

การศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาโรงงานอุตสาหกรรม ภายใต้มาตรการสนับสนุนสองประเภท

A comparative analysis of the feasibility of rooftop solar PV investment on factories' roofs under two support measures

นายภมร บัวตม^{1*}, ดร.โสภิตสุตา ทองโสภิต¹

¹หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
²สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารสถาบัน 3 ชั้น 12 ถนนพญาไท
แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

*E-mail: pamornb@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 082-3327588

บทคัดย่อ

เนื่องจากมาตรการล่าสุดที่ใช้สนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาในประเทศไทย (ปี พ.ศ. 2559) เป็นโครงการนำร่อง (pilot project) ที่ส่งเสริมให้นำพลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาไปใช้ภายในบ้าน อาคาร หรือโรงงานเท่านั้น แต่ไม่ชดเชยหน่วยไฟฟ้าที่เหลือจากการใช้งานและไหลเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า ซึ่งเป็นการสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับรูปแบบการใช้ไฟฟ้าบางประเภทที่ไม่สามารถใช้ไฟฟ้าจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์นั้นได้ทุกชั่วโมงที่มีการผลิต ผู้เขียนจึงได้ทำการเปรียบเทียบมาตรการสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าแบบใช้เองสองประเภทคือมาตรการสนับสนุนในรูปแบบโครงการนำร่อง (Pilot Project) หรือการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอย่างเสรี และ มาตรการหักลบกลบหน่วย (Net Metering) ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศเพื่อสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าแบบใช้เอง โดยเลือกโรงงานอุตสาหกรรมสองแบบที่มีรูปแบบการใช้ไฟฟ้าที่ต่างกัน กล่าวคือ โรงงานแรกเป็นโรงงานที่เปิดดำเนินการตลอดทั้งสัปดาห์ (เปิดวันจันทร์-วันอาทิตย์) และโรงงานที่สองหยุดทำงานในช่วงสุดสัปดาห์ (หยุดวันเสาร์และวันอาทิตย์) โรงงานทั้งสองแห่งมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและความต้องการไฟฟ้าสูงสุดใกล้เคียงกัน และมีการลงทุนระบบโซลาร์เซลล์บนหลังคา ที่มีขนาดเท่ากันและใช้งาน 25 ปี ตามอายุการใช้งานของแผงโซลาร์เซลล์ เมื่อพิจารณาจากผลการเปรียบเทียบผลค่า NPV และ PB พบว่ามาตรการ Pilot Project และมาตรการ Net Metering จะให้ความคุ้มค่าทางการเงินในระดับที่ต่างกันสำหรับทั้งสองโรงงาน โดยมาตรการ Net Metering จะให้ความคุ้มค่าทางการเงินมากกว่า และผลของความแตกต่างระหว่างทั้งสองมาตรการจะสำคัญมากต่อโรงงานที่ไม่ได้เปิดดำเนินการตลอดทั้งสัปดาห์ เนื่องจากมีไฟฟ้าที่เหลือใช้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในปริมาณที่มากกว่าซึ่งจะได้รับการชดเชยหากถูกสนับสนุนด้วยมาตรการ Net Metering

คำสำคัญ: โซลาร์รูฟเสรี/ไหลดโพรไฟล์/ความคุ้มค่า/ระบบพลังงานแสงอาทิตย์/โรงงานอุตสาหกรรม

Abstract

As of 2016, the support measure for rooftop solar systems in Thailand is the Pilot Project, which encourages the production of electricity from rooftop solar systems for self-consumption in households, buildings, or factories. Any excess electricity that is not consumed and flows into the utility system will not be compensated for, which results in lost economic value, especially for some load patterns that do not consume the electricity from the solar systems during all hours of electricity production. We therefore compare the applications of two support measures for rooftop solar systems to two types of load profiles. The support measures include the Pilot Project and Net Metering, which has been used widely in other countries to support self-production and self-consumption of electricity. The load profiles were derived from two factories with different operating patterns: one that operates 7 days a week and another that closes on Saturdays and Sundays. Both factories have similar peak demands and total annual energy consumption. Both invest in rooftop solar systems of the same size and have the same operating lifetime of 25 years. Our analysis shows that both the Pilot Project and Net Metering enable the investment to be feasible at different

levels. Net Metering makes the investment more feasible than the Pilot Project. The difference is especially pronounced for the factory that does not operate 7 days a week because it has a greater amount of excess electricity that would be compensated for if supported by the Net Metering measure.

Keywords: Pilot project/Load profile/feasibility/Solar systems/Factories

1. บทนำ

ตามที่สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน เปิดโครงการนำร่อง (Pilot Project) การผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอย่างเสรี พ.ศ. 2559 [1] เพื่อให้เกิดการส่งเสริมการติดตั้งโซลาร์รูฟโดยเน้นการผลิตเองใช้เองและหากมีไฟฟ้าไหลย้อนจะไม่มีภาระหน่วยไฟฟ้าหรือจ่ายเงินค่าไฟฟ้าที่ไหลเข้าระบบ โดยกำหนดปริมาณสนับสนุนเป็นจำนวน 100 เมกะวัตต์ (MWp) และแบ่งปริมาณการติดตั้งตามกลุ่มเป้าหมายและพื้นที่ดังนี้

ตารางที่ 1 การกำหนดเป้าหมายการติดตั้งโซลาร์รูฟจำแนกตามพื้นที่การไฟฟ้าและประเภทอาคาร

พื้นที่ดำเนินการ	กลุ่มเป้าหมาย (เมกะวัตต์, MWp)		
	บ้าน	อาคาร	รวม
การไฟฟ้านครหลวง	10	40	50
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	10	40	50
รวม	20	80	100

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารโรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 2 โรงงาน โดยเปรียบเทียบระหว่าง 2 มาตรการ คือมาตรการโซลาร์รูฟอย่างเสรี (Pilot Project) และมาตรการหักลบกลบหน่วย (Net Metering) [2] ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีบทวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบผลประโยชน์และความคุ้มค่าทางการเงิน หลังจากมีการติดตั้งโซลาร์เซลล์บนหลังคาโรงงานอุตสาหกรรมภายใต้ทั้ง 2 มาตรการนี้ ดังนั้นผลจากการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์มาตรการหรือนโยบายที่เหมาะสม เพื่อช่วยสนับสนุนโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาที่ยั่งยืนต่อไปในอนาคต

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความคุ้มค่าของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ภายใต้ 2 มาตรการ คือ มาตรการการติดตั้งโซลาร์เซลล์บนหลังคาเพื่อผลิตไฟฟ้าใช้เองอย่างเสรีหรือที่เรียกว่าโครงการนำร่อง (Pilot Project) และมาตรการการติดตั้งโซลาร์เซลล์บนหลังคาเพื่อผลิตไฟฟ้าใช้เองและขายไฟฟ้าส่วนที่เหลือจากการใช้ในอาคาร (Net Metering) และเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยด้านรูปแบบของการใช้ไฟฟ้า (load profile) ของโรงงานอุตสาหกรรมที่อาจมี

ผลกระทบต่อความคุ้มค่าของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ภายใต้มาตรการสนับสนุนของภาครัฐที่แตกต่างกัน

3. วิธีการวิจัย

3.1 ขอบเขตของการศึกษา

3.1.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ศึกษาการประเมินความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนติดตั้งโซลาร์เซลล์ และเปรียบเทียบมาตรการสนับสนุน 2 มาตรการคือ การผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอย่างเสรี (Pilot Project) และมาตรการหักลบกลบหน่วย (Net Metering)

3.1.2 ขอบเขตด้านระยะเวลา

นำรูปแบบการใช้ไฟฟ้าของทั้งสองโรงงานในปี พ.ศ. 2559 เป็นระยะเวลา 1 ปี มาใช้เป็นข้อมูลประกอบการทำแบบจำลอง สำหรับการใช้จ่ายไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอายุการใช้งาน 25 ปี โดยดำเนินการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์อื่นๆ ในปี พ.ศ. 2559

3.1.3 ขอบเขตด้านประชากร

ศึกษาโดยเลือกโรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 2 โรงงาน ที่นิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง ได้แก่ บริษัท ไคกัน คอมเพลสเซอร์ อินดัสทรีส์ บอดีเวิร์ค จำกัด (เปิดทำงานตลอดสัปดาห์) และ บริษัท ซูมิโตโม อิเล็กทริก ไร่จิ้ง จำกัด (หยุดทำงานในวันเสาร์-อาทิตย์) โดยลักษณะหลังคาเป็นระนาบ และการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เป็นไปตามแบบมาตรฐานที่เหมาะสม

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานศึกษา

3.2.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับนโยบาย โครงการนำร่อง (Pilot Project) การผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอย่างเสรี และมาตรการหักลบกลบหน่วย (Net Metering) ในต่างประเทศ

3.2.2 เก็บรวบรวมข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรม บริษัท ไคกัน คอมเพลสเซอร์ อินดัสทรีส์ บอดีเวิร์ค จำกัด และบริษัท ซูมิโตโม อิเล็กทริก ไร่จิ้ง จำกัด เป็นระยะเวลา 1 ปี โดยนำข้อมูลดังกล่าวมาจากมิเตอร์ไฟฟ้า (TOU) ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในปี พ.ศ. 2559 และขอรับความยินยอมจากบริษัททั้งสองแห่งในการนำข้อมูลมาวิเคราะห์

3.2.3 วิเคราะห์ความคุ้มค่าของการลงทุนภายใต้ต้นนโยบายโครงการนำร่อง (Pilot Project) เปรียบเทียบ

กับการผลิตไฟฟ้าด้วยมาตรการหักลบกลบหน่วย (Net Metering) โดยมีตัวชี้วัด ได้แก่ NPV IRR PB และ LCOE โดยใช้โปรแกรม System Advisor Model (SAM) ในการคำนวณตัวชี้วัดดังกล่าว โดย Pilot Project และ Net Metering มีคำอธิบายและความแตกต่าง ดังนี้

3.2.3.1 Pilot Project: ผลิตไฟฟ้าจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อใช้เองก่อน หากมีความต้องการใช้ไฟฟ้า (load) ไม่เพียงพอ ไฟฟ้าจะไหลย้อนเข้าระบบของการไฟฟ้าโดยไม่มีกราดชดเชยใดๆ

3.2.3.2 Net Metering: ผลิตไฟฟ้าจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อใช้เองก่อน หากมีความต้องการใช้ไฟฟ้า (load) ไม่เพียงพอ ไฟฟ้าจะไหลย้อนเข้าระบบของการไฟฟ้า โดยมีการนับหน่วยไฟฟ้าที่ไหลย้อนแต่ละเดือนและนำไปลบออกจากหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ในเดือนถัดไป หากเดือนถัดไปมีไฟฟ้าส่วนเกินที่ไม่ได้ใช้ก็นำไปหักลบกลบหน่วยในเดือนถัดไปอีก ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนสิ้นสุดรอบการคำนวณที่ 12 เดือน จึงรับซื้อหน่วยไฟฟ้าที่เหลือที่ราคา 1 บาทต่อหน่วย (หากยังมีเหลือ) โดยรูปแบบ Net Metering สามารถจัดทำได้หลายรูปแบบซึ่งในการศึกษานี้เป็นเพียงรูปแบบหนึ่งเท่านั้น [3]

3.2.4 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการลงทุนของทั้ง 2 โรงงาน ได้แบ่งเป็นข้อมูลด้านเทคนิคและสมมติฐานทางการเงิน ดังตารางที่ 2-3 ตารางที่ 2 ข้อมูลด้านเทคนิค

อุปกรณ์	ชนิด /ค่าที่ใช้	คำอธิบาย
แผงโซลาร์เซลล์	Poly Silicon	ประเภทเทคโนโลยีที่เป็นที่นิยมมากที่สุดสำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาในประเทศไทย
อินเวอร์เตอร์	Central Inverter	ขนาด 1,000 kW (AC)
อายุโครงการ	25 ปี	ระยะเวลารับประกันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
อายุการใช้งานอินเวอร์เตอร์	11 ปี	ระยะเวลารับประกันของอินเวอร์เตอร์แตกต่างกันในแต่ละราย โดยมีช่วงระหว่าง 5-15 ปี [4]
อัตราการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	0.5 % ต่อปี	อัตราการลดลงของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสเตอไลน์จะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0-1% โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.5% ต่อปี [5]

ค่าตัวประกอบการผลิตไฟฟ้า	15.4 %	ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SAM ได้ผลค่าตัวประกอบการผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ 15.4%
--------------------------	--------	---

ตารางที่ 3 สมมติฐานด้านการเงิน

รายการ	ค่าที่ใช้	คำอธิบาย
ต้นทุนระบบ	40 บาท /วัตต์	จากการสำรวจของผู้ประกอบการที่ติดตั้งโซลาร์เซลล์ ณ เดือนพฤศจิกายน 2559 จำนวน 6 ราย
อัตราส่วนหนี้สิน/ต้นทุน	0	กำหนดให้เงินลงทุนทั้งหมดเป็นของเจ้าของโครงการ
อัตราเงินเฟ้อ	2.8%	อัตราเงินเฟ้อเฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี ข้อมูลจากธนาคารแห่งประเทศไทย เรื่อง สรุปผลการประเมินภาวะเศรษฐกิจไทยประจำปี 2559 [6]
อัตราคิดลดของโครงการ (Discount Rate)	2.93%	อัตราผลตอบแทนตัวเงินคลังและพันธบัตรรัฐบาลของธนาคารแห่งประเทศไทย ของปี 2548-ปัจจุบัน อยู่ที่ 2.93% ซึ่งเป็นทางเลือกในการลงทุนหรือค่าเสียโอกาสในการลงทุน ซึ่งในกรณีนี้ใช้ค่าเสียโอกาสที่เกิดจากการนำเงินลงทุนในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ไปซื้อพันธบัตรรัฐบาลในระยะยาว ณ เดือนพฤศจิกายน 2559 [7]

3.2.5 วิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ต่อปัจจัยนำเข้าด้านต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลง $\pm 10\%$

เพื่อต้องการทราบผลกระทบต่อ NPV, PB และ LCOE เช่น อัตราการเพิ่มขึ้นของค่าไฟฟ้า ราคาอินเวอร์เตอร์ ราคาแผงโซลาร์เซลล์ และอัตราค่าเสื่อมของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งปัจจัยนำเข้าข้างต้นดังกล่าว ได้ทำการปรับเพิ่มและลด 10% เมื่อเทียบกับกรณีฐาน โดยค่าที่กำหนดสำหรับกรณีฐาน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปัจจัยในการวิเคราะห์ความอ่อนไหว

ปัจจัยที่วิเคราะห์	ค่าที่ใช้ (กรณีฐาน)
1. อัตราการเพิ่มขึ้นของค่าไฟฟ้า (%/ปี) [8]	1.2
2. ราคาอินเวอร์เตอร์ (บาท/วัตต์)	2.3
3. ราคาแผงโซลาร์เซลล์ (บาท/วัตต์) [9]	12.39

3.2.6 การคำนวณ NPV, IRR, PB และ LCOE สามารถอธิบายได้ดังนี้ [4]

3.2.6.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value, NPV) หมายถึง มูลค่าปัจจุบันสุทธิของกระแสเงินสดสุทธิที่เจ้าของได้รับตลอดอายุโครงการ ณ อัตราผลตอบแทนที่ต้องการหรือต้นทุนของเงินลงทุนของโครงการ NPV สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{FCFE_t}{(1+r/100)^t}$$

เมื่อ n = อายุของโครงการ (ปี)

t = ดัชนีชี้เลขปีในช่วงเวลาของโครงการ (ปี) โดย t = 1, 2, 3, ..., n

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)

FCFE_t = กระแสเงินสดสุทธิที่เจ้าของลดการสูญเสียค่าไฟฟ้าได้ในปีที่ t (free cash flow to equity) [บาท/ปี]

r = อัตราคิดลด (% discount rate) เท่ากับ อัตรา

3.2.6.2 อัตราผลตอบแทนภายใน (internal rate of return, IRR) หมายถึง อัตราผลตอบแทนจากการลดการสูญเสียค่าไฟฟ้าที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิที่เจ้าของได้รับตลอดอายุโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FCFE_t}{(1+IRR/100)^t}$$

3.2.6.3 ระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period, PB) หมายถึง ระยะเวลาที่กระแสเงินสดรับสะสมเท่ากับเงินที่ลงทุนไป เป็นตัวชี้วัดที่ใช้บอกสภาพความเสี่ยงของโครงการได้ โครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นจะมีความเสี่ยงต่ำกว่าโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนยาว คิดเป็นปี โดยมีเกณฑ์ในการตัดสินใจคือยอมรับโครงการ

$$PB = \frac{\text{กระแสเงินสดสะสม}}{\text{กระแสเงินสดสุทธิรายปี}}$$

3.2.6.4 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าปรับเฉลี่ย (levelized cost of electricity, LCOE) หมายถึง การคิดลดกระแสเงินสดจ่ายจากเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาในแต่ละปี มาเป็นมูลค่าปัจจุบันหารด้วยผลรวมของปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละปีคูณกับแฟคเตอร์ปรับลด ดังสมการ

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t}{(1+r/100)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r/100)^t}}$$

เมื่อ LCOE = ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าปรับเฉลี่ยตลอดอายุโครงการ (บาท/kWh)

I_t = เงินลงทุนในระบบ solar PV rooftop ในปี t (บาท)

M_t = ค่าใช้จ่ายสำหรับดำเนินการและบำรุงรักษาในปี t (บาท/ปี)

E_t = ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปีในปี t (kWh/ปี)

3.2.7 สรุปผลงานวิจัยและให้ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

4. ผลการวิจัย

4.1 การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบระหว่างมาตรการ Pilot Project และมาตรการ Net Metering

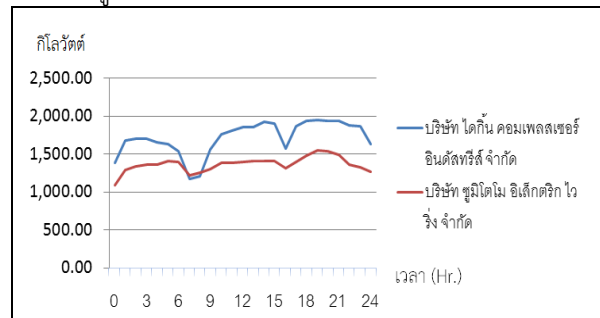
สามารถอธิบายความแตกต่างของรูปแบบมาตรการทั้ง 2 ได้ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบระหว่าง 2 มาตรการ

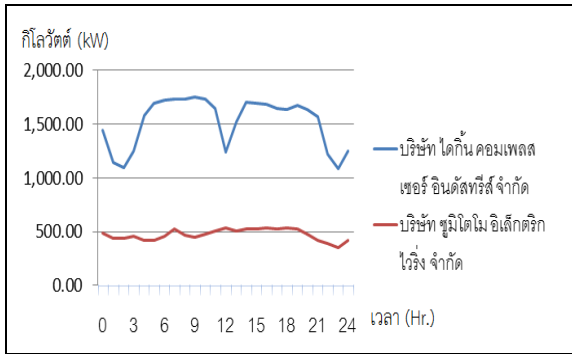
รูปแบบโซลาร์เซลล์	มาตรการ Pilot Project	มาตรการ Net Metering
กำลังการผลิตติดตั้งสูงสุด	ไม่เกิน 1 MW	ยังไม่กำหนด
การอนุญาตให้ไฟฟ้าไหลย้อนเข้าสู่ระบบ Grid	อนุญาต	อนุญาต
การชดเชยค่าไฟฟ้า	ไม่มีการชดเชย	มีการชดเชย
ค่าบริการการเชื่อมต่อ	มีค่าบริการ	ยังไม่กำหนด
การขออนุญาตเชื่อมต่อ	ขออนุญาต	ขออนุญาต

4.2 การเก็บรวบรวมลักษณะโหลดโปรไฟล์ของทั้ง 2 โรงงาน

สามารถอธิบายโดยแบ่งลักษณะโหลดโปรไฟล์ของทั้ง 2 โรงงานเป็น 2 แบบ คือ การเปรียบเทียบโหลดโปรไฟล์ในช่วงวันทำงานปกติ (วันจันทร์-วันศุกร์) และการเปรียบเทียบโหลดโปรไฟล์ในช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์ (วันเสาร์-วันอาทิตย์) ดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2



รูปที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบโหลดโปรไฟล์ของทั้ง 2 โรงงานในช่วงวันทำงานปกติ



รูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบโหลดโปรไฟล์ของทั้ง 2 โรงงาน ในช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์

4.3 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการลงทุนของทั้ง 2 โรงงาน

4.3.1 กรณี Pilot Project

ตามตารางที่ 6 ผลการทดสอบเปรียบเทียบของทั้ง 2 โรงงาน ในมาตรการ Pilot Project พบว่าค่าของ NPV และ IRR ของโรงงานที่เปิดทำงานตลอดสัปดาห์ มีค่ามากกว่าโรงงานที่หยุดทำงานสุดสัปดาห์ และ PB มีค่าน้อยกว่า แสดงถึงความคุ้มค่าในระดับที่สูงกว่า เนื่องจากสามารถนำพลังงานไฟฟ้าที่ถูกผลิตจากแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา ดึงไปใช้ภายในโรงงานได้ตลอดทั้งสัปดาห์เหมาะสมต่อความต้องการของการใช้โหลด ส่วนโรงงานที่หยุดทำงานสุดสัปดาห์จะสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงวันหยุด (วันเสาร์-วันอาทิตย์) โดยไม่ได้รับการชดเชย สำหรับ LCOE ของทั้งสองโรงงาน จะมีค่าเท่ากัน เนื่องจากว่าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยในงานวิจัยนี้ใช้การคำนวณต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าปรับเฉลี่ยของทั้ง 2 โรงงาน มีค่าเท่ากัน โดยความสามารถในการผลิตไฟฟ้าต่อปี (Annual Energy) ของทั้ง 2 โรงงาน สามารถผลิตได้ในปริมาณ 1,349,666 kWh/ปี

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบทั้ง 2 โรงงานในมาตรการ Pilot Project (ผลจากกรณีฐาน)

ปัจจัยในการวิเคราะห์ (Pilot Project)	บริษัท ซูมิโตโม อิเล็กตริก ไร่ิ่ง จำกัด (หยุดทำงานสุดสัปดาห์)	บริษัท ไดกัน คอมเพลสเซอร์ อินดัสทรีส์ จำกัด (ทำงานตลอดสัปดาห์)
Annual Energy (kWh/ปี)	1,349,666	1,349,666
LCOE (บาท/kWh)	1.63	1.63
NPV (บาท)	42,433,612	44,636,644
PB (ปี)	8.1	7.9
IRR (%)	12.61	12.96

4.3.2 กรณี Net Metering

ตามตารางที่ 7 ผลการทดสอบเปรียบเทียบของทั้ง 2 โรงงาน ในมาตรการ Net Metering พบว่าค่าของ NPV, IRR และ PB ของโรงงานที่หยุดทำงานสุดสัปดาห์ มีค่าเท่ากับโรงงานที่เปิดทำงานตลอดสัปดาห์ เนื่องจากสามารถนำหน่วยไฟฟ้าจากการผลิตไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์บนหลังคาโรงงาน ที่ไม่ถูกใช้ในชั่วโมงหยุดดังกล่าว นำไปหักลบกลบหน่วยกับหน่วยค่าไฟฟ้าในเดือนถัดไปได้ มูลค่าของไฟฟ้าจึงเทียบเท่ากับโรงงานที่เปิดทำงานตลอดสัปดาห์ที่นำพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ไปใช้ภายในทุกชั่วโมง ส่วน LCOE จะมีค่าเท่ากันทั้งสองโรงงาน เนื่องจากว่าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยในงานวิจัยนี้ใช้การคำนวณต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าปรับเฉลี่ยของทั้ง 2 โรงงาน มีค่าเท่ากัน โดยความสามารถในการผลิตไฟฟ้าต่อปี (Annual Energy) ของทั้ง 2 โรงงาน สามารถผลิตได้ในปริมาณ 1,349,666 kWh/ปี

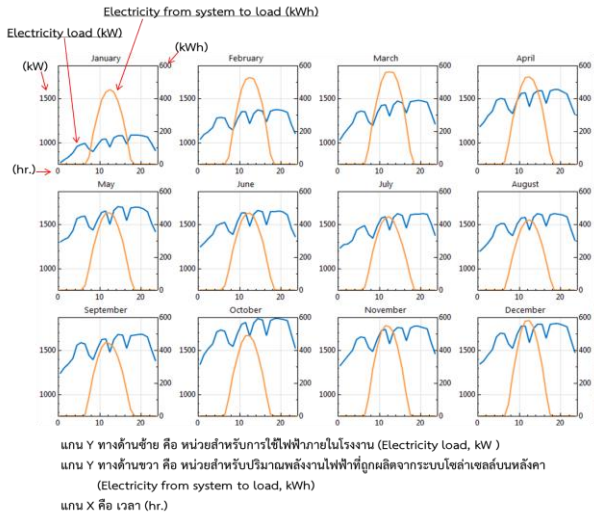
ตารางที่ 7 เปรียบเทียบทั้ง 2 โรงงานในมาตรการ Net Metering (ผลจากกรณีฐาน)

ปัจจัยในการวิเคราะห์ (Net Metering)	บริษัท ซูมิโตโม อิเล็กตริก ไร่ิ่ง จำกัด (หยุดทำงานสุดสัปดาห์)	บริษัท ไดกัน คอมเพลสเซอร์ อินดัสทรีส์ จำกัด (ทำงานตลอดสัปดาห์)
Annual Energy (kWh/ปี)	1,349,666	1,349,666
LCOE (บาท/kWh)	1.63	1.63
NPV (บาท)	47,887,940	47,887,776
PB (ปี)	7.7	7.7
IRR (%)	13.49	13.49

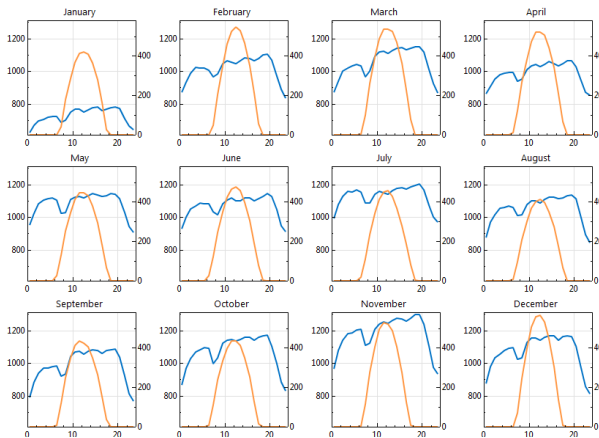
4.3.3 การเปรียบเทียบ Pilot Project และ Net Metering ของแต่ละโรงงาน

เมื่อนำตารางที่ 6-7 มาพิจารณาร่วมกันเพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าของมาตรการ Pilot Project และ Net Metering สำหรับแต่ละโรงงานผลปรากฏว่า NPV และ IRR ในมาตรการของ Net Metering มีค่ามากกว่ามาตรการ Pilot Project และ PB มีค่าน้อยกว่า เนื่องจากว่ามาตรการ Net Metering สามารถนำพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากโซลาร์เซลล์บนหลังคา จ่ายเข้าสู่ระบบจำหน่ายเพื่อไปหักลบกลบหน่วยค่าไฟฟ้าในเดือนถัดไปได้ จึงทำให้ผลความคุ้มค่าของมาตรการ Net Metering ดังกล่าว มีค่ามากกว่ามาตรการ Pilot Project รวมทั้งระยะเวลาคืนทุนที่เร็วกว่า โดยโรงงานที่หยุดทำงานสุดสัปดาห์จะได้ประโยชน์จากมาตรการ Net Metering เป็นอย่าง

มาก ส่วน LCOE จะมีค่าเท่ากัน เนื่องจากว่าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยในงานวิจัยนี้ใช้การคำนวณต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าปรับเฉลี่ยของทั้ง 2 โครงการมีค่าเท่ากัน



รูปที่ 3 แสดงการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์เทียบกับโหลดโรงงาน บริษัท ไทกิ้น คอมเพลสเซอร์ อินดัสทรีส์ จำกัด (ทำงานตลอดสัปดาห์)



รูปที่ 4 แสดงการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์เทียบกับโหลดโรงงาน บริษัท ซูมิโตโม อิเล็กทริก ไร่จิ้ง จำกัด (หยุดทำงานในวันสุดสัปดาห์)

ผลการวิเคราะห์ที่ได้อภิปรายในข้อ 4.3 เกิดจากรูปแบบการใช้ไฟฟ้าของทั้งสองโรงงานและความสามารถในการนำไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้และมาตรการชดเชยไฟฟ้าส่วนเกิน จากรูปที่ 3-4 จะเห็นได้ว่าการใช้ไฟฟ้าภายในโรงงาน (Electricity Load) ของบริษัท ไทกิ้น คอมเพลสเซอร์ อินดัสทรีส์ จำกัด มีปริมาณมากกว่าบริษัท ซูมิโตโม อิเล็กทริก ไร่จิ้ง จำกัด โดยปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ถูกผลิตจากระบบโซลาร์เซลล์บนหลังคา (Electricity from system to load) ของทั้ง 2 โรงงาน ในปีที่ทำการศึกษา (พ.ศ. 2559) จะน้อยกว่า Electricity Load และสามารถผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์บนหลังคาโรงงานได้เฉพาะช่วงเวลากลางวันเท่านั้น ทั้งนี้หากไม่มี

การใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวันและปล่อยให้พลังงานไฟฟ้าไหลเข้าสู่ระบบกริดของการไฟฟ้าโดยไม่ได้รับการชดเชย เช่น กรณีมาตรการ pilot project ก็จะทำให้ความคุ้มทุนน้อยกว่ามาตรการที่มีการชดเชยไฟฟ้าไหลย้อนอย่าง Net Metering

4.4 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ต่อปัจจัยนำเข้าที่มีการเปลี่ยนแปลงพื้นฐาน $\pm 10\%$

พบว่าความคุ้มทุนในการลงทุนติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาโรงงานอุตสาหกรรม เมื่อเรียงลำดับผลกระทบของปัจจัยนำเข้าต่อความอ่อนไหวจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด ของทั้ง 2 มาตรการ สามารถอธิบายได้ดังนี้

4.4.1 ผลกระทบต่อความอ่อนไหวในมาตรการโซลาร์รูฟอย่างเสรี (Pilot Project)

4.4.1.1 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ NPV มากที่สุดคือ อัตราการเพิ่มขึ้นของค่าไฟฟ้า ลำดับถัดมาคือ ราคาแผงโซลาร์เซลล์ อัตราค่าเสื่อมของแผงโซลาร์เซลล์ และราคาอินเวอร์เตอร์ตามลำดับ (ตารางที่ 8-9)

4.4.1.2 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ PB มากที่สุดคือ ราคาแผงโซลาร์เซลล์ ลำดับถัดมาคือ อัตราการเพิ่มขึ้นของค่าไฟฟ้า ราคาอินเวอร์เตอร์ และอัตราค่าเสื่อมของแผงโซลาร์เซลล์ตามลำดับ (ตารางที่ 8-9)

4.4.1.3 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ LCOE มากที่สุดคือ ราคาแผงโซลาร์เซลล์ ลำดับถัดมาคือ ราคาอินเวอร์เตอร์ อัตราค่าเสื่อมของแผงโซลาร์เซลล์ ส่วนอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าไฟฟ้าไม่ส่งผลกระทบต่อ LCOE (ตารางที่ 8-9) ตารางที่ 8 ผลกระทบต่อความอ่อนไหว บริษัท ไทกิ้น คอมเพลสเซอร์ อินดัสทรีส์ จำกัด ในมาตรการ Pilot Project

ปัจจัยในการวิเคราะห์ (Pilot Project)	บริษัท ไทกิ้น คอมเพลสเซอร์ อินดัสทรีส์ จำกัด	
	เพิ่มกรณีฐาน	ลดกรณีฐาน
อัตราการเพิ่มขึ้นของค่าไฟฟ้า (กรณีฐาน 1.2 %/ปี)	10%	10%
NPV (%)	2.27	-2.23
PB (%)	-0.36	0.36
LCOE (%)	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาอินเวอร์เตอร์ (กรณีฐาน 2.3 บาท/วัตต์)	เพิ่มกรณีฐาน 10%	ลดกรณีฐาน 10%
NPV (%)	-0.26	0.26
PB (%)	0.26	-0.26
LCOE (%)	0.28	-0.28

ราคาแผงโซลาร์เซลล์ (กรณีฐาน 12.39 บาท/วัตต์)	เพิ่มกรณีฐาน 10%	ลดกรณีฐาน 10%
NPV (%)	-1.39	1.39
PB (%)	1.41	-1.4
LCOE (%)	1.52	-1.52
อัตราค่าเสื่อมของ แผงโซลาร์เซลล์ (กรณีฐาน 0.5 %/ปี)	เพิ่มกรณีฐาน 10%	ลดกรณีฐาน 10%
NPV (%)	-0.5	0.24
PB (%)	0.04	-0.08
LCOE (%)	0.27	-0.13

ตารางที่ 9 ผลกระทบต่อความอ่อนไหว บริษัท ชุมิโตโม อิเล็กทรอนิกส์ ไวริ่ง จำกัด ในมาตรการ Pilot Project

ปัจจัยในการวิเคราะห์ (Pilot Project)	บริษัท ชุมิโตโม อิเล็กทรอนิกส์ ไวริ่ง จำกัด	
อัตราการเพิ่มขึ้นของค่าไฟฟ้า (กรณีฐาน 1.2 %/ปี)	เพิ่มกรณีฐาน 10%	ลดกรณีฐาน 10%
NPV (%)	2.32	-2.28
PB (%)	-0.37	0.37
LCOE (%)	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาอินเวอร์เตอร์ (กรณีฐาน 2.3 บาท/วัตต์)	เพิ่มกรณีฐาน 10%	ลดกรณีฐาน 10%
NPV (%)	-0.27	0.27
PB (%)	0.26	-0.26
LCOE (%)	0.28	-0.28
ราคาแผงโซลาร์เซลล์ (กรณีฐาน 12.39 บาท/วัตต์)	เพิ่มกรณีฐาน 10%	ลดกรณีฐาน 10%
NPV (%)	-1.46	1.46
PB (%)	1.38	-1.38
LCOE (%)	1.52	-1.52
อัตราค่าเสื่อมของ แผงโซลาร์เซลล์ (กรณีฐาน 0.5 %/ปี)	เพิ่มกรณีฐาน 10%	ลดกรณีฐาน 10%

NPV (%)	-0.5	0.24
PB (%)	0.08	-0.04
LCOE (%)	0.27	-0.13

4.4.2 ผลกระทบต่อความอ่อนไหวในมาตรการหักลบกลบหน่วย (Net Metering)

4.4.2.1 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ NPV มากที่สุดคือ อัตราการเพิ่มขึ้นของค่าไฟฟ้า ลำดับถัดมาคือราคาแผงโซลาร์เซลล์ อัตราค่าเสื่อมของแผงโซลาร์เซลล์ และราคาอินเวอร์เตอร์ตามลำดับ (ตารางที่10-11)

4.4.2.2 ผลกระทบต่อ PB มากที่สุดคือราคาแผงโซลาร์เซลล์ ลำดับถัดมาคือ ราคาอินเวอร์เตอร์ อัตราการเพิ่มขึ้นของค่าไฟฟ้า และอัตราค่าเสื่อมของแผงโซลาร์เซลล์ตามลำดับ (ตารางที่10-11)

4.4.2.3 ผลกระทบต่อ LCOE มากที่สุดคือ ราคาแผงโซลาร์เซลล์ ลำดับถัดมาคือ ราคาอินเวอร์เตอร์ อัตราค่าเสื่อมของแผงโซลาร์เซลล์ ส่วนอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าไฟฟ้าไม่ส่งผลกระทบต่อ LCOE (ตารางที่10-11)

ตารางที่ 10 ผลกระทบต่อความอ่อนไหว บริษัท ไตกิ้น คอมเพลสเซอร์ อินดัสทรีส์ จำกัด ในมาตรการ Net Metering

ปัจจัยในการวิเคราะห์ (Net Metering)	บริษัท ไตกิ้น คอมเพลสเซอร์ อินดัสทรีส์ จำกัด	
อัตราการเพิ่มขึ้นของค่าไฟฟ้า (กรณีฐาน 1.2 %/ปี)	เพิ่มกรณีฐาน 10%	ลดกรณีฐาน 10%
NPV (%)	2.21	-2.17
PB (%)	-0.34	0.34
LCOE (%)	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาอินเวอร์เตอร์ (กรณีฐาน 2.3 บาท/วัตต์)	เพิ่มกรณีฐาน 10%	ลดกรณีฐาน 10%
NPV (%)	-0.48	0.48
PB (%)	0.52	-0.52
LCOE (%)	0.57	-0.57
ราคาแผงโซลาร์เซลล์ (กรณีฐาน 12.39 บาท/วัตต์)	เพิ่มกรณีฐาน 10%	ลดกรณีฐาน 10%
NPV (%)	-1.29	1.29
PB (%)	1.4	-1.4

LCOE (%)	1.52	-1.52
อัตราค่าเสื่อมของแผงโซลาร์เซลล์ (กรณีฐาน 0.5 %/ปี)	เพิ่มกรณีฐาน 10%	ลดกรณีฐาน 10%
NPV (%)	-0.9	1.0
PB (%)	0.02	-0.02
LCOE (%)	0.54	-0.54

ตารางที่ 11 ผลกระทบต่อความอ่อนไหว บริษัท ซูมิโตโม อิเล็กทริก ไร่จิ้ง จำกัด ในมาตรการ Net Metering

ปัจจัยในการวิเคราะห์ (Net Metering)	บริษัท ซูมิโตโม อิเล็กทริก ไร่จิ้ง จำกัด	
อัตราค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้น (กรณีฐาน 1.2 %/ปี)	เพิ่มกรณีฐาน 10%	ลดกรณีฐาน 10%
NPV (%)	2.21	-2.17
PB (%)	-0.34	0.34
LCOE (%)	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาอินเวอร์เตอร์ (กรณีฐาน 2.3 บาท/วัตต์)	เพิ่มกรณีฐาน 10%	ลดกรณีฐาน 10%
NPV (%)	-0.48	0.48
PB (%)	0.52	-0.52
LCOE (%)	0.57	-0.57
ราคาแผงโซลาร์เซลล์ (กรณีฐาน 12.39 บาท/วัตต์)	เพิ่มกรณีฐาน 10%	ลดกรณีฐาน 10%
NPV (%)	-1.29	1.29
PB (%)	1.4	-1.4
LCOE (%)	1.52	-1.52
อัตราค่าเสื่อมของแผงโซลาร์เซลล์ (กรณีฐาน 0.5 %/ปี)	เพิ่มกรณีฐาน 10%	ลดกรณีฐาน 10%
NPV (%)	-0.9	1
PB (%)	0.16	-0.16
LCOE (%)	0.54	-0.54

5. สรุปและอภิปรายงานวิจัย

จากการศึกษารูปแบบมาตรการที่เหมาะสมสำหรับการสนับสนุนระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาโรงงานที่มีรูปแบบการใช้ไฟฟ้าสองแบบ แสดงให้เห็นว่า การใช้มาตรการทั้ง 2 รูปแบบ ทั้งมาตรการโซลาร์รูฟอย่างเสรี (Pilot Project) และมาตรการหักลบกลบหน่วย (Net Metering) นั้นสามารถสนับสนุนโครงการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์บนหลังคาในอนาคตได้ และให้ผลตอบแทนที่ดีโดยมีอัตราผลตอบแทนภายในที่ร้อยละ 10 - 11 และมีระยะเวลาคืนทุนระหว่าง 7 ปี ถึง 8 ปี ซึ่งเป็นอัตราที่จูงใจผู้ลงทุน เมื่อนำมาเทียบเคียงกับผลตอบแทนจากการลงทุนในตราสารหนี้ของธนาคารแห่งประเทศไทย โดยที่มาตรการ Net Metering จะให้ความคุ้มค่าที่สูงกว่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับโรงงานที่มีรูปแบบการใช้ไฟฟ้าที่ไม่สามารถนำไฟฟ้าจากระบบโซลาร์เซลล์มาใช้ภายในอาคารได้ตลอดเวลา

นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ยืนยันว่ามาตรการ Net Metering ที่มีการใช้แพร่หลายในต่างประเทศ นั้นมีความน่าสนใจในการลงทุนมากกว่ามาตรการ Pilot Project เนื่องจากมีผลตอบแทนด้านการเงินที่ดีกว่า โดยสามารถลดระยะเวลาการคืนทุน และได้รับผลตอบแทนที่สูงกว่า เนื่องจากสามารถนำหน่วยค่าไฟฟ้าที่เหลือจากการใช้เองภายในอาคาร ไปหักลบกับหน่วยค่าไฟฟ้าในเดือนถัดไปได้ ส่วนมาตรการ Pilot Project นั้นยังคงเป็นเพียงมาตรการที่นำโซลาร์เซลล์มาเชื่อมต่อกับระบบกริดของการไฟฟ้าโดยไม่มีการชดเชยมูลค่าของไฟฟ้าส่วนเกินแต่เพียงอย่างเดียว นอกจากการลงทุนติดตั้งโซลาร์เซลล์แล้วผู้ลงทุนยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเชื่อมต่อการไฟฟ้าอีกด้วย

5.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ในสถานการณ์ที่ราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์กำลังลดลงอย่างต่อเนื่อง มาตรการส่งเสริมการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในอนาคตยังคงต้องมีการปรับเปลี่ยนให้เข้ากับสถานการณ์ พร้อมกับพิจารณาเงื่อนไขที่เหมาะสมให้ผู้ติดตั้งมีแรงจูงใจในการลงทุนระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมาตรการที่งานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบ เสนอแนะว่าการชดเชยไฟฟ้าส่วนเกินด้วยมาตรการ Net Metering นั้น จะมีส่วนอย่างมากที่ทำให้ระยะเวลาการคืนทุนมีโอกาสที่จะสั้นลง และสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ทั้งนี้ การสร้างแรงจูงใจจากทางภาครัฐด้วยการกำหนดมาตรการที่เหมาะสมก็เป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยกระตุ้นให้เกิดการตอบรับที่ดีของผู้บริโภคในการลงทุนระบบโซลาร์รูฟ ซึ่งจะเป็นการลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของระบบ ลดภาระของภาครัฐต่อการสร้างโรงไฟฟ้า และเป็นการกระจายความเสี่ยงด้านพลังงานของประเทศได้

อย่างไรก็ตาม การนำมาตรการ Net Metering มาใช้ในมุมมองของผู้ลงทุนทำให้ประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากขึ้น แต่ใน

มุมมองของการไฟฟ้าคือการสูญเสียรายได้ที่เพิ่มขึ้น งานวิจัยในอนาคตจึงควรพิจารณาถึงมาตรการรองรับในรูปแบบต่างๆ ที่จะให้การไฟฟ้าสามารถรักษาเสถียรภาพทางการเงินไว้ได้ในภาวะที่มีผู้ติดตั้งระบบโซลาร์รูฟเพื่อผลิตไฟฟ้าใช้เองเพิ่มสูงขึ้น ผู้เขียนได้ศึกษาแล้วพบว่าในต่างประเทศภาครัฐซึ่งเป็นผู้กำหนดมาตรการดังกล่าวจะออกในรูปแบบ และวิธีการที่ยืดหยุ่นเหมาะสมกับสถานการณ์ต่อไป โดยหากมุ่งหมายให้มาตรการที่ออกมาสำเร็จได้ยังต้องอาศัยปัจจัยและความร่วมมือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดความเป็นธรรมกับทั้งผู้ประกอบการที่สนใจจะลงทุนติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา หน่วยงานการไฟฟ้า และผู้ใช้ไฟฟ้ารายอื่นๆ ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบริษัท ไตกิ้น คอมเพลคเซอร์ อินดัสทรีส์ จำกัดและบริษัท ซูมิโตโม อิเล็กทริก วิศวกรให้ความร่วมมือเรื่องข้อมูลการใช้ไฟฟ้า หวังว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์อย่างน้อยต่อผู้ที่ให้ความสนใจ และขอแสดงความดีทั้งหมดนี้แก่ครูบาอาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ จนทำให้ผลงานวิจัยเกิดประโยชน์สูงสุดต่อส่วนรวม สำหรับข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยขอน้อมรับไว้และยินดีรับฟังคำแนะนำติชมเพื่อประโยชน์สูงสุดในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน เรื่อง โครงการนำร่อง (Pilot Project) การผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอย่างเสรี พ.ศ. 2559, ประกาศ ณ วันที่ 11 ส.ค. 2559
- [2] Luke H. Bassett (2016). Center for American Progress, Energy and Environment, USA, URL: <https://www.americanprogress.org/issues/green/reports/2016/07/14/141336/net-energy-metering>, access on 20/9/2016.
- [3] Larry Hughes and Jeff Bell (2006). *Compensating Customer-Generators: A Taxonomy Describing Methods of Compensating Customers-Generators for Electricity Supplied to the Grid*, Energy Policy, 34: 1532-1539.
- [4] ธนาพล ตันติสัตยกุล (2558). การประเมินมาตรการสนับสนุนทางการเงินสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาที่พักอาศัยในประเทศไทย, *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่ 23 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม 2558, หน้า 610.
- [5] Dirk C. Jordan and Sarah R. Kurtz (2012). Photovoltaic Degradation Rates — An Analytical

- Review, NREL/JA-5200-51664, *National Renewable Energy Laboratory*, Colorado, USA, June 2012, pp. 01
- [6] ธนาคารแห่งประเทศไทย (2559). สรุปผลการประเมินภาวะเศรษฐกิจไทยประจำปี 2559 โดยคณะเจ้าหน้าที่กองทุนการเงิน ระหว่างประเทศ (2016 Article IV Consultation), ฉบับที่ 14/2559, หน้า 1 – 3.
- [7] ธนาคารแห่งประเทศไทย (2559). อัตราผลตอบแทนตัวเงินคลังและพันธบัตรรัฐบาลของธนาคารแห่งประเทศไทย ของปี 2548-ปัจจุบัน, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www2.bot.or.th/statistics>, ณ เดือนพฤศจิกายน 2559, เข้าดูเมื่อวันที่ 10/01/2560.
- [8] ราคาซื้อขายไฟฟ้าเฉลี่ยตามจริงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ณ เดือนธันวาคม พ.ศ. 2557
- [9] Martin Schachinger (2016). *pvXchange module price index November 2016: Red light, green light*, (0.33 €/Watt), USA, URL: <https://www.pv-magazine.com/features/investors/module-price-index>, access on 20/10/2016.