การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับการจ่ายพลังงานไฟฟ้า ในฟาร์มกวาง มหาวิทยาลัยรามคำแหง

The Solar Cell Application for Electric Energy Distribution at the Ramkhamhaeng University Deer Farm

ศิศีโรตม์ เกตุแก้ว[1] พรชัย วงศ์วาสนา[2] และมณี อัชวรานนท์[3]

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับการจ่ายพลังงานไฟฟ้าในฟาร์มกวาง มหาวิทยาลัยรามคำแหง ภายใต้แผนงานวิจัยนวัตกรรมเพื่อการเกษตรสมัยใหม่ โดยในขั้นตอนแรก ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจพื้นที่ในฟาร์มกวาง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ขั้นตอนที่สอง ได้ดำเนินการออกแบบโดยใช้ระบบพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็น 15 กิโลวัตต์ และได้แบ่งแนวทางการติดตั้งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนที่ 1 จะทำการติดตั้งตรงกรงกวางหน้าฟาร์ม 5 กิโลวัตต์ โดยนำพลังงานไฟฟ้าไปจ่ายให้ปั๊มน้ำและเครื่องผสมอาหาร ส่วนที่ 2 จะทำการติดตั้งตรงกรงกวางหลังฟาร์ม 5 กิโลวัตต์ ไปจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้ปั๊มน้ำ 2 เครื่อง เพื่อนำไปรดน้ำให้กับแปลงหญ้า และส่วนที่ 3 จะทำการติดตั้งตรงห้องแช่เย็น 5 กิโลวัตต์ โดยนำพลังงานไฟฟ้าไปจ่ายให้กับระบบทำความเย็น ซึ่งทั้ง 3 ส่วนรวมกันแล้วจะได้กำลังไฟฟ้ารวม 15 กิโลวัตต์ตามที่ได้ออกแบบไว้ข้างต้นนี้ สำหรับการทดสอบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ได้ทำการวัดค่าพลังงานไฟฟ้า และค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน โดยระบบการเก็บผลนี้ผู้วิจัยได้ใช้ระบบเซลล์ลูล่า 3G เพื่อนำมาใช้และทำให้เกิดความสะดวกต่อการเก็บผลการทดสอบ ซึ่งผลที่ได้คือ ก่อนทำการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ฟาร์มกวางจะต้องจ่ายค่าไฟฟ้า 10,392.36 บาทต่อเดือน แต่เมื่อทำการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แล้ว ฟาร์มกวางจะจ่ายค่าไฟฟ้า 6,765.45 บาทต่อเดือน ซึ่งผลการทดสอบนี้จะพบว่าฟาร์มกวางสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 3,626.91 บาทต่อเดือน และลดปริมาณของพลังงานไฟฟ้าและลดภาวะโลกร้อนได้เป็นอย่างดี โดยในอนาคตผู้วิจัยจะได้ทำการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มเติมอีก เพื่อจะได้นำพลังงานไฟฟ้าของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้มาจ่ายให้กับฟาร์มกวางได้ครบทั้งหมด

ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณ งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2561 ของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ขอขอบคุณผู้อำนวยการฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง จังหวัดสุโขทัย ขอขอบคุณผู้วิจัยทุกๆ ท่าน และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฟาร์มกวางรวมทั้งสถานที่ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง

คำสำคัญ : ฟาร์มกวาง เกษตรสมัยใหม่ เซลล์แสงอาทิตย์

[1] รองศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ และรองผู้อำนวยการฝ่ายบริหารสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง

[3] รองศาสตราจารย์ ดร. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ABSTRACT

In this research investigation, the researchers present the solar cell application for the electric energy distribution at the Ramkhamhaeng University (RU) Deer Farm under an innovative research program for modern agriculture. Initially, the researchers explored the areas in the deer farm in order to use the information for the design of a photovoltaic system. Secondly, the electric energy system from solar cells of 15 kilowatts was used with the installation being divided into three sections. The first section was the installation of five kilowatts at the deer cages in front of the deer farm with the electric energy being distributed to a water pump and a food mixer. The second section was five kilowatts installed at the deer cages behind the deer farm with the electric energy being distributed to two water pumps for watering the grass plots. The third section was five kilowatts installed at the freezer with the electric energy being distributed to the cooling system. All three sections combined used 15 kilowatts of electricity as designed. The testing of the photovoltaic system was conducted by measuring the total electric energy and monthly electricity bills. The 3G cellular system was used to conveniently collect the results. Findings showed that prior to the installation of the photovoltaic system, the RU Deer Farm paid an average of 10,392.36 baht per month for electricity. After the installation of the system, the electricity bill was 6,765.45 baht per month. It was found that the deer farm saved the electricity bill of 3,626.91 baht per month. The amount of electric energy used and global warming were decreased. In the future, the researchers would install more photovoltaic systems in order to distribute electric energy to all the places on the deer farm. The researchers would like to express their gratitude for the government budget in 2018 provided by the National Research Council of Thailand (NRCT) and the director of the RU Deer Farm in Sukhothai province, other researchers, and the personnel at the RU Deer Farm as well as for the provision of the RU Deer Farm as a research site.

Keywords: deer farm, modern agriculture, solar cells

บทนำ

เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ มีกำเนิดในช่วงปี ค.ศ.1950 ที่ Bell Telephone Laboratory ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีวัตถุประสงค์เบื้องต้น เพื่อผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์สำหรับใช้ในโครงการอวกาศ ต่อจากนั้นจึงได้เริ่มมีการนำมาใช้อย่างกว้างขวาง และขยายผลสู่ระดับอุตสาหกรรมเซลล์แสงอาทิตย์ของโลก เมื่อประมาณปลายทศวรรษที่ 50 เป็นต้นมา โดยในระยะแรกเซลล์แสงอาทิตย์ จะมีราคาแพงมาก จึงจำกัดการใช้งานอยู่เฉพาะในงานวิทยุสื่อสาร และไฟฟ้าแสงสว่างขนาดเล็กในพื้นที่ห่างไกลเท่านั้น และในช่วงปี ค.ศ. 1970 ภาครัฐในประเทศสหรัฐอเมริกา เยอรมัน และญี่ปุ่น ได้ส่งเสริมการผลิตไฟฟ้า จากเซลล์แสงอาทิตย์อย่างจริงจัง และต่อเนื่อง เป็นผลให้ราคาของเซลล์แสงอาทิตย์ ลดลงเป็นลำดับ จากประมาณ 4 ล้านบาทต่อกิโลวัตต์ ในปัจจุบันคงเหลือประมาณ 1.6 แสนบาทต่อกิโลวัตต์ ซึ่งนับว่าราคาของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ลดลงมามากแล้ว แต่ก็ยังเป็นราคาที่แพงกว่าการผลิตไฟฟ้าโดยวิธีอื่นๆ แม้นว่าเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ ได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจนเป็นที่เชื่อถือได้ โดยใช้สารกึ่งตัวนำแบบผลึกของซิลิกอน (Crystalline Silicon) ที่มีความบริสุทธิ์สูง และมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแสงอาทิตย์ ให้เป็นไฟฟ้าได้ประมาณ 12-17% แต่ราคาเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกของซิลิกอน ไม่สามารถจะลดลงได้อีกมากนัก เนื่องจาก Crystalline Silicon เป็นส่วนประกอบสำคัญของอุตสาหกรรมอีเลคทรอนิกส์ จึงมีคุณค่าเพิ่ม (Value Added) ที่สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ นอกจากนั้นกรรมวิธีในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์จาก Crystalline Silicon ที่จะต้อง

นำมาเลื่อยให้เป็นแผ่น (Wafer) บางๆ จึงทำให้เกิดการสูญเสีย ในลักษณะขี้เลื่อยไปไม่น้อยกว่าครึ่ง

อย่างไรก็ตามบริษัทผู้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ แห่ง ได้พยายามที่จะพัฒนาเพื่อลดราคาการผลิตฯ โดยการดึงเป็นแผ่นฟิล์ม (Ribbon) และการใช้ Silicon แบบไม่เป็นผลึก คือ Amorphous Silicon ในลักษณะฟิล์มบางเคลือบลงบนแผ่นกระจกหรือแผ่น Stainless Steel ที่งอโค้งได้ โดยวิธีดังกล่าวแล้วนี้จะสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตลงไปได้มาก

แต่เนื่องจาก Amorphous Silicon มีประสิทธิภาพต่ำกว่า และจะเสื่อมสภาพอายุการใช้งานเร็วกว่าแบบ Crystalline Silicon ดังนั้น จึงได้มีการพยายามพัฒนาสารประกอบตัวอื่นๆ เช่น Copper Indium Diselenide (CIS) และ Cadmium Telluride (CdTe) เพื่อผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางขึ้น ซึ่งคาดว่าจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าและอายุการใช้งานนานกว่า Amorphous Silicon ด้วย โดยคาดว่าจะนำออกสู่ตลาดเซลล์แสงอาทิตย์ได้ในอีก 5-10 ปี ข้างหน้า ด้วยราคาซึ่งคาดว่าจะถูกกว่าแบบ Crystalline Silicon ประมาณครึ่งหนึ่ง นอกจากนั้นยังได้มีงานพัฒนาอุปกรณ์ส่วนควบที่คู่ขนานไปพร้อม ๆ กับการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ด้วย คือ การพัฒนาอุปกรณ์แปลงไฟฟ้า (Inverter) ให้มีราคาถูกลงอีก

จากการวิเคราะห์ของกระทรวงพลังงานสหรัฐอเมริกา (US DOE) ณ ราคาต้นทุนปัจจุบัน (1.6 แสนบาทต่อกิโลวัตต์) ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ราคาไฟฟ้าที่ผลิตต่อหน่วย จะเริ่มถูกกว่าราคาไฟฟ้าที่รัฐฮาวาย แคลิฟอร์เนีย แอริโซน่า นิวยอร์ก และแมสซาชูเซตส์แล้ว และถ้ามีการเพิ่มสิ่งจูงใจ เพื่อทำให้ราคาต้นทุนของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงเหลือประมาณ 1 แสนบาท ได้เมื่อใด ราคาต่อหน่วยของไฟฟ้าแสงอาทิตย์จะลดเหลือใกล้เคียงกับราคาไฟฟ้าของเกือบทุกรัฐ

สถานภาพระบบเซลล์แสงอาทิตย์ของโลก

จนถึงปัจจุบันนี้ กำลังการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ทั่วโลก มีปริมาณสะสมรวมประมาณ 1 ล้านกิโลวัตต์แล้ว ในจำนวนนี้ 6.31 แสนกิโลวัตต์ เป็นตัวเลขสะสมระหว่าง ค.ศ.1992-1998 โดยเป็นของสหรัฐอเมริกา 39% ญี่ปุ่น 28% ยุโรป 25% และประเทศอื่นๆ เช่น จีน อินเดีย ออสเตรเลีย อีก 9% และในปี ค.ศ.1998 ทั่วโลกผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้รวมประมาณ 1.52 แสนกิโลวัตต์ เพิ่มขึ้นจากปี ค.ศ. 1997 ที่ผ่านมา ประมาณ 20% หรือ 1.26 แสนกิโลวัตต์ ซึ่งปริมาณที่เพิ่มขึ้นนี้แสดงให้เห็นว่า ความต้องการของตลาดเพิ่มมากขึ้น โดยส่วนหนึ่งก็เพื่อสำรองความต้องการใช้งานแบบหลังคาบ้านต่อเข้าระบบ (Roof-top Grid Connected) ซึ่งในประเทศญี่ปุ่นมีโครงการจะติดตั้งให้ได้ถึง 7 หมื่นหลังคาบ้าน ในช่วงปี ค.ศ. 2000-2002 แต่เมื่อพิจารณาจากแนวโน้มความต้องการ ในปี ค.ศ.1997 จำนวน 9,400 หลัง และในปี ค.ศ.1998 ได้เพิ่มปริมาณเป็น 14,000 หลัง จึงเป็นที่คาดว่าตั้งแต่ปี ค.ศ. 2001 เป็นต้นไป การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ จะเป็นที่นิยมในประเทศญี่ปุ่น จนรัฐอาจไม่จำเป็นต้องให้เงินอุดหนุนในการติดตั้งอีกต่อไป

ความสำเร็จของประเทศญี่ปุ่น ก็เนื่องมาจากรัฐบาล ให้การสนับสนุนอย่างเป็นรูปธรรม และมีนโยบายเกี่ยวกับพลังงานในอนาคต อย่างชัดเจน โดยต้องการลดการพึ่งพาแหล่งพลังงานนำเข้าลงให้ได้มากที่สุด และในขณะเดียวกัน ก็มีเป้าหมายลดมลภาวะ จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงลงให้เหลือน้อยที่สุดด้วย

ประเทศในยุโรป ก็มีการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นในปี ค.ศ.1997 ประมาณ 60% คือเพิ่มจาก 1.9 หมื่นกิโลวัตต์ เป็น 3.1 หมื่นกิโลวัตต์ ซึ่งในช่วงเวลาเดียวกัน ในประเทศสหรัฐอเมริกาก็ได้เพิ่มการผลิตขึ้น 32% หรือจาก 3.9 หมื่นกิโลวัตต์ เป็น 5.1 หมื่นกิโลวัตต์ โดยปัจจุบัน ประมาณ 42% ของเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วโลก เป็นเซลล์ที่ผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกา

สำหรับประเทศอื่นๆ เช่น จีน อินเดีย ออสเตรเลีย ในช่วงปี ค.ศ. 1997-1998 เพิ่มการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้น 13% คือจาก 1.92 – 2.18 หมื่นกิโลวัตต์ โดยส่วนหนึ่งเป็นการลงทุนในประเทศอุตสาหกรรม เพื่อเตรียมเป็นฐานการผลิตสำหรับตลาดในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา

สถานภาพระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย

ข้อมูลของการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้งานในประเทศไทย จนถึงปี พ.ศ. 2543 มีหน่วยงานต่างๆ ได้ติดตั้งเซลล์ขึ้นสาธิตใช้งานในลักษณะต่างๆ รวมกันแล้วประมาณ 5,217 kWp ลักษณะการใช้งาน

จะเป็นการติดตั้งใช้งานในพื้นที่ที่ห่างไกล เช่น สถานีเติมประจุแบตเตอรี่ ระบบสื่อสารหรือสถานีทวนสัญญาณ ขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบไฟฟ้าหมู่บ้านที่ห่างไกล และสัดส่วนที่เหลือจะติดตั้งในโรงเรียนประถมศึกษา สาธารณสุข และไฟสัญญาณไฟกระพริบ นอกจากนั้น ยังมีงานสาธิตการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ผสมผสานร่วมกับพลังงานรูปแบบอื่น เช่น พลังงานน้ำ พลังงานลม และใช้ร่วมกับเครื่องยนต์ดีเซล

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เป็นแนวคิดสำหรับฟาร์มกวาง มหาวิทยาลัยรามคำแหง จังหวัดสุโขทัย

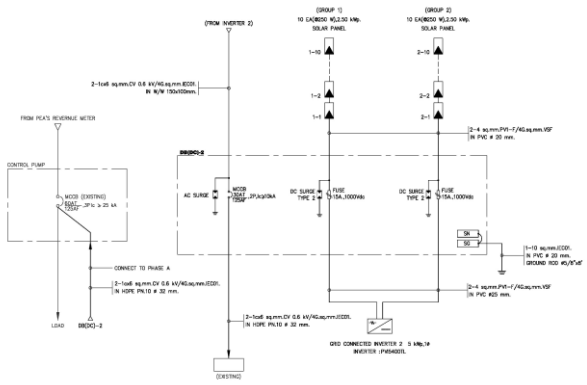
1.1 การสำรวจพื้นที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ของฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง จังหวัดสุโขทัย ตัวอย่าง ได้ดำเนินการสำรวจพื้นที่ติดตั้ง 5 กิโลวัตต์ (KW) จุดที่ 1 กรงกวางหน้าฟาร์มกวาง ของฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง จังหวัดสุโขทัย ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 สำรวจพื้นที่ติดตั้ง 5 กิโลวัตต์ (KW) จุดที่ 1 กรงกวางหน้าฟาร์มกวาง ของฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง

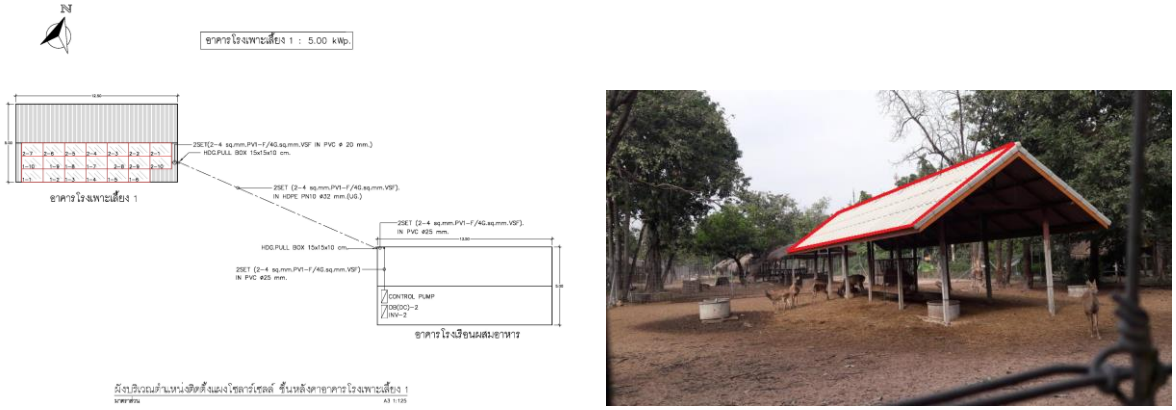
1.2 ออกแบบเพื่อติดตั้งอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ข้อมูลระบบเซลล์แสงอาทิตย์เบื้องต้น	
ขนาดระบบ / กำลังการผลิต 3 จุด จุดละ 5 kW	15 kWp
พื้นที่หลังคา	100 ตารางเมตร
แผงโซลาร์เซลล์	Canadian Solar / CS6P-250P / 250Wp
อินเวอร์เตอร์	Trannergy / TRB5000TL / 5kW
	Trannergy / TRB010KTL / 10kW
ผลผลิตเฉลี่ย	4 หน่วย / kWp / วัน
พลังงานที่ประหยัดได้ (เฉลี่ย)	21,600 หน่วย / ปี
ผลผลิตเฉลี่ยต่อเดือน (หน่วย)	1,800*
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย (บาท)	4
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้เฉลี่ย ต่อเดือน (บาท)	7,200

ตัวอย่าง การออกแบบจุดที่ 1 กรงกวางหน้าฟาร์ม เพื่อติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3



ภาพที่ 2 Single Line Diagram (5 kW) จุดที่ 1 กรงกวางด้านหน้าฟาร์ม (อาคารโรงเพาะเลี้ยง 1)



ภาพที่ 3 ผังบริเวณตำแหน่งติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (5 kW) จุดที่ 1 กรงกวางด้านหน้าฟาร์ม (อาคารโรงเพาะเลี้ยง 1)

1.3 ดำเนินการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ จุดที่ 1 กรงกวางด้านหน้าฟาร์ม (อาคารโรงเพาะเลี้ยง 1) ดังภาพที่

(ก)

(ข)

ภาพที่ 4 (ก) ทดสอบรอยรั่วของหลังคาโดยการฉีดน้ำใส่หลังคาจุดที่ยึดอุปกรณ์ก่อน และหลังติดตั้งแผงเป็นเวลา 15 นาที และ (ข) รูปถ่ายแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ บนหลังคาที่มีจำนวนแผงครบ

1.4 ทดสอบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ จุดที่ 1 กรงกวางด้านหน้าฟาร์ม (อาคารโรงเพาะเลี้ยง 1)

1.4.1 วัดค่าความเป็นฉนวนของสายไฟ และวัดค่าความต้านทานระหว่างหลักดินกับดิน ดังภาพที่ 5

(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 5 (ก) สายไฟ DC (Group 1) วัดสาย + , วัดที่ 1,000 Vdc ได้ค่า OL MΩ (ข) สายไฟ DC (Group 2) วัดสาย + , - วัดที่ 1,000 Vdc ได้ค่า OL MΩ (ค) สายไฟ AC วัดสาย + , -วัดที่ 500 Vdc ได้ค่า OL MΩ และ (ง) หลักดินตู้ DB วัดค่าได้ 0.12Ω (ค่าต้องไม่มากกว่า 5 Ω)

1.4.2 วัดพารามิเตอร์ต่าง ๆ หลังจ่ายไฟเทียบกับแบบ ดังภาพที่ 6

(ก) (ข)

ภาพที่ 6 (ก) Inverter ขนาด 5.0 kW และ (ข) ค่า Vdc ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (> 80% ของการออกแบบ)

1.4.3 ค่า Ipv แผง Solar, ค่า Iac Inverter, ค่า Vac Inverter และค่า Pac Inverter ดังภาพที่ 7

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 7 (ก) ค่า Ipv แผง Solar (ข) ค่า Iac Inverter ค่า Vac Inverter และ (ค) ค่า Pac Inverter

ผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบวัดค่าพลังงานไฟฟ้าของแต่ละวันในเดือนมิถุนายน 2561 ที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ที่จุดที่ 1 กรงกวางด้านหน้าฟาร์มกวาง (โรงเพาะเลี้ยงที่ 1) จุดที่ 2 กรงกวางด้านหลังฟาร์มกวาง (โรงเพาะเลี้ยงที่ 2) (ใช้กับปั๊มสูบน้ำ 2 เครื่อง) และจุดที่ 3 อาคารแช่เนื้อกวาง (ได้ดำเนินเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลด้านพลังงานไฟฟ้าทั้ง 3 จุด ผ่านระบบออนไลน์ 3G เข้าแอพพลิเคชั่นของ TRANERGY) ดังภาพที่ 8

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 8 (ก) ผลการสอบวัดค่าพลังงานไฟฟ้า ที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ที่จุดที่ 1 กรงกวางด้านหน้าฟาร์มกวาง (ข) ผลการสอบวัดค่าพลังงานไฟฟ้า ที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ที่จุดที่ 2 กรงกวางด้านหลังฟาร์มกวาง (โรงเพาะเลี้ยงที่ 2) (ใช้กับปั๊มสูบน้ำ 2 เครื่อง) และ (ค) ผลการสอบวัดค่าพลังงานไฟฟ้า ที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ที่จุดที่ 3 อาคารแช่เนื้อกวาง

(หมายเหตุ ในรูปผลการทดสอบ แนวแกน x คือ วันที่ในเดือนนั้น และแนวแกน y คือ พลังงานไฟฟ้าปัจจุบันในเดือนนั้น)

จากรูปผลการทดสอบ จะพบว่าระบบเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างดี แต่ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการจ่ายให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ในฟาร์มกวางได้นั้น จะมีปริมาณมากน้อยขนาดไหนขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์ของแต่ละวันและแต่ละเดือน โดยขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและฤดูกาลด้วยเป็นสำคัญ ซึ่งถ้าวันไหนมีปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์มากก็จะจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้มาก แต่ถ้าวันไหนมีปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์น้อยก็จะจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้น้อย ตามลำดับ

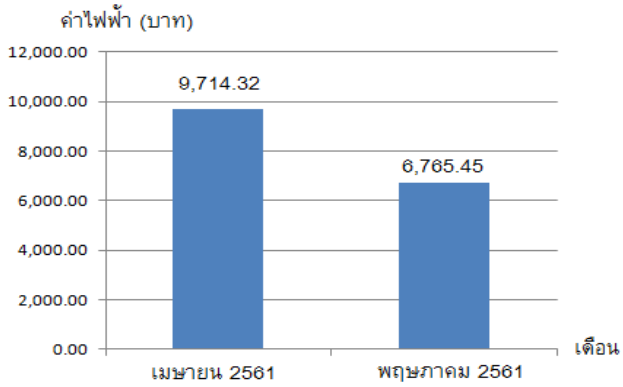
2. ได้ดำเนินเก็บข้อมูลผลการทดสอบวัดค่าพลังงานไฟฟ้ารวมแต่ละเดือนต่อปี และค่าพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งปี ทั้ง 3 จุดรวมกัน (ผลการทดสอบนี้ได้เก็บผลจนถึงเดือนมิถุนายน 2561) ดังภาพที่ 9

(ก) (ข)

ภาพที่ 9 (ก) ผลการทดสอบวัดค่าพลังงานไฟฟ้ารวมแต่ละเดือนต่อปี ทั้ง 3 จุดรวมกัน ที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ และ (ข) ผลการทดสอบวัดค่าพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งปี ทั้ง 3 จุดรวมกัน

สรุปผลและวิจารณ์ผล

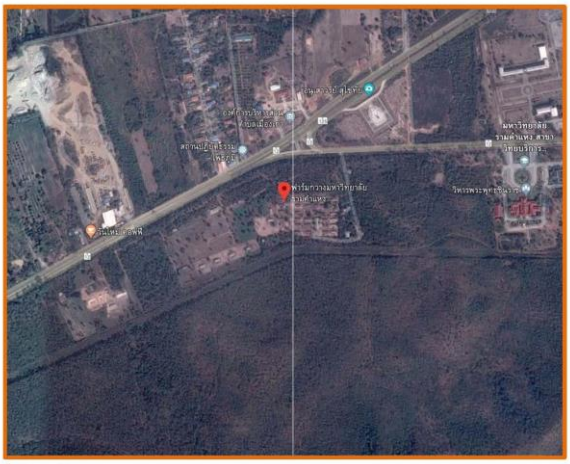
1. สรุปผลการทดสอบเก็บผลของค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน ก่อนการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ และหลังติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถสรุปผลของค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนได้ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ผลของค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน ก่อนการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ และหลังติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

จากรูปผลของค่าไฟฟ้า พบว่าผลของค่าไฟฟ้าเดือนเมษายน 2561 ก่อนการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ เสียค่าไฟฟ้าเป็นเงินจำนวน 9,714.32 บาท และหลังติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในเดือนพฤษภาคม 2561 ได้เริ่มใช้งานระบบเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อวันที่ 18 พฤษภาคม 2561 เสียค่าไฟฟ้าเป็นเงินจำนวน 6,765.45 บาท ดังนั้น จะเห็นว่าระบบเซลล์แสงอาทิตย์สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 9,714.32 - 6,765.45 เท่ากับ 2,948.87 บาทต่อเดือน (หมายเหตุ ยกตัวอย่างเฉพาะเดือนเมษายน 2561 ก่อนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ และเดือนพฤษภาคม 2561 หลังการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์)

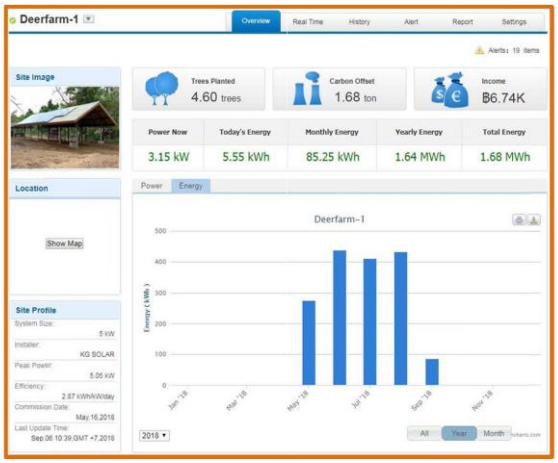
2. สรุปผลการทดสอบโดยรวมของจุดที่ 1 กรงกวางด้านหน้าฟาร์มกวาง (โรงเพาะเลี้ยงที่ 1) จุดที่ 2 กรงกวางด้านหลังฟาร์มกวาง (โรงเพาะเลี้ยงที่ 2) (ใช้กับปั๊มสูบน้ำ 2 เครื่อง) และจุดที่ 3 อาคารแช่เนื้อกวาง ดังภาพที่ 11



กำลังการผลิต : 15 kWp
เริ่มต้นการผลิตเข้าระบบ : 16 พฤษภาคม 2561
ผลิตไปแล้วทั้งหมด : 4.53 MWh
ประหยัดเงิน : 18,110 บาท (คิดค่าไฟฟ้าที่ 4 บาท ต่อ 1 หน่วย)
ลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ : 4.51 ตัน
เปรียบเหมือนการปลูกต้นไม้ : 12.36 ต้น
*ข้อมูลถึงวันที่ 6 กันยายน 2561

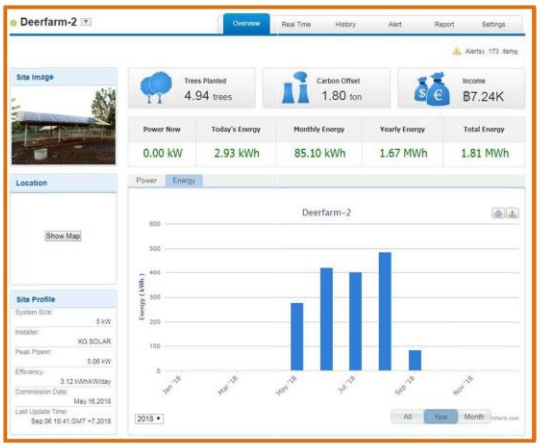
โดยแบ่งการผลิตออกตามการติดตั้ง ดังนี้

ฟาร์มที่ 1



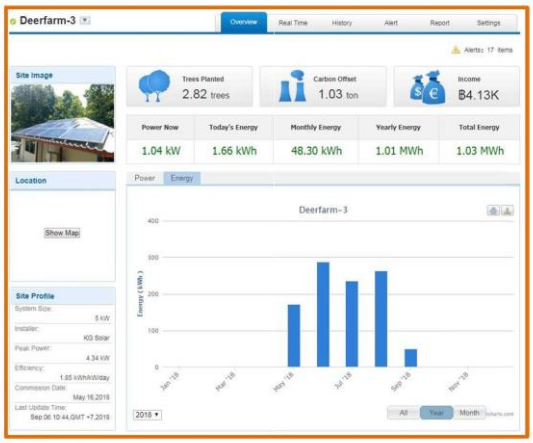
กำลังการผลิต : 5 kWp
ผลิตไปแล้วทั้งหมด : 1.68 MWh
ประหยัดเงิน : 6,740 บาท (คิดค่าไฟฟ้าที่ 4 บาท ต่อ 1 หน่วย)
ลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ : 1.68 ตัน
เปรียบเหมือนการปลูกต้นไม้ : 4.60 ต้น

ฟาร์มที่ 2



กำลังการผลิต : 5 kWp
ผลิตไปแล้วทั้งหมด : 1.81 MWh
ประหยัดเงิน : 7,240 บาท (คิดค่าไฟฟ้าที่ 4 บาท ต่อ 1 หน่วย)
ลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ : 1.80 ตัน
เปรียบเหมือนการปลูกต้นไม้ : 4.94 ต้น

ฟาร์มที่ 3



กำลังการผลิต : 5 kWp
ผลิตไปแล้วทั้งหมด : 1.03 MWh
ประหยัดเงิน : 4,130 บาท (คิดค่าไฟฟ้าที่ 4 บาท ต่อ 1 หน่วย)
ลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ : 1.03 ตัน
เปรียบเหมือนการปลูกต้นไม้ : 2.82 ต้น

ภาพที่ 11 ผลการทดสอบโดยรวมของจุดที่ 1 กรงกวางด้านหน้าฟาร์มกวาง (โรงเพาะเลี้ยงที่ 1) จุดที่ 2 กรงกวางด้านหลังฟาร์มกวาง (โรงเพาะเลี้ยงที่ 2) (ใช้กับปั๊มสูบน้ำ 2 เครื่อง) และจุดที่ 3 อาคารแช่เนื้อกวาง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2561 ของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ขอขอบพระคุณท่านอธิการบดี และผู้บริหารทุกท่านของมหาวิทยาลัยรามคำแหง ช่วยอำนวยความสะดวกและเป็นกำลังใจในการทำโครงการวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณท่าน รศ.ดร.มณี อัชวรานนท์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ช่วยให้คำปรึกษาช่วยอำนวยความสะดวก และเป็นกำลังใจในการทำโครงการวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณท่าน ผศ.พรชัย วงศ์วาสนา รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเป็นกำลังใจในการทำโครงการวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ยิ่งยง เมฆลอย ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยสัตว์ในภูมิภาคเขตร้อน

มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเป็นกำลังใจในการทำโครงการวิจัยนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ นักวิจัยทุกท่าน ที่ช่วยเป็นกำลังใจในการทำโครงการวิจัยนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ และน้อง ๆ สถาบันวิจัยสัตว์ในภูมิภาคเขตร้อน มหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฟาร์มกวาง มหาวิทยาลัยรามคำแหง จังหวัดสุโขทัย) ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำโครงการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

การศึกษาและกำหนดกลยุทธ์ในด้านการลดต้นทุนของแผงโซล่าเซลล์เพื่อใช้ประกอบระบบโคมไฟถนนพลังงานแสงอาทิตย์ของบริษัท ดีไล้ท์ โซล่า เอ็นเนอร์ยี่จำกัด, ค้นเมื่อวันที่ 5 มิถุนายน 2560, จากeprints.utcc.ac.th /2711/1/2711fulltext.pdf

ข้อมูลบริษัท เค.จี. วิศวกรรม จำกัด.

ข้อมูลสถาบันวิจัยสัตว์ในภูมิภาคเขตร้อน มหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฟาร์มกวาง มหาวิทยาลัยรามคำแหง จังหวัดสุโขทัย)

ข้อมูลบริษัท Trannergy Co., Ltd.

คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, 2556. มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556, บทที่ 3 ตัวนำประธาน สายป้อน วงจรย่อย หน้า 3-8.

คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, 2556. มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556,มาตรฐานตัวนำไฟฟ้า บทที่ 2 ข้อ 2.2. หน้า 2-1.

จุดเด่นและข้อจำกัดของไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์, ค้นเมื่อวันที่ 9 กรกฎาคม 2560 จาก http :// www.nstda.or.th/th/sci-kids-menu/3525

นภดล รุ่งสวาท, 2015, 17/09/2016, การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์(Web site)http://hq.prd.go.th/engineer/download/article/article_20150720153823.pdf

แนวโน้มการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในอนาคต, ค้นวันที่ 15 กรกฎาคม 2560, จากhttp://www2.eppo.go.th/vrs/ VRS49-09-Solar.html

นโยบายแผนและแนวทางวิจัยพัฒนาพลังงานทดแทน พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ พ.ศ. 2540-2544 โดยคณะทำงานพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ภายใต้คณะอนุกรรมการประสานงานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

นันท์ ภักดี, 2015, 16/09/2016,บทความพิเศษ ความจริงของพลังงานไฟฟ้าและโซล่าร์เซลล์ (Web-site) http://www.อยากใช้พลังงานแสงอาทิตย์.com/?p=981

ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์, 2556. การออกแบบระบบไฟฟ้า, บทที่ 3 ตัวนำประธานสายป้อน และวงจรย่อย.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. โครงการศูนย์เทคโนโลยีพลังงาน. ถาม-ตอบเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์. กรุงเทพฯ :โครงการศูนย์เทคโนโลยีพลังงาน, 2545 : หน้า 19-21.

Amorn Solar, 2010, 16/09/2016, ไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Web site) http://amonsolar.igeweb.com/articler/458256/มารู้จักSolar-Cell-กันดีกว่า

DIY-solarcell,2015,18/09/2016,แบตเตอรี่ (Battery) (Web-site) http://www.diy-solarcell.com/สาระน่ารู้พลังงาน%20 (ความหมายของพลังงาน) แบตเตอรี่%20(Battery).html

EGAT, 2015 , 18/09/2016, เซลล์แสงอาทิตย์ (Web-site)http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm

EGAT , 2015, 18/09/2016,หลักการทำงานเซลล์แสงอาทิตย์ (Web site) http://www3.egat.co.th re/solarcell /solarcell_pg5.htm

“ Five Year Research Plan 1987-1991” National Photovoltaic Program, US Department of Energy (US DOE)

Leonics, 2016, 16/09/2016, ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ (web site) http://www.leonics.co.th /html/th/aboutpower/solar_ knowledge.php

“Policy Option to accelevate Grid-Connected PV Market” Solar 97 Conference Washington DC 1997, by Howard Wenger (hwenger@PacificEnergy.com) and Christy Herig (herigc@tcptink.nrel.gov)

“ Program Plan for 1996-2000” National Photo Voltaic Program, US Department of Energy (US DOE)

“ PV News Vol. 18/ 2 Feb. 1999” By Paul D. Maycock Editor

“Renewable Energy World” Vol.2 No.6 November 1999, James and James LTD, UK.

“Sharp Solar Cells for Terrestrial” Electrinic Components Sales Dept. Sharp Corporation Japan.

Solarcellthailand, 2013, 18/09/2016,สูตรคำนวณแบตเตอรี่ แบบบ้านๆ เข้าใจง่ายๆ(Web site)http://solarcellthailand96.com/2013/09/blog-post.html

Solarcellthailand, 2015, 17/09/2016,ระบบของ solar cell ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน (Web site) http://solarcellthailand96.com/2015/05/ระบบของการผลิตไฟฟ้าของ.html

“Solar Electricity and Solar Fuels” โดย David J. Spiers Helsinki University of Technology 1989

Solar Energy for Large-Scale Generation” By Dr. Tuomo Suntola, Microchemistry Ltd. Finland

“Sustained Oderly Development and Commercialization of Grid Connected Photovoltaics: SMUD as a Case Example” By Donald E. Dsborn Sacramento Municipal district (SMUD) Draft Report

Techtron , 2015, 18/09/2016, ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ (Web site) http://www.techtron.co.th /Solarcell.htm

Techtron , 2015, 18/09/2016, อุปกรณ์ในระบบ Solar Cell (Web site) http://www.techtron.co.th/Solarcell equipment.htm

“ Trends in PV Technology Development-Future Implication” By James E. Rannel Director Office of PV and Wind Technologies,US DOE