รหัสบทความ SEITS 32

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการป้องกันอัคคีภัยกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา บ้านอยู่อาศัย

Cost-Effective Analysis of Fire Protection for Solar Rooftop

อัยลดา วาปีทำ[1], พิชญ รัชฎาวงศ์[2]

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6382033420@student.chula.ac.th
[2] ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย pichaya.r@chula.ac.th

บทคัดย่อ

บ้านอยู่อาศัยในประเทศไทยเริ่มมีความสนใจในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าฯ ในหลายประเทศได้เกิดปัญหาการเกิดอัคคีภัยสร้างความเสียหายทั้งทรัพย์สิน และชีวิต เจ้าหน้าที่ดับเพลิงในพื้นที่เกิดอัคคีภัยจะมีความเสี่ยงอันตรายจากแรงดันกระแสไฟฟ้าที่สูงจึงเป็นที่มาของการวิจัย โดยศึกษาความคุ้มค่าของการติดตั้งอุปกรณ์หยุดทำงานฉุกเฉินและไมโครอินเวอร์เตอร์ ขนาด 5 kWp 1 Phase ในพื้นที่ภาคกลาง โดยจำลองการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าฯ 3 รูปแบบเปรียบเทียบค่าพลังงานที่ผลิตได้ โดยโปรแกรม PVSyst สอบถามกับผู้เชี่ยวชาญถึงมาตรฐานที่ใช้ ปัจจัยเสี่ยงที่พบ ผลค่าพลังงานที่ผลิตได้พบว่า กรณีที่ 3 สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดและมีความปลอดภัยมากที่สุด และได้ทำการประเมินความคุ้มค่าด้วยเครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์พบว่ากรณีที่ 1 มีความน่าลงทุนมากที่สุด ตามด้วยกรณีที่ 2 และกรณีที่ 3 ตามลำดับ

คำสำคัญ : ระบบผลิตไฟฟ้าฯ, อุปกรณ์หยุดทำงานฉุกเฉิน, ไมโครอินเวอร์เตอร์, การเกิดอัคคีภัย

Abstract

Residential rooftop solar panels are gaining more interested in Thailand. The proliferation of solar rooftops has raised concerns about The Safety of Firefighter with the fire is vulnerable, such as causing some high-voltage problems in electrical systems. Therefore , The objective of this study is to solve above problems with the cost-effectiveness of installing Micro Inverters and Rapid Shutdown Equipment with a capacity of 5 kWp , phase 1 for solar rooftop systems in the center area by simulating the setup of three alternative solar rooftop configurations and contrasting the energy output which based on the PVSyst program, do the questionnaire with experts for verifying the standard used and recognized hazards from The energy production simulation's detector. The results indicated that Case 3 was the most secure system and could produce the most electricity. The 3 different methods from this study used utilizing economic methods. The most alluring case for investment is Case **1**

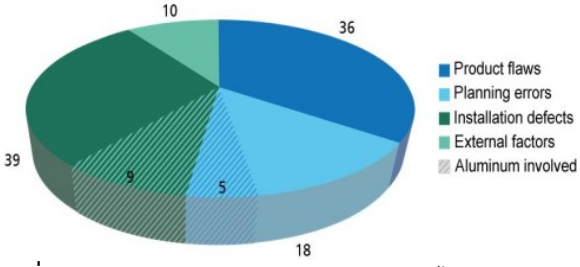
Keywords : Solar Rooftop, Rapid Shutdown, Micro Inverter, Fire

1. บทนำ (Introduction)

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา บ้านอยู่อาศัย มีความนิยมกันมากขึ้นในประเทศไทย เนื่องจากการสนับสนุนของรัฐบาล หรือความนิยมในการใช้รถยนต์ไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้น การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าฯ บ้านอยู่อาศัยสามารถช่วยลดค่าไฟหรือขายไฟที่เหลือใช้คืนให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคหรือการไฟฟ้านครหลวงได้ [2] การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าฯ บนหลังคาในหลายประเทศพบกับเหตุอัคคีภัย ตัวอย่างเช่นในประเทศอเมริกา ได้เกิดเหตุอัคคีภัยบนหลังคาร้านค้าปลีกของวอลมาร์ท [4] ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 ภาพหลังคาอาคารวอลมาร์ท ที่เกิดเหตุอัคคีภัยจากแผงโซลาร์เซลล์

สถิติการเกิดอัคคีภัยของระบบผลิตไฟฟ้าฯ ที่เกิดขึ้นสามารถวิเคราะห์ความเสียหายจากรายงานซึ่งแสดงข้อมูลจาก 103 เหตุการณ์ [8] แสดงผลดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 สถิติสาเหตุการเกิดอัคคีภัยระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาความคุ้มค่าในการติดตั้งอุปกรณ์หยุดทำงานฉุกเฉินของระบบผลิตไฟฟ้าฯ บ้านอยู่อาศัย เพื่อประเมินปัจจัยเสี่ยง มูลค่าความเสียหายจากการเกิดอัคคีภัยและวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าฯและการติดตั้งอุปกรณ์หยุดทำงานฉุกเฉิน โดยพิจารณาการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าฯ ขนาด 5 kWp 1 Phase ในพื้นที่ภาคกลาง ออกแบบและจำลองค่าพลังงานที่ผลิตได้ด้วยโปรแกรม PVsyst [1] โดยบ้านอยู่อาศัยกรณีศึกษาจะอยู่ในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี และนำค่าที่ได้มาทำการประเมินความคุ้มค่าด้วยเครื่องมือทางเศษฐศาสตร์ [3], [5], [6], [7] โดยใช้ 4 วิธี คือ NPV, IRR, PB และ LCOE และทำแบบสอบถามมาตรฐานและปัจจัยเสี่ยงที่อาจเกิดเหตุอัคคีภัยจากบริษัทและผู้เชี่ยวชาญ โดยการวิจัยนี้ศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าฯ 3 กรณี คือ กรณีที่ 1 ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่ติดตั้งอุปกรณ์หยุดทำงานฉุกเฉิน กรณีที่ 2 ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งอุปกรณ์หยุดทำงานฉุกเฉิน กรณีที่ 3 ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้ไมโครอินเวอร์เตอร์ และหากระบบผลิตไฟฟ้าทั้ง 3 กรณีนี้เกิดเหตุอัคคีภัย 3 เหตุการณ์ ดังนี้ เหตุการณ์ที่ 1 เกิดอัคคีภัยความเสียหายเพียงแค่ระบบผลิตไฟฟ้าฯ บนหลังคา เหตุการณ์ที่ 2 เกิดอัคคีภัยความเสียหายในบริเวณหลังคาบ้านอยู่อาศัยทั้งหมด และเหตุกาณ์ที่ 3 เกิดอัคคีภัยความเสียหายทั้งอาคารบ้านอยู่อาศัย

2. วิธีการวิจัย (Methodology)

ข้อมูลในการวิจัยใช้ข้อมูลการติดตั้งในปี 2565 จากบริษัทที่รับติดตั้งแห่งหนึ่งในพื้นที่ภาคกลาง โดยใช้วิธีการดังต่อไปนี้

2.1 ข้อมูลการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าฯในพื้นที่ภาคกลาง

ข้อมูลที่ได้จากบริษัทที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าฯแห่งหนึ่ง โดยนำเอาข้อมูลที่ได้มาเฉลี่ยดูมูลค่าบ้านไม่รวมที่ดิน และมูลค่าหลังคาบ้าน เพื่อกำหนดราคาบ้านที่นิยมติดตั้งขนาด 5 kWp 1 Phase

2.2 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าฯ

ข้อมูลที่ได้มาจากบริษัทผู้ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าฯ โดยจะขอราคาเปรียบเทียบทั้ง 3 กรณี

2.3 การจำลองค่าพลังงานที่ผลิตได้ด้วยโปรแกรม PVsyst

จำลองค่าพลังงานที่ผลิตได้ด้วยโปรแกรม PVsyst ซึ่งเป็นโปรแกรมที่นิยมใช้และได้รับการยอมรับในการประมาณ

ค่าพลังงาน โดยจะจำลองระบบผลิตไฟฟ้าทั้ง 3 กรณี ในพื้นที่เดียวกัน ในจังหวัดปทุมธานี

2.4 มาตรฐานที่เลือกใช้ของระบบผลิตไฟฟ้าฯ

สืบค้นข้อมูลมาตรฐานที่ใช้ในการติดตั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ และทำแบบสอบถามสำรวจข้อมูลมาตรฐานที่บริษัทที่ติดตั้ง ผู้เชี่ยวชาญ นิยมใช้ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าฯในประเทศไทย

2.5 ปัจจัยเสี่ยงและสาเหตุการเกิดอัคคีภัยของระบบผลิตไฟฟ้าฯ

สืบค้าข้อมูลปัจจัยเสี่ยงและสาเหตุของการเกิดอัคคีภัยระบบผลิตไฟฟ้าฯในประเทศไทยและต่างประเทศ นำข้อมูลจากแบบสอบถาม มาวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงและสาเหตุการเกิดอัคคีภัยของระบบผลิตไฟฟ้าฯ

2.6 วิเคราะห์ความคุ้มค่าด้วยเครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ ทั้งหมด 4 วิธี คือ NPR, IRR, PB และ LCOE

วิธีที่ 1 คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) คำนวณได้ตามสมการที่ 1

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} - C_0 \qquad (1)$$

โดยมีเกณฑ์ในการวิเคราะห์ NPV < 0 ไม่ควรลงทุนสำหรับโครงการนี้, NPV = 0 ตัดสินใจลงทุนหรือไม่ลงทุนก็ได้, NPV > 0 ควรลงทุนสำหรับโครงการนี้

วิธีที่ 2 คือ อัตราผลตอบแทนภายในซึ่งได้จากการลงทุนในโครงการ (Internal Rate Return : IRR) คำนวณได้ตามสมการที่ 2

$$\sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+IRR)^t} - C_0 = 0 \qquad (2)$$

โดยมีเกณฑ์ในการวิเคราะห์ถ้า IRR < ต้นทุนของเงินลงทุน : ไม่ควรลงทุนสำหรับโครงการนี้ , IRR = ต้นทุนของเงินทุน : ตัดสินใจลงทุนหรือไม่ลงทุนก็ได้, IRR > ต้นทุนของเงินทุน : ควรลงทุนในโครงการนี้

วิธีที่ 3 ระยะคืนทุน (Payback period :PB) เนื่องจากกระแสเงินสดรับสุทธิในโครงการนี้ไม่เท่ากันจึงทำการคำนวณกระแสเงินสดสะสม (Cumulative cash flow) ก่อนแทนค่าในสมการที่ 3

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{จำนวนปีก่อนที่จะได้คืนทุน} + \frac{\text{เงินส่วนที่ยังไม่ได้คืนทุน}}{\text{กระแสเงินสดรับสุทธิในปีที่คืนทุน}} \qquad (3)$$

การที่โครงระยะเวลาคืนทุนที่สั้นที่สุด ดีกว่าโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนที่ยาวและระยะเวลาคืนทุนจะต้องไม่นานกว่าอายุการใช้งานของโครงการ

วิธีที่ 4 : ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าตลอดอายุโครงการ (Levelized Cost of Electricity : LCOE) คำนวณได้ตามสมการที่ 4

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{I_t + M_t}{\left(1+\frac{r}{100}\right)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{E_t}{\left(1+\frac{r}{100}\right)^t}} \qquad (4)$$

เมื่อได้ค่า LCOE ออกมากก็จะมาเปรียบเทียบกับ ค่าไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคราคาเฉลี่ยต่อหน่วยของบ้านอยู่อาศัย

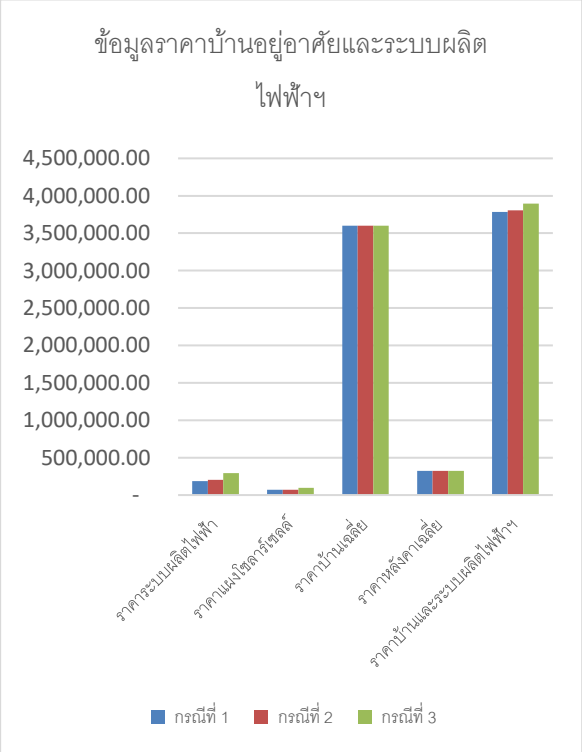
3. ผลการวิจัย (Results)

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลโครงการติดตั้งขนาดกำลังการติดตั้ง 5 kWp 1 Phase พบว่าข้อมูลที่ได้จากบริษัทติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าฯ สรุปดังนี้

ตารางที่ 1 ข้อมูลการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา บ้านอยู่อาศัย

รายละเอียด	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3
ราคาระบบผลิตไฟฟ้า	185,000 บาท	205,000 บาท	295,000 บาท
ราคาแผงโซลาร์เซลล์	70,000 บาท	70,000 บาท	98,000 บาท
ราคาบ้านเฉลี่ย	3,600,000 บาท	3,600,000 บาท	3,600,000 บาท
ราคาหลังคาเฉลี่ย	322,000 บาท	322,000 บาท	322,000 บาท
ราคาบ้านและระบบผลิตไฟฟ้าฯ	3,785,000 บาท	3,805,000 บาท	3,895,000 บาท

กราฟที่ 1 เปรียบเทียบข้อมูลราคาบ้านอยู่อาศัยและระบบผลิตไฟฟ้าฯ



จากข้อมูลในตารางที่ 1 และกราฟที่ 1 แสดง ทำให้เห็นถึงความแตกต่างของราคากรณีที่ 1 จะมีราคาต่ำที่สุด และกรณีที่ 2 และ กรณีที่ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบมูลค่าความเสียหายของการเกิดอัคคีภัยในแต่ละเหตุการณ์

รายละเอียด	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3
มูลค่าความเสียหาย (บาท)			
เกิดอัคคีภัยเพียงแค่ระบบผลิตไฟฟ้าฯ บนหลังคา	70,000 บาท	70,000 บาท	98,000 บาท
เกิดอัคคีภัยในบริเวณหลังคาบ้านอยู่อาศัยทั้งหมด	322,000 บาท	322,000 บาท	322,000 บาท
เกิดอัคคีภัยทั้งอาคารบ้านอยู่อาศัย	3,785,000 บาท	3,805,000 บาท	3,895,000 บาท
เปอร์เซ็นต์มูลค่าความเสียหาย			
เกิดอัคคีภัยเพียงแค่ระบบผลิตไฟฟ้าฯ บนหลังคา	1.85%	1.84%	2.52%
เกิดอัคคีภัยในบริเวณหลังคาบ้านอยู่อาศัยทั้งหมด	8.51%	8.46%	8.27%
เกิดอัคคีภัยทั้งอาคารบ้านอยู่อาศัย	100%	100%	100%

จากข้อมูลตามตารางที่ 2 หากเกิดอัคคีภัยเพียงแค่ระบบผลิตไฟฟ้าฯ จะมีมูลค่าความเสียหายเรียงจากน้องไปมากได้แก้ กรณีที่ 1 กรณีที่ 2 และ กรณีที่ 3 ตามลำดับ

จากการสำรวจข้อมูลแบบสอบถามจากบริษัทที่รับติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้า วิศวกร ผู้เชี่ยวชาญ ได้มีการเลือกใช้มาตรฐานในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าฯที่แตกต่างกัน โดยมาจราฐานที่นิยมเลือกใช้แสดงดังตารางที่ 3

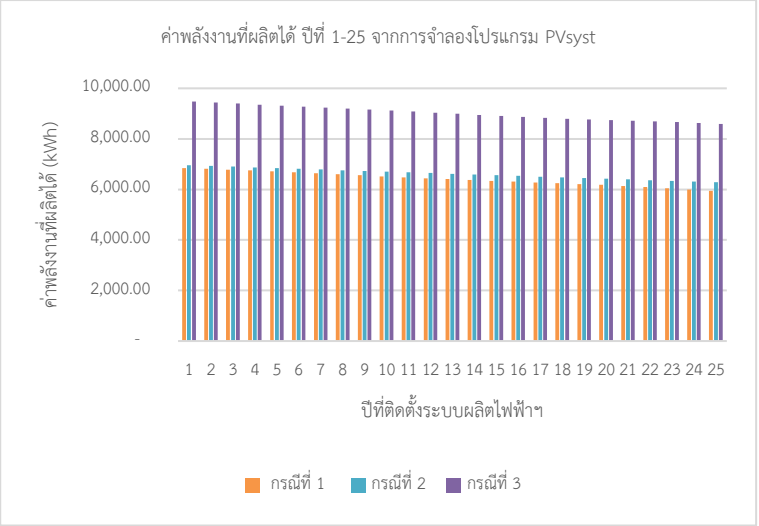
ตารางที่ 3 มาตรฐานที่นิยมใช้ในบริษัท ผู้เชี่ยวชาญ ที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าฯ

รายละเอียด	มาตราฐานที่นิยมใช้
มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบระบบ Solar Rooftop	วสท.
มาตรฐานที่เลือกใช้อุปกรณ์ แผงโซลาร์เซลล์	IEC 61215
มาตรฐานที่เลือกใช้อุปกรณ์ แผงโซลาร์เซลล์	MEA/PEA Vender list
มาตรฐานที่เลือกใช้อุปกรณ์ ที่ใช้เชื่อมต่อ (MC4)	IP67
มาตรฐานที่เลือกใช้อุปกรณ์ ป้องกันด้าน ไฟฟ้ากระแสตรง	วสท.
มาตรฐานที่เลือกใช้อุปกรณ์ ป้องกันด้าน ไฟฟ้ากระแสสลับ	วสท.
มาตรฐานที่เลือกใช้ในการทำงานติดตั้งระบบ Solar Rooftop	วสท.

การวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยและสาเหตุความเสี่ยงที่เกิดอัคคีภัยระบบผลิตไฟฟ้าฯ จากข้อมูลที่วิศวกรผู้เชี่ยวชาญได้เคยพบเจอ มีสาเหตุมาจาก 1. บริเวณจุดเชื่อมต่อ (MC4) 2. สายไฟ 3. การอาร์คของระบบผลิตไฟฟ้า 4. การบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าฯ 5. การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าฯ 6. การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าฯ 7. ภัยธรรมชาติ และแนวทางในการแก้ไขปัจจัยเสี่ยงการเกิดอัคคีภัย สามารถทำได้โดยการที่เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบให้ตรงตามมารฐานที่กำหนดและจะต้องใช้อุปกรณ์ที่มีมาตรฐาน จัดทำแผนการทำงานและมีแผนการทดสอบการติดตั้งในแต่ละขั้นตอน อธิบายและทำความเข้าใจของระบบผลิตไฟฟ้าให้กับช่างผู้ปฏิบัติงานและกับผู้ที่เกี่ยวข้องให้เข้าใจ มีระบบป้องกันติดไฟตัดวงจรและมีระบบน้ำเผื่อลดความร้อนหรือควบคุมเพลิง อัตโนมัติ มีเซนเซอร์เตือนความร้อน มีการเช็คการทำงานของระบบ ลดประมาณจุดเชื่อมต่อให้มากที่สุดในฝั่งกระแสตรง, ติดระบบ AFCI และ Rapid shutdown ติดตั้งสายไฟกระแสไม่ให้แตะกับหลังคาเนื่องจากหลังคา ทำความสะอาดใต้แผง และทำการบำรุงรักษาระบบอย่างสม่ำเสมอและมีแบบแผนในการบำรุงรักษาอย่างถูกวิธี

ผลการจำลองโปรแกรม PVsyst สรุปได้ว่า การติดตั้งกรณีที่ 3 จะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่า รองลงมา คือ กรณีที่ 2 และ กรณีที่ 1 ตามลำดับ แสดงตามกราฟที่ 2

กราฟที่ 2 ค่าพลังงานที่ผลิตได้ปีที่ 1- 25



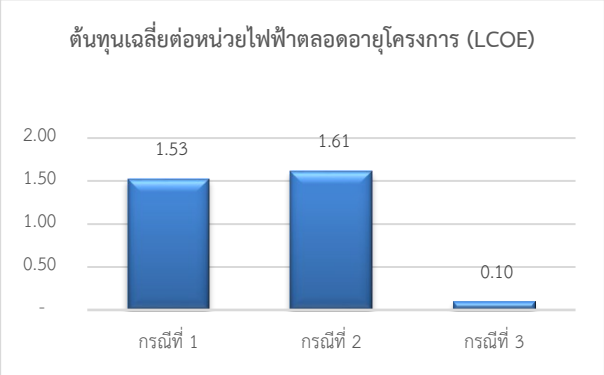
ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ แสดงดังกราฟที่ 3 – 6

กราฟที่ 3 เปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)

กราฟที่ 4 เปรียบเทียบอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)

กราฟที่ 5 เปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุน (PB)

กราฟที่ 6 เปรียบเทียบต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วยไฟฟ้าตลอดอายุโครงการ (LCOE)



4. การอภิปราย (Discussion)

ข้อเสนอแนะ สำหรับกรณีที่ 2 และ 3 นั้นก็มีความคุ้มค่าในการลงทุนเช่นเดียวกัน เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิ, อัตราผลตอบแทนภายใน ของโครงการก็ให้ผลคุ้มค่าน่าลงทุนเพียงพอ แต่ยังน้อยกว่ากรณีที่ 1 และสำหรับการคืนทุนก็จะสามารถคืนทุนได้ประมาณ 9 - 10 ปี ซึ่งถือว่าไม่นานเมื่อเทียบกับระยะเวลาของโครงการ 25 ปี และยังคงเป็นระยะเวลาที่อยู่ในช่วงของกรณีที่ 1 หากทางผู้ที่นำงานวิจัยนี้มาใช้ในการอ้างอิงหรือนำไปเป็นแนวทาง หากทางผู้ลงทุนมีเงินลงทุนที่เพียงพอก็ขอแนะนำให้เลือกลงทุนในกรณีที่ 2-3 เนื่องจากมีระบบความปลอดภัยที่มากกว่า แต่หากต้องการความคุ้มค่าในการลงทุนโครงการมากยิ่งขึ้น ทางผู้วิจัยก็ขอเสนอแนะให้เลือกลงทุนในกรณีที่ 1

5. สรุปผล (Conclusion)

สรุปผลการทดลองจากการสำรวจการติดตั้งของบริษัทรับติดตั้งแห่งหนึ่ง ขนาดกำลังการติดตั้ง 5 kWp 1 Phase มีมูลค่าบ้านไม่รวมค่าที่ดินเฉลี่ย 3,600,000.00 บาท มูลค่าราคาหลังคาเฉลี่ย 322,000.00 บาท บาท ซึ่งในสมมุติฐานจำลองเหตุการณ์แต่ละกรณีเพื่อหามูลค่าความเสียหายที่จะเกิดขึ้น แสดงผลดังตารางที่ 2 และการวิจัยนี้จากการสมมุติฐานเหตุการณ์ 3 เหตุการณ์ สามารถสรุปได้ว่า พบว่ามีความคุ้มค่าในการลงทุนในทุกกรณี โดยกรณีที่ 1 มี มูลค่าปัจจุบันสุทธิ, ผลตอบแทนภายในที่สูงที่สุด อีกทั้งยังมีระยะเวลาคืนทุน ที่สั้นที่สุด นอกจากนี้ ค่าต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วยไฟฟ้าตลอดอายุโครงการ ยังมีค่าที่ต่ำกว่า ค่าเฉลี่ยต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วยไฟฟ้า ของการไฟฟ้าภูมิภาคที่บ้านอยู่อาศัยซื้อมาใช้อยู่อีกด้วย เพราะฉะนั้นสำหรับการลงทุนโครงการการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา บ้านอยู่อาศัย แห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี กรณีศึกษานี้ โดยที่มาของแหล่งเงินทุนมาจากเจ้าของบ้านทั้งหมดปราศจากการกู้ยืมจากสถาบันการเงิน กรณีที่ 1 ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าฯแบบไม่ติดตั้งอุปกรณ์หยุดทำงานฉุกเฉิน ซึ่งเป็นการลงทุนติดตั้งที่เป็นแนวทางที่คุ้มค่ามากที่สุด จากการประมวลผลและวิเคราะห์ผลที่ได้จากค่าของดัชนีชี้วัดต่าง ๆ เช่น มูลค่าปัจจุบันสุทธิ, อัตราผลตอบแทนภายใน, ระยะเวลาคืนทุน, อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วยเฉลี่ยตลอดอายุโครงการ รองลงมาคือ กรณีที่ 2 และกรณีที่ 3 ตามลำดับ

6. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

การวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการป้องกันอัคคีภัยกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาสามารถดำเนินการจนประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และสนับสนุนเป็นอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. พิชญ รัชฎาวงศ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและชี้แนวทางในการวิจัยและปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนกระทั่งการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง ผู้วิจัยขอกราบของพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ บริษัท กรณีศึกษาที่ สนับสนุนข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณ บริษัทที่รับติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าฯ ผู้เชี่ยวชาญ ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทำแบบสอบถามเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณคุณ ศรุต ศรวัสอดิภา เจ้าพนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยชำนาญการ สถานีดับเพลิงและกู้ภัยบางชัน สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังว่าการวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง (References)

[1] กวินชัย ต้องตรงทรัพย์. 2564. การใช้งานโปรแกรม PVSYST เบื้องต้น. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.

[2] คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. 2565. ประกาศเชิญชวนการับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. ๒๕๖๕. แหล่งที่มา: https://www2.erc.or.th/ERCWeb2/Front/News/NewsDetail.aspx?Type=1&CatId=1&rid=85397&muid=36&prid=21 . 22 พฤษภาคม 2565.

[3] ธนาพล ตันติสัตยกุล. 2558. การประเมินมาตรการสนับสนุนทางการเงินสำหรับระบบผลิตไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาที่พักอาศัยในประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี Vol.23 No.4 (October - December 2015) : 605-621

[4] ประชาชาติธุรกิจออนไลน์. 2562. “วอลมาร์ท” ฟ้องศาลชี้“เทสลา”ไร้ความรับผิดชอบเหตุไฟไหม้จาก“โซลาร์เซลล์”.แหล่งที่มา: https://www.prachachat.net/world-news/news-362718

[5] อิทธิเดช ภู่นันทพงษ์. 2562. การศึกษาความเป็นไปได้ของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าสำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย.สารนิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] Prachuab Peeraponga, Bundit Limmeechokchaia. 2015. Optimal Photovoltaic Resources Harvesting in Grid-connected Residential Rooftop and in Commercial Buildings : Cases of Thailand. pp. 39-46. 2015 International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies. Elsevier

[7] Sopitsuda Tongsopit, Siripha Junlakarn , Wichsinee Wibulpolprasert, Aksornchan Chaianong, Phimsupha Kokchang, Nghia Vu Hoang. 2019. The economics of solar PV self-consumption in Thailand. pp. 395-408. Elsevier.

[8] The U.S. Department of Energy,Solar Energy Technologies Office, 2018. Assessing Fire Risks in Photovoltaic Systems and Developing Safety Concepts for Risk Minimization.