

การศึกษาถึงคุณสมบัติและปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ สำหรับใช้
ในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซี
ในอาคารที่พักอาศัย

A STUDY OF THE PROPERTIES AND AMOUNT OF ELECTRICITY FROM
SOLAR CELLS IN CONFIRMING TRANSACTION ON THE CRYPTOCURRENCY
BLOCKCHAIN SYSTEM IN A RESIDENTIAL BUILDING.



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2568

KMITL-2025-AR-M-002-030

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF THE PROPERTIES AND AMOUNT OF ELECTRICITY FROM
SOLAR CELLS IN CONFIRMING TRANSACTION ON THE CRYPTOCURRENCY
BLOCKCHAIN SYSTEM IN A RESIDENTIAL BUILDING.



MALINEE KEAWPRAPA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE PROGRAM IN TROPICAL ARCHITECTURE
FACULTY OF ARCHITECTURE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2025

KMITL-2025-AR-M-002-030

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2025

FACULTY OF ARCHITECTURE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : การศึกษาถึงคุณสมบัติและปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์
สำหรับการใช้ในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริป
โตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัย

นักศึกษา : มาลินี แก้วประภา

รหัสประจำตัว : 61602014

ปริญญา : สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : สถาปัตยกรรมเขตร้อน

พ.ศ. : 2568

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ศ.สุพัฒน์ บุญยฤทธิ์กิจ

บทคัดย่อ

ในปี 2564 ทางสำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์ (ก.ล.ต.) ได้ให้ข้อมูลด้านสกุลเงินดิจิทัลคริปโตเคอร์เรนซีนั้น มีผู้เปิดบัญชีใหม่มากถึงจำนวน 1.165 ล้าน บัญชี และมีมูลค่าการซื้อขายคริปโตเคอร์เรนซีของไทยในปี 2563 จำนวน 44 ล้านบาท ปี 2564 จำนวน 632 ล้านบาท กล่าวคือ คริปโตเคอร์เรนซีได้เข้ามามีบทบาทต่อสังคมและภาคเศรษฐกิจ การยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนเพื่อรับรางวัลตอบแทนเป็นเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีนั้นได้กลายเป็น ธุรกิจใหม่ของนักลงทุนไทย ซึ่งการให้ได้มาของผลตอบแทนนั้นมีต้นทุนเป็นพลังงานไฟฟ้าจากภาครัฐ อันเป็นตัวแปรสำคัญต่อรายได้ของการลงทุนและยังต้องแลกกับทรัพยากรทางสิ่งแวดล้อมที่นำไปสู่ “ภาวะโลกร้อน”

การศึกษาดังกล่าวถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในการยืนยันธุรกรรมของเหรียญ คริปโตเคอร์เรนซีบนระบบบล็อกเชนในอาคารที่พักอาศัยนั้นจึงเป็นเรื่องจำเป็น การศึกษานี้เป็นการ นำข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้าของ ไม่นิ่ง ริก (Mining Rig) 1 หน่วย สำหรับการยืนยัน ธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน เพื่อนำมาจำลองหาชุดโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมสำหรับการยืนยันธุรกรรม ใน 24 ชั่วโมง และศึกษาถึงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่มีชั่วโมงแดดสูงของผู้ที่อาศัยในชุมชนบ้าน คลองจังหวัดพิษณุโลก เพื่อหาความเป็นไปได้ในการนำปริมาณไฟฟ้าที่เหลือใช้นั้นมายืนยันธุรกรรม เพื่อทราบถึงผลตอบแทนที่จะได้รับ ทั้งนี้ผู้ศึกษาคาดหวังว่าผลการศึกษาจะมีส่วนสำคัญในการ สนับสนุนการกำหนดนโยบายและมาตรการที่เหมาะสมในการนำพลังงานทดแทนมาใช้ในการยืนยัน ธุรกรรม ตลอดจนการส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาดอย่างมีประสิทธิภาพในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis : A Study of the Properties and Amount of Electricity from Solar Cells in Confirming Transaction on the Cryptocurrency Blockchain System in a Residential Building.

Student : Malinee Keawprapa

Student ID : 61602014

Degree : Master of Architecture

Program: Tropical Architecture

Year : 2025

Thesis Advisor : Prof. Suphat Bunyarittikit

ABSTRACT

In 2021, the Securities and Exchange Commission (SEC.) has provided information on cryptocurrencies, with up to 1.165 million new account openings, whereby the value of cryptocurrency trading in Thailand is 44 million baht and 632 million baht, in 2020 and 2021, respectively. Cryptocurrencies play a role in society and the economy. Verification of transactions on blockchain for cryptocurrency rewards has become a new business for Thai investors, in which obtaining of such rewards has electricity costs charged by the State, which is an important variable to the return on investment, which also comes at the cost of environmental resources that leads to “Global Warming”.

The study of using solar cell electrical energy for cryptocurrency transaction verification on blockchain systems in residential buildings is therefore essential. This study utilizes electrical energy demand data from one Mining Rig unit for blockchain transaction verification to simulate and determine the appropriate solar cell system for 24-hour transaction verification. It also examines the electricity usage behavior during peak sunlight hours of residents in the Ban Khlong community in Phitsanulok Province, in order to assess the feasibility of using surplus electricity for transaction verification and to determine the potential returns that could be obtained. The researchers expect that the results of this study will play a significant role in supporting the formulation of appropriate policies and measures for implementing renewable energy in transaction verification, as well as promoting the efficient use of clean energy in the digital economy era.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจาก ศ.สุพัฒน์ บุญยฤทธิ์กิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์ ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา และเป็นผู้มีเมตตาให้การช่วยเหลือข้าพเจ้าในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงการสอนวิธีการคิด ส่งเสริมวิธีการคิดแก่ข้าพเจ้าให้รู้จักพัฒนาตนเองเพื่อการทำวิทยานิพนธ์ให้ดียิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้แก่ รศ.วิวัฒน์ เตมียพันธ์ รศ.รุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ ผู้ที่ให้คำแนะนำและแนวทางในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์แก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอขอบคุณคณะอาจารย์และเจ้าหน้าที่ภายในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้มอบวิชาความรู้ ถ่ายทอดประสบการณ์ ต่างๆ ตลอดจนให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ให้แก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอขอบคุณตัวแทนจากกลุ่มผู้ยื่นยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนในจังหวัดพิษณุโลกและคุณแบร์ที่ช่วยอนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่ ตลอดจนอนุญาตให้ทำวิจัย เก็บข้อมูลสถานที่ ให้ความร่วมมือในด้านการการสำรวจ และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย ขอขอบคุณบริษัท PPM SOLAR และเจ้าหน้าที่ภายในที่อนุเคราะห์ข้อมูลด้านโซลาร์เซลล์อันเป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ต่อข้าพเจ้า และข้าพเจ้าขอขอบคุณบุคคลที่ไม่ได้กล่าวถึงในข้างต้นซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นบุคคลที่คอยให้กำลังใจและปลุกดันข้าพจนทำให้การทำวิทยานิพนธ์และการศึกษาของข้าพเจ้าสำเร็จด้วยดี

สุดท้ายนี้คุณประโยชน์และคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบให้ครูอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้ามาตลอดจนถึงทุกวันนี้

มาลินี แก้วประภา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	X
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	7
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	8
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
1.6 แผนดำเนินการ.....	9
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	
2.1 ตรวจสอบความต้องการพลังงานไฟฟ้าของไมน์นิ่งริก 1 เครื่อง (Mining Rig) เพื่อนำ ผลลัพธ์ที่ได้ไปจำลองการศึกษาถึงชุดโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมสำหรับการยืนยันธุรกรรม ในระยะ 24 ชั่วโมง.....	10
2.1.1 คัดเลือกการ์ดจอ (GPU) ที่เป็นฮาร์ดแวร์ในการประมวลผลไมน์นิ่งริก 1 เครื่อง (Mining Rig).....	10
2.1.2 จำลองหาชุดโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับความต้องการพลังงานไฟฟ้าของไมน์นิ่งริก 1 เครื่อง (Mining Rig) สำหรับใช้ในการยืนยันธุรกรรมใน 24 ชั่วโมง ในอำเภอเมือง จังหวัด พิชณุโลก.....	20
2.2 ตรวจสอบถึงผลต่างของการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์และการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก โซลาร์เซลล์ของผู้พักอาศัยในชุมชนบ้านคลอง จังหวัดพิษณุโลก.....	39
2.2.1 ตรวจสอบกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งและจำนวนของแผงโซลาร์.....	39
2.2.2 ตรวจสอบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้พักอาศัย.....	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **iv** ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.3. หาความเป็นไปได้ในการนำปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่เหลือจากการใช้งานของผู้พักอาศัยในชุมชนบ้านคลองจังหวัดพิษณุโลก มาใช้ในการยืนยันธุรกรรม.....	55
---	----

บทที่ 3 การเตรียมเครื่องมือและวิธีการศึกษา

3.1. สร้างเครื่องมือเพื่อตรวจสอบความต้องการพลังงานไฟฟ้าของไมน์นิ่งริก 1 เครื่อง (Mining Rig) เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปจำลองการศึกษาถึงชุดโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมสำหรับการยืนยันธุรกรรมในระยะ 24 ชั่วโมง.....	56
3.1.1 สร้างเครื่องมือเพื่อตรวจสอบความต้องการพลังงานไฟฟ้าของไมน์นิ่งริก 1 เครื่อง (Mining Rig).....	56
3.1.2 จำลองการศึกษาหาชุดโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับความต้องการพลังงานไฟฟ้า ของการ์ดจอ 1 หน่วยสำหรับการยืนยันธุรกรรมใน 24 ชั่วโมง.....	69
3.2. สร้างเครื่องมือเพื่อศึกษาถึงปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในอาคารที่พักอาศัยและตรวจสอบถึงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในอาคารที่พักอาศัยในจังหวัดพิษณุโลก.....	76
3.2.1. สร้างเครื่องมือเพื่อตรวจสอบปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในอาคารที่พักอาศัยจากตัวอย่างกรณีศึกษา.....	76
3.2.2. สร้างเครื่องมือเพื่อตรวจสอบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ ไฟฟ้าของผู้พักอาศัย.....	84
3.2.3. ทำการเปรียบเทียบหาอาคารที่พักอาศัยที่มีพฤติกรรมใช้ไฟฟ้าน้อยกว่าที่ชุดโซลาร์เซลล์ผลิตได้.....	88

บทที่ 4 การทดลอง

4.1. การคำนวณถึงความต้องการพลังงานไฟฟ้าของการ์ดจอ 1 หน่วย สำหรับการยืนยันธุรกรรมใน 24 ชั่วโมง.....	87
4.1.1 การคัดเลือกคุณสมบัติของการ์ดจอจากผู้ที่ทำกรยืนยันธุรกรรมจริง.....	87
4.1.2 การศึกษาหาชุดโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับความต้องการพลังงานไฟฟ้าของไมน์นิ่งริก 1 เครื่อง สำหรับการยืนยันธุรกรรมใน 24 ชั่วโมง	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2. การศึกษาถึงปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในอาคารที่พักอาศัยและตรวจสอบถึง พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในอาคารที่พักอาศัยในจังหวัดพิษณุโลก.....	113
4.2.1. ตรวจสอบถึงคุณสมบัติและปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในอาคารที่พักอาศัย	113
4.2.2. ตรวจสอบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าของผู้พักอาศัย.....	120
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	134
5.1 คุณสมบัติและปริมาณไฟฟ้าที่เครื่องยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยใช้ด้วยไมน์นิ่งริก 1 เครื่อง.....	134
5.1.1 คุณสมบัติของโซลาร์เซลล์ที่สามารถผลิตปริมาณไฟฟ้าได้เพียงพอต่อเครื่องยืนยัน - ธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยใช้ด้วย ไมน์นิ่ง ริก 1 เครื่อง.....	135
5.2. ผลการศึกษาการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีใน อาคารที่พักอาศัยโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์จากบ้านตัวอย่างการศึกษา.....	137
5.3. ตัวอย่างการจำลองถึงจำนวนโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมสำหรับปริมาณการใช้งานของผู้พัก- อาศัยและมีปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่พอเพียงสำหรับใช้ในการยืนยันธุรกรรมบนระบบ บล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยสำหรับผู้สนใจติดตั้ง : คำแนะนำจากผู้วิจัย	139
บรรณานุกรม.....	142
ประวัติผู้เขียน.....	152

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา **vi** ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 การประมาณการใช้พลังงานที่เกี่ยวข้องกับเครื่องข่ายบิตคอย.....	2
3.1 ตารางแสดงข้อมูลการเลือกใช้การ์ดจอรุ่นต่างๆและข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของตัวแทนผู้ให้สัมภาษณ์.....	5
3.2 ตารางแสดงราคาคริปโตเคอร์เรนซีที่มีการซื้อขายมากที่สุด 3 อันดับแรกในไทย.....	60
3.3 สร้างเครื่องมือเพื่อแบ่งประเภทเหรียญที่ทำการยืนยันธุรกรรมโดยใช้การ์ดจอ (GPU).....	60
3.4 ภาพแสดงถึงขั้นตอนการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนเป็นลำดับขั้นที่ได้จากการ สอบถามและสำรวจ.....	66
3.5 ตารางแสดงการเปรียบเทียบราคาของแผงโซลาร์เซลล์ที่ผ่านเกณฑ์เรื่องการประหยัด พื้นที่ทั้ง 3 ขนาด	72
3.6 ตารางแสดงการเปรียบเทียบปริมาณไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์จำนวน 1-5 แผงของแต่ละรุ่น สามารถชาร์ตได้ใน 1 วัน.....	74
3.7 ผลจากการตรวจสอบค่าประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ Standard Test Conditions (STC) ของของอาคารที่พักอาศัยตัวอย่างในชุมชนบ้านคลอง จังหวัดพิษณุโลก....	83
3.8 ผลจากการตรวจสอบปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ของอาคารที่พักอาศัย ตัวอย่างในชุมชนบ้านคลอง จังหวัดพิษณุโลก.....	83
3.7 แสดงพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าบ้าน	
3.8 ตารางสรุปตารางข้อมูลพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของอาคารที่พักอาศัยทั้ง 5 หลัง.....	85
3.9 แสดงพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าบ้าน.....	86
3.10 ตารางสรุปตารางข้อมูลพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของอาคารที่พักอาศัยทั้ง 5 หลัง.....	87
3.11 ตารางเปรียบเทียบระหว่างปริมาณการไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้พักอาศัยชุมชนบ้านคลองทั้ง 5 หลัง.....	88
4.1 ตารางแสดงข้อมูลการเลือกใช้การ์ดจอรุ่นต่างๆและข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของตัวแทนผู้ให้สัมภาษณ์.....	90
4.2 ตารางแสดงราคาคริปโตเคอร์เรนซีที่มีการซื้อขายมากที่สุด 3 อันดับแรกในไทย.....	91
4.3 ภาพแสดงถึงขั้นตอนการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนเป็นลำดับขั้นที่ได้จากการ สอบถามและสำรวจ.....	94
4.4 เปรียบเทียบราคาของแผงโซลาร์เซลล์ที่ผ่านเกณฑ์เรื่องการประหยัดพื้นที่ทั้ง 3 ขนาด.....	104
4.5 ตารางแสดงปริมาณไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์จำนวน 1-5 แผง สามารถชาร์ตได้ใน 1 วัน.....	106
4.6 ข้อมูลการติดตั้งโซลาร์เซลล์ของบ้านหลังที่ 1.....	113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา VIII ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.7 ข้อมูลการติดตั้งโซลาร์เซลล์ของบ้านหลังที่ 2.....	114
4.8 ข้อมูลการติดตั้งโซลาร์เซลล์ของบ้านหลังที่ 3.....	115
4.9 ข้อมูลการติดตั้งโซลาร์เซลล์ของบ้านหลังที่ 4.....	116
4.10 ข้อมูลการติดตั้งโซลาร์เซลล์ของบ้านหลังที่ 5.....	117
4.11 ผลจากการตรวจสอบค่าประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ของของอาคารที่พักอาศัยตัวอย่างในชุมชนบ้านคลอง จังหวัดพิษณุโลก.....	118
4.12 ผลจากการตรวจสอบปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ของอาคารที่พักอาศัยตัวอย่างในชุมชนบ้านคลอง จังหวัดพิษณุโลก.....	119
4.13 ตารางแสดงพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้า บ้านหลังที่ 1	120
4.14 ตารางแสดงพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าบ้านหลังที่ 2	122
4.15 ตารางแสดงพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าบ้านหลังที่ 3.....	124
4.16 ตารางแสดงพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าบ้านหลังที่ 4	126
4.17 ตารางแสดงพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าบ้านหลังที่ 5.....	128
4.18 ตารางสรุปพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าของบ้านตัวอย่างทั้ง 5 หลังในจังหวัดพิษณุโลก	129
4.19 ตารางเปรียบเทียบระหว่างปริมาณการไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้พักอาศัยชุมชนบ้านคลองทั้ง 5 หลัง	131
4.20 ตารางศึกษาหาค่าตอบแทนของระบบการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์จากบ้านตัวอย่างการศึกษา.....	133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **viii** ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.1 ตารางเปรียบเทียบระหว่างปริมาณการไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้พักอาศัยชุมชนบ้านคลองห้วย 5 หลัง.....	137
5.2 ตารางแสดงจำนวนผู้พักอาศัยจากบ้านทั้ง 5 หลังและปริมาณไฟฟ้าที่ผู้พักอาศัยใช้ใน เวลา 24 ชั่วโมงในชุมชนบ้านคลองจังหวัดพิษณุโลก.....	140
5.3 ตารางแสดงจำนวนแผงโซลาร์เซลล์ที่เพียงพอต่อการใช้งานของผู้พักอาศัยโดยมีค่าเฉลี่ยผู้พักอาศัยจำนวน 1- 5 คน.....	140
5.4 ตารางแสดงจำนวนแผงโซลาร์เซลล์ที่เพียงพอต่อไม้นิ่งริก 1- 5 เครื่อง.....	141



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ix ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แผนที่รอบโลกที่แสดงถึงพื้นที่ที่มีนักลงทุนทำการยืนยันธุรกรรมของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซี....	3
1.2 รายงานข่าวจากไทยพีบีเอสพบผู้ลักลอบใช้กระแสไฟฟ้าหลวงทำเหมืองขุดคริปโตเคอร์เรนซี.....	6
1.3. ทบทวนวรรณกรรมกรอบแนวคิด.....	9
2.1. รูปไมน์นิ่งริก 1 เครื่อง โดยใช้การ์ดจอ 1 หน่วย.....	10
2.2 หน้าเว็บไซต์ของโปรแกรมการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน Simple Mining.....	12
2.3. ภาพขั้นตอนการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน.....	13
2.4. Graphics Processing Unit; GPU.....	14
2.5 รูปเครื่อง ASIC.....	14
2.6 รูปภาพเชิงสัญลักษณ์ลักษณะของเหรียญบิตคอยน์ หรือ BTC.....	16
2.7 เครื่องถ่ายเทคโนโลยีบล็อกเชนของอีเทอร์เรียม.....	16
2.8. การหาปริมาณไฟฟ้าของไมน์นิ่งริก 1 เครื่อง (Mining Rig) ในการยืนยันธุรกรรม 1 ชั่วโมง.....	19
2.9 รูปแผนที่จังหวัดพิษณุโลก.....	20
2.10 ที่ตั้งอาคารที่พักอาศัยของผู้ที่ยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน.....	21
2.11 Sun path diagram จังหวัดพิษณุโลก.....	21
2.12 ความเข้มของรังสีอาทิตย์รายเดือนจังหวัดพิษณุโลก.....	22
2.13 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบจ่ายโหลดโดยตรง.....	23
2.14 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน.....	24
2.15 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน.....	25
2.16 รูปภาพระบบออฟกริด.....	27
2.17 รูปคุณสมบัติของแบตเตอรี่เป็นลิเทียมไอออนฟอสเฟต (Lithium Iron-Phosphate) หรือ LiFePO4.....	28
2.18 ประเภทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	29
2.19 โปรแกรมพรีวิวผลตอบแทนของเหรียญที่มีชื่อว่าอีเทอร์มาย (ETHERMINE).....	37
2.20 อาคารที่พักอาศัยที่ติดตั้งโซลาร์เซลล์ในชุมชนบ้านคลอง จังหวัดพิษณุโลก.....	39
2.21 ภูมิประเทศ (Topography) จังหวัดพิษณุโลก.....	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.22 ค่าเฉลี่ยชั่วโมงแดด Peak Sun Hour ของจังหวัดพิษณุโลก.....	43
2.23 ประสิทธิภาพทิศทางและมุมเอียงของแผง	45
2.24 กราฟเฉลี่ยอุณหภูมิเฉลี่ย 12 เดือนและกราฟเฉลี่ยอุณหภูมิรายชั่วโมงใน 1 วัน.....	46
2.25 รูปภาพตารางอุณหภูมิรายงานสถิติจังหวัดพิษณุโลก.....	47
2.26 รูปภาพตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพคงเหลือของแผงโซลาร์เซลล์ตามช่วงอายุ.....	50
2.27 ลำดับขั้นตอนการหาความเป็นไปได้ในการนำปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่เหลือจากการใช้งานของผู้พักอาศัยในชุมชนบ้านคลองจังหวัดพิษณุโลก.....	55
3.1 แบบสัมภาษณ์การสร้างเครื่องมือเพื่อคัดเลือกการเชื่อมต่อผ่านออนไลน์.....	58
3.2 ผังลำดับการคัดกรองคุณลักษณะที่จะทำการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน.....	61
3.3. กล้องถ่ายรูปใช้เพื่อบันทึกภาพในการสัมภาษณ์.....	62
3.4 ภาพอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และโครงสร้างสำหรับยึดติดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์.....	65
3.5 ส่วนประกอบฮาร์ดแวร์หลักที่ใช้ไฟฟ้าในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนเพื่อหาปริมาณไฟฟ้าใน 1 ชั่วโมง.....	66
3.6 รูปหน้าปกคู่มือการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของกรมพลังงาน.....	69
3.7 การทำงานของโซลาร์เซลล์ แบบระบบออฟกริด.....	69
3.8 ภาพแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟต 12 V 200 AH, 24 V 200 AH และ 48 V 200 AH ตามลำดับ.....	70
4.1 ผังลำดับการคัดกรองคุณลักษณะที่จะทำการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน.....	92
4.2 ภาพอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และโครงสร้างสำหรับยึดติดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์.....	92
4.3 ภาพอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และโครงสร้างสำหรับยึดติดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์.....	92
4.3 ภาพอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และโครงสร้างสำหรับยึดติดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์.....	92
4.4 หน้าเว็บไซต์ของโปรแกรมการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน Simple Mining.....	95
4.5 ทำการตรวจสอบสถานการณ์ยืนยันธุรกรรมผ่านโปรแกรม Simple mining ผ่านโทรศัพท์มือถือ.....	96
4.6 หน้าโปรแกรม Simple Mining ที่ใช้ในการยืนยันธุรกรรมเหรียญเอเธอเรียม (ETH).....	97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **xi** ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7 ภาพแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟต 12 V 200 AH, 24 V 200 AH และ 48 V 200 AH ตามลำดับ.....	99
4.8 ภาพแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟต 48 V 200 AH.....	100
4.9 ภาพขนาดของโซลาร์เซลล์ที่มีขายอยู่ใน SOLAR SHOP.....	101
4.10 ภาพขนาดของโซลาร์เซลล์ที่มีขายอยู่ใน JINGSUN SHOP.....	102
4.11 ภาพขนาดของโซลาร์เซลล์ที่มีขายอยู่ใน A SOLAR CELL SHOP.....	102
4.12 ภาพแสดงการช่วงเวลาการชาร์ตและการใช้ไฟฟ้าในระบบโดยอ้างอิงจากคู่มือการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานโซลาร์เซลล์จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดี ในช่วงเวลา 9:00-14:00 น. เฉลี่ยเป็น 5 ชั่วโมงต่อวัน.....	106
4.13 ภาพอินเวอร์เตอร์ที่มีขายอยู่ใน SOLAR SHOP.....	107
4.14 เครื่องควบคุมการชาร์ต MPPT 12/24/36/48V 60AH.....	107
4.15 อินเวอร์เตอร์ Pure Sine wave 5000 48V to 220 CKS.....	108
4.16 ภาพชุดโซลาร์เซลล์ระบบออฟกริดที่เหมาะสมกับเครื่องยี่นยันธุรกิจกรม.....	109
4.17 ใบเสนอราคาของชุดอุปกรณ์โซลาร์เซลล์ระบบ Off grid.....	110
4.18 บ้านตัวอย่างหลังที่ 1.....	113
4.19 บ้านตัวอย่างหลังที่ 2.....	114
4.20 บ้านตัวอย่างหลังที่ 3.....	115
4.21 บ้านตัวอย่างหลังที่ 4.....	116
4.22 บ้านตัวอย่างหลังที่ 5.....	117
5.1 ภาพส่วนประกอบเครื่องยี่นยันธุรกิจกรม.....	135
5.2 ภาพเครื่องยี่นยันธุรกิจกรม.....	135
5.3 ภาพชุดโซลาร์เซลล์ระบบออฟกริดที่เหมาะสมกับเครื่องยี่นยันธุรกิจกรม.....	136
5.4 ภาพแสดงค่าความแตกต่างระหว่างปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้กับปริมาณการใช้.....	138

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ในยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีมีความก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็วเพื่อเคลื่อนตัวเข้าสู่ยุคของเทคโนโลยี Web 3.0 Decentralized ซึ่งเป็นยุคที่ข้อมูลพื้นฐานมีความความโปร่งใสมากกว่า Web 2.0 ซึ่งมีการ ประเมินข้อมูลที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานเป็นหลักเป็นยุคที่ฐานข้อมูลมีการกระจายอำนาจ ผู้ใช้อินเทอร์เน็ตทุกคนสามารถควบคุมข้อมูลและกำหนดทิศทางได้เอง เป็นเทคโนโลยีที่มีการประมวลผลและจัดเก็บข้อมูลแบบกระจายศูนย์ ไร้ตัวกลางควบคุม ซึ่งหนึ่งในนั้นก็คือ คริปโตเคอร์เรนซีที่มีเทคโนโลยีมาจากพื้นฐานระบบบล็อกเชน เนื่องจากปัจจุบันอำนาจการเก็บฐานข้อมูลธุรกรรมได้ถูกผูกขาดโดยตัวกลางเพียงฝั่งเดียว ทำให้มีปัญหาเรื่องความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือของข้อมูลนั้น เช่น ข้อมูลธุรกรรมต่างๆในธนาคาร เป็นต้น ทำให้ระบบบล็อกเชนได้เข้ามาแก้ปัญหาเรื่องการเก็บฐานข้อมูลโดยไม่อาศัยตัวกลางและมีบทบาทในสังคมทั่วโลกมากขึ้นแม้แต่ภาคสถาบันการเงินระดับโลก อาทิ Goldman Sachs, J.P. Morgan หรือแม้แต่บริษัท Visa ก็ได้เริ่มเตรียมวางแผนรองรับเทคโนโลยีดังกล่าว เพื่อนำมาใช้ในระบบการชำระเงินของบริษัทในเรื่องการลงทุน ภาคสาธารณสุขโลกต่าง ๆ มากขึ้นและที่ได้รับความนิยมจากผู้คนทั่วโลกดังที่ปรากฏอยู่ในรายงานของสภาเศรษฐกิจโลก (World Economic Forum) “ว่าโลกของเราจะได้ใช้สกุลเงินในรูปแบบใหม่อย่างเป็นทางการและแพร่หลายไม่เกินปี ค.ศ.2026”¹

การให้ได้เหรียญคริปโตเคอร์เรนซีนอกจากการใช้จ่ายเงินเข้าไปซื้อขายในตลาดแล้ว ยังมีอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับนักลงทุนที่ไม่ชอบความเสี่ยงสูง สามารถลงทุนด้วยวิธีการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนด้วยตัวเองซึ่งคริปโตเคอร์เรนซีนั้นจะใช้ระบบบล็อกเชนในการยืนยันธุรกรรมเพื่อส่งเงิน กล่าวคือ คริปโตเคอร์เรนซีเป็นระบบการเงินที่ไม่มีตัวกลางและเกิดจากการที่อัลกอริทึมของแต่ละเหรียญได้กำหนดให้มี Node ในการยืนยันธุรกรรมทั่วโลก จึงทำให้นักลงทุนรายใหญ่ รายย่อยและบุคคลทั่วไปสามารถเข้ามามีส่วนร่วมในการยืนยันธุรกรรม ทางระบบจะถูกกำหนดไว้ว่าผู้ที่เข้ามาร่วมในการยืนยันธุรกรรมจะได้รับผลตอบแทนเป็นเหรียญคริปโตเคอร์เรนซี ในการยืนยันธุรกรรมของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีนั้นต้องใช้กำลังไฟฟ้าและทรัพยากรในการประมวลผลของคอมพิวเตอร์อย่างมากเพื่อช่วยในการยืนยันธุรกรรมของเหรียญนั้นๆบนระบบด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีการโจมตีถึงการยืนยันธุรกรรมของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีและ-การถกเถียงถึงการใช้พลังงานของคริปโตเคอร์เรนซี โดยเฉพาะเหรียญบิตคอยน์นั้นต้องเผชิญกับคำกล่าวที่ว่า “การยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนนั้น

¹ พรศักดิ์ อรรถชัยรัตน์ . 2564. Cryptocurrency101plus. พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพฯ : บริษัทอัมรินทร์

เป็นเรื่องผิดปกติทาง”อุณหพลศาสตร์” ซึ่งนั่นมีผลทำให้เกิดปรากฏการณ์ภาวะโลกร้อน (Global Warming) ในการศึกษาเกี่ยวกับการคาดการณ์การเติบโตของเหรียญบิตคอยด์ได้ทำการพิจารณาถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ทั่วโลกกับการปล่อยมลพิษจากการยืนยันธุรกรรมของบิตคอยด์นั้นสามารถทำให้คาร์บอนไดออกไซด์ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกที่สามารถทำให้ค่าเฉลี่ยของอากาศทั่วโลกเพิ่มขึ้น 2 องศาเซลเซียสในอีก 30 ปีข้างหน้าได้²

ตารางที่ 1.1 การประมาณการใช้พลังงานที่เกี่ยวข้องกับเครื่องขุดบิตคอยด์

Year of Estimate	Power Estimate (MW)	Study
2014	115	McCook
2016	283	Krause and Tolaymat
2016	345	Stoll, KlaaBen and Gallrsdorfer
2017	470-540	Bevand
2017	948	Krause and Tolaymat
2017	100-500	Vranken
2017	1,637	Stoll, KlaaBen and Gallrsdorfer
2018	2,500-7,670	de Vries
2018	3,441	Krause and Tolaymat
2018	3,441	Stoll, KlaaBen and Gallrsdorfer

ที่มา : Corrie E. Clark, Heather L. Greenley Analyst in Energy Policy.

<https://sgp.fas.org/crs/misc/R45863.pdf>

จากตารางที่ 1.1 การประมาณการใช้พลังงานที่เกี่ยวข้องกับเครื่องขุดบิตคอยด์ (BTC) ที่ได้เพิ่มขึ้นภายใน 5 ปี ที่ผ่านมา ซึ่งได้มีการประมาณความต้องการใช้พลังงานที่สูงที่สุดคือ 7,670 MW (คิดเป็นประมาณ 0.1%) ของกำลังการผลิตไฟฟ้าทั่วโลกและยังไม่รวมถึงเหรียญอื่นๆ ทั้งนี้ แสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มในการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปีอย่างมีนัยสำคัญในอนาคต

ในช่วงของปี 2018 การใช้พลังงานของบิตคอยด์ที่ถูกแปลงเป็นคาร์บอนฟุตพริ้นท์อยู่ที่ 19.0 - 29.6 ล้านเมตริกตันของคาร์บอนไดออกไซด์ โดยที่ค่าของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ค่าเฉลี่ยต่อการทำธุรกรรมจะอยู่ในช่วง 233.4 - 363.5 กิโลกรัม หากเปรียบเทียบกับการทำธุรกรรมของวีซ่า (Visa) คือ 0.4 กรัม -

²Corrie E. Clark and Heather L. Greenley. 2019. **Bitcoin, Blockchain, and the Energy Sector.** Congressional Research Service.

ในขณะที่การค้นหาของบนเว็บไซต์กูเกิ้ล (Google) นั้นคือ 0.8 กรัม ของคาร์บอนได้ออกไซด์³ โดยใน รายงานวิจัยของ CoinShares International Limited.ได้ประเมินถึงปริมาณคาร์บอนบอนได ออกไซด์จากการยืนยันธุรกรรมของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีโดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงาน ไฟฟ้ามีจำนวนประมาณ 5.2% ของทั้งหมดทั่วโลกและส่วนที่ไม่มีนัยอีก 0.08% ของยอดรวมจาก แหล่งต่างๆทั่วโลก⁴



รูปที่ 1.1 แผนที่รอบโลกที่แสดงถึงพื้นที่ที่มีนักลงทุนทำการยืนยันธุรกรรมของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซี (BTC.) ในแผนที่ได้แสดงค่าเฉลี่ยของเดือนมกราคม ปี ค.ศ.2022 โดยประเทศที่มีการยืนยันธุรกรรมของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซี(BTC.)อันดับ 1 คือ สหรัฐอเมริกาโดยคิดเป็น 37.84 % อันดับ 2 คือ จีนโดยคิดเป็น 21.11% อันดับ 3 คือ คาซัคสถานโดยคิดเป็น 13.22% เป็นต้น

ที่มา : มหาลัย แคมบริดจ์. https://ccaf.io/cbeci/mining_map

³Alex De Vries. 2019. **Renewable Energy Will Not Solve Bitcoin's Sustainability Problem.** 1Experience Center of PwC, Amsterdam : The Netherlands *Correspondence: alex.de.vries@pwc.com <https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.02.007>.

⁴ CoinShares International Limited. 2022. **The Bitcoin Mining Network Energy And Carbon Impact,** Channel Islands National Park.; CoinSharess.com. เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นได้ว่าการเติบโตอย่างก้าวกระโดดของอุตสาหกรรมคริปโตเคอเรนซีในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้นำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในระบบการเงินและเทคโนโลยีทั่วโลก ความนิยมที่ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วได้นำมาซึ่งความท้าทายใหม่ในด้านการใช้พลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวนการยืนยันธุรกรรมหรือการขุด (mining) ที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวนมาก⁵ การขุดคริปโตเคอเรนซี โดยเฉพาะบิทคอยน์ซึ่งเป็นสกุลเงินดิจิทัลที่มีมูลค่าตลาดสูงที่สุด ใช้กระบวนการที่เรียกว่า Proof of Work (PoW) ซึ่งต้องการพลังงานคอมพิวเตอร์จำนวนมากในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน⁶

ปรากฏการณ์การลักลอบใช้ไฟฟ้าเพื่อการขุดคริปโตเคอเรนซีนั้น ได้กลายเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมในวงกว้าง โดย de Vries และ Stoll (2021) ได้ประมาณการว่าการขุดบิทคอยน์เพียงอย่างเดียวมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า 121.36 เทราวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ซึ่งมากกว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของประเทศอาร์เจนตินา⁷ โดยที่ตัวเลขนี้สะท้อนให้เห็นถึงความต้องการพลังงานที่มหาศาลของอุตสาหกรรมนี้และเป็นแรงจูงใจที่ทำให้เกิดการลักลอบใช้ไฟฟ้าในหลายประเทศทั่วโลก

Badea และ Mungiu-Pupazan (2021) ได้ชี้ให้เห็นว่าการลักลอบใช้ไฟฟ้าเพื่อการขุดคริปโตเคอเรนซีนั้นไม่เพียงส่งผลกระทบต่อความมั่นคงของระบบพลังงานไฟฟ้าเท่านั้น แต่ยังก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจและทางสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญ⁸ ทั้งนี้ในการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างผิดกฎหมายนี้ส่งผลให้เกิดการสูญเสียดังกล่าวของหน่วยงานด้านพลังงานอย่างมหาศาล ซึ่งอาจนำไปสู่การขาดงบประมาณในการพัฒนาและการบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน นอกจากนี้ทาง Yu et al. (2021) ยังพบว่าปรากฏการณ์การลักลอบใช้ไฟฟ้าในปริมาณมากอาจส่งผลให้เกิดความไม่เสถียรของระบบไฟฟ้าได้ ตลอดจนเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดไฟฟาดับในวงกว้าง และจะอาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยสาธารณะ⁹

⁵ Badea, G., & Mungiu-Pupazan, M. C. (2021). *The Impact of Cryptocurrency Mining on the Energy Sector: A Comprehensive Review*. *Sustainability*, 13(1), 316.

⁶ de Vries, A., & Stoll, C. (2021). *Bitcoin's growing energy problem*. *Joule*, 5(3), 509-513.

⁷ Goodkind, A. L., Jones, B. A., & Berrens, R. P. (2020). *Cryptodamages: Monetary value estimates of the air pollution and human health impacts of cryptocurrency mining*. *Energy Research & Social Science*, 59, 101281.

⁸ Hou, J., Wang, C., & Luo, S. (2021). *How to improve the competitiveness of distributed energy resources in China with blockchain technology*. *Technological Forecasting and Social Change*, 163, 120407.

⁹ Li, J., Li, N., Peng, J., Cui, H., & Wu, Z. (2022). *Digital currency and crimes: The implications of cryptocurrency mining regulations*. *International Review of Financial Analysis*, 79, 101962.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแก้ไขปัญหาการลักลอบใช้ไฟฟ้าเพื่อการขุดคริปโตเคอเรนซีนั้น ได้กลายมาเป็นความท้าทายที่ซับซ้อนและต้องการความร่วมมือจากหลายภาคส่วน Li et al. (2022) เสนอว่าการปรับปรุงกฎหมายและเพิ่มบทลงโทษอาจเป็นหนึ่งในแนวทางการแก้ไขปัญหา¹⁰ ในขณะที่ Wang et al. (2021) แนะนำการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) และการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) ในการตรวจจับการใช้ไฟฟ้าผิดปกติ¹¹ นอกจากนี้ Hou et al. (2021) ยังเสนอแนวคิดในการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนสำหรับการขุดคริปโตเคอเรนซี เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและระบบไฟฟ้าหลัก¹² แม้ว่าเมื่อวันที่ 15 กันยายน 2565 ตามเวลาประเทศไทยนั้น เหรียญเอเธอริอัม Ethereum, ETH. ได้อัปเดตเพื่อเปลี่ยนระบบ "The Merge"¹³ จากระบบ Proof-of-Work (PoW) สู่อะบบ Proof-of-Stake (Pos) โดยผู้ที่ตรวจสอบธุรกรรมบนบล็อกเชนจะต้องนำเหรียญไป Lock Stake แทนเพื่อแลกกับสิทธิ์ยืนยันธุรกรรม¹⁴ โดยในการอัปเดตเปลี่ยนระบบนั้นมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เครือข่ายเป็นพลังงานงานสะอาดและประหยัดพลังงานได้มากถึง 90% เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

แต่หลังจาก Ethereum ได้อัปเดตระบบแล้วเสร็จ เหล่านี้ก็ขุด Ethereum ก็ได้เปลี่ยนไปขุดเหรียญอื่น หรือจะเติมพันทันด้วยการลงทุน Ether เพื่อให้ได้ Ether เพิ่มก็ได้ หรือขายพลังประมวลผลของพวกเขาเข้าแก่ decentralized computing networks อย่าง Golem อย่างไรก็ตาม proof of work -

¹⁰ Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. *Decentralized Business Review*, 21260.

¹¹ Wang, S., Tuo, J., & Zhang, L. (2021). Detecting electricity theft in micro-grid systems using long short-term memory recurrent neural networks. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 132, 107177.

¹² Yu, T., Cao, J., Zhang, J., Zhang, T., Shen, D., & Guo, S. (2021). Electricity theft detection in AMI using customer behavior and extreme gradient boosting. *Energies*, 14(1), 186.

¹³ ลีลลิต ศรีจันทร์ดร. The standard. “วันประวัติศาสตร์ “The Merge” เสร็จสมบูรณ์แล้ว Ethereum เปลี่ยนเป็น Proof-of-Stake (Pos) แล้ว” [Online]. Available : <https://thestandard.co/the-merge-ethereum-pos/>. 15 กันยายน 2565.

¹⁴ Olga Martynov. May 2020. *Sustainability Analysis of Cryptocurrencies Based on Projected Return on Investment and Environmental Impact.* A Thesis in the Field of Sustainability and Environmental Management for the Degree of Master of Liberal Arts in Extension Studies of Harvard University.

ยังคงจะถูกใช้ไปอีกซีกพักใหญ่¹⁵ หลังเหตุการณ์นี้จึงทำให้เห็นได้ว่าเหล่านักลงทุนการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนนั้นยังคงมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องแม้ว่า Ethereum จะทำการ Merge แล้วเสร็จก็ตาม



รูปที่ 1.2 รายงานข่าวจากไทยพีบีเอสระบุว่า ดีเอสไอเข้าตรวจค้นพื้นที่กทม.และนนทบุรี 41 จุด พบว่ามีผู้ลักลอบใช้กระแสไฟฟ้าหลวงทำเหมืองชุดคริปโตเคอเรนซี ทำให้การไฟฟ้าได้รับความเสียหายปีละเกือบ 300 ล้านบาท

ที่มา : <https://www.thaipbs.or.th/news/content/322361>

ในปี 2564 ที่ผ่านมาประชาชนในประเทศไทยได้ให้ความสนใจในการลงทุน Cryptocurrency อย่างมากเป็นจนเป็นประวัติการณ์ ซึ่งสังเกตได้จากสื่อ social media ต่างๆ มีการนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับ Cryptocurrency มากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ประกอบกับข้อมูลของสำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์ (ก.ล.ต.) ณ วันที่ 24 พฤษภาคม 2564 ได้พบว่ามีข้อมูลจำนวนบัญชีซื้อขายสินทรัพย์ดิจิทัลภายในประเทศไทยทั้งหมดประมาณ 1.275 ล้านบัญชี โดยภายในปี 2564 มีผู้เปิดบัญชีมากถึงจำนวน 1.165 ล้านบัญชี มูลค่าการซื้อขาย Cryptocurrency ในไทย ปี 2563 เป็นจำนวน 44 ล้านบาท ปี 2564 จำนวน 632 ล้านบาท และสกุลเงินดิจิทัลที่มีการซื้อขายมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ Bitcoin, Dogecoin และ Ethereum ตามลำดับ¹⁶ ซึ่งแนวโน้มความต้องการใช้พลังงานของนักลงทุน

¹⁵ Siam Blockchain. “ถ้า Ethereum เปลี่ยนเป็น Proof-of-Stake แล้วจะมีผลกระทบต่อนักขุดอย่างไร” [Online]. Available : <https://siamblockchain.com/2017/06/27/what-does-ethereums-proof-of-stake-algorithm-mean-for-miners/>. 27 มิถุนายน 2563.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทว่านั่นมีแนวโน้มขยายเพิ่มขึ้นเพราะการลงทุนสามารถทำในอาคารที่พักอาศัยของตนเองได้อย่างง่ายดาย เพียงแค่ปรับปรุงอาคารที่พักอาศัยให้มีพื้นที่ที่สอดคล้องกับระบบการทำงานของการ์ดจอ (Graphics Processing Unit ; GPU) ที่ใช้ในการยืนยันธุรกรรม แต่ด้วยความใหม่และเทคโนโลยีทางภาครัฐไทยยังไม่สามารถหาจุดกึ่งกลางเพื่อควบคุมนักลงทุนได้ทั้งความผันผวนของตลาดการซื้อขายคริปโตเคอร์เรนซีค่าไฟฟ้าจากภาครัฐที่แพงขึ้นในทุกๆปีที่นักลงทุนต้องเผชิญจนนำไปสู่การลักขโมยไฟฟ้าจากภาครัฐเพื่อทำการยืนยันธุรกรรม ดังนั้นเทคโนโลยีที่เป็นประโยชน์ย่อมต้องเสียค่าใช้จ่ายด้วยทรัพยากรใดทรัพยากรหนึ่ง เราเชื่อว่าจุดสนใจของสังคมเปลี่ยนจากการโจมตีคริปโตเคอร์เรนซีเป็นการตั้งคำถามถึงแหล่งการผลิตไฟฟ้าเพื่อลดมลภาวะ ไม่ใช่การยอมลดมาตรฐานประโยชน์ที่จะได้รับจากหลักการของคริปโตเคอร์เรนซีในการสร้างมาตรฐานของการดำรงชีพเพียงเพราะถูกจำกัดด้วยข้อโต้แย้งที่ไม่เป็นธรรม¹⁷

การศึกษานี้มุ่งเน้นถึงปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์สำหรับใช้ในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัย เป็นการนำข้อมูลพลังงานไฟฟ้าของ ไม่นิ่ง ริก (Mining Rig) 1 หน่วย เพื่อนำมาจำลองศึกษาหาชุดโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมสำหรับการยืนยันธุรกรรมใน 24 ชั่วโมง และศึกษาถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้พักอาศัยในชุมชนบ้านคลองจังหวัดพิษณุโลก รวมถึงวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ในการนำชุดโซลาร์เซลล์มาประยุกต์ใช้สำหรับการยืนยันธุรกรรมในอาคารที่พักอาศัย ผู้ศึกษาคาดหวังว่าผลการศึกษานี้จะมีส่วนสำคัญในการสนับสนุนการกำหนดนโยบายและมาตรการที่เหมาะสมในการนำพลังงานทดแทนมาใช้ในการยืนยันธุรกรรม ตลอดจนการส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาดอย่างมีประสิทธิภาพในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล

1.2 วัตถุประสงค์

1. จำลองชุดโซลาร์เซลล์ที่พอเพียงสำหรับใช้ในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของไม่นิ่ง ริก (Mining Rig) 1 เครื่อง ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง
2. หาความเป็นไปได้ในการนำปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่เหลือจากการใช้งานของผู้พักอาศัยในชุมชนบ้านคลองจังหวัดพิษณุโลก มาใช้ในการยืนยันธุรกรรม

¹⁶ นางสาวขวัญชนก โชคชัยวงศ์. 2565. **ปัจจัยด้านพฤติกรรมที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล (Cryptocurrency) ของคนไทย.** ปรินญาการจัดการมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล

¹⁷ CoinShares International Limited. 2022. **The Bitcoin Mining Network Energy And Carbon Impact.** Channel Islands National Park : CoinSharess.com.

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1. จำลองชุดโซลาร์เซลล์ที่พอเพียงสำหรับใช้ในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของของชุดไมน์นิ่งริก 1 เครื่อง (Mining Rig) ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยเลือกจำลองจากระบบออฟกริด (Off grid) ระบบเดียวเท่านั้น เนื่องด้วยชุดโซลาร์เซลล์ออฟกริดนั้นเป็นระบบที่มีความเสถียรที่สุดจากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญด้านการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน

1.3.2. ศึกษาการยืนยันธุรกรรมและแสดงผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับจากการยืนยันธุรกรรม ณ วันที่ 22 สิงหาคม 2565 ของเหรียญอีเธอเรียม (Ethereum), ETH. เพียงสกุลเดียวเท่านั้น

1.3.3. ตรวจสอบปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในอาคารที่พักอาศัยและตรวจสอบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้อาศัยเฉพาะช่วงที่มีชั่วโมงแดดสูง (Peak Sun Hours)

1.3.4. ขอบเขตด้านประชากร: ผู้ที่ทำการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนในอาคารที่พักอาศัยและผู้พักอาศัยที่มีการติดตั้งโซลาร์เซลล์โดยมีสมาชิกผู้พักอาศัย 2 – 5 คน/หลัง

1.3.5. ขอบเขตด้านพื้นที่: ชุมชนบ้านคลอง จังหวัดพิษณุโลก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1. ได้ทราบผลจากการจำลองชุดโซลาร์เซลล์ที่พอเพียงสำหรับความต้องการพลังงานไฟฟ้าของชุดไมน์นิ่งริก 1 เครื่อง (Mining Rig) ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง และได้ทราบผลตอบแทนที่จะได้รับจากการยืนยันธุรกรรม

1.4.2. ได้ทราบถึงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่มีชั่วโมงแดดสูงของผู้ที่อาศัยในชุมชนบ้านคลองจังหวัดพิษณุโลก โดยหาความเป็นไปได้ในการนำปริมาณไฟฟ้าที่เหลือใช้นั้นมายืนยันธุรกรรมเพื่อทราบผลตอบแทนที่จะได้รับ

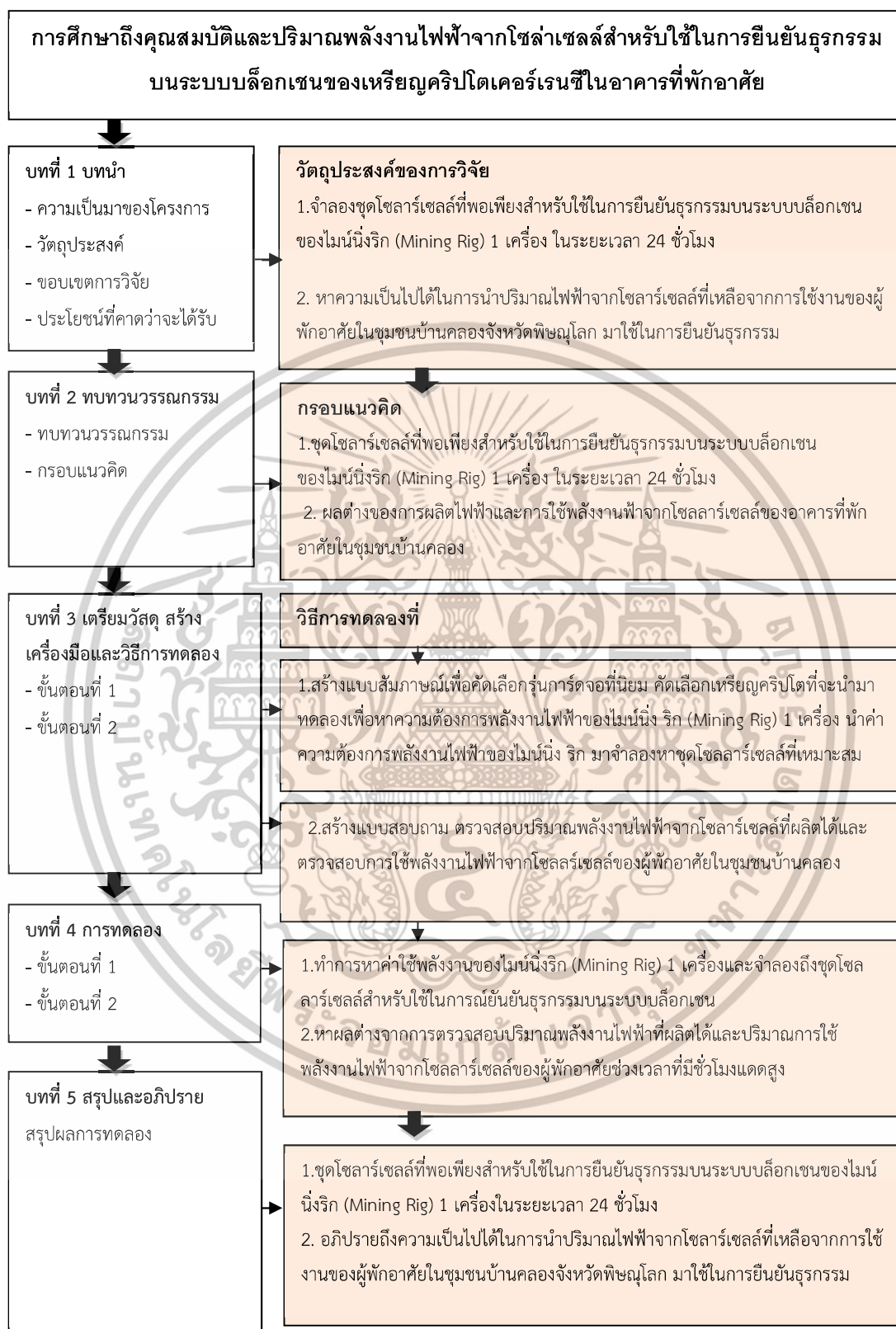
1.4.3. เป็นองค์ความรู้เกี่ยวกับการบูรณาการโซลาร์เซลล์กับเทคโนโลยีบล็อกเชนให้กับนักลงทุนที่สนใจในการยืนยันในธุรกรรมในที่พักอาศัย เนื่องจากข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนในด้านพลังงานนั้นมีน้อยและเป็นแนวทางในการพัฒนานโยบายการเลือกใช้พลังงานสะอาดในอุตสาหกรรมคริปโตเคอร์เรนซีในประเทศไทย

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

การยืนยันธุรกรรม, คริปโตเคอร์เรนซี, ระบบโซลาร์เซลล์, พลังงานไฟฟ้า, อาคารที่พักอาศัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.แผนการดำเนินงาน



รูปที่ 1.3. ทบทวนวรรณกรรมกรอบแนวคิด

ที่มา :ผู้จัดทำ

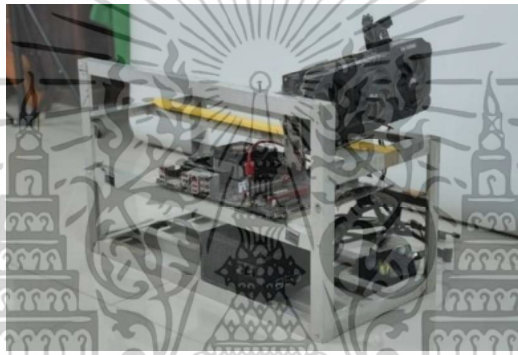
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมและกรอบความคิด

2.1. ตรวจสอบความต้องการพลังงานไฟฟ้าของมายน์ริง 1 เครื่อง (Mining Rig) เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปจำลองการศึกษาถึงชุดโซลลาร์เซลล์ที่เหมาะสมสำหรับการยืนยันธุรกรรมในระยะ 24 ชั่วโมง

ขั้นตอนตรวจสอบความต้องการพลังงานไฟฟ้าของไมน์ริง 1 เครื่อง (Mining Rig) เพื่อใช้ในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนในระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2.1 รูปไมน์ริง 1 เครื่อง โดยใช้การ์ดจอ 1 หน่วย

2.1.1. คัดเลือกการ์ดจอ (GPU) ที่เป็นฮาร์ดแวร์ในการประมวลผลไมน์ริง 1 เครื่อง (Mining Rig)

2.1.1.1. เปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างกลไกยืนยันธุรกรรมแบบต่างๆ

การเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างกลไกยืนยันธุรกรรมแบบต่างๆ ในเครือข่ายบล็อกเชนเป็นประเด็นสำคัญที่ได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบัน กลไกยืนยันธุรกรรมหลักๆ ที่ใช้ในเครือข่ายบล็อกเชนมีหลายรูปแบบ แต่ละรูปแบบมีการใช้พลังงานที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

1). Proof of Work (PoW) : PoW เป็นกลไกยืนยันธุรกรรมที่ใช้ในเครือข่ายบล็อกเชนที่มีมูลค่าตลาดสูงที่สุดอย่าง Bitcoin และ Ethereum (ก่อนการอัปเดตเป็น Ethereum 2.0) PoW ใช้พลังงานมากที่สุดในบรรดากลไกยืนยันธุรกรรมทั้งหมด โดยการประมาณการล่าสุดระบุได้ว่า Bitcoin มีการใช้พลังงานประมาณ 120 TWh ต่อปี ซึ่งเทียบเท่ากับการใช้พลังงานของประเทศขนาดกลาง²² การใช้พลังงานจำนวนมากนี้เกิดจากการแข่งขันในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนเพื่อสร้างบล็อกใหม่ ในส่วนข้อดีของ PoW คือความปลอดภัยสูงและการกระจายอำนาจที่ดี แต่ข้อเสียคือการใช้พลังงานมหาศาลและการขยายตัวของเครือข่ายที่จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2). Proof of Stake (PoS) : PoS. เป็นทางเลือกที่ใช้พลังงานน้อยกว่า PoW อย่างมาก โดยการประมาณการระบุว่า PoS. ใช้พลังงานน้อยกว่า PoW ถึง 99.95%¹⁸ ในกรณีของ Ethereum หลังจากการเปลี่ยนไปใช้ PoS. การใช้พลังงานของเครือข่ายลดลงจากประมาณ 112 TWh ต่อปี เหลือเพียง 0.01 TWh ต่อปี ในส่วนข้อดีของ PoS. คือการใช้พลังงานที่น้อยมากและความสามารถในการขยายตัวของเครือข่ายที่ดีกว่า แต่ข้อเสียคือความซับซ้อนในการออกแบบและการกระจายอำนาจที่อาจน้อยกว่า PoW

3). Delegated Proof of Stake (DPoS): DPoS. เป็นรูปแบบที่พัฒนาต่อจาก PoS. โดยใช้ระบบการเลือกตั้งตัวแทนในการยืนยันธุรกรรม การใช้พลังงานของ DPoS. น้อยกว่า PoW อย่างมาก แต่อาจสูงกว่า PoS เล็กน้อยเนื่องจากมีกระบวนการเลือกตั้งเพิ่มเติม การศึกษาล่าสุดพบว่า DPoS ใช้พลังงานประมาณ 0.1 kWh ต่อธุรกรรม เทียบกับ 950 kWh ต่อธุรกรรมของ Bitcoin¹⁹

4). Proof of Authority (PoA): PoA. เป็นกลไกที่ใช้ในเครือข่ายบล็อกเชนแบบอนุญาต (permissioned blockchain) ซึ่งใช้พลังงานน้อยมากเมื่อเทียบกับ PoW เนื่องจากไม่ต้องมีการแข่งขันในการสร้างบล็อก การประมาณการระบุว่า PoA. ใช้พลังงานใกล้เคียงกับ PoS. หรืออาจน้อยกว่าเล็กน้อย²⁰

เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างกลไกยืนยันธุรกรรมแบบต่างๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

- (1.) PoW. ใช้พลังงานมากที่สุด
- (2.) PoS. และ PoA. ใช้พลังงานน้อยที่สุด
- (3.) DPoS. และ PoC อยู่ระหว่างกลาง แต่ใกล้เคียงกับ PoS. มากกว่า PoW

ในส่วนของระบบกลไกยืนยันธุรกรรมนั้นทางผู้วิจัยเลือกใช้กลไกแบบ Proof of Work (PoW) : PoW แม้ว่ากลไกที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด แต่กลับกันกับเป็นกลไกที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากเป็นกลไกการยืนยันธุรกรรมที่ใช้ในเครือข่ายของเหรียญที่มีมูลค่าสูงสุดในตลาด เช่น เหรียญบิตคอยน์ Bitcoin และอีเธอเรียม Ethereum

¹⁸ Platt, M., Sedlmeir, J., Platt, D., Xu, J., Tasca, P., & Vadgama, N. (2021). **Energy Footprint of Blockchain Consensus Mechanisms Beyond Proof-of-Work**. arXiv preprint arXiv:2109.03667.

¹⁹ Jiang, Z., Krishnamachari, B., Zhou, S., & Niu, Z. (2021). **Energy consumption of proof-of-stake blockchain networks**. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(23), 16769-16780.

²⁰ Diehl, S., Karger, E., Lambin, X., & Simões, T. (2023). **The energy consumption and carbon footprint of blockchain technologies: A systematic literature review**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 180, 113231

2.1.1.2 ชุดคำสั่งบนโปรแกรมที่ใช้ในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญ คริปโตเคอร์เรนซี



รูปที่ 2.2 หน้าเว็บไซต์ของโปรแกรมการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน Simple Mining

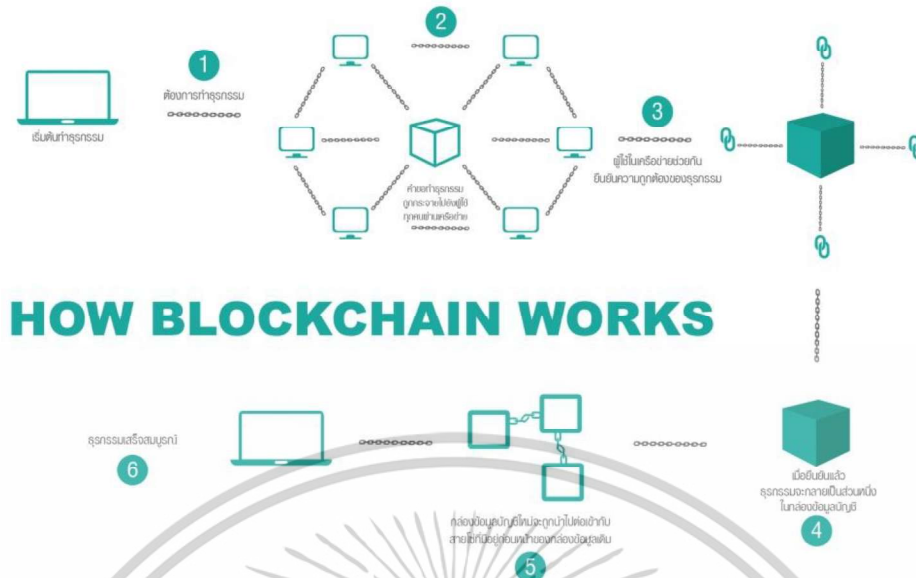
ที่มา : <https://simplemining.net/>

ชุดคำสั่งโปรแกรมที่ใช้ในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซี ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า Simple Mining เป็นกระบวนการสำคัญในการรักษาความปลอดภัยและความถูกต้องของเครือข่าย โดยทั่วไปจะใช้อัลกอริทึมการเข้ารหัสแบบแฮช (Hash) เช่น SHA-256 สำหรับ Bitcoin หรือ Ethereum สำหรับ Ethereum ในกลไกระบบ Proof of Work (PoW) ผู้ยืนยันธุรกรรม (miners) จะใช้โปรแกรมเฉพาะทางเพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน โดยเริ่มจากการสร้างบล็อก พยายามหาค่า node ที่เมื่อนำไปรวมกับข้อมูลในบล็อกและผ่านฟังก์ชันแฮชแล้ว จะได้ผลลัพธ์ที่มีจำนวนศูนย์นำหน้าตามที่กำหนด ผู้ยืนยันธุรกรรมที่แก้ปัญหาได้ก่อนจะได้สิทธิ์ในการเพิ่มบล็อกใหม่เข้าสู่บล็อกเชนและได้รับรางวัลเป็นเหรียญคริปโต²¹

ซึ่งการใช้ชุดคำสั่งโปรแกรม Simple Mining นั้นจะอยู่ในขั้นตอนที่ 1 ต้องการทำธุรกรรม ของรูปที่ 2.3 ซึ่งเป็นการตั้งค่าง่อนเข้าสู่ระบบยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนโดยกลไกแบบ Proof of Work (PoW)²² และเมื่อยืนยันธุรกรรมจนแล้วเสร็จ (ขั้นตอนที่ 6 ของรูป 2.3) ก็จะได้รับผลตอบแทนที่จะได้รับและค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าของไมน์นิ่งริก 1 เครื่อง ผ่านทางโปรแกรม Simple Mining

²¹ Zhang, R., & Chan, W. K. (2020). Evaluation of energy consumption in block-chains with proof of work and proof of stake. Journal of Physics: Conference Series, 1584, 012023. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1584/1/012023>

²² สกลพร ให้สัมภาษณ์, 22 สิงหาคม 2565. มาลินี แก้วประภา ผู้สัมภาษณ์. โปรแกรม Simple Mining. มหาลัทธิธรรมศาสตร์รังสิต.



HOW BLOCKCHAIN WORKS

รูปที่ 2.3 : ภาพขั้นตอนการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน

ภาพขั้นตอนการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนโดยเรียงลำดับขั้นตอนจากการเริ่มต้นทำธุรกรรมไปยัง ขั้นตอนที่ 1 ต้องการทำธุรกรรม ในขั้นตอนที่ 2 นั้นคำขอทำธุรกรรมถูกกระจายออกไป ขั้นตอนที่ 3 ผู้ใช้ในเครือข่ายช่วยกันยืนยันความถูกต้องของธุรกรรม ขั้นตอนที่ 4. เมื่อยืนยันธุรกรรมแล้วข้อมูลจะกลายเป็นส่วนหนึ่งในบล็อกข้อมูลบัญชี ขั้นตอนที่ 5 บล็อกข้อมูลบัญชีใหม่จะถูกนำไปเชื่อมต่อกับข้อมูลเดิมที่มีอยู่ และขั้นตอนที่ 6 การยืนยันธุรกรรมเสร็จสมบูรณ์

ที่มา : <https://www.nsm.or.th/nsm/th/node/6216>

2.1.1.3. ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการประมวลผลมายน์ริง 1 เครื่อง (Mining Rig)

ในกรณีของเครือข่ายที่ใช้กลไกฉันทมติแบบ Proof of Work (PoW) จะต้องมีการใช้หน่วยประมวลผลกราฟิก (GPU) หรืออุปกรณ์เฉพาะทางอย่าง ASIC (Application-Specific Integrated Circuit) เพื่อทำการขุด (Mining) อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนระบบเครือข่ายก็มีความสำคัญไม่แพ้กัน โดยต้องมีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตความเร็วสูงและอุปกรณ์เครือข่ายที่รองรับการรับส่งข้อมูลจำนวนมากได้อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ ยังต้องคำนึงถึงระบบสำรองไฟฟ้าและระบบทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพเพื่อรองรับการทำงานตลอด 24 ชั่วโมง การเลือกใช้ฮาร์ดแวร์ที่เหมาะสมจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพ ความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือของระบบบล็อกเชน²³

²³ Bhattacharya, R., White, M., & Beloff, N. (2023). *The Internet of Things for Smart Cities: Artificial Intelligence and Blockchain Technology*. Boca Raton: CRC Press.

โดยฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการประมวลผลของเครื่องยืนยันธุรกรรมมี 2 ประเภทได้แก่

1.) การ์ดจอ, หน่วยประมวลผลกราฟิก (GPU)

ใช้สำหรับการคำนวณในกระบวนการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน การ์ดจอ, หน่วยประมวลผลกราฟิก GPU : (Graphics Processing Unit) หรือหน่วยประมวลผลภาพกราฟิก การ์ดจอเป็นหัวใจสำคัญของการประมวลผลด้านกราฟิกในปัจจุบัน ด้วยสถาปัตยกรรมการประมวลผลคำนวณแบบขนาน ทำให้ GPU สามารถจัดการงานประมวลผลทางกราฟิกได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพิ่มคุณภาพภาพ และเสริมประสบการณ์สำหรับผู้ใช้งานในด้านการเล่นเกม การสร้างมัลติมีเดีย ภาพเคลื่อนไหว และงานด้านกราฟิกอื่น ²⁴

รูปที่ 2.4. Graphics Processing Unit; GPU

ที่มา : <https://www.hellotech.com>.

2) วงจรรวมเฉพาะทาง (ASIC): ออกแบบมาเฉพาะสำหรับการขุดเหรียญดิจิทัลบางประเภท มีประสิทธิภาพสูงกว่า GPUs ²⁵

รูปที่ 2.5 รูปเครื่อง ASIC

ที่มา : <https://www.bnn.in.th/th/p/network/nas-btc-miner>

ในการศึกษาผู้ศึกษาจะเลือกใช้การ์ดจอ (GPU) 1 ใบ เพื่อทดลองการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนเท่านั้น เนื่องจากเครื่องยืนยันธุรกรรมแบบ ASIC มีข้อจำกัดเรื่องราคาสูงและเป็นเรื่องที่ยุ่งยากในการขอยืม

²⁴ วิภทิติเตย. การ์ดจอ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/การ์ดจอแสดงผล>. สืบค้นวันที่ 20 สิงหาคม 2565

²⁵ ยศพล ให้สัมภาษณ์, 22 สิงหาคม 2565. มาลินี แก้วประภา ผู้สัมภาษณ์. เครื่องยืนยันธุรกรรมแบบ Asic. เทศบาลจังหวัดพิษณุโลก

2.1.1.4 คัดเลือกการ์ดจอ (GPU) รุ่นนิยม

การคัดเลือกการ์ดจอเนื่องจากงานวิจัยการศึกษาถึงคุณสมบัติของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์สำหรับใช้ในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยนั้นเป็นเรื่องที่กำลังเกิดความนิยมในไทยเมื่อช่วง 5-6 ปีที่ผ่านมา ซึ่งไม่ได้มีข้อมูลเชิงลึกทั้งทางด้านวิชาการของงานปฏิบัติมากนัก ผู้จัดทำจึงต้องทำการสัมภาษณ์เพื่อเก็บข้อมูลจากผู้ที่ทำกรยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนด้วยตนเองจำนวน 10 ท่าน เพื่อนำการ์ดจอรุ่นที่นิยมในกลุ่มสัมภาษณ์มาทำการศึกษา

1.) โดยรุ่นที่จะทำการสัมภาษณ์ มีรุ่นดังต่อไปนี้ NVIDIA RTX 4090NVIDIA, RTX 3070TINVIDIA, RTX 2080NVIDIA, GTX 1080 Ti, AMD RX 6900 XT, AMD RX 5700 XT และ AMD RX 580AMD RX 480 ซึ่งเป็นรุ่นที่มีขายตามท้องตลาดในกลุ่มผู้ที่ยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนในประเทศไทย

2.) ผู้วิจัยทำการศึกษาเพื่อหาคุณลักษณะของการ์ดจอ (GPU.) ที่ได้รับความนิยมในการยืนยันธุรกรรม ด้วยการสัมภาษณ์ข้อมูลจากตัวแทนกลุ่มผู้ที่ยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีด้วยการ์ดจอ (GPU) ของกลุ่มผู้ที่ยืนยันธุรกรรมในระบบบล็อกเชนในประเทศไทยจากทางกลุ่มเฟซบุ๊ก “CRYPTOTHAILAND” จำนวน 10 ท่าน ในช่วงมิถุนายน-สิงหาคม 2565. ที่ผ่านมา

2.1.1.5 การคัดเลือกคริปโตเคอร์เรนซีที่นำมาศึกษา

เหรียญคริปโตหรือเงินดิจิทัล เป็นทรัพย์สินที่ไม่มีรูปร่างและจับต้องไม่ได้แต่สามารถใช้เป็นสื่อกลางในการซื้อขายแลกเปลี่ยนสินค้าและบริการบนโลกออนไลน์ได้เสมือนเงินจริง ๆ โดยที่สามารถโอนย้ายหรือชำระค่าสินค้าได้ผ่านระบบของบล็อกเชน (Blockchain) ที่จะทำหน้าที่เก็บข้อมูลและยืนยันว่ารายการโอน จ่าย และ ชำระค่าสินค้านั้นเกิดขึ้นจริง ๆ จากข้อมูลของสำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (ก.ล.ต.) ในวันที่ 24 พฤษภาคม 2564 พบว่ามีข้อมูลของจำนวนบัญชีซื้อขายสินทรัพย์ดิจิทัลภายในประเทศไทยทั้งหมดประมาณ 1.275 ล้านบัญชี โดยภายในปี 2564 มีผู้เปิดบัญชีมากถึงจำนวน 1.165 ล้านบัญชีมูลค่าการซื้อขาย Cryptocurrency ในไทย ปี 2563 จำนวน 44 ล้านบาท ปี 2564 จำนวน 632 ล้านบาทและสกุลเงินดิจิทัลที่มีการซื้อขายมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ Bitcoin, Dogecoin และ Ethereum ตามลำดับ²⁶ ทางผู้วิจัยจึงข้อมูลจากงานวิจัยเบื้องต้นเพื่อนำมาคัดเลือกที่จะนำมาศึกษาด้วยการยืนยันธุรกรรม

²⁶ ขวัญชนก โชคชัยวงศ์ (2565). **ปัจจัยด้านพฤติกรรมที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล (Cryptocurrency) ของคนไทย** [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : [chrome-extension://ieepebjnkhaiioojkepfniodjmjjihl/data/pdf.js/web/viewer.html?file=https%3A%2F%2Farchive.cm.mahidol.ac.th%2Fbitstream%2F123456789%2F4423%2F1%2FTP%2520BM.009%25202565.pdf](https://ieepebjnkhaiioojkepfniodjmjjihl/data/pdf.js/web/viewer.html?file=https%3A%2F%2Farchive.cm.mahidol.ac.th%2Fbitstream%2F123456789%2F4423%2F1%2FTP%2520BM.009%25202565.pdf). สืบค้นวันที่ 20 สิงหาคม 2565

เหรียญคริปโตเคอร์เรนซีที่มีการซื้อขายมากที่สุด 3 อันดับแรกในไทยดังนี้

1.) บิตคอยน์ (Bitcoin , BTC.)

Bitcoin คือคริปโตเคอร์เรนซีชนิดแรกที่มีการประกาศในปี 2008 (และเปิดตัวในปี 2009) โดยเป็นเงินในรูปแบบดิจิทัล แต่ต่างจากสกุลเงิน Fiat ที่ออกโดยรัฐบาลที่คุ้นเคย เพราะไม่มีธนาคารกลางคอยควบคุม แต่เพื่อรักษาความปลอดภัยและความสมบูรณ์บนระบบบล็อกเชน Bitcoin จะใช้กลไก Proof-of-Work (PoW)



รูปที่ 2.6 รูปภาพเชิงสัญลักษณ์ลักษณะของเหรียญบิตคอยน์ หรือ BTC. เนื่องด้วยบิตคอยน์นั้นเป็นทรัพย์สินหรือเงินดิจิทัล เหรียญจึงไม่มีรูปลักษณะที่ชัดเจน จากรูปข้างต้นนั้นเป็นเพียงรูปเชิงสัญลักษณ์ที่นิยมใช้ในในกลุ่มคริปโตเคอร์เรนซีทั่วไป
ที่มา : <https://in.pinterest.com/pin/bitcoin-currency-crypto-coin-icon-vector--29695678786809497/>

2.) เหรียญอีเทอร์เรียม (Ethereum, ETH.)

อีเทอร์เรียมมีสกุลเงินดิจิทัลหลักของตนเองชื่อ อีเทอร์ หรือ ETH อีเทอร์เรียมเป็นแพลตฟอร์มบล็อกเชนสาธารณะที่มีชื่อเสียงมากที่สุดอันดับสองรองจากบิตคอยน์ เครือข่ายอีเธอร์เรียมได้เริ่มต้นเปิดใช้งานเมื่อวันที่ 30 กรกฎาคม 2558 มีการอนุญาตให้ผู้อื่นสามารถพัฒนาแอปพลิเคชันแบบไม่รวมศูนย์บนเครือข่ายและมีปฏิสัมพันธ์กันได้ โดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อเป็นแพลตฟอร์มสำหรับสร้างและรันสัญญาอัจฉริยะ (smart contracts) และแอปพลิเคชันกระจายศูนย์ (decentralized applications หรือ dApps)



รูปที่ 2.7 : เครือข่ายเทคโนโลยีบล็อกเชนของอีเทอร์เรียม

ที่มา : [https://medium.com/@notional-ventures/programmable-money-part-1-](https://medium.com/@notional-ventures/programmable-money-part-1-bitcoin-and-ethereum-e3ad921b2b8)

[bitcoin-and-ethereum-e3ad921b2b8](https://medium.com/@notional-ventures/programmable-money-part-1-bitcoin-and-ethereum-e3ad921b2b8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีเทอร์เรียมใช้เป็นค่าธรรมเนียมสำหรับการทำธุรกรรมภายในเครือข่าย อีเทอร์เรียมถูกผลิตด้วยกระบวนการขุดเหมืองผ่านวิธีการ Proof of Work²⁷ เช่นเดียวกับบิตคอยน์ในช่วงแรก แต่อีเทอร์เรียมกำลังจะปรับเปลี่ยนเป็นกลไกการรับรองข้อมูล Proof of Stake ชื่อว่า "The Merge"²⁸ นอกจากธุรกรรมการโอนเงินดิจิทัลแล้ว เทคโนโลยีบล็อกเชนของอีเทอร์เรียมยังเปิดโอกาสให้สามารถสร้างแอปพลิเคชันกระจายศูนย์อื่นๆ อีกมากมาย เช่น DeFi, NFT, DAOs และกรรมสิทธิ์ดิจิทัล เป็นต้น ซึ่งทำให้อีเทอร์เรียมเป็นหนึ่งในแพลตฟอร์มบล็อกเชนยอดนิยมที่มีนักพัฒนาทำงานอยู่มากที่สุด²⁹

3.) ด็อกคอยน์ (Dogecoin)

เหรียญด็อกคอยน์ (Dogecoin) นั้นคือหนึ่งในสินทรัพย์ดิจิทัลสกุลหนึ่งบนบล็อกเชน มีชื่อย่อว่า “DOGE” โดยเปิดตัวครั้งแรกในปี 2013 ด้วยฝีมือของโปรแกรมเมอร์ Billy Markus นักพัฒนา Software ของ IBM ที่เป็น developer ให้กับ DOGE อยู่ช่วงหนึ่ง และ Jackson Palmer ผู้จัดการผลิตภัณฑ์ของ Adobe Inc. เป็นผู้สร้างเว็บไซต์ Official ว่ากันว่าแรกเริ่มนั้น มันเป็นเหรียญที่ทำมาเพื่อเลียนแบบบิตคอยน์และไม่มีมูลค่าใดๆ Dogecoin มีสัญลักษณ์เป็นรูปหน้าหมาสายพันธุ์ชิบะอินุ ได้รับแรงบันดาลใจจากรูปหมาชิบะหญิงสาวชาวญี่ปุ่นคนหนึ่ง ซึ่งเป็นหมาชิบะของเธอนั่งเอาขาสองข้างไขว้กัน และหันหน้ามาคล้ายยิ้มนิดๆ ทำให้รูปนั้นถูกใจชาวเน็ตไม่น้อย และกลายมาเป็นเหรียญ DOGE (ที่ก็ตั้งใจสะกดผิดจาก Dog ด้วยเช่นกัน) ที่มาสร้างสีสันในกับวงการคริปโตฯ โดยเทคโนโลยีของเหรียญนั้นเป็นสกุลเงินดิจิทัลที่ออกแบบมาให้ใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน สามารถใช้ใน Decentralized Exchange (DEX) ที่ช่วยให้สามารถแลกเปลี่ยนเหรียญบนเครือข่ายแบบ Peer-to-Peer หรือ การซื้อขายที่ผู้ซื้อและผู้ขายทำการแลกเปลี่ยนกันได้โดยตรง ไม่จำเป็นต้องผ่านตัวกลาง นอกจากนั้นยังใช้กลไกฉันทมติแบบ Proof-of-Work เหมือนกับ Bitcoin³⁰

²⁷ th.wikipedia. Ethereum. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :

<https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%AD%E0%B8%B5%E0%B9%80%E0%B8%98%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%A1>. สืบค้นข้อมูลวันที่ 12 สิงหาคม 2565.

²⁸ สลันลลิต ศรีจันทร์ดร. The standard. “วันประวัติศาสตร์ “The Merge” เสร็จสมบูรณ์แล้ว

Ethereum เปลี่ยนเป็น Proof-of-Stake (Pos) แล้ว”. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :

<https://thestandard.co/the-merge-ethereum-pos/>. สืบค้นข้อมูลวันที่ 15 กันยายน 2565.

²⁹ Notional Ventures. สืบค้นจาก : **Programmable Money Part 1: Bitcoin and**

Ethereum. [ออนไลน์]. <https://medium.com/@notional-ventures/programmable-money-part-1-bitcoin-and-ethereum-e3ad921b2b8>. สืบค้นข้อมูลวันที่ 12 สิงหาคม 2565.

³⁰ www.binance.th. **Dogecoin คืออะไร?** [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :

<https://www.binance.th/th/academy/coininformation/29b17928a685417c91f510c6edd841cf>. สืบค้นข้อมูลวันที่ 12 สิงหาคม 2565.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.6 ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของไมนิ่งริก 1 เครื่อง (Mining Rig)



ส่วนประกอบฮาร์ดแวร์หลักที่ใช้ไฟฟ้าในการยืนยันธุรกรรม
บนระบบบล็อกเชนเพื่อหาปริมาณไฟฟ้าใน 1 ชั่วโมง

จากภาพตัวอย่างหน้าโปรแกรม
Simple mining ในวงกลมจะเป็นการ
แสดงค่าปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการยืนยัน
ธุรกรรมจากไมนิ่งริก

ทราบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนบนโปรแกรม
Simple mining ตามค่าที่ผู้วิจัยได้กำหนด

รูปที่ 2.8 การหาปริมาณไฟฟ้าของไมนิ่งริก 1 เครื่อง (Mining Rig) ในการยืนยันธุรกรรม 1 ชั่วโมง
ซึ่งในส่วนประกอบฮาร์ดแวร์หลักที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อก
เชนประกอบด้วย การ์ดจอ ไรเซอร์ เมนบอร์ด และ PSU
ที่มา : ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ค่ากำลังไฟฟ้าในการยืนยันธุรกรรม 1 ชั่วโมงแล้ว จึงนำมาคำนวณหาพลังงานไฟฟ้ารวมที่จะใช้ในการยืนยันธุรกรรม 24 ชั่วโมง ด้วยเงื่อนไขในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนนั้น จำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าตลอด 24 ชั่วโมง หากกำลังไฟฟ้าไม่ต่อเนื่องนั้นจะทำให้การยืนยันธุรกรรมไม่สำเร็จ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงนำค่าการยืนยันธุรกรรม 1 ชั่วโมงมาหาค่าต่อเป็น 24 ชั่วโมง

การยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซี 24 ชั่วโมง โดยการนำค่ากำลังไฟฟ้าที่หาได้มาคำนวณตามสูตรดังต่อไปนี้

Wh = พลังงานไฟฟ้า (วัตต์-ชั่วโมง)

P = กำลังไฟฟ้า (วัตต์)

t = เวลาการใช้งาน (ชั่วโมง)³¹

จากสูตรการคำนวณหา ปริมาณไฟฟ้าของไมน์นิ่งริก 1 เครื่อง

ปริมาณไฟฟ้าของไมน์นิ่งริก 1 เครื่อง (Wh) = (กำลังไฟฟ้า (วัตต์) \times จำนวนชั่วโมงที่ใช้ใน 24 ชม.)

³¹ สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2021). การคำนวณค่าไฟฟ้า ด้วยตนเองสามารถทำได้อย่างไร. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://erdi.cmu.ac.th/?p=564>. สืบค้นข้อมูลวันที่ 20 กันยายน 2565

2.1.2 จำลองหาชุดโซลลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับความต้องการพลังงานไฟฟ้าของมายนิงริก 1 เครื่อง (Minig Rig) สำหรับใช้ในการยืนยันธุรกรรมใน 24 ชั่วโมง ในอำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก

2.1.2.1.อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

1.) จังหวัดพิษณุโลก ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง มีพื้นที่ประมาณ 10,815 ตารางกิโลเมตร ห่างจากกรุงเทพฯ โดยทางรถยนต์ประมาณ 377 กิโลเมตร แบ่งพื้นที่การปกครองเป็น 9 อำเภอ 93 ตำบล 1,032 หมู่บ้าน มีอาณาเขตติดต่อดังนี้ ทิศเหนือ พื้นที่รับผิดชอบติดต่อกับพื้นที่รับผิดชอบของตรวจคนเข้าเมืองจังหวัดอุตรดิตถ์ ทิศตะวันออก ติดต่อกับอำเภอเมืองพิจิตร อำเภอสามง่าม อำเภอวชิรบารมี และกิ่งอำเภอสากเหล็ก จังหวัดพิจิตร ทิศใต้ พื้นที่รับผิดชอบติดต่อกับพื้นที่รับผิดชอบของตรวจคนเข้าเมืองจังหวัดพิจิตร ทิศตะวันตก พื้นที่รับผิดชอบติดต่อกับพื้นที่รับผิดชอบของตรวจคนเข้าเมืองจังหวัดสุโขทัย และตรวจคนเข้าเมืองจังหวัดกำแพงเพชร ทิศตะวันออก พื้นที่รับผิดชอบติดต่อกับพื้นที่รับผิดชอบของตรวจคนเข้าเมืองจังหวัดเพชรบูรณ์³²



รูปที่ 2.9 รูปแผนที่จังหวัดพิษณุโลก

ที่มา : <https://phitsanulok.immigration.go.th/en/organization-information/>

³² Phitsanulok immigration. จังหวัดพิษณุโลก [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :

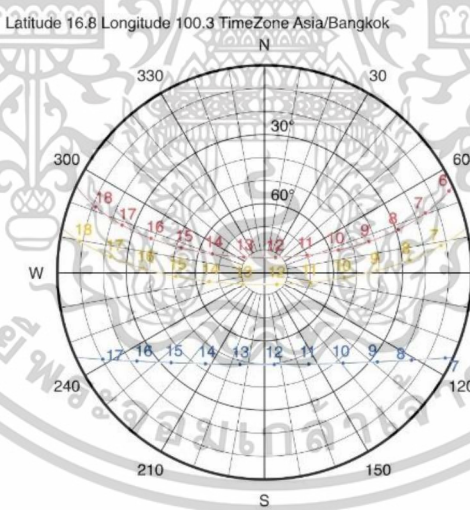
<https://phitsanulok.immigration.go.th/en/organization-information/>. สืบค้นวันที่ 20 ตุลาคม 2567.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) ในส่วนตำแหน่งของสถานที่กรณีศึกษาอาคารที่พักอาศัยของผู้ที่ย้ายถิ่นฐาน
 ธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนได้ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งภาคเหนือตอนล่างของ
 ประเทศไทย



รูปที่ 2.10 ที่ตั้งอาคารที่พักอาศัยของผู้ที่ย้ายถิ่นฐานธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน
 ที่มา : Sun's path Application

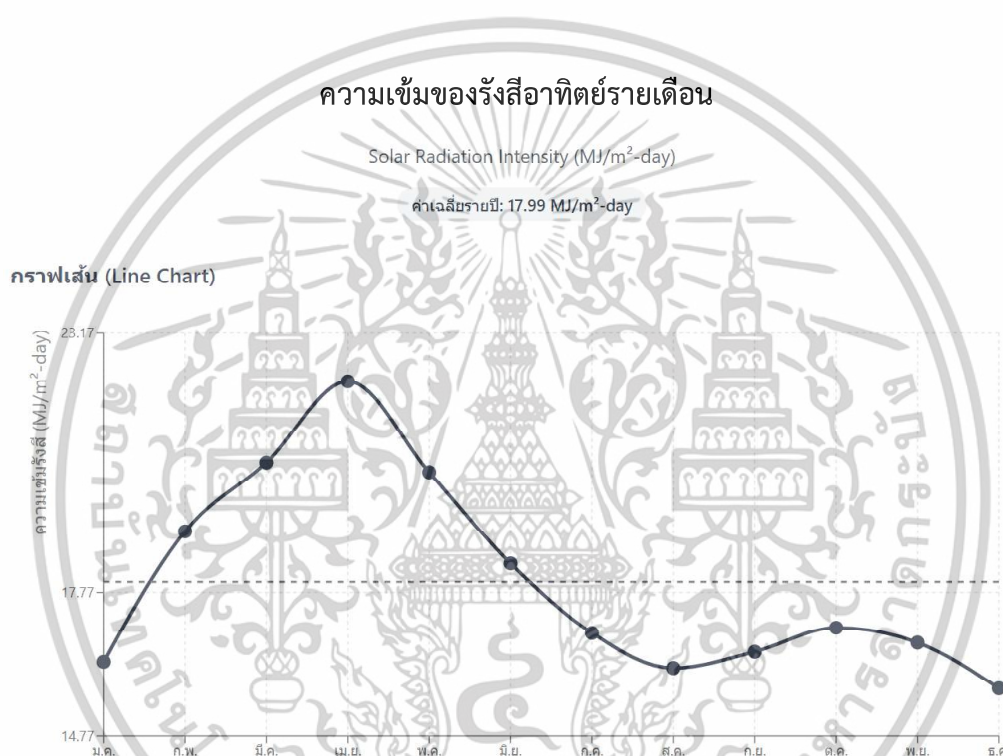


รูปที่ 2.11 Sun path diagram จังหวัดพิษณุโลก
 ที่มา : Sun's path Application

3.) มุมการขึ้นของดวงอาทิตย์ในจังหวัดพิษณุโลก ปี 2565-2566
 จังหวัดพิษณุโลก ตั้งอยู่ที่ละติจูดประมาณ 16.8° เหนือ ลองจิจูด 100.3° ตะวันออก
 มีการเปลี่ยนแปลงของมุมการขึ้นของดวงอาทิตย์ในปี 2565 (ค.ศ. 2022)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.) ฐานข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ของชุมชนบ้านคลองจังหวัดพิษณุโลก ประเทศไทยมีหลายพื้นที่ที่มีศักยภาพด้านพลังงานแสงอาทิตย์สูง รวมถึงภาคใต้และภาคเหนือของภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่จังหวัดอุดรธานี และบางพื้นที่ในภาคกลาง โดยพื้นที่ที่มีศักยภาพรวมกันคิดเป็นประมาณ 14.3% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ ได้รับแสงแดดเฉลี่ยวันละประมาณ 19-20 MJ/m²-day ในขณะที่อีก 50% ของประเทศได้รับประมาณ 18-19 MJ/m²-day³³ ค่าเฉลี่ยรังสีแสงอาทิตย์ในประเทศไทยอยู่ที่ 18.0 MJ/m²/day หรือประมาณ 5 kWh/m²/day



รูปที่ 2.12 ความเข้มของรังสีอาทิตย์รายเดือนจังหวัดพิษณุโลก

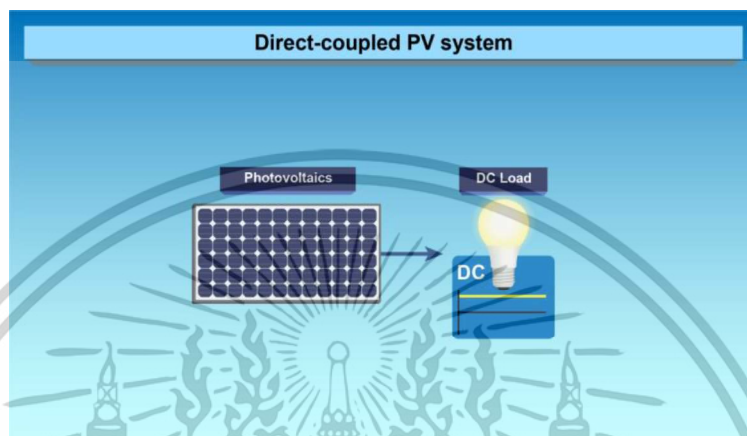
ที่มา : <https://maps.su.ac.th/solarth/>

³³ กองพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน. ฐานข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ของประเทศไทย [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://maps.su.ac.th/solarth/>. สืบค้นวันที่ 15 ธันวาคม 2567.

2.1.2.2 จำลองหาชุดโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับความต้องการพลังงานไฟฟ้าของเครื่องยี่นยันธุรกรรม 1 ริก (Minig Rig)

ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแบ่งออกเป็นสามประเภทหลักตามลักษณะการเชื่อมต่อและการใช้งาน ได้แก่

1.) ระบบที่เชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้า (On-grid System)



รูปที่ 2.13 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบจ่ายโหลดโดยตรง

ที่มา : <https://energyresearch.ucf.edu/consumer/solar-technologies/solar-electricity-basics/types-of-pv-systems/>

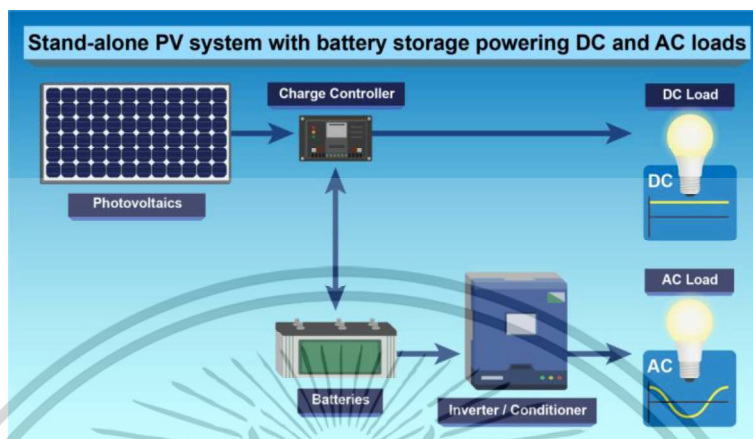
ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้า หรือ On-grid System เป็นระบบที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย โดยเฉพาะในเขตเมืองและพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าครอบคลุม ระบบนี้ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์ที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ และมีเตอร์ไฟฟ้าแบบสองทาง (Bidirectional Meter) ซึ่งสามารถวัดทั้งปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้และที่ใช้จากระบบจำหน่าย โดยไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกใช้ในอาคารหรือบ้านเรือนก่อน หากมีส่วนเกินจะจ่ายเข้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้า ในทางกลับกัน เมื่อระบบผลิตไฟฟ้าไม่เพียงพอ เช่น ในเวลากลางคืนหรือวันที่มีเมฆมาก ผู้ใช้สามารถดึงไฟฟ้าจากโครงข่ายมาใช้ได้³⁴ ระบบนี้มีข้อดีคือไม่จำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่ในการกักเก็บพลังงาน ทำให้ลดต้นทุนและการบำรุงรักษา อีกทั้งยังสามารถเข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) ของภาครัฐได้ อย่างไรก็ตาม การติดตั้งระบบนี้จำเป็นต้องปฏิบัติตามข้อกำหนด-

³⁴ การไฟฟ้านครหลวง. (2564). ข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.mea.or.th/download/18277>. สืบค้นวันที่ 15 ธันวาคม 2567.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าจำหน่ายอย่างเคร่งครัด เพื่อความปลอดภัยและเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าโดยรวม³⁵

2.) ระบบอิสระ (Off-grid System)



รูปที่ 2.14 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

ที่มา : <https://energyresearch.ucf.edu/consumer/solar-technologies/solar-electricity-basics/types-of-pv-systems/>

ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ หรือ Off-grid System เป็นระบบที่ไม่เชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้าหลัก เหมาะสำหรับพื้นที่ห่างไกลที่ระบบสายส่งไฟฟ้าเข้าไม่ถึง หรือในกรณีที่ต้องการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานอย่างสมบูรณ์ ระบบนี้ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องควบคุมการประจุ (Charge - Controller) แบตเตอรี่สำหรับกักเก็บพลังงาน และอินเวอร์เตอร์สำหรับแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ โดยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงกลางวันจะถูกใช้โดยตรงและส่วนที่เหลือจะถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่เพื่อใช้ในเวลากลางคืนหรือในวันที่มีแสงแดดน้อย³⁵ ระบบนี้มีข้อดีคือสามารถใช้งานได้ในพื้นที่โดยไม่ต้องพึ่งพาโครงข่ายไฟฟ้า แต่มีข้อจำกัดในเรื่องกำลังการผลิตที่จำกัดและต้นทุนที่สูงกว่าระบบ On-grid เนื่องจากต้องมีระบบกักเก็บพลังงาน นอกจากนี้ ยังต้องมีการออกแบบระบบอย่างรอบคอบเพื่อให้สามารถรองรับความต้องการใช้ไฟฟ้าได้อย่างเพียงพอ โดยเฉพาะในช่วงที่มีแสงแดดน้อย สามารถรองรับความต้องการใช้ไฟฟ้าได้อย่างเพียงพอ โดยเฉพาะในช่วงที่มีแสงแดดน้อย การบำรุงรักษาระบบ

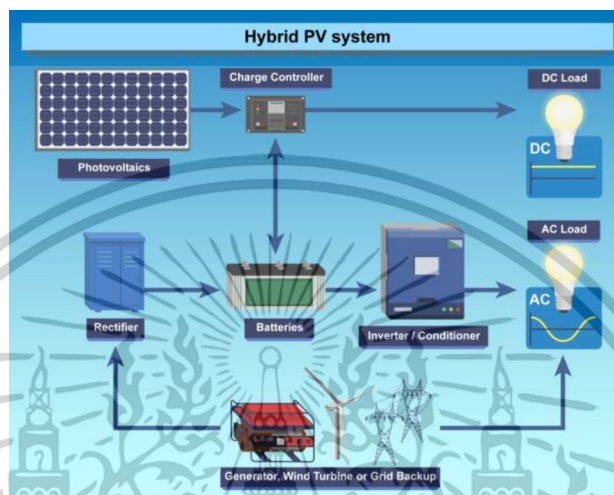
³⁵ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2564). **คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์**. กระทรวงพลังงาน. [ออนไลน์].

สืบค้นจาก : http://www.dede.go.th/download/files/Final_Solar_compressed.pdf. สืบค้นวันที่ 15 ธันวาคม 2567.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเฉพาะแบตเตอรี่ เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยยืดอายุการใช้งานและรักษาประสิทธิภาพของระบบ³⁶ ในประเทศไทย ระบบนี้มักถูกใช้ในโครงการพัฒนาพื้นที่ห่างไกล เช่น โครงการระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับหมู่บ้านชนบทที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ หรือในการติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างสาธารณะในพื้นที่ห่างไกล

3.) ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน หรือ Hybrid System



รูปที่ 2.15 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

ที่มา : <https://energyresearch.ucf.edu/consumer/solar-technologies/solar-electricity-basics/types-of-pv-systems/>

ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน หรือ Hybrid System เป็นระบบที่รวมข้อดีของระบบเชื่อมต่อโครงข่าย (On-grid) และระบบอิสระ (Off-grid) เข้าด้วยกัน โดยสามารถทำงานร่วมกับแหล่งพลังงานอื่นๆ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล กังหันลม หรือพลังงานชีวมวล เพื่อเพิ่มความมั่นคงในการจ่ายไฟฟ้า ระบบนี้ประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์แบบไฮบริด ระบบกักเก็บพลังงาน (เช่น แบตเตอรี่) และระบบควบคุมอัจฉริยะที่สามารถบริหารจัดการการผลิตและการใช้ไฟฟ้าจากแหล่งต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ³⁷ ระบบผสมผสานมีข้อดีคือสามารถจ่าย-

³⁶ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2565). **แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561 - 2580 (AEDP2018)**. กระทรวงพลังงาน. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.eppo.go.th/images/POLICY/PDF/AEDP2018.pdf>. สืบค้นวันที่ 15 ธันวาคม 2567.

³⁷ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2564). **คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์**. กระทรวงพลังงาน.[ออนไลน์]. สืบค้นจาก :http://www.dede.go.th/download/files/Final_Solar_compressed.pdf. สืบค้นวันที่ 15 ธันวาคม 2567.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องแม้ในกรณีที่ไฟฟ้าจากโครงข่ายหลักดับ โดยสามารถสลับไปใช้ไฟฟ้าจาก แบตเตอรี่หรือแหล่งพลังงานสำรองอื่นๆ ได้ทันที นอกจากนี้ ยังช่วยลดภาระของโครงข่ายไฟฟ้าในช่วง ที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง (Peak demand) โดยการใช้พลังงานที่กักเก็บไว้ในแบตเตอรี่³⁸ ใน ประเทศไทย ระบบผสมผสานกำลังได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในโครงการพัฒนาระบบไมโครกริด (Microgrid) สำหรับชุมชนห่างไกลหรือเกาะ และในภาคอุตสาหกรรมที่ต้องการความมั่นคงด้านพลังงานสูง อย่างไรก็ตาม การออกแบบและการบริหารจัดการระบบผสมผสานมีความซับซ้อนมากกว่าระบบแบบเดี่ยว จึงจำเป็นต้องมีการวางแผนและการศึกษาความเหมาะสมอย่างรอบคอบก่อนการลงทุน³⁹



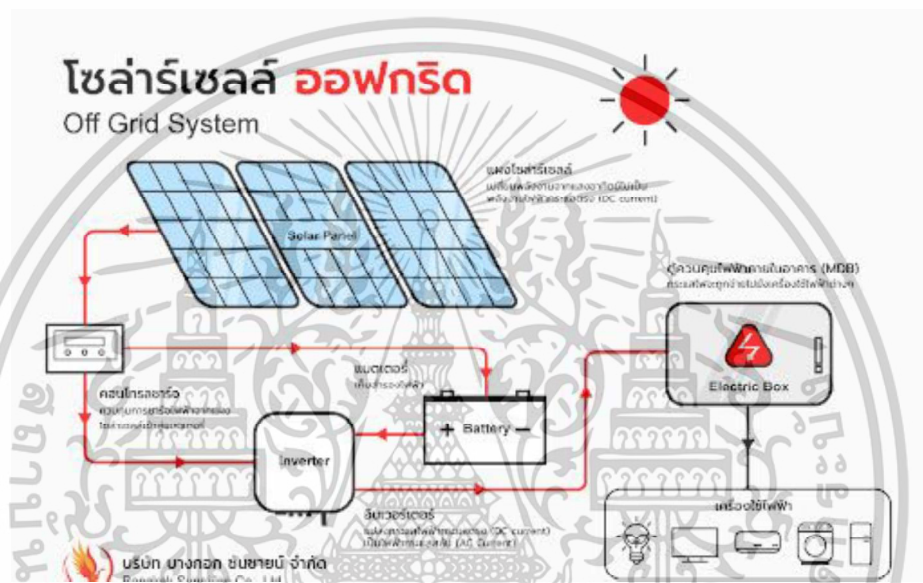
³⁸ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2565). แผนแม่บทการพัฒนาระบบโครงข่าย สมาร์ทกริดของประเทศไทย พ.ศ. 2565-2574. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.egat.co.th/images/businessop/PDP2018-Rev1.pdf>

³⁹ Florida's Premier Energy Research Center at the University of Central Florida (2022). Types of PV Systems [Online]. resulting: <https://energyresearch.ucf.edu/consumer/solar-technologies/solar-electricity-basics/types-of-pv-systems/>[2565, 20 สิงหาคม]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.3. ชุดโซลาร์เซลล์ระบบออฟกริดที่เหมาะสมสำหรับความต้องการพลังงานไฟฟ้าของ ไม่นิ่งรีก 1 เครื่อง (Minig Rig)

การเลือกระบบโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมในการยืนยันธุรกรรมมากที่สุดในการจำลอง ทางผู้วิจัยเลือกเป็นระบบ ออฟกริด เนื่องด้วยใช้งานของโปรแกรมการยืนยันธุรกรรมนั้นมีความจำเป็นใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง เพราะหากการเชื่อมต่อของอินเทอร์เน็ตถูกตัดไป กระบวนการชุดอาจมีแนวโน้มที่เกิดข้อผิดพลาดหลังจากอินเทอร์เน็ตกลับมาเชื่อมต่อได้อีกครั้ง จากการรวบรวมข้อมูลงานวิจัยต่างๆการเลือกโซลาร์เซลล์ระบบออฟกริดจึงเหมาะสมที่สุด



รูปที่ 2.16 รูปภาพระบบออฟกริด

ที่มา : <http://www.bkksunshine.com/solar-rooftop-offgrid-system/>

1.) การคัดเลือกชนิดและขนาดของแบตเตอรี่ที่เหมาะสม

การหาขนาดและประเภทของแบตเตอรี่ที่มีขนาดกำลังไฟฟ้าเพียงพอต่อการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซี ด้วยเครื่องยืนยันธุรกรรม 1 ริก

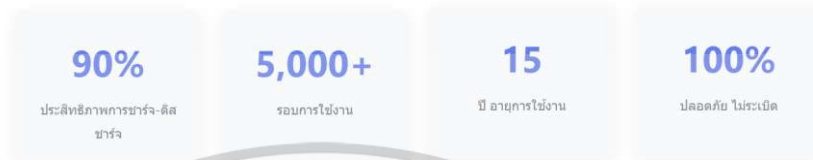
การหาขนาดแบตเตอรี่ควรนำกำลังไฟฟ้าที่ต้องการใช้ทั้งหมดมาคำนวณโดยคิดเป็นร้อยละ 90 ของขนาดแบตเตอรี่ เพื่อรักษาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ให้สามารถใช้งานได้ยาวนาน ดังนั้นการหาขนาดของแบตเตอรี่จึงมีวิธีการคำนวณดังนี้

กำลังไฟฟ้าของเครื่องยืนยันธุรกรรม 1 ริก สำหรับ 24 ชั่วโมง $\div 0.9 =$ กำลังไฟฟ้าที่แบตเตอรี่สามารถจุได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยได้ทำการเลือกประเภทแบตเตอรี่เป็นลิเทียมไอออนฟอสเฟต (Lithium Iron-Phosphate) หรือ LiFePO₄ เนื่องจากเป็นประเภทแบตเตอรี่ที่มี มีประสิทธิภาพในการชาร์จสูง 90 % อายุการใช้งานนานสุดถึง 15 ปี และมีความปลอดภัยสูง⁴⁰

คุณสมบัติเด่นของ LiFePO₄ ในระบบโซลาร์



รูปที่ 2.17 รูปคุณสมบัติของแบตเตอรี่เป็นลิเทียมไอออนฟอสเฟต (Lithium Iron-Phosphate) หรือ LiFePO₄

ขั้นตอนการคัดเลือก

ขนาดระบบ: คำนวณจากความต้องการพลังงานรายวัน เช่น บ้านที่ใช้ไฟ 30 kWh/วัน ควรมีแบตเตอรี่ 15-20 kWh.

แรงดันระบบ: เลือกแรงดันที่เหมาะสมกับอินเวอร์เตอร์ (12V, 24V, หรือ 48V)⁴¹ เนื่องจาก specification ของแบตเตอรี่ไม่ได้อยู่ที่ปริมาณไฟฟ้า (watt) แต่จะเป็นกระแสไฟฟ้า (amp) และแรงดันไฟฟ้า (volt) ซึ่งผู้วิจัยสามารถหา watt / hour ได้จาก การคำนวณสูตรการหาค่าพลังงานไฟฟ้า ดังนี้

$$W \text{ (watt)} = A \text{ (amp)} \times V \text{ (volt)}$$

⁴⁰สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร. (n.d.). BMS for แบตเตอรี่ LiFePo-4. Naresuan University Library's Blog. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :

https://www.lib.nu.ac.th/m/wordpress_blog/archives/1115

⁴¹สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2021, กรกฎาคม 22). เทคโนโลยีแบตเตอรี่ใหม่เพื่อลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้า. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :

<https://erdi.cmu.ac.th/?p=2102>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) การคัดเลือกประเภทของโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับแบตเตอรี่

2.1) เทคโนโลยีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากซิลิคอน 3 ประเภท ซึ่งนิยมใช้ในเชิงพาณิชย์มีดังนี้



รูปที่ 2.18 ประเภทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ที่มา : <https://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/%>

(1.) ซิลิคอนผลึกเดี่ยว (Monocrystalline Silicon) เป็นวัสดุกึ่งตัวนำที่ได้รับความนิยมสูงในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง โดยมีลักษณะเด่นคือโครงสร้างผลึกที่เป็นระเบียบต่อเนื่องทั้งชิ้น ซึ่งผลิตขึ้นจากกระบวนการ Czochralski ที่ซับซ้อน ทำให้ได้ซิลิคอนที่มีความบริสุทธิ์สูงถึง 99.999%⁴² ด้วยคุณสมบัตินี้ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากซิลิคอนผลึกเดี่ยวจึงมีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานแสงเป็นไฟฟ้าสูงถึง 20-22% ในเชิงพาณิชย์ ซึ่งสูงที่สุดในบรรดาเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตในเชิงอุตสาหกรรมปัจจุบัน⁴³ แม้จะมีราคาสูงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทอื่น แต่ซิลิคอนผลึกเดี่ยวมีข้อดีคือใช้พื้นที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับเซลล์ที่ให้กำลังไฟฟ้าเท่ากัน มีอายุการใช้งานยาวนาน 25-30 ปี และมีประสิทธิภาพดีแม้ในสภาพแสงน้อย อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่นักวิจัยกำลังพยายามแก้ไข⁴² ด้วยคุณสมบัติที่โดดเด่นนี้ ซิลิคอนผลึกเดี่ยวจึงเป็นตัวเลือกยอดนิยมสำหรับการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ในระบบผลิตไฟฟ้าบนหลังคาบ้าน โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ ตลอดจนจนถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พกพาที่ต้องการประสิทธิภาพสูงในการใช้งานบนชั้นยานอวกาศและดาวเทียม⁴⁴

⁴² Green, M. A. (2019). How did solar cells get so cheap? *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 27(5), 427-430.

⁴³ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2564). *คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์*. กระทรวงพลังงาน.

⁴⁴ National Renewable Energy Laboratory (NREL). (2022). *Best Research-Cell Efficiency Chart*. <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>. http://www.dede.go.th/download/files/Final_Solar_compressed.pdf

(2.) ซิลิคอนผลึกรวม (Polycrystalline Silicon) เป็นวัสดุกึ่งตัวนำที่ใช้อย่างแพร่หลายในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีลักษณะเด่นคือประกอบด้วยผลึกซิลิคอนขนาดเล็กจำนวนมากเรียงตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบ กระบวนการผลิตซิลิคอนผลึกรวมใช้วิธีการหล่อและทำให้เย็นตัวลงอย่างช้าๆ ซึ่งง่ายและมีต้นทุนต่ำกว่าการผลิตซิลิคอนผลึกเดี่ยว ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากวัสดุนี้มีราคาถูกกว่า แม้ว่าประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานแสงเป็นไฟฟ้าจะต่ำกว่าซิลิคอนผลึกเดี่ยวเล็กน้อย โดยอยู่ที่ประมาณ 15-17% ในเชิงพาณิชย์ แต่ซิลิคอนผลึกรวมก็มีข้อดีคือทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดีกว่า และมีประสิทธิภาพที่ดีในสภาพแสงแดดกระจาย⁴⁵ นอกจากนี้ กระบวนการผลิตยังก่อให้เกิดของเสียน้อยกว่า ทำให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ ซิลิคอนผลึกรวมจึงเป็นตัวเลือกที่นิยมสำหรับการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ในระบบขนาดใหญ่ เช่น โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และระบบผลิตไฟฟ้าบนหลังคาที่ต้องการความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงหรือมีสภาพอากาศแปรปรวน⁴⁶

(3.) ซิลิคอนอสัณฐาน (Amorphous Silicon หรือ a-Si) เป็นรูปแบบไม่เป็นผลึกของซิลิคอนที่ใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง โดยมีโครงสร้างอะตอมที่ไม่เป็นระเบียบ ทำให้มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าและแสงที่แตกต่างจากซิลิคอนผลึก กระบวนการผลิตใช้เทคนิคการเคลือบไอสารเคมี (Chemical Vapor Deposition) ที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้สามารถผลิตแผ่นฟิล์มบางขนาดใหญ่ได้ง่ายและมีต้นทุนต่ำ แม้ว่าประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานแสงเป็นไฟฟ้าของ a-Si จะต่ำกว่าซิลิคอนผลึก โดยปัจจุบันอยู่ที่ประมาณ 10-12% ในห้องปฏิบัติการ และ 7-9% ในเชิงพาณิชย์ แต่มีข้อดีคือสามารถดูดซับแสงได้ดีกว่า ทำให้สามารถผลิตเซลล์ที่บางมาก (ไม่กี่ไมครอน) และยืดหยุ่นได้⁴⁷ นอกจากนี้ a-Si ยังมีประสิทธิภาพที่ดีในสภาวะแสงน้อยหรือแสงกระจาย และประสิทธิภาพลดลงน้อยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อเทียบกับซิลิคอนผลึก⁴⁸

⁴⁵ Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems. (2022). *Photovoltaics Report*. [Online]. resulting: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>

⁴⁶ International Renewable Energy Agency (IRENA). (2021). *Renewable Power Generation Costs in 2020*. [Online]. resulting: <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2020>

⁴⁷ Stuckelberger, M., Biron, R., Wyrsh, N., Haug, F.-J., & Ballif, C. (2021). *Review of thin film silicon deposition techniques and resulting device performance*. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 29(5), 582-601. <https://doi.org/10.1002/pip.3367>

⁴⁸ Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems. (2023). *Photovoltaics Report*. [Online]. resulting: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>

2.2.) การเปรียบเทียบจากความคุ้มค่าในเรื่องการประหยัดพื้นที่ โดยดูจากขนาดแผงโซลาร์เซลล์ / วัตต์ W โดยข้อจำกัดด้านพื้นที่และการติดตั้งโซลาร์เซลล์เป็นความท้าทายสำคัญในการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ในที่พักอาศัย โดยเฉพาะในเขตเมืองที่มีความหนาแน่นสูง

ผู้ทำวิจัยได้ทำการศึกษาตัวอย่างโซลาร์เซลล์ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาด โดยคัดเลือกผู้ขายที่เป็นเจ้าใหญ่ซึ่งขายโซลาร์เซลล์ให้กับบริษัทอุตสาหกรรมใหญ่

โดยเกณฑ์การประหยัดพื้นที่ ซึ่งแผงโซลาร์เซลล์ที่คัดเลือกต้องมีคุณสมบัติในการผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากที่สุดต่อ 1 โดยทำการคัดเลือกขนาดของโซลาร์เซลล์มา 3 ขนาดแล้วเปรียบเทียบราคา

2.3.) การเปรียบเทียบจากความคุ้มค่าในเรื่องราคาต่อวัตต์และประหยัดพื้นที่

การเปรียบเทียบจากความคุ้มค่าในเรื่องราคานี้ ทางผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกด้วยการเปรียบเทียบเรื่องความคุ้มค่าเรื่องราคาและเกณฑ์การประหยัดพื้นที่ โดยมีเกณฑ์ว่าราคาต่อวัตต์น้อยที่สุด

โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{ราคา} \div \text{วัตต์} = \text{ราคาต่อวัตต์}$$

โดยวิธีคำนวณหาจำนวนแผงโซลาร์เซลล์ ผู้วิจัยจะเริ่มต้นจากการหาปริมาณไฟฟ้าที่หายไปจากแบตเตอรี่ในช่วงเวลา 1 วัน เพื่อหาว่าต้องใช้จำนวนแผงโซลาร์เซลล์เท่าใดจึงจะเพียงพอต่อการชาร์ตแบตเตอรี่ให้เต็ม โดยอ้างอิงจากคู่มือพลังงานโซลาร์เซลล์จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ในช่วง เวลา 9:00-14:00 น. เฉลี่ยเป็น 5 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นผู้วิจัยจะหาปริมาณไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์ผลิตได้ใน 1 ชั่วโมง แล้วนำไปคูณจำนวน 5 ชั่วโมง ลบออกด้วยปริมาณไฟฟ้าที่เครื่องยืนยันธุรกรรมใช้ใน 5 ชั่วโมงนั้น ขณะที่มีการชาร์ตด้วย แล้วผลลัพธ์ที่ได้จะต้องไม่น้อยกว่า ปริมาณไฟฟ้าที่หายไปจากแบตเตอรี่ในอีก 19 ชั่วโมงที่เหลือ โดยผู้วิจัยจะเริ่มคำนวณผลลัพธ์ โดยกำหนด 1-5 แผง แล้วเลือกจำนวนแผงที่ได้ผลลัพธ์ ที่เหมาะสมกับปริมาณไฟฟ้าที่หายไปจากแบตเตอรี่มากที่สุด โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 เริ่มจากการหาปริมาณไฟฟ้าที่เครื่องยืนยันธุรกรรมใช้ โดยแปลงหน่วยเป็น AH เพื่อในกรณีที่อุปกรณ์อื่น เช่น เครื่องควบคุมการชาร์ตหรืออินเวอร์เตอร์ มี v ไม่เท่ากับแบตเตอรี่ จะทำค่า W มาคิดอย่างเดียวไม่ได้ ผู้วิจัยจึงแปลงหน่วยให้เป็น AH และใช้ในการคำนวณให้เหมือนกัน แต่ในกรณีนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้เครื่องควบคุมการชาร์ตและอินเวอร์เตอร์ให้มีคุณสมบัติที่มีค่า v เท่ากับ 48 v เท่ากับแบตเตอรี่ เพื่อป้องกันการไม่รองรับกับอุปกรณ์ที่มีค่า v ที่แตกต่างกันในบางรุ่น ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป โดยมีวิธีการคำนวณ โดยใช้สูตร ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Wh / V = Ah$$

ค่า W ของมายน์ริง 1 เครื่อง 24 ชม. / ค่า V ของแบตเตอรี่ = ค่า AH ของมายน์ริง 1 เครื่อง สำหรับการยืนยันธุรกรรมใน 24 ชม.

Wh = วัตต์และระยะเวลาที่ใช้

V batt = แรงดันแบตเตอรี่ หน่วยเป็น Volt: V

AH = กระแสที่สามารถใช้งานต่อเนื่องได้ในระยะเวลา 1 ชั่วโมง หน่วยเป็น Amp-hour : Ah

ตัวอย่าง หากต้องการสร้างระบบเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ 10kWh ที่ 48V จะต้องใช้แบตเตอรี่: $10,000Wh \div 48V = 208.33Ah$ ^{49,50}

ส่วนที่ 2 เมื่อได้ค่าไฟฟ้าที่หายไปจากแบตเตอรี่แล้ว ผู้วิจัยจะสามารถคำนวณหาจำนวนแผงที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เพียงพอต่อปริมาณไฟฟ้าที่หายไปจากแบตเตอรี่ โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

จากสูตร

$$\text{กระแสชาร์จแบตเตอรี่} = (\text{กำลังโซลาร์เซลล์} \times \text{ประสิทธิภาพระบบ}) \div \text{แรงดันแบตเตอรี่} \quad ^{51}$$

$$\begin{aligned} & [[[W(\text{โซลาร์เซลล์}) \times N(\text{จำนวนแผง})] / v (v \text{ ของอินเวอร์เตอร์}) \times 70\% \\ & (\text{ความเข้มของแสงแดด})] \times H (\text{จำนวนชั่วโมงที่ชาร์ต})] - 23.75 (\text{ปริมาณไฟที่เครื่องยืนยัน} \\ & \text{ธุรกรรมใช้ไปขณะมีการชาร์ต}) = \text{กระแสไฟที่ไหลเข้าแบตเตอรี่} \end{aligned}$$

⁴⁹ศิริรักษ์ ศิวะมณีสถาม และคณะ. (2021). การพัฒนาแบตเตอรี่สังกะสีไอออนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า. โครงการวิจัยร่วมระหว่างสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และกรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกลาโหม. ทูบวิจัย กฟผ.-สวทช.

⁵⁰สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2021, เมษายน 28). "แบตเตอรี่สังกะสีไอออน" นวัตกรรมแบตเตอรี่ปลอดภัย. NSTDA. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : https://www.nstda.or.th/home/news_post/zink-ion-battery

⁵¹สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์. (2022, 3 พฤศจิกายน). การหาขนาดโซลาร์เซลล์อย่างง่าย และกรณีศึกษาในออสเตรเลีย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://erdi.cmu.ac.th/?p=1081>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) เครื่องควบคุมการชาร์จ

เครื่องควบคุมการชาร์จ (Charge Controller) แผงโซลาร์เซลล์ทำงานผลิตไฟฟ้ากระแสตรงออกมา ถ้าระบบที่ออกแบบมีการต่อพ่วงกับแบตเตอรี่ด้วย ในบางครั้งแสงที่ตกกระทบแผงโซลาร์เซลล์อาจจะไม่สม่ำเสมอจนตลอดทั้งวันจึงทำให้กระแสและแรงดันที่ผลิตได้จากแผงเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาบางช่วงก็สูงบางช่วงก็ต่ำทำให้แรงดันและกระแสไฟฟ้าไม่คงที่ ดังนั้นการชาร์จประจุไฟฟ้าของแผงโดยตรงกับแบตเตอรี่จึงไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรและที่สำคัญคือจะทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่จะสั้นในลงอีกด้วยเพราะแรงดันที่ผลิตจากแผงโซลาร์เซลล์บางครั้งก็สูงเกินกว่าค่าแรงดันที่จะทำการชาร์จแบตเตอรี่

เครื่องควบคุมการชาร์จจึงถูกออกแบบมาเพื่อให้การชาร์จไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่นั้นมีประสิทธิภาพเพิ่มมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังป้องกันการเสียหายที่เกิดจากการชาร์จแบตเตอรี่ที่มีแรงดันสูงเกินไปอีกด้วย การเลือกเครื่องควบคุมการชาร์จขนาด 60 แอมแปร์ที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญสำหรับประสิทธิภาพของระบบโซลาร์เซลล์ การเลือกใช้เทคโนโลยี MPPT จะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าเทคโนโลยี PWM อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในระบบขนาดใหญ่ การคำนวณขนาดที่เหมาะสม การติดตั้งที่ถูกต้อง และการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ จะช่วยให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน^{52,53}

เลือกเครื่องควบคุมการชาร์จที่มีคุณสมบัติ โดยที่กระแสไฟฟ้าที่ไหลจากแผงโซลาร์เซลล์จะไหลเข้าแบตเตอรี่ได้ไม่เกิน 60 AH ซึ่งเพียงพอกับการผลิตกระแสไฟจากแผงโซลาร์เซลล์

$$C\text{-Rate} = \text{กระแสชาร์จ} \div \text{ความจุแบตเตอรี่}$$

ตัวอย่าง: แบตเตอรี่ 100Ah รับประจุที่ 0.5C = 50A, ที่ 1C = 100A

⁵² สุเทพ ทัทธวัช, นรณัฐ สงวนศักดิ์โยธิน, นลินรัตน์ วิศวกิตติ, พกิจ สุวัฒน์, ยงยุทธ นาราษฎร์ และ วิภาวัลย์ นาคทรัพย์. (2565). เครื่องชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์ปรับมุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์บันทึกค่าลงฐานข้อมูลไฟร์เบสควบคุมโดยอีเอสพี 32. ในรายงานการประชุม การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14 (หน้า 668-671). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

⁵³ ปาณัสม์ ยั่งยืนสุข, พงศธร แก้วกระแสนินธ์ และ ชัชพล พิมพิใหม่. (2563). การออกแบบและสร้างเครื่องประจุแบตเตอรี่อย่างรวดเร็วด้วยการหยอดเหรียญควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์. (โครงการ). กรุงเทพฯ: วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.

4.) การหาอินเวอร์เตอร์ที่เหมาะสมกับแบตเตอรี่

ความสำคัญของการจับคู่แรงดัน เพื่อแปลงไฟ DC จากแบตเตอรี่เป็นไฟ AC ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วงแรงดัน input ของอินเวอร์เตอร์ต้องตรงกับช่วงแรงดันของแบตเตอรี่ การไม่ตรงกันอาจทำให้เกิดปัญหาต่างๆ เช่น อินเวอร์เตอร์ทำงานไม่ได้ เสียหาย หรือประสิทธิภาพต่ำ

การจับคู่แรงดันในการแปลงไฟ DC เป็น AC มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพของระบบอินเวอร์เตอร์ โดยเฉพาะในการประยุกต์ใช้กับระบบโซลาร์เซลล์ที่แปลงพลังงานจากแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้าสำหรับใช้งาน จากงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ประเทศไทย ได้พบว่าประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์สูงสุดที่ 0.90 จะเกิดขึ้นเมื่อค่าการแผ่รังสีแสงอาทิตย์สูงกว่า 350 W/m^2 ซึ่งช่วงนี้มีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดประมาณ 85% ของการผลิตทั้งหมด นอกจากนี้งานวิจัยยังได้พัฒนาสมการเฉพาะพื้นที่ (PHSequation) สำหรับการคำนวณประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ตามสภาวะการแผ่รังสีท้องถิ่นในจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจับคู่แรงดันที่เหมาะสมระหว่างแผงโซลาร์เซลล์กับอินเวอร์เตอร์ช่วยให้สามารถแปลงพลังงานที่จ่ายจากระบบโซลาร์ PV ได้เกือบทั้งหมดในช่วงการแผ่รังสีดังกล่าว การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ในระบบ PV ที่เชื่อมต่อกิตในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาเทคโนโลยีการแปลงพลังงานทดแทนในอนาคต ⁵⁴

โดยผู้วิจัยได้กำหนดให้อินเวอร์เตอร์ที่เหมาะสมกับแผงโซลาร์เซลล์และประเภทแบตเตอรี่ ต้องมีค่า V เท่ากับ 48 V ซึ่งเป็นค่า V เดียวกับแบตเตอรี่ โดยผู้วิจัยจะทำการคัดเลือกรุ่นของเครื่องควบคุมการชาร์จที่เหมาะสมที่สุดจากราคาและคุณภาพการใช้งาน ในการคำนวณหาค่าตอบแทนจากการจำลอง ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำข้อมูลนี้มาคำนวณหาค่าไร เพื่อต่อยอดไปจนถึงการหาจุดคุ้มทุนเพื่อเป็นแนวทางการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการลงทุนในระยะยาว จึงมีความจำเป็นคำนวณหาต้นทุนเพื่อนำไปลบออกจะค่าตอบแทนทั้งหมดจากการยืนยัน

⁵⁴ อภิรัตน์ ไกล้ำ และคณะ (2564). "การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์: กรณีศึกษาระบบ PV ที่เชื่อมต่อกิตในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย." วารสารการศึกษาระดับปริญญาตรีในวิศวกรรมเทอร์โมล, 28, 101439. สำนักพิมพ์ไซออนซีไคเร็กซ์.

5.) ระยะเวลาคืนทุนของการจำลองชุดโซลาร์เซลล์ 1 ชุด สำหรับการยืนยัน
 ธุรกรรมบนระบบการยืนยันธุรกรรม

5.1) ต้นทุนและระยะเวลาคืนทุนของโซลาร์เซลล์ในประเทศไทย

โดยทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์จากงานวิจัยต้นทุนและระยะเวลาคืนทุนของ
 โซลาร์เซลล์ในประเทศไทย ล่าสุด

ในยุคที่พลังงานสะอาดกำลังเป็นที่สนใจทั่วโลก โซลาร์เซลล์ได้กลายเป็นทางเลือกที่
 น่าสนใจสำหรับผู้บริโภคในประเทศไทย ทั้งในภาคครัวเรือนและภาคธุรกิจ การศึกษาล่าสุดพบว่า
 ต้นทุนการติดตั้งโซลาร์เซลล์สำหรับที่อยู่อาศัยอยู่ที่ประมาณ 40,000-50,000 บาทต่อกิโลวัตต์⁵⁵
 ในขณะที่สำหรับอาคารพาณิชย์และโรงงาน ต้นทุนจะอยู่ที่ 35,000-45,000 บาทต่อกิโลวัตต์⁵⁶ ความ
 แตกต่างนี้ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการประหยัดต่อขนาดในโครงการขนาดใหญ่

สำหรับครัวเรือนทั่วไป ระบบขนาด 5 กิโลวัตต์ ซึ่งเหมาะสำหรับบ้านขนาดกลางถึง
 ใหญ่ จะมีต้นทุนประมาณ 150,000-200,000 บาท หรือคิดเป็น 30,000-40,000 บาทต่อกิโลวัตต์⁵⁷
 อย่างไรก็ตาม ราคานี้มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นและการแข่งขันใน
 ตลาด

ระยะเวลาคืนทุนเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ผู้สนใจต้องพิจารณา โดยงานวิจัยพบว่า
 สำหรับบ้านพักอาศัย ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ประมาณ 7-10 ปี⁵⁵ ในขณะที่ภาคธุรกิจและ
 อุตสาหกรรมมีระยะเวลาคืนทุนที่สั้นกว่า คือประมาณ 5-8 ปี ความแตกต่างนี้เกิดจากหลายปัจจัย
 เช่น ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่สูงและสม่ำเสมอในภาคธุรกิจ รวมถึงสิทธิประโยชน์ทางภาษีที่ธุรกิจ
 สามารถนำค่าใช้จ่ายในการติดตั้งมาลดหย่อนได้ นอกจากนี้พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าก็มีผลอย่างมาก
 โดยบ้านหรือธุรกิจที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงในช่วงกลางวันจะได้ประโยชน์จากระบบโซลาร์เซลล์มากกว่า
 ส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนสั้นลง⁵⁷ อย่างไรก็ตามปัจจัยด้านสภาพอากาศก็มีผลต่อประสิทธิภาพของ
 ระบบ โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนที่มีเมฆปกคลุมมาก ประสิทธิภาพของระบบโซลาร์เซลล์อาจลดลงถึง

⁵⁵ สุรัตน์ ตรีวิเศษ และคณะ. (2566). การวิเคราะห์ต้นทุนและระยะเวลาคืนทุนของระบบ
 โซลาร์เซลล์สำหรับที่อยู่อาศัยในประเทศไทย. วารสารวิศวกรรมพลังงาน, 10(2), 45-52.

⁵⁶ พรชัย อรุณรัตน์ และ วิภาวี กฤษณะภูติ. (2565). การศึกษาความคุ้มค่าทาง
 เศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมไทย. วารสาร
 เศรษฐศาสตร์ประยุกต์, 19(1), 78-95.

⁵⁷ ธนพล สมุทรักษ์ และคณะ. (2564). การประเมินศักยภาพและความคุ้มค่าของการ
 ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาในประเทศไทย. วารสารวิจัยพลังงาน,
 18(3), 112-128.

30-40% เมื่อเทียบกับช่วงฤดูร้อน⁵⁸ ปัจจัยอื่นๆ ที่ควรพิจารณาได้แก่ อายุการใช้งานของระบบ ซึ่งโดยทั่วไปอยู่ที่ 25-30 ปี ค่าบำรุงรักษาประจำปีซึ่งคิดเป็นประมาณ 1-2% ของต้นทุนติดตั้งและการลดลงของประสิทธิภาพตามกาลเวลาซึ่งอยู่ที่ประมาณ 0.5-0.8% ต่อปี⁵⁹ นอกจากนี้ยังควรคำนึงถึงความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ เช่น พายุ หรือลูกเห็บ ซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อแผงโซลาร์เซลล์

60

สำหรับผู้ที่สนใจติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ ควรพิจารณาปัจจัยเหล่านี้ร่วมกับสภาพแวดล้อมและความต้องการใช้ไฟฟ้าของตนเอง เพื่อประเมินความคุ้มค่าในระยะยาว นอกจากนี้ ยังควรติดตามนโยบายสนับสนุนจากภาครัฐ เช่น มาตรการทางภาษีหรือโครงการรับซื้อไฟฟ้า ซึ่งอาจช่วยลดระยะเวลาคืนทุนให้สั้นลงได้ จากการคาดการณ์ในงานวิจัยล่าสุด ต้นทุนการติดตั้งโซลาร์เซลล์มีแนวโน้มที่จะลดลงอีก 20-30% ในอีก 4-5 ปีข้างหน้า⁵⁹ ซึ่งจะทำให้เทคโนโลยีนี้เข้าถึงได้ง่ายขึ้นสำหรับผู้บริโภคทั่วไป นอกจากนี้ การพัฒนาเทคโนโลยีแบตเตอรี่อาจทำให้ระบบกักเก็บพลังงานมีราคาถูกลงและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาความไม่สม่ำเสมอของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้

5.2.) ตรวจสอบหาอัตราค่าไฟต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผู้ยื่นยื่นธุรกรรมต้องจ่าย

ค่าไฟฟ้ากลายเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงสำหรับการยื่นยื่นธุรกรรม นักยื่นยื่นธุรกรรมมีอาชีพส่วนใหญ่จะตั้งเหมืองขุดในประเทศที่มีค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์ต่อชั่วโมงที่ราคาต่ำ เพื่อลดต้นทุนในส่วนนี้ ดังนั้นทำการตรวจสอบหาอัตราค่าไฟต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผู้ยื่นยื่นธุรกรรมต้องจ่ายจากสูตรการคำนวณค่าไฟฟ้า

$$[(\text{กำลังไฟฟ้า (วัตต์)} \times \text{จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า}) \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้ใน 1 วัน}] \times \text{อัตราค่าไฟต่อหน่วยไฟฟ้า}$$

สูตรนี้มีพื้นฐานความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและพลังงาน

$$\text{กำลังไฟฟ้า (Power)} = \text{พลังงานไฟฟ้า (Energy)} \div \text{เวลา (Time)}$$

$$P = W \div T \text{ หรือ } W = P \times T$$

⁵⁸ ชาญณรงค์ สายแก้ว และคณะ. (2562). การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยเพื่อการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์. วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน, 2(1), 33-40.

⁵⁹ สุรัตน์ ตรีวิเศษ และคณะ. (2566). การวิเคราะห์ต้นทุนและระยะเวลาคืนทุนของระบบโซลาร์เซลล์สำหรับที่อยู่อาศัยในประเทศไทย. วารสารวิศวกรรมพลังงาน, 10(2), 45-52.

⁶⁰ ชาญณรงค์ สายแก้ว และคณะ. (2562). การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยเพื่อการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์. วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน, 2(1), 33-40.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้จากงานวิจัย:

1. หลอดไฟ 50 วัตต์ จำนวน 10 ดวง เปิดใช้งานวันละ 6 ชั่วโมง

$$\text{การคำนวณ: } 50 \text{ วัตต์} \times 10 \text{ ดวง} \div 1,000 \times 6 \text{ ชม.} = 3 \text{ หน่วย/วัน}$$

2. ตู้เย็น 125 วัตต์ หนึ่งตู้ เปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง

$$\text{การคำนวณ: } 125 \text{ วัตต์} \times 1 \text{ ตู้} \div 1,000 \times 24 \text{ ชม.} = 3 \text{ หน่วย/วัน}$$

3. แอร์ 2,000 วัตต์ จำนวน 2 เครื่อง เปิดใช้งานวันละ 6 ชั่วโมง

$$\text{การคำนวณ: } 2,000 \text{ วัตต์} \times 2 \text{ เครื่อง} \div 1,000 \times 6 \text{ ชม.} = 24 \text{ หน่วย/วัน}$$

การแปลงหน่วย

$$1 \text{ กิโลวัตต์ (kW)} = 1,000 \text{ วัตต์ (W)}$$

$$1 \text{ หน่วยไฟฟ้า (Unit)} = 1 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh)}$$

สูตรการคำนวณพลังงานไฟฟ้า

$$\text{พลังงานไฟฟ้า (kWh)} = \text{กำลังไฟฟ้า (kW)} \times \text{เวลา (ชั่วโมง)}$$

หรือเมื่อกำลังไฟฟ้าอยู่ในหน่วยวัตต์:

$$\text{พลังงานไฟฟ้า (kWh)} = \text{กำลังไฟฟ้า (W)} \times \text{เวลา (ชั่วโมง)} \div 1,000^{61, 62}$$

ศึกษาและแสดงผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับจากการยืนยันธุรกรรมของเหรียญโต ที่ทำการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีด้วยมายนิงริก 1 เครื่อง ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยอ่านค่าผลตอบแทนของเหรียญที่ได้ผ่านโปรแกรมฟรีวิวตามรูปที่ ซึ่งจะมีการเลือกใช้โปรแกรมขึ้นอยู่กับชนิดเหรียญที่ใช้ในการยืนยันธุรกรรม



รูปที่ 2.19 โปรแกรมฟรีวิวผลตอบแทนของเหรียญที่มีชื่อว่าอีเทอร์มาย (ETHERMINE)

ที่มา : อีเทอร์มาย (ETHERMINE)

⁶¹ การไฟฟ้านครหลวง. ระบบคำนวณค่าไฟฟ้า. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :

<https://www.mea.or.th/our-services/mea-service/e-service/electric-monthly-calculate>

⁶² การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. ระบบประมาณการค่าไฟ. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :

<https://eservice.pea.co.th/EstimateBill/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำผลตอบแทนที่ได้มาคำนวณหาผลตอบแทนเพื่อหาจุดคุ้มทุน

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) - เอกสาร PDF อัตราค่าไฟฟ้าฉบับเดือนพฤษภาคม 2566
ระบุชัดเจนว่า "เกิน 400 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป) 4.4217" บาท

การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) - ระบุว่า "อัตราค่าไฟฟ้าใหม่นี้เริ่มใช้ตั้งแต่ค่าไฟฟ้า ประจำเดือน
พฤษภาคม 2566 เป็นต้นไป"⁶³

โดยที่มีค่ากำหนดค่าไฟฟ้าปี 65 ราคาอยู่ที่หน่วยละ 4.417บาท ซึ่งเป็นค่า (เกินกว่า 400
หน่วย ของปี 65) มีสูตรคำนวณดังนี้

สูตรการคำนวณ

$$= \text{หน่วยไฟฟ้า} \times \text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย(เกินกว่า 400 หน่วย ของปี 65)}$$

⁶³ การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.). สถิติค่า Ft. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :
<https://www.pea.co.th/our-services/tariff/ft-statistics>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2. ตรวจสอบถึงผลต่างของการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์และการใช้พลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ของผู้พักอาศัยในชุมชนบ้านคลอง จังหวัดพิษณุโลก

2.2.1 ตรวจสอบกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งและจำนวนของแผงโซลาร์เซลล์

2.2.1.1. เขตเทศบาลตำบลบ้านคลอง



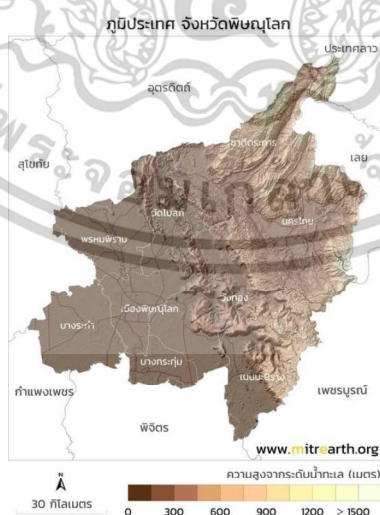
รูปที่ 2.20 อาคารที่พักอาศัยที่ติดตั้งโซลาร์เซลล์ในชุมชนบ้านคลอง จังหวัดพิษณุโลก

ที่มา : ผู้จัดทำ

1.) การไฟฟ้า

- เขตเทศบาลตำบลบ้านคลอง ส่วนใหญ่มีไฟฟ้าใช้เกือบทุกหลังคาเรือน คิดเป็นร้อยละ ๙๙.๙
- ไฟฟ้าสาธารณะ (แสงสว่าง) ในเขตตำบลบ้านคลอง มีประมาณ 1,139 จุด
- ถนนสายหลัก 11 สายทาง มีไฟฟ้าสาธารณะครบถ้วน
- ถนนสายรอง 88 สายทาง เขตพื้นที่ชุมชนมีไฟฟ้าสาธารณะครบถ้วน

(ที่มา : กองช่าง ทต.บ้านคลอง ปี 2566)



รูปที่ 2.21 ภูมิประเทศ (Topography) จังหวัดพิษณุโลก

ที่มา : <https://www.mitrearth.org/m38-phitsanulok/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) ลักษณะภูมิประเทศ พื้นที่ในเขตตำบลบ้านคลองเป็นที่ราบลุ่มเหมาะกับการทำ การเกษตร แต่เนื่องจากอยู่ในเขตเมือง จึงมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์มาเป็นที่อยู่ อาศัย การค้า ธุรกิจ และบ้านจัดสรรมากขึ้น มีแม่น้ำไหลผ่านมีระบบชลประทานผ่านพื้นที่ ในเขตตำบล

3.) ลักษณะภูมิอากาศ สภาพภูมิอากาศของตำบลบ้านคลอง สามารถแบ่งออกได้ เป็น 3 ฤดู โดยมีทิศทางลมในแต่ละฤดูดังนี้

3.1) ฤดูร้อน เริ่มต้นประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึงประมาณกลางเดือน พฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยน

3.2) ฤดูมรสุม หลังจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนืออ่อนกำลังลง

ฤดูฝน เริ่มต้นประมาณกลางเดือนพฤษภาคม ถึงกลางเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ มรสุมตะวันออกเฉียงใต้ปกคลุม ก็มีช่วงกดอากาศต่ำพาดผ่านภาคใต้ เป็นระยะต่อจากนั้น จนถึง เดือนธันวาคมซึ่งเป็นระยะแรกที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดมาปกคลุม

3.3) ฤดูหนาว เริ่มต้นประมาณกลางเดือนตุลาคม ถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ เป็นช่วง ที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทย

(ที่มา : สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัด เว็บไซต์กรมอุตุนิยมวิทยา)

4.) ประชากร

ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนประชากร ประชากร

(ณ วันที่ 25 มกราคม 2566 : สำนักทะเบียนอำเภอเมืองพิษณุโลก)

ประชากรรวมทั้งหมด 13,186 คน แยกเป็นชาย จำนวน 7,701 คน หญิง จำนวน 5,485 คน

(จำนวนครัวเรือนทั้งหมด 6,502 ครัวเรือน)

จำนวนครัวเรือนและประชากร แยกแต่ละหมู่บ้าน ดังนี้

หมู่ที่ 1 1,959 ครัวเรือน 4,461 คน (ชาย 3,634 คน หญิง 827 คน)

หมู่ที่ 2 1,184 ครัวเรือน 2,358 คน (ชาย 1,116 คน หญิง 1,242 คน)

หมู่ที่ 3 547 ครัวเรือน 1,369 คน (ชาย 607 คน หญิง 762 คน)

หมู่ที่ 4 1,469 ครัวเรือน 2,596 คน (ชาย 1,230 คน หญิง 1,366 คน)

หมู่ที่ 5 1,343 ครัวเรือน 2,402 คน (ชาย 1,114 คน หญิง 1,288 คน)

(ที่มา : สำนักทะเบียนอำเภอเมืองพิษณุโลก)⁶⁴

⁶⁴ เทศบาลตำบลบ้านคลอง อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก.แผนพัฒนาท้องถิ่น (พ.ศ. ๒๕๖๖ - ๒๕๗๐) ทบทวน ครั้งที่ 1. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : chrome-extension://ieepebjnkhaiiioojkepfnioidjmjjihl/data/pdf.js/web/viewer.html?file=https://lowcarboncity.tgo.or.th/uploads/gov2023/info_695_20240229101449.pdf#page=1&zoom=auto,-210,248

2.2.1.2. ปริมาณการผลิตไฟฟ้าสูงสุดของโซลาร์เซลล์

กำลังไฟฟ้าสูงสุดของโซลาร์เซลล์ (Maximum Power) คือจุดที่โซลาร์เซลล์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากที่สุด โดยวัดเป็นหน่วยวัตต์ (Watt) สามารถหาค่าได้จากสูตรนี้

กำลังไฟฟ้าติดตั้ง (kW) - กำลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบตามที่ระบุใน STC

ชั่วโมงแสงแดดสูงสุด - Peak Sun Hours (PSH) หรือจำนวนชั่วโมงเทียบเท่าที่ได้รับแสงแดด 1,000 W/m²

ค่าประสิทธิภาพโซลาร์เซลล์ - Performance Ratio (PR) หรือ System Efficiency ที่พิจารณาการสูญเสียต่างๆ

$$\text{ปริมาณการผลิตไฟฟ้าต่อวันของโซลาร์เซลล์ (kWh)}^{65} = \text{กำลังไฟฟ้าติดตั้ง (kW)} \times \text{ชั่วโมงแสงแดดสูงสุด} \times \text{ค่าประสิทธิภาพโซลาร์เซลล์}$$

ในยุคที่พลังงานหมุนเวียนกำลังได้รับความสนใจอย่างมากในประเทศไทย โซลาร์เซลล์ถือเป็นเทคโนโลยีหลักที่มีบทบาทสำคัญในการลดการพึ่งพาพลังงานฟอสซิล การประเมินประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์อย่างแม่นยำและเป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วโลกจึงเป็นสิ่งจำเป็น Standard Test Conditions (STC) จึงเป็นเงื่อนไขมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลสำหรับการทดสอบและระบุประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์

Standard Test Conditions (STC): มาตรฐานสำคัญในการประเมินประสิทธิภาพโซลาร์เซลล์

Standard Test Conditions (STC) เป็นชุดของเงื่อนไขมาตรฐานที่กำหนดขึ้นเพื่อให้การทดสอบโซลาร์เซลล์มีความสม่ำเสมอและสามารถเปรียบเทียบได้ในระดับสากล เงื่อนไขเหล่านี้ประกอบด้วยพารามิเตอร์หลัก 3 ตัว คือ ความเข้มของการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร อุณหภูมิของเซลล์ 25 องศาเซลเซียส และค่า Air Mass เท่ากับ 1.5⁶⁶

⁶⁵ สุรเชษฐ์ ย่านวารี. หลักการออกแบบและติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์ เบื้องต้น สำหรับบ้านเรือน (Basic of Solar Cell Design and Installation for Residences).

[ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://energygure.com/> สืบค้นข้อมูล 19 สิงหาคม 2565

⁶⁶ Technical Articles. EE Power. (2024, February 14). Understanding PV system standards, ratings, and test conditions. [Online]. resulting: <https://eepower.com/technical-articles/understanding-pv-system-standards-ratings-and-test-conditions/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มของการแผ่รังสี 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตรนี้เป็นค่าที่เลือกมาเพื่อจำลองสภาวะแสงแดดที่แรงในช่วงเที่ยงวันของวันที่มีท้องฟ้าใส ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสถูกเลือกเป็นอุณหภูมิอ้างอิงเนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่สามารถควบคุมได้ง่ายในห้องปฏิบัติการและเป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมปกติ

การประยุกต์ใช้ STC ในประเทศไทย

ในบริบทของประเทศไทยที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น การใช้ STC เป็นมาตรฐานในการประเมินโซลาร์เซลล์มีความท้าทายเฉพาะตัว เนื่องจากสภาพอากาศจริงในประเทศไทยมักมีอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียสและมีความชื้นสูง การศึกษาของสมชาย วัฒนาวินัย และคณะ (2564) พบว่า ประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ในสภาพจริงของประเทศไทยจะลดลงประมาณ 15-20% เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ทดสอบภายใต้ STC ⁶⁷

งานวิจัยของประยุทธ์ เทคโนโลยีสีเขียว และคณะ (2563) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและความชื้นต่อประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ในสภาพอากาศไทย ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เมื่ออุณหภูมิของโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้นจาก 25 องศาเซลเซียสเป็น 60 องศาเซลเซียส (ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เกิดขึ้นได้จริงในช่วงเที่ยงวันของประเทศไทย) ประสิทธิภาพจะลดลงประมาณ 0.4-0.5% ต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ⁶⁸

ทั้งนี้ค่า STC ทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อค่ากำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นไปตามค่ามาตรฐาน STC พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์จึงจะมีค่าเท่ากับ Specification แต่การติดตั้งเพื่อใช้งานจริงนั้นมีปัจจัยหลายอย่างที่ความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ได้จริงและน้อยกว่ามาตรฐานที่ Specification กำหนดไว้

โดยปัจจัยทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับ 1 แต่เมื่อมาการใช้งานจริงประสิทธิภาพจะลดลง ซึ่งการคำนวณจะต้องนำค่าปัจจัยการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์สูตรดังนี้

ค่าประสิทธิภาพ = ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ x ทิศทางการติดตั้งแผงและมุมเอียงของแผง x อุณหภูมิ x การเสื่อมสภาพของแผง x ค่าฝุ่น⁶⁹

⁶⁷ สมชาย วัฒนาวินัย และคณะ. (2564). "การศึกษาประสิทธิภาพของระบบโซลาร์เซลล์ในสภาพอากาศไทย." วารสารพลังงานหมุนเวียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 15(2), 45-58.

⁶⁸ ประยุทธ์ เทคโนโลยีสีเขียว และคณะ. (2563). "ผลกระทบของอุณหภูมิและความชื้นต่อการทำงานของโซลาร์เซลล์ในประเทศไทย." การประชุมวิชาการพลังงานแห่งชาติ ครั้งที่ 18, กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

⁶⁹ สุรเชษฐ์ ย่านวาริ. หลักการออกแบบและติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์ เบื้องต้นสำหรับบ้านเรือน (Basic of Solar Cell Design and Installation for Residences). [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://energygure.com/> สืบค้นข้อมูล 19 สิงหาคม 2565

1.) ชั่วโมงแสงแดดสูงสุด (Peak Sun Hours)

Peak Sun Hour คือช่วงเวลาที่มีความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 1,000 วัตต์/ตารางเมตร ข้อมูลนี้ปรับปรุงล่าสุดโดยพิจารณาจากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในช่วง 4 ปีล่าสุดในช่วงปี 2565-2566 ค่าเฉลี่ยของ Peak Sun Hours ในภาคเหนือตอนล่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับข้อมูลเดิม ในช่วงเดือนเมษายนมีค่า Peak Sun Hours สูงที่สุดถึง 6.2 ชั่วโมง/วัน^{70,71} เนื่องจากเป็นช่วงที่ดวงอาทิตย์โคจรผ่านเส้นศูนย์สูตรมาทางซีกโลกเหนือพอดี มีค่าเฉลี่ยชั่วโมงแดดอยู่ที่ 5.1 ชั่วโมง แต่ทางผู้วิจัยจะเลือกค่าชั่วโมงแดด 5 ชั่วโมง ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยชั่วโมงแดดในประเทศไทย เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ

เดือน	PEAK SUN HOURS (ชั่วโมง/วัน)	ความเข้มรังสีอาทิตย์ (MJ/M ² /วัน)	อุณหภูมิสูงสุด (°C)	อุณหภูมิต่ำสุด (°C)
ม.ค.	5.3	19.08	32	19
ก.พ.	5.7	20.52	34	21
มี.ค.	5.9	21.24	36	23
เม.ย.	6.2	22.32	37	25
พ.ค.	5.6	20.16	35	25
มิ.ย.	4.9	17.64	34	25
ก.ค.	4.6	16.56	33	25
ส.ค.	4.4	15.84	33	25
ก.ย.	4.3	15.48	32	24
ต.ค.	4.8	17.28	32	23
พ.ย.	5	18	31	21
ธ.ค.	5.1	18.36	30	19

รูปที่ 2.22 ค่าเฉลี่ยชั่วโมงแดด Peak Sun Hour ของจังหวัดพิษณุโลก^{71,72}
ที่มา : ผู้จัดทำ

⁷⁰กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2566). รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย ปี 2566 (Thailand Alternative Energy Situation 2023). กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.

⁷¹กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2565). ข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ระดับตำบลสำหรับประเทศไทย. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : https://www.dede.go.th/more_news.php?cid=547

⁷²ระบบภูมิสารสนเทศพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2566). แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยจากข้อมูลดาวเทียม ปี 2563. (ปรับปรุงข้อมูล 2 มีนาคม 2566).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) ค่าประสิทธิภาพ

ค่าประสิทธิภาพ คือ ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ ประกอบด้วยปัจจัย 4 ปัจจัยหลักๆดังนี้

2.1) ประสิทธิภาพของในการเปลี่ยนพลังงาน

ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ อินเวอร์เตอร์ออนกริดทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแผงโซลาร์เซลล์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ที่สามารถใช้งานในบ้านหรืออาคารได้ และทำงานร่วมกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้า ตามข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) อินเวอร์เตอร์ที่ได้รับการรับรองในประเทศไทยมีประสิทธิภาพในการแปลงไฟฟ้าประมาณ 90-98% ขึ้นอยู่กับคุณภาพและเทคโนโลยีการเลือกใช้ อินเวอร์เตอร์คุณภาพดีที่ได้มาตรฐานตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) กำหนดจะช่วยรักษาประสิทธิภาพของระบบโดยรวม ลดการสูญเสียพลังงาน และเพิ่มปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้⁷³

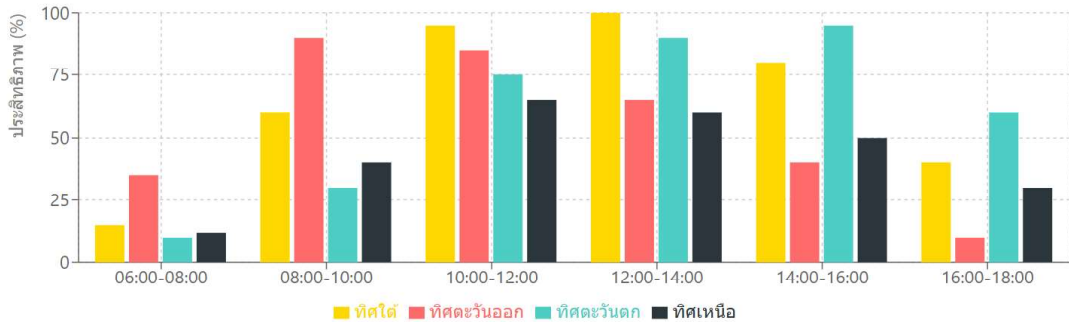
2.2.) ทิศทางและมุมเอียงของแผง

แนะนำในการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ในจังหวัดพิษณุโลก

- (1) ควรติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์หันไปทางทิศใต้เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากได้รับแสงแดดตลอดทั้งวัน
- (2) ควรวางแผงโซลาร์เซลล์ทำมุมประมาณ 15-17 องศา สำหรับพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก
- (3) หากไม่สามารถติดตั้งหันไปทางทิศใต้ได้ ทางเลือกที่ตรงลงมาคือ ทิศตะวันออก และ ทิศตะวันตก ตามลำดับ
- (4) หลีกเลี่ยงการติดตั้งหันไปทางทิศเหนือ เนื่องจากได้รับแสงแดดน้อยที่สุด ฤดูหนาว (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) เป็นช่วงที่แผงโซลาร์เซลล์มีประสิทธิภาพสูงสุด⁷⁴

⁷³ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.). มาตรฐานอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

⁷⁴ สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. "ประเทศไทยติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์หันไปทางทิศใต้ถึงจะดี" (2020)



สรุปประสิทธิภาพการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ในจังหวัดพิษณุโลก

ทิศทาง	มุมที่เหมาะสม	ประสิทธิภาพ (%)	คำแนะนำ
ทิศใต้	15-17 องศา	100%	ทิศทางที่ดีที่สุดสำหรับการติดตั้ง ได้รับแสงแดดตลอดช่วงวัน
ทิศใต้	30 องศา	84%	ประสิทธิภาพลดลงเมื่อมุมเพิ่มขึ้นจากมุมที่เหมาะสม
ทิศตะวันออก	10-15 องศา	85%	ได้รับแสงแดดในช่วงเช้าถึงเที่ยง เหมาะกับการใช้ไฟฟ้าในช่วงเช้า
ทิศตะวันออก	30 องศา	66%	ประสิทธิภาพลดลงเมื่อมุมเพิ่มขึ้น แต่ยังคงได้รับแสงในช่วงเช้า
ทิศตะวันตก	10-15 องศา	80%	ได้รับแสงแดดในช่วงบ่ายถึงเย็น เหมาะกับการใช้ไฟฟ้าในช่วงบ่าย-เย็น
ทิศตะวันตก	30 องศา	61%	ประสิทธิภาพลดลงเมื่อมุมเพิ่มขึ้น แต่ยังคงได้รับแสงในช่วงบ่าย
ทิศเหนือ	ไม่แนะนำ	60%	ได้รับแสงแดดน้อยที่สุด ไม่แนะนำให้ติดตั้ง

รูปที่ 2.23 ประสิทธิภาพทิศทางและมุมเอียงของแผง^{75,76,77,78}

ที่มา: ผู้จัดทำ

⁷⁵ สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. "ประเทศไทยติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์หันไปทางทิศใดถึงจะดี". (2020)

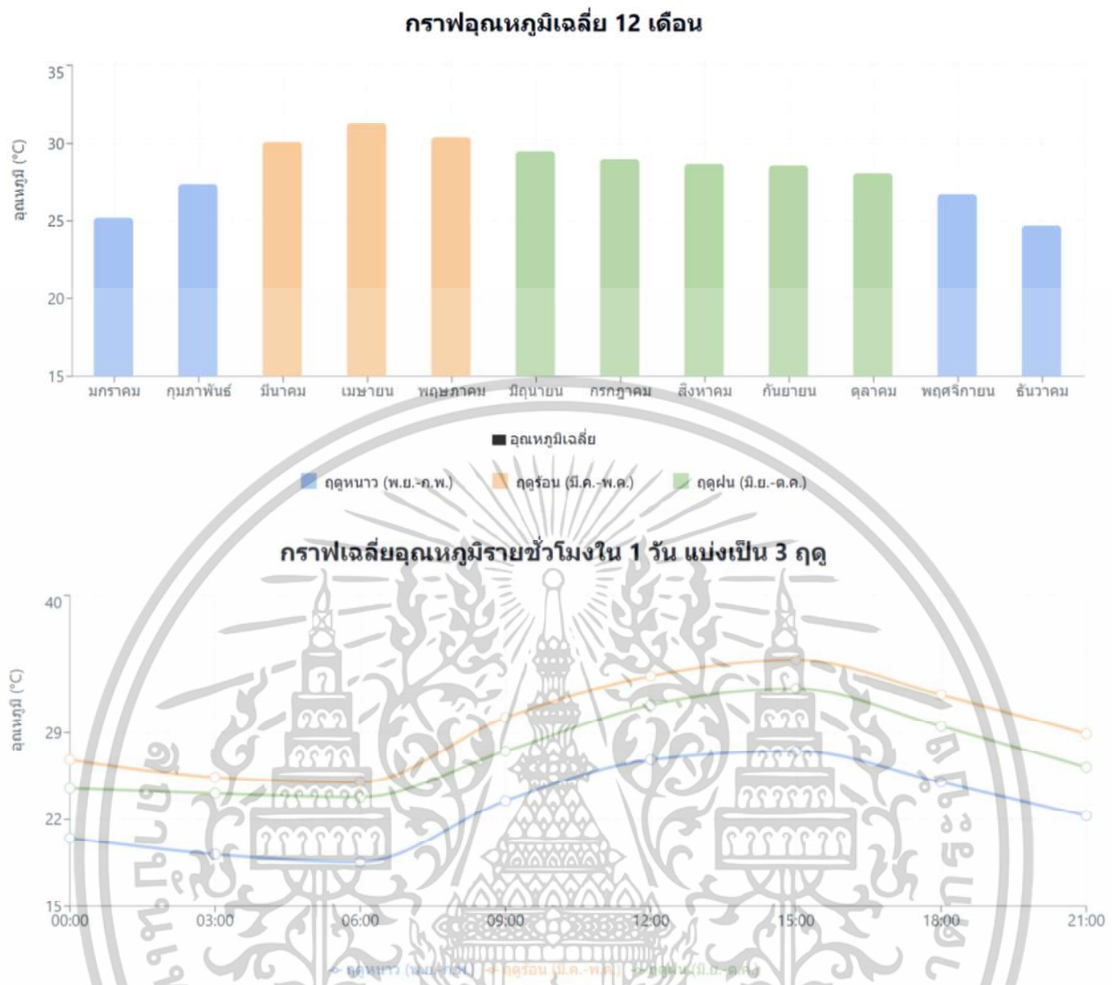
⁷⁶ profileSOLAR.com - Solar PV Analysis of Phitsanulok, Thailand (2024).
ระบบออนไลน์.: <https://profilesolar.com/>

⁷⁷ บริษัท J2GD Energy - "Solar Rooftop ควรเลือกติดตั้งหรือมุมหลังคาแบบไหน" (2024) [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://j2gd.com/>

⁷⁸ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :
<https://kc.dede.go.th/search.aspx?p=%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%A8%E0%B9%84%E0%B8%97%E0%B8%A2&t=A>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) อุณหภูมิจังหวัดพิษณุโลก



รูปที่ 2.24 กราฟเฉลี่ยอุณหภูมิเฉลี่ย 12 เดือนและกราฟเฉลี่ยอุณหภูมिरายชั่วโมงใน 1 วัน

ที่มา : ผู้จัดทำ

3.1.) กราฟอุณหภูมิเฉลี่ย 12 เดือน แสดงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยในแต่ละเดือน ซึ่งจากข้อมูลพบว่า เดือนเมษายนเป็นเดือนที่ร้อนที่สุดของปี โดยมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยที่ 37.2°C และเดือนธันวาคมมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยที่ 18.6°C

3.2.) กราฟเฉลี่ยอุณหภูมिरายวัน แบ่งเป็น 3 ฤดู แสดงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยในแต่ละฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน (มี.ค.-พ.ค.) ฤดูฝน (มิ.ย.-ต.ค.) และฤดูหนาว (พ.ย.-ก.พ.) จากข้อมูลพบว่า ฤดูร้อนมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยที่ 36.2°C ขณะที่ฤดูหนาวมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยที่ 20.0°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3) กราฟเฉลี่ยอุณหภูมิรายวัน แบ่งเป็น 3 ฤดู (ตามช่วงเวลา) เพิ่มเติมกราฟที่แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยตามช่วงเวลาต่างๆ ในแต่ละวัน แยกตามฤดูกาล ซึ่งจะเห็นได้ว่า ไม่ว่าจะเป็ฤดูกาลใด อุณหภูมิจะสูงสุดในช่วงบ่าย (15:00 น.) และต่ำสุดในช่วงเช้ามืด (06:00 น.)⁷⁹ ข้อมูลทั้งหมดนี้อ้างอิงจากกรมอุตุนิยมวิทยา Weather Atlas และรายงานสถิติจังหวัดพิษณุโลก ประจำปี 2565 จากสำนักงานสถิติแห่งชาติ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า พิษณุโลกมีสภาพอากาศแบบร้อนชื้นตลอดทั้งปี โดยมีช่วงฤดูร้อนที่อุณหภูมิสูงมาก และฤดูหนาวที่มีอากาศเย็นสบาย⁸⁰

ข้อมูลสถิติอุณหภูมิจากรายงานสถิติจังหวัดพิษณุโลก ปี 2565

ข้อมูลสถิติ	ค่า	ช่วงเวลา
อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายปี	32.7°C	ปี 2565
อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปี	21.7°C	ปี 2565
อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี	26.4°C	ปี 2565
เดือนที่มีอุณหภูมิสูงสุด	37.2°C	เมษายน 2565
เดือนที่มีอุณหภูมิต่ำสุด	18.6°C	ธันวาคม 2565

รูปที่ 2.25 รูปภาพตารางอุณหภูมิรายงานสถิติจังหวัดพิษณุโลก

ที่มา : ผู้จัดทำ

4.) ปัจจัยฝุ่นและความสกปรกของแผง

จากการศึกษาทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ พบว่าฝุ่นละอองสามารถลดประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ได้อย่างมีนัยสำคัญ ในประเทศไทย สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2022) รายงานว่าฝุ่นละออง เขม่าควัน ละอองเกสรดอกไม้ และมูลนกที่เกาะบนแผงโซลาร์เซลล์สามารถลดกำลังการผลิตไฟฟ้าได้ถึง 20% โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการสะสมของฝุ่นมากในต่างประเทศ การศึกษาในประเทศปากีสถานพบว่า หลังจากแผงโซลาร์เซลล์สัมผัสกับสภาพแวดล้อมเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ประสิทธิภาพลดลง 15.08% ในพื้นที่อิสลามาบาดที่มีความหนาแน่นของฝุ่น 6.388 กรัมต่อตารางเมตร และลดลงถึง 25.42% ในพื้นที่บาฮาวัลปุร์ที่มีความหนาแน่นของฝุ่น 10.254 กรัมต่อตารางเมตร

⁷⁹ Weather Atlas. กราฟเฉลี่ยอุณหภูมิพิษณุโลก. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.weather-atlas.com/en/thailand/phitsanulok-climate>

⁸⁰ สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2023). รายงานสถิติจังหวัดพิษณุโลก ประจำปี 2565

4.1.) ผลกระทบในประเทศไทย

การศึกษาในประเทศไทยได้แสดงให้เห็นว่าฝุ่นละอองส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2022) ได้ทำการศึกษาวิจัยอย่างละเอียดและพบว่าฝุ่นละออง เขม่าควัน ละอองเกสรดอกไม้ รวมถึงมูลนกที่เกาะบนแผงโซลาร์เซลล์สามารถลดกำลังการผลิตไฟฟ้าได้ถึง 20% โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือที่มีปัญหาหมอกควันรุนแรงในช่วงฤดูแล้ง การวิจัยระบุว่าแผงที่มีมุมเอียงไม่มากมีแนวโน้มที่จะถูกฝุ่นเกาะได้ง่ายกว่าและยังพบว่าปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างฝน น้ำค้าง และลมไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการทำความสะอาดแผงได้อย่างมีประสิทธิภาพ⁸¹

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2563) ได้ศึกษาผลกระทบของฝุ่นละออง PM2.5 กับการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ฝุ่นที่ตกสะสมอยู่บนผิวหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้การส่องผ่านของแสงลดลง ส่งผลกระทบต่ออัตราการลดลงของการผลิตไฟฟ้า โดยเฉพาะในช่วงต้นปี (เดือนมกราคมถึงเมษายน) และปลายปี (เดือนธันวาคม) ที่มีปัญหาฝุ่นละอองรุนแรงในหลายพื้นที่ของประเทศไทย⁸²

การศึกษาของเกตุวดี วงศ์ปิ่น และคณะ (2561) ได้ทำการทดลองวัดประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการทำความสะอาดด้วยน้ำเปรียบเทียบกับแผงที่ไม่ได้ทำความสะอาด ผลการศึกษาพบว่าแผงที่ไม่ได้รับการทำความสะอาดมีประสิทธิภาพลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วงที่มีปริมาณฝุ่นสูงเพื่อประเมินคุณลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบ พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นมีผลต่อการยึดเกาะกับผิวแผงและความสามารถในการบดบังแสง⁸³

⁸¹ สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2022). ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ ไม่ยุ่งยากอย่างที่คิด. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://erdi.cmu.ac.th/?p=1926>

⁸² กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2563). ผลกระทบของฝุ่นละออง PM2.5 กับการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://webkc.dede.go.th/testmax/node/5386>

⁸³ สุปราณี นาคดิลก. (2563). ผลกระทบของฝุ่นละออง PM2.5 กับการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์. “กล่าวถึงบทความเกตุวดี วงศ์ปิ่น และคณะ. (2561). ผลของการทำความสะอาดโดยใช้น้ำที่มีต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.” กองพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.

4.2.) ผลกระทบในงานวิจัยต่างประเทศ

งานวิจัยในประเทศปากีสถานโดย Rashid และคณะ (2023) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบของฝุ่นในสองพื้นที่ที่มีสภาพภูมิอากาศแตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่าหลังจากแผงโซลาร์เซลล์สัมผัสกับสภาพแวดล้อมเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ประสิทธิภาพลดลง 15.08% ในพื้นที่อิสลามาบาดที่มีความหนาแน่นของฝุ่น 6.388 กรัมต่อตารางเมตร และลดลงถึง 25.42% ในพื้นที่บาฮาวัลปूरที่มีความหนาแน่นของฝุ่น 10.254 กรัมต่อตารางเมตร การศึกษานี้ยังได้วิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นจากทั้งสองเมือง⁸⁴

การศึกษาในภูมิภาคตะวันออกกลางโดย Saidan และคณะ (อ้างถึงใน JSDEWES, 2023) แสดงให้เห็นว่าอัตราการเสื่อมประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงโซลาร์เซลล์ที่สัมผัสกับฝุ่นคือ 6.24%, 11.8% และ 18.74% สำหรับระยะเวลาการสัมผัส 1 วัน, 1 สัปดาห์ และ 1 เดือน ตามลำดับ การศึกษานี้ยังพบความแตกต่างระหว่างวันปกติกับช่วงที่มีพายุฝุ่นในเรื่องขนาดของอนุภาคฝุ่นที่สะสมบนแผงโซลาร์เซลล์ ในสภาวะปกติ การกระจายตัวของขนาดฝุ่นส่วนใหญ่เป็นอนุภาคขนาดเล็ก (0.4-0.5 ไมครอน) ขณะที่ในช่วงพายุฝุ่น อนุภาคขนาด 1.1-1.2 ไมครอนจะพบมากที่สุด⁸⁵

⁸⁴Rashid, M., Yousif, M., Rashid, Z., Muhammad, A., Altaf, M., & Mustafa, A. (2023). Effect of dust accumulation on the performance of photovoltaic modules for different climate regions. ScienceDirect. [Online]. resulting : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023102775>

⁸⁵JSDEWES. (2023). Impact of Dust and Shade on Solar Panel Efficiency and Development of a Simple Method for Measuring the Impact of Dust in any Location. [Online]. resulting : <https://www.sdewes.org/jsdewes/pid11.0448>.

5.) ปัจจัยด้านการเสื่อมสภาพของแผง

งานวิจัยจากกรีนพีซประเทศไทยร่วมกับมหาวิทยาลัยในประเทศไทยศึกษาพบว่า แผงโซลาร์เซลล์มีอายุการใช้งานราว 30 ปี ก่อนถูกปลดระวาง และตลอดช่วงอายุการใช้งาน ประสิทธิภาพจะลดลงร้อยละ 20 เมื่อใช้งานไป 25 ปี ⁸⁶

อัตราการเสื่อมสภาพของแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งในประเทศไทย:

- 1.ปีแรก: ลดลงประมาณ 2-3% (จากปรากฏการณ์ Light Induced Degradation หรือ LID)
- 2.หลังจากนั้น: ลดลงประมาณ 0.5-1% ต่อปี

ตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพคงเหลือของแผงโซลาร์เซลล์ตามช่วงอายุ

ช่วงอายุ	แผงทั่วไป (0.7% ต่อปี)	แผงคุณภาพสูง (0.4% ต่อปี)	แผง N-type (0.25% ต่อปี)	หมายเหตุ
1 ปี	97.5%	98.0%	98.5%	Light Induced Degradation (LID) ทำให้ประสิทธิภาพลดลงในปีแรก
2 ปี	96.8%	97.6%	98.3%	การเสื่อมสภาพช่วงต้นเป็นไปตามปกติ
3 ปี	96.1%	97.2%	98.0%	การเสื่อมสภาพช่วงต้นเป็นไปตามปกติ
4 ปี	95.4%	96.8%	97.8%	การเสื่อมสภาพช่วงต้นเป็นไปตามปกติ
5 ปี	94.7%	96.4%	97.5%	การเสื่อมสภาพช่วงต้นเป็นไปตามปกติ
6 ปี	94.0%	96.0%	97.3%	อาจพบ PID (Potential-Induced Degradation) ในบางแผง
7 ปี	93.3%	95.6%	97.0%	อาจพบ PID (Potential-Induced Degradation) ในบางแผง
8 ปี	92.6%	95.2%	96.8%	อาจพบ PID (Potential-Induced Degradation) ในบางแผง
9 ปี	91.9%	94.8%	96.5%	อาจพบ PID (Potential-Induced Degradation) ในบางแผง
10 ปี	91.2%	94.4%	96.3%	อาจพบ PID (Potential-Induced Degradation) ในบางแผง
15 ปี	87.7%	92.4%	95.0%	เริ่มมีการเสื่อมของวัสดุเคลือบและซิลิโคน
20 ปี	84.2%	90.4%	93.8%	อายุการรับประกันทั่วไป
25 ปี	80.7%	88.4%	92.5%	อายุการรับประกันมาตรฐาน
30 ปี	77.2%	86.4%	91.3%	อายุการใช้งานทั่วไป
40 ปี	70.2%	82.4%	88.8%	แผงคุณภาพสูงยังคงผลิตไฟฟ้าได้

ตารางแสดงประสิทธิภาพคงเหลือของแผงโซลาร์เซลล์แต่ละประเภทตามช่วงอายุการใช้งาน

รูปที่ 2.26 รูปภาพตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพคงเหลือของแผงโซลาร์เซลล์ตามช่วงอายุ^{87, 88, 89, 90, 91}

ที่มา : ผู้จัดทำรวบรวมข้อมูล

⁸⁶ณัฐวุฒิ วโนทยาโรจน์, ชัยชนะ จารุพงศ์รัตน์, และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. (2564). การวิเคราะห์ความเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาพแวดล้อมประเทศไทย. วารสารพลังงานทดแทน, 15(3), 45-58.

⁸⁷ทวีศักดิ์ สมานชาติ, ธนาวุฒิ กลมเกลี้ยง, และปิยะ โควินท์ทวีวัฒน์. (2563). การศึกษาประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในประเทศไทย. วารสารวิศวกรรมพลังงาน, 17(2), 105-118.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

⁸⁸ศูนย์พลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

(2564). การศึกษาวัฏจักรชีวิตของแผงโซลาร์เซลล์ในประเทศไทย (รายงานวิจัย). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

⁸⁹กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2565). รายงานประจำปีด้านพลังงานทดแทนของประเทศไทย พ.ศ. 2565. กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.

⁹⁰Jordan, D. C., & Kurtz, S. R. (2013). Photovoltaic Degradation Rates—an Analytical Review. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 21(1), 12-29. [Online]. resulting : <https://doi.org/10.1002/pip.1182>

⁹¹Phinikarides, A., Kindyni, N., Makrides, G., & Georghiou, G. E. (2014). Review of photovoltaic degradation rate methodologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 143-152. [Online]. resulting : <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.155>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ตรวจสอบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้พักอาศัย

2.2.2.1. ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้พักอาศัย

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้พักอาศัยหมายถึงจำนวนหน่วยไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือ kWh) ที่ครัวเรือนบริโภคในช่วงเวลาหนึ่ง โดยทั่วไปจะวัดเป็นรายเดือนหรือรายปี ในประเทศไทย ครัวเรือนทั่วไปใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณ 200-400 หน่วยต่อเดือน ขึ้นอยู่กับขนาดบ้าน จำนวนสมาชิกในครัวเรือน และการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้แก่ เครื่องปรับอากาศที่บริโภคพลังงานมากที่สุด (40-60% ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด) ตู้เย็น เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องซักผ้า และระบบแสงสว่าง อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการใช้งาน สภาพอากาศ และประสิทธิภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้า การติดตามและควบคุมปริมาณการใช้ไฟฟ้าจึงเป็นสิ่งสำคัญในการจัดการค่าใช้จ่ายและการอนุรักษ์พลังงาน โดยสามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้ผ่านการเลือกใช้เครื่องใช้ประหยัดไฟ ปรับพฤติกรรมการใช้งาน และการบำรุงรักษาอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด^{92,93,94}

จากบทความของ Deane Biermeier ได้ระบุเกี่ยวกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้พักอาศัยไว้ว่า “ครัวเรือนโดยเฉลี่ยใช้ไฟฟ้ระหว่าง 800 ถึง 1,000 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน หรือ 9,600 ถึง 12,000 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี หากหารด้วยจำนวนวันในปี บ้านโดยเฉลี่ยจะใช้ไฟฟ้าประมาณ 26 ถึง 33 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน หรือ 26,000 ถึง 33,000 วัตต์ชั่วโมง เพื่อกำหนดว่าบ้านโดยเฉลี่ยใช้ไฟฟ้ากี่วัตต์ เราหารวัตต์ชั่วโมงด้วยจำนวนชั่วโมงในหนึ่งวัน ดังนั้น บ้านทั่วไปจะใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 1,083 ถึง 1,375 วัตต์”⁹⁵

⁹²วิชสิณี วิบุลผลประเสริฐ. (2018, มิถุนายน 29). ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้าของครัวเรือนไทย จากฐานข้อมูลการใช้ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (PIER). [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.pier.or.th/abridged/2018/16/>

⁹³คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. (2016). ภาพรวมการใช้ไฟฟ้าตามภาคเศรษฐกิจ. สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน.

⁹⁴ศูนย์วิจัยเศรษฐกิจและธุรกิจ ธนาकरไทยพาณิชย์. (2018). คนไทยติด 'เครื่องปรับอากาศ' ฟุ้ง ใช้ไฟเพิ่มเท่ากับโรงไฟฟ้า 2 แห่ง. *Thai Chinese International Journal*. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.tcijthai.com/news/2018/06/scoop/7963>

⁹⁵Deane Biermeier. **How Many Watts Does a House Use, and Why Does It Matter?**. May 9, 2023. [Online]. resulting : <https://www.angi.com/articles/how-many-watts-house.htm>

2.2.2.2. อุปกรณ์ไฟฟ้าของผู้พักอาศัย

เครื่องใช้และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงาน เพื่อตอบสนองความต้องการพื้นฐานและอำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิตประจำวันของคนในครัวเรือน ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็นหลายประเภท

1. เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้แสงสว่าง

เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทให้แสงสว่างเป็นหนึ่งในความจำเป็นพื้นฐานของที่พักอาศัย ประกอบด้วยหลอดไฟต่างประเภทเช่น หลอดไฟ LED ที่มีประสิทธิภาพสูงและใช้พลังงานน้อย หลอดฟลูออเรสเซนต์ และหลอดไฟแสงแอลเจิน รวมถึงโคมไฟสำหรับแสงสว่างทั่วไปและแสงสว่างเฉพาะจุด การเลือกใช้เทคโนโลยี LED สามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 75% เมื่อเปรียบเทียบกับหลอดไฟแบบเดิม และมีอายุการใช้งานยาวนานกว่า 25 เท่า ซึ่งส่งผลให้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและการบำรุงรักษาลดลงอย่างมีนัยสำคัญ^{96,97}

2. เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานความร้อน

เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานความร้อนมีการใช้พลังงานสูงที่สุดในครัวเรือน ได้แก่ เครื่องปรับอากาศที่ใช้สำหรับทำความร้อน เครื่องทำน้ำร้อน หม้อหุงข้าวไฟฟ้า เตาไฟฟ้า เตาอบ เตาไรต์ และเครื่องเป่าผม เครื่องใช้เหล่านี้ใช้หลักการแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนโดยตรง โดยเครื่องทำน้ำร้อนและเครื่องปรับอากาศมักเป็นเครื่องใช้ที่บริโภคพลังงานมากที่สุด คิดเป็น 40-50% ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในบ้าน การเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีป้ายประหยัดไฟเบอร์ 5 จะช่วยลดการใช้พลังงานได้อย่างเห็นได้ชัด

3. เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังเสียง

เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังเสียงในที่พักอาศัยประกอบด้วย โทรทัศน์ ระบบเสียง ลำโพง วิทยู และอุปกรณ์เครื่องเสียงต่างๆ แม้ว่าเครื่องใช้เหล่านี้จะใช้พลังงานค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องใช้ประเภทความร้อน แต่การใช้งานต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานและจำนวนเครื่องที่เพิ่มขึ้น

⁹⁶การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2022, กันยายน 5). 6 วิธีง่าย ๆ อยู่บ้านอย่างไรให้ประหยัดไฟ. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.egat.co.th/home/save-energy-for-all-20220830/>

⁹⁷สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานหลอดไฟ LED (มอก.) กระทรวงอุตสาหกรรม.

ทำให้มีส่วนสำคัญต่อการใช้พลังงานรวม โดยเฉพาะโทรศัพท์ขนาดใหญ่และระบบเครื่องเสียงที่มีกำลังสูง การปิดเครื่องใช้เหล่านี้เมื่อไม่ใช้งานแทนการปล่อยให้อยู่ในโหมด Standby สามารถประหยัดพลังงานได้ 5-10% ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด⁹⁸

โดยผู้วิจัยทำการสำรวจกำลังอุปกรณ์ไฟฟ้า จำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าและจำนวนที่ใช้ทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในระยะเวลาโดยเฉลี่ย 1 วัน

โดยการใช้สูตรคำนวณ

$$\text{ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า} = \text{กำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ (W)} \times \text{จำนวนอุปกรณ์} \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้}$$

ที่มาของสูตรคำนวณ

E = พลังงาน (Energy)

P = กำลังไฟฟ้า (Power in Watts)

t = เวลา (Time in hours)

สูตรการใช้พลังงาน $E = P \cdot t / 1000$ โดยที่ E = พลังงานที่วัดเป็นจูลหรือกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh), P = กำลังไฟฟ้าเป็นวัตต์, และ t = เวลาที่ใช้ไฟฟ้า⁹⁹

⁹⁸กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2565, กันยายน 8). 10 วิธีประหยัดไฟง่าย ๆ บ้านหลังไหน ๆ ก็ลดได้ 10%. ระบบสารสนเทศองค์ความรู้ด้านพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://kc.dede.go.th/knowledge-view.aspx?p=124>

⁹⁹สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (16 มิถุนายน 2564). คำนวณค่าไฟฟ้า ด้วยตนเองสามารถทำได้อย่างไร. สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 หาความเป็นไปได้ในการนำปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่เหลือจากการใช้งานของผู้พักอาศัยในชุมชนบ้านคลองจังหวัดพิษณุโลก มาใช้ในการยื่นย่นธุรกรรม

ผู้วิจัยได้เลือกศึกษาพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าบ้านหลังที่ 5 เฉพาะเวลา 10:00-15:00 น. ซึ่งเป็นช่วง 5 ชั่วโมง ที่แสงแดดเข้มและมีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์มากที่สุดของบ้าน 5 หลัง เมื่อทราบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านในแต่ละหลังแล้วจะนำไปลบกับค่ากำลังไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้

หาความเป็นไปได้ในการนำปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่เหลือมาใช้ในการยื่นย่นธุรกรรม

ปริมาณไฟฟ้าที่เหลือจากพฤติกรรมการใช้งาน
 = กำลังการผลิตไฟฟ้าต่อวัน (kW) - ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า(kW)



รูปที่ 2.27 ลำดับขั้นตอนการหาความเป็นไปได้ในการนำปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่เหลือจากการใช้งานของผู้พักอาศัยในชุมชนบ้านคลองจังหวัดพิษณุโลก

ที่มา : ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การเตรียมเครื่องมือและวิธีการศึกษา

วิจัยการศึกษาถึงคุณสมบัติและปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์สำหรับใช้ในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัย วิจัยหัวข้อนี้จะเป็นการบูรณาการความรู้จากหลายสาขา ทั้งเทคโนโลยีบล็อกเชน วิศวกรรมพลังงาน การประยุกต์งานสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม ซึ่งคาดว่าจะผลที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบการทำธุรกรรมคริปโตเคอร์เรนซีให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยการใช้พลังงานสะอาดมากขึ้น โดยเป็นการศึกษาถึง 2 หัวข้อใหญ่ได้แก่

3.1. สร้างเครื่องมือเพื่อตรวจสอบความต้องการพลังงานไฟฟ้าของไมน์นิงริก 1 เครื่อง (Mining Rig) เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปจำลองการศึกษาถึงชุดโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมสำหรับการยืนยันธุรกรรมในระยะ 24 ชั่วโมง

3.2. สร้างเครื่องมือเพื่อศึกษาถึงปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในอาคารที่พักอาศัยและตรวจสอบถึงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในอาคารที่พักอาศัยในจังหวัดพิษณุโลกซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 สร้างเครื่องมือเพื่อตรวจสอบความต้องการพลังงานไฟฟ้าของไมน์นิงริก 1 เครื่อง (Mining Rig) เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปจำลองการศึกษาถึงชุดโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมสำหรับการยืนยันธุรกรรมในระยะ 24 ชั่วโมง

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าผู้วิจัยจะทำการเลือกใช้กลไกแบบกลไกแบบ Proof of Work (PoW) และเลือกใช้ฮาร์ดแวร์แบบการ์ดจอ (GPU) เพื่อใช้สำหรับการประมวลผลสำหรับการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน

3.1.1 สร้างเครื่องมือเพื่อตรวจสอบความต้องการพลังงานไฟฟ้าของไมน์นิงริก 1 เครื่อง (Mining Rig)

3.1.1.1. คัดเลือกการ์ดจอ (GPU) ที่เป็นฮาร์ดแวร์หลักในการประมวลผลของไมน์นิงริก 1 เครื่อง (Mining Rig)

สัมภาษณ์เพื่อเก็บข้อมูลจากผู้ที่ทำกรยืนยันธุรกรรมจริง เพื่อคัดเลือกการ์ดจอด้วยการสำรวจข้อมูลตัวแทนกลุ่มผู้ทำกรยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีด้วยการ์ดจอ (GPU) ของกลุ่มผู้ยืนยันธุรกรรมในระบบบล็อกเชนในประเทศไทยจากทางกลุ่มเฟซบุ๊ก “CRYPTOTHAILAND” เป็นจำนวน 10 ท่าน ในช่วงกรกฎาคม-สิงหาคม พ.ศ. 2565 โดยรายละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแบบสอบถามจะเป็นการสัมภาษณ์เพื่อนำไปสู่การคัดเลือกหารุ่นที่มีถูกเลือกใช้มากที่สุดจากกลุ่มผู้ที่ยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนในประเทศไทย

แบบสอบถามสร้างเครื่องมือเพื่อคัดเลือกการ์ดจอที่จะนำมาศึกษา โดยการสัมภาษณ์เก็บข้อมูลจากผู้ทำการยืนยันธุรกรรมจริง

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อคัดเลือกการ์ดจอ (GPU.) ที่เป็นรุ่นยอดนิยมจากตัวแทนกลุ่มผู้ทำการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในประเทศไทย โดยรุ่นที่จะกล่าวดังต่อไปนี้จะเป็นรุ่นยอดนิยมในกลุ่มผู้ทำการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนในประเทศไทยเลือกใช้ ดังนี้ NVIDIA RTX 4090NVIDIA, RTX 3070TINVIDIA, RTX 2080NVIDIA, GTX 1080 Ti, AMD RX 6900 XT, AMD RX 5700 XT และ AMD RX 580AMD RX 480 ซึ่งขั้นตอนต่อไปผู้วิจัยจะทำการศึกษาเพื่อหาคุณลักษณะของการ์ดจอ (GPU.) ที่เหมาะสมในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน ด้วยการสำรวจข้อมูลตัวแทนกลุ่มผู้ทำการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีด้วยการ์ดจอ (GPU) ของกลุ่มผู้ยืนยันธุรกรรมในระบบบล็อกเชนในประเทศไทยจากทางกลุ่มเฟซบุ๊ก “CRYPTOTHAILAND” เป็นจำนวน 10 ท่าน ในช่วงกรกฎาคม-สิงหาคม 2565.

โดยรายละเอียดของแบบสอบถามจะเป็นการสัมภาษณ์เพื่อนำไปสู่การคัดเลือกหารุ่นที่มีถูกเลือกใช้มากที่สุดจากกลุ่มผู้ยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนในประเทศไทยและมีหัวข้อการสัมภาษณ์ดังนี้

- 1.คุณเป็นผู้ที่ทำการยืนยันธุรกรรมบล็อกเชน
- 2.คุณยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนมานานเท่าใด (ปี)
- 3.คุณทำการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนด้วยการ์ดจอ (GPU.) รุ่นใด
- 4.คุณมีการ์ดจอ (GPU.) เพื่อใช้ในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนประมาณเท่าใด (ริก/Rig)
- 5.เหตุใดคุณจึงเลือกรุ่นดังกล่าว
- 6.คุณมีคำแนะนำสำหรับการเลือกคุณลักษณะการ์ดจอ (GPU.) ที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาเพื่อเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและผลตอบแทนจากการยืนยันธุรกรรมอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างตารางแสดงข้อมูลการเลือกใช้การ์ดจอรุ่นต่างๆและข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของตัวแทนผู้ให้สัมภาษณ์ลงในตารางที่ 3.1. เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาการ์ดจอรุ่นยอดนิยมในกลุ่มผู้ที่ทำการยืนยันธุรกรรมบนบล็อกเชน

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงข้อมูลการเลือกใช้การ์ดจอรุ่นต่างๆและข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของตัวแทนผู้ให้สัมภาษณ์

ลำดับ	ชื่อรุ่นการ์ดจอ (GPU)	คุณลักษณะการ์ดจอ			
		จำนวน/ใบ	ชั่วโมงการใช้งาน/วัน	อายุการใช้งาน/วัน	ยืนยันธุรกรรมเหรียญ

ที่มา : ผู้วิจัย

รายละเอียดตาราง

ช่องที่ 1. รูปภาพ ลำดับรายการบันทึก

ช่องที่ 2. ชื่อรุ่นการ์ดจอ (GPU) บันทึกชื่อรุ่นการ์ดจอต่างๆอาคารที่พักอาศัย

ช่องที่ 3. จำนวน/ใบ รายละเอียดจำนวนของการ์ดจอ

ช่องที่ 4. ชั่วโมงการใช้งาน/วัน รายละเอียดจำนวนชั่วโมงการใช้งานของการ์ดจอ

ช่องที่ 5. อายุการใช้งาน/วัน รายละเอียดอายุการใช้งานของการ์ดจอ

3.1.1.2. สร้างเครื่องมือเพื่อคัดเลือกเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีที่จะนำมาศึกษา

เหรียญคริปโตที่จะนำมาศึกษาเป็นเหรียญที่ทำการยืนยันธุรกรรมโดยใช้การ์ดจอ (GPU) ที่มีความนิยมและมูลค่าสูงที่สุดในตลาด ซึ่งเกณฑ์ในการคัดเลือกเหรียญคริปโตที่จะนำมาศึกษาโดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1.) เปรียบเหรียญคริปโตเป็นเหรียญที่มีการซื้อขายมากที่สุด 3 อันดับแรกในไทย.

สร้างเครื่องมือเปรียบเทียบมีการซื้อขายมากที่สุด 3 อันดับแรกจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า คือเหรียญ Bitcoin, Dogecoin และ Ethereum จากนั้นจึงนำเหรียญดังกล่าวมาเปรียบเทียบราคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2. ตารางแสดงราคาคริปโตเคอร์เรนซีที่มีการซื้อขายมากที่สุด 3 อันดับแรกในไทย.

ลำดับ	ชื่อเหรียญ	ราคาย้อนหลัง 4 เดือน(USD)			
		June 65	July65	Aug 65	Sep 65
1					
2					
3					

ที่มา :ผู้จัดทำ

รายละเอียดตาราง

ช่องที่ 1.ลำดับ ลำดับรายการบันทึก

ช่องที่ 2 ชื่อเหรียญ ชื่อรายการเหรียญคริปโตเคอร์เรนซี

ช่องที่ 3 ราคาย้อนหลัง 4 เดือน แสดงราคาของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีย้อนหลัง 4 เดือนได้แก่ June 65 , July65, Aug 65, Sep 65

2.) เป็นเหรียญที่ทำการยืนยันธุรกรรมโดยใช้ฮาร์ดแวร์ประมวลผลด้วยการ์ดจอ การ์ดจอ (GPU) เพียงเท่านั้น

สร้างเครื่องมือเพื่อแบ่งประเภทเหรียญที่ใช้เครื่องมือยืนยันธุรกรรม ระหว่างฮาร์ดแวร์ แบบการ์ดจอ (GPU) และเครื่อง Asic ซึ่งเป็นการยืนยันธุรกรรมของระบบ Proof off work.

ตารางที่ 3.3. สร้างเครื่องมือเพื่อแบ่งประเภทเหรียญที่ทำการยืนยันธุรกรรมโดยใช้การ์ดจอ (GPU)

ลำดับ	ชื่อเหรียญ	เครื่องมือที่การยืนยันธุรกรรม	
		การ์ดจอ (GPU)	เครื่อง Asic
1			
2			
3			

ที่มา :ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

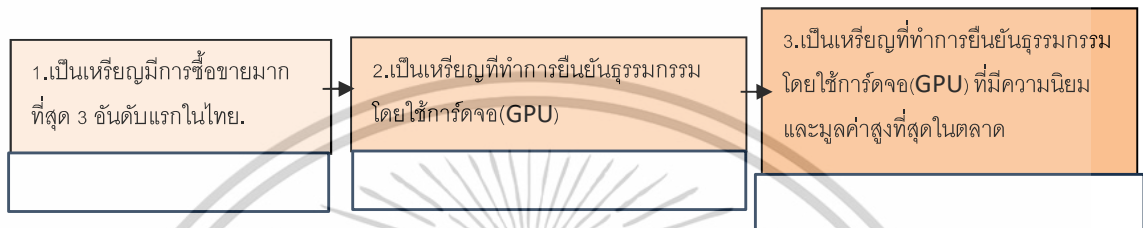
รายละเอียดตาราง

ช่องที่ 1 ลำดับ ลำดับรายการบันทึก

ช่องที่ 2 ชื่อเหรียญ ชื่อรายการเหรียญคริปโตเคอร์เรนซี

ช่องที่ 3 เครื่องมือที่การยืนยันธุรกรรม แสดงประเภทเครื่องมือที่ใช้ในการยืนยันธุรกรรมของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีของระบบ Proof off work. ระหว่างการ์ดจอ (GPU)และเครื่อง Asic

3.) ทราบเหรียญคริปโตที่จะนำมาศึกษา



รูปที่ 3.2. ปัจจัยลำดับการคัดกรองคุณลักษณะที่จะทำการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน
ที่มา :ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.2. สร้างขั้นตอนในการทดลองสำรวจอาคารที่พักอาศัยที่เป็นผู้ยืนยันธุรกรรมจริงและสอบถามขั้นตอนการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน

1. ทำการสำรวจขั้นตอนการยืนยันธุรกรรมจากผู้ที่ยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนจากผู้เชี่ยวชาญ เนื่องจากงานวิจัยการศึกษาถึงคุณสมบัติของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์สำหรับใช้ในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยเป็นเรื่องที่กำลังเกิดความนิยมในไทยเมื่อช่วง 6-7 ปีที่ผ่านมา แต่กลับไม่มีข้อมูลเชิงลึกทั้งทางด้านวิชาการของงานปฏิบัติมากนัก ผู้จัดทำจึงต้องทำการสำรวจและสอบถามตรงกับผู้ที่การยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนด้วยตนเอง เพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย โดยมีรายชื่อการศึกษาและจัดเก็บบันทึกข้อมูลดังนี้

สำรวจเพื่อบันทึกข้อมูลการนำเอาอาคารที่พักอาศัยมาดัดแปลงเพื่อทำธุรกิจการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนโดยรอบและภายในอาคารเพื่อเป็นกรณีศึกษาตัวอย่างและเสริมองค์ความรู้ ความเข้าใจแก่ผู้ทำวิจัยมากขึ้น แต่เนื่องด้วยเป็นเรื่องของความปลอดภัยทางธุรกรรมทางผู้เชี่ยวชาญจึงไม่สามารถเปิดเผยข้อมูลเรื่องที่ตั้งของอาคารได้



รูปที่ 3.3 กล้องถ่ายรูปใช้เพื่อบันทึกภาพในการสัมภาษณ์

ที่มา : <https://www.ec-mall.com/product/sold/48493.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถาม

เนื่องจากการวิจัยการศึกษาถึงคุณสมบัติของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์สำหรับใช้ในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยเป็นเรื่องที่กำลังเกิดความนิยมในไทยเมื่อช่วง 6-7 ปีที่ผ่านมา แต่กลับไม่มีข้อมูลเชิงลึกทั้งทางด้านวิชาการของงานปฏิบัติมากนัก ผู้จัดทำจึงต้องทำการสำรวจและสอบถามตรงกับผู้ที่การยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนด้วยตนเอง

ทางผู้วิจัยจึงขอความอนุเคราะห์เวลาจากผู้ที่มีประสบการณ์ด้านการยืนยันธุรกรรมเพื่อให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

1.สำรวจข้อมูลด้านสถาปัตยกรรมของอาคารที่พักอาศัยที่มาดัดแปลงเพื่อทำการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน

รูปภาพ	รายละเอียดสถาปัตยกรรมของอาคารที่พักอาศัย
	
	
	

รายละเอียดตาราง

ช่องที่ 1 มีการถ่ายรูปภาย รูปแบบนอกของอาคารที่พักอาศัยที่ทำการดัดแปลงเพื่อทำการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน

ช่องที่ 2 เขียนรายละเอียดอธิบายรูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.สำรวจขั้นตอนการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนโดยเป็นการสัมภาษณ์และสาธิตขั้นตอนการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนเป็นลำดับขั้น

รูปภาพ	รายละเอียดขั้นตอน

รายละเอียดตาราง

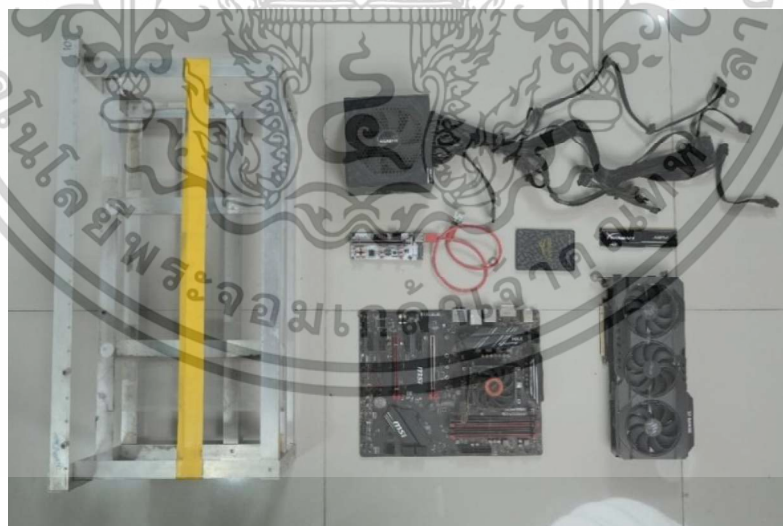
ช่องที่ 1 เป็นช่องสำหรับใส่รูปถ่ายลำดับขั้นตอนการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน

ช่องที่ 2 เขียนรายละเอียดอธิบายรูปภาพลำดับขั้นตอนการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน

2. ทำการเตรียมอุปกรณ์สำหรับยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน
 การเตรียมอุปกรณ์ตามที่ได้ข้อมูลการสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อใช้สำหรับการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนได้แก่ Rig จำนวน 1 ชุด

1. การเตรียมอุปกรณ์สำหรับยืนยันธุรกรรมของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัย ต้องประกอบด้วยอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และโครงสร้างสำหรับยึดติดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ดังรูป 4.2 ซึ่งประกอบด้วยรายการดังต่อไปนี้

- 1) โครงอลูมิเนียมสำหรับยึดติดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์
- 2) เมนบอร์ด ยี่ห้อ MSI MPG Z390 Gaming Plus และ CPU Core i7 Gen 13
- 3) แรม ยี่ห้อ KINGSTON HyperX FURY BLACK 8GB
- 4) SSD (Solid State Drive) ยี่ห้อ Apacer As340 Panther
- 5) Riser Card
- 6) การ์ดจอหรือหน่วยประมวลผลกราฟิก ยี่ห้อ ASUS รุ่น TUF GAMING GEFORCE RTX 3070 TI
- 7) PSU ขนาด 850 วัตต์ ยี่ห้อ Gigabyte
- 8) สาย LAN หัว cat 6
- 9) จอ LED 15 นิ้ว



รูปที่ 3.4 ภาพอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และโครงสร้างสำหรับยึดติดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์

ที่มา : ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ประกอบฮาร์ดแวร์หลักที่ใช้กำลังไฟฟ้าของไมน์นิ่ง ริก 1 เครื่อง ซึ่งประกอบไปด้วย การ์ดจอ 1 ใบ ไรเซอร์ เมนบอร์ด และ พีเอสยู



รูปที่ 3.5 ส่วนประกอบฮาร์ดแวร์หลักที่ใช้ไฟฟ้าในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนเพื่อหาปริมาณไฟฟ้าใน 1 ชั่วโมง

ที่มา : ผู้วิจัย

ตารางที่ 3.4. ภาพแสดงถึงขั้นตอนการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนเป็นลำดับขั้นที่ได้จากการสอบถามและสำรวจ

รูปภาพ	ลำดับ/รายละเอียดขั้นตอน

รายละเอียด

ช่องที่ 1 รูปภาพขั้นตอนการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน

ช่องที่ 2 ลำดับและรายละเอียดขั้นตอนการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ขั้นตอนทดลองการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนโดยโปรแกรม Simple Mining การยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนโดยโปรแกรม Simple Mining แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

4.1. ทดสอบระบบอัลกอริทึมบนโปรแกรม Simple Mining บนระบบปฏิบัติการลินุกซ์ Linux จนระบบสามารถเชื่อมต่อใช้งานได้ จากนั้นจึงทำการทดลองยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ในวันที่ 22 สิงหาคม 2565 โดยกำหนดค่าการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนเป็นเหรียญที่ได้กำหนดการศึกษาคัดเลือกไว้

4.2. ทำการยืนยันธุรกรรมผู้ยืนยันธุรกรรมสามารถตรวจสอบสถานะการยืนยันธุรกรรมผ่านการแอปพลิเคชัน simple mining ผ่านโทรศัพท์มือถือได้จากทุกที่มีอินเทอร์เน็ต

4.3. บันทึกค่าการใช้ไฟฟ้าจากการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนในระยะเวลา 1 ชั่วโมง ในวันที่ 22 สิงหาคม 2565

3.1.1.3. สร้างเครื่องมือเพื่อตรวจสอบปริมาณพลังงานไฟฟ้าของไมน์นิ่งริก 1 เครื่อง (Mining Rig) เพื่อใช้ในการยืนยันธุรกรรมใน 24 ชั่วโมง.

ที่ใช้ในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซี 24 ชั่วโมง โดยการนำค่ากำลังไฟฟ้าหัวข้อที่ 3.1.3.5 มาคำนวณตามสูตรดังต่อไปนี้

จากสูตรการคำนวณกำลังไฟฟ้า

$$W(\text{watt}) = A(\text{amp}) \times V(\text{volt})$$

จากสูตรการคำนวณค่าไฟฟ้า^{100, 101}

$$[[\text{กำลังไฟฟ้า (วัตต์)} \times \text{จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า}] \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้ใน 1 วัน}] \times \text{อัตราค่าไฟต่อหน่วยไฟฟ้า}$$

⁶¹ การไฟฟ้านครหลวง. ระบบคำนวณค่าไฟฟ้า. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :

<https://www.mea.or.th/our-services/mea-service/e-service/electric-monthly-calculate>

⁶² การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. ระบบประมาณการค่าไฟ. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :

<https://eservice.pea.co.th/EstimateBill/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศึกษาและแสดงผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับจากการยื่นยื่นธุรกรรมของเหรียญโต ที่ทำการยื่นยื่นธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีของการ์ดจอ (GPU) 1 หน่วยในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

โดยมาจากสูตรการคำนวณ

การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) - ระบุว่า "อัตราค่าไฟฟ้าใหม่เริ่มใช้ตั้งแต่ค่าไฟฟ้า ประจำเดือน พฤษภาคม 2566 เป็นต้นไป ¹⁰²

โดยที่มีค่ากำหนดค่าไฟฟ้าปี 65 ราคาอยู่ที่หน่วยละ 4.417บาท ซึ่งเป็นค่า (เกินกว่า 400 หน่วย ของปี 65) มีสูตรคำนวณดังนี้

$$= \text{หน่วยไฟฟ้า} \times \text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย(เกินกว่า 400 หน่วย ของปี 65)}$$

$$= wh \left(\frac{K}{1000} \right) \times \text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย(เกินกว่า 400 หน่วย ของปี 65)}$$

¹⁰² การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.). สถิติค่า Ft. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.pea.co.th/our-services/tariff/ft-statistics>

3.1.2 จำลองการศึกษาหาชุดโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับความต้องการพลังงานไฟฟ้าของการ์ดจอ 1 หน่วยสำหรับใช้ในการยืนยันธุรกรรมใน 24 ชั่วโมง.

ทำการศึกษาระบบโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน โดยใช้เกณฑ์เลือกจากข้อจำกัดเชิงลึกต่างๆของการใช้ไฟฟ้าในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน ร่วมกับผู้ที่ยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน โดยระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สามารถ โดยแบ่งออกเป็นสามประเภทตามที่ได้ทบทวนวรรณกรรมไว้ ได้แก่

- 1.) ระบบที่เชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้า (On-grid System)
- 2.) ระบบอิสระ (Off-grid System)
- 3.) ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน หรือ Hybrid System

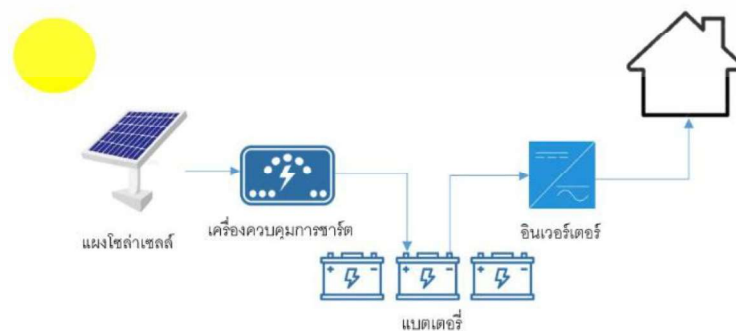
ทางผู้วิจัยจัดเตรียมและศึกษาคู่่มือการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของกรมพลังงานเพื่อนำมาเป็นเกณฑ์ร่วมสำหรับคัดเลือกระบบชนิดและขนาดของโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสม



รูปที่ 3.6. รูปหน้าปกคู่มือการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของกรมพลังงาน

ที่มา : <https://webkc.dede.go.th/testmax/node/4535>

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกระบบออฟกริดเนื่องจากเป็นระบบที่สอดคล้องในการยืนยันธุรกรรมมากที่สุดจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งระบบออฟกริดจะประกอบด้วยแผงโซลาร์เซลล์ เครื่องควบคุมการชาร์จ (Charger) แบตเตอรี่ อินเวอร์เตอร์ โดยวิธีการหาชุดโซลาร์เซลล์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการยืนยันธุรกรรมเหรียญดิจิทัล



รูปที่ 3.7 การทำงานของโซลาร์เซลล์ แบบระบบออฟกริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.1. สร้างเครื่องมือเพื่อจำลองหาชุดโซลลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับความต้องการพลังงานไฟฟ้าของการ์ดจอ 1 หน่วย เพื่อใช้ในการยืนยันธุรกรรมใน 24 ชั่วโมง.

1.) การคัดเลือกชนิดและขนาดของแบตเตอรี่ที่เหมาะสม

การหาขนาดและประเภทของแบตเตอรี่ที่มีขนาดกำลังไฟฟ้าเพียงพอต่อการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซี ด้วย 1 GPU ในเวลา 1 วัน

การหาขนาดแบตเตอรี่ควรนำกำลังไฟฟ้าที่ต้องการใช้ทั้งหมดมาคำนวณโดยคิดเป็นร้อยละ 90 ของขนาดแบตเตอรี่ เพื่อรักษาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ให้สามารถใช้งานได้นาน ดังนั้นการหาขนาดของแบตเตอรี่จึงมีวิธีการคำนวณดังนี้

กำลังไฟฟ้าที่ 1 GPU ใช้ใน 1 วัน \div 0.9 = กำลังไฟฟ้าที่แบตเตอรี่สามารถใช้ได้

ผู้วิจัยได้ทำการเลือกประเภทแบตเตอรี่เป็นลิเทียมไอออนฟอสเฟต (Lithium Iron-Phosphate) เนื่องจากเป็นประเภทแบตเตอรี่ที่มีอายุการใช้งานนานที่สุด โดยทำการคัดเลือกมา 3 ขนาดคือ 12 V 200 AH, 24 V 200 AH และ 48 V 200 AH



รูปที่ 3.8 ภาพแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต 12 V 200 AH, 24 V 200 AH และ 48 V 200 AH ตามลำดับ

เนื่องจาก specification ของแบตเตอรี่ไม่ได้ระบุปริมาณไฟฟ้า (watt) แต่จะเป็นกระแสไฟฟ้า (amp) และแรงดันไฟฟ้า (volt) ซึ่งผู้วิจัยสามารถหา watt / hour ได้จาก การคำนวณสูตรการหากำลังไฟฟ้างี้

$$\text{Wh} / \text{V} = \text{Ah}$$

ค่า W ของมายนิ่งริก 1 เครื่อง 24 ชม. / ค่า V ของแบตเตอรี่ = ค่า AH ของมายนิ่งริก 1 เครื่อง สำหรับการยืนยันธุรกรรมใน 24 ชม.

Wh = วัตต์และระยะเวลาที่ใช้

V batt = แรงดันแบตเตอรี่ หน่วยเป็น Volt: V

AH = กระแสที่สามารถใช้งานต่อเนื่องได้ในระยะเวลา 1 ชั่วโมง หน่วยเป็น Amp-hour : Ah

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง หากต้องการสร้างระบบเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ 10kWh ที่ 48V จะต้องใช้แบตเตอรี่: $10,000\text{Wh} \div 48\text{V} = 208.33\text{Ah}$ ^{103,104}

2.) การคัดเลือกประเภทของโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับแบบเตอรี่ ซึ่งปัจจุบันแผงโซลาร์เซลล์มีทั้งหมด 3 ประเภท คือ

1. โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline Silicon Solar Cells)
2. โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline Silicon Solar Cells)
3. แผงโซลาร์เซลล์ชนิด ฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cells)

จากคุณสมบัติของโซลาร์เซลล์ในแต่ละประเภทที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้กำหนดพื้นที่ในการทำการทดลอง คือ อำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลกประเทศไทย ซึ่งมีลักษณะภูมิอากาศร้อน ผู้วิจัยจึงเลือกประเภทของแผงโซลาร์เซลล์ที่จะนำมาใช้ในการทดลองเป็นแบบโพลีคริสตัลไลน์ เนื่องจากเป็นประเภทที่ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดีในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูง และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

โดยการคัดเลือกขนาดของโซลาร์เซลล์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพียงพอกับขนาดของแบบเตอรี่ โดยที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นหาขนาดของโซลาร์เซลล์ที่มีขนาดเหมาะสมกับขนาดของแบบเตอรี่ โดยมีเกณฑ์การคัดเลือก 2 เรื่อง คือ

2.1.) การเปรียบเทียบจากความคุ้มค่าในเรื่องการประหยัดพื้นที่ โดยดูจากขนาดแผงโซลาร์เซลล์ / วัตต์ W

ผู้ทำวิจัยได้ทำการศึกษาค้นหาตัวอย่างโซลาร์เซลล์ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาด โดยคัดเลือกผู้ขายที่เป็นเจ้าใหญ่ซึ่งขายโซลาร์เซลล์ให้กับบริษัทอุตสาหกรรมใหญ่

โดยเกณฑ์การประหยัดพื้นที่ ซึ่งแผงโซลาร์เซลล์ที่คัดเลือกต้องมีคุณสมบัติในการผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากที่สุดต่อ 1 แผง ผู้วิจัยจึงทำการคัดเลือกขนาดของโซลาร์เซลล์มา 3 ขนาดที่ คือ ขนาด 350 W, 200 W,

⁴⁹ศิริรักษ์ ศิวะมณีสถาม และคณะ. (2021). การพัฒนาแบตเตอรี่สังกะสีไอออนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า. โครงการวิจัยร่วมระหว่างสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และกรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกลาโหม. ทูนักวิจัย กฟผ.-สวทช.

⁵⁰สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2021, เมษายน 28). "แบตเตอรี่สังกะสีไอออน" นวัตกรรมแบตเตอรี่ปลอดภัย. NSTDA. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :

https://www.nstda.or.th/home/news_post/zink-ion-battery

2.2.) การเปรียบเทียบจากความคุ้มค่าในเรื่องราคาต่อวัตต์และประหยัดพื้นที่
 การเปรียบเทียบจากความคุ้มค่าในเรื่องราคารุนั้น ทางผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกด้วยการ
 การเปรียบเทียบเรื่องความคุ้มค่าเรื่องราคาและเกณฑ์การประหยัดพื้นที่ โดยมีเกณฑ์ว่าราคาต่อวัตต์น้อย
 ที่สุด
 โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{ราคา} \div \text{วัตต์} = \text{ราคาต่อวัตต์}$$

ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงการเปรียบเทียบราคาของแผงโซลาร์เซลล์ที่ผ่านเกณฑ์เรื่องการประหยัด
 พื้นที่ทั้ง 3 ขนาด

ชื่อรุ่น / ขนาดแผงโซลาร์เซลล์	ราคา(บาท)	ราคาต่อ วัตต์(บาท)

2.3.) กำหนดจำนวนของแผงโซลาร์เซลล์ที่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าเพียงพอกับเครื่อง
 ยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนโดยการเปรียบเทียบจากความคุ้มค่าในเรื่องราคา
 ขั้นตอนต่อไปผู้วิจัยจะนำแผงโซลาร์เซลล์จากตารางที่ 3.4 มาคำนวณหาจำนวนแผง
 ที่เหมาะสมและสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพียงพอต่อปริมาณไฟฟ้าที่เครื่องยืนยันธุรกรรมใช้และ
 ขนาดของแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยวิธีคำนวณหาจำนวนแผงโซลาร์เซลล์ ผู้วิจัยจะเริ่มต้นจากการหาปริมาณไฟฟ้าที่หายไปจากแบตเตอรี่ในช่วงเวลา 1 วัน เพื่อหาว่าต้องใช้จำนวนแผงโซลาร์เซลล์เท่าใดจึงจะเพียงพอต่อการชาร์ตแบตเตอรี่ให้เต็ม โดยอ้างอิงจากคู่มือพลังงาน โซลาร์เซลล์จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดีในช่วง เวลา 9:00-14:00 น. เฉลี่ยเป็น 5 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นผู้วิจัยจะหาปริมาณไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์ผลิตได้ใน 1 ชั่วโมง แล้วนำไปคูณจำนวน 5 ชั่วโมง ลบออกด้วยปริมาณไฟฟ้าที่เครื่องยืนยันธุรกรรมใช้ใน 5 ชั่วโมงนั้น ขณะที่มีการชาร์ตด้วย แล้วผลลัพธ์ที่ได้จะต้องไม่น้อยกว่า ปริมาณไฟฟ้าที่หายไปจากแบตเตอรี่ในอีก 19 ชั่วโมงที่เหลือ โดยผู้วิจัยจะเริ่มคำนวณผลลัพธ์ โดยกำหนด 1-5 แผง แล้วเลือกจำนวนแผงที่ได้ผลลัพธ์ ที่เหมาะสมกับปริมาณไฟฟ้าที่หายไปจากแบตเตอรี่มากที่สุด

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มจากการหาปริมาณไฟฟ้าที่เครื่องยืนยันธุรกรรมใช้ โดยแปลงหน่วยเป็น AH เพื่อในกรณีที่อุปกรณ์อื่น เช่น เครื่องควบคุมการชาร์ตหรืออินเวอร์เตอร์ มี v ไม่เท่ากับแบตเตอรี่ จะทำค่า W มาคิดอย่างเดียวไม่ได้ ผู้วิจัยจึงแปลงหน่วยให้เป็น AH และใช้ในการคำนวณให้เหมือนกันหมด แต่ในกรณีนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้เครื่องควบคุมการชาร์ตและอินเวอร์เตอร์ให้มีคุณสมบัติที่มีค่า v เท่ากับ 48 v เท่ากับแบตเตอรี่ เพื่อป้องกันการไม่รองรับกับอุปกรณ์ที่มีค่า v ที่แตกต่างกันในบางรุ่น ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป โดยมีวิธีการคำนวณ โดยใช้สูตร $W / V = A$ ดังนี้

$$W / V = A$$

A = ค่า AH เครื่องยืนยันธุรกรรมใน 24 ชม.
= ค่า W ของเครื่องยืนยันธุรกรรมใช้ใน 24 ชม. / ค่า V ของแบตเตอรี่

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อได้ค่าไฟฟ้าที่หายไปจากแบตเตอรี่แล้ว ผู้วิจัยจะสามารถคำนวณหาจำนวนแผงที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เพียงพอต่อปริมาณไฟฟ้าที่หายไปจากแบตเตอรี่ โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$[[[W(\text{โซลาร์เซลล์}) \times N(\text{จำนวนแผง})] / v (v \text{ ของอินเวอร์เตอร์}) \times 70\%(\text{ความเข้มของแสงแดด})] \times H$
(จำนวนชั่วโมงที่ชาร์ต)] - 23.75 (ปริมาณไฟที่เครื่องยืนยันธุรกรรมใช้ในขณะมีการชาร์ต) =
กระแสไฟที่ไหลเข้าแบตเตอรี่

โดยการคำนวณเบื้องต้นจะคำนวณหาปริมาณไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์ผลิตได้ใน 1-5 แผง สามารถคำนวณได้ผลลัพธ์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 ตารางแสดงการเปรียบเทียบปริมาณไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์จำนวน 1-5 แผงของแต่ละรุ่นสามารถชาร์ตได้ใน 1 วัน

ชื่อรุ่น / ขนาดวัตต์	จำนวนแผงโซลาร์เซลล์	ปริมาณไฟฟ้าที่ไหลเข้าแบตเตอรี่ (AH)

2.4. สร้างผังรูปภาพโดยการนำค่าของหัวข้อ 2.1 และ 2.2 เพื่อแสดงถึงช่วงเวลาการชาร์ตและการใช้ไฟฟ้าในระบบโดยอ้างอิงจากคู่มือการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

เป็นการสรุปข้อมูลพลังงานโซลาร์เซลล์จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดี ในช่วงเวลา 9:00-14:00 น. เฉลี่ยเป็น 5 ชั่วโมงต่อวันลงในผังรูปภาพ

3.) การหาเครื่องควบคุมการชาร์ตที่เหมาะสมกับแผงโซลาร์เซลล์และประเภทแบตเตอรี่

ผู้วิจัยได้กำหนดให้เครื่องควบคุมการชาร์ตที่เหมาะสมกับแผงโซลาร์เซลล์และประเภทแบตเตอรี่ ต้องมีค่า V เท่ากับแบตเตอรี่ โดยผู้วิจัยจะทำการคัดเลือกรุ่นของเครื่องควบคุมการชาร์ตที่เหมาะสมที่สุดจากราคาและคุณภาพการใช้งาน

4.) การหาอินเวอร์เตอร์ที่เหมาะสมกับแบตเตอรี่และเครื่องยืนยันธุรกรรม คริปโตเคอร์เรนซี

ผู้วิจัยได้กำหนดให้อินเวอร์เตอร์ที่เหมาะสมกับแผงโซลาร์เซลล์และประเภทแบตเตอรี่ ต้องมีค่า V เท่ากับแบตเตอรี่ โดยผู้วิจัยจะทำการคัดเลือกรุ่นของเครื่องควบคุมการชาร์ตที่เหมาะสมที่สุดจากราคาและคุณภาพการใช้งาน

5.) ภาพการจำลองชุดโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับความต้องการพลังงานไฟฟ้าของการ์ดจอ 1 หน่วยสำหรับใช้ในการยืนยันธุรกรรมใน 24 ชั่วโมง.

จัดทำภาพชุดโซลาร์เซลล์ระบบออฟกริดที่เหมาะสมกับเครื่องยืนยันธุรกรรมที่ได้จากการคัดเลือกอุปกรณ์สำหรับชุดโซลาร์เซลล์ที่สามารถผลิตปริมาณไฟฟ้าเพียงพอต่อการยืนยันธุรกรรมด้วยไมน์นิงริก 1 เครื่อง หน่วยโดยสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.2 สร้างเครื่องมือเพื่อหาผลตอบแทนที่ได้จากการยืนยันธุรกรรมและหา

จุดคุ้มทุน

1. ผลสรุปค่าตอบแทนของระบบการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ทำการทดลองในงานวิจัย

แสดงผลตอบแทนที่หักค่าไฟฟ้าแล้วและคาดว่าจะได้รับจากการยืนยันธุรกรรมของเหรียญคริปโต ที่ทำการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตด้วยการ์ดจอ(GPU) 1 หน่วย ในวันที่ 22 สิงหาคม 2565 และต้นทุนค่าไฟฟ้าจากภาครัฐดังนี้

กำหนดจากอัตราเงิน 1 USD มีค่าประมาณ 34.98 บาท ข้อมูลช่วงธันวาคม ปี 2565

ค่าไฟฟ้าปกติที่ผู้ยืนยันธุรกรรมที่ต้องจ่ายภาครัฐ / 24 ชั่วโมง

$$\text{ผลตอบแทนสุทธิที่หักค่าไฟฟ้าแล้ว} = (\text{นำผลตอบแทน} - \text{ค่าไฟฟ้าปกติที่ผู้ยืนยันธุรกรรมที่ต้องจ่ายภาครัฐ}) / 24 \text{ ชั่วโมง}$$

จากนั้นนำผลการคำนวณมาเทียบเคียงบัญญัติไตรยางค์ ด้วยข้อมูลแบบ 1 วันและ 1 ปี

2. คิดจุดคุ้มทุน (Return Of Investment) จากชุดโซลาร์เซลล์ที่ได้ทำการศึกษาดังนี้

ในการคำนวณหาค่าตอบแทนจากระบบการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัย ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำข้อมูลนี้มาคำนวณหากำไรเพื่อต่อยอดไปจนถึงการหาจุดคุ้มทุนเพื่อเป็นแนวทางการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการลงทุนในระยะยาว โดยแบ่งเป็น 2 กรณีดังนี้

กรณีที่ 1 หาค่าประหยัดไฟฟ้า

$$= \text{นำค่าชุดโซลาร์เซลล์ที่จำลองได้} / \text{ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้}$$

กรณีที่ 2 หาค่าประหยัดค่าไฟฟ้าและมีผลตอบแทน

$$= \text{นำค่าชุดโซลาร์เซลล์ที่จำลองได้} / \text{ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้} + \text{ผลตอบแทน}$$

กรณีที่ 1 ประหยัดค่าไฟฟ้า

$$= \frac{\text{ราคาชุดโซลาร์เซลล์}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิที่หักค่าไฟฟ้าแล้ว}}$$

กรณีที่ 2 ประหยัดค่าไฟฟ้าและมีผลตอบแทน

$$= \frac{\text{ราคาชุดโซลาร์เซลล์}}{\text{ประหยัดค่าไฟฟ้าประหยัดค่าไฟฟ้าและมีผลตอบแทนได้}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 สร้างเครื่องมือเพื่อศึกษาถึงปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในอาคารที่พักอาศัยและตรวจสอบถึงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในอาคารที่พักอาศัยในจังหวัดพิษณุโลก

ทำการตรวจสอบอาคารที่พักอาศัยตัวอย่างจากการสุ่มบ้านที่ติดตั้งโซลาร์เซลล์ในพื้นที่ชุมชนตำบลบ้านคลอง อำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก โดยแบ่งขั้นตอนการศึกษาเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1. ศึกษาถึงปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ โดยสร้างเครื่องมือเพื่อตรวจสอบถึงปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในอาคารที่พักอาศัยจากตัวอย่างกรณีศึกษา

ขั้นตอนที่ 2. ตรวจสอบถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอาคารที่พักอาศัยที่ติดตั้งโซลาร์เซลล์

3.2.1. สร้างเครื่องมือเพื่อตรวจสอบปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในอาคารที่พักอาศัยจากตัวอย่างกรณีศึกษา

ขั้นตอนที่ 1. ศึกษาถึงปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ โดยสร้างเครื่องมือเพื่อตรวจสอบถึงปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในอาคารที่พักอาศัยจากตัวอย่างกรณีศึกษาในพื้นที่ชุมชนตำบลบ้านคลอง อำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก โดยใช้เครื่องมือการหาค่าลังการผลิตไฟฟ้าต่อวัน (Wh)

$$\text{กำลังการผลิตไฟฟ้าต่อวัน (Wh)} = \text{กำลังไฟฟ้ติดตั้ง (W)} \times \text{ชั่วโมงแสงแดดสูงสุด} \times \text{ค่าประสิทธิภาพ}$$

จากสูตรการหาค่าลังขอการผลิตไฟฟ้าสูงสุดต่อวัน จะต้องตรวจสอบและบันทึกข้อมูลตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ตรวจสอบกำลังไฟฟ้าที่ติดตั้ง
2. ชั่วโมงแสงแดดสูงสุด (Peak Sun Hours)
3. ค่าประสิทธิภาพ

จากนั้นจึงสร้างแบบฟอร์มเพื่อสำรวจและสอบถามผู้พักอาศัยที่ติดตั้งโซลาร์เซลล์ในพื้นที่ชุมชนตำบลบ้านคลอง อำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง แบบฟอร์มเก็บบันทึกข้อมูล

แบบสอบถามเพื่อตรวจสอบถึงปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในอาคารที่พักอาศัยจากตัวอย่าง
กรณีศึกษา ในพื้นที่ชุมชนตำบลบ้านคลอง อำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก

บ้านหลังที่ :ติดตั้งโซลาร์เซลล์ระบบ.....

ลักษณะอาคารที่พักอาศัย :

จำนวนผู้พักอาศัย :คน

จุดประสงค์ที่ติดตั้งโซลาร์เซลล์ :

รูปที่.....

กำลังไฟสูงสุดที่ ติดตั้ง(แผง โซลาร์)(วัตต์) โดยการสัมภาษณ์	จำนวนแผง สำรวจ	อายุการใช้ งาน โดยการ สัมภาษณ์	ทิศทางการติดตั้ง/ องศา โดยการสัมภาษณ์	ทำความสะอาด โดยการสัมภาษณ์	
				ทุกวัน (100%) ✓	นานครั้ง (80%) ✓



ที่มา : ผู้จัดทำ

คำชี้แจง

แบบสอบถามเพื่อตรวจสอบถึงปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในอาคารที่พักอาศัย
จากตัวอย่างกรณีศึกษาในจังหวัดพิษณุโลกนี้ เป็นแบบสอบถามสำหรับงานวิจัย การศึกษาถึง
คุณสมบัติและปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์สำหรับการยืนยันธุรกรรมบนระบบ
บล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัย

การสำรวจตรวจสอบคุณสมบัติและการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์ในอาคารที่พักอาศัย เป็นการ
ทำการสำรวจเพื่อนำข้อมูลไปตรวจสอบปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจริงของ
แผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งในอาคารที่พักอาศัย โดยแบบการตรวจสอบปัจจัยแบ่งเป็น 3 หัวข้อ มี
รายละเอียดดังนี้

- 1.) ตรวจสอบกำลังไฟฟ้าที่ติดตั้ง
- 2.) ชั่วโมงแสงแดดสูงสุด (Peak Sun Hours)
- 3.) ค่าประสิทธิภาพ

3.1) ประสิทธิภาพของในการเปลี่ยนพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.2) ทิศทางและมุมเอียงของแผง
- 3.3) อุณหภูมิ
- 3.4) ปัจจัยฝุ่นและความสกปรกของแผง
- 3.5) ปัจจัยการเสื่อมสภาพของแผงตามอายุงาน

เมื่อได้ข้อมูลจากการสำรวจแล้วนำมาตรวจสอบในตารางหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

หัวข้อที่ 1. ตรวจสอบกำลังไฟฟ้าที่ติดตั้ง

- 1.) ตรวจสอบกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งและจำนวนของแผงโซลาร์เซลล์

ตรวจสอบกำลังไฟฟ้าที่ติดตั้ง (kW)	
ค่ากำลังไฟฟ้าสูงของแผงโซลาร์เซลล์ (W)	จำนวนของแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้ง

หัวข้อที่ 2 ชั่วโมงแสงแดดสูงสุด (Peak Sun Hours)

2.) ชั่วโมงแสงแดดสูงสุด (Peak Sun Hour) คือช่วงเวลาที่มีความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 1,000 วัตต์/ตารางเมตร โดยที่ 1 Peak Sun Hour เท่ากับพลังงานแสงอาทิตย์ 1 kWh/m² หรือประมาณ 3.6 MJ/m² โดยพิจารณาจากแนวโน้มของข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของจังหวัดพิษณุโลกในช่วง 4 ปีล่าสุดในช่วงปี 2565-2566 ค่าเฉลี่ยของ Peak Sun Hours ในภาคกลางตอนบนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับข้อมูลเดือนเมษายนมีค่า Peak Sun Hours สูงที่สุดถึง 6.2 ชั่วโมง/วัน เนื่องจากเป็นช่วงที่ดวงอาทิตย์โคจรผ่านเส้นศูนย์สูตรมาทางซีกโลกเหนือพอดี และมีค่าเฉลี่ยรายปีของ Peak Sun Hours อยู่ที่ 5.1 ชั่วโมงต่อ 1 วัน

หัวข้อที่ 3 ค่าประสิทธิภาพ

3.) ค่าประสิทธิภาพ ผู้วิจัยทำการสร้างเครื่องมือเพื่อตรวจสอบปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ ประกอบด้วยปัจจัย 5 ปัจจัยหลักๆ ดังนี้

- 3.1 ประสิทธิภาพของในการเปลี่ยนพลังงาน
- 3.2 ทิศทางและมุมเอียงของแผง
- 3.3 อุณหภูมิ
- 3.4 ปัจจัยฝุ่นและความสกปรกของแผง
- 3.5 ปัจจัยการเสื่อมสภาพของแผงตามอายุงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างเครื่องมือตรวจสอบดังนี้

3.1) ประสิทธิภาพของในการเปลี่ยนพลังงาน

สร้างเครื่องมือเพื่อตรวจสอบปัจจัยของประสิทธิภาพในการแปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแผงโซลาร์เซลล์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ที่สามารถใช้งานในบ้านหรืออาคารได้ และทำงานร่วมกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้า เนื่องจากการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับมีการสูญเสียพลังงานบางส่วน

ตรวจสอบปัจจัยของประสิทธิภาพในการแปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแผงโซลาร์เซลล์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)	
ประสิทธิภาพโซลาร์เซลล์ต่อกับโหลด = 1 ✓	ประสิทธิภาพโซลาร์เซลล์กระแสสลับ = 0.90 ✓

3.2) ทิศทางการติดตั้งแผงและมุมเอียงของแผง

สำรวจทิศทางและองศาการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์	
มุมมองการติดตั้งโซลาร์เซลล์จากการสำรวจ	ทิศทางการติดตั้งโซลาร์เซลล์จากการสำรวจ

ตารางเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพทิศทางการติดตั้งแผงและมุมเอียงของแผงโซลาร์เซลล์ในจังหวัดพิษณุโลก

ทิศทาง	มุมมองศา	ประสิทธิภาพ	✓
ทิศใต้	15-17	1	
ทิศตะวันออก	10-15	0.85	
ทิศตะวันตก	10-15	0.80	
ทิศเหนือ	ต่ำกว่า 10	0.60	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3) อุณหภูมิ

คำนวณโดยใช้ค่าประสิทธิภาพมาตรฐานของแผงโซลาร์เซลล์ทั่วไปที่ 15% และคำนวณประสิทธิภาพที่แท้จริงเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง โดยทั่วไปประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์จะลดลง 0.4-0.5% ต่อทุก 1°C ที่เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิมาตรฐาน 25°C

จากสูตร

การสูญเสียประสิทธิภาพเนื่องจากอุณหภูมิ = (อุณหภูมิแผง - 25) × สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ

ประสิทธิภาพจริง = ประสิทธิภาพพื้นฐาน × (1 + การสูญเสียประสิทธิภาพเนื่องจากอุณหภูมิ)

ตรวจสอบประสิทธิภาพด้านอุณหภูมิ						
เดือน	มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.
ประสิทธิภาพ พลังงานที่ผลิต/วัน	0.857	0.913	0.937	0.978	0.887	0.778
✓				✓		
ตรวจสอบประสิทธิภาพด้านอุณหภูมิ						
เดือน	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.
ประสิทธิภาพ พลังงานที่ผลิต/วัน	0.732	0.700	0.687	0.769	0.806	0.828
✓						

3.4) ปัจจัยฝุ่นและความสกปรกของแผง

ปัจจัยฝุ่นและความสกปรกของแผงในหัวข้อนี้ทางผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลอ้างอิงดังนี้

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2022) ได้ทำการศึกษาวิจัยอย่างละเอียดและพบว่าฝุ่นละออง เขม่าควัน ละอองเกสรดอกไม้ รวมถึงมูลนกที่เกาะบนแผงโซลาร์เซลล์สามารถลดกำลังการผลิตไฟฟ้าได้ถึง 20%

การศึกษาของเกตุวดี วงศ์ปิ่น และคณะ (2561) ได้ทำการทดลองวัดประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการทำความสะอาดด้วยน้ำเปรียบเทียบกับแผงที่ไม่ได้ทำความสะอาด ผลการศึกษาพบว่าแผงที่ไม่ได้รับการทำความสะอาดมีประสิทธิภาพลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วงที่มีปริมาณฝุ่นสูง หากทำความสะอาดนานๆ ครั้งนี้ทำประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง 20 %

ทำการสอบถามระยะเวลาทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์เพื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบค่าอัตราการบดบังของฝุ่นละอองต่างๆที่มีปัจจัยต่อการผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจสอบระยะเวลาทำความสะอาดของแผงโซลาร์เซลล์และอัตราการบัดบังของฝุ่น ละอองต่าง ๆ ลดกำลังการผลิตไฟฟ้า	
ทำความสะอาดทุกวัน = 1 ✓	ทำความสะอาดนานๆ ครั้ง = 0.80 ✓

3.5) ปัจจัยการเสื่อมสภาพของแผงตามอายุงาน โดยแบ่งตารางเปรียบเทียบเป็น 3 ประเภท
ได้แก่

ประเภทที่ 1.แผงทั่วไป

ประเภทที่ 2 แผงที่มีคุณภาพสูง

ประเภทที่ 3 N-type

โดยสร้างเครื่องมือเพื่อเทียบค่าปัจจัยการเสื่อมสภาพของแผงโซลาร์เซลล์ตามอายุงาน ที่มีผล
ต่อการผลิตไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์ โดยสร้างตารางเปรียบเทียบขึ้นมา

เปรียบเทียบประสิทธิภาพคงเหลือของแผงโซลาร์เซลล์ตามช่วงอายุ ประเภทที่ 1.แผงทั่วไป

ตรวจสอบปัจจัยการเสื่อมสภาพของแผงตามอายุงาน							
อายุการใช้งาน/ปี	1	2	3	4	5	6.	7
ประสิทธิภาพ พลังงานที่ผลิต/วัน	0.975	0.968	0.961	0.954	0.947	0.940	0.933
✓							
ตรวจสอบปัจจัยการเสื่อมสภาพของแผงตามอายุงาน							
เดือน	8	9	10	15	20	25	30
ประสิทธิภาพ พลังงานที่ผลิต/วัน	0.926	0.919	0.912	0.877	0.842	0.807	0.772
✓							

เปรียบเทียบประสิทธิภาพคงเหลือของแผงโซลาร์เซลล์ตามช่วงอายุ ประเภทที่ 2 แผงที่มีคุณภาพสูง

ตรวจสอบปัจจัยการเสื่อมสภาพของแผงตามอายุงาน							
อายุการใช้งาน/ปี	1	2	3	4	5	6.	7
ประสิทธิภาพ พลังงานที่ผลิต/วัน	0.980	0.976	0.972	0.968	0.964	0.960	0.956
✓							
ตรวจสอบปัจจัยการเสื่อมสภาพของแผงตามอายุงาน							
เดือน	8	9	10	15	20	25	30
ประสิทธิภาพ พลังงานที่ผลิต/วัน	0.952	0.948	0.944	0.924	0.904	0.884	0.864
✓							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบประสิทธิภาพคงเหลือของแผงโซลาร์เซลล์ตามช่วงอายุ ประเภทที่ 3 N-type

ตรวจสอบปัจจัยการเสื่อมสภาพของแผงตามอายุงาน							
อายุการใช้งาน/ปี	1	2	3	4	5	6.	7
ประสิทธิภาพ พลังงานที่ผลิต/วัน	0.985	0.983	0.980	0.978	0.975	0.973	0.970
✓							
ตรวจสอบปัจจัยการเสื่อมสภาพของแผงตามอายุงาน							
เดือน	8	9	10	15	20	25	30
ประสิทธิภาพ พลังงานที่ผลิต/วัน	0.968	0.965	0.963	0.950	0.938	0.925	0.913
✓							

3.2.1.1 สร้างเครื่องมือบันทึกข้อมูลการผลิตกระแสไฟฟ้าจริงของแผงโซลาร์เซลล์ จากแบบสำรวจ และแบบสอบถาม จากการศึกษาเก็บข้อมูลผู้วิจัยต้องคำนวณหา กำลังการผลิตไฟฟ้าต่อวันด้วยสูตรคำนวณ

$$\text{กำลังการผลิตไฟฟ้าต่อวัน (Wh)} = \text{กำลังไฟฟ้าติดตั้ง (W)} \times \text{ชั่วโมงแสงแดดสูงสุด} \times \text{ค่าประสิทธิภาพกำลังไฟฟ้าติดตั้ง (W)}$$

ปัจจัยทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับ 1 ตามค่ามาตรฐานของ Standard Test Conditions (STC) คือค่ากำลังการผลิตกำลังไฟฟ้า ที่มีความเข้มแสงอาทิตย์ตกกระทบ 1,000 W/m²

ค่าประสิทธิภาพหาได้โดยสูตร

$$\text{ค่าประสิทธิภาพ} = \text{ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์} \times \text{ทิศทางการติดตั้งแผงและมุมเอียงของแผง} \times \text{อุณหภูมิ} \times \text{การเสื่อมสภาพของแผง} \times \text{ค่าฝุ่น}$$

จากนั้นทำการรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาจากและการคำนวณถึงกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดต่อวันลงในตารางที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 ผลจากการตรวจสอบค่าประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ Standard Test Conditions (STC) ของของอาคารที่พักอาศัยตัวอย่างในชุมชนบ้านคลอง จังหวัดพิษณุโลก

ลำดับ บ้าน หลังที่	ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์					ค่าประสิทธิภาพการ ผลิตกระแสไฟฟ้าจาก โซลาร์เซลล์
	ประสิทธิภาพ ของ อินเวอร์เตอร์	ทิศทางการติดตั้ง แผงและมุมเอียงของ แผง	อุณหภูมิ	การ เสื่อมสภาพ ของแผง	ค่าฝุ่น	
1						
2						
3						
4						
5						

ที่มา : ผู้จัดทำ

ตารางที่ 3.8 ผลจากการตรวจสอบปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ของอาคารที่พักอาศัย
ตัวอย่างในชุมชนบ้านคลอง จังหวัดพิษณุโลก

ลำดับ บ้าน หลังที่	รูปประกอบ	กำลังไฟสูงสุดที่ ติดตั้ง (W)	ชั่วโมงแดดสูงสุด	ค่าประสิทธิภาพ ของแผงโซลาร์เซลล์ (STC)	ปริมาณการผลิต ไฟฟ้าจากโซลาร์ เซลล์/วัน (Wh)
1					
2					
3					
4					
5					

ที่มา : ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของตาราง

ช่องที่ 1. ลำดับของบ้าน

ช่องที่ 2. รูปประกอบของบ้านทั้ง 5 หลังตามลำดับ

ช่องที่ 3. กำลังไฟฟ้าสูงสุดของโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้ง

ช่องที่ 4. ชั่วโมงแสงสูงสุดในพื้นที่สำรวจ

ช่องที่ 5. ผลค่าประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์

ช่องที่ 6. ผลปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ต่อ 1 วัน (ที่มีชั่วโมงแสงสูง)

3.2.2. สร้างเครื่องมือเพื่อตรวจสอบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าของผู้พักอาศัย

3.2.2.1. ทำการสำรวจกำลังอุปกรณ์ไฟฟ้า จำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าและจำนวนที่ใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในระยะเวลาโดยเฉลี่ย 1 วัน

$$\text{ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า} = \text{กำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ (W)} \times \text{จำนวนอุปกรณ์} \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้}$$

ทำการตรวจสอบและสำรวจกำลังอุปกรณ์ไฟฟ้า จำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าและจำนวนที่ใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในระยะเวลาโดยเฉลี่ย 1 วัน ของอาคารที่พักอาศัยตัวอย่างจำนวน 5 หลัง ในเขตตำบลบ้านคลอง อำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก โดยแบบเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1. ทำการออกสำรวจเพื่อเก็บข้อมูล

โดยการสำรวจจะมีอุปกรณ์สำหรับสำรวจและแบบฟอร์มซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตัวอย่าง แบบฟอร์มเก็บบันทึกข้อมูล

แบบสำรวจเพื่อตรวจสอบถึงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าของผู้พักอาศัย
การสำรวจพฤติกรรมผู้อยู่อาศัยและกำลังอุปกรณ์ไฟฟ้าบ้านหลังที่.....

มีจำนวนสมาชิกในบ้าน.....คน

1. เพศอายุ ปี อาชีพ

2. เพศอายุ ปี อาชีพ

ตารางแสดงพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและปริมาณการใช้ไฟฟ้าของบ้านหลังที่

ลำดับ	อุปกรณ์ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	จำนวนเครื่อง	จำนวนคนที่ใช้งาน	ระยะเวลาที่ใช้งานเฉลี่ยต่อวัน			ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยต่อวัน (วัตต์)		
					เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา
					10:00-15:00 น.	15:01 - 9:59 น.	0:00-23:59 น.	10:00 - 15:00 น.	15:01 - 9:59 น.	0:00-23:59 น.

รายละเอียดของตาราง

ช่องที่ 1.ลำดับอุปกรณ์

ช่องที่ 2.ชื่อของอุปกรณ์ไฟฟ้า

ช่องที่ 3.กำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้า (วัตต์)

ช่องที่ 4 จำนวนอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทนั้นๆ

ช่องที่ 5 จำนวนสมาชิกที่มีการใช้งานอุปกรณ์ประเภทนั้นๆ

ช่องที่ 6. ระยะเวลาที่ใช้งานเฉลี่ยต่อวัน โดยจะแบ่งเป็น 2. ช่วงเวลา

ช่องที่ 7 เป็นช่องที่รวมปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยต่อวัน (วัตต์)

เครื่องใช้ไฟฟ้าของบ้านตัวอย่างทั้ง 5 หลัง ในตำบลบ้านคลอง อำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก

** เลือกคำนวณเฉพาะช่องสีเหลือง คือเฉพาะช่วงที่มีชั่วโมงแดดสูง (Peak Sun Hours)

ตามขอบเขตข้อที่ 1.3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสำรวจของแบบฟอร์ม แบบสำรวจเพื่อตรวจสอบถึงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าของผู้พักอาศัย โดยบันทึกข้อมูลลงในตารางบ้านหลังที่ 1,2,3,4,5 เรียงตามลำดับ

ตารางที่ 3.9 แสดงพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าบ้านหลังที่.....

ลำดับ	อุปกรณ์ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	จำนวนเครื่อง	จำนวนคนที่ใช้งาน	ระยะเวลาที่ใช้งานเฉลี่ยต่อวัน (หาค่าเฉลี่ย 1 สัปดาห์)			ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยต่อวัน (วัตต์)		
					เวลา 10:00-15:00 น.	เวลา 15:01 - 9:59 น.	เวลา 0:00-23:59 น.	เวลา 10:00 - 15:00 น.	เวลา 15:01 - 9:59 น.	เวลา 0:00-23:59 น.

รายละเอียดของตาราง

ช่องที่ 1. ลำดับอุปกรณ์

ช่องที่ 2. ชื่อของอุปกรณ์ไฟฟ้า

ช่องที่ 3. กำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้า (วัตต์)

ช่องที่ 4 จำนวนอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทนั้นๆ

ช่องที่ 5 จำนวนสมาชิกที่มีการใช้งานอุปกรณ์ประเภทนั้นๆ

ช่องที่ 6. ระยะเวลาที่ใช้งานเฉลี่ยต่อวัน โดยจะแบ่งเป็น 2. ช่วงเวลาคือ

1. ช่วง เวลา 10:00-15:00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีชั่วโมงแดดสูง ทำการศึกษาเฉพาะช่วงที่มี ชั่วโมงแดดสูง (Peak Sun Hours) เท่านั้น

2. ช่วง เวลา 15:01 -9:59 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีชั่วโมงแดดต่ำ

ช่องที่ 7 เป็นช่องที่รวมปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยต่อวัน (วัตต์)

ส่วนที่ 1. แสดงตารางข้อมูลพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของอาคารที่พักอาศัยทั้ง 5 หลัง โดยละเอียด ทำการศึกษาเฉพาะช่วงที่มีชั่วโมงแดดสูง (Peak Sun Hours) เท่านั้น

ส่วนที่ 2 ตารางสรุปพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้า

เครื่องใช้ไฟฟ้าของบ้านตัวอย่างทั้ง 5 หลัง ในตำบลบ้านคลอง อำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.10 ตารางสรุปตารางข้อมูลพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของอาคารที่พักอาศัยทั้ง 5 หลัง

ลำดับ บ้าน หลังที่	ปริมาณไฟฟ้าที่ผู้พักอาศัยใช้งานเฉลี่ยต่อวัน		
	ระยะเวลา 5 ชั่วโมง ประสิทธิภาพ เวลา 10:00 – 15:00 น.	ระยะเวลา 19 ชั่วโมง เวลา 15:01-9:59 น.	ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เวลา 0:00-23:59 น.
1			
2			
3			
4			
5			

ที่มา : ผู้จัดทำ

รายละเอียด

ตารางนี้แสดงถึงระยะเวลาที่ใช้งานเฉลี่ยต่อวัน โดยจะแบ่งเป็น 3. ช่วงเวลาคือ

1. ช่วง เวลา 10:00–15:00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีชั่วโมงแดดสูง
2. ช่วง เวลา 15:01 -9:59 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีชั่วโมงแดดต่ำ
3. รวมช่วงเวลาตลอด 1 วัน

** เลือกคำนวณเฉพาะช่องสีเหลือง คือเฉพาะช่วงที่มีชั่วโมงแดดสูง (Peak Sun Hours)

ตามขอบเขตข้อที่ 1.3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3. ทำการเปรียบเทียบอาคารที่พักอาศัย ที่มีพฤติกรรมใช้ไฟฟ้าน้อยกว่าที่ชุดโซลาร์เซลล์ผลิตได้

นำข้อมูลในส่วนของของ ขั้นตอนที่ 1.ศึกษาถึงปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ โดยสร้างเครื่องมือเพื่อตรวจสอบถึงปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในอาคารที่พักอาศัย จากตัวอย่างกรณีศึกษาและขั้นตอนที่ 2. ตรวจสอบถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอาคารที่พักอาศัยที่ติดตั้งโซลาร์เซลล์ มารวบรวมในตารางที่ 3.10 เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างกำลังผลิตจากโซลาร์เซลล์กับปริมาณไฟฟ้าที่ผู้พักอาศัยใช้งาน

ตารางที่ 3.11 ตารางเปรียบเทียบระหว่างปริมาณการไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้พักอาศัยชุมชนบ้านคลองหิ้ง 5 หลัง

ลำดับ	กำลังการผลิตไฟฟ้า	ปริมาณไฟฟ้าที่ผู้พักอาศัยใช้งานเฉลี่ยต่อวัน			ค่าความแตกต่างระหว่างกำลังผลิตจากโซลาร์เซลล์กับปริมาณไฟฟ้าที่ผู้พักอาศัยใช้งาน
		ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เวลา 0:00-23:59 น.	ระยะเวลา 19 ชั่วโมง เวลา 15:01 -9:59 น.	ระยะเวลา 5 ชั่วโมง ประสิทธิภาพ เวลา 10:00 – 15:00 น.	
บ้าน	ต่อวัน (kWh)				
หลัง					
ที่					

ที่มา : ผู้จัดทำ

** เลือกลำดับเฉพาะช่องสี่เหลี่ยม คือเฉพาะช่วงที่มีชั่วโมงแดดสูง (Peak Sun Hours)
ตามขอบเขตข้อที่ 1.3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง

การหาคุณสมบัติและปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์สำหรับการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัย ผู้วิจัยเริ่มจากการหาคุณสมบัติของอุปกรณ์ต่างๆที่เป็นส่วนประกอบในเครื่องยืนยันธุรกรรม และกำหนดคุณสมบัติของอุปกรณ์นั้นเพื่อนำไปคำนวณหาความต้องการพลังงานไฟฟ้าของเครื่องยืนยันธุรกรรม เพื่อนำค่านี้ไปหาคุณสมบัติของโซลาร์เซลล์ที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการของพลังงานไฟฟ้าของเครื่องยืนยันธุรกรรม โดยกำหนดวิธีการทดลอง 2 หัวข้อใหญ่

4.1. การคำนวณถึงความต้องการพลังงานไฟฟ้าของการ์ดจอ 1 หน่วย สำหรับการยืนยันธุรกรรมใน 24 ชั่วโมง.

4.2. การศึกษาถึงปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในอาคารที่พักอาศัยและตรวจสอบถึงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในอาคารที่พักอาศัยในชุมชนบ้านคลอง จังหวัดพิษณุโลกมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1. การคำนวณถึงความต้องการพลังงานไฟฟ้าของการ์ดจอ 1 หน่วย สำหรับการยืนยันธุรกรรมใน 24 ชั่วโมง.

4.1.1. การคัดเลือกคุณสมบัติของการ์ดจอจากผู้ที่ทำกรยืนยันธุรกรรมจริง

ในขั้นต่อสัมภาษณ์เพื่อเก็บข้อมูลจากผู้ที่ทำกรยืนยันธุรกรรมจริง เพื่อคัดเลือกการ์ดจอด้วยการสำรวจข้อมูลตัวแทนกลุ่มผู้ที่ยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีด้วยการ์ดจอ (GPU) ของกลุ่มผู้ที่ยืนยันธุรกรรมในระบบบล็อกเชนในประเทศไทยจากทางกลุ่มเฟซบุ๊ก “CRYPTOTHAILAND” เป็นจำนวน 10 ท่าน ในช่วงกรกฎาคม-สิงหาคม 2565.

โดยรายละเอียดของแบบสอบถามจะเป็นการสัมภาษณ์เพื่อนำไปสู่การคัดเลือกหารุ่นที่มีถูกเลือกใช้มากที่สุดจากกลุ่มผู้ที่ยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนในประเทศไทย โดยมีการทดลองดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.1. การรวบรวมข้อมูลการเลือกใช้การ์ดจอรุ่นต่างๆและข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้อง การยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของตัวแทนผู้ให้สัมภาษณ์ลงในตารางที่ 4.1.

ตาราง 4.1 ตารางแสดงข้อมูลการเลือกใช้การ์ดจอรุ่นต่างๆและข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของตัวแทนผู้ให้สัมภาษณ์

ลำดับ	ชื่อรุ่นการ์ดจอ (GPU)	คุณลักษณะการ์ดจอ			
		จำนวน/ใบ	ชั่วโมงการใช้งาน/วัน	อายุการใช้งาน/ปี	ยืนยันธุรกรรมเหรียญ
1.	NVIDIA RTX 4090NVIDIA	6	24	3	ETH
2.	RTX 3070TINVIDIA	247	24	4	ETH
3.	RTX 2080NVIDIA	4	24	4	ETH
4.	GTX 1080 Ti	22	24	5	ETH
5.	AMD RX 6900 XT	-	-	-	-
6.	AMD RX 5700 XT	-	-	-	-
7.	AMD RX 580	-	-	-	-
8.	AMD RX 480.	10	24	8	KASPA

ที่มา : ผู้วิจัย

จากการสำรวจข้อมูลตัวแทนกลุ่มผู้ที่ทำการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีด้วยการ์ดจอ (GPU) ที่ประกอบด้วยรุ่น NVIDIA RTX 4090NVIDIA, RTX 3070TINVIDIA, RTX 2080NVIDIA, GTX 1080 Ti, AMD RX 6900 XT, AMD RX 5700 XT และ AMD- RX 580AMD RX 480. ของกลุ่มผู้ที่ยืนยันธุรกรรมในระบบบล็อกเชนในประเทศไทยจากทางกลุ่มเฟซบุ๊ก “CRYPTOTHAILAND” กลุ่มไลน์และสัมภาษณ์โดยตรงจำนวน 10 ท่าน ในช่วงเดือนมิถุนายนจนถึงเดือน สิงหาคม 2565. พบว่าการ์ดจอ (GPU) ที่เหมาะสมและมีความนิยมในกลุ่มของผู้ที่ทำการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยคือรุ่น GALAX VGA CARD RTX 3070TINVIDIA เป็นร้อยละ 80 ของผลสำรวจ

4.1.1.2 การคัดเลือกเหรียญคริปโตที่จะนำมาศึกษา

เหรียญคริปโตที่จะนำมาศึกษาเป็นเหรียญที่ทำการยืนยันธุรกรรมโดยใช้การ์ดจอ(GPU) ที่มีความนิยมและมูลค่าสูงที่สุดในตลาด ซึ่งเกณฑ์ในการคัดเลือกเหรียญคริปโตที่จะนำมาศึกษาโดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.) เปรียบเหรียญคริปโตเป็นเหรียญมีการซื้อขายมากที่สุด 3 อันดับแรกในไทย.

จากข้อมูลของสำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์ (ก.ล.ต.) ณ วันที่ 24 พฤษภาคม 2564 พบว่ามีข้อมูลจำนวนบัญชีซื้อขายสินทรัพย์ดิจิทัลภายในประเทศไทยทั้งหมดประมาณ 1.275 ล้านบัญชี โดยภายในปี 2564 มีผู้เปิดบัญชีมากถึงจำนวน 1.165 ล้านบัญชีมูลค่าการซื้อขาย Cryptocurrency ในไทย ปี 2563 จำนวน 44 ล้านบาท ปี 2564 จำนวน 632 ล้านบาทและสกุลเงินดิจิทัลที่มีการซื้อขายมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ Bitcoin, Dogecoin และ Ethereum ตามลำดับ

อ้างอิงจากข้อมูลที่ได้ศึกษาจาก investing.com ซึ่งเป็นหนึ่งเว็บไซต์ที่นิยมในตลาดของคริปโตเคอร์เรนซี โดยเลือกแสดงรายละเอียดคริปโตเคอร์เรนซีที่มีการซื้อขายมากที่สุด 3 อันดับแรกในไทยดังนี้

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงราคาคริปโตเคอร์เรนซีที่มีการซื้อขายมากที่สุด 3 อันดับแรกในไทย

ลำดับ	ชื่อเหรียญ	ราคาย้อนหลัง 4 เดือน(USD)			
		June 65	July65	Aug 65	Sep 65
1	BTC.(Bitcoin)	31,792	19,938	23,294	20,058
2	DOG.(Dogecoin)	0.085840	0.066310	0.068110	0.061360
3	ETH.(Ethereum)	1,941.78	1,0968.66	1,680.07	1,555.18

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงราคาคริปโตเคอร์เรนซี (สกุลเงินดิจิทัล) ตั้งแต่เดือน มิถุนายน –เดือน สิงหาคม 2565 โดยเลือกจากคริปโตเคอร์เรนซี ที่มีการซื้อขายมากที่สุด 3 อันดับแรกในไทย

ที่มา : <https://th.investing.com/crypto/ethereum/historical-data>

2.) วิเคราะห์และทำการคัดกรองเหรียญที่จะใช้ในงานวิจัย โดยมีเกณฑ์ดังนี้

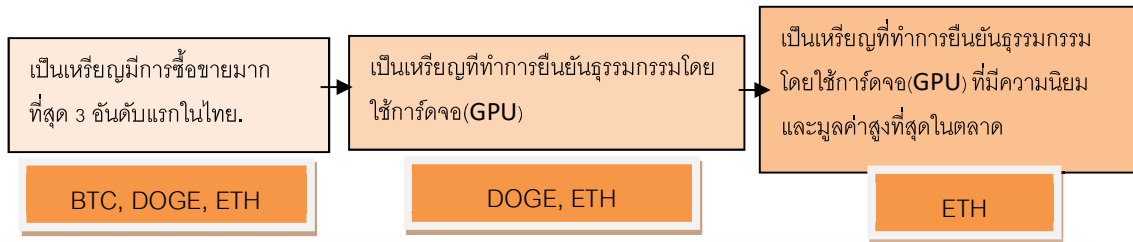
2.1.) เป็นเหรียญที่มีการซื้อขายมากที่สุด 3 อันดับแรกในไทย โดยใช้ข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์(ก.ล.ต.) ในการคัดกรองหาเหรียญที่มีการซื้อขายมากที่สุดในประเทศไทย

2.2.) เป็นเหรียญที่ทำการยืนยันธุรกรรมโดยใช้การ์ดจอ(GPU)

2.3.) เป็นเหรียญที่ทำการยืนยันธุรกรรมโดยใช้การ์ดจอ (GPU)และมีมูลค่าสูงที่สุดในตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการคัดกรองทั้ง 3 ข้อกำหนดตามรูปที่ 4.1 สรุปได้ว่าเหรียญเอเธอเรียม หรือ ETH.เหมาะสำหรับการศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้มากที่สุด



รูปที่ 4.1 ผังลำดับการคัดกรองคุณลักษณะที่จะทำการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน
ที่มา :ผู้จัดทำ

4.1.1.3.การตรวจสอบความต้องการพลังงานไฟฟ้าของการ์ดจอ 1 หน่วย เพื่อใช้ในการยืนยันธุรกรรมใน 24 ชั่วโมง.

- 1.การสำรวจอาคารที่พักอาศัยที่เป็นผู้ยืนยันธุรกรรมจริง
ทำการสำรวจลงพื้นที่จริงตามสถานที่ในรูป



รูปที่ 4.2 ภาพอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และโครงสร้างสำหรับยึดติดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์
ที่มา : ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.2. การจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับยืนยันชั้นธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน

การจัดเตรียมอุปกรณ์ตามที่ได้ข้อมูลการสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อใช้สำหรับการยืนยันชั้นธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนได้แก่ Rig จำนวน 1 ชุด

2..การการจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับยืนยันชั้นธุรกรรมของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัย ต้องประกอบด้วยอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และโครงสร้างสำหรับยึดติดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ดังรูป 4.2 ซึ่งประกอบด้วยรายการดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.3 ภาพอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และโครงสร้างสำหรับยึดติดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์

ที่มา : ผู้วิจัย

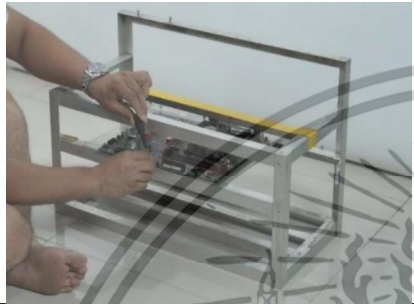




1. โครงอลูมิเนียมสำหรับยึดติดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์
2. เมนบอร์ด ยี่ห้อ MSI MPG Z390 Gaming Plus และ CPU Core I 7 Gen 13
3. แรม ยี่ห้อ KINGSTON HyperX FURY BLACK 8GB
4. SSD (Solid State Drive) ยี่ห้อ Apacer As340 Panther
5. Riser Card
6. การ์ดจอหรือหน่วยประมวลผลกราฟฟิก ยี่ห้อ ASUS รุ่น TUF GAMING GEFORCE RTX 3070 TI
7. PSU ขนาด 850 วัตต์ ยี่ห้อ Gigabyte
8. สาย LAN หัว cat 6
9. จอ LED 15 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ประกอบชุดอุปกรณ์สำหรับการยืนยันรัฐธรรมนูญบนระบบบล็อกเชน

ทำการสัมภาษณ์สำรวจขั้นตอนสรุปขั้นตอนการประกอบชุดอุปกรณ์ Rig จำนวน 1 หน่วย โดยมีขั้นตอนการประกอบชุดอุปกรณ์ดังนี้

ตารางที่ 4.3. ภาพแสดงถึงขั้นตอนการยืนยันรัฐธรรมนูญบนระบบบล็อกเชนเป็นลำดับขั้นที่ได้จากการสอบถามและสำรวจ

รูปภาพ	ลำดับ/รายละเอียดขั้นตอน
	1. นำเมนบอร์ดมาประกอบบนโครงสร้างอลูมิเนียม ด้วยการยึดน็อตบนฐานอะคริลิกเพื่อเป็นฉนวนกันไม่ได้ไฟจากเมนบอร์ดรั่วไหลไปยังโครงอลูมิเนียม เพื่อป้องกันเกิดการชอร์ตได้
	2. นำ RAM มาประกอบใส่กับเมนบอร์ด
	3. นำ SSD มาประกอบใส่กับเมนบอร์ด เชื่อมต่อด้วยสาย SATA เพื่อส่งข้อมูลเข้าโปรแกรมการยืนยันรัฐธรรมนูญไปยังเมนบอร์ด
	4. นำ PSU ขนาด 850 วัตต์ ยี่ห้อ Gigabyte มาเสียบกับเมนบอร์ด
	5. ติดตั้ง Riser โดยวางไว้ที่คานอลูมิเนียมที่คาดด้วยเทปกาวผ้าแล้วเสียบสายข้อมูลให้เชื่อมต่อกับ port การ์ดจอ 6. นำการ์ดจอมาเสียบเข้ากับ Riser จากนั้นทำการยึดการ์ดจอเข้ากับโครงอลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3(ต่อ)

รูปภาพ	ลำดับ/รายละเอียดขั้นตอน
	7.นำสายไฟ 8 pin จาก PSU เพื่อเลี้ยงการ์ดจอ 8.เมื่อติดตั้งการ์ดจอ
	9.นำสายปลั๊กไฟมาเชื่อมกับ PSU เพื่อจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ
	10. นำสาย LAN มาเสียบเข้ากับพอร์ตที่เมนบอร์ด เพื่อเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและใช้ในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน และเชื่อมต่อ monitor เพื่อดูการประมวลผล การยืนยันธุรกรรม
	11.ต่อสาย LAN เชื่อมต่อจอ LED เพื่อตรวจสอบสถานะการทำงานของเครื่องยืนยันธุรกรรม

4. ขั้นตอนทดลองการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนโดยโปรแกรม Simple Mining. การยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนโดยโปรแกรม Simple Mining แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 4.4 หน้าเว็บไซต์ของโปรแกรมการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน Simple Mining

ที่มา : <https://simplemining.net/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.ทดสอบระบบอัลกอริทึมของ โปรแกรม Simple Mining บนระบบปฏิบัติการลินุกซ์ Linux จนระบบสามารถเชื่อมต่อใช้งานได้ จากนั้นจึงทำการทดลองยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ในวันที่ 22 สิงหาคม 2565 โดยกำหนดค่าการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนเป็นเหรียญ อีทอมเรียม (ETH) ที่ได้ทำการศึกษาคัดกรองไว้

4.2.ทำการยืนยันธุรกรรมผู้ยืนยันธุรกรรมสามารถตรวจสอบสถานะการยืนยันธุรกรรมผ่านการแอปพลิเคชัน simple mining ผ่านโทรศัพท์มือถือได้จากทุกที่มีอินเทอร์เน็ต

ยืนยันธุรกรรมสามารถตรวจสอบสถานะการยืนยันธุรกรรมผ่านการแอปพลิเคชัน simple mining ผ่านโทรศัพท์มือถือได้จากทุกที่มีอินเทอร์เน็ต จากนั้นทำการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนและบันทึกค่าการใช้ไฟฟ้าจากการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนในระยะเวลา 24 ชั่วโมง



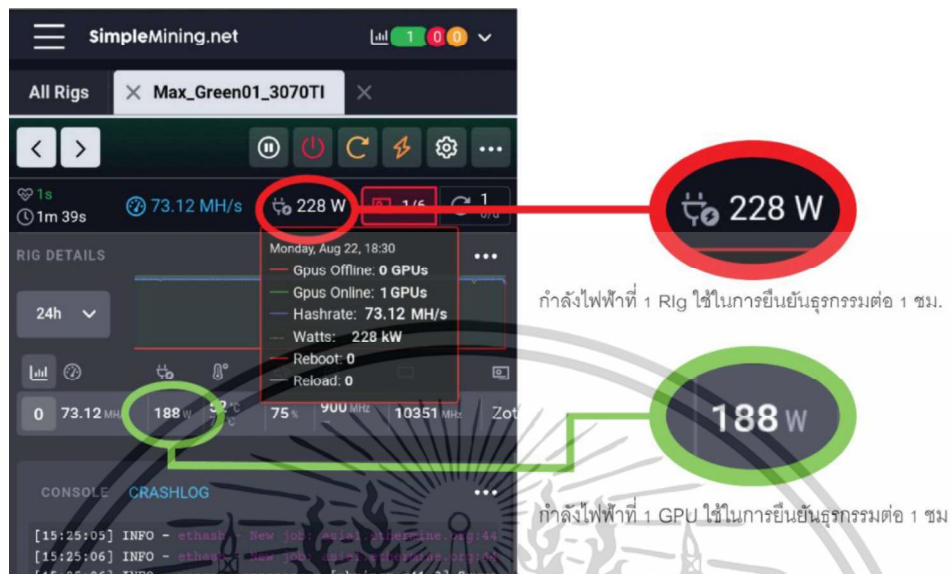
รูปที่ 4.5 ทำการตรวจสอบสถานะการยืนยันธุรกรรมผ่านแอปพลิเคชัน simple mining ผ่านโทรศัพท์มือถือ

ที่มา : ผู้วิจัย

4.3.บันทึกค่าการใช้ไฟฟ้าจากการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนในระยะเวลา 1 ชั่วโมง ในวันที่ 22 สิงหาคม 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.3. การหาปริมาณพลังงานไฟฟ้าของการ์ดจอ 1 หน่วย เพื่อใช้ในการยืนยันธุรกรรมใน 24 ชั่วโมง.



รูปที่ 4.6 หน้าโปรแกรม Simple Mining ที่ใช้ในการยืนยันธุรกรรมเหรียญเอเธอเรียม (ETH)

ข้อมูลการยืนยันธุรกรรม ณ วันที่ 22 สิงหาคม 2565

ที่มา : ผู้วิจัย

จากรูป 4.6 เป็นภาพแสดงการประมวลผลของโปรแกรม Simple Mining ที่แสดงค่าต่างๆในการยืนยันธุรกรรมเหรียญเอเธอเรียม ETH จะเห็นว่าในโปรแกรมแสดงค่าปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในการยืนยันธุรกรรมในระยะเวลา 24 ชั่วโมง
หาปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าของ GPU 1 ใบ

จากสูตรการคำนวณกำลังไฟฟ้า

$$W(\text{watt}) = A(\text{amp}) \times V(\text{volt})$$

จากสูตรการคำนวณค่าไฟฟ้า

$$[[\text{กำลังไฟฟ้า (วัตต์)} \times \text{จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า}] \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้ใน 1 วัน}] \times \text{อัตราค่าไฟต่อหน่วยไฟฟ้า}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยืนยันธุรกรรมใน 1 Rig คือ 228 W ต่อ 1 ชั่วโมง ทำให้สามารถคำนวณหาปริมาณไฟฟ้าที่ 1 Rig ใช้ในการยืนยันธุรกรรมใน 1 วัน ด้วยการนำ 228 W ไปคูณ 24 ซึ่งเป็นจำนวนชั่วโมงใน 1 วัน

วิธีการคำนวณ $228 \text{ W} \times 24 = 5,472 \text{ Wh}$ ต่อ 1 วัน

ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณไฟฟ้าที่ 1 GPU ใช้ในการยืนยันธุรกรรมเหรียญ ETH ใน เวลา 1 วัน เท่ากับ 5,472 Wh

ทำการศึกษาและแสดงผลตอบแทนการยืนยันธุรกรรมของเหรียญคริปโต
ศึกษาและแสดงผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับจากการยืนยันธุรกรรมของเหรียญ ETH. ที่ทำการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีของการ์ดจอ (GPU) 1 หน่วยในระยะเวลา 24 ชั่วโมง เป็นจำนวน 1.71 USD หรือประมาณ 59.82 บาท
โดยมาจากสูตรการคำนวณ

$$= wh \left(\frac{K}{1000} \right) \times \text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (เกินกว่า 400 หน่วย ของปี 65)}$$

ต้นทุนการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญ ETH. โดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากภาครัฐ
หาค่าจาก

$$= 5472 \times \left(\frac{K}{1000} \right) \times 4.417 \text{ บาท}$$

สรุปค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายภาครัฐ = 24.17 บาท จากผลตอบแทน 59.82 บาท/วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2. การศึกษาหาชุดโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับความต้องการพลังงานไฟฟ้าของมินิ นิงริก 1 เครื่อง สำหรับใช้ในการยืนยันธุรกรรมใน 24 ชั่วโมง

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกระบบออฟกริดเนื่องจากเป็นระบบที่สอดคล้องในการยืนยันธุรกรรมมากที่สุดจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งระบบออฟกริดจะประกอบด้วยแผงโซลาร์เซลล์ เครื่องควบคุมการชาร์จ (Charger) แบตเตอรี่ อินเวอร์เตอร์ โดยวิธีการหาชุดโซลาร์เซลล์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการยืนยันธุรกรรมเหรียญดิจิทัล

4.1.2.1 การหาชุดโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับความต้องการพลังงานไฟฟ้าของการจัด
จอบ 1 หน่วย เพื่อใช้ในการยืนยันธุรกรรมใน 24 ชั่วโมง.

1.) การคัดเลือกชนิดและขนาดของแบตเตอรี่ที่เหมาะสม

การหาขนาดและประเภทของแบตเตอรี่ที่มีขนาดกำลังไฟฟ้าเพียงพอต่อการยืนยัน
ธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซี ด้วย 1 GPU ในเวลา 1 วัน

การหาขนาดแบตเตอรี่ควรนำกำลังไฟฟ้าที่ต้องการใช้ทั้งหมดมาคำนวณโดยคิดเป็น
ร้อยละ 90 ของขนาดแบตเตอรี่ เพื่อรักษาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ให้สามารถใช้งานได้นาน ดังนั้นการ
หาขนาดของแบตเตอรี่จึงมีวิธีการคำนวณดังนี้

กำลังไฟฟ้าที่ 1 GPU ใช้ใน 1 วัน \div 0.9 = กำลังไฟฟ้าที่แบตเตอรี่สามารถจุได้

$$5,472 \text{ W} \div 0.9 = 6,080 \text{ W}$$

สรุปได้ว่าเกณฑ์การหาแบตเตอรี่ที่เหมาะสมจะต้องมีกำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่าหรือ
ใกล้เคียง 6,080 W/1day

ผู้วิจัยได้ทำการเลือกประเภทแบตเตอรี่เป็นลิเทียมไอออนฟอสเฟต (Lithium Iron-
Phosphate) เนื่องจากเป็นประเภทแบตเตอรี่ที่มีอายุการใช้งานนานที่สุด โดยทำการคัดเลือกมา 3
ขนาดคือ 12 V 200 AH, 24 V 200 AH และ 48 V 200 AH



รูปที่ 4.7 ภาพแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต 12 V 200 AH, 24 V 200 AH และ 48 V 200 AH
ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก specification ของแบตเตอรี่ไม่ได้ระบุปริมาณไฟฟ้า (watt) แต่จะเป็น กระแสไฟฟ้า (amp) และแรงดันไฟฟ้า (volt) ซึ่งผู้วิจัยสามารถหา watt / hour ได้จาก การคำนวณ สูตรการหากำลังไฟฟ้างดังนี้

$$W \text{ (watt)} = A \text{ (amp)} \times V \text{ (volt)}$$

แบตเตอรี่ ลิเธียมฟอสเฟต ขนาด 12 V 200 AH มีกำลังไฟฟ้าเท่ากับ $12 \times 200 = 2,400 < 6,080$

แบตเตอรี่ ลิเธียมฟอสเฟต ขนาด 24 V 200 AH มีกำลังไฟฟ้าเท่ากับ $24 \times 200 = 4,800 < 6,080$

แบตเตอรี่ ลิเธียมฟอสเฟต ขนาด 48 V 200 AH มีกำลังไฟฟ้าเท่ากับ $48 \times 200 = 9,600 > 6,080$

จากการสรุปเกณฑ์การหาแบตเตอรี่ที่เหมาะสมกับการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อก - เชน ด้วย 1 GPU สามารถสรุปได้ว่า แบตเตอรี่ลิเธียมฟอสเฟต ขนาด 48 V 200 AH เป็นแบตเตอรี่ที่เหมาะสมต่อการยืนยันธุรกรรมด้วย 1 GPU มากที่สุด เนื่องจากเป็นแบตเตอรี่ประเภทเดียวที่มีกำลังไฟฟ้า มากกว่าและใกล้เคียงกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการยืนยันธุรกรรมด้วย 1 GPU มากที่สุด



รูปที่ 4.8 ภาพแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟต 48 V 200 AH

2.) การคัดเลือกประเภทของโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับแบตเตอรี่ จากแผงโซลาร์เซลล์มีทั้งหมด 3 ประเภท คือ

1. โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline Silicon Solar Cells)
2. โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline Silicon Solar Cells)
3. แผงโซลาร์เซลล์ชนิด ฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cells)

จากคุณสมบัติของโซลาร์เซลล์ในแต่ละประเภทที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้กำหนด

พื้นที่ในการทำการทดลอง คือ อำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลกประเทศไทย ซึ่งมีลักษณะภูมิอากาศร้อน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยจึงเลือกประเภทของแผงโซลาร์เซลล์ที่จะนำมาใช้ในการทดลองเป็นแบบโพลีคริสตัลไลน์ เนื่องจากเป็นประเภทที่ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดีในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูง และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

โดยการคัดเลือกขนาดของโซลาร์เซลล์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพียงพอกับขนาดของแบตเตอรี่ โดยที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาขนาดของโซลาร์เซลล์ที่มีขนาดเหมาะสมกับขนาดของแบตเตอรี่ โดยมีเกณฑ์การคัดเลือก 2 เรื่อง คือ

2.1.) การเปรียบเทียบจากความคุ้มค่าในเรื่องการประหยัดพื้นที่ โดยดูจากขนาดแผงโซลาร์เซลล์ / วัตต์ W

ผู้ทำวิจัยได้ทำการศึกษาตัวอย่างโซลาร์เซลล์ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาด โดยคัดเลือกผู้ขาย คือ โซลาร์ ซ็อบ ไทยแลนด์ เนื่องจากเป็นเจ้าใหญ่ขายโซลาร์เซลล์ให้กับบริษัทอุตสาหกรรมใหญ่หลายบริษัท ราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ขายเจ้าอื่นในท้องตลาด ก่อตั้งมานาน และมีความน่าเชื่อถือที่สุด

ผู้วิจัยจึงศึกษาตัวอย่างโซลาร์เซลล์ที่มีขายอยู่ในโซลาร์ ซ็อบ ดังภาพ XX เนื่องจากเกณฑ์การประหยัดพื้นที่ โซลาร์เซลล์ที่คัดเลือกต้องมีคุณสมบัติในการผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากที่สุดต่อ 1 แผง ผู้วิจัยจึงทำการคัดเลือกขนาดของโซลาร์เซลล์มา 3 ขนาดที่ คือ ชั้นฟรี โพลีคริสตัลไลน์ ขนาด 350 W, 200 W, 160W โดยเปรียบเทียบราคาจาก 3 แหล่งร้านค้า คือร้าน SOLAR SHOP, JINGSUN SHOP และร้าน A SOLAR CELL SHOP

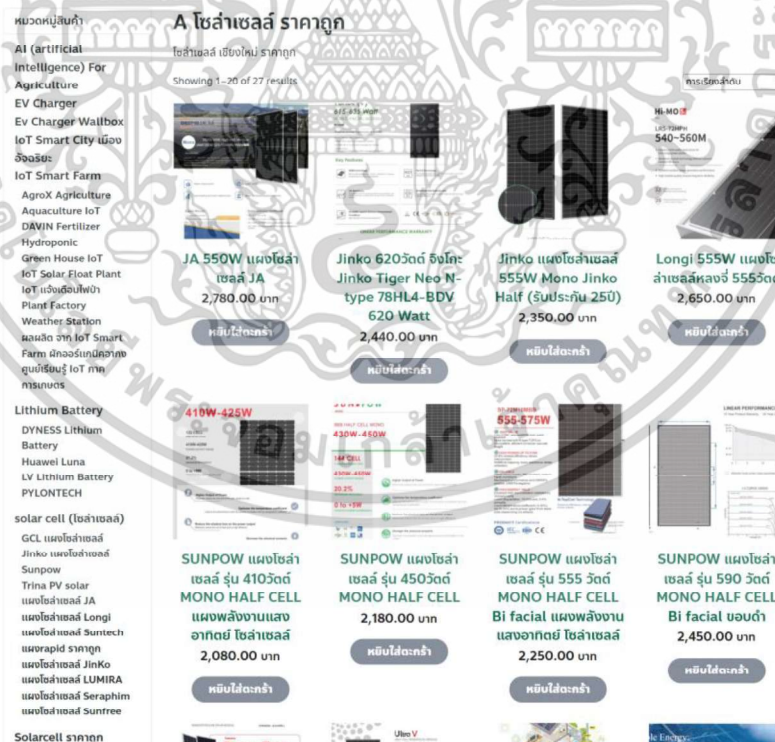
Category	Sunfree Polycrystalline 350W	Solarshop Polycrystalline 160W	Solarshop Polycrystalline 200W	Solarshop Polycrystalline 120W
Panel / แผง - Poly / โพลี	฿3,680.00	฿2,350.00	฿2,650.00	฿1,850.00
Charger / ชาร์จเจอร์				
Inverter / อินเวอร์เตอร์				
- Grid Inverter / อินเวอร์เตอร์				
- Solax / โซลแซกซ์				
- Goodwe / กูดเวย์				
- Trannerly / ทรานเนอร์ลี				
- Off Grid Inverter / อินเวอร์เตอร์				
- CKS / ซีเคเอส				
- Energizer / เอ็นเนอร์จายเซอร์				
- Kolsat / โคลแซต				
- Hybrid Inverter / ไฮบริด				
Battery / แบตเตอรี่				
- Deep cycle Battery / แบตเตอรี่				
ดีพไซเคิล				
- Globatt / โกลแบต				
- Volta / โวลต้า				
- Ultracell / อัลตราเซลล์				
- Kolsat Vrla/Gel / แบตเตอรี่เจล				
	Solarshop Polycrystalline 100W	Solarshop Polycrystalline 80W	Solarshop Polycrystalline 60W	Solarshop Polycrystalline 50W
	฿1,550.00	฿1,380.00	฿1,200.00	฿1,100.00
	Solarshop Polycrystalline 30W	Solarshop Polycrystalline 20W	Solarshop Polycrystalline 10W	
	฿720.00	฿580.00	฿420.00	

ภาพที่ 4.9 ภาพขนาดของโซลาร์เซลล์ที่มีขายอยู่ใน SOLAR SHOP ข้อมูลราคา ณ วันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.10 ภาพขนาดของโซลาร์เซลล์ที่มีขายอยู่ใน JINGSUN SHOP ข้อมูลราคา ณ วันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2565



ภาพที่ 4.11 ภาพขนาดของโซลาร์เซลล์ที่มีขายอยู่ใน A SOLAR CELL SHOP ข้อมูลราคา ณ วันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเทียบราคาในคุณสมบัติเดียวกันพบว่าร้าน SOLAR SHOP มีราคาที่ถูกที่สุด ผู้วิจัยจึงเลือกใช้สินค้าจากร้าน SOLAR SHOP ในการศึกษา

2.2.) การเปรียบเทียบจากความคุ้มค่าในเรื่องราคาต่อวัตต์และประหยัดพื้นที่

การเปรียบเทียบจากความคุ้มค่าในเรื่องราคานี้ ทางผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกด้วยการเปรียบเทียบเรื่องความคุ้มค่าเรื่องราคาและเกณฑ์การประหยัดพื้นที่ โดยมีเกณฑ์ว่าราคาต่อวัตต์น้อยที่สุด

โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{ราคา} \div \text{วัตต์} = \text{ราคาต่อวัตต์}$$

จาก 3 ตัวอย่างโซลาร์เซลล์ที่ผู้วิจัยได้ทำงานคัดเลือกด้วยเกณฑ์การประหยัดพื้นที่แล้ว ผู้วิจัยจะทำการเปรียบเทียบเรื่องความคุ้มค่าเรื่องราคา โดยมีเกณฑ์ว่าราคาต่อวัตต์น้อยที่สุด โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{ราคา} \div \text{วัตต์} = \text{ราคาต่อวัตต์}$$

ดังนั้นผู้วิจัยสามารถหารราคาต่อวัตต์จาก 3 ตัวอย่าง โซลาร์เซลล์ที่ผ่านการคัดเลือกด้วยเกณฑ์การประหยัดพื้นที่ คือ ชั้นฟรี โพลีคริสตัลไลน์ ขนาด 350 W, 200 W, 160W ดังนี้

3.1) ชั้นฟรี โพลีคริสตัลไลน์ ขนาด 350 W ราคา 3,680 บาท

$$3,680 \div 350 = 10.51 \text{ บาทต่อวัตต์}$$

3.2) ชั้นฟรี โพลีคริสตัลไลน์ ขนาด 200 W ราคา 2,650 บาท

$$2,650 \div 200 = 13.25 \text{ บาทต่อวัตต์}$$

3.3) ชั้นฟรี โพลีคริสตัลไลน์ ขนาด 160 W ราคา 2,350 บาท

$$2,350 \div 160 = 14.69 \text{ บาทต่อวัตต์}$$

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบราคาของแผงโซลาร์เซลล์ที่ผ่านเกณฑ์เรื่องการประหยัดพื้นที่ทั้ง 3 ขนาด

ขนาดแผงโซลาร์เซลล์	ราคา(บาท)	ราคาต่อวัตต์(บาท)
ชั้นฟรี โพลีคริสตัลไลน์ ขนาด 350 W	3,680	10.51
ชั้นฟรี โพลีคริสตัลไลน์ ขนาด 200 W	2,650	13.25
ชั้นฟรี โพลีคริสตัลไลน์ ขนาด 160 W	2,350	14.69

ที่มา : ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการตารางที่ 4.x เปรียบเทียบราคาของแผงโซลาร์เซลล์ที่ผ่านเกณฑ์เรื่องการประหยัดพื้นที่ทั้ง 3 ขนาด จะเห็นว่า ชั้นพีรี โพลีคริสตัลไลน์ ขนาด 350 W มีราคาต่อวัตต์น้อยที่สุด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ชั้นพีรี โพลีคริสตัลไลน์ ขนาด 350 W มีความคุ้มค่าเรื่องราคามากที่สุด

ดังนั้นในหัวข้อการคัดเลือกขนาดของโซลาร์เซลล์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพียงพอ กับขนาดของแบตเตอรี่ จะเห็นว่าขนาดของโซลาร์เซลล์ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกในเรื่องความคุ้มค่า เรื่องการประหยัดพื้นที่และราคามากที่สุด คือ ชั้นพีรี โพลีคริสตัลไลน์ ขนาด 350 W

2.3.) กำหนดจำนวนของแผงโซลาร์เซลล์ที่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าเพียงพอกับเครื่อง ยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนโดยการเปรียบเทียบจากความคุ้มค่าในเรื่องราคา

เมื่อผู้วิจัยสามารถคัดเลือกขนาดของโซลาร์เซลล์เป็น ยี่ห้อ ชั้นพีรี ประเภทโพลี คริสตัลไลน์ ขนาด 350 W แล้ว ขั้นตอนต่อไปผู้วิจัยจะนำคุณสมบัติของโซลาร์เซลล์ประเภท นี้มาคำนวณหาจำนวนแผงที่เหมาะสมและสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพียงพอต่อปริมาณไฟฟ้าที่ เครื่องยืนยันธุรกรรมใช้และขนาดของแบตเตอรี่

โดยวิธีคำนวณหาจำนวนแผงโซลาร์เซลล์ ผู้วิจัยจะเริ่มต้นจากการหาปริมาณไฟฟ้าที่ หายไปจากแบตเตอรี่ในช่วงเวลา 1 วัน เพื่อหาว่าต้องใช้จำนวนแผงโซลาร์เซลล์เท่าใดจึงจะเพียงพอ การชาร์ตแบตเตอรี่ให้เต็ม โดยอ้างอิงจากคู่มือพลังงาน โซลาร์เซลล์จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดี ในช่วง เวลา 9:00-14:00 น. เฉลี่ยเป็น 5 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นผู้วิจัยจะหาปริมาณไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์ ผลิตได้ใน 1 ชั่วโมง แล้วนำไปคูณจำนวน 5 ชั่วโมง ลบออกด้วยปริมาณไฟฟ้าที่เครื่องยืนยันธุรกรรมใช้ ใน 5 ชั่วโมงนั้น ขณะที่มีการชาร์ตด้วย แล้วผลลัพธ์ที่ได้จะต้องไม่น้อยกว่า ปริมาณไฟฟ้าที่หายไปจาก แบตเตอรี่ในอีก 19 ชั่วโมงที่เหลือ โดยผู้วิจัยจะเริ่มคำนวณผลลัพธ์ โดยกำหนด 1-5 แผง แล้วเลือก จำนวนแผงที่ได้ผลลัพธ์ ที่เหมาะสมกับปริมาณไฟฟ้าที่หายไปจากแบตเตอรี่มากที่สุด

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มจากการหาปริมาณไฟฟ้าที่เครื่องยืนยันธุรกรรมใช้ โดยแปลงหน่วย เป็น AH เพื่อในกรณีที่อุปกรณ์อื่น เช่น เครื่องควบคุมการชาร์ตหรืออินเวอร์เตอร์ มี v ไม่เท่ากับ แบตเตอรี่ จะทำค่า W มาคิดอย่างเดียวไม่ได้ ผู้วิจัยจึงแปลงหน่วยให้เป็น AH และใช้ในการคำนวณให้ เหมือนกันหมด แต่ในกรณีนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้เครื่องควบคุมการชาร์ตและอินเวอร์เตอร์ให้มีคุณสมบัติ ที่มีค่า v เท่ากับ 48 v เท่ากับแบตเตอรี่ เพื่อป้องกันการไม่รองรับกับอุปกรณ์ที่มีค่า v ที่แตกต่างกันใน บางรุ่น ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป โดยมีวิธีการคำนวณ โดยใช้สูตร ดังนี้

$$Wh / V = A$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า W ของเครื่องยีนยันธรรกรรมใช้ใน 24 ชม. / ค่า V ของแบตเตอรี่ = ค่า AH เครื่องยีนยันธรรกรรมใน 24 ชม.

$$5,472 / 48 = 114 \text{ AH}$$

สรุปได้ว่าใน 24 ชั่วโมง เครื่องยีนยันธรรกรรมใช้ไฟฟ้าไป 114 AH
 คิดเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง เครื่องยีนยันธรรกรรมใช้ไฟฟ้าไป 4.75 AH
 คิดเฉลี่ยใน 5 ชั่วโมงมีการชาร์ตไฟ เครื่องยีนยันธรรกรรมใช้ไฟฟ้าไป 23.75 AH
 คิดเฉลี่ยใน 19 ชั่วโมง ที่เหลือไม่มีการชาร์ตไฟ เครื่องยีนยันธรรกรรมใช้ไฟฟ้าไป 90.25 AH

เมื่อได้ค่าไฟฟ้าที่หายไปจากแบตเตอรี่แล้ว ผู้วิจัยจะสามารถคำนวณหาจำนวนแผงที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เพียงพอต่อปริมาณไฟฟ้าที่หายไปจากแบตเตอรี่ โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$[[W(\text{โวลต์เซลล์}) \times N(\text{จำนวนแผง})] / v (v \text{ ของอินเวอร์เตอร์}) \times 70\%(\text{ความเข้มของแสงแดด})] \times H (\text{จำนวนชั่วโมงที่ชาร์ต}) - 23.75 (\text{ปริมาณไฟที่เครื่องยีนยันธรรกรรมใช้ไปขณะมีการชาร์ต}) = \text{กระแสไฟที่ไหลเข้าแบตเตอรี่}$$

โดยการคำนวณเบื้องต้นจะคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่โวลต์เซลล์ผลิตได้ ใน 1-5 แผง สามารถคำนวณได้ผลลัพธ์ดังนี้

โวลต์เซลล์ 350w 1 แผง ชาร์ตไฟได้ชม.ละ	$[(350 \times 1) / 48] \times 70/100$	= 5.1 AH
จำนวน 5 ชม. 25.5-	23.75 (ปริมาณไฟที่เครื่องยีนยันธรรกรรมใช้ใน 5 ชม.)	= 1.75 AH
โวลต์เซลล์ 350w 2 แผง ชาร์ตไฟได้ชม.ละ	$[(350 \times 2) / 48] \times 70/100$	= 10.21 AH
จำนวน 5 ชม. 51.05 -	23.75 (ปริมาณไฟที่เครื่องยีนยันธรรกรรมใช้ใน 5 ชม.)	= 27.3 AH
โวลต์เซลล์ 350w 3 แผง ชาร์ตไฟได้ชม.ละ	$[(350 \times 3) / 48] \times 70/100$	= 15.31 AH
จำนวน 5 ชม. 15.31 -	23.75 (ปริมาณไฟที่เครื่องยีนยันธรรกรรมใช้ใน 5 ชม.)	= 52.8 AH
โวลต์เซลล์ 350w 4 แผง ชาร์ตไฟได้ชม.ละ	$[(350 \times 4) / 48] \times 70/100$	= 20.42 AH
จำนวน 5 ชม. 102.1-	23.75 (ปริมาณไฟที่เครื่องยีนยันธรรกรรมใช้ใน 5 ชม.)	= 78.35 AH
โวลต์เซลล์ 350w 5 แผง ชาร์ตไฟได้ชม.ละ	$[(350 \times 5) / 48] \times 70/100$	= 25.52 AH
จำนวน 5 ชม. 127.6-	23.75 (ปริมาณไฟที่เครื่องยีนยันธรรกรรมใช้ใน 5 ชม.)	= 109.85 AH

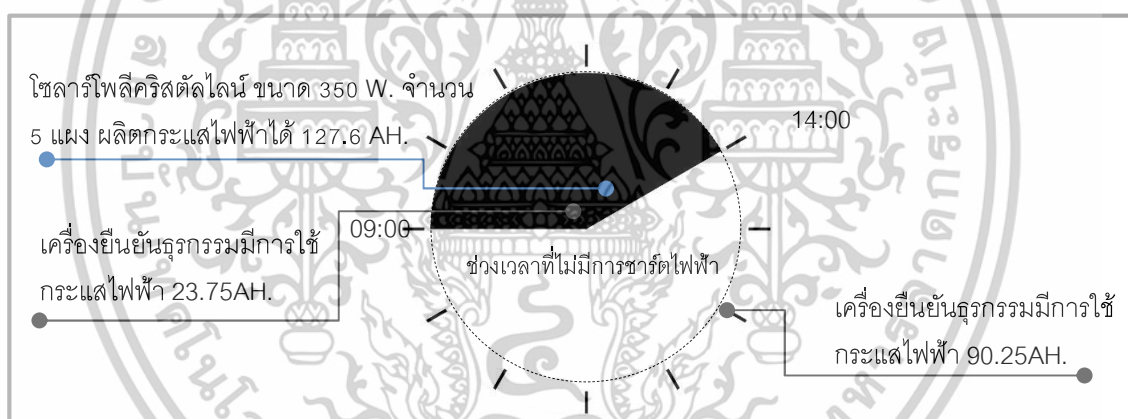
สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงปริมาณไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์จำนวน 1-5 แผง สามารถชาร์ตได้ใน 1 วัน

จำนวนโซลาร์เซลล์ 350 W(แผง)	ปริมาณไฟฟ้าที่ไหลเข้าแบตเตอรี่ (AH)
1	1.75
2	27.3
3	52.8
4	78.35
5	109.85

ตั้งที่ผู้วิจัยได้กล่าวมาข้างต้นว่า โซลาร์เซลล์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดีเฉลี่ย 5 - ชั่วโมงต่อวัน แล้วผลลัพธ์ที่ได้จะต้องไม่น้อยกว่า ปริมาณไฟฟ้าที่หายไปจากแบตเตอรี่ในอีก 19 ชั่วโมงที่เหลือ คือ 90.25 AH จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่า โซลาร์เซลล์ ขนาด 350 W จำนวน 5 แผง เป็นจำนวนเดียวที่มีประมาณกระแสไฟฟ้าไหลเข้าแบตเตอรี่ เท่ากับ 109.85 AH มากกว่า 90.25 AH ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่าจำนวนแผงโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมและเพียงพอต่อปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการยืนยันธุรกรรม คือ จำนวน 5 แผง



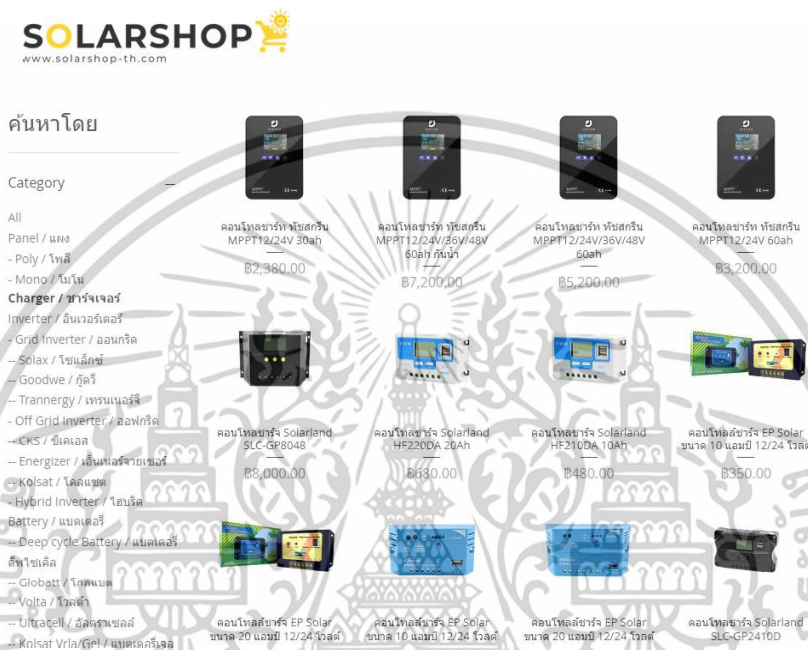
รูปที่ 4.12 ภาพแสดงการช่วงเวลาการชาร์ตและการใช้ไฟฟ้าในระบบโดยอ้างอิงจากคู่มือการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานโซลาร์เซลล์จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดี ในช่วงเวลา 9:00-14:00 น. เฉลี่ยเป็น 5 ชั่วโมงต่อวัน

ที่มา : ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การหาเครื่องควบคุมการชาร์จที่เหมาะสมกับแผงโซลาร์เซลล์และประเภทแบตเตอรี่

ผู้วิจัยได้กำหนดให้เครื่องควบคุมการชาร์จที่เหมาะสมกับแผงโซลาร์เซลล์และประเภทแบตเตอรี่ ต้องมีค่า V เท่ากับ 48 V ซึ่งเป็นค่า V เดียวกับแบตเตอรี่ โดยผู้วิจัยจะทำการคัดเลือกรุ่นของเครื่องควบคุมการชาร์จที่เหมาะสมที่สุดจากราคาและคุณภาพการใช้งาน



รูปที่ 4.13 ภาพอินเวอร์เตอร์มีขายอยู่ใน SOLAR SHOP ข้อมูลราคา ณ วันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ.

2565

จากภาพที่ 4.11 ผู้วิจัยได้เลือกเครื่องควบคุมการชาร์จ MPPT รุ่น 12/24/36/48V 60AH ซึ่งมีคุณสมบัติคือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลจากแผงโซลาร์เซลล์จะไหลเข้าแบตเตอรี่ได้ไม่เกิน 60 AH ซึ่งเพียงพอกับการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์จำนวน 5 แผง ที่มีการผลิตกระแสไฟฟ้าได้เพียง 25.52 AH เท่านั้น



รูปที่ 4.14 เครื่องควบคุมการชาร์จ MPPT 12/24/36/48V 60AH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การหาอินเวอร์เตอร์ที่เหมาะสมกับแบตเตอรี่และเครื่องยืนยันธุรกรรม คริปโตเคอร์เรนซี



ภาพ 4.15 อินเวอร์เตอร์ Pure Sine wave 5000 48V to 220 CKS

ผู้วิจัยได้กำหนดให้อินเวอร์เตอร์ที่เหมาะสมกับแผงโซลาร์เซลล์และประเภทแบตเตอรี่ ต้องมีค่า V เท่ากับ 48 V ซึ่งเป็นค่า V เดียวกับแบตเตอรี่ โดยผู้วิจัยจะทำการคัดเลือกรุ่นของเครื่องควบคุมการชาร์จที่เหมาะสมที่สุดจากราคาและคุณภาพการใช้งาน โดยเลือกอินเวอร์เตอร์รุ่น Pure Sine wave 5000 48V to 220 CKS ซึ่งมีคุณสมบัติแปลงไฟฟ้า 48 V เป็นไฟ 220 V ในปริมาณ 5,000 W ได้

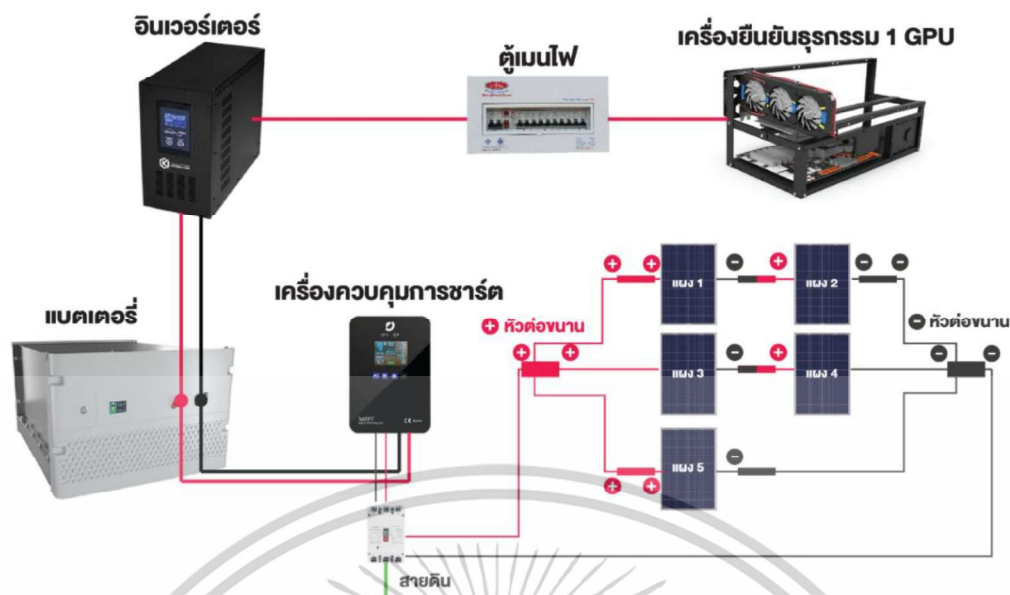
5. ผังสรุปชุดโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับความต้องการพลังงานไฟฟ้าของไม้นิ่งริก 1 เครื่องสำหรับการยืนยันธุรกรรมใน 24 ชั่วโมง.

จากการคัดเลือกอุปกรณ์สำหรับชุดโซลาร์เซลล์ที่สามารถผลิตปริมาณไฟฟ้าเพียงพอต่อการยืนยันธุรกรรมด้วยไม้นิ่งริก สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

ผู้วิจัยได้เลือกใช้โซลาร์เซลล์ชุดระบบออฟกริด ซึ่งในชุดจะประกอบด้วย

- 1) แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต ขนาด 48 V 200 AH จำนวน 1 ก้อน
- 2) โซลาร์เซลล์ ซันฟรี โพลีคริสตัลไลน์ จำนวน 5 แผง
- 3) เครื่องควบคุมการชาร์จเครื่องควบคุมการชาร์จ MPPT 12/24/36/48V 60AH จำนวน 1 เครื่อง
- 4) อินเวอร์เตอร์ รุ่น Pure Sine wave 5000 48V to 220 CKS จำนวน 1 เครื่อง
- 5) ตู้คอนโทรลสำหรับออฟกริด
- 6) สายแบตเตอรี่ 16 sq.mm แดง/ม่วง 100 m
- 7) สาวฟ่งแบตเตอรี่สำเร็จรูป 16 sq.mm ยาว 30 cm.
- 8) สายไฟ ขนาด 4 มล. ดำ 15 เมตร
- 9) สายไฟ ขนาด 4 มล. แดง 15 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



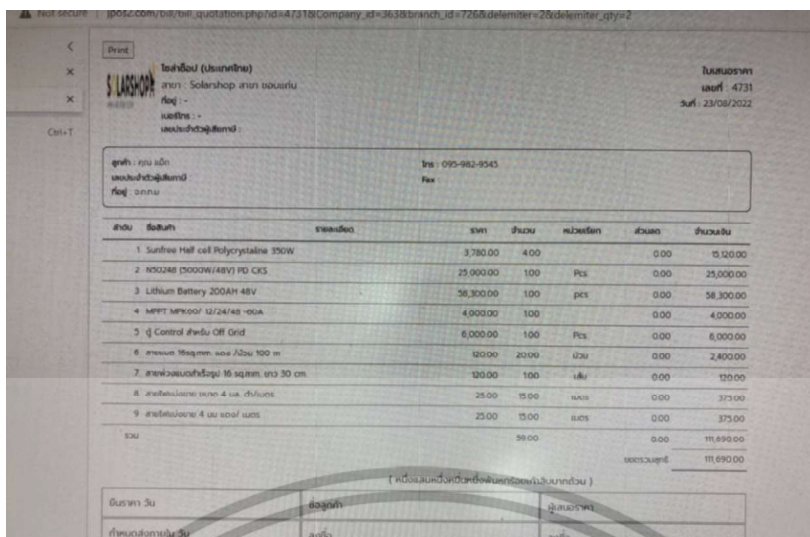
ภาพ 4.16 ภาพชุดโซลาร์เซลล์ระบบออฟกริดที่เหมาะสมกับเครื่องยี่นยี่นรุกรรม

ที่มา : ผู้จัดทำ

ในการคำนวณหาค่าตอบแทนจากระบบการยี่นยี่นรุกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัย ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำข้อมูลนี้มาคำนวณหาค่าไรเพื่อต่อยอดไปจนถึงการหาจุดคุ้มทุนเพื่อเป็นแนวทางการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการลงทุนในระยะยาว จึงมีความจำเป็นคำนวณหาต้นทุนเพื่อนำไปลบออกจะค่าตอบแทนทั้งหมดจากการยี่นยี่นรุกรรมเพื่อหาค่าไรสุทธิ จากหัวข้อวิจัยที่ 5.1.1

- 1) โซลาร์เซลล์ ซันฟรี โพลีคริสตัลไลน์ จำนวน 5 แผง ราคา 15,120 บาท
- 2) อินเวอร์เตอร์ รุ่น Pure Sine wave 5000 48V to 220 CKS จำนวน 1 เครื่อง ราคา 25,000 บาท
- 3) แบตเตอรี่ลิเธียมฟอสเฟต ขนาด 48 V 200 AH จำนวน 1 ก้อน ราคา 58,300 บาท
- 4) เครื่องควบคุมการชาร์จเครื่องควบคุมการชาร์จ MPPT 12/24/36/48V 60AH จำนวน 1 เครื่อง ราคา 4,000 บาท
- 5) ตู้คอนโทรลสำหรับออฟกริด ราคา 6,000 บาท
- 6) สายแบตเตอรี่ 16 sq.mm แดง/ม่วง 100 m ราคา 2,400 บาท
- 7) สายฟ่วงแบตเตอรี่สำเร็จรูป 16 sq.mm ยาว 30 cm. ราคา 120 บาท
- 8) สายไฟ ขนาด 4 มล. ดำ 15 เมตร ราคา 375 บาท
- 9) สายไฟ ขนาด 4 มล. แดง 15 เมตร ราคา 375 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.17 ใบเสนอราคาของชุดอุปกรณ์โซลาร์เซลล์ระบบ Off grid. ราคา ณ วันที่ 23 สิงหาคม 2565

ที่มา: ร้านค้า SOLAR SHOP

จากรายการชุดอุปกรณ์โซลาร์เซลล์ระบบ Off grid. มีทั้งหมด 9 รายการ คิดรวมเป็นจำนวนเงิน 111,690 บาท โดยมีขนาดพื้นที่ของแผงโซลาร์เซลล์ 9.7 ตารางเมตร

สรุปถึงผลศึกษาและแสดงผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับจากการยืนยันธุรกรรมของเหรียญ ETH. ที่ทำการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีของการ์ดจอ (GPU) 1 หน่วย ของวันที่ 22 สิงหาคม 2565 และต้นทุนค่าไฟฟ้าจากภาครัฐดังนี้

จากอัตราเงิน 1 USD มีค่าประมาณ 34.98 บาท ข้อมูลช่วงธันวาคม ปี 2565

ผลตอบแทนเป็นจำนวน 1.71 USD หรือประมาณ = 59.82 บาท/ 24 ชั่วโมง

ค่าไฟฟ้าปกติที่ผู้ยืนยันธุรกรรมที่ต้องจ่ายภาครัฐ = 24.17 บาท/ 24 ชั่วโมง

ผลตอบแทนสุทธิที่หักค่าไฟฟ้าแล้ว 59.82 - 24.17 = 35.65 บาท/ 24 ชั่วโมง

ทำให้สามารถสรุปได้ว่าการยืนยันธุรกรรมของเหรียญ ETH. ด้วยการ์ดจอ (GPU) 1 หน่วยด้วยชุดโซลาร์เซลล์ที่ใช้ในการศึกษา สามารถช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายให้ภาครัฐและมีผลตอบแทน ดังนี้

1 วัน ประหยัดค่าไฟฟ้า ได้ 24.17 บาท และมีผลตอบแทน 35.65 บาท

1 ปี ประหยัดค่าไฟฟ้า ได้ 8,822.05 บาท และมีผลตอบแทน 13,012.25 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 การหาผลตอบแทนที่ได้จากการยืนยันธุรกรรมและหาจุดคุ้มทุน

1.สรุปถึงผลศึกษาและแสดงผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับจากการยืนยันธุรกรรมของเหรียญ ETH. ที่ทำการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีของการ์ดจอ (GPU) 1 หน่วย ของวันที่ 22 สิงหาคม 2565 และต้นทุนค่าไฟฟ้าจากภาครัฐดังนี้

จากอัตราเงิน 1 USD มีค่าประมาณ 34.98 บาท ข้อมูลช่วงธันวาคม ปี 2565

ผลตอบแทนเป็นจำนวน 1.71 USD หรือประมาณ = 59.82 บาท/ 24 ชั่วโมง

ค่าไฟฟ้าปกติที่ผู้ยืนยันธุรกรรมที่ต้องจ่ายภาครัฐ = 24.17 บาท/ 24 ชั่วโมง

ผลตอบแทนสุทธิที่หักค่าไฟฟ้าแล้ว 59.82 - 24.17 = 35.65 บาท/ 24 ชั่วโมง

ทำให้สามารถสรุปได้ว่าการยืนยันธุรกรรมของเหรียญ ETH. ด้วยการ์ดจอ (GPU) 1 หน่วยด้วยชุดโซลาร์เซลล์ที่ใช้ในการศึกษา สามารถช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายให้ภาครัฐและมีผลตอบแทน ดังนี้

1 วัน ประหยัดค่าไฟฟ้า ได้ 24.17 บาท และมีผลตอบแทน 35.65 บาท

1 ปี ประหยัดค่าไฟฟ้า ได้ 8,822.05 บาทและมีผลตอบแทน 13,012.25 บาท

2.คิดจุดคุ้มทุน (Return Of Investment) จากชุดโซลาร์เซลล์ที่ได้ทำการศึกษาดังนี้ การยืนยันธุรกรรมของเหรียญคริปโตด้วยการ์ดจอ (GPU) 1 หน่วยด้วยชุดโซลาร์เซลล์ที่ใช้ในการศึกษา สามารถช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายให้ภาครัฐและมีผลตอบแทน ดังนี้

ในการคำนวณหาค่าตอบแทนจากระบบการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัย ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำข้อมูลนี้มาคำนวณหากำไรเพื่อต่อยอดไปจนถึงการหาจุดคุ้มทุนเพื่อเป็นแนวทางการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการลงทุนในระยะยาว จึงมีความจำเป็นคำนวณหาต้นทุนเพื่อนำไปลบออกจะค่าตอบแทนทั้งหมดจากการยืนยัน

คิดจุดคุ้มทุน (Return Of Investment) จากชุดโซลาร์เซลล์ที่ได้ทำการศึกษาดังนี้

1 วัน ประหยัดค่าไฟฟ้า ได้ 24.17 บาท และมีผลตอบแทน 35.65 บาท

1 ปี ประหยัดค่าไฟฟ้า ได้ 8,822.05 บาทและมีผลตอบแทน 13,012.25 บาท

กรณีที่ 1 หาค่าประหยัดไฟฟ้า

= นำค่าชุดโซลาร์เซลล์ที่จำลองได้ / ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 2 หาค่าประหยัดค่าไฟฟ้าและมีผลตอบแทน

= นำค่าชุดโซลาร์เซลล์ที่จำลองได้ / ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ + ผลตอบแทน

กรณีที่ 1 ประหยัดค่าไฟฟ้า

$$= \frac{111,690}{8,822.05}$$

$$= 12.66$$

กรณีที่ 2 ประหยัดค่าไฟฟ้าและมีผลตอบแทน

$$= \frac{111,690}{21,834.3}$$

$$= 5.12$$

ทำให้สามารถสรุปได้ว่าชุดโซลาร์เซลล์ระบบ Off Grid. ที่ผู้วิจัยใช้ในการศึกษาใช้เวลาคืนทุนในระยะเวลา 5.12 ปี หรือ 5 ปี 1 เดือน 14 วัน กรณีรวมผลตอบแทนทั้งหมด

การศึกษาถึงคุณสมบัติและปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์สำหรับใช้ในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยนั้น ได้นำแนวคิดพลังงานยั่งยืนมาประยุกต์ใช้สำหรับตอบรับเทคโนโลยีในยุคปัจจุบันที่ธุรกรรมการเงินดิจิทัลเข้ามามีบทบาทในสังคมมากขึ้นและเป็นส่วนร่วมในการเพิ่มทางเลือกในการประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนให้กับผู้ที่สนใจลงทุนการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนในอาคารที่พักอาศัยของประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2. การศึกษาถึงปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในอาคารที่พักอาศัยและตรวจสอบถึงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในอาคารที่พักอาศัยในจังหวัดพิษณุโลก

4.2.1. ตรวจสอบถึงคุณสมบัติและปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในอาคารที่พักอาศัย

- 1.) แสดงผลการสัมภาษณ์และสำรวจถึงคุณสมบัติและปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในอาคารที่พักอาศัย 5 หลัง

บ้านหลังที่ : 1 ติดตั้งโซลาร์เซลล์ระบบออนกริด

ลักษณะอาคารที่พักอาศัย : เป็นอาคารที่พักอาศัย 3 ชั้นครึ่ง มีพื้นที่ใช้งานประมาณ 380 ตรม.

จำนวนผู้พักอาศัย : 5 คน

จุดประสงค์ที่ติดตั้งโซลาร์เซลล์ : อยากรประหยัดค่าไฟฟ้าในช่วงกลางวัน เพราะเปิดแอร์ทั้งวัน

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลการติดตั้งโซลาร์เซลล์ของบ้านหลังที่ 1

กำลังไฟสูงสุดที่ติดตั้ง (แผงโซลาร์/วัตต์)	ขนาดวัตต์ต่อแผง (วัตต์)	จำนวนแผง (แผง)	อายุการใช้งาน	ทิศทางการติดตั้ง/ องศา	ทำความสะอาด	
					ทุกวัน (100%)✓	นานครั้ง (80%)✓
13,336.70	320	12	3 ปี	ทิศใต้/ 15 องศา	✓	✓



รูปที่ 4.18 บ้านหลังที่ : 1

ที่มา : ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ้านหลังที่ : 2 ติดตั้งโซลาร์เซลล์ระบบออนกริด

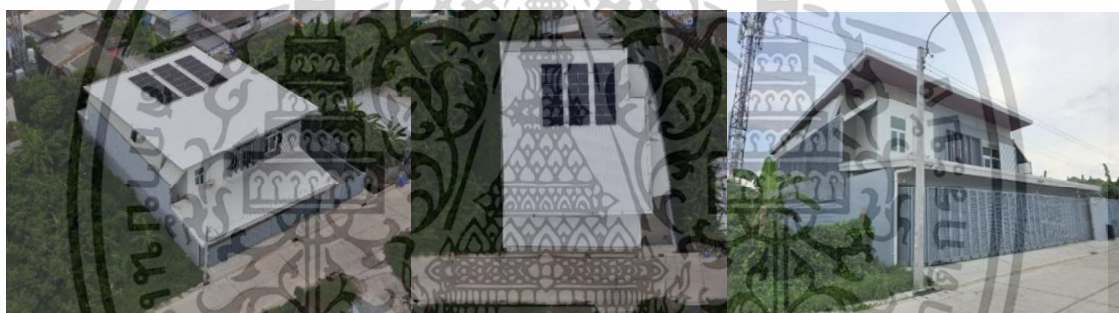
ลักษณะอาคารที่พักอาศัย : เป็นอาคารที่พักอาศัย 2 ชั้น มีพื้นที่ใช้งานประมาณ 208 ตรม.

จำนวนผู้พักอาศัย : 4 คน

จุดประสงค์ที่ติดตั้งโซลาร์เซลล์ : อยากรักษาพลังงานสะอาด

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลการติดตั้งโซลาร์เซลล์ของบ้านหลังที่ 2

กำลังไฟสูงสุดที่ติดตั้ง (แผงโซลาร์)(วัตต์)	ขนาดวัตต์ต่อแผง (วัตต์)	จำนวนแผง (แผง)	อายุการใช้งาน	ทิศทางการติดตั้ง/ องศา	ทำความสะอาด	
					ทุกวัน (100%)✓	นานครั้ง (80%)✓
21,912.66	350	18	2 ปี	ทิศใต้/ 15 องศา		✓



รูปที่ 4.19 บ้านหลังที่ : 2

ที่มา : ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ้านหลังที่ : 3 ติดตั้งโซลาร์เซลล์ระบบออนกริด

ลักษณะอาคารที่พักอาศัย : เป็นอาคารที่พักอาศัย 1 ชั้นครึ่ง มีพื้นที่ใช้งานประมาณ 220 ตรม.

จำนวนผู้พักอาศัย : 3 คน

จุดประสงค์ที่ติดตั้งโซลาร์เซลล์ : อยากรประหยัดค่าไฟฟ้า

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลการติดตั้งโซลาร์เซลล์ของบ้านหลังที่ 3

กำลังไฟสูงสุด ที่ติดตั้ง (แผง โซลาร์)(วัตต์)	ขนาด วัตต์ต่อ แผง (วัตต์)	จำนวนแผง (แผง)	อายุการใช้งาน	ทิศทางการติดตั้ง/ องศา	ทำความสะอาด	
					ทุกวัน (100%)✓	นานครั้ง (80%)✓
7,839.72	300	12	5 ปี	ทิศตะวันออก 30 องศา ทิศตะวันตก 30 องศา		✓



รูปที่ 4.20 บ้านหลังที่ : 3

ที่มา : ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ้านหลังที่ : 4 ติดตั้งโซลาร์เซลล์ระบบออนกริด

ลักษณะอาคารที่พักอาศัย : เป็นอาคารที่พักอาศัย 1 ชั้นครึ่ง มีพื้นที่ใช้งานประมาณ 65 ตรม.

จำนวนผู้พักอาศัย : 2 คน

จุดประสงค์ที่ติดตั้งโซลาร์เซลล์ : อยากรประหยัดค่าไฟฟ้า

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลการติดตั้งโซลาร์เซลล์ของบ้านหลังที่ 4

กำลังไฟสูงสุดที่ติดตั้ง (แผงโซลาร์)(วัตต์)	ขนาดวัตต์ต่อแผง (วัตต์)	จำนวนแผง (แผง)	อายุการใช้งาน	ทิศทางการติดตั้ง/ องศา	ทำความสะอาด	
					ทุกวัน (100%)✓	นานครั้ง (80%)✓
10,358.71	280	18	4 ปี	ทิศเหนือ/ 15 องศา		✓



รูปที่ 4.21 บ้านหลังที่ : 4

ที่มา : ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ้านหลังที่ : 5 ติดตั้งโซลาร์เซลล์ระบบออนกริด

ลักษณะอาคารที่พักอาศัย : เป็นอาคารที่พักอาศัย 2 ชั้น มีพื้นที่ใช้งานประมาณ 110 ตรม.

จำนวนผู้พักอาศัย : 2 คน

จุดประสงค์ที่ติดตั้งโซลาร์เซลล์ : หลานติดตั้งให้

ตารางที่ 4.10 ข้อมูลการติดตั้งโซลาร์เซลล์ของบ้านหลังที่ 5

กำลังไฟสูงสุดที่ติดตั้ง (แผงโซลาร์)(วัตต์)	ขนาดวัตต์ต่อแผง (วัตต์)	จำนวนแผง (แผง)	อายุการใช้ งาน	ทิศทางการติดตั้ง/ องศา	ทำความสะอาด	
					ทุกวัน (100%)✓	นานครั้ง (80%)✓
6,038.4	250	8	7-8 ปี	ทิศใต้ 30 องศา		✓



รูปที่ 4.22 บ้านหลังที่ : 5

ที่มา : ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) ผลจากการตรวจสอบปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ของอาคารที่พักอาศัย
ตัวอย่างทั้ง 5 หลัง ในชุมชนบ้านคลอง จังหวัดพิษณุโลก

จากการศึกษาเก็บข้อมูลผู้วิจัยต้องคำนวณกำลังการผลิตไฟฟ้าต่อวันด้วยสูตรคำนวณ

$$\text{กำลังการผลิตไฟฟ้าต่อวัน (kWh)} = \text{กำลังไฟฟ้าติดตั้ง (kW)} \times \text{ชั่วโมงแสงแดดสูงสุด} \times \text{ค่าประสิทธิภาพกำลังไฟฟ้าติดตั้ง (kW)}$$

ซึ่งสามารถหาค่าประสิทธิภาพจากสูตร

$$\text{ค่าประสิทธิภาพ} = \text{ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์} \times \text{ทิศทางการติดตั้งแผงและมุมเอียงของแผง} \times \text{อุณหภูมิ} \times \text{การเสื่อมสภาพของแผง} \times \text{ค่าฝุ่น}$$

โดยคำนวณดังนี้






ตารางที่ 4.11 ผลจากการตรวจสอบค่าประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ Standard Test Conditions (STC) ของของอาคารที่พักอาศัยตัวอย่างในชุมชนบ้านคลอง จังหวัดพิษณุโลก

ลำดับ บ้าน หลังที่	ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ (STC)					ค่า ประสิทธิภาพ การผลิต กระแสไฟฟ้า จากโซลาร์ เซลล์
	ประสิทธิ ภาพของ อินเวอร์ เตอร์	ทิศทางการติดตั้ง แผงและมุมเอียง ของแผง	อุณหภูมิ	การ เสื่อมสภาพ ของแผง	ค่าฝุ่น	
1	0.90	1	0.978	0.961	0.8	0.681
2	0.90	1	0.978	0.968	0.8	0.682
3	0.90	0.64	0.978	0.947	0.8	0.427
4	0.90	0.6	0.978	0.954	0.8	0.403
5	0.90	0.84	0.978	0.926	0.8	0.592

ที่มา : ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลจากการตรวจสอบปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ของอาคารที่พักอาศัย
ตัวอย่างในชุมชนบ้านคลอง จังหวัดพิษณุโลก

ลำดับ บ้าน หลังที่	รูปประกอบ	กำลังไฟสูงสุด ที่ติดตั้ง (W)	ชั่วโมงแดด สูงสุด	ค่าประสิทธิภาพ ของแผงโซลาร์ เซลล์ (STC)	ปริมาณการผลิต ไฟฟ้าจากโซลาร์ เซลล์/วัน (Wh.)
1		3,840	5.00	0.681	13,336.70
2		6,300	5.00	0.682	21,912.66
3		3,600	5.00	0.427	7,839.72
4		5,040	5.00	0.403	10,358.71
5		2,000	5.00	0.592	6,038.4

ที่มา : ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2. ตรวจสอบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าของผู้พักอาศัย

ผู้วิจัยได้กำหนดผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการตรวจสอบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าของผู้พักอาศัย โดยสุ่มตัวอย่างจากพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้พักอาศัยในบ้านแต่ละหลังจำนวน 5 หลังที่อยู่ในจังหวัดพิษณุโลก โดยมีข้อมูลดังนี้

4.2.2.1. ทำการตรวจสอบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าของผู้พักอาศัย

- 1) การสำรวจพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังอุปกรณ์ไฟฟ้าบ้านหลังที่ 1 มีจำนวนสมาชิกในบ้าน 5 คน

1. เพศ ชาย อายุ 39 ปี อาชีพ สถาปนิก
2. เพศ หญิง อายุ 35 ปี อาชีพ ธุรกิจส่วนตัว
3. เพศ หญิง อายุ 60 ปี อาชีพ แม่บ้าน
4. เพศ ชาย อายุ 10 ปี อาชีพ นักเรียน
5. เพศ หญิง อายุ 8 ปี อาชีพ นักเรียน

ตารางที่ 4.13 ตารางแสดงพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าบ้านหลังที่ 1

ลำดับ	อุปกรณ์ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	จำนวนเครื่อง	จำนวนคนที่ใช้งาน	ระยะเวลาที่ใช้งานเฉลี่ยต่อวัน (หาค่าเฉลี่ยจาก 7 วัน ใน 1 สัปดาห์)			ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวัน (วัตต์)		
					เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา
					10:00-15:00 น.	15:01-9:59 น.	0:00-23:59 น.	10:00-15:00 น.	15:01-9:59 น.	0:00-23:59 น.
1	หลอดไฟ	10	28	5	0	8:00	8:00	0	2,240	2,240
2	ไมโครเวฟ	600	1	3	00:15	00:15	00:30	150	150	300
3	ตู้เย็น	100	2	5	5:00	19:00	24:00	1,000	3,800	4,800
4	แอร์	1,500	4	5	2:00	4:00.	6:00	12,000	24,000	36,000
5	เตาอบ	850	1	3	0	00:30	00:30	0	425	425
6	เครื่องชงกาแฟ	100	1	2	00:15	00:45	1:00	25	75	100
7	ทีวี	100	2	5	4:00	1:00	5:00	800	200	1,000
8	เตารีด	1,200	1	1	0:30	0:30	1:00	600	600	1,200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)

9	คอมพิวเตอร์	150	3	3	1:00	2:00.	3:00	450	900	1,350
10	พัดลมตั้งพื้น	50	1	1	5:00	3:00	8:00	250	150	400
11	พัดลมตั้งพื้น	30	1	1	0	4:00	4:00	0	120	120
12	เครื่องทำน้ำอุ่น	3,500	4	5	0	00:15	00:15	0	3,500	3,500
13	เครื่องฟอกอากาศ	60	4	5	0	6:00	6:00	0	1,440	1,440
14	ไดร์เป่าผม	1,200	3	3	0	00:30	00:30	0	1,800	1,800
15	เครื่องดูดฝุ่น	800	1	1	1:00	0	1:00	800	0	800
16	เตาไฟฟ้า	1,600	1	1	0	00:30	00:30	0	800	800
17	เครื่องปั่นน้ำผลไม้	300	1	1	0	00:15	00:15	0	75	75
18	หม้อหุงข้าว	500	1	1	0	00:45	00:45	0	375	375
รวม								16,075	39,525	56,725

ที่มา : ผู้จัดทำ

จากตารางผู้วิจัยได้เลือกศึกษาพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าบ้านหลังที่ 1 เฉพาะเวลา 10:00-15:00 น. ซึ่งเป็นช่วง 5 ชั่วโมง ที่แสงแดดเข้มและมีประสิทธิภาพ-ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์มากที่สุด สามารถสรุปได้ว่าผู้พักอาศัยในบ้านหลังที่ 1 มีจำนวนสมาชิกในบ้าน 6 คนใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าวไป 46,050 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) การสำรวจพฤติกรรมผู้อยู่อาศัยและกำลังอุปกรณ์ไฟฟ้าบ้านหลังที่ 2

มีจำนวนสมาชิกในบ้าน 4 คน

1. เพศ ชาย อายุ 49 ปี อาชีพ ธุรกิจส่วนตัว
2. เพศ หญิง อายุ 42 ปี อาชีพ ธุรกิจส่วนตัว
3. เพศ หญิง อายุ 55 ปี อาชีพ แม่บ้าน
4. เพศ หญิง อายุ 13 ปี อาชีพ นักเรียน

ตารางที่ 4.14 ตารางแสดงพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าบ้านหลังที่ 2

ลำดับ	อุปกรณ์ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	จำนวนเครื่อง	จำนวนคนที่ใช้งาน	ระยะเวลาที่ใช้งานเฉลี่ยต่อวัน (หาค่าเฉลี่ยจาก 1 สัปดาห์)			ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวัน (วัตต์)		
					เวลา 10:00-15:00 น.	เวลา 15:01-19:59 น.	เวลา 20:00-23:59 น.	เวลา 10:00-15:00 น.	เวลา 15:01-19:59 น.	เวลา 20:00-23:59 น.
1	หลอดไฟ	10	22	4	0	8:00	8:00	0	1,760	1,760
2	หลอดไฟ	10	2	1	2:00	0	2:00	40	0	40
3	ไมโครเวฟ	800	1	3	0	00:30	00:30	0	400	400
4	ตู้เย็น	150	1	4	5:00	19:00	24:00	750	2,850	3,600
5	แอร์	1,500	3	3	0	7:00	7:00	0	31,500	31,500
6	เตาอบ	1,000	1	3	0	00:30	00:30	0	500	500
7	ทีวี	100	2	4	2:00	4:00	6:00	400	800	1,200
8	เตารีด	1,000	1	1	1:00	0	1:00	1,000	0	1,000
9	โน้ตบุ๊ก	95	3	3	0	2:00	2:00	0	570	570
10	พัดลมตั้งพื้น	35	2	1	5:00	5:00	10:00	350	350	700
11	พัดลมเพดาน	60	2	4	0	4:00	4:00	0	480	480
12	เครื่องทำน้ำอุ่น	3,000	3	4	0	00:15	00:15	0	2,250	2,250
13	เครื่องฟอกอากาศ	50	3	4	0	7:00	7:00	0	1,050	1,050
14	ไดร์เป่าผม	1,500	3	3	0	00:15	00:15	0	1,150	1,150
15	เครื่องดูดฝุ่น	600	1	1	1:00	0	1:00	600	0	600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

16	เตาไฟฟ้า	2,200	1	1	0	00:30	00:30	0	1,100	1,100
17	หม้อหุงข้าว	600	1	1	00:45	0	00:45	450	0	450
รวม								3,590	44,760	48,350

ที่มา : ผู้จัดทำ

จากตารางผู้วิจัยได้เลือกศึกษาพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าบ้านหลังที่ 2 เฉพาะเวลา 10:00-15:00 น. ซึ่งเป็นช่วง 5 ชั่วโมง ที่แสงแดดเข้มและมีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์มากที่สุด สามารถสรุปได้ว่าผู้พักอาศัยในบ้านหลังที่ 2 มีจำนวนสมาชิกในบ้าน 4 คนใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าวไป 3,590 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) การสำรวจพฤติกรรมผู้อยู่อาศัยและกำลังอุปกรณ์ไฟฟ้าบ้านหลังที่ 3

มีจำนวนสมาชิกในบ้าน 3 คน

1. เพศ หญิง อายุ 64 ปี อาชีพ ธุรกิจส่วนตัว
2. เพศ หญิง อายุ 62 ปี อาชีพ ธุรกิจส่วนตัว
3. เพศ หญิง อายุ 31 ปี อาชีพ พนักงานธนาคาร

ตารางที่ 4.15 ตารางแสดงพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าบ้านหลังที่ 3

ลำดับ	อุปกรณ์ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	จำนวนเครื่อง	จำนวนคนที่ใช้งาน	ระยะเวลาที่ใช้งานเฉลี่ยต่อวัน (หาค่าเฉลี่ยจาก 1 สัปดาห์)			ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวัน (วัตต์)		
					เวลา 10:00-15:00 น.	เวลา 15:01-19:59 น.	เวลา 20:00-23:59 น.	เวลา 10:00-15:00 น.	เวลา 15:01-19:59 น.	เวลา 20:00-23:59 น.
1	หลอดไฟ	10	15	3	0	6:00	6:00	0	900	900
2	หลอดไฟ	8	4	3	5:00	1:00	6:00	160	32	192
3	ไมโครเวฟ	750	1	3	00:30	0	00:30	375	0	375
4	ตู้เย็น	140	1	3	5:00	19:00	24:00	700	2,660	3,360
5	แอร์	1,200	3	3	2:00	6:00	8:00	7,200	21,600	28,800
6	เตาอบ	1,500	1	1	0	00:30	00:30	0	750	750
7	ทีวี	80	2	2	2:00	2:00	4:00	320	320	640
8	เตารีด	1,000	1	1	1:00	0	1:00	1,000	0	1,000
9	โน้ตบุ๊ก	95	1	1	0	2:00	2:00	0	570	570
10	คอมพิวเตอร์	200	1	1	2:00	1:30	10:00	400	300	700
11	พัดลมตั้งพื้น	50	2	3	0	4:00	4:00	0	400	400
12	เครื่องทำน้ำอุ่น	3,000	3	3	0	00:15	00:15	0	2,250	2,250
13	เครื่องฟอกอากาศ	50	3	3	0	8:00	8:00	0	1,200	1,200
14	ไดร์เป่าผม	2,000	3	3	0	00:15	00:15	0	1,500	1,500
15	เครื่องดูดฝุ่น	550	1	1	1:00	0	1:00	600	0	600
16	เตาไฟฟ้า	2,500	1	1	0	00:30	00:30	0	1,250	1,250
17	หม้อหุงข้าว	700	1	1	00:45	0	00:45	525	0	525

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

18	เครื่องซักผ้า	1,500	1	1	1:00	0	1:00	1,500	0	1,500
รวม								12,780	33,032	45,812

ที่มา : ผู้จัดทำ

จากตารางผู้วิจัยได้เลือกศึกษาพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าบ้านหลังที่ 3 เฉพาะเวลา 10:00-15:00 น. ซึ่งเป็นช่วง 5 ชั่วโมง ที่แสงแดดเข้มและมีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์มากที่สุด สามารถสรุปได้ว่าผู้พักอาศัยในบ้านหลังที่ 3 มีจำนวนสมาชิกในบ้าน 3 คนใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าวไป 5,580 วัตต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.) การสำรวจพฤติกรรมผู้อยู่อาศัยและกำลังอุปกรณ์ไฟฟ้าบ้านหลังที่ 4

มีจำนวนสมาชิกในบ้าน 2 คน

1. เพศ ชาย อายุ 65 ปี อาชีพ ข้าราชการเกษียณ
2. เพศ หญิง อายุ 28 ปี อาชีพ พนักงานบริษัท

ตารางที่ 4.16 ตารางแสดงพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าบ้านหลังที่ 4

ลำดับ	อุปกรณ์ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	จำนวนเครื่อง	จำนวนคนที่ใช้งาน	ระยะเวลาที่ใช้งานเฉลี่ยต่อวัน			ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวัน (วัตต์)		
					เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา
					10:00-15:00 น.	15:01-9:59 น.	0:00-23:59 น.	10:00-15:00 น.	15:01-9:59 น.	0:00-23:59 น.
1	หลอดไฟ	10	18	2	0	8:00	8:00	0	1,440	1,440
2	หลอดไฟ	7	6	2	5:00	1:00	6:00	210	42	252
3	ไมโครเวฟ	800	1	2	00:30	0	00:30	400	0	400
4	ตู้เย็น	150	1	2	5:00	19:00	24:00	750	2,850	3,600
5	แอร์	1,200	2	2	2:30	5:30	8:00	6,000	13,200	19,200
6	เตาอบ	1,800	1	1	0	00:30	00:30	0	900	900
7	ทีวี	100	1	2	2:00	4:00	6:00	200	400	600
8	เตารีด	1,200	1	1	1:00	0	1:00	1,200	0	1,200
9	โน้ตบุ๊ก	95	1	1	2:00	2:00	4:00	190	190	380
10	คอมพิวเตอรื	150	1	1	2:00	3:00	5:00	300	450	750
11	พัดลมตั้งพื้น	50	1	2	3:00	3:00	6:00	150	150	300
12	เครื่องทำน้ำอุ่น	2,700	2	2	0	00:15	00:15	0	1,350	1,350
13	เครื่องฟอกอากาศ	60	1	2	0	8:00	8:00	0	240	240
14	ไดร์เป่าผม	1,600	1	2	0	0:15	0:15	0	400	400
15	เครื่องดูดฝุ่น	600	1	1	1:00	0	1:00	600	0	600
16	เตาไฟฟ้า	2,200	1	1	00:315	00:15	0:30	550	550	1,100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

17	หม้อหุงข้าว	750	1	1	0:45	0	00:45	525	0	525
18	เครื่องซักผ้า	2,000	1	1	0:30	0	0:30	1,500	0	1,000
รวม								12,475	21,662	34,237

ที่มา : ผู้จัดทำ

จากตารางผู้วิจัยได้เลือกศึกษาพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าบ้านหลังที่ 4 เฉพาะเวลา 10:00-15:00 น. ซึ่งเป็นช่วง 5 ชั่วโมง ที่แสงแดดเข้มและมีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์มากที่สุด สามารถสรุปได้ว่าผู้พักอาศัยในบ้านหลังที่ 4 มีจำนวนสมาชิกในบ้าน 2 คนใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าวไป 8,975 วัตต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.) การสำรวจพฤติกรรมผู้อยู่อาศัยและกำลังอุปกรณ์ไฟฟ้าบ้านหลังที่ 5

มีจำนวนสมาชิกในบ้าน 2 คน

1. เพศ หญิง อายุ 65 ปี อาชีพ ทำร้านอาหาร
2. เพศ หญิง อายุ 40 ปี อาชีพ ทำร้านอาหาร

ตารางที่ 4.17 ตารางแสดงพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าบ้านหลังที่ 5

ลำดับ	อุปกรณ์ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	จำนวนเครื่อง	จำนวนคนที่ใช้งาน	ระยะเวลาที่ใช้งานเฉลี่ยต่อวัน (หาค่าเฉลี่ยจาก 1 สัปดาห์)			ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวัน (Wh)		
					เวลา 10:00-15:00 น.	เวลา 15:01 - 9:59 น.	เวลา 0:00-23:59 น.	เวลา 10:00 - 15:00 น.	เวลา 15:01 - 9:59 น.	เวลา 0:00-23:59 น.
1	หลอดไฟ	10	12	2	0	12:00	12 :00	0	1,440	1,440
2	หลอดไฟ	9	2	2	0	6:00	6:00	0	108	108
3	ไมโครเวฟ	600	1	2	00:30	0	00:30	300	0	300
4	ตู้เย็น	180	1	2	5:00.	19:00	24:00	900	3,420	4,320
5	แอร์	1,000	2	2	0	8:00	8:00	0	16,000	16,000
6	เตาอบ	1,200	1	1	0	00:30	00:30	0	600	600
7	ทีวี	100	1	2	1:00	4:00	5:00	100	400	500
8	เตารีด	1,200	1	1	0	1:00	1:00	0	1,200	1,200
9	โน้ตบุ๊ก	80	1	1	0	1:00	1:00	0	80	80
10	พัดลมตั้งพื้น	50	2	2	0	4:00	4:00	0	400	400
11	ไดร์เป่าผม	2,000	2	2	0	00:15	00:15	0	1,500	1,500
12	เครื่องดูดฝุ่น	550	1	1	1:00	0	1:00	550	0	550
13	เตาไฟฟ้า	2,500	1	1	0	00:30	00:30	0	1,250	1,250
14	หม้อหุงข้าว	700	1	1	0	00:45	00:45	0	525	525
15	เครื่องซักผ้า	1,500	1	1	1:00	0	1:00	1,500	0	1,500
รวม								3,350	26,923	30,273

ที่มา : ผู้จัดทำ

จากตารางผู้วิจัยได้เลือกศึกษาพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าบ้านหลังที่ 5 เฉพาะเวลา 10:00-15:00 น. ซึ่งเป็นช่วง 5 ชั่วโมง ที่แสงแดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มและมีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์มากที่สุด สามารถสรุปได้ว่าผู้พักอาศัยในบ้านหลังที่ 5 มีจำนวนสมาชิกในบ้าน 2 คนใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าวไป 3,350 วัตต์

จากการศึกษาพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าของบ้านตัวอย่างทั้ง 5 หลังสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 4.18 ตารางสรุปพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยและกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าของบ้านตัวอย่างทั้ง 5 หลังในจังหวัดพิษณุโลก

ลำดับ บ้าน หลังที่	กำลังไฟฟ้าที่ผู้พักอาศัยใช้งานเฉลี่ยต่อวัน (Wh)		
	ระยะเวลา 5 ชั่วโมง ประสิทธิภาพ เวลา 10:00 – 15:00 น.	ระยะเวลา 19 ชั่วโมง เวลา 15:01-9:59 น.	ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เวลา 0:00-23:59 น.
1	16,075	39,525	56,725
2	3,590	44,760	48,350
3	12,780	33,032	45,812
4	12,475	21,662	34,237
5	3,350	26,923	30,273

ที่มา : ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 เปรียบเทียบกำลังผลิตจากโซลาร์เซลล์และการใช้ไฟฟ้าของผู้พักอาศัยจากบ้านตัวอย่างทั้ง 5 หลัง

ลำดับบ้าน	ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า				ค่าประสิทธิภาพ	กำลังไฟสูงสุดที่ติดตั้ง (kW)	ชั่วโมง	กำลังการผลิตไฟฟ้า (kWh)	กำลังไฟฟ้าที่ผู้พักอาศัยใช้งานเฉลี่ย			ค่าความแตกต่างระหว่างกำลังผลิตจากโซลาร์เซลล์กับกำลังไฟฟ้าที่ผู้พักอาศัยใช้งาน
	ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์	ทิศทางการติดตั้งแผงและมุมเอียงของแผง	อุณหภูมิ	การเชื่อมต่อของแผง					ค่าฝุ่น	ระยะเวลา	ระยะเวลา	
1	0.90	1	0.978	0.961	0.8	0.681	5.1	13,336.70	56,725	39,525	16,075	-2,738.3
2	0.90	1	0.978	0.968	0.8	0.682	5.1	21,912.66	48,350	44,760	3,590	18,322.66
3	0.90	0.64	0.978	0.947	0.8	0.427	5.1	7,839.72	45,812	33,032	12,780	-4,940.28
4	0.90	0.6	0.978	0.954	0.8	0.403	5.1	10,358.71	34,237	21,662	12,475	-2,116.29
5	0.90	0.84	0.978	0.926	0.8	0.592	5.1	6,038.4	30,273	26,923	3,350	2,688.4

ข้อที่ 1 ลำดับบ้านพักอาศัย

ข้อที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์

ข้อที่ 3 ค่าประสิทธิภาพกำลังไฟติดตั้ง (kW) ที่คำนวณจากค่าติดตั้ง 5 ปีเฉลี่ย

ข้อที่ 4 กำลังไฟสูงสุดที่ติดตั้ง (kW)

ข้อที่ 5 ชั่วโมงแดดสูงสุด

ข้อที่ 6 กำลังไฟฟ้าที่ผู้พักอาศัยใช้งานเฉลี่ยต่อวัน

ข้อที่ 7 กำลังไฟฟ้าที่ผู้พักอาศัยใช้งานต่อวัน

ข้อที่ 8 ค่าความแตกต่างระหว่างกำลังผลิตจากโซลาร์เซลล์กับกำลังไฟฟ้าที่ผู้พักอาศัยใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2. ศึกษาถึงบ้านที่ผู้พักอาศัยใช้ไฟฟ้าน้อยกว่าที่โซลาร์เซลล์ผลิตได้

ตารางที่ 4.19 ตารางเปรียบเทียบระหว่างปริมาณการไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้พักอาศัยชุมชนบ้านคลองทั้ง 5 หลัง

ลำดับ บ้าน หลังที่	ปริมาณการ ผลิตไฟฟ้าต่อ วัน (Wh)	ปริมาณไฟฟ้าที่ผู้พักอาศัยใช้งานเฉลี่ยต่อวัน			ค่าความแตกต่างระหว่าง ปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ ที่ผลิตได้กับปริมาณไฟฟ้าที่ผู้ พักอาศัยใช้งาน (Wh)
		ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เวลา 0:00-23:59 น.	ระยะเวลา 19 ชั่วโมง เวลา 15:01 -9:59 น.	ระยะเวลา 5 ชั่วโมง ประสิทธิภาพ เวลา 10:00 – 15:00 น.	
1	13,336.70	56,725	39,525	16,075	-2,738.3
2	21,912.66	48,350	44,760	3,590	18,322.66
3	7,839.72	45,812	33,032	12,780	-4,940.28
4	10,358.71	34,237	21,662	12,475	-2,116.29
5	6,038.4	30,273	26,923	3,350	2,688.4

ที่มา : ผู้จัดทำ

แถบสีแดงลำดับที่ 1,3,4 ในช่องแสดงค่าความแตกต่างระหว่างปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้กับปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้พักอาศัย หมายถึง ผู้พักอาศัยใช้กระแสไฟฟ้าในช่วง 5 ชั่วโมงประสิทธิภาพมากกว่ากระแสไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์ผลิต

แถบสีเขียวลำดับที่ 2,5 ในช่องภาพแสดงค่าความแตกต่างระหว่างปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้กับปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้พักอาศัย หมายถึง ผู้พักอาศัยใช้กระแสไฟฟ้าในช่วง 5 ชั่วโมงประสิทธิภาพน้อยกว่ากระแสไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์ผลิต

จากตารางผู้วิจัยสามารถสรุปพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้พักอาศัยในบ้านหลังที่ 1,3 และ 4 ว่ามีการใช้กระแสไฟฟ้าในช่วงประมาณ 5-5.1 ชั่วโมงประสิทธิภาพมากกว่ากระแสไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์ผลิต เนื่องจากผู้พักอาศัยดังกล่าวมีพฤติกรรมใช้ไฟฟ้าและมีคนอยู่บ้านช่วงเวลา 10:00 - 15:00 น. ขณะเดียวกันที่พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้พักอาศัยในบ้านหลังที่ 2 และ 5 ว่ามีการใช้กระแสไฟฟ้าในช่วง 5 ชั่วโมงประสิทธิภาพน้อยกว่ากระแสไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์ผลิต เนื่องจากผู้พักอาศัยดังกล่าวมีพฤติกรรมไม่ค่อยได้ใช้ไฟฟ้าและมีไม่ค่อยมีคนอยู่บ้านช่วงเวลา 10:00 - 15:00 น. จึงทำให้มีกระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากโซลาร์เซลล์มากพอที่จะนำมาศึกษาต่อในการคำนวณหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เครื่องยี่นยันธุรกรรมสามารถผลิตได้จากกระแสไฟฟ้าที่เหลือบ้านหลังที่ 2 และ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.19 ผู้วิจัยได้ข้อสรุปว่าบ้านตัวอย่างการศึกษาหลังที่ 2 และ 5 มีการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์มากกว่าการใช้งานของผู้พักอาศัย สามารถสรุปได้ดังนี้

จากการสรุปผลการทดลองข้อ 5.1 ผู้วิจัยได้ศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาดแผ่นละ 350 วัตต์ จำนวน 5 แผ่น โดยทดลองในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก สามารถคำนวณหา กำลังการผลิตไฟฟ้าต่อวันได้ดังนี้

กำลังไฟสูงสุดที่ติดตั้ง x ชั่วโมงแดดสูงสุด x ค่าประสิทธิภาพ = กำลังการผลิตไฟฟ้าต่อวัน

$$(350 \times 5) \times 5.1 \times 1 = 8,925 \text{ วัตต์}$$

จากการศึกษาหาค่าตอบแทนของระบบการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ทำการทดลองในงานวิจัย จากหัวข้อ 5.2 สรุปได้ว่า ผลตอบแทนเป็นจำนวน 1.17 USD หรือประมาณ = 59.82 บาท / 24 ชั่วโมง ผู้วิจัยได้ทำการเทียบบัญชีดีเทรดรายค์ ด้วยการหาผลตอบแทนบาทต่อ 1 วัตต์ เพื่อนำไปเทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโซลาร์เซลล์จากบ้านตัวอย่าง ทั้ง 2 หลัง เพื่อหาค่าตอบแทนของระบบการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซี

กำลังการผลิตไฟฟ้าต่อวันจากโซลาร์เซลล์ขนาด 350 วัตต์ จำนวน 5 แผง ผลิตไฟฟ้าได้ 8,925 วัตต์ ต่อวัน สามารถให้ผลตอบแทนได้ 59.82 บาทต่อวัน

ถ้ากำลังไฟฟ้า 1 วัตต์ สามารถให้ผลตอบแทนต่อวันได้ดังนี้

$$8,925 / 59.82 = 1 / \text{ผลตอบแทนต่อวัน}$$

$$\text{ผลตอบแทนต่อวัน} = (1 \times 59.82) / 8,925$$

$$= 0.0067 \text{ บาท}$$

สามารถสรุปได้ว่า กำลังไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ 1 วัตต์ สามารถให้ผลตอบแทน 0.0067 บาท

0.0067 บาท เท่ากับ 0.000000633 ETH (อ้างอิงจากราคา ETH ณ วันที่ 22

สิงหาคม 2565 : 1 ETH เท่ากับ 105,892.12 บาท)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนต่อไปผู้วิจัยจะนำค่านี้ไปคูณกับจำนวนวัตต์ของกำลังผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่
เหลือจากการใช้งานของผู้พักอาศัยทั้ง 2 หลัง

ตารางที่ 4.20 ตารางศึกษาหาค่าตอบแทนของระบบการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของ
เหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์จากบ้านตัวอย่างการศึกษา

ลำดับ บ้าน หลังที่	กำลังผลิตไฟฟ้า จากโซลาร์เซลล์ที่ เหลือจากการใช้ งานของผู้พัก อาศัย (Wh)	ค่าตอบแทนของ ระบบยืนยันธุรกรรม ต่อการผลิตกำลังไฟฟ้า ที่ผลิตจากโซลาร์เซลล์ 1 วัตต์ (บาท)	ค่าตอบแทนของ ระบบยืนยัน ธุรกรรม (บาท/วัน)	ค่าตอบแทนของ ระบบยืนยัน ธุรกรรม (ETH/วัน)
2	18,322.66	0.0067	122.76	0.00116
5	2,688.4	0.0067	18.01	0.00017

ที่มา : ผู้จัดทำ

ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าอาคารที่พักอาศัยตัวอย่างของการศึกษาหลังที่ 2 และ 5 มี
กำลังผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่เหลือจากการใช้งานของผู้พักอาศัยมากเพียงพอและสามารถนำกำลัง
ผลิตที่เหลือนี้ไปหาค่าตอบแทนของระบบการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโต
เคอร์เรนซี สรุปได้ดังนี้

บ้านตัวอย่างการศึกษาหลังที่ 2 มีค่าตอบแทนของระบบยืนยันธุรกรรม 122.76 บาทต่อวัน

บ้านตัวอย่างการศึกษาหลังที่ 5 มีค่าตอบแทนของระบบยืนยันธุรกรรม 18.01 บาทต่อวัน

จากการศึกษาวิจัยมาทั้งหมดนี้ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าอาคารที่พักอาศัยทั่วไปที่ติด
โซลาร์เซลล์ในระบบออนกริดสามารถนำกำลังผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่เหลือจากการใช้งานในบ้าน
มาใช้ยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีได้ แต่จะเหมาะสมสำหรับบ้านที่
ติดโซลาร์เซลล์จำนวนมากพอและผู้พักอาศัยมีพฤติกรรมที่ไม่ค่อยอยู่บ้านช่วงระยะเวลา 10:00-15:00 น.
ซึ่งเป็นช่วงเวลา 5 ชั่วโมงที่ แดดเข้ม เพื่อการนำพลังงานไฟฟ้าที่เหลือจากการใช้งานมาใช้ประโยชน์ใน
อีกทางหนึ่งเพื่อความคุ้มค่าในลงทุนติดโซลาร์เซลล์และความยั่งยืนต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การสรุปผลการศึกษาค้นคว้าถึงคุณสมบัติและปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์สำหรับใช้ในการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัย ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการทดลองและการศึกษาโดยเริ่มจากตัวแปรจำนวนปริมาณไฟฟ้าของไม้นิ่งริก 1 เครื่อง (ที่มีการ์ดจอ 1 หน่วย) โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 5.1 คุณสมบัติและปริมาณไฟฟ้าที่เครื่องยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญ คริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยใช้ด้วยไม้นิ่ง ริก 1 เครื่อง
- 5.2. ผลการศึกษาระบบการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีใน อาคารที่พักอาศัยโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์จากบ้านตัวอย่างการศึกษา
- 5.3 การแนะนำตัวอย่างระบบการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในกรณีที่มีผู้อยู่อาศัยจริง

5.1 คุณสมบัติและปริมาณไฟฟ้าที่เครื่องยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญ คริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยด้วยไม้นิ่งริก 1 เครื่อง

อุปกรณ์สำหรับยืนยันธุรกรรมของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัย ประกอบด้วยอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และโครงสร้างสำหรับยึดติดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ 10 รายการ ดังนี้

- 1.โครงอลูมิเนียมสำหรับยึดติดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์
- 2.เมนบอร์ด ยี่ห้อ MSI MPG Z390 Gaming Plus และ CPU Core I 7 Gen 13
- 3..แรม ยี่ห้อ KINGSTON HyperX FURY BLACK 8GB
4. SSD (Solid State Drive) ยี่ห้อ Apacer As340 Panther
5. Riser Card
6. การ์ดจอหรือหน่วยประมวลผลกราฟิก ยี่ห้อ ASUS รุ่น TUF GAMING GEFORCE RTX 3070 TI
7. PSU ขนาด 850 วัตต์ ยี่ห้อ Gigabyte
8. สาย LAN หัว cat 6
9. จอ LED 15 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 ภาพส่วนประกอบไม่นึ่งริก 1 เครื่อง



รูปที่ 5.2 ภาพไม่นึ่งริก 1 เครื่อง

ที่มา : ผู้วิจัย

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ปริมาณไฟฟ้าที่ไม่นึ่ง ริก 1 เครื่อง ใช้ในการยืนยันธุรกรรมเหรียญ ETH ในเวลา 1 วัน เท่ากับ 5,472 Wh.

5.1.1 คุณสมบัติของโซลาร์เซลล์ที่สามารถผลิตปริมาณไฟฟ้าได้เพียงพอต่อเครื่องยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยใช้ด้วยไม่นึ่งริก 1 เครื่อง

จากการคัดเลือกอุปกรณ์สำหรับชุดโซลาร์เซลล์ที่สามารถผลิตปริมาณไฟฟ้าเพียงพอต่อการยืนยันธุรกรรมด้วยไม่นึ่งริก 1 เครื่องสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

ผู้วิจัยได้เลือกใช้โซลาร์เซลล์ชุดระบบออฟกริด ซึ่งในชุดจะประกอบด้วย

1. แบตเตอรี่ลิเธียมฟอสเฟต ขนาด 48 V 200 AH จำนวน 1 ก้อน
2. โซลาร์เซลล์ ซันฟรี โพลีคริสตัลไลน์ จำนวน 5 แผง
3. เครื่องควบคุมการชาร์จเครื่องควบคุมการชาร์จ MPPT 12/24/36/48V 60AH จำนวน 1 เครื่อง
4. อินเวอร์เตอร์ รุ่น Pure Sine wave 5000 48V to 220 CKS จำนวน 1 เครื่อง
5. ตู้คอนโทรลสำหรับออฟกริด
6. สายแบตเตอรี่ 16 sq.mm แดง/ม่วง 100 m
7. สาวฟ่วงแบตเตอรี่สำเร็จรูป 16 sq.mm ยาว 30 cm.
8. สายไฟ ขนาด 4 มล. ดำ 15 เมตร
9. สายไฟ ขนาด 4 มล. แดง 15 เมตร

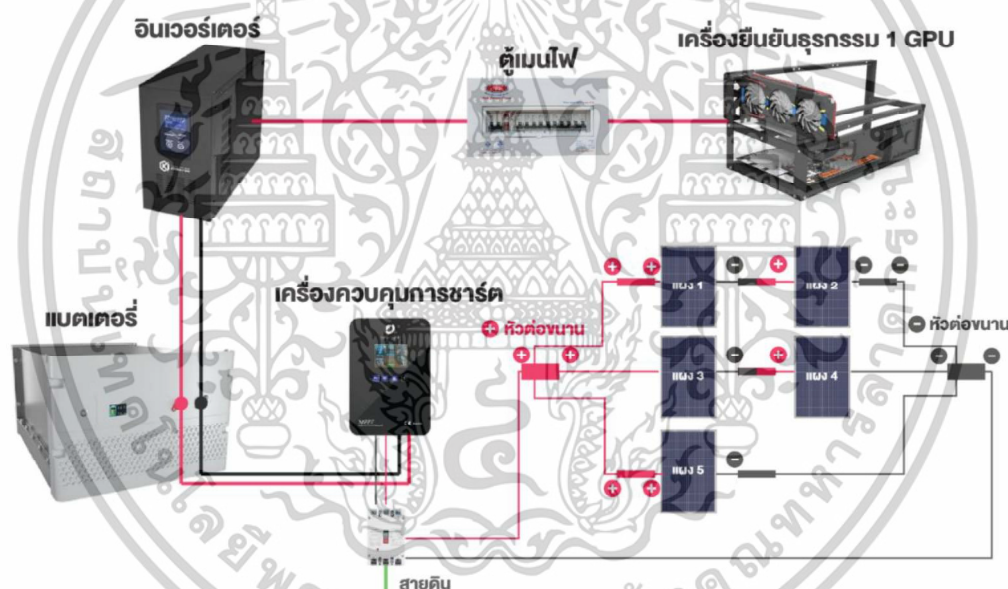
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยโซลาร์เซลล์ที่สามารถผลิตปริมาณไฟฟ้าได้เพียงพอต่อเครื่องยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยใช้ด้วย GPU 1 หน่วย ตามรายการดังกล่าว มีมูลค่า 111,690 บาท

สรุปถึงผลศึกษาและแสดงผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับจากการยืนยันธุรกรรมของเหรียญ ETH. ที่ทำการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีของการ์ดจอ (GPU)1 หน่วย ของวันที่ 22 สิงหาคม 2565 และต้นทุนค่าไฟฟ้าจากภาครัฐดังนี้

จากอัตราเงิน 1 USD มีค่าประมาณ 34.98 บาท ข้อมูลช่วงธันวาคม ปี 2565
ผลตอบแทนเป็นจำนวน 1.71 USD หรือประมาณ = 59.82 บาท/ 24 ชั่วโมง

ทำให้สามารถสรุปได้ว่าชุดโซลาร์เซลล์ระบบ Off Grid. ที่ผู้วิจัยใช้ในการศึกษาใช้เวลาคืนทุนในระยะเวลา 5.12 ปี หรือ 5 ปี 1 เดือน 14 วัน กรณีรวมผลตอบแทนทั้งหมด



รูปที่ 5.3 ภาพชุดโซลาร์เซลล์ระบบออฟกริดที่เหมาะสมกับเครื่องยืนยันธุรกรรม

ที่มา : ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2. ผลการศึกษาการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซี ในอาคารที่พักอาศัยโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์จากบ้านตัวอย่างการศึกษา

จากการศึกษาหาค่าตอบแทนจากเครื่องยืนยันธุรกรรม ผู้วิจัยได้นำวิธีการศึกษาดังกล่าวมาหาค่าตอบแทนของระบบการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์จากบ้านตัวอย่างการศึกษาโดยการสุ่มเก็บข้อมูลจริงจากบ้านจำนวน 5 หลัง ในจังหวัดพิษณุโลก

ตารางที่ 5.1 ตารางเปรียบเทียบระหว่างปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้พักอาศัยชุมชนบ้านคลองทิ่ง 5 หลัง

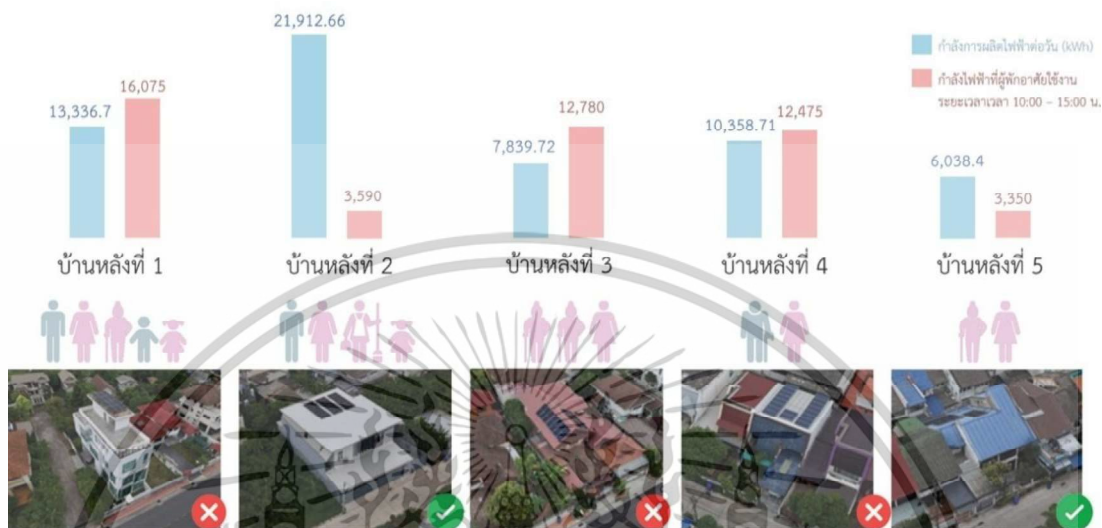
ลำดับบ้านหลังที่	ปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ต่อวัน (Wh)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้พักอาศัยเฉลี่ยต่อวัน			ภาพแสดงค่าความแตกต่างระหว่างปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้กับปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้พักอาศัย	ค่าตอบแทนจากการยืนยันธุรกรรม (ETH/ 1 วัน)
		ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เวลา 0:00- 23:59 น. (Wh)	ระยะเวลา 19 ชั่วโมง เวลา 15:01 -9:59 น. (Wh)	ระยะเวลา 5 ชั่วโมง ประสิทธิภาพ เวลา 10:00 - 15:00 น. (Wh)		
1	13,336.70	56,725	39,525	16,075	-2,738.3	- 0.00178
2	21,912.66	48,350	44,760	3,590	18,322.66	0.00116
3	7,839.72	45,812	33,032	12,780	-4,940.28	- 0.00036
4	10,358.71	34,237	21,662	12,475	-2,116.29	- 0.00015
5	6,038.4	30,273	26,923	3,350	2,688.4	0.00017

ที่มา : ผู้จัดทำ

จากตารางผู้วิจัยสามารถสรุปพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้พักอาศัยในบ้านหลังที่ 1,3 และ 4 ว่ามีการใช้กระแสไฟฟ้าในช่วงประมาณ 5 ชั่วโมง (ช่องที่ 5 / สีเหลือง) ประสิทธิภาพมากกว่ากระแสไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์ผลิต เนื่องจากผู้พักอาศัยดังกล่าวมีพฤติกรรมใช้ไฟฟ้าและมีคนอยู่บ้านช่วงเวลา 10:00 - 15:00 น. ขณะเดียวกันที่พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้พักอาศัยในบ้านหลังที่ 2 และหลังที่ 5 ว่ามีการใช้กระแสไฟฟ้าในช่วง 5 ชั่วโมงประสิทธิภาพน้อยกว่ากระแสไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์ผลิต เนื่องจากผู้พักอาศัยดังกล่าวมีพฤติกรรมไม่ค่อยได้ใช้ไฟฟ้าและมีไม่ค่อยมีคนอยู่บ้านช่วงเวลา 10:00 -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15:00 น. จึงทำให้มีกระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากโซลาร์เซลล์มากพอที่จะนำมาศึกษาต่อในการคำนวณหาปริมาณคริปโตเคอเรนซีที่เครื่องยืนยันธุรกรรมสามารถผลิตได้จากกระแสไฟฟ้าที่เหลือบ้านหลังที่ 2 และ 5



รูปที่ 5.4 ภาพแสดงค่าความแตกต่างระหว่างปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้กับปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้พักอาศัย (Wh)
ที่มา : ผู้จัดทำ

คำตอบแทนที่จะได้รับจากการนำไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่เหลือมายืนยันธุรกรรม

บ้านหลังที่ 2 สามารถยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน ได้ผลตอบแทน 0.00116 ETH = 122.76 บาท

บ้านหลังที่ 5 สามารถยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชน ได้ผลตอบแทน 0.00017 ETH = 18.01บาท ราคา ณ วันที่ 22 สิงหาคม 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ตัวอย่างการจำลองถึงจำนวนโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมสำหรับปริมาณการใช้งาน ของผู้พักอาศัยและมีปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่พอเพียงสำหรับใช้ในการยืนยัน ธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัย สำหรับผู้สนใจติดตั้ง : คำแนะนำจากผู้วิจัย

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ในการสรุปคุณสมบัติและจำนวนโซลาร์เซลล์ที่เพียงพอต่อปริมาณไฟฟ้าที่เครื่องยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีด้วยไมน์นิ่งริก 1 เครื่อง ในอาคารที่พักอาศัยที่มีผู้อยู่อาศัยจริงอย่างน้อย 2 คน ในเวลา 24 ชั่วโมง

จากผลการศึกษาคูณสมบัติและปริมาณไฟฟ้าที่เครื่องยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยใช้ด้วยไมน์นิ่งริก 1 เครื่อง ในหัวข้อ 5.1 และผลการศึกษาระบบการยืนยัน ธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์จากบ้านตัวอย่างการศึกษาในหัวข้อ 5.2 ผู้วิจัยได้ทำการสรุปในหัวข้อ 5.3 ในเรื่องคุณสมบัติของเครื่องยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีในอาคารที่พักอาศัยโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในกรณีที่มีผู้อยู่อาศัยจริงได้ดังนี้

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นว่าตัวอย่างบ้านพักอาศัยทั้ง 5 หลังติดตั้งโซลาร์เซลล์ระบบออนกริดทั้งหมด เนื่องด้วยความคุ้มค่าและราคาของโซลาร์เซลล์ในระบบออนกริดมีราคาถูกกว่าระบบออฟกริด แต่ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะทำการกำหนดตัวแปรสมมุติให้บ้านพักอาศัยที่มีผู้อยู่อาศัยจริงติดตั้งโซลาร์เซลล์ในระบบออฟกริดเพื่อให้พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้พักอาศัยสอดคล้องกับการหาปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตจากโซลาร์เซลล์ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยจะดึงข้อมูลพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้พักอาศัยทั้ง 5 หลังจากตารางที่ 5.1 และหาค่าเฉลี่ยปริมาณไฟฟ้าที่ผู้พักอาศัยใช้ต่อ 1 คน ภายในเวลา 24 ชั่วโมง ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงจำนวนผู้พักอาศัยจากบ้านทั้ง 5 หลังและปริมาณไฟฟ้าที่ผู้พักอาศัยใช้ใน เวลา 24 ชั่วโมงในชุมชนบ้านคลองจังหวัดพิษณุโลก

บ้านหลังที่	จำนวนผู้พักอาศัย	ปริมาณไฟฟ้าที่ผู้พักอาศัยใช้ในเวลา 24 ชั่วโมง (Wh)
1	5	56,725
2	4	48,350
3	3	45,812
4	2	34,237
5	2	30,273
รวม	16	215,397

ที่มา : ผู้วิจัย

ผู้วิจัยนำข้อมูลจากตารางที่ 5.2 มาหาค่าเฉลี่ยทั้งหมด

หาค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าของผู้พักอาศัยทั้งหมด $215,397 / 16 = 13,462.31$ วัตต์/คน

ผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลปริมาณไฟฟ้าเฉลี่ยต่อคนมาสรุปอุปกรณ์ในชุดโซลาร์เซลล์ที่สามารถผลิต ปริมาณไฟฟ้าได้เพียงพอต่อการใช้งานได้ดังนี้ โดยกำหนดผู้พักอาศัยในบ้าน 2 คน

ตารางที่ 5.3 ตารางแสดงจำนวนแผงโซลาร์เซลล์ที่เพียงพอต่อการใช้งานของผู้พักอาศัยโดยมี ค่าเฉลี่ยผู้พักอาศัยจำนวน 1- 5 คน

จำนวน คน	ปริมาณไฟฟ้า ที่ใช้เฉลี่ย (Wh)	จำนวนแผง โซลาร์เซลล์ ขนาด 350 w	จำนวน inverter	จำนวน แบตเตอรี่ 48 V 200 AH	เครื่องควบคุม การชาร์จ
1	13,462.31	8	1	2	1
2	26,924.62	16	1	4	1
3	40,386.93	24	1	5	1
4	53,849.24	32	1	7	1
5	67,311.55	40	1	8	1

ที่มา : ผู้วิจัย

จากตารางทำให้ทราบได้ว่าบ้านที่มีผู้พักอาศัย 2 คนจำเป็นต้องติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์ ที่มี

จำนวนแผงโซลาร์เซลล์จำนวน 16 แผง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหัวข้อที่ 5.1 ผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลปริมาณไฟฟ้าที่เครื่องยืนยันธุรกรรมด้วยจำนวน ไม่นิ่ง ริก 1 เครื่องขึ้นไปได้ดังในตารางที่ 5.4.

ตารางที่ 5.4 ตารางแสดงจำนวนแผงโซลาร์เซลล์ที่เพียงพอต่อไม่นิ่ง ริก 1- 5 เครื่อง

จำนวน การ์ด จอ	ปริมาณไฟฟ้า ที่ใช้เฉลี่ย (Wh)	จำนวนแผง โซลาร์เซลล์ ขนาด 350 w	จำนวน inverter	จำนวน แบตเตอรี่ 48 V 200 AH	เครื่องควบคุม การชาร์ต
1	5,472	5	1	1	1
2	9,984	7	1	2	1
3	14,496	10	1	2	1
4	19,008	12	1	3	1
5	23,520	15	1	3	1

ที่มา : ผู้วิจัย

จากตารางที่ 5.3 และ 5.4 ผู้วิจัยได้ทำการสรุปถึงข้อเสนอแนะตัวอย่างของระบบการยืนยันธุรกรรมบนระบบบล็อกเชนของเหรียญคริปโตเคอร์เรนซีด้วยไม่นิ่ง ริก 1 เครื่อง ในอาคารที่พักอาศัย โดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในกรณีที่มีผู้อยู่อาศัยจริงอย่างน้อย 2 คนนั้น ได้ข้อสรุปดังนี้

แผงโซลาร์เซลล์ 16 + 5 = 21 แผง
 จำนวน inverter 1 ยูนิต
 จำนวนแบตเตอรี่ 48 V 200 AH 4+1=5 ยูนิต
 เครื่องควบคุมชาร์ต 1 ยูนิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2564). คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์. กระทรวงพลังงาน. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://www.dede.go.th/download/files/Final_Solar_compressed.pdf. สืบค้นวันที่ 15 ธันวาคม 2567.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2565, กันยายน 8). 10 วิธีประหยัดไฟง่าย ๆ บ้านหลังไหน ๆ ก็ลดได้ 10%. ระบบสารสนเทศองค์ความรู้ด้านพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://kc.dede.go.th/knowledge-view.aspx?p=124>.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://kc.dede.go.th/search.aspx?p=%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%A8%E0%B9%84%E0%B8%97%E0%B8%A2&t=A>

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2563). ผลกระทบของฝุ่นละออง PM2.5 กับการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://webkc.dede.go.th/testmax/node/5386>.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2565). ข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ระดับตำบลสำหรับประเทศไทย. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : https://www.dede.go.th/more_news.php?cid=547.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2565). รายงานประจำปีด้านพลังงานทดแทนของประเทศไทย พ.ศ. 2565. กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2566). รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย ปี 2566 (Thailand Alternative Energy Situation 2023). กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.

กองพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน. ฐานข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ของประเทศไทย [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://maps.su.ac.th/solarth/>. สืบค้นวันที่ 15 ธันวาคม 2567.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.). สถิติค่า Ft. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :
<https://www.pea.co.th/our-services/tariff/ft-statistics>.

การไฟฟ้านครหลวง. ระบบคำนวณค่าไฟฟ้า. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :
<https://www.mea.or.th/our-services/mea-service/e-service/electric-monthly-calculate>.

การไฟฟ้านครหลวง. (2564). ข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.mea.or.th/download/18277>. สืบค้นวันที่ 15 ธันวาคม 2567.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2022, กันยายน 5). 6 วิธีง่าย ๆ อยู่บ้านอย่างไรให้ประหยัดไฟ. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.egat.co.th/home/save-energy-for-all-20220830/>.

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. ระบบประมาณการค่าไฟ. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :
<https://eservice.pea.co.th/EstimateBill/>

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.). มาตรฐานอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. (2016). ภาพรวมการใช้ไฟฟ้าตามภาคเศรษฐกิจ. สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน.

ชาญณรงค์ สายแก้ว และคณะ. (2562). การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยเพื่อการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์. วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน, 2(1), 33-40.

ณัฐวุฒิ วโนทยาโรจน์, ชัยชนะ จารุพงศ์รัตน, และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. (2564). การวิเคราะห์ความเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาพแวดล้อมประเทศไทย. วารสารพลังงานทดแทน, 15(3), 45-58.

ทวีศักดิ์ สมานชาติ, ธนาวุฒิ กลมเกลี้ยง, และปิยะ โควินท์ทวีวัฒน์. (2563). การศึกษาประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในประเทศไทย. วารสารวิศวกรรมพลังงาน, 17(2), 105-118.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

เทศบาลตำบลบ้านคลอง อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก.แผนพัฒนาท้องถิ่น (พ.ศ. ๒๕๖6 – ๒๕70) ทบทวน ครั้งที่1. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : chrome-extension://ieepebjpkhaiioojkepfniodjmjjihl/data/pdf.js/web/viewer.html?file=https://lowcarboncity.tgo.or.th/uploads/gov2023/info_695_20240229101449.pdf#page=1&zoom=auto,-210,248

ธนพล สมุทรักษ์ และคณะ. (2564). การประเมินศักยภาพและความคุ้มค่าของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาในประเทศไทย. วารสารวิจัยพลังงาน, 18(3), 112-128.

นางสาวขวัญชนก โชคชัยวงศ์. 2565. ปัจจัยด้านพฤติกรรมที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล (Cryptocurrency) ของคนไทย. ปรินญาการจัดการมหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยมหิดล

ประยุทธ์ เทคโนโลยีสีเขียว และคณะ. (2563). ผลกระทบของอุณหภูมิและความชื้นต่อการทำงานของโซลาร์เซลล์ในประเทศไทย. การประชุมวิชาการพลังงานแห่งชาติ ครั้งที่ 18, กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

บริษัท J2GD Energy - "Solar Rooftop ควรเลือกติดตั้งหรือมุมหลังคาแบบไหน" (2024) [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://j2gd.com/>

ปาณิสร์ ยิ่งยืนสุข, พงศธร แก้วกระแสนินธ์ และ ชัชพล พิมพ์ใหม่. (2563). การออกแบบและสร้างเครื่องประจุแบตเตอรี่อย่างรวดเร็วด้วยการหยอดเหรียญควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์. (โครงงาน). กรุงเทพฯ: วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.

ธนพล สมุทรักษ์ และคณะ. (2564). การประเมินศักยภาพและความคุ้มค่าของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาในประเทศไทย. วารสารวิจัยพลังงาน, 18(3), 112-128.

นางสาวขวัญชนก โชคชัยวงศ์. 2565. ปัจจัยด้านพฤติกรรมที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล (Cryptocurrency) ของคนไทย. ปรินญาการจัดการมหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยมหิดล

พรศักดิ์ อรุณรัตน์ชัยรัตน์ . 2564. Cryptocurrency101plus. พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพฯ : บริษัทอัมรินทร์-พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

พรชัย อรุณรัตน์ และ วิภาวี กฤษณะภูติ. (2565). การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมไทย. วารสารเศรษฐศาสตร์ประยุกต์, 19(1), 78-95.

ยศพล ให้สัมภาษณ์, 22 สิงหาคม 2565. มาลินี แก้วประภา ผู้สัมภาษณ์. เครื่องยืนยันธุรกรรมแบบ Asic. เทศบาลจังหวัดพิษณุโลก

ระบบภูมิสารสนเทศพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2566). แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยจากข้อมูลดาวเทียม ปี 2563. (ปรับปรุงข้อมูล 2 มีนาคม 2566).

ลัลณ์ลลิต ศรีจันทร์ดร. The standard. “วันประวัติศาสตร์ “The Merge” เสร็จสมบูรณ์แล้ว Ethereum เปลี่ยนเป็น Proof-of-Stake (Pos) แล้ว”. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://thestandard.co/the-merge-ethereum-pos/>. สืบค้นข้อมูลวันที่ 15 กันยายน 2565.

วิกิพีเดีย. การ์ดจอ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/การ์ดจอแสดงผล>. สืบค้นวันที่ 20 สิงหาคม 2565

วิชสิณี วิบูลผลประเสริฐ. (2018, มิถุนายน 29). ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้าของครัวเรือนไทยจากฐานข้อมูลการใช้ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (PIER). [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.pier.or.th/abridged/2018/16/>

ศูนย์พลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2564). การศึกษาวิจัยจักรชีวิตของแผงโซลาร์เซลล์ในประเทศไทย (รายงานวิจัย). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศูนย์วิจัยเศรษฐกิจและธุรกิจ ธนาคารไทยพาณิชย์. (2018). คนไทยติด 'เครื่องปรับอากาศ' พุง ใช้ไฟเพิ่มเท่ากับโรงไฟฟ้า 2 แห่ง. Thai Chinese International Journal. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.tcijthai.com/news/2018/06/scoop/7963>

ศิวัรักษ์ ศิวะมณีสถาม และคณะ. (2021). การพัฒนาแบตเตอรี่สังกะสีไอออนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า. โครงการวิจัยร่วมระหว่างสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และกรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกลาโหม. ทุนวิจัย กพผ.-สวทช.

สกลพร ให้สัมภาษณ์, 22 สิงหาคม 2565. มาลินี แก้วประภา ผู้สัมภาษณ์. โปรแกรม Simple Mining. มหาลัยธรรมศาสตร์รังสิต.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.(2020)"ประเทศไทยติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์หันไปทางทิศใดถึงจะดี"

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (16 มิถุนายน 2564). **คำนวณค่าไฟฟ้า ด้วยตนเองสามารถทำได้อย่างไร.** สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2021, กรกฎาคม 22). **เทคโนโลยีแบตเตอรี่ใหม่เพื่อลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้า.** [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://erdi.cmu.ac.th/?p=2102>

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2022). **ทำความเข้าใจแผงโซลาร์เซลล์ ไม่ยุ่งยากอย่างที่คิด.** [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://erdi.cmu.ac.th/?p=1926>

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2021). **การคำนวณค่าไฟฟ้า ด้วยตนเองสามารถทำได้อย่างไร.** [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://erdi.cmu.ac.th/?p=564>. สืบค้นข้อมูลวันที่ 20 กันยายน 2565

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์. (2022, 3 พฤศจิกายน). **การหาขนาดโซลาร์เซลล์อย่างง่าย และกรณีศึกษาในออสเตรเลีย.** มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://erdi.cmu.ac.th/?p=1081>.

สมชาย วัฒนาวิทยาคม และคณะ. (2564). "การศึกษาประสิทธิภาพของระบบโซลาร์เซลล์ในสภาพอากาศไทย." วารสารพลังงานหมุนเวียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 15(2), 45-58.

สุปราณี นาคดิลก. (2563). **ผลกระทบของฝุ่นละออง PM2.5 กับการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์.** “กล่าวถึงบทความเกตุวดี วงศ์ปิ่น และคณะ. (2561). ผลของการทำความสะอาดโดยใช้ น้ำที่มีต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.” กองพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.

สุรเชษฐ์ ย่านาวารี. **หลักการออกแบบและติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์ เบื้องต้นสำหรับบ้านเรือน (Basic of Solar Cell Design and Installation for Residences).** [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://energygure.com/> สืบค้นข้อมูล 19 สิงหาคม 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

สุรัตน์ ตรีวิเศษ และคณะ. (2566). การวิเคราะห์ต้นทุนและระยะเวลาคืนทุนของระบบโซลาร์เซลล์สำหรับที่อยู่อาศัยในประเทศไทย. วารสารวิศวกรรมพลังงาน, 10(2), 45-52.

สุเทพ ทัทธวัช, นรณัฐ สงวนศักดิ์โยธิน, นลินรัตน์ วิศวกิตติ, พกิจ สุวัฒน์, ยงยุทธ นาราษฎร์ และ วิภาวัลย์ นาคทรัพย์. (2565). เครื่องชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์ปรับมุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์บันทึกค่าลงฐานข้อมูลไฟร์เบสควบคุมโดยอีเอสพี 32. ในรายงานการประชุม การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14 (หน้า 668-671). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2565). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561 - 2580 (AEDP2018). กระทรวงพลังงาน. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.eppo.go.th/images/POLICY/PDF/AEDP2018.pdf>. สืบค้นวันที่ 15 ธันวาคม 2567.

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร. (n.d.). BMS for แบตเตอรี่ LiFePo-4. Naresuan University Library's Blog. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : https://www.lib.nu.ac.th/m/wordpress_blog/archives/1115.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2021, เมษายน 28). "แบตเตอรี่สังกะสีไอออน" นวัตกรรมแบตเตอรี่ปลอดภัย. NSTDA. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : https://www.nstda.or.th/home/news_post/zink-ion-battery.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานหลอดไฟ LED (มอก.) กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2023). รายงานสถิติจังหวัดพิษณุโลก ประจำปี 2565.

อภิรัตน์ ใจกล้า และคณะ (2564). "การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์: กรณีศึกษาระบบ PV ที่เชื่อมต่อกับกริดในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย." วารสารการศึกษากรณีในวิศวกรรมเทอร์โมล, 28, 101439. สำนักพิมพ์ไซเอนซ์ไตรีเก้ต.

Alex De Vries. 2019. **Renewable Energy Will Not Solve Bitcoin's Sustainability Problem**. 1Experience Center of PwC, Amsterdam. : The Netherlands
*Correspondence: alex.de.vries@pwc.com. [Online]. resulting : <https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.02.007>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Badea, G., & Mungiu-Pupazan, M. C. (2021). **The Impact of Cryptocurrency Mining on the Energy Sector: A Comprehensive Review**. *Sustainability*, 13(1), 316.
- Bhattacharya, R., White, M., & Beloff, N. (2023). **The Internet of Things for Smart Cities: Artificial Intelligence and Blockchain Technology**. Boca Raton: CRC Press.
- CoinShares International Limited. 2022. **The Bitcoin Mining Network Energy And Carbon Impact**. Channel Islands National Park : CoinSharess.com.
- Corrie E. Clark and Heather L. Greenley. 2019. **Bitcoin, Blockchain, and the Energy Sector**. Congressional Research Service
- Deane Biermeier. **How Many Watts Does a House Use, and Why Does It Matter?**. May 9, 2023. [Online]. resulting : <https://www.angi.com/articles/how-many-watts-house.htm>
- de Vries, A., & Stoll, C. (2021). **Bitcoin's growing energy problem**. *Joule*, 5(3), 509-513.
- Diehl, S., Karger, E., Lambin, X., & Simões, T. (2023). **The energy consumption and carbon footprint of blockchain technologies: A systematic literature review**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 180, 113231
- Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems. (2022). **Photovoltaics Report**. [Online]. resulting : <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>.
- Goodkind, A. L., Jones, B. A., & Berrens, R. P. (2020). **Cryptodamages: Monetary value estimates of the air pollution and human health impacts of cryptocurrency mining**. *Energy Research & Social Science*, 59, 101281.
- Green, M. A. (2019). How did solar cells get so cheap? *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 27(5), 427-430.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

Hou, J., Wang, C., & Luo, S. (2021). **How to improve the competitiveness of distributed energy resources in China with blockchain technology.** *Technological Forecasting and Social Change*, 163, 120407.

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2021). **Renewable Power Generation Costs in 2020.** [Online]. resulting :
<https://www.irena.org/publications/2021/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2020>

Jiang, Z., Krishnamachari, B., Zhou, S., & Niu, Z. (2021). **Energy consumption of proof-of-stake blockchain networks.** *IEEE Internet of Things Journal*, 8(23), 16769-16780.

Jordan, D. C., & Kurtz, S. R. (2013). **Photovoltaic Degradation Rates—an Analytical Review.** *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 21(1), 12-29. [Online]. resulting : <https://doi.org/10.1002/pip.1182>.

JSDEWES. (2023). **Impact of Dust and Shade on Solar Panel Efficiency and Development of a Simple Method for Measuring the Impact of Dust in any Location.** [Online]. resulting : <https://www.sdewes.org/jsdewes/pid11.0448>.

Li, J., Li, N., Peng, J., Cui, H., & Wu, Z. (2022). **Digital currency and crimes: The implications of cryptocurrency mining regulations.** *International Review of Financial Analysis*, 79, 101962.

Nakamoto, S. (2008). **Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system.** *Decentralized Business Review*, 21260.

National Renewable Energy Laboratory (NREL). (2022). **Best Research-Cell Efficiency Chart.** [Online]. resulting :
http://www.dede.go.th/download/files/Final_Solar_compressed.pdf.

Notional Ventures. **Programmable Money Part 1: Bitcoin and Ethereum.** [Online]. resulting : <https://medium.com/@notional-ventures/programmable-money-part-1-bitcoin-and-ethereum-e3ad921b2b8>. สืบค้นข้อมูลวันที่ 12 สิงหาคม 2565.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

Olga Martynov. May 2020. **Sustainability Analysis of Cryptocurrencies Based on Projected Return on Investment and Environmental Impact.** A Thesis in the Field of Sustainability and Environmental Management for the Degree of Master of Liberal Arts in Extension Studies of Harvard University.

Platt, M., Sedlmeir, J., Platt, D., Xu, J., Tasca, P., & Vadgama, N. (2021). **Energy Footprint of Blockchain Consensus Mechanisms Beyond Proof-of-Work.** arXiv preprint arXiv:2109.03667.

Phinikarides, A., Kindyni, N., Makrides, G., & Georghiou, G. E. (2014). **Review of photovoltaic degradation rate methodologies.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 143-152. [Online]. resulting : <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.155>

Phitsanulok immigration. **จังหวัดพิษณุโลก** [Online]. resulting : <https://phitsanulok.immigration.go.th/en/organization-information/>. สืบค้นวันที่ 20 ตุลาคม 2567.

profileSOLAR.com - **Solar PV Analysis of Phitsanulok, Thailand** (2024). [Online]. resulting : <https://profilesolar.com/>

Rashid, M., Yousif, M., Rashid, Z., Muhammad, A., Altaf, M., & Mustafa, A. (2023). **Effect of dust accumulation on the performance of photovoltaic modules for different climate regions.** *ScienceDirect*. [Online]. resulting : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023102775>

Siam Blockchain. “**ถ้า Ethereum เปลี่ยนเป็น Proof-of-Stake แล้วจะมีผลกระทบต่อ矿工อย่างไร**” [Online]. Available : <https://siamblockchain.com/2017/06/27/what-does-ethereums-proof-of-stake-algorithm-mean-for-miners/>. 27 มิถุนายน 2563.

Stuckelberger, M., Biron, R., Wyrsh, N., Haug, F.-J., & Ballif, C. (2021). **Review of thin film silicon deposition techniques and resulting device performance.** *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 29(5), 582-601. [Online]. resulting : <https://doi.org/10.1002/pip.3367>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

Technical Articles. EE Power. (2024, February 14). **Understanding PV system standards, ratings, and test conditions**. [Online]. resulting :

<https://eepower.com/technical-articles/understanding-pv-system-standards-ratings-and-test-conditions/>

th.wikipedia. **Ethereum**. [Online]. resulting :

<https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%AD%E0%B8%B5%E0%B9%80%E0%B8%98%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%A1>. สืบค้นข้อมูลวันที่ 12 สิงหาคม 2565.

Wang, S., Tuo, J., & Zhang, L. (2021). **Detecting electricity theft in micro-grid systems using long short-term memory recurrent neural networks**. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 132, 107177.

Weather Atlas. **กราฟเฉลี่ยอุณหภูมิพิษณุโลก**. [Online]. resulting :
<https://www.weather-atlas.com/en/thailand/phitsanulok-climate>

binance.th. **Dogecoin คืออะไร ?** [Online]. resulting :
<https://www.binance.th/th/academy/coininformation/29b17928a685417c91f510c6edd841cf>. สืบค้นข้อมูลวันที่ 12 สิงหาคม 2565.

Yu, T., Cao, J., Zhang, J., Zhang, T., Shen, D., & Guo, S. (2021). **Electricity theft detection in AMI using customer behavior and extreme gradient boosting**. Energies, 14(1), 186.

Zhang, R., & Chan, W. K. (2020). **Evaluation of energy consumption in block-chains with proof of work and proof of stake**. Journal of Physics: Conference Series, 1584, 012023_[Online]. resulting : <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1584/1/012023>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	มาลินี แก้วประภา
วัน เดือน ปีเกิด	16 เมษายน พ.ศ. 2536
ที่อยู่	130 ม.13 ต.บ้านเสด็จ อ.เมือง จ.ลำปาง 52000
อีเมลล์	Apm.malinee@gmail.com
โทร	095-636-9952

ประวัติการศึกษา

2554	สาขาวิชาช่างก่อสร้าง-โยธา ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงใหม่
2557	วิศวกรรมโยธาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
2567	สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมเขตร้อน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้