

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและความคุ้มค่าของระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าสำหรับการติดตั้งบนอาคารโรงงาน
The analysis of break event point and cost effectiveness of on grid connected rooftop solar photovoltaic systems for implementing on the plant building

ธีระเศรษฐ์ ศรีประภัสสร¹ ชัยพร สุภาหิตานุกุล² สถาปนิก อัจฉิมากุล³
อาคม บุญปัญญา⁴ ทศวัลย์ คัมภีระพันธ์⁵ ฉัตรชัย ทิรัญลาก⁶ โจเซฟ เคดารี⁷ จงจิตร ทิรัญลาก⁸

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและความคุ้มค่า เป็นข้อพิจารณาที่สำคัญ ที่นำไปใช้ตัดสินใจในการบริหารจัดการค่าใช้จ่าย ในการดำเนินงานที่จะเกิดขึ้น จากการนำนวัตกรรมใหม่ใด ๆ เข้าใช้ร่วมกับการดำเนินงานแบบเดิม งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งติดตั้งบนหลังคาของอาคารโรงงานแห่งหนึ่ง เพื่อแสดงเป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์ข้อมูลการทำงานเชิงปริมาณของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ได้มีการเก็บรวบรวมและนำมาคำนวณ โดยโปรแกรม PVSYST เพื่อนำมาประเมินด้านประสิทธิภาพกำลังการผลิตไฟฟ้าของระบบ จุดคุ้มทุนและความคุ้มค่า เพื่อประมาณค่า และพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่าง ๆ ผลการวิเคราะห์ในแง่ของกำลังการผลิตไฟฟ้าในกรณีตัวอย่างนี้ แสดงถึงปริมาณของผลผลิตกำลังที่ให้ออกแทนคืน ประมาณ 1,258,600 หน่วยต่อปี และคาดประมาณระยะเวลาคุ้มทุนที่ประมาณ 13 ปี

คำสำคัญ: ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ความคุ้มค่า ระยะเวลาคุ้มทุน จุดคุ้มทุน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

Abstract

The analysis of the break-event point and the cost-effectiveness is a crucial determinant to be considered in an administration of an operational cost in the following after implemented any new innovation onto the original operation. This research reports economic analysis of a solar energy system installed on the rooftop of one plant building used for demonstrating the analysis. The quantitative functional data of the solar energy system were collected and then used to as inputs in the PVSYST program in order to evaluate the electrical power generating efficacy of system, the break event point and the cost-effectiveness to estimate and determine the operational cost. The analytic result in the aspect of a power generation of this demonstrating case reveals an amount of a payoff power yield about 1,258,600 units per year and an estimated payback period of 13 years approximately.

¹ อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี theerasest.sri@gmail.com
² ดร. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี chaiporn.sup@gmail.com
³ ดร. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี a.sathapanik@hotmail.com
⁴ อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี boonpunya.ak@hotmail.com
⁵ ผศ.ดร. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี taszwalayar@gmail.com
⁶ อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี h.chatchai@hotmail.com
⁷ ศ.ดร. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี joseph.khedari@hotmail.com
⁸ ศ.ดร. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี jongjit.hirunlabh@hotmail.com

Keywords: solar photovoltaic system, cost effectiveness, break-even point, payback period, operational cost.

ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

เนื่องจากการเติบโตทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมในปัจจุบัน สถานการณ์ความต้องการพลังงานของโลกมีแนวโน้มการใช้พลังงานจากไฟฟ้า เพื่ออุตสาหกรรมการผลิตเพิ่มมากขึ้น และมีโอกาสความต้องการเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 60 ในปี ค.ศ. 2040 (กองยุทธศาสตร์และแผนงาน, 2562) ในขณะที่เดียวกันการลดต้นทุนการผลิต ก็เป็นกลยุทธ์หนึ่งที่ต้องนำมารับมือกับความผันผวนของเศรษฐกิจโลก อีกทั้งทางภาครัฐของประเทศไทยและประชาคมโลก ในปัจจุบันยังให้ความสำคัญถึงพลังงานสะอาดมากขึ้นผ่านทาง การสนับสนุนทางนโยบายและข้อกำหนดทางกฎหมาย ต่าง ๆ มากขึ้น และมีแนวโน้มที่จะถูกให้ความสำคัญมากขึ้นในอนาคต

สำหรับประเทศไทย ตามที่คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ได้มีโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (กองส่งเสริมพลังงานทดแทนและผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก, 2562) จึงเกิดการสนับสนุนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาในภาคอุตสาหกรรมและครัวเรือน ในปี 2562 และรับซื้อไฟฟ้าที่เหลือใช้จากระบบที่ผลิตได้ ด้วยอัตราซื้อไฟฟ้าคงที่ (feed in tariff, FIT) (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2558)

ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้ทางเลือกของพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ และพลังงานแสงอาทิตย์ ได้เริ่มเข้ามามีบทบาทต่อการผลิตกำลังไฟฟ้า ในภาคอุตสาหกรรมที่พยายามเตรียมพร้อมล่วงหน้า โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับความนิยมในประเทศไทย จนสามารถทำให้เกิดการลดต้นทุนได้จริงในทางปฏิบัติในระยะยาว และยังมีคุณค่าในการลงทุนด้านสถานที่ติดตั้ง เนื่องจากแทบไม่สูญเสียพื้นที่ในการติดตั้ง สำหรับการ ใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา (rooftop solar photovoltaic (PV) systems) (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.)

ดังนั้นการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน และความคุ้มค่า เป็นข้อพิจารณาที่สำคัญที่นำใช้ตัดสินใจในการบริหารจัดการค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่จะเกิดขึ้น จากการนำนวัตกรรมใหม่ใด ๆ เข้าใช้ร่วมการดำเนินงานแบบเดิมที่ต้องนำมาพิจารณาทั้งก่อนตัดสินใจเลือกใช้ และหลังติดตั้งใช้ระบบ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่า และจุดคุ้มทุน ข้อมูลการทำงานเชิงปริมาณของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
2. เพื่อวิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ บนหลังคาของอาคาร
3. เพื่อประเมินในประสิทธิภาพกำลังการผลิตไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนอาคาร

เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาต่าง ๆ ในปัจจุบัน ให้ผลสรุปในทิศทางเดียวกันว่า ประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์นั้น ให้ความแตกต่างกัน ขึ้นตามลักษณะตำแหน่งของพื้นที่ที่ติดตั้งและสภาวะแวดล้อม

รัตน์ พิชิตกฤษ และ กิรติ ชยะกุลศิริ วิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ บนหลังคาอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก (วิรัตน์ พิชิตกฤษ และกิรติ ชยะกุลศิริ, 2561) โดยใช้โปรแกรม PVSYST ซึ่งแยกการวิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ออกเป็นสองส่วน ตามลักษณะทิศที่ระบบติดตั้ง การจัดวางบนอาคาร ได้แก่ ระบบที่ติดตั้งบนหลังคาอาคารในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และระบบที่

ติดตั้งบนหลังคาอาคารในแนวทิศตะวันออกเฉียงใต้ การคำนวณและวิเคราะห์ให้ข้อสรุปว่า ระบบที่ติดตั้งด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ ให้ประสิทธิภาพดีกว่า ระบบที่ติดตั้งด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ประมาณร้อยละ 5

เอกพันธ์ ผัดศรี คณภรณ์ ก้อนแก้ว และอัครินทร์ อินทนิเวศน์ (2561) รายงานกรณีศึกษาของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ภายในอาคารเรียน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ แสดงถึงความเกี่ยวข้องของสมรรถนะของระบบต่อความไม่สม่ำเสมอของความเข้มของแสงในแต่ละวัน ซึ่งขึ้นกับผลการวิเคราะห์กรณีศึกษาพบว่า สมรรถนะสูงสุดของระบบในวันที่ฝนตก หรือฟ้าไม่โปร่ง มีค่าโดยเฉลี่ยร้อยละ 85.25 ในขณะที่วันที่ท้องฟ้าโปร่ง สมรรถนะสูงสุดของระบบจะลดลงเหลือเพียงร้อยละ 78 อันเกิดจากการสูญเสียพลังงานของระบบ และเป็นผลให้ระบบมีสมรรถนะลดลง เมื่อค่ารังสีอาทิตย์เพิ่มสูงขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

กรณีศึกษาจำลองระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดติดตั้งบนหลังคาที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้ากับอาคาร ซึ่งมีลักษณะพื้นที่เป็น 1 อาคาร ด้านหน้าและด้านหลังวางตัวตามแนวทิศใต้ และทิศเหนือ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1. ภาพจำลองอาคารกรณีศึกษาด้านหลังอาคารวางตัวในแนวทิศเหนือ และด้านหน้าอาคารวางตัวในแนวทิศใต้ หลังคาที่ใช้ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ด้านซ้ายของอาคาร ดังภาพวางตัวในแนวทิศตะวันออกเฉียงใต้ และด้านขวาของอาคาร ดังภาพวางตัวในแนวทิศตะวันตก

การวิเคราะห์ระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของอาคารโรงงานขนาดกลางที่ทำการศึกษา

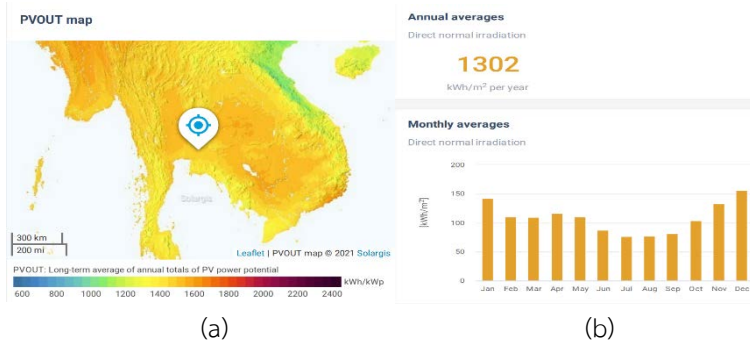
ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ศึกษาเป็นระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2557) โดยมี แผงผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (solar photovoltaic cell) เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานตกกระทบลงบนสารกึ่งตัวนำของแผงผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำ และเป็นเกิดกระแสไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะถูกส่งไปยังอินเวอร์เตอร์แบบต่อเชื่อมกับระบบจำหน่าย (grid tie inverter) แบบไฟฟ้า 3 เฟส และถูกแปลงจากไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ จากนั้นไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้ จะถูกส่งไปยังตู้อุปกรณ์ควบคุมหลัก (main distribution board) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมระบบไฟฟ้าที่อินเวอร์เตอร์แบบต่อเชื่อมกับระบบจำหน่ายส่งมาทั้งหมด โดยตู้อุปกรณ์ควบคุมหลักจะควบคุมระบบไฟฟ้าที่จ่ายไปยัง load ซึ่งประกอบด้วยกระแสไฟฟ้า 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 กระแสไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ที่มาจากอุปกรณ์ควบคุมหลัก และส่วนที่ 2 กระแสไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) โดยภายในตู้อุปกรณ์ควบคุมหลักประกอบไป

ด้วย อุปกรณ์ควบคุมการตัด-ต่อระบบไฟฟ้า และมิเตอร์ดิจิทัลสำหรับวัดกำลังไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายในอาคารจะนำไฟฟ้าจากตู้อุปกรณ์ควบคุมหลักมาใช้ก่อน หากกระแสไฟฟ้าที่ได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอ ตู้อุปกรณ์ควบคุมหลัก จะนำไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้า กฟภ. มาชดเชยกระแสไฟฟ้าที่จ่ายไปยัง Load โดยอัตโนมัติ

การวิเคราะห์ปริมาณพลังงานรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบ (incident solar energy irradiance) พื้นที่ที่ศึกษา

การวิเคราะห์ปริมาณพลังงานของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบ (incident solar energy irradiance) ของพื้นที่เลือกใช้ภาคกลางตอนบน กรณีศึกษาจังหวัดปราจีนบุรี โดยใช้ฐานข้อมูลปริมาณพลังงานของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบจากเว็บไซต์ Global Solar Atlas (World Bank and International Finance, 2020) การวิเคราะห์สามารถเลือกพื้นที่ที่กำหนดได้ โดยระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ด้วยเลขละติจูด (latitude) และเลขลองจิจูด (longitude)

พื้นที่ในตำแหน่งที่เป็นกรณีศึกษา ดังภาพที่ 2 (a) มีปริมาณพลังงานของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบสูงสุด ดังภาพที่ 3 (b) ระหว่างเดือน ธันวาคม และมกราคม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 145 - 155 kWh/m² ต่อเดือน ในขณะที่เดือนกรกฎาคม สิงหาคม และกันยายน มีปริมาณพลังงานของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบต่ำสุด โดยมีค่าอยู่ในช่วง 75 kWh/m² ต่อเดือน ค่าเฉลี่ยทั้งปีของปริมาณพลังงานของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบคือ 1,302 kWh/m² ต่อปี หรือ 108.5 kWh/m² ต่อเดือน นอกจากนี้ยังพบว่าค่าการมุมองศาที่เหมาะสมที่สุดของแผงระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (optimum tilt for solar panels) อยู่ที่ 17 องศา



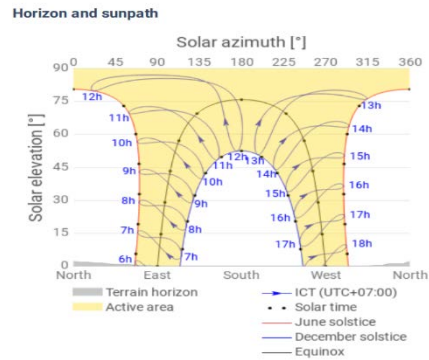
Average hourly profiles
Direct normal irradiation [Wh/m²]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6												
6 - 7												
7 - 8	155	116	138	215	207	175	124	104	122	174	254	222
8 - 9	352	286	274	322	309	245	196	190	206	285	394	424
9 - 10	466	376	321	380	370	304	258	264	282	380	493	545
10 - 11	532	432	395	449	431	347	295	297	347	440	553	618
11 - 12	586	490	455	495	468	368	308	326	393	475	580	655
12 - 13	613	538	492	517	475	376	307	336	411	468	581	656
13 - 14	593	530	465	481	438	331	291	318	350	396	517	616
14 - 15	528	482	406	406	347	284	256	254	308	443	531	
15 - 16	419	378	307	309	242	186	173	183	168	215	348	428
16 - 17	286	243	195	188	161	142	135	120	105	137	220	280
17 - 18	68	72	71	70	75	82	73	61	33	25	18	43
18 - 19												
19 - 20												
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
Sum	4600	3942	3522	3866	3565	2910	2453	2479	2707	3331	4426	5021

(c)

Map data		Per year
Specific photovoltaic power output	PVOUT specific	1489 kWh/kWp
Direct normal irradiation	DNI	1297 kWh/m ²
Global horizontal irradiation	GHI	1849 kWh/m ²
Diffuse horizontal irradiation	DIF	902 kWh/m ²
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI _{opta}	1915 kWh/m ²
Optimum tilt of PV modules	OPTA	17 / 180 °
Air temperature	TEMP	28.0 °C
Terrain elevation	ELE	7 m

(d)



(e)

ภาพที่ 2. ผลการจำลองและวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ณ ตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่จังหวัดปราจีนบุรีของอาคาร

กรณีศึกษา ภาพ (a) แสดงศักยภาพกำลังรวมของ photovoltaic (annual total of PV power potential) ในระยะยาวโดยเฉลี่ยทั้งปี ภาพ (b) แสดงปริมาณพลังงานของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบ (incident solar energy irradiance) ในแต่ละเดือน ภาพ (c) แสดงปริมาณพลังงานของรังสีอาทิตย์ (solar energy irradiance) ของแต่ละช่วงชั่วโมงเวลาที่มีแสงอาทิตย์ในแต่ละวันของแต่ละเดือน ภาพ (d) แสดงศักยภาพกำลังรวมของ photovoltaic (annual total of PV power potential) ในระยะยาวโดยเฉลี่ยทั้งปี และปริมาณพลังงานของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบ (incident solar energy irradiance) รูปแบบต่าง ๆ ในระยะยาวโดยเฉลี่ยต่อปี ณ ตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่จังหวัดปราจีนบุรีของอาคารโรงงานกรณีศึกษา และภาพ (e) แสดงช่วงเวลาที่แสงอาทิตย์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับมุมองศา azimuth และมุมองศา elevation ของดวงอาทิตย์ ในทิศต่าง ๆ ณ ตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่จังหวัดปราจีนบุรีของอาคารโรงงานที่ทำวิจัย

การออกแบบการจำลองโปรแกรมซอฟต์แวร์ Photovoltaic System (PVSYST)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนหลังคาอาคาร โดยมีการกำหนดเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายขนาดกำลังสูงสุด 22 กิโลวัตต์ การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับบนหลังคาอาคาร ซึ่งประสิทธิภาพของระบบ และความคุ้มค่าในการลงทุนจะมีความเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย อาทิ งบประมาณเอียงของหลังคา การติดตั้งการหันเหทิศทางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนั้นจำเป็นต้องอาศัยการจำลองต้นแบบด้วยโปรแกรมซอฟต์แวร์ Photovoltaic System (PVSYST, n.d.) และใช้ข้อมูลอ้างอิงรังสีอาทิตย์จากเว็บไซต์ Global Solar Atlas เพื่อช่วยในการคำนวณหาค่าพลังงานที่ผลิต ในการศึกษานี้ได้จำลองการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยกำหนดการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบบ poly-crystalline มีขนาดกำลังวัตต์ต่อแผง 325 Wp ชนิดยึดติดอยู่กับที่ ติดตั้งบนหลังคาอาคารโรงงานทั้งหมดจำนวน 2,460 แผง โดยหลังคาที่ใช้ติดตั้งแบ่งเป็นด้านซ้ายของอาคารวางตัวในแนวทิศตะวันออกจำนวน 1,230 แผง และด้านขวาของอาคาร วางตัวในแนวทิศตะวันตก จำนวน 1,230 แผง ตามที่ตั้งของอาคาร และกำหนดการใช้อุปกรณ์แปลงพลังงาน (grid tie inverter) 2 เฟส แบบ on-grid จำนวน 18 ตัว แต่ละตัวใช้ 3 สตรีง และออกแบบจำลองระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคาร โดยใช้โปรแกรม PVSYST เพื่อคำนวณหาค่าพลังงานที่ผลิตได้ ส่วนการคำนวณอัตราส่วนสมรรถนะของระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (PR) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถคำนวณหาได้จากอัตราส่วนระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบต่อกำลังการติดตั้งสูงสุด (Y) ต่อพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ต่อกำลังการติดตั้งสูงสุด (Y) ซึ่งตัวแปรของแต่ละสมการของการคำนวณอัตราส่วนสมรรถนะของระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์นั้น สามารถกำหนดค่าในโปรแกรม PVSYST โดยสามารถอ้างอิงพื้นฐานการคำนวณดังสมการ เมื่อ payback คือ ระยะเวลาการคืนทุน total investment คือ เงินลงทุนทั้งหมดเป็นจำนวนเงิน 40,000,000.00 บาท (ตัวเลขจำลอง โดยประมาณ) unit per year คือ หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี โดยการคำนวณหน่วยพลังงานไฟฟ้า ซึ่ง 1

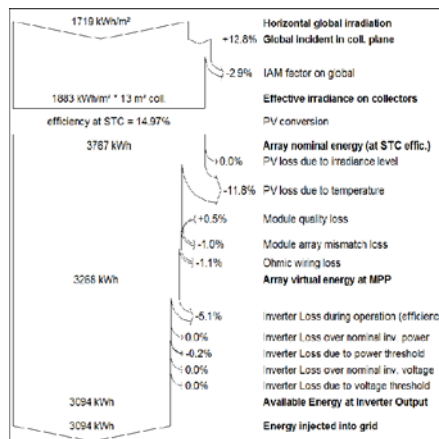
หน่วย หรือ 1 ยูนิต์ หรือ 1 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง (กองอัตรากำลัง และธุรกิจไฟฟ้า, 2560) electricity rate คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า 3.1471 บาท/หน่วย จากข้อกำหนดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สำหรับกิจการขนาดกลาง (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2556)

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยจากการออกแบบจำลองแบบด้วยโปรแกรม PVSYSY ของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา และเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายขนาดกำลัง 22 kW โดยใช้ข้อมูลรังสีอาทิตย์จากเว็บไซต์ Global Solar Atlas และออกแบบจำลองภายใต้เงื่อนไขของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบบ Poly-Crystalline ที่มีขนาดกำลังวัตต์ต่อแผง 325 Wp ด้วยมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ Tilt 15° ทิศทางของแผง Azimuth 0° (ทางทิศเหนือ) ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

1. ปริมาณพลังงานไฟฟ้าบนหลังคาพื้นที่ติดตั้งผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพจะใช้การคำนวณอัตราส่วนสมรรถนะ (Performance Ratio) ของระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา และเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายขนาดกำลัง 22 kW ด้วยการออกแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PVSYSY พบว่าพลังงานที่ผลิตได้ต่อวันจะมีค่าเกิน 5.5 kWh/kWp/day ในช่วงเดือนมกราคม เดือนพฤศจิกายน และเดือนธันวาคม โดยระบบมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยระบบสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 1,258.6 MWh/year และมีอัตราส่วน สมรรถนะเฉลี่ยรายปี 80.3 % โดยเปรียบเทียบ พลังงานอุดมคติกับพลังงานที่ได้จริง

2. การวิเคราะห์หน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีสุทธิ (Net Annual Energy Production) หลังจากหักการสูญเสีย (Losses) จากปัจจัยต่าง ๆ มีผลคำนวณว่า ระบบสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 1,503 kWh/year แต่พลังงานที่ผลิตได้ป้อนเข้าสู่ระบบกริดอินเวอร์เตอร์ได้เพียง 1,185 kWh/year สาเหตุหลัก เนื่องมาจากเกิดการสูญเสียที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV loss due to temperature) ที่เกี่ยวข้องกัอุณหภูมิ ถึง 11.85 % และการสูญเสียที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขณะทำงาน (Inverter loss during operation) ถึง 1.91 % ซึ่งผลการวิเคราะห์ แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3. Loss diagram over the whole year

3. การประเมินระยะเวลาคืนทุนโดยข้อมูลจากโปรแกรม PVSYST จากเดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม สามารถแสดงถึงการประมาณตัวเลขกำลังผลิตจากระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถนำมาคำนวณเป็นจำนวนเงินต่อเดือนได้จากสมการระยะเวลาการคืนทุน เมื่อวิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ผลที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม PVSYST แสดงถึงจำนวนตัวเลขที่ได้รับจากการผลิตไฟฟ้าเป็นจำนวน 1,258.6 MWh ต่อปี เมื่อเทียบกับอัตราส่วนการลงทุนจำนวน 40,000,000.00 บาท จะเห็นได้ว่าระยะเวลาคืนทุน 13 ปี

ตารางที่ 1 calculation of monthly payback from electricity rates of provincial electricity authority.

Month	Result from PVSYST software	
	Mwh/Month	Units/Month
January	109.10	109,100.00
February	106.90	106,900.00
March	104.10	104,100.00
April	108.00	108,000.00
May	105.80	105,800.00
June	101.80	101,800.00
July	99.50	99,500.00
August	95.20	95,200.00
September	100.20	100,200.00
October	102.20	102,200.00
November	111.20	111,200.00
December	114.60	114,600.00
Total	1,258.60	1,258,600.00

อภิปรายผล

การวิจัยมีการใช้ทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์ จุดคุ้มทุน และความคุ้มค่าในการลงทุน เพื่อวิเคราะห์การเปรียบเทียบถึงการลงทุน และระยะเวลาการคืนทุนในการติดตั้งการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ จากการวิจัยจะเห็นได้ว่าผลที่ได้จากการคำนวณจะทราบระยะเวลาในการคืนทุนที่ 13 ปี ที่การลงทุน 40,000,000 บาท โดยมีค่าคลาดเคลื่อนกำลังการผลิตไฟฟ้าจำนวน 19.7 MWh ต่อเดือน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น อุณหภูมิ ค่าการสูญเสียจากแผง ความเข้มของแสงอาทิตย์ในแต่ละพื้นที่ เซลล์แสงอาทิตย์ รวมถึงการสูญเสียระบบกริดอินเวอร์เตอร์ และอื่น ๆ ผลการวิจัยในด้านทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์ ชี้ให้เห็นว่าการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคานั้น มีอัตราการคืนทุนที่เหมาะสมกับการลงทุน ซึ่งในการวิจัยได้ออกแบบจำลองการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาอาคาร และเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายขนาดกำลัง 22 kVp พบว่ามีความเหมาะสมสำหรับการติดตั้งในพื้นที่ และให้ประสิทธิภาพสูง โดยระบบสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 1,258.6 MWh/year หรือคิดเป็น 1,258,600 จำนวนหน่วยพลังงานไฟฟ้าต่อปี

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ควรดูทำเล ทิศทาง องศา หรือเงาของอาคาร
2. เทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากหลายโปรแกรม ลดการคลาดเคลื่อนของข้อมูล ได้ทราบค่าจุดคุ้มทุน และความคุ้มค่าที่ดีที่สุด

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลการหักลบการสูญเสีย (Losses) ของพลังงานแสงอาทิตย์ อาทิ ค่าฝุ่น PM 2.5

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยฉบับนี้ได้รับคำแนะนำ ความช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีดา จันทวงษ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และขอบคุณผู้บริหารมหาวิทยาลัยปทุมธานีที่สนับสนุนงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านด้วยความเคารพอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. **คู่มือการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์**.

[ออนไลน์]. ได้จาก: คู่มือ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ BLN_0.pdf (dede.go.th) [สืบค้นเมื่อ วันที่ 27 มกราคม 2564].

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. **โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่**

ติดตั้งบนหลังคาสำหรับภาคประชาชน. [ออนไลน์]. ได้จาก: ร่างคู่มือความรู้การติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อผลิตไฟฟ้าบนหลังคา | กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (dede.go.th) [สืบค้นเมื่อ วันที่ 27 มกราคม 2564].

กองอัตรากำลังและธุรกิจไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2560). **อัตรากำลังไฟฟ้า-การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค**. [ออนไลน์]. ได้จาก:

https://www.pea.co.th/Portals/0/demand_response/Rate2015Update.pdf?ver=2018-10-
[สืบค้นเมื่อ วันที่ 27 มกราคม 2564].

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2556). **ความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้า: กำลังไฟฟ้าคืออะไร**. [ออนไลน์]. ได้จาก:

<http://www.pea.co.th/ความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้า/ArtMID/606fArticleID/852/กำลังไฟฟ้าคืออะไร> [สืบค้นเมื่อ วันที่ 27 มกราคม 2564].

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงาน (2558). **นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนใน**

รูปแบบ Feed-in Tariff [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.eppo.go.th/images/Power/pdf/FT-history/FIT_2558.pdf [สืบค้นเมื่อ วันที่ 27 มกราคม 2564].

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). **การศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของระบบ**

ผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา. [ออนไลน์]. ได้จาก: <10505-30953-1-PB.pdf> [สืบค้นเมื่อวันที่ 27 มกราคม 2564].

PVSYST. n.d. Photovoltaic System software.[Online]. Available from:

<https://www.pvsyst.com/download-pvsyst/> [accessed February 27, 2021].

World Bank and International Finance. 2020. Global solar atlas info. [Online]. Available from:

<https://globalsolaratlas.info/map?c=11.609193,84375,3> [accessed February 27, 2021].