มา : <http://www.solargen.co.th/th/blog/1152/blog-1152>. 21 พฤษภาคม 2562.
- ทีเอ็นกรุ๊ป. (2560). **สูตรคำนวณ หาขนาดมู่เล่และความยาวของ สายพาน**. (ออนไลน์) แหล่งที่มา : http://www.tnsgroup.co.th/media/article_detail/264. 14 พฤษภาคม 2562.
- นครินทร์ รินผล. (2559). **คู่มือการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังแสง อาทิตย์เบื้องต้น**. การพิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : จรัสสินทวงศ์ การพิมพ์.
- เน็คเทค เว็บ เบส เลิร์นนิ่ง. (2561). **อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอก ทางสายไฟฟ้า (AC Line Surge Protector)**. (ออนไลน์) แหล่งที่มา : http://irrigation.rid.go.th/rid8/communication/royal_coin/electrical/lightning/lsp.html. 15 พฤษภาคม 2562.
- วีระศักดิ์ สมัครการ, เอราวัด ลำเต้ และวันเฉลิม บุราณเดช. (2554). **ปรับปรุงเครื่องอัดอากาศใช้งานระบบอัตโนมัติ เพื่อ ลดต้นทุนในระบบ**. ปริญญาานิพนธ์ ทล.บ. (เทคโนโลยี ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์) คณะวิศวกรรมศาสตร์. ชลบุรี : มหาวิทยาลัยบูรพา.
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2561). **มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย : ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง บนหลังคา**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศรายุทธ์ จิตรพัฒนานุกูล, กฤษณะ จันทสิทธิ์, คมสัน มุ่ยสี และนิกร ผงทอง. (2562). **ระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ แบบพึ่งพาตนเองในพื้นที่โรงเรียนอนุบาลเกาะกูด จังหวัดตราด**. วารสารวิจัยรำไพพรรณี. 13 (พฤษภาคม ถึงสิงหาคม): 5-16.
- ไอ เอ็นเนอร์ยี่ กรู๊ป. (2558). **ระบบอากาศอัด**. (ออนไลน์) แหล่งที่มา : <https://ieneryguru.com/2015/09/compressed-air-system/>. 17 พฤษภาคม 2562.