บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 3

Proceedings of the 3rd RMUTP Conference of Engineering and Technology

ระบบจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับการออกแบบ และการติดตั้งระบบ

PV Simulator for Design and Installation Systems

พสิษฐ์ สุวรรณภิงคาร, ณภัทร วรดิถี, สุพรรษา คงชื่นสิน และสุวัชรพงศ์ มีจิตต์

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ สาย 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 โทรศัพท์: 0-2836-3000 ต่อ 4150 E-mail: pasist.s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้พัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูป Excel เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะของโหลดสำหรับที่พักอาศัยทั่วไป พร้อมการออกแบบและสร้างระบบจำลองสำหรับการออกแบบและการติดตั้งระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV) โดยสามารถพิจารณาผลกระทบของแนววงโคจรของพระอาทิตย์, การขึ้น-ลงของพระอาทิตย์, ตำแหน่งมุมเงยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในพื้นที่ และทิศทางการติดตั้งระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์พร้อมกับระบบป้องกันมอเตอร์จากการสั่งควบคุมการทำงานที่ผิดพลาด ซึ่งระบบระบบจำลองที่นำเสนอนั้นสามารถควบคุมการทำงานของมอเตอร์โดยตรงด้วยการผ่าน Magnetic Contractor ขนาด 24Vdc (แบบอะนาล็อก) หรือ Board Arduino Mega 2560 (แบบดิจิตอล) โดยที่ระบบควบคุมแบบจำลองที่นำเสนอทั้ง 2 แบบนั้นจะสั่งการทำงานแบบอิสระจากกัน

ผลการศึกษาของโครงงานวิจัยพบว่ามีลักษณะการทำงานตรงตามขอบเขตที่นำเสนอ ซึ่งทำให้สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายหลายรูปแบบสำหรับการออกแบบและสังเกตผลกระทบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขณะที่ความผิดพลาดเล็กน้อย (1% จากองศาที่กำหนด) ในการเลื่อนตำแหน่งขึ้น-ลงของพระอาทิตย์เกิดจากน้ำหนักของพระอาทิตย์จำลอง (น้ำหนักเยอะ)

Abstract

This project develops the excel program to analyse load profile for the general household. Moreover, this project also designs and builds the simulator for Photovoltaic (PV) system design by considering the effects of solar orbital, sunrise-sunset, tilt angle (the angle between the plane of PV module and the horizontal) and direction of sun. The proposed simulator includes the motor protection system to prevent the faulty operation. The motor control systems are divided into direct control with Magnetic Contractor 24Vdc (Analogue System) or Arduino Mega 2560 Board (Digital System). Theses control systems are set to working separately to each other.

Therefore, this simulator is working according to its objectives. The proposed system can widely use to design and investigate the effect of PV system, where the slightly mistake (1% of specification angle) of sunrise-sunset location is due to the weight sun model (too heavy).

1. ขอบเขตของการศึกษา

1. พัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูป Excel เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ Load Profiles สำหรับที่พักอาศัยทั่วไป

2. ออกแบบและสร้างระบบจำลองสำหรับการออกแบบและการติดตั้งระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยสามารถพิจารณาผลกระทบของแนววงโคจรของพระอาทิตย์, การขึ้น-ลงของพระอาทิตย์, ตำแหน่งมุมเงยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในพื้นที่ และทิศทางการติดตั้งระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์พร้อมกับระบบป้องกันมอเตอร์จากการสั่งควบคุมการทำงานที่ผิดพลาด

3. ระบบจำลองที่นำเสนอสามารถควบคุมได้โดยตรงผ่าน Magnetic Contractor ขนาด 24 Vdc เป็นตัวควบคุมการทำงานมอเตอร์โดยตรงภายในพื้นที่ (แบบอะนาล็อก) หรือผ่าน Board Arduino Mega 2560 ในการประมวลผลเพื่อสั่งการทำงานของมอเตอร์ (แบบดิจิตอล)

2. การใช้โปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ Load Profiles

ในการออกแบบ และการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น ต้องการคำนึงถึงลักษณะ Load Profiles สำหรับสถานที่ติดตั้ง เพื่อหากำลังที่เหมาะสม โดยการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานจากลักษณะของ Load Profiles ที่มีการเก็บค่าอย่างน้อยทุกๆ 15-60 นาทีเป็นระยะเวลาประมาณ 7 วัน (หรือ 1 สัปดาห์)

เนื่องจากการติดตั้งระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับลดค่าไฟฟ้าที่เกิดจาก Load Profiles ที่ดีนั้น ควรให้กราฟของกำลังการติดตั้งมีค่าน้อยกว่าการค่าใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน เพราะถ้ามีกำลังการผลิตไฟฟ้าที่สูงกว่าการใช้งาน จะส่งให้มีกำลังไฟฟ้าไหลย้อนกลับเข้าระบบและเกิดแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นระบบ

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องประเมิน Load Profiles หลังจากการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้ทราบขนาดที่เหมาะสมในการติดตั้ง

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยการใช้สมการพาลาโบล่า (สมการที่ 1) แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ปรากฏจริงก่อนการติดตั้งทำการลบกำลังไฟฟ้าที่ปรากฏจริงหลังการติดตั้ง

$$y = \left(\frac{-(x-12)^2}{36} + 1\right) \quad (1)$$

เมื่อ

ค่า x คือ เวลา หน่วยเป็น ชั่วโมง (hr)

ค่า y คือ กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏจริง หน่วยเป็น กิโลวัตต์ (kW)

รูปที่ 1 เป็นการจำลองลักษณะการใส่ข้อมูลลงในโปรแกรม Excel เพื่อทำการวิเคราะห์ Load Profiles โดยนำเอาค่ากำลังไฟฟ้าที่ปรากฏจริงของสถานที่พักอาศัยแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพฯ (มีจำนวนผู้อาศัยประมาณ 20 ห้อง) และมีแผนการติดตั้งระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 20 kW เพื่อลดค่าไฟฟ้าที่เกิดจาก Load Profiles มาทำการวิเคราะห์

	A	B	C	D
1	เวลา	กำลังไฟฟ้า (ก่อนการติดตั้ง)	กำลังไฟฟ้า (ติดตั้งโซล่า 20kW)	กำลังไฟฟ้า (หลังการติดตั้ง)
2	6	45.5		
3	7	14.5		
4	8	16.8		
5	9	32.6		
6	10	34.8		
7	11	38.4		
8	12	21.5		
9	13	36.2		
10	14	39.8		
11	15	37.8		
12	16	42.1		
13	17	41.5		
14	18	45.8		
15				

รูปที่ 1 การใส่ข้อมูลในเซลล์ข้อความของโปรแกรม Excel

ดังนั้นกำลังไฟฟ้าที่ปรากฏจริงของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ 20kW จากสมการที่ 1 คือ

$$y = 20x\left(\frac{-(x-12)^2}{36} + 1\right) \quad (2)$$

โดยสูตรของโปรแกรม Excel ในช่อง “กำลังไฟฟ้า (ติดตั้งโซล่า 20kW)”คือ ((POWER(A2-12,2)/(-36))+1)*20 แล้วทำการดึงสูตรการคำนวณจากคอลัมน์ C2 ไปยัง C14 เพื่อลิงค์สูตรในแต่ละแถวของคอลัมน์ C ดังรูปที่ 2

C2 | =((POWER(A2-12,2)/(-36)+1)*20)

	A	B	C	D
1	เวลา	กำลังไฟฟ้า (ก่อนการติดตั้ง)	กำลังไฟฟ้า (ติดตั้งโซล่า 20kW)	กำลังไฟฟ้า (หลังการติดตั้ง)
2	6	45.5	0	
3	7	14.5		
4	8	16.8		
5	9	32.6		
6	10	34.8		
7	11	38.4		
8	12	21.5		
9	13	36.2		
10	14	39.8		
11	15	37.8		
12	16	42.1		
13	17	41.5		
14	18	45.8		

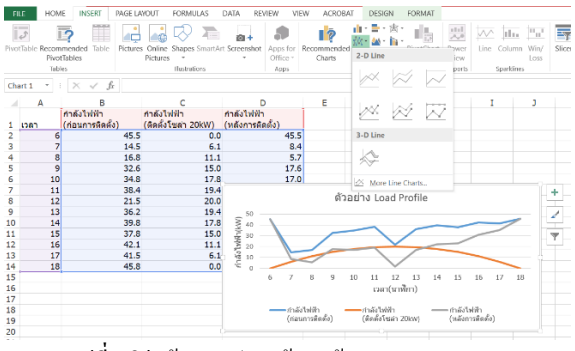
รูปที่ 2 การใส่สูตรกำลังไฟฟ้าที่ติดตั้งของโซล่าเซลล์ในคอลัมน์ C

เมื่อกำลังไฟฟ้าที่ปรากฏจริงสำหรับการติดตั้งของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น มาจากกำลังไฟฟ้าที่ปรากฏจริงก่อนการติดตั้งลบด้วยกำลังไฟฟ้าที่ปรากฏจริงที่หลังการติดตั้ง เพราะฉะนั้นคอลัมน์ D สามารถใส่สูตร B2-C2 เมื่อทำการใส่สูตรที่แถว 2 คอลัมน์ B เสร็จ ก็ทำให้การดึงสูตรมายังแถว 14 ดังรูปที่ 3 และทำการพล็อตกราฟทั้ง 3 เส้น คือ กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏจริงก่อนการติดตั้ง กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏจริงที่หลังการติดตั้ง และกำลังไฟฟ้าที่ปรากฏจริงสำหรับการติดตั้งดังรูปที่ 4

D2 | =B2-C2

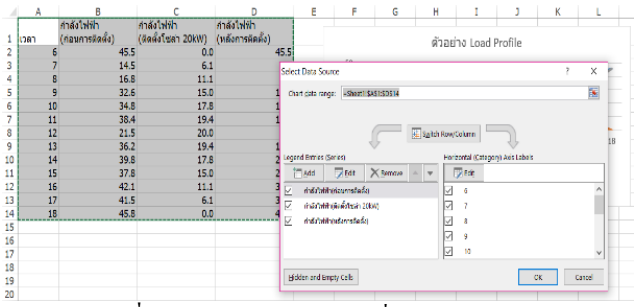
	A	B	C	D
1	เวลา	กำลังไฟฟ้า (ก่อนการติดตั้ง)	กำลังไฟฟ้า (ติดตั้งโซล่า 20kW)	กำลังไฟฟ้า (หลังการติดตั้ง)
2	6	45.5	0	45.5
3	7	14.5		
4	8	16.8		
5	9	32.6		
6	10	34.8		
7	11	38.4		
8	12	21.5		
9	13	36.2		
10	14	39.8		
11	15	37.8		
12	16	42.1		
13	17	41.5		
14	18	45.8		

รูปที่ 3 การใส่สูตรกำลังไฟฟ้าหลังการติดตั้งโซล่าเซลล์ในคอลัมน์ D

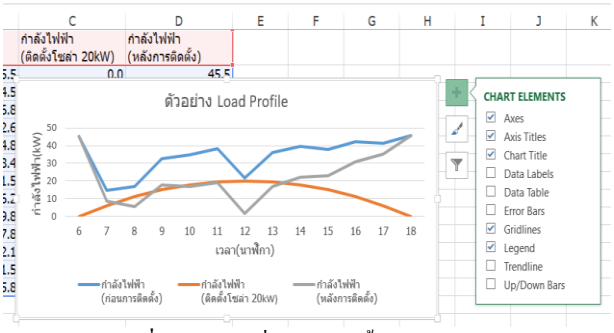


รูปที่ 4 วิธีสร้างกราฟจากข้อมูลด้วย Microsoft Excel

รูปที่ 5 ขั้นตอนการใส่ชื่อข้อมูลของแกนเวลา โดยคลิกขวาที่กราฟแล้วเลือกที่มาของข้อมูล จากนั้นเลือกแก้ไขป้ายชื่อแกน (ประเภท) แนวนอน และเลือกแถว A2 ไปยัง A14 และตั้งชื่อแกนแนวตั้งเป็นกำลังไฟฟ้า (kW) และแนวนอนเป็นเวลา (นาฬิกา) ด้วยเส้นกราฟเส้นประเพื่อสื่อความหมายของกราฟให้ชัดเจนยิ่งขึ้นดังรูปที่ 6



รูปที่ 5 วิธีการใส่ข้อมูลแกนนอนซึ่งเป็นแกนเวลา



รูปที่ 6 วิธีการใส่ชื่อแกนแนวตั้งและแนวนอน

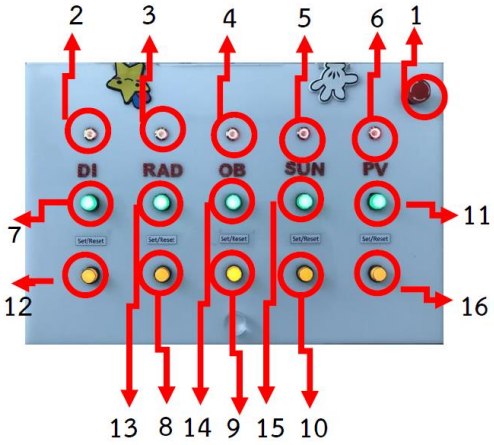
นอกจากการใช้เครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้า และโปรแกรม Excel ในการประเมินลักษณะ Load Profiles แล้ว ยังสามารถหาข้อมูล Load Profile ได้จากเว็บไซต์ https://www.amr.pea.co.th (ใช้งานฟรี) ซึ่งในปัจจุบันบางสถานประกอบการหรือบางสถานที่ได้ทำการติดตั้งมิเตอร์ AMR (Automatic Meter Reading) และอยู่ในพื้นการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานได้ เพียงทราบ Username และ Password ก็สามารถ Login เข้าไปดูได้ดังรูปที่ 7

รูปที่ 7 หน้าแรกของเว็บไซต์ https://www.amr.pea.co.th

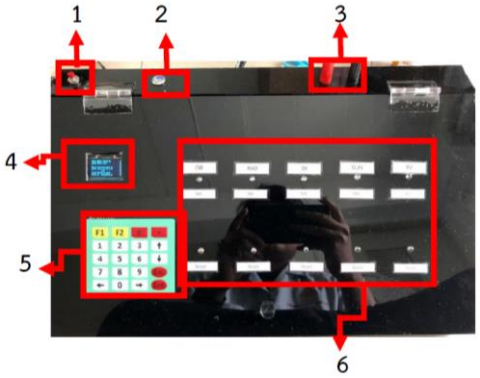
3. การออกแบบและสร้างแบบจำลอง PV Simulator

โครงงานวิจัยนี้ยังได้ทำการออกแบบและสร้างระบบจำลองสำหรับเรียนรู้การออกแบบและการติดตั้งระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยสามารถเลือกใช้ได้ 2 ลักษณะคือสามารถควบคุมได้โดยตรงผ่าน Magnetic Relay Contractor ขนาด 24 Vdc (แบบอะนาล็อก) เป็นตัวควบคุมการทำงานมอเตอร์โดยตรงภายในพื้นที่ (รูปที่ 8) หรือผ่าน Board Arduino Mega 2560 (แบบดิจิตอล) ในการประมวลผลเพื่อสั่งการทำงานของมอเตอร์ดังรูปที่ 9

โดยระบบจำลองสำหรับการออกแบบและการติดตั้งที่นำเสนอนั้นสามารถพิจารณาผลกระทบของแนววงโคจรของพระอาทิตย์, การขึ้น-ลงของพระอาทิตย์, ตำแหน่งมุมเงยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในพื้นที่ และทิศทางการติดตั้งระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์พร้อมกับระบบป้องกันมอเตอร์จากการสั่งควบคุมการทำงานที่ผิดพลาดได้



รูปที่ 8 กล่องควบคุมแบบ Magnetic Relay Contractor (24Vdc)



รูปที่ 9 กล่องควบคุมแบบ Arduino Mega 2560 with Sensor and Timer

รูปที่ 8 แสดงตำแหน่งการใช้กล่องควบคุมแบบ Magnetic Relay Contractor (24Vdc) ซึ่งมีหลักการควบคุมการกำหนดค่าต่างๆ ด้วยการกดติด-ปล่อยดับโดยมีรายละเอียดตำแหน่งของปุ่มดังต่อไปนี้

ตำแหน่งที่	1	ปุ่มหยุดฉุกเฉิน
ตำแหน่งที่	2	ปุ่มเปิด-ปิดวงจร Direction
ตำแหน่งที่	3	ปุ่มเปิด-ปิดวงจร Radian
ตำแหน่งที่	4	ปุ่มเปิด-ปิดวงจร Orbit
ตำแหน่งที่	5	ปุ่มเปิด-ปิดวงจร Sun
ตำแหน่งที่	6	ปุ่มเปิด-ปิดวงจร PV
ตำแหน่งที่	7/12	ปุ่มควบคุมทิศทางวงจร Direction
ตำแหน่งที่	8/13	ปุ่มควบคุมทิศทางวงจร Radian
ตำแหน่งที่	9/14	ปุ่มควบคุมทิศทางวงจร Orbit
ตำแหน่งที่	10/15	ปุ่มควบคุมทิศทางวงจร Sun
ตำแหน่งที่	11/16	ปุ่มควบคุมทิศทางวงจร PV

รูปที่ 9 แสดงตำแหน่งการใช้กล่องควบคุมแบบ Arduino Mega 2560 with Sensor and Timer ซึ่งมีหลักการควบคุมการกำหนดค่าต่างๆ ด้วยการป้อนค่าตัวเลขที่ต้องการได้โดยตรงแล้วกดสั่งการทำงาน และมีรายละเอียดตำแหน่งของปุ่มดังต่อไปนี้

ตำแหน่งที่	1	ปุ่มรีเซต (Reset)
ตำแหน่งที่	2	ปุ่มเปิด-ปิด
ตำแหน่งที่	3	พอร์ตเอาท์พุตไฟกระแสตรง (DC)
ตำแหน่งที่	4	หน้าจอแสดงผล
ตำแหน่งที่	5	ปุ่มป้อนข้อมูล
ตำแหน่งที่	6	ไฟแสดงผลการทำงาน

รูปที่ 10 อุปกรณ์ต้นแบบ PV Simulator for Design and Installation Systems จะเห็นว่ามีการติดตั้งชุดควบคุมทั้ง 2 แบบคือ Magnetic Relay Contractor ขนาด 24 Vdc และแบบ Arduino Mega 2560 with Sensor and Timer โดยระบบควบคุมทั้ง 2 ระบบที่นำเสนอนั้น ยังมีการติดตั้งระบบป้องกันมอเตอร์จากการสั่งควบคุมการทำงานที่ผิดพลาด ที่ติดตั้งร่วมกันกับแบบจำลองที่พักอาศัยและระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็ก เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของแนววงโคจรของพระอาทิตย์, การขึ้น-ลงของพระอาทิตย์, ตำแหน่งมุมเงยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในพื้นที่ และทิศทางการติดตั้งระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 10 อุปกรณ์ต้นแบบ PV Simulator for Design and Installation Systems

4.สรุป

ผลการศึกษาของโครงงานวิจัยพบว่ามีลักษณะการทำงานตรงตามขอบเขตที่นำเสนอ ซึ่งทำให้สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายหลายรูปแบบสำหรับการออกแบบและสังเกตผลกระทบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในขณะที่ระบบควบคุมแบบ Magnetic Relay Contractor สามารถสั่งการได้มุมตรงตามของผู้ใช้ที่ระดับสายตา แต่ขาดความแม่นยำในเรื่องการสั่งให้ตามพิกัดตัวเลขที่ต้อง และระบบควบคุมแบบ Arduino Mega 2560 with Sensor and Timer ขาดความแม่นยำตามพิกัดสั่งการประมาณ 1% (ความผิดพลาดเล็กน้อย) ในระบบจากองศาที่กำหนดในการเลื่อนตำแหน่งขึ้น-ลงของพระอาทิตย์ โดยสาเหตุมาจากน้ำหนักของพระอาทิตย์จำลอง (มีขนาดน้ำหนักเยอะ)

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, การไฟฟ้านครหลวง, การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และสนับสนุนข้อมูลในการทำบทความนี้

เอกสารอ้างอิง

[1.] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระราชูปถัมภ์มาตรฐาน; **การติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556.**มาตรฐาน วสท, 2556.

[2.] กรมพัฒนาพลังงานแทนและอนุรักษ์พลังงาน; **การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์** ศูนย์พัฒนามาตรฐานและทดสอบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี

[3.] กรมพัฒนาพลังงานแทนและอนุรักษ์พลังงาน; **คู่มือพัฒนาและการลงทุนผลิต พลังงานทดแทนชุดที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์**.

[4.] การไฟฟ้านครหลวง; **ข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า พ.ศ. 2551**.

[5.] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค; **ข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า พ.ศ. 2551**.

[6.] คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน; **เอกสารแนบท้ายประกาศ กกพ. หมายเลข ๕**- ข้อกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ อุปกรณ์ และการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์ แสงอาทิตย์บนหลังคา

[7.] คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน; **ระเบียบคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ว่าด้วยการรับซื้อไฟฟ้าจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา พ.ศ. 2556**

[8.] ทรงศักดิ์ พงษ์หิรัญ และธัญนพ นิลกำจร**; บทความวิจัย "ผลของมุมเอียงของแผง เซลล์แสงอาทิตย์ในพื้นที่ มศว" ; ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**

[9.] นิพนธ์ เกตุน้อย, คงฤทธิ์ แม้นศิริ, รัฐพร เงินมีศรี, ณัฐวุฒิ ขาวสะอาด, ฉัตรชัย ศิริ สัมพันธ์วงษ์; **การประเมินทางด้านเทคนิคและทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้า เซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่และแบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ในประเทศ ไทย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2555.**