รายงานผลการปฏิบัติงานวิชา พง 497 สหกิจศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้

โดย
นายภราดร ลุงช้อย รหัส 6415123325
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาพลังงานทดแทน
วิทยาลัยพลังงานทดแทน

ปีการศึกษา 2/2567

รายงานผลการปฏิบัติงานวิชา พง 497 สหกิจศึกษา

ณ บริษัท ครีเอทีฟ โซลูชั่น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด
417 ซอย พหลโยธิน 50 แขวง คลองถนน
เขตสายไหม กรุงเทพมหานคร 10220

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชวโรจน์ ใจสิน)

..... ผู้ประสานงานรายวิชา
(รองศาสตราจารย์ ดร.อัครินทร์ อินทนิเวศน์)

..... ประธานกรรมการหลักสูตร
(รองศาสตราจารย์ ดร.อัครินทร์ อินทนิเวศน์)

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ บริษัท ครีเอทีฟ โซลูชั่น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด ที่ได้มอบโอกาสในการฝึกปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ตั้งแต่วันที่ 18 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึงวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2568 รวมเป็นระยะเวลาการปฏิบัติงานทั้งสิ้น 16 สัปดาห์ทำให้ข้าพเจ้าได้เรียนรู้ และได้รับประสบการณ์ที่มีคุณค่า โดยการปฏิบัติงานได้รับคำแนะนำ และการช่วยเหลือจากบุคลากรภายในบริษัทอีกทั้งขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ชวโรจน์ ใจสิน ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอนมาโดยตลอด เพื่อให้รายงานผลการปฏิบัติงานวิชา สหกิจศึกษานี้สมบูรณ์ที่สุด และขอขอบคุณคณาจารย์ สาขาวิชาพลังงานทดแทนทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการออกปฏิบัติงานสหกิจศึกษาครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านในการให้ข้อมูล และเป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ตลอดจนการให้การดูแล และให้ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวิตการทำงานจริง ข้าพเข้าขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ ด้วย

นายภราดร ลุงช้อย
14 มีนาคม 2568

บทคัดย่อ

การปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท ครีเอทีฟ โซลูชั่น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด ระหว่างวันที่ 18 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึง วันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2568 รวมเป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 16 สัปดาห์ ซึ่ง การฝึกงานสหกิจครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อฝึกการเรียนรู้ ประสบการณ์ความอดทน การมีระเบียบวินัย ความรับผิดชอบ รวมทั้งการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงานในหน่วยงานก่อนที่จะเข้าสู่ระบบการทำงานจริง

ในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาครั้งนี้นักศึกษาได้ปฏิบัติหน้าที่ในตำแหน่ง นักศึกษาฝึกงาน ซึ่งได้รับมอบหมายงานให้ให้ดำเนินงาน โดยได้ศึกษา การตรวจสอบโครงการพลังงานไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านระบบออนไลน์ ออกพื้นที่สำหรับตรวจการติดตั้งของอุปกรณ์ยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และการประเมินสมรรถนะระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ก่อนบำรุงรักษา และหลังบำรุงรักษา

จากการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในครั้งนี้ส่งผลให้ข้าพเจ้าประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ทุกประการ ซึ่งได้รับทั้งความรู้ ความเข้าใจ การใช้ชีวิตให้เข้ากับสังคมของการทำงาน การมีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ของตนเอง ทั้งนี้ข้าพเจ้ายังสามารถนำประสบการณ์ที่ได้จากการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ในอนาคตได้อีกด้วย

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก
บทคัดย่อ ..... ข
สารบัญ ..... ค
สารบัญตาราง ..... ง
สารบัญรูป ..... จ
สารบัญรูป (ต่อ) ..... ฉ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ชื่อ และที่ตั้งของสถานประกอบการ 1
1.2 ลักษณะการประกอบการ 1
1.3 วิสัยทัศน์ 2
1.4 รูปแบบการจัดองค์กร 3
1.5 ตำแหน่ง และลักษณะงาน 4
1.6 วัตถุประสงค์ของการฝึกสหกิจศึกษา 5
1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 5
1.8 ระยะเวลาที่นักศึกษาไปฝึกงาน 5
1.9 แผนการปฏิบัติงาน 5
1.10 ตัวย่อ และสัญลักษณ์ 8
บทที่ 2 ผลการปฏิบัติงาน 9
2.1 ผลการปฏิบัติงาน 9
2.2 ปัญหาในการปฏิบัติงาน และการแก้ปัญหา 75
2.3 วิเคราะห์นักศึกษา (SWOT Analysis) 76
บทที่ 3 สรุปผลปฏิบัติงาน 77
3.1 ความรู้ และทักษะใหม่ที่ได้ 77
3.2 การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน และอนาคต 77
3.3 ข้อเสนอแนะสำหรับนักศึกษารุ่นต่อไป 77
เอกสารอ้างอิง 78
ภาคผนวก 79
ภาคผนวก ก ประมวลภาพสหกิจศึกษา 80
ภาคผนวก ข ตัวอย่างเอกสารขอใบอนุญาต 84
ภาคผนวก ค ส่วนประสานผู้ใช้ของระบบรายงานผลตลิตไฟฟ้า 89

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 แผนการปฏิบัติงาน.....5
ตารางที่ 2.1 อุปกรณ์ต่างๆในระบบ Mounting Solar.....15
ตารางที่ 2.2 ค่าน้ำหนักบรรทุกจรขั้นต่ำ [2] 16
ตารางที่ 2.3 ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าตามมาตรฐาน สวท. 2001-56 [4] ..17
ตารางที่ 2.4 อุปกรณ์ควบคุมการจ่ายไฟไหลย้อนเข้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้า MEA [5] 18
ตารางที่ 2.5 อุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์.....19
ตารางที่ 2.6 สายไฟในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์.....20
ตารางที่ 2.7 น้ำหนักของอุปกรณ์ติดตั้งในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์.....28
ตารางที่ 2.8 ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสี [3].....38
ตารางที่ 2.9 ค่าความร้อนปกติของอุปกรณ์.....39
ตารางที่ 2.10 ข้อมูลการใช้พลังงานจาก Solar edge 51
ตารางที่ 2.11 ราคาแบตเตอรี่เสนอลูกค้า 60

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 ที่ตั้งบริษัท บริษัท ครีเอทีฟ โซลูชั่น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด....1
รูปที่ 1.2 ตัวอย่างลูกค้า บริษัท ครีเอทีฟ โซลูชั่น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด....2
รูปที่ 1.3 รูปแบบการจัดการองค์กร บริษัท ครีเอทีฟ โซลูชั่น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด....3
รูปที่ 1.4 พนักงานที่ปรึกษา....4
รูปที่ 2.1 อากาศยานไร้คนขับ สำหรับถ่ายภาพมุมสูง....10
รูปที่ 2.2 เลเซอร์วัดระยะทาง....10
รูปที่ 2.3 แคลมป์มิเตอร์ดิจิทัล....11
รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์ [5]....12
รูปที่ 2.5 การติดตั้งระบบป้องกันไฟฟ้าไหลย้อน....13
รูปที่ 2.6 ภาพการทำงานของ Optimizer....14
รูปที่ 2.7 ห้องควบคุมไฟฟ้าส่วนกลาง....22
รูปที่ 2.8 ห้องควบคุมไฟหลักของอาคาร....22
รูปที่ 2.9 ข้อมูลการสำรวจค่าทางไฟฟ้า....23
รูปที่ 2.10 พื้นที่สำหรับติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์....24
รูปที่ 2.11 ภาพถ่ายมุมสูงของตึก....24
รูปที่ 2.12 แผง Jinko solar Tiger Neo N-type 78HL4-(V)....25
รูปที่ 2.13 Optimizer SUN2000-600W-P....25
รูปที่ 2.14 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า....26
รูปที่ 2.15 แบบการวางรางยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์....29
รูปที่ 2.16 แบบการวางโครงสร้างรองรับแผง....30
รูปที่ 2.17 ระยะเดินสายไฟ AC จาก Solar box ไปยังตู้โหลด....31
รูปที่ 2.18 ระยะเดินสาย CT จาก Solar box ไปยังตู้ MDB....31
รูปที่ 2.19 แบบการเดินสายไฟฟ้า....32
รูปที่ 2.20 ข้อมูลจำเพาะของสายไฟ PV1F ยี่ห้อ Link....33
รูปที่ 2.21 ไดอะแกรมเส้นเดียวของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงงานแสงอาทิตย์....34
รูปที่ 2.22 การติดตั้งอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า และตู้ควบคุมไฟฟ้า....35
รูปที่ 2.23 ประแจทอร์ค....37
รูปที่ 2.24 กล้องถ่ายภาพอินฟราเรด....38
รูปที่ 2.25 เลย์เอาท์การวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์....39
รูปที่ 2.26 ความถูกต้องในการติดตั้งของระบบ....40
รูปที่ 2.27 ผลการวัดค่าแรงบิดของ L-feet....41
รูปที่ 2.28 ผลการวัดค่าแรงบิดของ Rail splice....41
รูปที่ 2.29 การตั้งค่ากล้องถ่ายภาพอินฟาเรด....42
รูปที่ 2.30 ผลการวัดอุณหภูมิหน้าแผง....43

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.31 ผลการวัดอุณหภูมิของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า 44
รูปที่ 2.32 ผลการวัดอุณหภูมิของ Circuit breaker....45
รูปที่ 2.33 ระบบตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อม....45
รูปที่ 2.34 หน้าหลักของเว็บไซต์ Solar edge monitoring....49
รูปที่ 2.35 ปุ่มเลือกช่วงเวลาของข้อมูล....50
รูปที่ 2.36 หน้าดาวน์โหลดข้อมูลของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์....50
รูปที่ 2.37 รายงานผลการผลิตไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์....53
รูปที่ 2.38 รายงานยอดเงินที่ประหยัดได้ประจำเดือน 54
รูปที่ 2.39 ระบบกักเก็บพลังงาน....55
รูปที่ 2.40 เว็บไซต์ Global Solar atlas 56
รูปที่ 2.41 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่พักอาศัยของ กฟน. [11]....58
รูปที่ 2.42 กราฟแสดงการใช้พลังงานของลูกค้า 59
รูปที่ 2.43 ค่าทางพลังงานแสงอาทิตย์จาก Global solar atlas....59
รูปที่ 2.44 แบตเตอรี่ ยี่ห้อ Huawei 60
รูปที่ 2.45 ผังกระแสเงินสด....61
รูปที่ 2.46 เอกสารขออนุญาตระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 62
รูปที่ 2.47 ขั้นตอนการขออนุญาตดัดแปลงอาคารเพื่อประกอบกิจการพลังงาน [8]....63
รูปที่ 2.48 กระบวนการแจ้งยกเว้นฯ ที่เชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า [9]....64
รูปที่ 2.49 ขั้นตอนการขอขนานไฟฟ้ากับการไฟฟ้า [13]....65
รูปที่ 2.50 เอกสารที่ต้องจัดเตรียมสำหรับขอใบอนุญาตดัดแปลงอาคาร....66
รูปที่ 2.51 เอกสารที่ต้องจัดเตรียมสำหรับขอใบยกเว้น....67
รูปที่ 2.52 เอกสารที่ต้องจัดเตรียมสำหรับขอใบขนานไฟฟ้า....67
รูปที่ 2.53 เอกสารที่ต้องขอจากลูกค้าเพื่อขอใบอนุญาต 68
รูปที่ 2.54 การเข้าถึงระบบ Huawei Northbound API [14]....70
รูปที่ 2.55 ขอบเขตการเข้าถึงระบบ SolarEdge API [15]....70
รูปที่ 2.56 Open Systems Interconnection model 71
รูปที่ 2.57 เอกสารประกอบการใช้งาน API 72
รูปที่ 2.58 การเลือกใช้เทคโนโลยีสำหรับสร้างระบบ 73
รูปที่ 2.59 โครงสร้างของระบบรายงานผลการผลิตไฟฟ้าอัตโนมัติ....74

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ชื่อ และที่ตั้งของสถานประกอบการ

บริษัท ครีเอทีฟ โซลูชั่น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด ตั้งอยู่ ณ 417 ซอย พหลโยธิน 50 แขวงคลองถนน เขตสายไหม กรุงเทพมหานคร 10220 แสดงดังรูปที่ 1.1 ที่ตั้งบริษัท บริษัท ครีเอทีฟ โซลูชั่น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด

รูปที่ 1.1 ที่ตั้งบริษัท บริษัท ครีเอทีฟ โซลูชั่น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด

1.2 ลักษณะการประกอบการ

บริษัท ครีเอทีฟ โซลูชั่น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด บริษัทดำเนินธุรกิจด้านระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แบบครบวงจร โดยให้บริการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาแบบครบวงจร ซึ่งครอบคลุมการให้คำปรึกษา ออกแบบ ติดตั้ง และบำรุงรักษา ตลอดจนดูแลเรื่องการขอใบอนุญาตจากหน่วยงานราชการ เพื่อให้ลูกค้าได้รับประสบการณ์ที่สะดวก และราบรื่นในทุกขั้นตอน การดำเนินงานของบริษัทมุ่งเน้นการส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาดที่มีความยั่งยืน โดยใช้อุปกรณ์ และเทคโนโลยีที่มีคุณภาพสูงจากแบรนด์ชั้นนำระดับโลก เพื่อให้ระบบที่ติดตั้งมีประสิทธิภาพสูงสุด และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน กลุ่มลูกค้าเป้าหมายครอบคลุมหลากหลายประเภท ได้แก่ บ้านพักอาศัย อาคารสำนักงาน สถานศึกษา ศูนย์การค้า และโรงงานอุตสาหกรรม โดยบริษัทมีทีมงานที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน ซึ่งสามารถตอบโจทย์ความต้องการของลูกค้าได้อย่างเหมาะสม บริษัทให้ความสำคัญกับมาตรฐานการดำเนินงานระดับสากล ทั้งในด้านความปลอดภัย การออกแบบติดตั้ง และการดูแลรักษาระบบ พร้อมทั้งใส่ใจเรื่องสิ่งแวดล้อม โดยมีเป้าหมายในการช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในประเทศไทย บริษัทมุ่งมั่นสร้างความเชื่อมั่น และความพึงพอใจให้กับลูกค้า ด้วยการให้บริการที่โปร่งใส รวดเร็ว และมีคุณภาพสูงในทุกขั้นตอนของการดำเนินงาน

1.3 วิสัยทัศน์

บริษัท ครีเอทีฟ โซลูชั่น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด เป็นผู้นำในธุรกิจพลังงาน ให้บริการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา โดยเชื่อมต่อกับระบบสายส่งไฟฟ้า ครอบคลุมตั้งแต่การสำรวจพื้นที่ ให้คำปรึกษา ออกแบบ ติดตั้ง ขออนุญาตจากหน่วยงานราชการ ไปจนถึงการควบคุมดูแลและบำรุงรักษา บริการของเราเน้นการดำเนินงานที่ได้มาตรฐาน พร้อมคัดสรรสินค้า และอุปกรณ์ที่มีคุณภาพสูง มีความทนทาน และประสิทธิภาพการใช้งานยาวนาน โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

- สำรวจพื้นที่ (Site Survey) ประเมินศักยภาพในการผลิตไฟฟ้า วางแผนวิธีการติดตั้งให้เหมาะสมกับพื้นที่ของลูกค้า
- ออกแบบ และวิเคราะห์ (Design and Analysis) เสนอแบบติดตั้ง พร้อมรายละเอียดกำลังการผลิต อุปกรณ์ที่ใช้ ราคา และแสดงผลผลิต รวมถึงระยะเวลาคืนทุนเพื่อช่วยในการตัดสินใจลงทุน
- การจัดซื้อ (Purchasing) ตกลงราคา และทำสัญญา จัดซื้ออุปกรณ์คุณภาพสูงตามความต้องการของลูกค้า และข้อตกลง
- บริการด้านเอกสาร (Governmental Liaison Service) เตรียมเอกสาร และแบบเพื่อขออนุญาตติดตั้งจากหน่วยงานราชการ
- การติดตั้ง (Installation) ส่งมอบวัสดุอุปกรณ์ ติดตั้งระบบ และเชื่อมต่อไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เข้าสู่ระบบภายในอาคารตามระยะเวลาที่กำหนด
- การดูแลรักษา และรับประกัน (Warranty Monitoring and Maintenance) ทดสอบระบบ ตรวจสอบการทำงาน บำรุงรักษา และรับประกันผลผลิตตามเงื่อนไขสัญญา

บริษัท ครีเอทีฟ โซลูชั่น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด เป็นหนึ่งในบริษัทที่ได้รับความไว้วางใจจากลูกค้าทั้งในภาคครัวเรือน ภาคการบริการ และ ภาคอุตสาหกรรม โดยมีบริษัทที่มีชื่อเสียงใช้บริการเป็นจำนวนมาก ดังแสดงในรูปที่ 1.2

รูปที่ 1.2 ตัวอย่างลูกค้า บริษัท ครีเอทีฟ โซลูชั่น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด

1.4 รูปแบบการจัดองค์กร

บริษัท ครีเอทีฟ โซลูชั่น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด มีโครงสร้างองค์กรที่ชัดเจน และเป็นระบบ โดยมี Mr. Voravit Potisuk ดำรงตำแหน่ง Chief Executive Officer (CEO) เป็นศูนย์กลางในการกำหนดนโยบาย กลยุทธ์ และทิศทางการดำเนินงานของบริษัท พร้อมด้วย Mr. Chatchasa Potisuk ซึ่งดำรงตำแหน่ง Managing Director มีหน้าที่ดูแลภาพรวมของการดำเนินงานทั้งหมด โครงสร้างองค์กรแบ่งออกเป็นหลายสายงานหลักที่รับผิดชอบหน้าที่เฉพาะด้าน ได้แก่

1.) ฝ่ายวิศวกรรม ซึ่งถือเป็นหัวใจหลักของบริษัท นำโดย Mr. Chatpol Suwanahong ในตำแหน่ง Engineer Director ทำหน้าที่ดูแล และบริหารทีมวิศวกรที่รับผิดชอบด้านการออกแบบ ติดตั้ง และบำรุงรักษาระบบพลังงาน และไฟฟ้า

2.) ฝ่ายการขาย นำโดย Mr. Waraporn Masui ในตำแหน่ง Sale Director รับผิดชอบการดำเนินงานด้านการขาย และขยายตลาด โดยมี Mrs. Suveearaya Namakorn ดำรงตำแหน่ง Sale Engineer และ Mr. Prowalit Chalowng ดูแลด้านการขาย และด้านเทคนิค

3.) ฝ่ายพาณิชย์ นำโดย Mrs. Chalisa Thienphosuvan ในตำแหน่ง Commercial Director ดูแลการบริหารงานเชิงพาณิชย์ และการพัฒนาธุรกิจให้เติบโตอย่างยั่งยืน รับผิดชอบด้านการวิเคราะห์ตลาด การพัฒนาแนวทางทางธุรกิจใหม่ๆ และการขยายโอกาสทางการค้าเพื่อให้บริษัทสามารถแข่งขันในตลาดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.) ฝ่ายการเงิน นำโดย Mr. Nattapon Polfsuk ในตำแหน่ง Chief Financial Officer (CFO) โดยมี Mrs. Wilaporn Suptuwee เป็นผู้รับผิดชอบ และดูแลส่วนของ Accounting & HR ซึ่งครอบคลุมทั้งงานบัญชี การบริหารทรัพยากรบุคคล และการจัดการด้านเงินเดือนพนักงาน

นอกจากนี้ บริษัทยังมี Mr. Kunthiti Samkaew ทำหน้าที่เป็น Consultant ซึ่งเป็นที่ปรึกษาหลักของบริษัทในการให้คำแนะนำด้านกลยุทธ์ และการพัฒนาโครงการ เพื่อช่วยให้การดำเนินงานขององค์กรเป็นไปตามเป้าหมาย และแผนงานที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 1.3

รูปที่ 1.3 รูปแบบการจัดการองค์กร บริษัท ครีเอทีฟ โซลูชั่น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด

1.5 ตำแหน่งและลักษณะงาน

ตำแหน่งฝึกปฏิบัติงาน : วิศวกรฝึกหัด

รูปที่ 1.4 พนักงานที่ปรึกษา

ข้อมูลของพนักงานที่ปรึกษา ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และคอยให้ความรู้ต่างๆ ขณะที่ปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท ครีเอทีฟ โซลูชั่น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด โดยมีรูปที่ปรึกษาดังแสดงในรูปที่ 1.4 และมีข้อมูล ดังต่อไปนี้

ชื่อ-นามสกุล : นายศุภกร อุทัยคำ

ตำแหน่ง : Electrical Engineer

โทรศัพท์ : 065-5261691

อีเมล : supakorn.cse@yahoo.com

1.6 วัตถุประสงค์ของการฝึกสหกิจศึกษา

1. เพื่อนำความรู้ความสามารถมาประยุกต์ใช้จากการเรียนในการทำงานจริง และเรียนรู้ลักษณะการทำงานแบบองค์กร
2. เพื่อเรียนรู้ และสร้างประสบการณ์ เตรียมความพร้อมก่อนการทำงานจริง
3. เพื่อนำทักษะความรู้ที่ได้ศึกษาทั้งหมดมาปรับใช้กับหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้อย่างเหมาะสม
4. เพื่อพัฒนาศักยภาพของนักศึกษาที่จะจบออกไปให้มีคุณสมบัติที่พึงประสงค์ และพร้อมที่จะ ปฏิบัติงานใน สถานประกอบการมากที่สุด
5. เพื่อเปิดโอกาสให้สถานประกอบการทั้งภาคเอกชน และภาครัฐได้มีส่วนร่วมในการพัฒนาคุณภาพบัณฑิต

1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ประสบการณ์วิชาชีพตรงตามสาขาวิชาเอก และความรู้เพิ่มเติมจากการปฏิบัติงานจริง
2. เกิดการพัฒนาทางด้านประสบการณ์พร้อมนำไปประยุกต์ใช้
3. ได้ลงมือปฏิบัติงาน ในหน้างานจริง
4. มีความรู้ความสามารถในงานด้านการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ทางด้านพลังงาน
5. ได้เรียนรู้การทำงานร่วมกับผู้อื่น เพิ่มทักษะการเรียนรู้ระบบการทำงานในองค์กร และสามารถนำ ประสบการณ์จากการฝึกงานไปประยุกต์ใช้ในการทำงานในอนาคต

1.8 ระยะเวลาที่นักศึกษาไปฝึกงาน

ระยะเวลาในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา 16 สัปดาห์ (4 เดือน) โดยเริ่มปฏิบัติสหกิจศึกษาตั้งแต่ วันที่ 18 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึง วันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2568

1.9 แผนการปฏิบัติงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการปฏิบัติงาน

ระยะเวลา	การปฏิบัติงาน
สัปดาห์ที่ 1 วันที่ 18 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึงวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567	- ศึกษาข้อมูลทำความเข้าใจระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ - ศึกษาการทำ Survey report - ศึกษาแผนผังองค์กร - ศึกษาระบบ Monitoring
สัปดาห์ที่ 2 วันที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึงวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567	- เรียนรู้การใช้อุปกรณ์การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ - ออกสำรวจพื้นที่ติดตั้งระบบ ที่พักอาศัย - ออกสำรวจพื้นที่ติดตั้งระบบ คอนโดมิเนียม - ออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ - Operate and maintenance ที่บริษัท TStech - ทำรายงาน Survey Report คอนโดมิเนียม

ระยะเวลา	การปฏิบัติงาน
สัปดาห์ที่ 3 วันที่ 2 ธันวาคม พ.ศ. 2567 ถึงวันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2567	- ทำรายงานตรวจสอบความผิดพลาดของระบบประจำสัปดาห์ - ทำรายงาน Survey Report บ้านพักอาศัย - ออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ - ทำรายงานเปรียบเทียบข้อมูลจำเพาะของประแจทอร์ค
สัปดาห์ที่ 4 วันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2567 ถึงวันที่ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2567	- ทำรายงานตรวจสอบความผิดพลาดของระบบประจำสัปดาห์ - ออกไปตรวจสอบความถูกต้องในการติดตั้งของผู้รับเหมา - จัดทำรายงานการตรวจสอบความถูกต้องของการติดตั้งรอบที่ 1 (L-feet, Rail splice) ที่ YOK8 - ตรวจสอบความถูกต้องของเอกสารขอติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
สัปดาห์ที่ 5 วันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2567 ถึงวันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2567	- ทำรายงานตรวจสอบความผิดพลาดของระบบประจำสัปดาห์ - จัดทำรายงานผลการผลิตไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ประจำเดือนพฤษจิกายน
สัปดาห์ที่ 6 วันที่ 23 ธันวาคม พ.ศ. 2567 ถึงวันที่ 28 ธันวาคม พ.ศ. 2567	- ตรวจสอบความถูกต้องในการติดตั้งของช่างติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วย ระบบน้ำล้างแผง ระบบกราวด์ Walkway MC4 ตู้ MDB Mid clamp และ End clamp รอบ2 (YOK8) - จัดทำรายงานความถูกต้องในการติดตั้ง และ O&M ก่อนส่งมอบงานลูกค้า
สัปดาห์ที่ 7 วันที่ 30 ธันวาคมพ.ศ. 2567 ถึงวันที่ 3 มกราคม พ.ศ. 2568	- ทบทวนความรู้ที่ได้รับ จากการมาสหกิจศึกษา - จัดทำรายงานผลการผลิตไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ประจำเดือนธันวาคม
สัปดาห์ที่ 8 วันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2568 ถึงวันที่ 11 มกราคม พ.ศ. 2568	- ทำสื่อนำเสนอ วิธีการจัดทำรายงานผลการผลิตไฟฟ้าและรายงานการทำงานในช่วงระยะเวลา 8 สัปดาห์ - นำเสนอ การจัดทำรายงานผลผลิตไฟฟ้า และการทำงานในช่วงระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในที่ประชุมบริษัท
สัปดาห์ที่ 9 วันที่ 13 มกราคม พ.ศ. 2568 ถึงวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2568	- ตรวจเช็คอุปกรณ์ยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ - ทำรายงานตรวจสอบความผิดพลาดของระบบประจำสัปดาห์ - ทำสื่อนำเสนอการติดตั้งแบตเตอรี่ ในบ้านพักอาศัยของลูกค้า กับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 20 kW - จัดงานสังสรรค์ ต้อนรับปีใหม่ ระหว่างบริษัท ที่ร่วมงานทั้ง 3 บริษัท

ระยะเวลา	การปฏิบัติงาน
สัปดาห์ที่ 10 วันที่ 20 มกราคม พ.ศ. 2568 ถึงวันที่ 25 มกราคม พ.ศ. 2568	- ทำรายงานตรวจสอบความผิดพลาดของระบบประจำสัปดาห์ - ศึกษาเรื่องใบขออนุญาตติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ - ทำรายการตรวจเช็คเอกสารที่ต้องจัดเตรียมสำหรับขอใบอนุญาตติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
สัปดาห์ที่ 11 วันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2568 ถึงวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2568	- จัดทำรายงานตรวจสอบความผิดพลาดของระบบประจำสัปดาห์ - ทำรายงานพฤติกรรมการใช้พลังงานประจำปี ของ ISUZU Saengfah จำนวน 4 สาขา
สัปดาห์ที่ 12 วันที่ 3 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568 ถึงวันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568	- จัดทำรายงานตรวจสอบความผิดพลาดของระบบประจำสัปดาห์ - ออกไปดู และเรียนรู้การติดตั้งแบตเตอรี่ที่หน้างานโดยมีวิศวกรคอยให้คำแนะนำ - ทำรายงานพฤติกรรมการใช้พลังงานประจำปี ของ ISUZU Saengfah จำนวน 4 สาขา
สัปดาห์ที่ 13 วันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568 ถึงวันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568	- จัดทำรายงานตรวจสอบความผิดพลาดของระบบประจำสัปดาห์ - ศึกษาวิธีการทำระบบ auto report - จัดทำรายงานผลการผลิตไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ประจำเดือนมกราคม
สัปดาห์ที่ 14 วันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568 ถึงวันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568	- จัดทำรายงานตรวจสอบความผิดพลาดของระบบประจำสัปดาห์ - สร้างระบบ รายงานผลผลิตไฟฟ้าด้วยระบบอัตโนมัติประจำเดือนของ SolarEdge - นำเสนอระบบรายงานผลผลิตไฟฟ้าประจำเดือนแบบอัตโนมัติ - นับจำนวน mounting ที่เหลือจากการติดตั้ง - จัดเรียงแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหลือจากการใช้งาน ตามขนาด และประเภทของแผง
สัปดาห์ที่ 15 วันที่ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568 ถึงวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2568	- สร้างระบบ รายงานผลผลิตไฟฟ้าด้วยระบบอัตโนมัติประจำเดือนของ SolarEdge และ Huawei
สัปดาห์ที่ 16 วันที่ 3 มีนาคม พ.ศ. 2568 ถึงวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2568	- สร้างระบบ รายงานผลผลิตไฟฟ้าด้วยระบบอัตโนมัติประจำเดือนของ SolarEdge และ Huawei - นับแผงเซลล์แสงอาทิตย์คงคลัง

1.10 ตัวย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
A	กระแสเงินสดที่ได้รับหรือจ่ายในแต่ละงวด	Baht/Year
CAGR	อัตราการเติบโตต่อปีแบบทบต้น	-
E	พลังงานไฟฟ้า	kWh
FV	มูลค่าในอนาคตของเงิน	Baht
H	ค่ารังสีอาทิตย์	kWh/m^2
i	อัตราดอกเบี้ยต่อช่วงเวลา	-
I	กระแสไฟฟ้า	A
n	จำนวนงวดของกระแสเงินสด	Year
P	กำลังไฟฟ้า	W
PR	สมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์	%
PV	มูลค่าปัจจุบันของเงิน	Baht
PVOUT	Specific photovoltaic power output	kWh/kWp
R	ความต้านทาน	Ω
V	แรงดันไฟฟ้า	V
Y	Yield	kWh/kW
%loss	อัตราการสูญเสีย	%

ตัวห้อย	ความหมาย
CB	Circuit breaker
F	Final
Inv	Inverter
line	Line
loss	Loss
out	Output
R	Reference
sc	Short circuit
STC	Standard condition
total	Total

บทที่ 2
ผลการปฏิบัติงาน

2.1 ผลการปฏิบัติงาน

การปฏิบัติงานในสถานประกอบการ บริษัท ครีเอทีฟ โซลูชั่น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด ตั้งแต่วันที่ 18 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึงวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2568 สามารถนำมารายงานผลปฏิบัติงานได้ดังนี้

2.1.1 สำรวจและออกแบบระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เดินทางไปสำรวจพื้นที่ที่ต้องการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และเก็บข้อมูลเพื่อนำมาออกแบบระบบให้ได้มาตรฐาน ปลอดภัย และคุ้มค่าที่สุด

2.1.1.1 ที่มาและปัญหาของงานที่ได้รับมอบหมาย

เพราะการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องมีการสำรวจ และออกแบบระบบที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม และความต้องการพลังงานของผู้ใช้งาน จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาองค์ประกอบต่างๆ ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบ เช่น การเลือกตำแหน่งที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้รับแสงแดดสูงสุดในแต่ละวัน การคำนวณขนาดของแผง และจำนวนแผงที่เหมาะสมกับการใช้พลังงาน รวมถึงการพิจารณาเรื่องความสามารถในการเก็บพลังงาน และการแปลงพลังงานให้ได้ผลสูงสุดจากแสงอาทิตย์ การออกแบบระบบให้เหมาะสมยังช่วยให้การติดตั้ง และการบำรุงรักษามีความสะดวก และลดต้นทุนระยะยาว รวมถึงการเพิ่มอายุการใช้งานของระบบให้ยาวนาน และมีประสิทธิภาพสูงสุดจำเป็นต้องทำการออกแบบระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการผลิตพลังงาน และตอบโจทย์ความต้องการพลังงานในพื้นที่นั้นๆ โดยการออกแบบระบบนี้จะทำให้ผู้รับเหมาเข้าใจขั้นตอนการติดตั้ง และสามารถดำเนินการได้ตามข้อกำหนดที่กำหนดไว้ในแผน

2.1.1.2 วัตถุประสงค์ของงานที่ได้รับมอบหมาย

1. เพื่อเรียนรู้การใช้งานโดรนเพื่อใช้ในการสำรวจของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
2. เพื่อเรียนรู้การจัดเก็บข้อมูลสำหรับการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
3. เพื่อเรียนรู้การใช้งานเครื่องมือวัด ได้แก่ เลเซอร์วัดระยะทาง และ Digital Clamp Meter
4. เพื่อเรียนรู้การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
5. เพื่อเรียนรู้การใช้งานซอฟต์แวร์สำหรับออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

2.1.1.3 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

- อากาศยานไร้คนขับ

โดรน หรือที่เรียกอย่างเป็นทางการว่า อากาศยานไร้คนขับ เป็นอุปกรณ์บินที่ไม่จำเป็นต้องมีนักบินควบคุมจากภายในตัวเครื่อง โดรนสามารถควบคุมได้ด้วยรีโมตคอนโทรลจากระยะไกล หรือทำงานแบบอัตโนมัติโดยอาศัยระบบนำทาง หลักการทำงานของโดรนขึ้นอยู่กับระบบควบคุมการบินที่ทำหน้าที่จัดการการทรงตัว และควบคุมการเคลื่อนไหวในอากาศ เมื่อเปิดใช้งาน โดรนจะสร้างแรงยกผ่านมอเตอร์ และใบพัด โดยแรงที่เกิดขึ้นต้องสมดุลกับน้ำหนักของตัวโดรนทำให้ดดรนสามรถทำงานได้ โดยมีรูปร่างดังแสดงในรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 อากาศยานไร้คนขับ สำหรับถ่ายภาพมุมสูง

➢ เลเซอร์วัดระยะทาง

เลเซอร์วัดระยะทางเป็นเทคโนโลยีที่ใช้แสงเลเซอร์ในการคำนวณระยะทางระหว่างเครื่องมือและเป้าหมาย โดยอาศัยคุณสมบัติของแสงเลเซอร์ที่มีความตรง และความเข้มสูง ซึ่งทำให้เหมาะสำหรับการวัดระยะทางที่ต้องการความแม่นยำ และความละเอียดสูง หลักการนี้เป็นพื้นฐานสำคัญที่ถูกนำไปใช้ในหลายอุตสาหกรรม เช่น การสำรวจพื้นที่ และการก่อสร้าง เลเซอร์วัดระยะทางทำงานโดยปล่อยแสงเลเซอร์ไปยังเป้าหมาย เมื่อแสงเลเซอร์กระทบกับพื้นผิวของเป้าหมาย มันจะสะท้อนกลับมายังตัวรับสัญญาณภายในเครื่อง จากนั้นระบบจะนำข้อมูลการสะท้อนกลับมาคำนวณระยะทางโดยใช้สูตรทางฟิสิกส์ หลักการสำคัญที่ใช้ได้แก่ Time of Flight วิธีนี้วัดระยะทางโดยคำนวณเวลาที่แสงเลเซอร์ใช้เดินทางจากตัวเครื่องมือไปยังเป้าหมาย และกลับมา มีตัวอย่างของอุปกรณ์ดังรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 เลเซอร์วัดระยะทาง

➢ แคลมป์มิเตอร์ดิจิทัล

เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญ และมีประโยชน์อย่างยิ่งในการวัดกระแสไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า ซึ่งช่วยให้การทำงานในด้านไฟฟ้าเป็นไปอย่างสะดวก ปลอดภัย และแม่นยำ โดยไม่จำเป็นต้องตัดต่อสายไฟหรือหยุดการทำงานของระบบ เพียงแค่ใช้เครื่องมือในการหนีบสายไฟเพื่อวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน ด้วยเทคโนโลยีเซ็นเซอร์แม่เหล็กที่สามารถตรวจจับสนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าได้ ทำให้สามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้อย่างแม่นยำแม้ในสภาวะที่มีการทำงานอย่างต่อเนื่องหรือสภาพแวดล้อมที่ยากต่อการเข้าถึงปากคีบของแคลมป์มิเตอร์ดิจิทัล ถูกออกแบบมาอย่างชาญฉลาดเพื่อให้สามารถคล้องสายไฟได้ง่าย ไม่จำเป็นต้องสัมผัสตัวนำไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งทำให้สามารถทำการวัดได้โดยไม่เสี่ยงต่อการเกิดอันตรายจากการสัมผัสไฟฟ้า นอกจากนี้ เครื่องมือดังกล่าวยังมีฟังก์ชันการแสดงผลที่ชัดเจนบนหน้าจอดิจิตอล ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถอ่านค่าได้ง่าย และรวดเร็ว แคลมป์มิเตอร์ดิจิทัล รองรับการวัดค่าหลายประเภท อาทิเช่น กระแสไฟฟ้ากระแสตรง และกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดันไฟฟ้า ความต้านทาน และการตรวจสอบการต่อลัดวงจร ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ และบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า นอกจากนี้ยังมีฟังก์ชันพิเศษ เช่น การวัดพลังงานไฟฟ้า การจับค่ามากสุด และการบันทึกค่าต่างๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในภายหลัง การออกแบบที่กะทัดรัด และน้ำหนักเบาของ แคลมป์มิเตอร์ดิจิทัล ทำให้เหมาะสำหรับการใช้งานในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดหรือพื้นที่ที่ยากต่อการเข้าถึง เช่น ในการตรวจสอบระบบไฟฟ้าภายในอาคารหรือการซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการเครื่องมือที่สะดวกต่อการพกพา และใช้งานได้อย่างง่ายดาย ทั้งนี้ ความสะดวก และความปลอดภัยในการใช้งานจึงทำให้ แคลมป์มิเตอร์ดิจิทัล เป็นเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับผู้ที่ทำงานด้านไฟฟ้า ทั้งในด้านการตรวจสอบระบบไฟฟ้า การบำรุงรักษา หรือการหาจุดลัดวงจรในระบบไฟฟ้าที่ซับซ้อน ด้วยคุณสมบัติที่หลากหลาย และการใช้งานที่สะดวกสบาย แคลมป์มิเตอร์ดิจิทัลจึงถือเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับการทำงานในด้านไฟฟ้า ซึ่งต้องการความแม่นยำ ปลอดภัย และสามารถรองรับการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมีตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 แคลมป์มิเตอร์ดิจิทัล

➢ เซลล์แสงอาทิตย์

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าโดยตรง โดย เมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำจะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าขึ้นในสารกึ่งตัวนำจึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์ [5]

จากรูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-type) คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้การโดปด้วยสาร ฟอสฟอรัสทำให้มีคุณสมบัติเป็น ตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ติดอยู่ด้านหน้าของ เซลล์แสงอาทิตย์ และชั้นถัดมาสารกึ่งตัวนำชนิดพี (P-type) คือสารกึ่งตัวนำที่ได้การโดปด้วยสาร โบรอนทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (Hole) เมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำ หน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำสารทั้ง 2 ชนิด มาประกอบกันด้วยรอยต่อพีเอ็น (P-N Junction) จึงทำให้เกิดเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้ งานจะต้องนำเซลล์หลายๆ เซลล์มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่ นำมาต่อกันในจำนวน และขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้ เป็นแผงก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์ประกอบด้วย แผ่นกระจกที่มี ส่วนผสมของเหล็กต่ำซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีก ด้วย แผงเซลล์จะต้องมีการป้องกันความชื้นที่ดีมาก เพราะจะต้องอยู่กลางแดดกลางฝนเป็นเวลา ยาวนาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทน และป้องกันความชื้นที่ดี เช่น ซิลิโคน และอีวีเอ (Ethelene Vinyl Acetate, EVA) เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์ จึงต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์ประกอบเข้าด้วยกันเป็นแผงเซลล์ โดยลักษณะการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับขนาดแผง และ ปริมาณพลังงานที่ต้องการ แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นพื้นฐานของทุกระบบพลังงานแสงอาทิตย์ทุกๆ ระบบ ซึ่งซิลิคอนถูกนำมาใช้เพื่อสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ และต่อร่วมกันเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์

➢ อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า

อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าในระบบพลังงานแสงอาทิตย์มีบทบาทสำคัญในการแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสตรง ที่ผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้กลายเป็นกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อใช้ในระบบไฟฟ้าภายในบ้านหรือส่งกระแสไฟฟ้ากลับเข้าโครงข่ายไฟฟ้าหลัก

1. MPPT เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ โดย MPPT จะทำหน้าที่ติดตาม และปรับแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้พลังงานสูงสุดในทุกสภาพแสง ไม่ว่าจะเป็นในช่วงเวลาที่มีแสงแดดเข้มข้นหรือในช่วงที่แสงแดดอ่อนลง ช่วยให้ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพตลอดเวลา โดยที่ไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับความเข้มข้นของแสงที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา

2. ระบบเฟส เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า 1 เฟส และ3 เฟสมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกัน โดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า 1 เฟสจะใช้กระแสไฟฟ้าแบบเดียวที่ประกอบด้วยสองสายหลัก ได้แก่ สายที่มีแรงดัน และสายที่เป็นกลาง ซึ่งมักใช้ในบ้านเรือนหรือสถานที่ที่ต้องการพลังงานไฟฟ้าจำนวนน้อย เนื่องจากมีความเรียบง่าย และต้นทุนไม่สูงเกินไป ในขณะที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า 3 เฟสจะใช้กระแสไฟฟ้าจากสามเฟส โดยมีสามสายที่มีแรงดันต่างกัน ซึ่งเหมาะสำหรับสถานที่ที่ต้องการพลังงานมากกว่า

3. ระบบป้องกันไฟย้อน ระบบป้องกันไฟย้อนเป็นฟังก์ชันในอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าที่มีหน้าที่ควบคุมไม่ให้กระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ถูกส่งย้อนกลับไปยังโครงข่ายไฟฟ้าหลัก โดยที่ไม่ต้องการหรือไม่ได้รับการอนุญาต การทำงานของระบบนี้ช่วยให้มั่นใจว่ากระแสไฟฟ้าจะถูกใช้ในบ้านหรืออาคารเท่านั้น หรือถ้ามีการเก็บพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่ จะไม่มีการส่งกลับไปยังโครงข่ายไฟฟ้าหลัก การใช้ฟังก์ชันนี้มักพบในพื้นที่ที่มีกฎหมายกำหนดเกี่ยวกับการจำกัดการส่งไฟฟ้ากลับเข้าสู่โครงข่าย เพื่อป้องกันปัญหาการจ่ายไฟฟ้าที่ไม่เหมาะสม และเพื่อรักษาความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าในโครงข่ายไฟฟ้าหลัก ซึ่งมีตัวอย่างการติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 การติดตั้งระบบป้องกันไฟฟ้าไหลย้อน

➢ Power Optimizer

Power Optimizer เป็นอุปกรณ์ที่มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการติดตั้งอุปกรณ์นี้ระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า เพื่อช่วยให้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ในระดับสูงสุดในทุกสภาวะการทำงาน โดยเฉพาะในกรณีที่มีปัญหาหรือปัจจัยภายนอกที่อาจทำให้ระบบทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ เช่น การมีเงาบังบางส่วนบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การติดตั้งแผงในมุมที่แตกต่างกัน หรือการใช้แผงที่มีประสิทธิภาพต่างกันในระบบเดียวกัน ซึ่งอาจส่งผลให้กระแสไฟฟ้าที่ได้จากระบบทั้งหมดลดลง และมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเดิม โดยจะช่วยแก้ไขปัญหานี้ด้วยการปรับการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผงให้เหมาะสมที่สุด โดยไม่ให้แผงไหนมีผลกระทบต่อการทำงานของแผงอื่นในระบบ ซึ่งจะช่วยให้แผงแต่ละตัวสามารถผลิตพลังงานได้ในระดับสูงสุดของตัวเอง ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่มีเงาบังเพียงบางส่วนบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์, Power Optimizer จะช่วยให้แผงที่ถูกบังยังคงทำงานได้ในระดับที่ดีสุดโดยไม่ทำให้ระบบทั้งหมดลดประสิทธิภาพลง นอกจากนี้ ในกรณีที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีคุณสมบัติหรือประสิทธิภาพแตกต่างกัน เช่น แผงที่มีอายุการใช้งานต่างกันหรือมาจากผู้ผลิตที่แตกต่างกัน Power Optimizer ก็สามารถปรับแต่งให้แผงแต่ละตัวทำงานได้เต็มศักยภาพของตัวเองโดยไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของแผงอื่นๆ ในระบบ นอกจากนี้ ยังช่วยแก้ปัญหาจากการติดตั้งแผงในมุมที่แตกต่างกัน ซึ่งในบางกรณีอาจทำให้แผงบางตัวรับแสงได้มากกว่าแผงอื่นๆ แต่จะทำให้แผงทุกตัวในระบบทำงานได้ในระดับที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพสูงสุด แม้ว่าจะติดตั้งในมุมที่แตกต่างกัน ทำให้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์มีเสถียรภาพสูงขึ้น และผลิตพลังงานได้เต็มศักยภาพของตัวเองในทุกสถานการณ์ มีตัวอย่างการทำงานอย่างง่ายของอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 ภาพการทำงานของ Optimizer

➢ Mounting solar

Mounting solar หมายถึง กระบวนการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นผิวหรือโครงสร้างต่างๆ เพื่อให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถรับแสงแดด และผลิตพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถทำได้หลายรูปแบบตามประเภทของโครงสร้างที่ใช้ โดยใช้ชุดอุปกรณ์ที่เรียกว่า Mounting System ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อให้มั่นใจว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดเต็มที่ และสามารถทำงานได้ในสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัย และทนทานต่อสภาพอากาศต่างๆ มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 อุปกรณ์ต่างๆในระบบ Mounting Solar

อุปกรณ์	ภาพประกอบ	คำอธิบาย
Rail		ใช้เป็นฐานในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีน้ำหนักเบา และทนทานต่อการกัดกร่อน โดยแผงจะถูกยึดติดกับรางนี้เพื่อให้มีความมั่นคงในระหว่างการใช้งาน
Rail splice		คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อรางสองเส้นให้เป็นหนึ่งเดียวกันเพื่อให้ระบบรางยาวขึ้น ช่วยให้การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไปอย่างต่อเนื่อง และมั่นคง
Mid clamp		เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ยึดระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยจะช่วยยึดแผงให้แน่น และไม่ขยับไปมา ซึ่งช่วยป้องกันไม่ให้แผงหลุดหรือเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่ติดตั้ง
End clamp		คืออุปกรณ์ที่ใช้ยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ปลายของราง โดยทำหน้าที่ในการยึดแผงในตำแหน่งสุดท้ายของราง เพื่อให้แผงไม่ขยับออกจากตำแหน่งที่ถูกติดตั้ง
L-feet		บางครั้งอาจเรียกว่า L-Bracket เป็นอุปกรณ์ยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งใช้ในการติดตั้งแผงบนหลังคา อุปกรณ์นี้จะช่วยยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มั่นคงในมุมที่ต้องการ และป้องกันการเคลื่อนที่ของแผง
Cable clip		คลิปยึดสายไฟ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับจัดระเบียบสายไฟหรือสายเคเบิล เพื่อป้องกันความยุ่งเหยิง ลดความเสี่ยงของการเกิดอันตรายจากการสะดุด หรือสายไฟเสียหายจากการเสียดสีหรือดึงลาก
Nut & Bolt		ใช้ในงานงานโครงสร้างโลหะ เมื่อต้องการยึดติดอุปกรณ์กับรางอลูมิเนียม เช่น Optimizer หรือ อุปกรณ์ยึดสายน้ำล้างแผง เป็นต้น
Ground mounting		ใช้สำหรับการเดินสายกราวด์ ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้สายกราวด์แน่น และเป็นระเบียบ

➢ น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load : LL)

น้ำหนักบรรทุกที่เป็นลักษณะมีการเคลื่อนย้าย เคลื่อนที่ หรือมีการเปลี่ยนแปลงขนาดน้ำหนักอยู่ตลอดเวลา หรืออยู่ชั่วคราว เช่น รถยนต์ หิมะ แรงลม ผู้คนที่ใช้อาคาร วัสดุอุปกรณ์สำนักงาน เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมาเราจะ สามารถสังเกตุได้ว่า แรงกระทำเหล่านี้จะเกิดขึ้นเป็นครั้งคราว และเมื่อมีการเคลื่อนย้าย ออกไป ก็จะไม่มีแรงกระทำคงค้าง ซึ่งตามข้อกำหนดของพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 หรือข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร ว่าด้วยเรื่องควบคุมอาคาร พ.ศ. 2544 ได้กำหนดค่า น้ำหนักบรรทุกจรขั้นต่ำเพื่อใช้ควบคุมการในการออกแบบอาคารไว้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าน้ำหนักบรรทุกจรขั้นต่ำ [2]

ประเภทการใช้อาคาร	น้ำหนักบรรทุกจรขั้นต่ำ (กก.ตรม.)
1. หลังคา	50
2. พื้นกันสาดหรือพื้นหลังคาคอนกรีต	100
3. ที่พักอาศัย โรงเรียนอนุบาล ห้องน้ำห้องส้วม	150
4. ห้องแถว ตึกแถว อาคารชุด หอพัก โรงแรม	200
5. สำนักงาน ธนาคาร	250
6. อาคารพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียน	300
7. ห้องโถง บันได และช่องเดินของอาคารชุด หอพัก โรงแรม โรงพยาบาล สำนักงาน ธนาคาร	300
8. ตลาด ห้างสรรพสินค้า หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้องประชุม ห้องอ่านหนังสือ ที่จอดรถ	400
9. ห้องโถง บันได และช่องเดินของอาคารพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียน	400
10. คลังสินค้า โรงกีฬา พิพิธภัณฑ์ อัฒจันทร์ โรงพิมพ์ โรงงานอุตสาหกรรม ห้องเก็บเอกสาร และพัสดุ	500
11. ห้องโถง บันได และช่องเดินของตลาด ห้างสรรพสินค้า หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร และหอสมุด	500
12. ห้องเก็บหนังสือของหอสมุด	600
13. ที่จอดรถหรือเก็บรถยนต์บรรทุกเปล่า และรถอื่นๆ	800
14. แรงลมที่กระทำต่ออาคาร (กรณีไม่มีเอกสารอ้างอิง)	
- ส่วนของอาคารที่สูงไม่เกิน 10 เมตร	50
- ส่วนของอาคารที่สูงไม่เกิน 10 เมตร แต่ไม่เกิน 20 เมตร	80
- ส่วนของอาคารที่สูงไม่เกิน 20 เมตร แต่ไม่เกิน 40 เมตร	120
- ส่วนของอาคารที่สูงกว่า 40 เมตร	160

➢ ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

สายดินเป็นส่วนสำคัญในระบบไฟฟ้าที่ช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้ใช้งาน และอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยมีหน้าที่หลักในการนำกระแสไฟฟ้ารั่วกลับไปยังดินอย่างปลอดภัย และช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดไฟฟ้าช็อตหรือเพลิงไหม้ การกำหนดขนาดของสายดินจะขึ้นอยู่กับมาตรฐาน และข้อกำหนดของระบบไฟฟ้าในประเทศต่างๆ ซึ่งในประเทศไทยจะใช้ตามมาตรฐานที่กำหนดโดยมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย (มาตรฐาน วสท.) และมาตรฐานสากล เช่น IEC หรือ NEC สายดินต้องสามารถรองรับกระแสลัดวงจรในช่วงเวลาสั้นๆ ได้โดยไม่เกิดความเสียหายกับสายไฟฟ้า การเลือกขนาดสายดินจึงต้องพิจารณาจากค่ากระแสลัดวงจรที่คาดว่าจะเกิดขึ้น และระยะเวลาที่กระแสไหลก่อนที่ระบบป้องกัน เช่น เบรกเกอร์ จะตัดวงจร ขนาดของสายดินมักถูกกำหนดโดยพิจารณาเปรียบเทียบกับขนาดของสายไฟหลักที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับบริภัณฑ์ไฟฟ้า ในมาตรฐานทั่วไป จะระบุว่าสายดินต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 50% ของขนาดสายเฟส แต่ในบางกรณี อาจต้องเพิ่มขนาดสายดินเพื่อรองรับความยาวสายไฟที่มากขึ้น วัสดุที่นิยมใช้ในการทำสายดินคือทองแดง เนื่องจากมีค่าการนำไฟฟ้าสูง รองรับกระแสได้ดี และมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม อย่างไรก็ตาม หากใช้วัสดุอื่น เช่น อะลูมิเนียม ขนาดสายอาจต้องเพิ่มขึ้นเพื่อชดเชยค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำกว่าโดยมาตรฐาน วสท. ระบุว่าสายดินที่ใช้ในอาคารต้องมีขนาดอย่างน้อย 2.5 mm^2 หากเดินสายดินร่วมกับสายไฟในท่อร้อยสาย หรือขนาดอย่างน้อย 4 mm^2 หากเดินสายดินโดยไม่มีท่อร้อยสาย และมาตรฐาน IEC (International Electrotechnical Commission) ระบุว่าสายดินต้องมีขนาดไม่ต่ำกว่า 16 mm^2 สำหรับระบบแรงต่ำ และต้องปรับให้เหมาะสมกับขนาดของสายหลัก และแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ โดยค่าขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าตามมาตรฐาน สวท. 2001-56 ถูกกำหนดไว้ สำหรับการติดตั้งสายดินในปะเทศไทย เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการใช้ไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าตามมาตรฐาน สวท. 2001-56 [4]

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกินไม่เกิน (A)	ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง) (mm^2)
20	2.5
40	4
70	6
100	10
200	16
400	25
700	50
1250	95
2000	120
2500	185
4000	240
6000	400

➢ รายชื่ออุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าไหลย้อน

ในการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าไหลย้อน มีความจำเป็นต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในการติดตั้งอุปกรณ์ การเลือกอุปกรณ์มีความจำเป็นต้องผ่านมาตรฐานของการไฟฟ้านครหลวงโดยมีรายชื่ออุปกรณ์ที่สามารถใช้กับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ายี่ห้อ Huawei ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 อุปกรณ์ควบคุมการจ่ายไฟไหลย้อนเข้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้า MEA [5]

Zero Export Controller	เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ที่สามารถใช้งานร่วมกับ Zero Export Controller
ยี่ห้อ Huawei รุ่น EMMA-A02	ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-3KTL-L1 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-5K-MAP0 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-5KTL-L1 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-5KTL-M1 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-10K-LC0 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-10K-MAP0 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-10KTL-M1 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-15K-MB0 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-20K-MB0
ยี่ห้อ Huawei รุ่น DDSU666-H	ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-3KTL-L1 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-5KTL-L1 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-10K-LC0
ยี่ห้อ Huawei รุ่น DTSU666-HW	ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-12KTL-M5 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-15K-MB0 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-15KTL-M5 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-20K-MB0 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-20KTL-M5 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-30KTL-M3 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-36KTL-M3 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-40KTL-M3 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-50KTL-M3 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-100KTL-M2
ยี่ห้อ Huawei รุ่น DTSU666-H	ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-5K-MAP0 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-10K-MAP0 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-15K-MB0 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-20K-MB0
ยี่ห้อ Huawei รุ่น DTSU666-H 250A/50mA	ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-12KTL-M5 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-15KTL-M5 ยี่ห้อ Huawei รุ่น SUN2000-20KTL-M5

➢ อุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

อุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีความสำคัญอย่างยิ่งในการควบคุมและป้องกันการทำงานของระบบ โดยอุปกรณ์แต่ละชิ้นทำหน้าที่เฉพาะที่เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างปลอดภัย และมีประสิทธิภาพ โดยมีรายชื่ออุปกรณ์ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 อุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ชื่ออุปกรณ์	ภาพประกอบ	คำอธิบาย
Surge protection device		เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันแรงดันไฟฟ้ากระชาก ซึ่งอาจเกิดจากฟ้าผ่า หรือแรงดันไฟฟ้าที่ไม่คงที่ในระบบไฟฟ้า การกระชากของแรงดันไฟฟ้าสามารถสร้างความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า
Circuit breaker		เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน และการลัดวงจร โดยการตัดกระแสไฟฟ้าอัตโนมัติเมื่อเกิดความผิดปกติในระบบไฟฟ้า เพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดกับอุปกรณ์ไฟฟ้า
Fuse		ฟิวส์ทำหน้าที่ตัดกระแสไฟฟ้าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าเกินค่าที่กำหนด หรือเกิดการลัดวงจรในระบบไฟฟ้า เพื่อป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบ จากการเสียหายที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าเกิน ลดความเสี่ยงของการเกิดไฟไหม้จากการลัดวงจร
Electric meter		ทำหน้าที่ วัดปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ วัดพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ในบ้านหรืออาคาร เพื่อคำนวณพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่ส่งคืนไปยังระบบไฟฟ้าหลัก
Electrical enclosure		ใช้สำหรับ ปกป้องอุปกรณ์ไฟฟ้า ภายในจากฝุ่น น้ำ ความชื้น และปัจจัยภายนอกอื่นๆ

➢ สายไฟในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การเดินสายไฟในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ สำคัญอย่างยิ่งในการเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า และส่งพลังงานไปยังโหลด ระบบจะเริ่มจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านสาย DC ไปยังอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า ซึ่งแปลงไฟฟ้ากระแสตรง เป็นกระแสสลับแล้วส่งผ่านสาย AC ไปยังระบบไฟฟ้าหลัก การใช้ Current transformer clamp ช่วยตรวจสอบกระแสไฟฟ้า และความปลอดภัยในระบบ ส่วน MC4 ใช้เชื่อมต่อสายไฟจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ไปยังอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าอย่างมั่นคง และปลอดภัย มีอุปกรณ์ที่ใช้ดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 สายไฟในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ชื่ออุปกรณ์	ภาพประกอบ	คำอธิบาย
รางเดินสายไฟ		เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการรวบรวม และจัดระเบียบสายไฟในระบบไฟฟ้าต่างๆ เพื่อที่จะเพิ่มความปลอดภัย ความเป็นระเบียบ และช่วยป้องกันสายไฟจากความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการใช้งาน
สายไฟ DC (PV1F)		เป็นสายไฟที่ใช้ในการส่งกระแสไฟฟ้ากระแสตรงจากเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นสายที่มีความนิยมในงานติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
สายไฟ AC (THW)		เป็นสายไฟที่ใช้สำหรับงานไฟฟ้ากำลังทั่วไปมีฉนวนหุ้มป้องกันความร้อน และความชื้น เหมาะกับการเดินภายในอาคารหรือนอกอาคาร ใช้ในการเดินสายไฟจากอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า ไปยังโหลดไฟฟ้า
Current transformer and RS485		ใช้ในการส่งสัญญาณจากเครื่องวัดกระแสไปยังอุปกรณ์ตรวจจับ ช่วยให้การตรวจวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านระบบเป็นไปอย่างแม่นยำ และปลอดภัย
สายกราวด์		เป็นสายไฟที่ใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้ากับระบบกราวด์ เพื่อให้ระบบไฟฟ้ามีความปลอดภัยป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าช็อต และการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร
MC4		ใช้เป็นขั้วต่อสำหรับ สาย DC ในระบบโซลาร์เซลล์ใช้เชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าด้วยกัน และเชื่อมต่อสายไฟ DC จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยัง อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า
Busbar		ตัวนำไฟฟ้า ที่มีลักษณะเป็นแท่ง, แผ่น หรือรางโลหะ ซึ่งใช้สำหรับ จ่ายกระแสไฟฟ้า ภายในระบบไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดใหญ่

2.1.1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. สำรวจพื้นที่ เป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญในการเตรียมความพร้อมสำหรับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เริ่มต้นด้วยการตรวจสอบพื้นที่ทางกายภาพ เช่น หลังคา พื้นที่ว่าง หรือบริเวณที่มีศักยภาพสำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยพิจารณาความแข็งแรงของโครงสร้างและความลาดเอียงที่เหมาะสมกับการรับแสงอาทิตย์ นอกจากนี้ ยังต้องพิจารณาทิศทางของแสงแดดและระยะเวลาที่แสงอาทิตย์ส่องถึงในแต่ละวัน เพื่อให้แน่ใจว่าการผลิตพลังงานสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทีมงานจะประเมินอุปสรรคที่อาจทำให้เกิดเงาบดบัง เช่น ต้นไม้ อาคารใกล้เคียง หรือเสาไฟฟ้า ซึ่งอาจลดประสิทธิภาพของระบบได้

2. วัดค่าทางไฟฟ้าของระบบขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบ และประเมินค่าทางไฟฟ้าเพื่อให้แน่ใจว่าระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่จะติดตั้งสามารถทำงานร่วมกับโครงข่ายไฟฟ้าเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทีมงานจะเริ่มด้วยการตรวจสอบระบบไฟฟ้าปัจจุบัน เช่นความสามารถในการรองรับแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่อาจเพิ่มเข้ามาจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องมือวัดที่ใช้ เช่น โวลต์มิเตอร์ และแอมป์มิเตอร์ จะถูกนำมาใช้ในการวัดค่าต่างๆ เช่น แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความจุโหลดสูงสุด ข้อมูลที่ได้จะนำไปใช้ในการออกแบบระบบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า และสายไฟฟ้าที่เหมาะสม นอกจากนี้

3. บินโดรนถ่ายภาพมุมสูงของตึก การใช้โดรนในการสำรวจพื้นที่เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยเพิ่มความแม่นยำ และลดเวลาในการสำรวจ โดยการนำโดรนที่ติดตั้งกล้องความละเอียดสูงขึ้นบินเพื่อเก็บข้อมูลภาพมุมสูงของพื้นที่ติดตั้ง โดยถ่ายภาพทั้งในมุมกว้างเพื่อให้เห็นภาพรวมของพื้นที่ และถ่ายในรายละเอียดเพื่อประเมินโครงสร้างที่เฉพาะเจาะจง ภาพถ่ายเหล่านี้จะถูกนำไปใช้สร้างแผนที่ 3 มิติ และแผนผังพื้นที่ ซึ่งช่วยในการออกแบบจุดติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมที่สุด โดรนยังช่วยในการวิเคราะห์สิ่งที่อาจบดบังแสง เช่น การจัดตำแหน่งของต้นไม้หรือเงาจากตึกข้างเคียง เพื่อปรับการออกแบบให้ตอบโจทย์ความต้องการด้านพลังงานให้ได้สูงสุด

4. ออกแบบการวาง และต่อแผง ในกาออกแบบการวางแผงจะต้องมีการเปรียบเทียบ และคัดเลือกแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีประสิทธิภาพ และคุ้มค่าต่อการใช้งานที่สุด

5. ออกแบบระบบ Mounting โดยการการออกแบบระบบติดตั้ง บนดาดฟ้าเป็นกระบวนการที่วางแผนเพื่อติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บน ใช้โครงสร้างอลูมิเนียม และวัสดุคุณภาพสูงเพื่อรับน้ำหนักของแผง และทนต่อสภาพอากาศ ระบบยึดถูกออกแบบให้รองรับความแข็งแรง และป้องกันความเสียหายต่อหลังคา

6. ออกแบบระบบไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ หลังจากได้ข้อมูลต่างๆ จากการสำรวจแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาวาดภาพว่า จะวางอุปกรณ์ Solar box ไว้ที่ไหน และจะเดินสายไฟยังไงให้ปลอดภัย และประหยัดต้นทุนที่สุด จึงได้ออกแบบการเดินสายไฟ จาก Solar box ไปยังตู้โหลดส่วนกลางที่ต้องการใช้ไฟฟ้า รวมถึงอุปกรณ์ที่จะใช้จะติดตั้งในลักษณะใด

2.1.1.5 ผลการปฏิบัติงาน

1. จากการไปสำรวจหน้างาน พบว่าลูกค่าต้องการใช้ไฟจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์กับระบบส่วนกลางของอาคาร ประกอบด้วย ลิฟต์จำนวน 3 ตัว มีพื้นที่ดาดฟ้ากว้างเพียงพอสำหรับการติดตั้ง มีห้องควบคุมไฟฟ้าส่วนกลางที่ระบายอากาศได้ดีอยู่ชั้นที่ 26 ของอาคาร สำหรับไว้เดินสาย DC และ AC ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และมีตู้ MDB อยู่ที่ชั้น 2 ของอาคาร สำหรับเดินสาย CT โดยมีระยะห่างจากตู้ MDB ไปยังตู้ไฟฟ้าส่วนกลาง ประมาณ 150 m มีระยะของห้องตู้ควบคุมไฟฟ้า ขนาดกว้าง 4.00 m ยาว 3.70 m และมีความสูง 2.84 m ระบบไฟฟ้าของทั้งอาคาร เป็นระบบไฟฟ้า 3 เฟส จึงได้ทำการเก็บข้อมูลของอาคารมาทำการออกแบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ห้องควบคุมไฟฟ้าส่วนกลางรูปที่ 2.7 และ รูปที่ 2.8

รูปที่ 2.7 ห้องควบคุมไฟฟ้าส่วนกลาง

รูปที่ 2.8 ห้องควบคุมไฟหลักของอาคาร

2. ในการดำเนินการตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าของโหลดที่ใช้พลังงาน ใช้ Clamp Electrical Meter ซึ่งเป็นอุปกรณ์เฉพาะทางที่มีความแม่นยำสูงในการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้า เพื่อทำการตรวจสอบ และวัดค่าทางไฟฟ้าต่างๆ ภายในระบบอย่างละเอียด โดยเริ่มจากการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจาก Line to Line ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างสองสายไฟ และมีความสำคัญในการตรวจสอบความเสถียรของระบบไฟฟ้าในระดับรวม และ ทำการวัด กระแสไฟฟ้า ในแต่ละเฟสของระบบไฟฟ้า ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการวิเคราะห์การกระจายโหลด และการใช้งานพลังงานไฟฟ้าภายในตู้ควบคุมไฟฟ้าส่วนกลาง การตรวจวัดในแต่ละเฟสดังกล่าวช่วยให้สามารถระบุปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ เช่น การไม่สมดุลของโหลดระหว่างเฟส ดังแสดงในรูปที่ 2.9

รูปที่ 2.9 ข้อมูลการสำรวจค่าทางไฟฟ้า

คำนวณความต้องการพลังงานไฟฟ้าในการคำนวณระบบนี้ใช้งานกับระบบส่วนกลางในที่นี้คือลิฟต์ จำนวน 3 ตัว ซึ่งสามารถวัดค่าตอนลิฟต์กำลังทำได้ที่ 38.40 A (ประมาณ 40.00 A) และขณะลิฟต์หยุดทำงานได้ที่ 1.38 A (เข้าใกล้ 0 A) และมีแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 396.00 V จึงสามารถคำนวณขนาดติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดังนี้

$$\text{Load Power} = \sqrt{3} \times V_{line} \times I_{line}$$
$$= \sqrt{3} \times 396\ \text{V} \times 38.4\ \text{A}$$
$$= 25{,}021\ \text{W}$$
$$= 25.02\ \text{kW}$$

หลังจากนั้นจะทำการคิดกำลังไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพิ่มขึ้นเป็น 1.2 เท่า ของกำลังไฟฟ้าใช้งานจริง สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{Solar Power} = 25.02\ \text{kW} \times 1.2$$
$$= 30.02\ \text{kW}$$

จากการคำนวณ สรุปได้ว่า การใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ที่สอดคล้องกับการใช้ไฟฟ้าของลูกค้ามีกำลังการผลิตไฟฟ้า อยู่ที่ 30.02 kW

3. หลังจากเสร็จสิ้นการเก็บข้อมูลจากภายในห้องควบคุมไฟฟ้า ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการวิเคราะห์ และประเมินระบบไฟฟ้าภายในอาคารแล้ว ได้ดำเนินการต่อด้วยการนำโดรน DJI มาใช้บินถ่ายภาพมุมสูงของอาคาร เพื่อเก็บภาพเลย์เอาท์ ของตึกทั้งหมดอย่างละเอียด การใช้โดรนช่วยให้สามารถเข้าถึงมุมมองที่กว้างขวาง และครบถ้วนของพื้นที่โดยรอบอาคาร ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการออกแบบ และวางแผนการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายมุมสูงนี้จะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อประเมินตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ เช่น ทิศทางของแสงแดด การหลีกเลี่ยงเงาจากสิ่งก่อสร้างรอบข้าง และการใช้พื้นที่ที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

รูปที่ 2.10 พื้นที่สำหรับติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 2.11 ภาพถ่ายมุมสูงของตึก

4. ในการออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์ในครั้งนี้ ได้เลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์รุ่น Jinko Solar Tiger Neo N-type 78HL4-(V) ซึ่งเป็นแผงที่มีประสิทธิภาพสูง มีกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุด 620 วัตต์ต่อแผง โดยแผงรุ่นนี้มีคุณสมบัติที่โดดเด่นในด้านเทคโนโลยีเซลล์ N-type ซึ่งช่วยเพิ่มความสามารถในการผลิตพลังงานในสภาวะที่มีแสงแดดน้อย อีกทั้งยังมีอัตราการเสื่อมสภาพที่ต่ำ ทำให้สามารถใช้งานได้อย่างยาวนาน และคุ้มค่ากว่าแผงรุ่นทั่วไป เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบ และลดผลกระทบจากเงา หรือความไม่สมดุลของพลังงานในแต่ละแผง ทีมงานได้เลือกใช้ SUN2000-600W-P Optimizer ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยปรับแต่งการผลิตพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผงให้เหมาะสมที่สุด มีความสามารถในการปรับแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าในแต่ละแผงให้สมดุลกัน ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้ารวมของระบบ อีกทั้งยังมีฟังก์ชันป้องกันความปลอดภัย เช่น การลดแรงดันไฟฟ้าทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติ ทั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และ Optimizer ได้รับการเลือกมา โดยที่จะมุ่งเน้นไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพลังงาน การลดต้นทุนการดูแลรักษาในระยะยาว และการรองรับสภาวะการใช้งานที่หลากหลาย ดังแสดงในรูปที่ 2.12 และ รูปที่ 2.13

รูปที่ 2.12 แผง Jinko solar Tiger Neo N-type 78HL4-(V)

รูปที่ 2.13 Optimizer SUN2000-600W-P

ในการออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ขั้นตอนสำคัญคือการคำนวณจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ ซึ่งจำนวนนี้จะขึ้นอยู่กับกำลังผลิตไฟฟ้าที่ระบบต้องการ และกำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผง การคำนวณนี้มีความสำคัญเพื่อให้มั่นใจว่าระบบที่ออกแบบจะสามารถตอบสนองความต้องการด้านพลังงานได้อย่างเพียงพอ และช่วยลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งด้วยการเลือกจำนวนแผงที่เหมาะสมที่สุด สามารถคำนวณได้ดังนี้

จำนวนแผง = Solar Power / กำลังผลิตไฟฟ้าต่อ 1 แผง
= 30.025 kW / 0.62 kW/panel
= 48.43 panel
≈ 48 panel (ปัดลง)

ในการออกแบบ และเลือกการวางแถวมุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น มีปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ เพื่อให้มั่นใจว่าระบบจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด หนึ่งในปัจจัยหลักคือการพิจารณาจำนวน string ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า รวมถึงแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าสามารถรองรับได้สำหรับโครงการนี้ ได้เลือกใช้ SUN2000-30KTL-M1 ซึ่งเป็น Inverter ชนิด 3 เฟส ที่มีความสามารถสูงในการรองรับการทำงานของระบบขนาดใหญ่ โดยเครื่องรุ่นนี้สามารถรองรับจำนวน string ได้อย่างยืดหยุ่น และเหมาะสมกับการออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ อีกทั้งยังรองรับแรงดันไฟฟ้าสูงสุดในช่วงที่เหมาะสมกับการใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์รุ่น Jinko Solar ที่เลือกใช้ในระบบ การเลือกเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ารุ่นนี้ไม่เพียงตอบโจทย์ด้านประสิทธิภาพ และความยืดหยุ่นของระบบเท่านั้น แต่ยังช่วยลดความซับซ้อนในการติดตั้ง และการดูแลรักษาในระยะยาวอีกด้วย โดยมีข้อมูลจำเพาะของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.14

รูปที่ 2.14 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

จากการเลือกเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า พบว่า เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า มี 4 MPTT สามารถรับแรงดันสูงสุดได้ 1,100 V สามารถทำงานได้ดีเมื่อมีแรงดันไฟฟ้า 600 V และจะเริ่มต้นทำงานเมื่อมีแรงดันไฟฟ้า 200 V สามารถรับกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 40 A มีการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 48 panel ที่มีแรงดันไฟฟ้าต่อแผงสูงสุด 45.93 V และมีกระแสไฟฟ้า 13.50 A จึงสามารถคำนวณจำนวน string และ จำนวนแผงต่อ string ได้ดังนี้

$$\text{จำนวนแผงต่อ string} = \frac{\text{ค่าแรงดันต่อstringที่ระบบทำงานได้ดี}}{\text{แรงดันไฟฟ้าต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์}}$$

$$= \frac{600\ \frac{\text{V}}{\text{string}}}{45.93\ \frac{\text{V}}{\text{panel}}}$$

$$= 13.06\ \frac{\text{panel}}{\text{string}}$$

$$\approx 13\ \frac{\text{panel}}{\text{string}}$$

จำนวน string สามารถคำนวณได้โดยการนำจำนวนแผงที่ต้องการติดตั้งหารด้วยจำนวนแผงต่อ string สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{จำนวน string} = \frac{\text{จำนวนแผงที่ต้องการติดตั้ง}}{\text{จำนวนแผงต่อ String}}$$

$$= \frac{48\ \text{panel}}{13\ \frac{\text{panel}}{\text{string}}}$$

$$= 3.69\ \text{string}$$

$$\approx 4\ \text{string}$$ //string ละ 12 แผง

หลังจากการคำนวณ และออกแบบระบบ ใช้ แผง Jinko Solar รุ่น Tiger Neo N-type 78HL4-(V) ซึ่งมีขนาดกำลังการผลิตสูงสุด 620 W/panel สำหรับการติดตั้งในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยระบบนี้ถูกกำหนดให้มีทั้งหมด 4 string แต่ละ string ประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 12 panel รวมจำนวนแผงทั้งหมดในระบบนี้เป็น 48 panel ซึ่งการจัดการ และกำหนดค่าต่างๆ เหล่านี้ถูกออกแบบมาเพื่อให้เหมาะสมกับพื้นที่ติดตั้ง และข้อกำหนดทางเทคนิคของระบบ การจัดให้มี 4 string แต่ละ string ประกอบด้วย 12 panel ถูกวางแผนให้เหมาะสมกับการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า รุ่น SUN2000-30KTL-M1 โดยพิจารณาจาก แรงดันไฟฟ้ารวมในแต่ละ string ไม่เกินค่าที่ Inverter สามารถรองรับได้ จำนวนแผงที่เท่ากันในแต่ละ string ช่วยให้การผลิตพลังงานมีความสมดุลระหว่างเฟส การใช้ MPPT ทำให้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า สามารถปรับจุดพลังงานสูงสุดในแต่ละ string ได้อย่างแม่นยำ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ

5. จากการออกแบบโครงสร้างรองรับน้ำหนักของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถคำนวณหาน้ำหนักต่อตารางเมตรเพื่อความปลอดภัยตามมาตรฐานน้ำหนักบรรทุกจรได้ โดยมีน้ำหนักของอุปกรณ์ติดตั้งดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 น้ำหนักของอุปกรณ์ติดตั้งในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ชื่ออุปกรณ์	น้ำหนักต่อชิ้น (kg)	จำนวนชิ้น	น้ำหนักชุดติดตั้ง (kg)
Jinko solar 620W	30.600	48	1,468.800
Optimizer SUN2000-600W-P	0.600	48	28.800
Rail	0.229	24	5.496
Rail splice	0.050	16	0.800
Mid clamp	0.074	88	6.512
End clamp	0.074	16	1.184
Flat roof bracket	0.500	32	16.000
น้ำหนักรวม			1,528.042

น้ำหนักติดตั้งเผื่อ คือน้ำหนักที่ติดตั้งในกรณี ที่คิดจากค่าน้ำหนักจริงของอุปกรณ์ ดังแสดงในตารางที่ 2.7 แล้วคูณด้วยค่า ที่มากกว่า 1 ในกรณีที่มีแรงลมสูง มีปริมาณน้ำฝน หรือ หิมะ ในกรณีนี้จะใช้ค่า 1.25 สามารถคำนวณหา น้ำหนักติดตั้งเผื่อได้ดังนี้

น้ำหนักติดตั้งเผื่อ = 1,528.042 kg × 1.25
= 1,910.053 kg

พื้นที่ติดตั้งของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถคำนวณได้จาก การนำค่าพื้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์คูณกับจำนวนแผง สามารถคำนวณได้ดังนี้

พื้นที่ติดตั้งรวม = พื้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ × จำนวนแผง
= 2.465 m × 1.134 m × 48
= 134.17 m^2

น้ำหนักต่อตารางเมตร จะถูกคำนวณเพื่อใช้หาน้ำหนักที่รองรับได้หลังคาแต่ละชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2.2 สามารถคำนวณได้ดังนี้

น้ำหนักต่อตารางเมตร = น้ำหนักติดตั้งเผื่อ / พื้นที่ติดตั้งรวม
= 1,910.053 kg / 134.17 m^2
= 14.236 kg/m^2

จากการคำนวณ พบว่ามีน้ำหนักต่อตารางเมตร อยู่ที่ 14.236 kg/m^2 ซึ่งจากมาตรฐานน้ำหนักบรรทุกจรดังตารางที่ 2.2 อยู่ที่ 100 kg/m^2 จึงสรุปผลได้ว่า พื้นหลังคาคอนกรีตสามารถรองรับน้ำหนักได้

การออกแบบโครงยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ต้องคำนึงถึงค่ามาตรฐานในการติดตั้ง โดยการออกแบบครั้งนี้ จะใช้ มาตรฐานการติดตั้งของ Chiko Mounting หลังจากนั้นนำค่ามาออกแบบด้วยโปรแกรม AUTOCAD เพื่อวาดแบบที่เข้าใจง่าย และ มีมาตรฐาน เพื่อไปอธิบายให้ผู้รับเหมาต่อไป โดยกรณีนี้จะใช้แบบเจาะพื้นหลังคา เนื่องจากหลังคาเป็นแบบดาดฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 แบบการวางรางยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

หลังจากที่ออกแบบการวางแผงยึดเซลล์แสงอาทิตย์เสร็จ ขั้นตอนต่อไปคือนำข้อมูลที่ออกแบบมาใส่ในรูปอาคารจริงเพื่อหาระยะห่างแต่ละด้านของอาคาร และหาจำนวนอุปกรณ์ยึดแผงทั้งหมดที่ต้องใช้ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักต่อตารางเมตร โดยข้อมูลนี้จะถูกใช้ในการขอใบอนุญาตดัดแปลงอาคาร [8] โดยมีตัวอย่างแบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.16

รูปที่ 2.16 แบบการวางโครงสร้างรองรับแผง

6. ออกแบบระบบไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเริ่มจากการวางแบบระยะเดินสายไฟ และ จุดติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆในระบบ โดยเริ่มจากการเดินสายไฟ AC จากตู้ Solar box ไปยังตู้โหลดของลูกค้า ซึ่งในกรณีนี้ ตู้ทั้ง 2 อยู่ในห้องเดียวกัน จึงคาดว่าระยะเดินสาย AC จะมีความยาวประมาณ 10 m ดังแสดงในรูปที่ 2.17

รูปที่ 2.17 ระยะเดินสายไฟ AC จาก Solar box ไปยังตู้โหลด

ระยะเดินสาย CT คือระยะทางที่เดินสายไฟฟ้าจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าไปยังตู้ควบคุมไฟฟ้าหลักของอาคาร ซึ่งในกรณีนี้ ได้ทำการติดตั้งเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าไว้บนชั้นดาดฟ้าของอาคาร ขณะที่ตู้ควบคุมไฟฟ้าของอาคารตั้งอยู่บนชั้น 2 ของอาคาร จึงทำให้ระยะการเดินสายไฟยาวกว่าปกติ โดยในกรณีนี้มีระยะทางรวม 150 m ซึ่งต้องมีการพิจารณาความเหมาะสมของขนาดสายไฟ และแรงดันตกคร่อม เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และปลอดภัย ดังแสดงในรูปที่ 2.18

รูปที่ 2.18 ระยะเดินสาย CT จาก Solar box ไปยังตู้ MDB

การเดินสายไฟจะมีการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบบอนุกรมโดยที่หันขั้วบวกเข้าหารางเดินสายไฟ และขั้วลบหันออกแต่เดินสายกลับเข้ามายังรางเดินสายไฟ โดยเขียนเลขสตริงกำกับเพื่อความเข้าใจง่ายในการซ่อมบำรุง โดยมีการเดินสายไฟ DC ในรางเดินสายไฟ 35 m และมีการเดินสายไฟ AC จากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าไปยังตู้โหลดของลูกค้า มีระยะทาง 10 m ดังแสดงใน รูปที่ 2.19

รูปที่ 2.19 แบบการเดินสายไฟฟ้า

ในการออกแบบระบบไฟฟ้าครั้งนี้ จำเป็นต้องพิจารณาเรื่อง ความปลอดภัย อย่างละเอียด เพื่อให้มั่นใจว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และปลอดภัยในระยะยาว การคำนวณขนาด Surge protection device, Circuit breaker และ Fuse เป็นขั้นตอนสำคัญที่จะช่วยป้องกันปัญหาที่อาจเกิดจากไฟฟ้าลัดวงจรหรือกระแสไฟฟ้าเกินพิกัด ซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าหรือระบบทั้งหมดได้ โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

I_{CB_AC} = $1.3 \times I_{inv}$
= 1.3×47.9 A
= 62.27 A (เลือก SPD, Breaker, Fuse และ Ground wire ขนาดใกล้เคียงนี้)

I_{wire} = $1.3 \times I_{sc}$
= 1.3×14.25 A
= 18.525 A

คำนวณหาขนาดสายไฟ และพลังงานที่สูญเสียจากการเดินสายไฟ DC ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้สายไฟชนิด PV1F ยี่ห้อ Link ดังแสดงในรูปที่ 2.20

Size (mm²)	Conductor Diameter (N/mm)	Insulation Thickness (mm)	Insulation Diameter (mm)	Jacket Thickness (mm)	Jacket Diameter (mm)	Conductor Resistance at 20°C (Ω/km)	Insulation Resistance at 20°C (MΩ/km)	Rated Current at 60°C (A)
2.5	50/0.25	0.80	3.65±0.2	0.80	5.80±0.3	≤ 8.21	≥ 690	41
4	56/0.30	0.80	4.20±0.2	0.80	6.05±0.3	≤ 4.85	≥ 580	55
6	84/0.30	0.80	4.90±0.2	0.80	6.50±0.3	≤ 3.10	≥ 500	70
10	84/0.4	0.80	5.75±0.2	0.80	8.66±0.3	≤ 1.95	≥ 420	98
16	126/0.4	0.80	7.55±0.2	0.90	10.10±0.3	≤ 1.24	≥ 340	132

รูปที่ 2.20 ข้อมูลจำเพาะของสายไฟ PV1F ยี่ห้อ Link

หลังจากได้รับข้อมูลจำเพาะของสายไฟ PV1F สามารถนำข้อมูลมาเปรียบเทียบ หาขนาดสายไฟ เมื่อ 1 string จะมีค่ากระแสไฟฟ้าอยู่ที่ 18.525 A พบว่าสามารถ ใช้กับขนาดสายไฟตั้งแต่ 2.5 mm^2 ขึ้นไป โดยทำการเลือกสายไฟขนาด 6 mm^2 ที่มีความต้านทาน 0.0031 Ω/m และสามารถคำนวณหากำลังไฟฟ้าที่สูญเสียจากสายไฟได้ ดังนี้

R = 0.0031 Ω/m × 40 m
= 0.124 Ω

P_{loss} = $I^2 \times R$
= $(14.25\ A)^2 \times 0.124\ \Omega$
= 25.18 W

P_{total} = $12\ \text{panel} \times 620\ \frac{W}{\text{panel}} = 7{,}440\ W$

%loss = $(P_{loss}/P_{total}) \times 100\ \%$
= (25.18 W / 7,440 W) × 100 %
= 0.34 % (มีค่าน้อยกว่า 3 % จึงเป็นค่าที่ยอมรับได้)

หลังจากทราบข้อมูลอุปกร์ทางไฟฟ้าแล้ว นำข้อมูลเหล่านั้นมาเขียนในรูปแบบแผนผังเส้นเดียวในระบบไฟฟ้าด้วยโปรแกรม AUTOCAD จึงได้ Circuit breaker 60 A สายไฟขนาด 6 mm^2 Surge protection device ขนาด 60 A แผงเซลล์แสงอาทิตย์ Jinko solar ขนาด 620 W และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า Huawei ขนาด 30 kW 3phase ดังแสดงในรูปที่ 2.21

รูปที่ 2.21 ไดอะแกรมเส้นเดียวของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงงานแสงอาทิตย์

หลังจากที่ไปสำรวจพื้นที่ห้องติดตั้งเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าดังรูปที่ 2.7 แล้วนำข้อมูลมาออกแบบการติดตั้งเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า และ ตู้ควบคุมไฟฟ้า โดยมีมุมมองด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบน ของห้อง รวมถึงใส่ข้อมูลที่จำเป็น เช่น รางเดินสายไฟ และตำแหน่งของตู้โหลดของลูกค้า เพื่อให้ช่างติดตั้งเข้าใจได้ง่าย ดังแสดงในรูปที่ 2.22

รูปที่ 2.22 การติดตั้งอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า และตู้ควบคุมไฟฟ้า

2.1.1.6 สรุปผลการปฏิบัติงาน

การสำรวจ และออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นกระบวนการที่ต้องใช้ความรู้ความเชี่ยวชาญหลายด้าน เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และปลอดภัย จากประสบการณ์ในการออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ได้มีโอกาสเรียนรู้ทักษะใหม่ๆ ที่สำคัญที่สามารถนำไปใช้ในการติดตั้ง และออกแบบระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และปลอดภัย โดยการเรียนรู้และการใช้อุปกรณ์ที่ดีมีส่วนสำคัญในการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์

2.1.2 ตรวจสอบความถูกต้องในการติดตั้งของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ตรวจสอบอุปกรณ์จับยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และอุปกรณ์อื่นๆ คือ ระบบรางเดิน อุปกรณ์ทำความสะอาดแผง อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า สายไฟในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ให้ได้ตามมาตรฐาน เพื่อจัดทำรายงานการ การดำเนินงาน และการบำรุงรักษา

2.1.2.1 ที่มาและปัญหาของงานที่ได้รับมอบหมาย

การติดตั้งระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นขั้นตอนสำคัญที่ต้องดำเนินการด้วยความรอบคอบและใส่ใจในรายละเอียด เพื่อให้มั่นใจว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ในระยะยาว การตรวจสอบความถูกต้องในการติดตั้งจึงมีบทบาทสำคัญ เนื่องจากส่งผลโดยตรงต่อความเสถียรของระบบ ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงาน และอายุการใช้งานของอุปกรณ์ การติดตั้งที่ไม่ได้มาตรฐานหรือไม่ผ่านการตรวจสอบอย่างละเอียดอาจนำไปสู่ปัญหาหลายประการ เช่น ความเสียหายของอุปกรณ์ และปัญหาด้านความปลอดภัย เช่น ไฟฟ้าลัดวงจรหรือไฟไหม้ นอกจากนี้ การติดตั้งที่ไม่ถูกต้องยังอาจทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นในระยะยาวจากการซ่อมแซม และเปลี่ยนอุปกรณ์ การตรวจสอบช่วยลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น เช่น การลัดวงจรไฟฟ้า การเกิดไฟฟ้ารั่ว หรือการล้มของโครงสร้างยึดแผงในกรณีที่ไม่ได้รับการติดตั้งอย่างมั่นคง ความปลอดภัยถือเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการติดตั้งระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2.1.2.2 วัตถุประสงค์ของงานที่ได้รับมอบหมาย

1. เพื่อเรียนรู้มาตรฐานการติดตั้งในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
2. เพื่อเรียนรู้การใช้งานเครื่องมือในการวัดคือ ประแจทอร์ค และกล้องถ่ายภาพอินฟราเรด
3. เพื่อเรียนรู้วิธีการตรวจสอบความถูกต้องของการติดตั้ง ก่อนส่งมอบงานให้ลูกค้า

2.1.2.3 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

➢ ประแจทอร์ค

การติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นงานที่ต้องอาศัยความละเอียด และความแม่นยำในการประกอบอุปกรณ์ ไม่ว่าจะเป็นโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การยึดอุปกรณ์ทางไฟฟ้า หรือการเชื่อมต่อสายไฟที่ต้องการแรงบิดที่พอดีเพื่อให้มั่นใจว่าระบบมีความปลอดภัย และมีประสิทธิภาพสูงสุด ประแจทอร์ค เป็นเครื่องมือที่มีบทบาทสำคัญอย่างมากในกระบวนการติดตั้ง เนื่องจากช่วยควบคุมแรงบิดของสกรู และโบลต์ให้เป็นไปตามค่าที่กำหนด หากขันแน่นเกินไป อาจทำให้วัสดุเสียหายหรือแตกหัก ขณะที่หากขันหลวมเกินไป อาจทำให้เกิดการคลายตัวของอุปกรณ์ ซึ่ง

ส่งผลต่อความมั่นคงของระบบ และอาจก่อให้เกิดปัญหาในระยะยาว โครงสร้างรองรับแผงโซลาร์เซลล์มักทำจากวัสดุ อะลูมิเนียม ซึ่งต้องมีการขันยึดด้วยโบลต์ และน็อตให้แน่นพอดีตามที่กำหนด โดยมีตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 2.23

รูปที่ 2.23 ประแจทอร์ค

➢ กล้องถ่ายภาพอินฟราเรด (Infrared Thermography)

เป็นอุปกรณ์ที่สามารถจับภาพในช่วงคลื่นแสงที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ซึ่งอยู่ในช่วงของ รังสีอินฟราเรด ที่มีความยาวคลื่นที่ยาวกว่าคลื่นแสงที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ กล้องอินฟราเรดทำหน้าที่สำคัญในการตรวจจับ และแสดงภาพของรังสีอินฟราเรดที่ถูกปล่อยออกมาจากวัตถุ ซึ่งสิ่งนี้เกิดขึ้นตามหลักการที่ทุกวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าศูนย์สัมบูรณ์ จะปล่อยรังสีในช่วงอินฟราเรด กล้องนี้สามารถจับข้อมูลเหล่านั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ และแสดงผลเป็นภาพที่มนุษย์สามารถเห็น และตีความได้ ภาพที่ได้จากกล้องอินฟราเรดจะมีการแสดงสีที่แตกต่างกันไปตามระดับอุณหภูมิของแต่ละจุดบนภาพ เช่น จุดที่มีอุณหภูมิสูงจะแสดงในสีแดงหรือสีเหลือง ในขณะที่จุดที่มีอุณหภูมิต่ำจะถูกแสดงในสีฟ้าหรือเขียว นอกจากนี้ กล้องอินฟราเรดยังสามารถให้ข้อมูลที่ละเอียดเกี่ยวกับการกระจายตัวของอุณหภูมิในพื้นที่ได้อีกด้วย ซึ่งเป็นประโยชน์ในการตรวจสอบสภาพต่างๆ ที่อาจไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่าเป็นอุปกรณ์ที่สามารถตรวจจับอุณหภูมิหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า สายไฟในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ หรือจุดอื่นๆ เพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิสูงเกิน ที่อาจทำให้เกิดอันตรายต่อชีวิต และทรัพย์สินได้ โดยรูปร่างของ กล้องถ่ายภาพอินฟราเรดสามารถดูได้จากรูปที่ 2.24

สัมประสิทธิ์การแผ่รังสี (Emissivity) เป็นค่าที่ใช้วัดความสามารถของวัตถุในการแผ่รังสีความร้อนออกจากพื้นผิวของตัวเอง เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุสีดำสมบูรณ์ ซึ่งเป็นวัตถุในอุดมคติที่สามารถดูดซับ และแผ่รังสีได้ 100 % โดยไม่มีการสะท้อนหรือการผ่านทะลุแสง ค่านี้มีช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 โดยค่าที่สูงกว่าหมายถึงวัตถุนั้นสามารถแผ่รังสีได้ใกล้เคียงกับวัตถุสีดำสมบูรณ์ โดยวัสดุต่างๆ มีค่า Emissivity ดังแสดงในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสี [3]

วัสดุ	ค่า Emissivity (ε)
อลูมิเนียมขัดเงา	0.05
ผ้าฝ้าย	0.77
กระดาษสีดำ	0.9
คอนกรีต	0.92
เหล็กกล้าไร้สนิม	0.59
แก้ว	0.92
พลาสติกสีดำ	0.95
พลาสติกสีขาว	0.84
กระดาษแข็ง	0.81
ยิปซั่ม	0.85
ไม้เนื้อแข็ง	0.68 - 0.73
น้ำแข็ง	0.97
ดิน	0.90 - 0.95

Reflected Temperature หมายถึงอุณหภูมิของรังสีความร้อนที่สะท้อนมาจากวัตถุหรือพื้นผิวโดยรอบเข้าสู่พื้นผิวของวัตถุที่กำลังวัด ซึ่งอาจส่งผลต่อความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิ โดยเฉพาะการวัดด้วยอุปกรณ์ที่ใช้หลักการตรวจจับรังสีอินฟราเรด เป็นค่าที่จำเป็นต้องพิจารณาเมื่อวัตถุที่กำลังวัดไม่ได้แผ่รังสีความร้อนเพียงอย่างเดียว แต่ยังสะท้อนรังสีจากวัตถุรอบข้างด้วย การไม่พิจารณาอุณหภูมิสะท้อนกลับ ทำให้ค่าที่วัดได้คลาดเคลื่อนจากอุณหภูมิที่แท้จริง

รูปที่ 2.24 กล้องถ่ายภาพอินฟราเรด

2.1.2.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ตรวจสอบการติดตั้งของระบบไฟฟ้า ที่ทำการติดตั้งในระบบไฟฟ้า ประกอบด้วย ระบบน้ำล้างแผง เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า รางเดินสายไฟ และ ระบบกราวด์

2. ศึกษาแบบของหลังคาที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และวางแผนการสุ่มตรวจ ค่าความแน่นด้วยประแจทอร์ค จำนวน 10% ของจำนวนชิ้นส่วนทั้งหมด ประกอบด้วย End clamp, Mid clamp, L-feet, Rail splice โดยมีการวางแผงดังแสดงในรูปที่ 2.25

รูปที่ 2.25 เลย์เอาท์การวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3. ถ่ายภาพหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยแบ่งตามสตริง เพื่อตรวจจับ ค่าความร้อนผิดปกติบนหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ รวมถึงเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า และ Circuit breaker ด้วยกล้องถ่ายภาพอินฟราเรด เพื่อตรวจสอบค่าความร้อนที่ผิดปกติ ในระบบไฟฟ้า โดยมีเกณฑ์ดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ค่าความร้อนปกติของอุปกรณ์

รายชื่ออุปกรณ์	ค่าความร้อนปกติ (°C)
แผงเซลล์แสงอาทิตย์	-40 ถึง 85
เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า	-25 ถึง 60
Circuit Breaker	ต่ำกว่า 70

4. ตรวจสอบระบบตรวจวัดค่าต่างๆ ประกอบด้วย ความเข้มแสงอาทิตย์ ความเร็วลม อุณหภูมิเฉลี่ยของแผง อุณภูมิแวดล้อม ว่าติดตั้ง และทำงานได้ตามปกติหรือไม่

5. จัดทำรายงานการตรวจสอบความถูกต้องในการติดตั้ง

2.1.2.5 ผลการปฏิบัติงาน

1. จากการตรวจสอบความถูกต้องในการติดตั้ง พบว่า การเดินสายดินจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าได้เชื่อมต่อกับระบบสายดินหลักของอาคารอย่างเหมาะสม รวมถึงการเชื่อมต่อสายดินจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่ระบบสายดินหลักของอาคารก็เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงจากไฟฟ้าลัดวงจร และปัญหาด้านความปลอดภัย ทั้งนี้ การติดตั้งดังกล่าวได้รับการตรวจสอบโดยละเอียด และพบว่ามีความถูกต้อง และปลอดภัยในการใช้งานจริง โดยได้ทำการถ่ายภาพการตรวจสอบงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.26

ในส่วนของอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมไฟฟ้า เช่น Surge protection device ซึ่งจะมีหน้าที่ป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินชั่วคราวที่อาจเกิดจากฟ้าผ่า หรือไฟกระชาก Circuit breaker ที่ช่วยตัดไฟเมื่อมีการใช้ไฟฟ้าเกินพิกัด เพื่อป้องกันความเสียหายต่อระบบ และ Fuse สำหรับป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรในกรณีที่เกิดกระแสไฟฟ้าไหลเกินขนาด ได้รับการติดตั้งตามมาตรฐาน และข้อมูลทางเทคนิคที่กำหนดไว้อย่างถูกต้อง เพื่อให้มั่นใจว่าระบบจะทำงานได้อย่างปลอดภัย และมีประสิทธิภาพ ลดความเสี่ยงจากปัญหาด้านไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

สำหรับรางเดินสายไฟ พบว่ามีบางจุดที่การติดตั้งยังไม่มิดชิดเพียงพอ ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาในระยะยาว เช่น ความเสียหายจากการเสื่อมสภาพของสายไฟ การสัมผัสกับฝุ่นละออง หรือความชื้นจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ที่อาจส่งผลต่อความปลอดภัย และประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ทั้งนี้ได้มีการแจ้งช่างติดตั้งให้ดำเนินการแก้ไขจุดที่ยังไม่เรียบร้อยเหล่านี้ให้แล้วเสร็จ เพื่อให้มั่นใจว่าระบบทั้งหมดมีความปลอดภัย และได้มาตรฐานสูงสุด

ในส่วนของระบบน้ำล้างแผง พบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามปกติ โดยมีแรงดันน้ำ และการจ่ายน้ำที่เหมาะสมต่อการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อย่างไรก็ตาม จากการตรวจสอบพบว่ามีรอยรั่วบริเวณท่อในบางจุด ซึ่งอาจทำให้น้ำรั่วไหลออกมาในปริมาณเล็กน้อย การรั่วไหลดังกล่าวอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบล้างแผงในระยะยาวหากไม่ได้รับการแก้ไข ทั้งนี้ ได้ดำเนินการแจ้ง ทีมช่างผู้รับผิดชอบให้เข้ามาทำการซ่อมแซมโดยเร่งด่วน พร้อมทั้งทำการตรวจสอบระบบโดยละเอียด เพื่อให้มั่นใจว่าท่อทุกจุดจะสามารถใช้งานได้อย่างสมบูรณ์แบบ ดังรูปที่ 2.26

รูปที่ 2.26 ความถูกต้องในการติดตั้งของระบบ

2. จากการตรวจสอบการติดตั้งด้วยการวัดค่าแรงบิดโดยใช้ ประแจทอร์ค พบว่าค่ามาตรฐานการติดตั้งของ L-feet อยู่ที่ 13 - 17 N.m และค่ามาตรฐานสำหรับ Rail splice อยู่ที่ 9 - 13 N.m ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมในการยึดอุปกรณ์ให้มั่นคง และป้องกันการคลายตัวของสกรูหรืออุปกรณ์ยึดจับระหว่างการใช้งาน ผลการตรวจวัดแรงบิดจากอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบแสดงให้เห็นว่า การติดตั้งสามารถทำได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยไม่มีอุปกรณ์ใดที่มีค่าแรงบิดต่ำกว่าหรือสูงกว่าช่วงที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 2.27 และ รูปที่ 2.28

Zone A1											
Amount of L-feet : 216 pcs.											
NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Remark
Torque	14.1	13.6	13.9	13.7	13.7	13.7	13.4	13.7	14.5	13.4	
No.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Remark
Torque	14.2	13.3	13.3	13.2	13.5	13.2	13.4	13.4	13.2	13.5	

Zone A2											
Amount of L-feet : 140 pcs.											
NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Remark
Torque	15.2	14.3	14.8	13.5	13.9	13.5	14.9	16.2	14.6	14.7	
No.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Remark
Torque	14.5	14.8	14.4	14.2	13.3	15.1	14.4	14.4	13.8	14.0	

Zone B1											
Amount of L-feet : 270 pcs.											
NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Remark
Torque	13.9	13.5	13.3	14.3	13.8	13.6	15.1	13.9	13.4	13.4	
No.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Remark
Torque	13.9	13.6	13.9	13.7	14.7	14.1	13.8	14.6	13.8	14.5	

Zone B2											
Amount of L-feet : 154 pcs.											
NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Remark
Torque	14.8	13.8	13.4	14.5	13.0	14.1	14.6	13.5	14.5	13.1	
No.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Remark
Torque	13.9	13.8	14.0	13.8	13.4	14.5	14.2	13.1	14.3	13.1	

รูปที่ 2.27 ผลการวัดค่าแรงบิดของ L-feet

Zone A1											
Amount of Rail Spice : 42 pcs.											
NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Remark
Torque	9.3	9.2	9.3	9.5	9.9	9.5	9.7	9.7	10.7	9.6	

Zone A2											
Amount of Rail Spice : 24 pcs.											
NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Remark
Torque	10.9	12.4	11.8	9.8	9.6	11.7	12.5	10.7	10.6	11.1	

Zone B1											
Amount of Rail Spice : 56 pcs.											
NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Remark
Torque	10.5	9.5	9.2	10.4	9.4	9.3	9.5	10.3	9.8	12.7	

Zone B2											
Amount of Rail Spice : 30 pcs.											
NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Remark
Torque	10.0	9.8	9.6	10.1	11.0	9.7	10.2	9.4	9.8	9.7	

รูปที่ 2.28 ผลการวัดค่าแรงบิดของ Rail splice

โดยการวัดค่าอุณหภูมิด้วยกล้องถ่ายภาพอินฟราเรด เพื่อตรวจวัดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในระบบ PV ตามสตริงของแต่ละเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการประเมินประสิทธิภาพ และสภาพการทำงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมด การดำเนินการนี้สามารถช่วยในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เพื่อลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นกับแผงหรือระบบไฟฟ้าทั้งหมด เช่น ปัญหา Hotspot หรือจุดที่มีความร้อนสะสมมากเกินไป ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความเสียหายทั้งในระยะสั้น และระยะยาว กระบวนการดังกล่าวยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ และลดต้นทุนการซ่อมบำรุงในอนาคตได้อย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับการตรวจวัดอุณหภูมิในกระบวนการนี้ เครื่องมือที่ใช้คือ เทอร์โมแสกน รุ่น E5 ของ FLIR ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อการวัดอุณหภูมิอย่างละเอียด และแม่นยำ โดยสามารถตรวจจับและบันทึกค่าความร้อนที่สะท้อนจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้งาน เทอร์โมแสกน นั้นต้องตั้งค่าพื้นฐานอย่างเหมาะสมก่อนเริ่มต้นปฏิบัติงาน โดยเฉพาะการกำหนดค่า Reflected Temperature ซึ่งในรายงานนี้กำหนดไว้ที่ 20.00 °C ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่ใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิของแผง PV ทั้งนี้ เพื่อให้ค่าที่วัดได้สะท้อนถึงอุณหภูมิจริงที่เกิดขึ้นบนผิวหน้าแผง

นอกจากนี้ ค่า Emissivity ก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ต้องตั้งค่าให้เหมาะสมตามลักษณะของวัสดุพื้นผิวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในกรณีนี้ พื้นผิวด้านหน้าของแผงเป็นวัสดุประเภทแก้ว ซึ่งมีค่า Emissivity อยู่ที่ 0.92 (ตามค่ามาตรฐานของวัสดุประเภทนี้) การตั้งค่า Emissivity อย่างถูกต้องจะช่วยให้การวัดค่าความร้อนมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น เนื่องจาก Emissivity เป็นค่าที่ใช้กำหนดความสามารถของวัสดุในการปล่อยรังสีอินฟราเรดออกมา การตั้งค่าที่ผิดพลาดอาจทำให้ผลการวัดอุณหภูมิคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง

และตั้งระยะห่างของกล้องกับวัตถุไว้ที่ 2 m ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับงานในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และควรคำนึงว่าจะต้องตั้งกล้องห่างจากระยะวัตถุ 2 m ด้วยในตอนใช้เครื่องมือ ทั้งหมดนี้ทำไปเพื่อ เพิ่มความแม่นยำในการตรวจวัด จากข้อบกพร่องด้านความเข้าใจเครื่องมือวัด จึงจะทำให้ได้ค่าที่แม่นยำมากยิ่งขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.29

รูปที่ 2.29 การตั้งค่ากล้องถ่ายภาพอินฟาเรด

จากการดำเนินการตรวจวัดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วย กล้องถ่ายภาพอินฟราเรดอย่างละเอียดในระหว่างกระบวนการทดสอบ พบว่าอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ที่ 44.00 °C และอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 33.80 °C ซึ่งค่าที่ตรวจวัดได้นี้อยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกกำหนดไว้อย่างชัดเจนตามมาตรฐานที่ -40 °C ถึง 85 °C (มีแหล่งงข้อมูลจาก Jinko solar 585W datasheet) เพื่อให้แน่ใจว่าระบบสามารถทำงานได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย ทั้งนี้ จากผลการตรวจสอบ และวิเคราะห์เบื้องต้น พบว่าระบบผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ยังคงทำงานได้ตามปกติ ไม่มีการบ่งชี้ถึงความเสียหายหรือความผิดปกติในระบบการทำงานแต่อย่างใด การวิเคราะห์เพิ่มเติมในเชิงเทคนิคพบว่า ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างส่วนต่างๆ ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตรวจวัดได้ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพในการกระจายความร้อนของวัสดุและโครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งนี้ การควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการผลิตไฟฟ้า และยืดอายุการใช้งานของระบบ จึงสามารถสรุปผลได้ว่า การติดตั้งไม่ก่อให้เกิดอุณหภูมิที่ร้อนเกินไป ดังแสดงในรูปที่ 2.30

Thermoscan Test Report				
Equipment	Manufacture	Model No.	Serial No.	Remark
Thermoscan	FLIR	C5	003MT006	
PV Modules of Inverter 1				
No.	Reflected Temperature (°C)	Measurement (°C)		Remark
PVST01-INV01	20.00	39.30		
PVST02-INV01	20.00	44.00		
PVST03-INV01	20.00	44.10		
PVST04-INV01	20.00	43.70		
PVST05-INV01	20.00	43.20		
PVST06-INV01	20.00	36.40		
PV Modules of Inverter 2				
No.	Reflected Temperature (°C)	Measurement (°C)		Remark
PVST01-INV02	20.00	37.20		
PVST02-INV02	20.00	39.90		
PVST03-INV02	20.00	40.70		
PVST04-INV02	20.00	40.30		
PVST05-INV02	20.00	38.50		
PVST06-INV02	20.00	35.50		
PV Modules of Inverter 3				
No.	Reflected Temperature (°C)	Measurement (°C)		Remark
PVST01-INV03	20.00	35.50		
PVST02-INV03	20.00	35.20		
PVST03-INV03	20.00	35.30		
PVST04-INV03	20.00	33.80		
PVST05-INV03	20.00	41.50		
PVST06-INV03	20.00	37.50		

รูปที่ 2.30 ผลการวัดอุณหภูมิหน้าแผง

จากการวัดอุณหภูมิของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ทั้ง 3 ตัว พบว่า อุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้จากตัวเครื่องอยู่ที่ 42.10 °C และอุณหภูมิต่ำสุดที่วัดได้คือ 38.80 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่อยู่ในช่วงที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแต่ละตัวได้รับการออกแบบให้รองรับอุณหภูมิในการทำงานที่มีช่วงตั้งแต่ -25 °C ถึง 60 °C (ข้อมูลจาก Huawei inverter datasheet) ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำงานในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย และเป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ผลิต

สำหรับอุณหภูมิในข้อต่อ DC ที่เชื่อมต่อเข้าเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า พบว่าอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้อยู่ที่ 41.70 °C และอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 41.30 °C ซึ่งมีความสม่ำเสมอ และอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยค่าดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความเสถียรในการทำงานของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า และข้อต่อ DC ที่มีการกระจายความร้อนอย่างเหมาะสม นอกจากนี้ยังสะท้อนถึงประสิทธิภาพในการจัดการความร้อนของระบบทั้งหมด ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการให้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และยืดอายุการใช้งานของระบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.31

Thermoscan Test Report				
Equipment	Manufacture	Model No.	Serial No.	Remark
Thermoscan	FLIR	C5	003MT006	
Inverter 1				
Description	Reflected Temperature (°C)	Measurement (°C)		Remark
Inverter Unit	20.00	38.80		
Connector DC Cable	20.00	41.40		
Inverter 2				
Description	Reflected Temperature (°C)	Measurement (°C)		Remark
Inverter Unit	20.00	39.00		
Connector DC Cable	20.00	41.30		
Inverter 3				
Description	Reflected Temperature (°C)	Measurement (°C)		Remark
Inverter Unit	20.00	42.10		
Connector DC Cable	20.00	41.70		

รูปที่ 2.31 ผลการวัดอุณหภูมิของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

อุณหภูมิของ Circuit Breaker ทั้ง 3 ตัวที่ได้รับการตรวจวัดนั้น พบว่าอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้จากตัวเครื่องอยู่ที่ 41.90 °C ซึ่งยังอยู่ในขอบเขตที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และอุณหภูมิที่ต่ำสุดที่วัดได้อยู่ที่ 37.30 °C ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ทำงานภายในช่วงอุณหภูมิที่ปลอดภัยสำหรับการใช้งานอย่างต่อเนื่อง โดยอุณหภูมิที่วัดได้ทั้งสองค่าดังกล่าวนั้นยังคงอยู่ในช่วงที่เหมาะสมตามข้อกำหนด และมาตรฐานของ Circuit breaker ที่ระบุว่าอุณหภูมิการทำงานไม่ควรเกิน 70 °C เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากความร้อนสูงเกินไป โดยในการตรวจวัดอุณหภูมิทั้งหมดนี้ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติหรือเกินขอบเขตที่กำหนด ซึ่งบ่งชี้ว่า Circuit breaker สามารถทำงานได้ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และปลอดภัยจากความร้อนที่อาจเป็นอันตราย โดยมีข้อมูลของการตรวจวัดอุณภูมิ ของ Circuit Breaker ดังแสดงในรูปที่ 2.32

Thermoscan Test Report				
Equipment	Manufacture	Model No.	Serial No.	Remark
Thermoscan	FLIR	C5	003MT006	
SOLAR MDB 1				
Description	Reflected Temperature (°C)	Measurement (°C)		Remark
Main MCCB 1	20.00	37.30		
MCCB 1.1	20.00	41.90		
MCCB 1.2	20.00	38.00		
SOLAR MDB 2				
Description	Reflected Temperature (°C)	Measurement (°C)		Remark
Main MCCB 2	20.00	32.40		

รูปที่ 2.32 ผลการวัดอุณหภูมิของ Circuit breaker

การตรวจสอบระบบตรวจวัดพบว่า มีการเชื่อมต่อสาย Current transformer เข้ากับ Current transformer ของตู้ควบคุมไฟฟ้าของลูกค้า โดยกรณีนี้จะใช้ตัวคล้อง CT ร่วมกันกับระบบของลูกค้าที่มีอยู่ รวมถึงมีการติดตั้งเครื่อง Smart logger สำหรับ จัดเก็บข้อมูล และจากการไปตรวจสอบ Sensor box บนหลังคา พบว่ามีการติดตั้งเรียนร้อย และสามารถส่งข้อมูลมายังแอพพลิเคชั่น อย่างถูกต้อง โดยมีข้อมูลแสดงถึงการตรวจสอบระบบตรวจวัด ดังแสดงในรูปที่ 2.33

โดยข้อมูลทั้งหมดนี้จะจัดรวบรวมเป็นเอกสาร เพื่อทำการส่งมอบงานพร้อมเอกสารการติดตั้งให้ลูกค้า รวมถึงการสาธิตการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ให้ลูกค้าได้ทราบ ประกอบด้วย การปฏิบัติเบื้องต้นเมื่อเกิดอุบัติเหตุต่างๆ และการปิดระบบเพื่อทำการล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ให้ลูกค้าทราบ เพื่อสร้างความปลอดภัย และความเข้าใจด้านการใช้งานให้แก่ลูกค้า

รูปที่ 2.33 ระบบตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อม

2.1.2.6 สรุปผลการปฏิบัติงาน

จากการตรวจสอบความถูกต้องในการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ได้มีโอกาสเรียนรู้ และใช้เครื่องมือที่หลากหลายในการตรวจวัด และตรวจสอบค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้มั่นใจว่าระบบที่ติดตั้งนั้นมีความปลอดภัย และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องมือเหล่านี้ประกอบด้วย ประแจทอร์ค และ กล้องถ่ายภาพอินฟราเรด ซึ่งใช้สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของการขันยึด และตรวจสอบอุณหภูมิที่ไม่ปกติในระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วย การใช้ประแจทอร์คในการขันยึดอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น การยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าภายในระบบ โดยการใช้ประแจทอร์คจะช่วยให้มั่นใจได้ว่าการขันยึดอุปกรณ์ในระบบมีแรงบิดที่เหมาะสมตามที่ผู้ผลิตแนะนำ ซึ่งการขันที่มีแรงบิดที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้การทำงานของระบบไม่เสถียร หรือเกิดความเสียหายได้ในระยะยาว การใช้กล้องถ่ายภาพอินฟราเรด ในการตรวจวัดอุณหภูมิในจุดต่างๆ ของระบบไฟฟ้า โดยเฉพาะในจุดที่อาจเกิดการร้อนเกินไป เช่น การเชื่อมต่อสายไฟ หรือเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ซึ่งอาจแสดงถึงปัญหาการสูญเสียพลังงานหรือการเชื่อมต่อที่ไม่ดี การใช้กล้องอินฟราเรดช่วยให้สามารถตรวจสอบ และค้นหาจุดร้อนที่อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุ หรือทำให้ระบบทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ การตรวจสอบระบบอื่นๆ การตรวจสอบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ไม่ได้จำกัดเพียงแค่การตรวจสอบการเชื่อมต่อของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เท่านั้น แต่ยังรวมถึงการตรวจสอบ รางเดินสายไฟ ที่ต้องแน่ใจว่าไม่มีการชำรุดหรือการติดตั้งที่ไม่ถูกต้อง และ ระบบสายดิน ที่ต้องมีการติดตั้งอย่างถูกต้องเพื่อความปลอดภัยในกรณีที่เกิดไฟฟ้าลัดวงจรหรือไฟฟ้ารั่ว นอกจากนี้ยังต้องตรวจสอบ ระบบทำความสะอาดแผง ที่จำเป็นต้องมีการดูแลรักษาให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยการทำความสะอาดแผงเซลล์อย่าสม่ำเสมอเพื่อหลีกเลี่ยงการสะสมของฝุ่นหรือสิ่งสกปรกที่อาจลดประสิทธิภาพในการรับแสงแดด การสาธิตการใช้อุปกรณ์ให้กับลูกค้า

2.1.3 จัดทำรายงานผลการผลิตไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์

จัดทำรายงานการผลิตไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ประจำเดือน เพื่อทำการส่งมอบข้อมูลการผลิตไฟฟ้าประจำเดือนให้ลูกค้า

2.1.3.1 ที่มาและปัญหาของงานที่ได้รับมอบหมาย

การจัดทำรายงานผลการผลิตไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์เป็นงานที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการติดตาม และประเมินผลประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการสนับสนุนการวางแผน การบริหารจัดการ และการปรับปรุงระบบพลังงานให้มีความเสถียร และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ที่มาของงานนี้เกิดจากความต้องการของหน่วยงานหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องในการแสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ และศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ รายงานดังกล่าวมีบทบาทสำคัญในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจในหลายด้าน เช่น การวางแผนการบำรุงรักษาระบบ การประเมินความคุ้มค่าของการลงทุน รวมถึงการสนับสนุนการสื่อสารกับผู้บริหาร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างความโปร่งใส และความเชื่อมั่นในด้านการบริหารจัดการพลังงาน

2.1.3.2 วัตถุประสงค์ของงานที่ได้รับมอบหมาย

1. เพื่อศึกษาการทำรายงานผลการผลิตไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์
2. เพื่อเรียนรู้การคำนวณ สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
3. เพื่อเรียนรู้การใช้ซอฟต์แวร์ เพื่อรับข้อมูลต่างๆ ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

2.1.3.3 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

- SolarEdge monitoring

เป็นแพลตฟอร์มสำหรับการตรวจสอบ และวิเคราะห์ระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งร่วมกับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ยี่ห้อ SolarEdge ซึ่งได้รับการออกแบบมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ให้สูงที่สุด โดยเน้นการจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพ และการแก้ไขปัญหาอย่างรวดเร็วทำให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบข้อมูลการผลิตพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ได้แบบเรียลไทม์ ไม่ว่าจะเป็นพลังงานที่ผลิตได้ทั้งหมด หรือการแสดงข้อมูลการผลิตแยกตามแต่ละแผง ทำให้สามารถวิเคราะห์ และวางแผนการใช้งานพลังงานได้อย่างแม่นยำ SolarEdge monitoring มีความสามารถในการบันทึกข้อมูลการผลิตพลังงานในระยะยาว ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบแนวโน้มของการผลิตพลังงานในช่วงเวลาต่างๆ เช่น รายวัน รายเดือน หรือรายปี พร้อมระบบตรวจจับข้อผิดพลาด โดยระบบจะตรวจสอบการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง หากเกิดปัญหา ระบบจะแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันหรืออีเมลเพื่อให้แก้ไขได้อย่างรวดเร็วแพลตฟอร์มมาพร้อมกับแดชบอร์ดที่ออกแบบให้ผู้ใช้งานทุกคนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายทั้งในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน และแอปพลิเคชันมือถือ โดยข้อมูลแสดงเป็นกราฟ และภาพที่เข้าใจง่ายระบบมีฟีเจอร์ที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ และสามารถวิเคราะห์สาเหตุของการลดประสิทธิภาพ เช่น เงาที่บังแผงหรือความเสียหายจากสภาพอากาศ SolarEdge monitoring สามารถเชื่อมต่อกับระบบสมาร์ทโฮม เช่น ระบบจัดการพลังงานในบ้าน เพื่อให้การใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

➢ ค่าสัดส่วนสมรรถนะของระบบ (Performance ratio)

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ และสมรรถนะของระบบ ผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากค่าที่ได้จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถในการทำงาน ของระบบ รวมทั้งสิ่งที่สามารถแจ้งเตือนถึงความผิดปรกติ ของระบบที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ทำให้สามารถแก้ไขสิ่งผิดปรกติ เหล่านั้นได้อย่างทันทีโดยปกติแล้วการทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้า และการทำสัญญาการติดตั้งระบบผลิตฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ที่ทางผู้ว่าจ้าง และผู้ซื้อขายไฟฟ้าจาะตกลงกัน พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบต่อขนาดของระบบที่ติดตั้ง (Y_F) หรือผลผลิตสุดท้าย เป็นค่าที่บ่งบอกปริมาณการ ผลิตไฟฟ้ากระแสสลับต่อการติดตั้งระบบ แสดงในสมการที่ 2.1

$$Y_F = \frac{E_{out}}{P_0} \qquad \text{สมการที่ 2.1}$$

เมื่อ Y_F คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบต่อกำลัง การติดตั้งสูงสุด (kWh/kW)

E_{out} คือ ผลรวมพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบผลิตไฟฟ้า (kWh)

P_0 คือ ขนาดของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง (kW)

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อกำลังการติดตั้งสูงสุดทางทฤษฎี (Y_R) ดังแสดงใน สมการที่ 2.2

$$Y_R = \frac{H}{G_{STC}} \qquad \text{สมการที่ 2.2}$$

เมื่อ Y_R คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์ แสงอาทิตย์ต่อกำลังการติดตั้งสูงสุดตามทฤษฎี (kWh/kW)

H คือ ค่ารังสีอาทิตย์ (kWh/m^2)

G_{STC} คือ ค่ารังสีอาทิตย์ที่มาตรฐาน (kW/m^2)

สมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นค่าที่บอกถึงคุณลักษณะการทำงานของ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถคำนวณได้ แสดงในสมการที่ 2.3

$$PR = \frac{Y_F}{Y_R} \times 100\ \% \qquad \text{สมการที่ 2.3}$$

เมื่อ PR คือ สมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (%)

Y_R คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์ แสงอาทิตย์ต่อกำลังการติดตั้งสูงสุดตามทฤษฎี (kWh/kW)

Y_F คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบต่อกำลัง การติดตั้งสูงสุด (kWh/kW)

2.1.3.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ดึงข้อมูลจากซอฟต์แวร์ Solar edgeเริ่มต้นด้วยการเข้าสู่ระบบเว็บไซต์ผ่านเบราว์เซอร์ โดยใส่ชื่อผู้ใช้งาน และรหัสผ่าน ในหน้าล็อกอินเพื่อเข้าถึงแดชบอร์ดหลัก หลังจากล็อกอินสำเร็จ จะถูกนำไปที่หน้าแดชบอร์ดหลัก ซึ่งจะแสดงข้อมูลรวมของทุกไซต์งานที่ได้รับการจัดการในระบบ จะสามารถเลื่อนดูรายการไซต์งานทั้งหมดในระบบ โดยใช้แถบเลื่อนหรือปุ่มเลื่อนไปยังหน้าถัดไป หากมีไซต์งานจำนวนมาก เมื่อพบไซต์งานที่ต้องการ เช่น ในภาพตัวอย่าง (ISUZU SAENGFAH) สามารถคลิกที่ชื่อไซต์งาน เพื่อดูรายละเอียดหรือดำเนินการอื่นๆ เช่น ตรวจสอบประสิทธิภาพการผลิต การแจ้งเตือน และข้อมูลเชิงลึกของไซต์งานนั้นๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.34

รูปที่ 2.34 หน้าหลักของเว็บไซต์ Solar edge monitoring

ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้ง Optimizer สำหรับแผงแต่ละแผง การใช้งานหน้าจอสำหรับตรวจสอบการทำงานของ Optimizer ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบได้อย่างละเอียด โดยมีการจัดแสดงข้อมูลที่สำคัญในลักษณะที่ครอบคลุม และเข้าใจง่ายเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ และดำเนินการแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว เมื่อเข้าสู่หน้าจอการตรวจสอบ Optimizer ผู้ใช้งานจะพบกับการแสดงผลในรูปแบบของกราฟิกหรือตารางที่จำลองตำแหน่ง และการจัดวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาหรือพื้นที่ติดตั้งจริง ระบบนี้ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถระบุแผงแต่ละแผงได้อย่างชัดเจนในตำแหน่งที่สอดคล้องกับการติดตั้งจริง หน้าจอแสดงแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมด พร้อมข้อมูลการทำงานเบื้องต้น เช่น กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงในเวลาปัจจุบัน ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานมองเห็นประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ ระบบจะแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ของแผงแต่ละแผง รวมถึงแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า เพื่อประเมินว่าการทำงานของแผงเป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่ นอกจากนี้ยังมีการแสดงสถานะของแผง เช่น ปกติ หรือมีปัญหา หากแผงใดแผงหนึ่งมีปัญหา เช่น ไม่จ่ายไฟ หรือ Overheating ระบบจะแจ้งเตือนโดยแสดงสัญลักษณ์หรือสีที่แตกต่างออกไป เช่น สีแดงหรือไอคอนเตือน พร้อมกับข้อความที่ระบุถึงลักษณะปัญหา โดยมีปุ่มเลือกช่วงเวลาที่ต้องการข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 2.35

รูปที่ 2.35 ปุ่มเลือกช่วงเวลาของข้อมูล

หลังจากที่เลือกเดือนที่ต้องการนำข้อมูลมาวิเคราะห์แล้ว สามารถกดปุ่ม Export as CSV เพื่อทำการดาวน์โหลดข้อมูลออกมาในรูปแบบไฟล์ CSV สำหรับนำข้อมูลไปจัดทำรายงานดังแสดงใน รูปที่ 2.36

รูปที่ 2.36 หน้าดาวน์โหลดข้อมูลของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

หลังจากดาวน์โหลดข้อมูลจากเว็บไซต์ SolarEdge สำเร็จแล้วจะได้ข้อมูลที่ประกอบด้วยค่าพลังงานที่ใช้ทั้งหมด พลังงานที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และจากการไฟฟ้านครหลวง พร้อมขอมูลความเข้มแสงในแต่ละช่วงวัน ดังสดงในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 ข้อมูลการใช้พลังงานจาก Solar edge

Date	Consumption (kWh)	Import (kWh)	Self Consumption (kWh)	Solar Irradiance (kWh/m^2)
1-Nov	924.46	372.56	551.89	5.37
2-Nov	869.60	346.19	523.42	4.90
3-Nov	156.79	54.94	101.86	5.30
4-Nov	863.94	486.25	377.69	3.59
5-Nov	791.00	453.75	337.25	3.15
6-Nov	736.85	425.13	311.73	2.69
7-Nov	761.29	423.50	337.79	2.97
8-Nov	736.46	381.00	355.46	3.38
9-Nov	776.14	192.12	584.02	5.74
10-Nov	229.03	55.81	173.22	5.29
11-Nov	846.42	263.56	582.86	5.60
12-Nov	913.40	344.69	568.71	5.24
13-Nov	907.64	415.75	491.89	4.65
14-Nov	886.22	488.25	397.97	3.75
15-Nov	765.84	548.31	217.53	1.97
16-Nov	885.36	525.88	359.49	3.42
17-Nov	198.76	75.94	122.82	3.45
18-Nov	843.84	306.63	537.21	4.97
19-Nov	928.47	369.25	559.22	5.25
20-Nov	841.15	342.56	498.59	4.73
21-Nov	875.62	325.75	549.87	5.10
22-Nov	816.40	299.12	517.28	4.84
23-Nov	838.90	340.69	498.21	4.71
24-Nov	475.24	103.75	371.49	4.36
25-Nov	916.26	371.87	544.38	5.15
26-Nov	893.19	381.87	511.32	4.74
27-Nov	890.96	359.38	531.59	5.04
28-Nov	824.62	268.56	556.06	5.15
29-Nov	703.02	207.56	495.46	4.87
30-Nov	707.75	171.50	536.25	5.30
Total	22,804.63	9,702.12	13,102.51	-
Avg.	760.15	323.40	436.75	4.49

2.1.3.5 ผลการปฏิบัติงาน

จากการรับค่า จึงสามารถคำนวณหาสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ผลรวมพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบผลิตไฟฟ้า 13,102.51 kWh/month เฉลี่ยได้ 436.75 kWh/day ขนาดของระบบติดตั้งติดตั้งของแผง เซลล์แสงอาทิตย์ 135.36 kW มีค่าค่ารังสีอาทิตย์ที่มาตรฐาน 1 kW/m^2 สามารถคำนวณหา พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบต่อกำลัง การติดตั้งสูงสุดได้จากสมการที่ 2.1

$$Y_F = \frac{E_{out}}{P_o}$$

$$= \frac{436.75 \text{ kWh}}{135.36 \text{ kW}}$$

$$= 3.23 \text{ kWh/kW}$$

การหาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์ แสงอาทิตย์ต่อกำลังการติดตั้งสูงสุดตามทฤษฎีหา ได้จากสมการที่ 2.2

$$Y_R = \frac{H}{G_{STC}}$$

$$= \frac{4.49 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}}{1 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}}$$

$$= 4.49 \text{ kWh/kW}$$

การหาสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์หาได้จากสมการที่ 2.3

$$PR = \frac{Y_f}{Y_r} \times 100 \%$$

$$= \frac{3.23}{4.49}$$

$$= 71.94 \%$$

จากการวิเคราะห์ และคำนวณเพื่อประเมินค่าสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยค่าสมรรถนะเฉลี่ยของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ระดับ 71.94 % ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า มีการใช้พลังงานของลูกค้าน้อยลงในวันที่ 3, 10, 17 และ 21 ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ลดลง เนื่องจากว่ามีการใช้พลังงานในวันหยุดน้อยลงกว่าเดิมอย่างเห็นได้ชัดเจน

จัดทำรายงานสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ และยอดเงินที่สามารถประหยัดได้ประจำเดือน ดำเนินการโดยการรวบรวมข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละวัน และคำนวณสมรรถนะของระบบด้วยสมการที่เหมาะสม เช่น ค่าสมรรถนะของระบบ ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ผลิตได้จริง และพลังงานที่ควรผลิตได้ตามค่าการแผ่รังสีอาทิตย์ หลังจากนั้นข้อมูลที่ได้จะถูกนำมากรอกลงในโปรแกรม Microsoft excel เพื่อวิเคราะห์ และแสดงผลในรูปแบบที่เข้าใจง่าย ทั้งนี้เพื่อจัดทำรายงานสรุป และส่งมอบให้กับลูกค้าอย่างครบถ้วน และมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในรูปที่ 2.37

SOLAR SYSTEM PRODUCTION REPORT

Phase 1+2

Project :	Isuzu Saengfah Solar Rooftop	Location :	Nonthaburi, Thailand
Install Capacity :	135.36 kWp	Month :	November, 2024

Graph Energy (kWh)

Graph Irradiance&Energy

Data Recording

Date	Consumption (kWh)	Accumulated Consumption(kWh)	Self Consumption (kWh)	Accumulated Self Consumption (kWh)	Performance Ratio (%)	Final Yield (kWh/kWp)	Solar Irradiance (kWh/m2)	Remark
1-Nov	924.46	924.46	551.89	551.89	75.95%	4.08	5.37	
2-Nov	869.60	1,794.06	523.42	1,075.31	78.90%	3.87	4.90	
3-Nov	156.79	1,950.85	101.86	1,177.16	14.19%	0.75	5.30	
4-Nov	863.94	2,814.80	377.69	1,554.86	77.64%	2.79	3.59	
5-Nov	791.00	3,605.80	337.25	1,892.11	79.07%	2.49	3.15	
6-Nov	736.85	4,342.65	311.73	2,203.84	85.65%	2.30	2.69	
7-Nov	761.29	5,103.93	337.79	2,541.62	84.14%	2.50	2.97	
8-Nov	736.46	5,840.40	355.46	2,897.08	77.64%	2.63	3.38	
9-Nov	776.14	6,616.54	584.02	3,481.10	75.13%	4.31	5.74	
10-Nov	229.03	6,845.57	173.22	3,654.32	24.21%	1.28	5.29	
11-Nov	846.42	7,691.99	582.86	4,237.18	76.87%	4.31	5.60	
12-Nov	913.40	8,605.39	568.71	4,805.89	80.11%	4.20	5.24	
13-Nov	907.64	9,513.03	491.89	5,297.78	78.17%	3.63	4.65	
14-Nov	886.22	10,399.24	397.97	5,695.74	78.49%	2.94	3.75	
15-Nov	765.84	11,165.08	217.53	5,913.27	81.74%	1.61	1.97	
16-Nov	885.36	12,050.44	359.49	6,272.76	77.59%	2.66	3.42	
17-Nov	198.76	12,249.20	122.82	6,395.58	26.33%	0.91	3.45	
18-Nov	843.84	13,093.04	537.21	6,932.79	79.93%	3.97	4.97	
19-Nov	928.47	14,021.51	559.22	7,492.02	78.68%	4.13	5.25	
20-Nov	841.15	14,862.66	498.59	7,990.60	77.89%	3.68	4.73	
21-Nov	875.62	15,738.29	549.87	8,540.48	79.60%	4.06	5.10	
22-Nov	816.40	16,554.68	517.28	9,057.75	78.92%	3.82	4.84	
23-Nov	838.90	17,393.58	498.21	9,555.96	78.07%	3.68	4.71	
24-Nov	475.24	17,868.82	371.49	9,927.45	62.98%	2.74	4.36	
25-Nov	916.26	18,785.08	544.38	10,471.83	78.11%	4.02	5.15	
26-Nov	893.19	19,678.27	511.32	10,983.15	79.77%	3.78	4.74	
27-Nov	890.96	20,569.23	531.59	11,514.74	77.97%	3.93	5.04	
28-Nov	824.62	21,393.86	556.06	12,070.80	79.75%	4.11	5.15	
29-Nov	703.02	22,096.88	495.46	12,566.26	75.24%	3.66	4.87	
30-Nov	707.75	22,804.63	536.25	13,102.51	74.81%	3.96	5.30	
Total	22,804.63	-	13,102.51	-	-	-	-	
Avg.	760.15	-	436.75	-	72%	3.23	4.49	

Other Information

สภาพอากาศ : ค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 4.49 kWh/m^2

สาเหตุในการหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าโครงการ
สาเหตุ : -
เวลา : -
การแก้ไข : -

หมายเหตุ : ผลผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบรวมทั้ง Phase 1 และ 2 ในเดือนพฤษจิกายน 2567 สามารถผลิตได้ 13,102.51 kWh

รูปที่ 2.37 รายงานผลการผลิตไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์

คำนวณหายอดเงินที่ประหยัดได้ประจำเดือน โดยมีการใช้พลังงานไฟฟาอยู่ที่ 22,804.63 kWh โดยแหล่งที่มาของพลังงานประกอบด้วย ไฟฟานครหลวง 9,702.12 kWh และ ระบบผลิตไฟฟาพลังงานแสงอาทิตย 13,102.51 kWh มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่หน่วยละ 5.24 Baht ในเดือนพฤศจิกายน สามารถคำนวณ หาประมาณร้อยละของการใช้พลังงานที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และ ยอดเงินที่ประหยัดได้ประจำเดือนได้ ดังนี้

$$\%\text{การใช้พลังงานที่ผลิตได้จากระบบ} = \frac{\text{พลังงานที่ผลิตได้เอง (kWh)}}{\text{พลังงานไฟฟาที่ใช้รวม (kWh)}} \times 100\ \%$$

$$= \frac{13{,}102.51\ \text{kWh}}{22{,}804.63\ \text{kWh}} \times 100\ \%$$

$$= 57.46\ \%$$

ยอดเงินที่ประหยัดได้ประจำเดือน = พลังงานที่ผลิตได้เอง (kWh) × ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (Baht/kWh)

= 13,102.51 kWh × 5.24 Baht/kWh

= 68,657.15 Baht

สรุปได้ว่าในเดือนพฤศจิกายน 2567 ระบบผลิตไฟฟาพลังงานแสงอาทิตย สามารถผลิตพลังงานได้ 13,102.51 kWh หรือ 57.46 % ของการใช้พลังงานทั้งหมด โดยสามารถคิดเป็นเงินได้ 68,657.15 Baht (คิดคาไฟฟาเฉลี่ย 5.24 Baht/kWh ไม่รวม Vat 7 % และ ค่าบริการ ตามข้อมูลใบแจ้งค่าไฟฟา เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2567) จึงสามารถขำข้อมูลมาจัดทำรายงานรายงานยอดเงินที่ประหยัดได้ประจำเดือน ดังแสดงในรูปที่ 2.38

Creative Solutions Energy CO., LTD.

บริษัท ครีเอทีฟ โซลูชั่น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด สถานที่ตั้งสำนักงาน : 417 ซ.พหลโยธิน 50
ถนนพหลโยธิน แขวงคลองถนน เขตสายไหม กรุงเทพมหานคร 10220
โทรศัพท์ : 02-070-7399 โทรสาร : 02-070-7399 มือถือ : 098-789-3924

สรุปรายละเอียด ประจำเดือนพฤศจิกายน 2567

1. ปริมาณการผลิตไฟฟ้า Showroom Isuzu แสงฟ้า สาขาบางบัวทอง เดือนพฤศจิกายน 2567 จากระบบ Solar Edge

มีการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 22,804.63 kWh โดยแหล่งที่มาพลังงานประกอบด้วย

1) ไฟฟ้านครหลวง 9,702.12 kWh

2) ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ **13,102.51 kWh หรือระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถจ่ายพลังงานได้ประมาณร้อยละ 57.46 ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด** ดังแสดงรายละเอียดในตารางแสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนที่มาจากระบบโซล่าร์ และการไฟฟ้านครหลวง

จากรายละเอียดข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าในเดือนพฤศจิกายน 2567 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานได้ 13,102.51 kWh หรือ 57.46% ของการใช้พลังงานทั้งหมด โดยสามารถคิดเป็นเงินได้ 68,657.15 บาท (คิดค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 5.24 บาท/หน่วย ไม่รวม Vat 7% และ ค่าบริการ ตามข้อมูลใบแจ้งค่าไฟฟ้าเดือนพฤศจิกายน 2567 บริษัท อีซูซุแสงฟ้า จำกัด สาขาบางบัวทอง) แม้ว่าจะมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลทำให้ระบบฯ ผลิตพลังงานได้น้อยลง เช่น ค่าความเข้มแสงน้อย และการลดการใช้พลังงานจาก Showroom Isuzu แสงฟ้า สาขาบางบัวทอง

รูปที่ 2.38 รายงานยอดเงินที่ประหยัดได้ประจำเดือน

2.1.3.6 สรุปผลการปฏิบัติงาน

ผลจากการปฏิบัติงานครั้งนี้ ไม่เพียงช่วยยกระดับความเข้าใจในด้านพลังงานแสงอาทิตย์ แต่ยังสร้างทักษะใหม่ๆ ในการวิเคราะห์ และการนำเสนอข้อมูลที่สามารถประยุกต์ใช้ในงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการพลังงาน และระบบผลิตไฟฟ้าในอนาคต

2.1.4 หาขนาดติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

หาขนาดติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า ที่ได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อตอบสนองความต้องการในการติดตั้งแบตเตอรี่ของลูกค้า ให้คุ้มค่า และปลอดภัยต่อการติดตั้งที่สุด โดยคำนึงถึงพฤติกรรมการใช้พลังงานของลูกค้า

2.1.4.1 ที่มาและปัญหาของงานที่ได้รับมอบหมาย

ระบบพลังงานแสงอาทิตย์มีข้อจำกัดสำคัญ คือ การผลิตไฟฟ้าขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ และช่วงเวลาของวัน หากไม่มีแสงแดดหรือในช่วงเวลากลางคืน ระบบจะไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาด้านการจัดเก็บพลังงานสำรอง การศึกษา และออกแบบขนาดแบตเตอรี่ที่เหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นสิ่งสำคัญในการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ และเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.4.2 วัตถุประสงค์ของงานที่ได้รับมอบหมาย

1. เพื่อศึกษาการวิเคราะห์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า
2. เพื่อศึกษาการออกแบบ และกำหนดขนาดแบตเตอรี่ที่เหมาะสม
3. เพื่อศึกษาความคุ้มทุนในการติดตั้งแบตเตอรี่

2.1.4.3 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

➢ ระบบกักเก็บพลังงาน

ระบบกักเก็บพลังงาน หมายถึง ระบบที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานในรูปแบบอื่นเพื่อสะสมพลังงานไว้ และสามารถเปลี่ยนกลับเป็นพลังงานไฟฟ้าได้เมื่อต้องการดัง [10] ด้วยคุณสมบัติของระบบกักเก็บพลังงานที่สามารถควบคุม และสั่งการให้สะสมหรือจ่ายพลังงานได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ระบบกักเก็บพลังงานถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในระบบต่างๆ โดยมีการนำมาใช้กับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 2.39

รูปที่ 2.39 ระบบกักเก็บพลังงาน

ดูรูปที่ 2.39 ประกอบจะเห็นได้ว่าการใช้ระบบกักเก็บพลังงานร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จะต้องเพิ่ม Charge controller ที่จะคอยควบคุมจังหวะการชาร์จ หรือใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ โดยการดึงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจากเซนเซอร์ที่ติดตั้งไว้กับสายไฟที่ดึงพลังงานมาจากการไฟฟ้า จึงทำให้ควบคุมจังหวะของแบตเตอรี่ เพื่อสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม

➢ Global solar atlas

Global solar atlas คือ แพลตฟอร์มออนไลน์ที่พัฒนาโดย World bank group ร่วมกับ Solargis ซึ่งเป็นบริษัทผู้เชี่ยวชาญด้านข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ ทั่วโลก แพลตฟอร์มนี้ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่ต่างๆ ได้อย่างง่ายดาย และใช้ข้อมูลเหล่านี้เพื่อการวางแผน และตัดสินใจในการลงทุนหรือพัฒนาโครงการพลังงานแสงอาทิตย์ ถือเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานสะอาด และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในยุคที่ทั่วโลกกำลังให้ความสำคัญกับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการเปลี่ยนผ่านสู่พลังงานหมุนเวียน แพลตฟอร์มนี้ไม่เพียงแต่ให้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ แต่ยังมีเครื่องมือวิเคราะห์ที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้อย่างแม่นยำ

รูปที่ 2.40 เว็บไซต์ Global Solar atlas

ดูรูปที่ 2.40 ประกอบจะเห็นได้ว่า Global solar atlas เป็นเว็บไซต์ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละพื้นที่ทั่วโลก โดยหนึ่งในข้อมูลสำคัญที่เว็บไซต์นำเสนอคือ Specific photovoltaic power output ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการบ่งบอกว่าการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่นั้นๆ จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้เท่าไหร่เมื่อเทียบกับกำลังติดตั้งสูงสุด นอกจากนี้ เว็บไซต์ยังให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ที่มีผลต่อการคำนวณ และออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เช่น อุณหภูมิ รังสีอาทิตย์ตรง และ รังสีอาทิตย์อ้อม ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีความสำคัญในการประเมินประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ รวมถึงช่วยให้สามารถวิเคราะห์ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ และสภาพอากาศที่อาจส่งผลต่อการผลิตพลังงาน

➢ การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

มูลค่าเวลาของเงิน (Time value of money) เป็นแนวคิดพื้นฐานในทางเศรษฐศาสตร์ และการเงินที่ระบุว่า “เงินที่ได้รับในวันนี้มีค่ามากกว่าเงินจำนวนเดียวกันที่ได้รับในอนาคต” เนื่องจากเงินสามารถนำไปลงทุนเพื่อสร้างผลตอบแทนได้ หรืออาจได้รับผลกระทบจากเงินเฟ้อ ทำให้มูลค่าที่แท้จริงของเงินลดลงเมื่อเวลาผ่านไป

แนวคิดนี้จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณการลงทุน การกู้ยืมเงิน การวิเคราะห์โครงการ และการตัดสินใจทางการเงินต่างๆ โดยมีเครื่องมือที่ใช้วัดมูลค่าของเงินเมื่อเวลาผ่านไป เช่น มูลค่าอนาคต, มูลค่าปัจจุบัน, มูลค่าปัจจุบันสุทธิ, อัตราผลตอบแทนภายใน, และระยะเวลาคืนทุน โดยมีสมการในการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันของเงินจากกระแสเงินสดที่ได้รับหรือจ่ายในแต่ละงวด ได้ดังนี้

$$PV = A\left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}\right] \qquad \text{สมการที่ 2.4}$$

เมื่อ PV คือ มูลค่าปัจจุบันของเงิน
A คือ กระแสเงินสดที่ได้รับหรือจ่ายในแต่ละงวด (Baht/Year)
n คือ จำนวนงวดของกระแสเงินสด (Year)
i คือ อัตราดอกเบี้ยต่อช่วงเวลา

นอกจากนี้ยังมีสมการในการคำนวณหามูลค่าในอนาคตของเงิน จากกระแสเงินสดที่ได้รับหรือจ่ายในแต่ละงวด ได้ดังนี้

$$FV = A\left[\frac{(1+i)^n - 1}{i}\right] \qquad \text{สมการที่ 2.5}$$

เมื่อ FV คือ มูลค่าในอนาคตของเงิน (Baht)
A คือ กระแสเงินสดที่ได้รับหรือจ่ายในแต่ละงวด (Baht/Year)
n คือ จำนวนงวดของกระแสเงินสด (Year)
i คือ อัตราดอกเบี้ยต่อช่วงเวลา

ในการลงทุนเพื่อทำการเปรียบเทียบหาอัตราการเติบโตต่อปีแบบทบต้น ของการลงทุนเพื่อประกอบการตัดสินใจลงทุน สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$CAGR = \left(\frac{FV}{PV}\right)^{\frac{1}{n}} - 1 \qquad \text{สมการที่ 2.6}$$

เมื่อ CAGR คือ อัตราการเติบโตต่อปีแบบทบต้น
FV คือ มูลค่าในอนาคตของเงิน (Baht)
PV คือ มูลค่าปัจจุบันของเงิน (Baht)
n คือ จำนวนงวดของกระแสเงินสด (Year)

2.1.4.4 วิธีการดำเนินงาน

1. วิเคราะห์ และศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานของลูกค้าช่วยให้สามารถเข้าใจวิธีการใช้พลังงานในแต่ละช่วงเวลา และทำนายการใช้ในอนาคตได้อย่างแม่นยำ ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำคัญในการแนะนำระบบพลังงานที่เหมาะสมกับการใช้งาน และช่วยให้ลูกค้าสามารถประหยัดพลังงาน

2. คำนวณพลังงานที่เหลือจากการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นกระบวนการที่สำคัญในการประเมินประสิทธิภาพของระบบ การคำนวณนี้จะช่วยให้สามารถวางแผนการจัดการพลังงานที่ผลิตได้ เช่น การเก็บพลังงานในแบตเตอรี่หรือการใช้พลังงานที่เหลือในเวลาที่ไม่มีแสงแดด

3. คำนวณค่าความคุ้มทุนของระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าจะช่วยให้ลูกค้าทราบถึงระยะเวลาที่ใช้ในการคืนทุน และผลประโยชน์ในระยะยาวจากการลงทุนในระบบนี้ การคำนวณจะต้องพิจารณาถึงต้นทุนการติดตั้ง ระบบการเก็บพลังงาน การใช้งานพลังงานที่เก็บไว้ รวมถึงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและการคาดการณ์การประหยัดพลังงานจากการใช้ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า

4. จัดทำใบเสนอราคาเป็นขั้นตอนสำคัญในการเสนอระบบพลังงานให้กับลูกค้า โดยจะต้องระบุรายละเอียดของสินค้า และบริการที่จะเสนอ รวมถึงค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ลูกค้าจะต้องจ่าย ทั้งนี้ควรมีการพิจารณา และคำนวณค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง การบำรุงรักษา และการประหยัดพลังงานในระยะยาว เพื่อให้ลูกค้ารับรู้ถึงความคุ้มค่า และประโยชน์ที่ได้รับจากการลงทุนในระบบพลังงาน

2.1.4.5 ผลการปฏิบัติงาน

1. ในขั้นตอนแรกจะนำข้อมูลการใช้พลังงานจากระบบตรวจวัดที่ได้ มาทำเป็นข้อมูลการใช้พลังงาน ของลูกค้าตลอด 24 ชั่วโมงของการใช้พลังงาน โดยจะคำนึงร่วมกับอัตราค่าไฟฟ้าของลูกค้า ในกรณีนี้ ลูกค้าใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวง ประเภท 1.3.2 โดยมีค่าไฟฟ้าช่วง Peak อยู่ในช่วง 09.00 – 22.00 น. ดังรูปที่ 2.41 โดยจะให้ลูกค้าใช้ระบบกักเก็บพลังงานในช่วง 16.00 – 22.00 น. จึงได้คำนวณหาพื้นที่ใต้กราฟ เพื่อหาขนาดติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน ที่ใช้แล้วสอดคล้องกับช่วงเวลา Peak เพื่อความคุ้มค่าที่สุดในการติดตั้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.42

1.3 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff : TOU Tariff)

อัตรารายเดือน

แรงดัน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Off Peak	
1.3.1 12 – 24 กิโลโวลต์	5.1135	2.6037	312.24
1.3.2 ต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	5.7982	2.6369	24.62

On Peak : เวลา 09.00 - 22.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

Off Peak : เวลา 22.00 - 09.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

: เวลา 00.00 - 24.00 น. วันเสาร์ - วันอาทิตย์ วันแรงงานแห่งชาติ

วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันพืชมงคลและวันหยุดชดเชย)

รูปที่ 2.41 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่พักอาศัยของ กฟน. [11]

รูปที่ 2.42 กราฟแสดงการใช้พลังงานของลูกค้า

2. หลังจากที่คำนวณขนาดระบบกักเก็บพลังงานที่ต้องใช้แล้ว จึงมาคำนวณพลังงานจากระบบผลิตไฟฟ้าที่ติดตั้งแล้วถูกจำกัด โดยที่ปัจจุบัน ลูกค้าใช้ไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 20 kWp เฉลี่ยอยู่ที่ 52.091 kWh ต่อวัน โดยสามรถคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ควรจะได้เฉลี่ยต่อวัน โดยค่าพลังงานไฟฟ้าที่ควรได้รับคือ 3.990 kWh/kWp ต่อวัน โดยคิดค่าสูญเสียพลังงานจากระบบ 10% ได้ดังนี้

พลังงานไฟฟ้าที่ควรได้ต่อวัน = กำลังติดตั้ง × PVOUT × loss factor
= 20 kWp × 3.990 kWh/kWp × 0.90
= 71.82 kWh

หลังจากที่คำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ควรได้รับต่อวัน จะนำค่านี้มาหาค่าพลังงานที่เหลือใช้ต่อวันของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดังนี้

พลังงานที่เหลือจากการติดตั้ง = พลังงานที่ควรได้ต่อวัน – พลังงานที่ได้จริงต่อวัน
= 71.82 kWh – 52.091 kWh
= 19.729 kWh

จึงสรุปได้ว่าระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ยังมีไฟฟ้าที่เหลือใช้จากการติดตั้งอยู่เฉลี่ย 19.729 kWh ต่อวัน

รูปที่ 2.43 ค่าทางพลังงานแสงอาทิตย์จาก Global solar atlas

จากการคำนวณได้ทำการเลือกแบตเตอรี่ ยี่ห้อ Huawei ให้ลูกค้าทำการตัดสินใจ โดยลูกค้าได้ตัดสินใจติดตั้งแบตเตอรี่ ขนาด 7 kW และ อาจจะติดตั้งเพิ่มในอนาคต โดยมีรูปตัวอย่างแบตเตอรี่ที่ให้ลูกค้าเลือก ดังแสดงในรูปที่ 2.44

รูปที่ 2.44 แบตเตอรี่ ยี่ห้อ Huawei

คำนวณความคุ้มทุนการติดตั้งแบตเตอรี่ ยี่ห้อ Huawei รหัสสินค้า LUNA2000-S1-7kW โดยมีต้นทุนการติดตั้งอยู่ที่ 150,000 Baht ตามราคาที่เสนอลูกค้า ดังตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 ราคาแบตเตอรี่เสนอลูกค้า

ITEM	7 kWh	14 kWh	21 kWh
MARKET PRICE (Baht)	160,057.02	274,432.53	388,808.04
CSE PRICE (Baht)	150,000.00	260,000.00	360,0000.00
DIFF	6%	5%	7%

มีค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อเดือน คิดจากค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดขึ้นเฉลี่ย 8.32 kWh ต่อวัน จากการตรวจวัดโดยระบบ และ คิดค่าไฟ หน่วยละ 5.7982 Baht/kWh โดยสามารถคำนวณเงินที่ประหยัดได้ต่อปีดังนี้

เงินที่ประหยัดได้ต่อปี = พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ × ราคาค่าไฟต่อหน่วย × จำนวนวัน

= 8.32 kWh/day × 5.7982 Baht/kWh × 365 day/year

= 17,607.97 Baht/year

หลังจากนั้นจึงวาดผังกระแสเงินสดในช่วงระยะเวลาลงทุน 10 ปีออกมาได้โดยมีค่าเงินที่ประหยัดได้ 17,607.97 Baht/Year และมีอัตราดอกเบี้ยคิดจากอัตราเงินเฟ้ออยู่ที่ 2.5% จึงสามารถเขียนเป็นผังกระแสเงินสดได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.45

รูปที่ 2.45 ผังกระแสเงินสด

คำนวณหามูลค่าปัจจุบันของเงินจากสมการที่ 2.4 ได้ดังนี้

$$PV = 17,607.97 \left[\frac{(1 + 0.025)^{10} - 1}{0.025\,(1 + 0.025)^{10}}\right]$$

$$= 154,106.08 \text{ Baht}$$

จากการคำนวณสามารถสรุปได้ว่า การติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน สามารถคืนทุนให้ลูกค้าได้ภายใน 10 ปี โดยเริ่มมีกำไร 4,106.08 Baht ในปีที่ 10 เมื่อเทียบกับอัตราดอกเบี้ย 2.5% หลังจากนั้นคำนวณมูลค่าเงินในอนาคตได้จากสมการที่ 2.5 ดังนี้

$$FV = 17,607.97 \left[\frac{(1 + 0.025)^{10} - 1}{0.025}\right]$$

$$= 197,268.81 \text{ Baht}$$

ในการลงทุนเพื่อเปรียบเทียบหาอัตราผลตอบแทนภายใน ของการลงทุนเพื่อประกอบการตัดสินใจลงทุนโดยคิดค่า มูลค่าในอนาคตของเงินที่ 197,268.81 Baht และ เงินปัจจุบันก่อนลงทุนอยู่ที่ 150,000 Baht สามารถคำนวณจากสมการที่ 2.6 ได้ดังนี้

$$CAGR = \left(\frac{197,268.81}{150,000}\right)^{\frac{1}{10}} - 1$$

$$= 0.028 \text{ หรือคิดเป็น } 2.8\%$$

หลังจากคำนวณพบว่าในการลงทุนในช่วง 10 ปี สามารถสร้างอัตราดอกเบี้ยแบบทบต้นได้คิดเป็น 2.8 % ซึ่งดีกว่าการฝากในธนาคาร และแย่กว่าการลงทุนในกองทุนเล็กน้อย

2.1.4.6 สรุปผลการปฏิบัติงาน

จากการศึกษาการคำนวณ เวลาคืนทุน และ ระบบกักเก็บพลังงานจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ได้เรียนรู้ว่า ระยะเวลาคืนทุนขึ้นอยู่กับต้นทุนติดตั้ง การประหยัดค่าไฟ และนโยบายภาครัฐ โดยระบบที่มีแบตเตอรี่ใช้เวลา 8 -12 ปี เนื่องจากต้นทุนแบตเตอรี่สูง นอกจากนี้ยังได้เรียนรู้ว่า ระบบกักเก็บพลังงานช่วยเพิ่มความมั่นคงในการใช้ไฟ ลดการพึ่งพาโครงข่ายไฟฟ้า แต่จำเป็นต้องพิจารณาประสิทธิภาพ และอายุการใช้งานของแบตเตอรี่เพื่อให้คุ้มค่าการลงทุน

2.1.5 ขอใบอนุญาตติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ขอใบอนุญาตติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กับหน่วยงานต่างๆ เพื่อรับเอกสารติดตั้ง ให้ถูกต้องตามกฎหมาย

2.1.5.1 ที่มาและปัญหาของงานที่ได้รับมอบหมาย

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นหนึ่งในนโยบายสำคัญของรัฐบาลไทยที่มุ่งส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาด และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนและแผนพลังงานแห่งชาติ อย่างไรก็ตาม การดำเนินการดังกล่าวต้องผ่านกระบวนการขอใบอนุญาตที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีหน่วยงานหลายฝ่ายเข้ามามีส่วนร่วม เช่น การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การไฟฟ้านครหลวง สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

2.1.5.2 วัตถุประสงค์ของงานที่ได้รับมอบหมาย

1. เพื่อศึกษากระบวนการขอใบอนุญาตติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

2.1.5.3 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

➢ เอกสารสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ในการขออนุญาตติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจะต้องติดต่อกับหน่วยงานหลักๆ ได้แก่ สำนักงานคณะกรรมการกิจการพลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กรมนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และ การไฟฟ้านครหลวงหรือภูมิภาค โดยมีเอกสารที่ต้องขอสำหรับแต่ละขนาด ดังแสดงในรูปที่ 2.46

	0 - 199.999.... kWp	200 - 999.999... kWp	1000kWp ++
เอกสารที่ต้องใช้	• ใบรับแจ้งประกอบกิจการพลังงานที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า (ใบยกเว้น) • ใบอนุญาตปรับปรุงอาคาร (อ.1) • ใบอนุญาตปรับปรุงอาคาร (กนอ.02/2) กนอ.02/2 แทน อ.1 ในกรณีอยู่ในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม • ใบอนุญาตเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า (ใบขนานไฟฟ้า) • ใบขออนุญาตขายไฟ *กรณีขายไฟฟ้า	• ใบรับแจ้งประกอบกิจการพลังงานที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า (ใบยกเว้น) • ใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม (พค.2) • ใบอนุญาตปรับปรุงอาคาร (อ.1) • ใบอนุญาตปรับปรุงอาคาร (กนอ.02/2) กนอ.02/2 แทน อ.1 ในกรณีอยู่ในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม • ใบอนุญาตเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า (ใบขนานไฟฟ้า)	• ใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (รง.4) ขอใบยกเว้นแทน รง.4 สำหรับ solar rooftop • ใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม (พค.2) • ใบอนุญาตปรับปรุงอาคาร (อ.1) • ใบอนุญาตปรับปรุงอาคาร (กนอ.02/2) กนอ.02/2 แทน อ.1 ในกรณีอยู่ในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม • ใบอนุญาตเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า (ใบขนานไฟฟ้า) • ใบขออนุญาตผลิตไฟฟ้า (ใบผลิต)
องค์กรที่ต้องติดต่อ	• สำนักงานคณะกรรมการกิจการพลังงาน กกพ. (ใบยกเว้น) • องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น,กนอ (อ.1) • กรมนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (กนอ.02/2) • การไฟฟ้านครหลวง,ภูมิภาค (ใบขนานไฟฟ้า,ขายไฟ)	• สำนักงานคณะกรรมการกิจการพลังงาน กกพ. (ใบยกเว้น) • กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและ อนุรักษ์พลังงาน (พค.2) • องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น อปท. (อ.1) • กรมนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (กนอ.02/2) • การไฟฟ้านครหลวง,ภูมิภาค (ใบขนานไฟฟ้า)	• สำนักงานคณะกรรมการกิจการพลังงาน กกพ. (รง.4,ใบผลิต) • กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและ อนุรักษ์พลังงาน (พค.2) • องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น อปท. (อ.1) • กรมนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (กนอ.02/2) • การไฟฟ้านครหลวง,ภูมิภาค (ใบขนานไฟฟ้า)

รูปที่ 2.46 ใบขออนุญาตระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

➢ ใบขออนุญาตดัดแปลงอาคาร

ใบขออนุญาตดัดแปลงอาคารเพื่อประกอบกิจการพลังงาน คือ เอกสารที่ใช้ในการขออนุญาตจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อดัดแปลงหรือปรับปรุงอาคารที่ใช้ในการดำเนินกิจการพลังงาน เช่น การติดตั้งระบบพลังงานทดแทน (พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และ พลังงานชีวมวล) หรือการปรับปรุงอาคารเพื่อใช้ในการจัดเก็บพลังงาน เช่น การติดตั้งแบตเตอรี่สำหรับระบบเก็บพลังงาน หรือการติดตั้งอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิต และการใช้พลังงาน

การขออนุญาตดัดแปลงอาคารในกรณีนี้จำเป็นต้องมีการพิจารณาอย่างรอบคอบจากหน่วยงานที่รับผิดชอบ เช่น สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในระดับท้องถิ่น เพื่อให้มั่นใจว่าการดัดแปลงอาคารจะไม่ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน และจะเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด โดยขั้นตอนการขออนุญาตดัดแปลงอาคารเพื่อประกอบกิจการพลังงาน มีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 2.47

รูปที่ 2.47 ขั้นตอนการขออนุญาตดัดแปลงอาคารเพื่อประกอบกิจการพลังงาน [8]

จากการดูรูปที่ 2.47 ประกอบ จะเห็นได้ว่าการขออนุญาตดัดแปลงอาคารเพื่อประกอบกิจการพลังงาน จะมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมคือ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หรือในกรณีที่อาคารนั้นอยู่ในเขตนิคมอุตสาหกรรมจะต้องติดต่อ กรมนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย เพื่อทำการขอใบ (กนอ. 02/2) แทนใบขออนุญาตดัดแปลงอาคาร (อ.1) โดยการขอใบอนุญาตนี้จะจะใช้ระยะเวลาน้อยกว่า 45 วันทำการ

➢ ใบจดแจ้งกิจการที่ได้รับการยกเว้น

ใบยกเว้นจากสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน เป็นเอกสารที่ออกโดยสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน สำหรับกิจการที่ต้องการได้รับการยกเว้นจากการปฏิบัติตามข้อกำหนดหรือระเบียบที่มีกำหนดไว้ในกฎหมายการกำกับกิจการพลังงาน โดยทั่วไปจะเกี่ยวข้องกับกิจการที่มีลักษณะพิเศษ เช่น การผลิตหรือจำหน่ายพลังงานทดแทน หรือกิจการที่มีข้อจำกัดเฉพาะ ซึ่งไม่ต้องการให้มีกฎเกณฑ์เดียวกับกิจการพลังงานทั่วไป ใบยกเว้นนี้จะช่วยให้กิจการนั้นๆ สามารถดำเนินการได้โดยไม่ต้องปฏิบัติตามข้อบังคับที่กำหนดไว้ในกฎหมายของ กกพ. บางประการ เช่น อัตราค่าบริการ หรือข้อบังคับด้านการกำกับดูแลอื่นๆ ต้องผ่านการตรวจสอบ และพิจารณาของหน่วยงานตามระเบียบที่กำหนด โดยกิจการที่จะขอยกเว้นจะต้องมีเหตุผลที่ชัดเจนว่าทำไมจึงไม่สามารถปฏิบัติตามข้อกำหนดเหล่านั้น และต้องมั่นใจว่าการยกเว้นนี้จะไม่ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยหรือความยั่งยืนของระบบพลังงานในประเทศ หากได้รับการยกเว้นสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน จะออกใบอนุญาตหรือใบยกเว้นให้กับกิจการนั้น ซึ่งมีข้อกำหนด และเงื่อนไขในการดำเนินกิจการที่ได้รับการยกเว้นจากการควบคุมตามข้อบังคับต่างๆ ของสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน โดยมีขั้นตอนการจดแจ้งยกเว้นฯ ดังแสดงในรูปที่ 2.48

รูปที่ 2.48 กระบวนการแจ้งยกเว้นฯ ที่เชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า [9]

หากดูรูปที่ 2.48 ประกอบจะพบว่าการยื่นขอใบยกเว้นกับสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน จะทำการติดต่อกับหน่วยงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค หรือการไฟฟ้านครหลวงโดยอัตโนมัติ โดยใช้เวลาการขอเอกสารทั้งหมด น้อยกว่า 80 วันทำการ โดยที่การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถเริ่มทำได้เลย หลังจากที่ขอใบอนุญาตดัดแปลงอาคาร โดยไม่ต้องรอขอใบยกเว้น หรือใบขนานไฟฟ้าเสร็จสิ้นก่อน

➢ ใบขออนุญาตขนานไฟฟ้า

ใบขออนุญาตขนานไฟฟ้า เป็นเอกสารสำคัญที่ผู้ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ต้องขออนุญาตจากการไฟฟ้าภูมิภาค (PEA) หรือการไฟฟ้านครหลวง (MEA) เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อระบบผลิตไฟฟ้าของตนเข้ากับโครงข่ายไฟฟ้าของภาครัฐได้อย่างถูกต้องตามกฎหมาย โดยมี วัตถุประสงค์ของใบขออนุญาตขนานไฟฟ้า เพื่อทำการควบคุมมาตรฐานความปลอดภัยโดยการเชื่อมต่อระบบผลิตไฟฟ้าเข้ากับโครงข่ายหลักของการไฟฟ้าจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้น เช่น ไฟฟ้าลัดวงจร หรือไฟฟ้ากระชากที่อาจเกิดขึ้นจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ป้องกันผลกระทบต่อโครงข่ายไฟฟ้าโดย ระบบไฟฟ้าของภาครัฐมีมาตรฐานแรงดัน และความถี่ที่ต้องรักษาไว้ การเชื่อมต่อระบบผลิตไฟฟ้าโดยไม่มีการควบคุมอาจทำให้เกิดความไม่เสถียรในโครงข่ายได้ ใบขออนุญาตขนานไฟฟ้าจึงเป็นเป็นเอกสารสำคัญที่ช่วยให้ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์สามารถเชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง และปลอดภัย ผู้ที่ต้องการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ควรศึกษาขั้นตอน และปฏิบัติตามข้อกำหนดของการไฟฟ้า เพื่อให้การใช้งานเป็นไปอย่างราบรื่น และได้รับประโยชน์สูงสุดจากพลังงานสะอาด โดยการขอใบอนุญาตขนานไฟฟ้าจะต้องใช้เอกสารสำคัญที่กรมกำกับกิจการพลังงานออกให้ก่อน มีขั้นตอนการขอใบอนุญาตขนานไฟฟ้า แสดงดังในรูปที่ 2.49

รูปที่ 2.49 ขั้นตอนการขอขนานไฟฟ้ากับการไฟฟ้า [13]

2.1.5.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ทำการตรวจสอบ และเปรียบเทียบกำลังติดตั้งของลูกค้า เพื่อประเมินว่าการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของลูกค้าเข้าข่ายประเภทใด และจำเป็นต้องดำเนินการขอใบอนุญาตประเภทใดบ้าง นอกจากนี้ จะต้องพิจารณาข้อกำหนด และเงื่อนไขของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.), การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.), หรือ กรมกำกับกิจการพลังงาน เพื่อให้มั่นใจว่าการดำเนินการเป็นไปตามกฎหมาย และระเบียบที่กำหนด

2. จัดทำรายการเอกสารที่จำเป็นต้องจัดเตรียมสำหรับการขอใบอนุญาต โดยระบุรายละเอียดของเอกสารที่ต้องใช้ เช่น แผนผังระบบไฟฟ้า รายงานการวิเคราะห์ทางเทคนิค รายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อม เอกสารรับรองมาตรฐานอุปกรณ์ และหนังสือรับรองจากวิศวกรผู้มีใบอนุญาต พร้อมทั้งตรวจสอบความครบถ้วนของเอกสารตามข้อกำหนดของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้กระบวนการขออนุญาตเป็นไปอย่างราบรื่น

3. จัดทำรายการเอกสารที่จำเป็นต้องขอจากลูกค้า ซึ่งรวมถึงเอกสารทางธุรกิจ และเอกสารทางเทคนิค เช่น สำเนาทะเบียนนิติบุคคล หนังสือรับรองบริษัท ภาพถ่ายสถานที่ติดตั้งระบบ รายละเอียดการใช้พลังงานในอดีต และข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานในปัจจุบัน

2.1.5.5 ผลการปฏิบัติงาน

1.) จากการเทียบพบว่าลูกค้ามีกำลังติดตั้งจริง 29.76 kWp ซึ่งในกรณีนี้อยู่ในหมวดที่ต่ำกว่า 200 kWp อยู่ในเขตรับผิดชอบของการไฟฟ้านครหลวง ไม่มีความประสงค์ที่จะขายไฟฟ้า และไม่อยู่ในเขตนิคมอุตสาหกรรม จากการดูรูปที่ 2.46 ประกอบจะเห็นได้ว่าต้องขอใบอนุญาต 3 ชนิด ประกอบด้วย ใบขออนุญาตดัดแปลงอาคาร ใบยกเว้น และ ใบขออนุญาตขนานไฟฟ้า ซึ่งต้องติดต่อกับหน่วยงาน กรมปกครองส่วนท้องถิ่น เพื่อทำการขอใบขออนุญาตดัดแปลงอาคาร ติดต่อกรมกำกับกิจการพลังงาน เพื่อขอใบยกเว้น และติดต่อการไฟฟ้านครหลวง เพื่อขอใบอนุญาตขนานไฟฟ้า

2. จัดทำรายการเอกสารที่ต้องจัดเตรียม โดยเริ่มจากใบขออนุญาตดัดแปลงอาคาร โดยมีรายการที่ต้องจัดเตรียมจำนวน 12 ฉบับ ดังแสดงในรูปที่ 2.50

เอกสารสำหรับขอใบอนุญาตก่อสร้าง/ดัดแปลงอาคาร (อ.1)

ลำดับที่	รายการ	CSE	Client	จำนวน
1	สำเนาหนังสือรับรองการจดทะเบียนนิติบุคคล วัตถุประสงค์ และผู้มีอำนาจลงชื่อแทนนิติบุคคลผู้ขออนุญาต ที่ออกให้ไม่เกิน 6 เดือน (กรณีเป็นบิติบุคคล)		✓	1
2	หนังสือมอบอำนาจ (ติดอากรแสตมป์ตามที่กฎหมายกำหนด 30 บาท)	✓	✓	1
3	สำเนาบัตรประชาชนและสำเนาทะเบียนบ้านของผู้มอบอำนาจ และ ผู้รับมอบอำนาจ	✓	✓	1
4	สำเนาโฉนดที่ดิน(ขนาดเท่าตัวจริง) พร้อมประทับตราและเซ็นรับรองทุกหน้า		✓	1
5	หนังสือยินยอมให้ใช้หลังคาอาคาร (กรณีชื่อโฉนดไม่ตรงกับนิติบุคคล)		✓	1
6	สำเนาอ.1 เดิม		✓	1
7	แบบแจ้งเขต	✓		1
8	แผนผังบริเวณ แบบแปลน รายการประกอบแบบแปลน	✓		1
9	แผนที่โดยสังเขปของสถานที่ขออนุญาต (ระบุ GPS)	✓		1
10	รายการคำนวณโครงสร้าง รับรองโดยวิศวกร พร้อมสำเนาใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกร (โยธา)	✓		1
11	หนังสือรับรองของผู้ออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคาร	✓		1
12	หนังสือแสดงความยินยอมของผู้ควบคุมงาน (แบบ น.4)	✓		1

รูปที่ 2.50 เอกสารที่ต้องจัดเตรียมสำหรับขอใบอนุญาตดัดแปลงอาคาร

เอกสารที่ต้องจัดเตรียมสำหรับยื่นขอใบยกเว้นกับกรมกำกับกิจการพลังงาน ประกอบด้วยเอกสารจำนวน 15 ฉบับ ดังแสดงในรูปที่ 2.51

เอกสารสำหรับขอใบยกเว้นไม่ต้องใบอนุญาต (ใบยกเว้น)

ลำดับที่	รายการ	CSE	Client	จำนวน
1	สำเนาหนังสือรับรองการจดทะเบียนนิติบุคคล วัตถุประสงค์ และผู้มีอำนาจลงชื่อแทนนิติบุคคลผู้ขออนุญาต ที่ออกให้ไม่เกิน 6 เดือน		✓	1
2	หนังสือมอบอำนาจ	✓	✓	1
3	สำเนาบัตรประชาชนและสำเนาทะเบียนบ้านของผู้มอบอำนาจ และ ผู้รับมอบอำนาจ	✓	✓	1
4	สำเนารายชื่อผู้ถือหุ้น หรือ บอจ.5หรือ บอจ.6 อายุไม่เกิน 3 เดือน		✓	1
5	สำเนา ภพ.20		✓	1
6	สำเนาใบแจ้งค่าไฟฟ้า 1 เดือน		✓	1
7	สำเนาใบอนุญาตดัดแปลงอาคาร (อ.1)	✓		1
8	รายการคำนวณโครงสร้างอาคารติดตั้งแผง	✓		1
9	สำเนาใบประกอบวิชาชีพวิศวกรรมไฟฟ้า	✓		1
10	แผนภูมิระบบไฟฟ้า (Single Line) ที่วิศวกรรับรองไฟฟ้ารับรอง	✓		1
11	แบบการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่วิศวกรรับรองโยธารับรอง	✓		1
12	แบบสำรวจอาคาร ที่วิศวกรรับรองโยธารับรอง	✓		1
13	ภาพถ่ายเนมเพรทอุปกรณ์ (แผงเซลล์แสงอาทิตย์ และอินเวอร์เตอร์)	✓		1
14	รายละเอียดทางเทคนิค (Specifications) -แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Module) -เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)	✓		1
15	แบบฟอร์มรับรองตนเอง	✓		1

รูปที่ 2.51 เอกสารที่ต้องจัดเตรียมสำหรับขอใบยกเว้น

เอกสารที่ต้องจัดเตรียมสำหรับยื่นขอใบขนานไฟฟ้ากับการไฟฟ้านครหลวง ประกอบด้วยเอกสารจำนวน 15 ฉบับ ดังแสดงในรูปที่ 2.51

เอกสารสำหรับขอใบอนุญาตเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า (ใบขนานไฟฟ้า)

ลำดับที่	รายการ	CSE	Client	จำนวน
1	สำเนาหนังสือรับรองการจดทะเบียนนิติบุคคล วัตถุประสงค์ และผู้มีอำนาจลงชื่อแทนนิติบุคคลผู้ขออนุญาต ที่ออกให้ไม่เกิน 6 เดือน		✓	1
2	หนังสือมอบอำนาจ	✓	✓	1
3	สำเนาบัตรประชาชนและสำเนาทะเบียนบ้านของผู้มอบอำนาจ และ ผู้รับมอบอำนาจ	✓	✓	1
4	ใบแจ้งค่าไฟฟ้า 3 เดือน		✓	1
5	หนังสือนำส่งแจ้งความประสงค์ขอเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า	✓		1
6	แบบคำขอขอเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า	✓		1
7	แผนที่การเดินทางไปยังสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าพร้อมระบุพิกัด	✓		1
8	แผนภูมิระบบไฟฟ้า (Single Line Diagram) และระบบป้องกัน (Metering and Relaying Diagram) กว.ไฟฟ้าพร้อมเซ็นรับรองแบบ	✓		1
9	หนังสือรับรองและหลักฐานของวิศวกรผู้ออกแบบและควบคุมงานติดตั้งระบบไฟฟ้า	✓		1
10	สำเนาใบประกอบวิชาชีพของวิศวกรและสถาปนิก ผู้ลงนามรับรองแบบ	✓		1
11	รายละเอียดทางเทคนิค (Specifications) -แผงเซลล์แสงอาทิตย์ -อินเวอร์เตอร์ - เครื่องกำเนิดไฟฟ้า - หม้อแปลงไฟฟ้า - อุปกรณ์ป้องกัน	✓		1
12	ภาพถ่ายอุปกรณ์	✓		1
13	รายละเอียดแผนดำเนินโครงการ ที่ระบุกำหนดการเริ่มเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนานกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้า	✓		1
14	สำเนาใบยกเว้น	✓		1
15	สำเนาสัญญาขนาดไฟฟ้าเดิม			

หมายเหตุ : สำเนาเอกสารของนิติบุคคล ผู้มีอำนาจเซ็นรับรองพร้อมประทับตราทุกหน้า

รูปที่ 2.52 เอกสารที่ต้องจัดเตรียมสำหรับขอใบขนานไฟฟ้า

3. หลังจากจัดทำรายชื่อเอกสารที่ลูกค้าต้องจัดเตรียม พบว่าลูกค้าเป็นอาคารนิติบุคคล จึงมีความจำเป็นต้องขอเอกสารมากกว่าแบบที่พักอาศัยปกติ โดยมีรายการสำหรับขอใบอนุญาตดัดแปลงอาคาร จำนวน 6 ฉบับ สำหรับขอใบยกเว้น จำนวน 6 ฉบับ และ สำหรับขอใบขนานไฟฟ้า จำนวน 4 ฉบับโดยมีรายชื่อเอกสารที่ต้องจัดเตรียมดังแสดงในรูปที่ 2.53

เอกสารสำหรับขอใบอนุญาตก่อสร้าง/ดัดแปลงอาคาร (อ.1)

ลำดับที่	รายการ	จำนวน
1	สำเนาหนังสือรับรองการจดทะเบียนนิติบุคคล วัตถุประสงค์ และผู้มีอำนาจลงชื่อแทนนิติบุคคลผู้ขออนุญาต ที่ออกให้ไม่เกิน 6 เดือน (กรณีเป็นนิติบุคคล)	1
2	หนังสือมอบอำนาจ (ติดอากรแสตมป์ตามที่กฎหมายกำหนด 30 บาท)	1
3	สำเนาบัตรประชาชนและสำเนาทะเบียนบ้านของผู้มอบอำนาจ และ ผู้รับมอบอำนาจ	1
4	สำเนาโฉนดที่ดิน(ขนาดเท่าตัวจริง) พร้อมประทับตราและเซ็นรับรองทุกหน้า	1
5	หนังสือยินยอมให้ใช้หลังคาอาคาร (กรณีชื่อโฉนดไม่ตรงกับนิติบุคคล)	1
6	สำเนาอ.1 เดิม	1

เอกสารสำหรับขอใบยกเว้นไม่ต้องใบอนุญาต (ใบยกเว้น)

ลำดับที่	รายการ	จำนวน
1	สำเนาหนังสือรับรองการจดทะเบียนนิติบุคคล วัตถุประสงค์ และผู้มีอำนาจลงชื่อแทนนิติบุคคลผู้ขออนุญาต ที่ออกให้ไม่เกิน 6 เดือน (กรณีเป็นนิติบุคคล)	1
2	หนังสือมอบอำนาจ (ติดอากรแสตมป์ตามที่กฎหมายกำหนด 30 บาท)	1
3	สำเนาบัตรประชาชนและสำเนาทะเบียนบ้านของผู้มอบอำนาจ และ ผู้รับมอบอำนาจ	1
4	สำเนารายชื่อผู้ถือหุ้น หรือ บอจ.5หรือ บอจ.6 อายุไม่เกิน 3 เดือน	1
5	สำเนา ภพ.20	1
6	สำเนาใบแจ้งค่าไฟฟ้า 1 เดือน	1

เอกสารสำหรับขอใบอนุญาตเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า (ใบขนานไฟฟ้า)

ลำดับที่	รายการ	จำนวน
1	สำเนาหนังสือรับรองการจดทะเบียนนิติบุคคล วัตถุประสงค์ และผู้มีอำนาจลงชื่อแทนนิติบุคคลผู้ขออนุญาต ที่ออกให้ไม่เกิน 6 เดือน (กรณีเป็นนิติบุคคล)	1
2	หนังสือมอบอำนาจ (ติดอากรแสตมป์ตามที่กฎหมายกำหนด 30 บาท)	1
3	สำเนาบัตรประชาชนและสำเนาทะเบียนบ้านของผู้มอบอำนาจ และ ผู้รับมอบอำนาจ	1
4	ใบแจ้งค่าไฟฟ้า 3 เดือน	1

รูปที่ 2.53 เอกสารที่ต้องขอจากลูกค้าเพื่อขอใบอนุญาต

2.1.5.6 สรุปผลการปฏิบัติงาน

จากการศึกษาการขอใบอนุญาตติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ได้เรียนรู้ถึงกระบวนการ และข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้ง และเชื่อมต่อระบบเข้ากับโครงข่ายไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็น ประเภทของใบอนุญาตที่ต้องขอ ขั้นตอนการดำเนินการ มาตรฐานทางเทคนิคที่ต้องปฏิบัติตาม รวมถึงข้อกำหนดด้านความปลอดภัย เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่ส่งผลกระทบต่อโครงข่ายไฟฟ้าหลัก

นอกจากนี้ ยังได้เข้าใจถึง ความสำคัญของการประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น การไฟฟ้านครหลวง หรือ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อให้การอนุมัติเป็นไปอย่างราบรื่น

โดยสรุป การศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการขอใบอนุญาตนี้ ช่วยให้เข้าใจถึงโอกาส และข้อจำกัดในการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ รวมถึงแนวทางปฏิบัติที่ถูกต้อง ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่ต้องการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งในระดับครัวเรือน และเชิงพาณิชย์ เพื่อให้สามารถใช้พลังงานสะอาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และถูกต้องตามกฎหมาย

2.1.6 สร้างระบบรายงานผลการผลิตไฟฟ้าอัตโนมัติ

ทำการสร้างระบบรายงานผลการผลิตไฟฟ้าประจำเดือน เพื่อทำให้ลูกค้าได้ทราบถึงผลการใช้งานระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ อย่างละเอียด และสร้างเครือข่าย และความเชื่อมั่น สำหรับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

2.1.6.1 ที่มาและความสำคัญของงานที่ได้รับมอบหมาย

การรายงานผลการผลิตไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มักดำเนินการโดยบุคลากร ซึ่งต้องใช้เวลา และทรัพยากรจำนวนมากในการเก็บรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล นอกจากนี้ความผิดพลาดของมนุษย์อาจทำให้ข้อมูลไม่ถูกต้องหรือไม่สมบูรณ์ ซึ่งส่งผลต่อการตัดสินใจ และการวางแผนการดำเนินงาน การใช้แรงงานคนในการเก็บข้อมูลนั้นมีต้นทุนที่สูง ไม่ว่าจะเป็นค่าแรง เวลา และความเสี่ยงจากข้อผิดพลาดของมนุษย์ การเข้ามาของเทคโนโลยีได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบการจัดการข้อมูลในอุตสาหกรรมพลังงานไฟฟ้าอย่างมาก ระบบรายงานผลการผลิตไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์อัตโนมัติช่วยลดภาระงานของบุคลากร ทำให้สามารถลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานได้อย่างมีนัยสำคัญ

การปรับตัวเข้าสู่ยุคเทคโนโลยีดิจิทัล จึงเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้องค์กร เจริญเติบโต และทำให้มีประสิทธิภาพของการทำงานในองค์กรที่สูงขึ้น

2.1.6.2 วัตถุประสงค์ของงานที่ได้รับมอบหมาย

1. เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการตรวจวัดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
2. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรม สำหรับสร้างระบบรายงานผลผลิตไฟฟ้า

2.1.6.3 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

➢ Application programming interfaces

Application programming interfaces หรือที่เรียกสั้นๆ ว่า API คือชุดของกฎเกณฑ์ และเครื่องมือที่อนุญาตให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือแอปพลิเคชันต่างๆ สามารถสื่อสาร และทำงานร่วมกันได้ โดยพื้นฐานแล้ว API ทำหน้าที่เหมือน “คนกลาง” ที่ช่วยให้ซอฟต์แวร์หนึ่งสามารถร้องขอข้อมูลหรือฟังก์ชันการทำงานจากซอฟต์แวร์อื่นได้โดยไม่จำเป็นต้องเข้าใจกลไกภายในของกัน และกันอย่างละเอียด เป็นแนวคิดสำคัญในโลกของการพัฒนาซอฟต์แวร์ เพราะช่วยให้เกิดความยืดหยุ่น การทำงานร่วมกัน และการพัฒนาที่รวดเร็วขึ้น

API ทำงานโดยการกำหนดวิธีการส่งคำขอ (Request) และรับคำตอบ (Response) ซึ่งมักจะอยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่าย เช่น JSON หรือ XML ตัวอย่างเช่น ถ้าใช้แอปพลิเคชันพยากรณ์อากาศ แอปนั้นอาจใช้ API จากบริการข้อมูลสภาพอากาศเพื่อดึงข้อมูลล่าสุดเกี่ยวกับอุณหภูมิหรือความชื้นในพื้นที่ โดยแอปจะส่งคำขอไปที่ API (เช่น "บอกสภาพอากาศที่กรุงเทพฯ วันนี้") และ API จะส่งข้อมูลที่ต้องการกลับมาให้แอปแสดงผล

ในทางเทคนิค API มีหลายประเภท เช่น REST API, SOAP API หรือ GraphQL ซึ่งแต่ละแบบมีวิธีการทำงาน และการใช้งานที่แตกต่างกัน ตัวอย่างที่พบบ่อยคือ REST API ซึ่งย่อมาจาก Representational State Transfer เป็นรูปแบบที่นิยมใช้ในเว็บแอปพลิเคชัน เพราะมันเรียบง่ายและใช้โปรโตคอล HTTP ทั่วไป เช่น GET (ขอข้อมูล), POST (ส่งข้อมูล), PUT (อัปเดตข้อมูล) และ DELETE (ลบข้อมูล)

➢ Huawei Northbound API

Huawei Northbound API เป็นส่วนหนึ่งของระบบจัดการเครือข่าย และบริการที่พัฒนาโดย Huawei โดยเฉพาะในบริบทของโซลูชั่น FusionSolar ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มสำหรับการจัดการระบบพลังงานแสงอาทิตย์ Huawei Northbound API ถูกออกแบบมาเพื่อให้ผู้ใช้หรือนักพัฒนาภายนอกสามารถเข้าถึงข้อมูล และฟังก์ชันการควบคุมของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกับ FusionSolar ได้ โดยทำหน้าที่เป็นอินเทอร์เฟซที่เชื่อมต่อจากระดับการจัดการภายใน เช่น FusionSolar Platformไปยังแอปพลิเคชันหรือระบบภายนอก ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ "Northbound" ในสถาปัตยกรรมเครือข่ายที่หมายถึงการสื่อสารจากชั้นล่างขึ้นสู่ชั้นบนโดยมีดครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 2.54

รูปที่ 2.54 การเข้าถึงระบบ Huawei Northbound API [14]

➢ SolarEdge monitoring API

SolarEdge monitoring API เป็น API ที่พัฒนาโดย SolarEdge บริษัทผู้ผลิตระบบพลังงานแสงอาทิตย์ชั้นนำ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้ใช้ และนักพัฒนาสามารถเข้าถึงข้อมูลการตรวจสอบ จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ติดตั้งเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า และอุปกรณ์ของ SolarEdge ได้ API นี้เป็นส่วนหนึ่งของ SolarEdge monitoring platform ซึ่งเป็นบริการคลาวด์ที่ใช้ในการติดตามประสิทธิภาพของระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรียลไทม์ ดังแสดงในรูปที่รูปที่ 2.55

General solaredge

General

Purpose and scope

The purpose of this document is to outline the Application Programming Interface (API) available via SolarEdge Cloud-Based Monitoring Platform.

The web services allow access to data saved in the monitoring server while keeping the data secured for authorized users.

This document provides information about the technical features of the API, and describes each API with its parameters formats and other details.

Acronyms and abbreviations

The following table lists acronyms used in this document

Abbreviation	Meaning
API	Application Programming Interface
WS	Web Services
REST	Representational State Transfer
CSV	Comma Separated Values
JSON	JavaScript Object Notation
XML	Extensible Mark-up Language

รูปที่ 2.55 ขอบเขตการเข้าถึงระบบ SolarEdge API [15]

➢ User interfaces

User Interface หรือ ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ คือส่วนประกอบของระบบคอมพิวเตอร์หรือซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างมนุษย์ กับเครื่องจักรหรือโปรแกรม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกในการโต้ตอบ การสื่อสาร และการควบคุมการทำงานของระบบให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เป็นแนวคิดพื้นฐานในสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ และการออกแบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ และคอมพิวเตอร์ โดยครอบคลุมทั้งด้านเทคโนโลยี และจิตวิทยาการรับรู้ เพื่อให้มั่นใจว่าระบบสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างเหมาะสม

ในทางทฤษฎี User interfaces ถูกกำหนดให้เป็นชั้นของการนำเสนอ (Presentation Layer) ดังแสดงในรูปที่ 2.56 ที่ทำหน้าที่รับข้อมูลนำเข้า จากผู้ใช้ เช่น การคลิกเมาส์ การพิมพ์ข้อความ หรือการสัมผัสหน้าจอ และส่งข้อมูลผลลัพธ์ กลับไปยังผู้ใช้ในรูปแบบที่เข้าใจได้ เช่น ภาพกราฟิก ข้อความ หรือเสียง การออกแบบ User interfaces จึงต้องคำนึงถึงหลักการของการใช้งานง่าย, มีความชัดเจน, และความสอดคล้อง เพื่อลดภาระการเรียนรู้ และเพิ่มประสบการณ์ผู้ใช้ ที่ราบรื่น และน่าพึงพอใจ

รูปที่ 2.56 Open Systems Interconnection model

➢ Nextjs

Next.js เป็นเฟรมเวิร์ค ที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันเว็บสมัยใหม่ โดยถูกสร้างขึ้นบนพื้นฐานของ React ซึ่งเป็นไลบรารี JavaScript ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายสำหรับการสร้าง User Interface ที่มีประสิทธิภาพ และโต้ตอบได้ Next.js ถูกพัฒนาโดยทีมงานของ Vercel และเปิดตัวครั้งแรกในเดือนตุลาคม ปี 2016 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขข้อจำกัด และความซับซ้อนที่พบในการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย React เพียงอย่างเดียว โดยการนำเสนอเครื่องมือ และฟีเจอร์ในตัวที่ช่วยให้นักพัฒนาสามารถสร้างเว็บแอปพลิเคชันที่มีประสิทธิภาพสูง ปรับขนาดได้ และมอบประสบการณ์ผู้ใช้ ที่ดีเยี่ยมได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิผล Next.js ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในวงการพัฒนาเว็บไซต์

ในมุมมองเชิงทฤษฎี Next.js เป็นเฟรมเวิร์คที่ออกแบบมาเพื่อรวมจุดแข็งของวิธีการแสดงผลที่หลากหลายเข้าไว้ด้วยกัน ได้แก่ Server-Side Rendering (SSR), Static Site Generation (SSG) และ Client-Side Rendering (CSR) ช่วยให้นักพัฒนามีความยืดหยุ่นในการเลือกกลยุทธ์ที่เหมาะสมกับความต้องการของแต่ละหน้าในแอปพลิเคชัน โดยไม่ต้องพึ่งพาเครื่องมือเพิ่มเติมจากภายนอก

2.1.6.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ข้อมูลร่วมกับระบบ SolarEdge monitoring API จากเอกสารประกอบการใช้งานใน [15] และ การใช้ข้อมูลจากระบบ Huawei northbound API [14]

2. เลือกเทคโนโลยี และภาษาโปรแกรมที่เหมาะสมสำหรับการสร้างระบบ

3. จัดทำระบบ และนำเสนอผลการจัดทำ

2.1.6.5 ผลการปฏิบัติงาน

1. จากการศึกษาข้อมูลของ Huawei northbound API และ SolarEdge monitoring API พบว่าทั้งสองระบบสามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ ประสิทธิภาพของระบบ และสถานะของอุปกรณ์ได้อย่างครบถ้วน โดย API ของ Huawei รองรับการดึงข้อมูลแบบเรียลไทม์ ซึ่งมีช่วงเวลาขั้นต่ำในการเก็บข้อมูลที่ 5 นาทีต่อครั้ง และสามารถเรียกข้อมูลจากอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า อุปกรณ์วัดพลังงาน และสถานะของไซต์พลังงานได้ ในขณะที่ API ของ SolarEdge มุ่งเน้นการให้ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตพลังงาน ประสิทธิภาพของระบบ และข้อมูลภาพรวมของไซต์งานที่เชื่อมต่ออยู่

จากการทดลองเรียกใช้งาน API ทั้งสอง พบว่าสามารถเข้าถึง และดึงข้อมูลมาประมวลผลได้จริง โดยต้องใช้การตรวจสอบสิทธิ์ที่แตกต่างกัน Huawei API ใช้ระบบ OAuth 2.0 ในการตรวจสอบสิทธิ์เพื่อเข้าถึงข้อมูล ส่วน SolarEdge API ใช้ API key เป็นตัวระบุสิทธิ์การเข้าถึง นอกจากนี้ API ของ Huawei สามารถรองรับการเชื่อมต่อผ่าน MQTT ซึ่งช่วยให้การรับส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ทำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยทั้งสองมีเอกสารประกอบการใช้งานอย่างครบถ้วน และพร้อมสำหรับนำข้อมูลจากระบบมาวิเคราะห์ โดยมีเอกสารประกอบการใช้งานดังแสดงในรูปที่ 2.57

รูปที่ 2.57 เอกสารประกอบการใช้งาน API

2. การเลือกเทคโนโลยีในโปรเจกต์นี้ มีเป้าหมายหลักเพื่อสร้างแอปพลิเคชันเว็บที่รวดเร็ว มีประสิทธิภาพ และมอบประสบการณ์ที่ดีให้กับผู้ใช้งาน โดยเริ่มจากส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI) ที่เลือกใช้ Next.js ซึ่งเป็นเฟรมเวิร์กของ React.js ที่ทรงพลัง ช่วยให้สามารถสร้างแอปพลิเคชันที่มีประสิทธิภาพสูงด้วยคุณสมบัติ Server side rendering (SSR) และ Static site generation (SSG) ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ SEO และความเร็วในการโหลดหน้าเว็บ นอกจากนี้ การใช้ Tailwind CSS ซึ่งเป็นเฟรมเวิร์ก CSS แบบ Utility first ช่วยให้การออกแบบ UI เป็นไปอย่างรวดเร็ว และยืดหยุ่น ลดเวลาในการเขียน CSS และทำให้โค้ดมีความสม่ำเสมอ สำหรับ Shadcn UI นั้นเป็นชุดคอมโพเนนต์ UI ที่สร้างด้วย Radix UI และ Tailwind CSS ช่วยให้สามารถสร้าง UI ที่สวยงาม และเข้าถึงง่ายได้อย่างรวดเร็ว ในส่วนของเซิร์ฟเวอร์ (Server) ได้เลือกใช้ Hono.js ซึ่งเป็นเฟรมเวิร์คเว็บที่เบา และรวดเร็ว เหมาะสำหรับการใช้งานบน Edge runtime ของ Next.js ซึ่งจะทำให้แอปพลิเคชันทำงานใกล้กับผู้ใช้มากขึ้น ลดเวลาในการตอบสนอง และเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวม การใช้ Edge Runtime ยังช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านเซิร์ฟเวอร์ได้อีกด้วย ในส่วนของภาษาที่ใช้ มีการใช้ TypeScript ซึ่งช่วยเพิ่มความสามารถให้กับ JavaScript ด้วยการตรวจสอบประเภท ทำให้โค้ดมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น และช่วยให้การทำงานร่วมกันในทีมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมี JavaScript ซึ่งเป็นภาษาหลักในการพัฒนาเว็บ และ CSS สำหรับตกแต่งหน้าตาของเว็บไซต์ โดยรวมแล้ว การเลือกใช้เทคโนโลยีเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความมุ่งมั่นในการสร้างแอปพลิเคชันเว็บที่ทันสมัย มีประสิทธิภาพ และมอบประสบการณ์ที่ดีให้กับผู้ใช้งาน

รูปที่ 2.58 การเลือกใช้เทคโนโลยีสำหรับสร้างระบบ

3. ในการจัดทำ และออกแบบระบบนี้ออกแบบมาเพื่อเชื่อมต่อผู้ใช้กับ API ของ Huawei และ SolarEdge ผ่านเว็บไซต์ โดยเน้นความปลอดภัย และความยืดหยุ่นในการจัดการข้อมูล เริ่มจากส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI) ที่ให้ผู้ใช้ล็อกอินผ่านหน้า /login ระบบจะตรวจสอบสิทธิ์ และออกโทเคน (token) เพื่อใช้ในการเข้าถึง API ส่วน Middleware จะทำหน้าที่ตรวจสอบโทเคนก่อนอนุญาตให้เข้าถึงข้อมูล ส่วนเซิร์ฟเวอร์ มีบริการตรวจสอบสิทธิ์ และ API endpoints (/api) สำหรับดึงข้อมูลจาก

Huawei และ SolarEdge ผ่าน Proxy ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อ API ของบุคคลที่สาม การออกแบบนี้ช่วยให้สามารถจัดการข้อมูลจาก API ต่างๆ ได้อย่างเป็นระบบ และสามารถเพิ่ม API อื่นๆ ได้ง่ายในอนาคต โดยรวมแล้ว ระบบนี้เน้นความปลอดภัย มีการจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบ และมีความสามารถในการขยายระบบเพื่อรองรับการเชื่อมต่อกับ API อื่นๆ ในอนาคต โดยมีรูปภาพที่อธิบายถึงการออกแบบนี้ แสดงในรูปที่ 2.59

รูปที่ 2.59 โครงสร้างของระบบรายงานผลการผลิตไฟฟ้าอัตโนมัติ

2.1.6.6 สรุปผลการปฏิบัติงาน

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ข้อมูลจาก SolarEdge monitoring API และ Huawei northbound API ทำให้เข้าใจถึงโครงสร้าง และรูปแบบของข้อมูลที่แต่ละ API ให้บริการ รวมถึงข้อกำหนดในการเข้าถึงข้อมูล เช่น วิธีการรับรองความปลอดภัย รูปแบบของ API request และ response ตลอดจนข้อจำกัดที่อาจส่งผลต่อการนำไปใช้งานจริง การเปรียบเทียบ API ทั้งสองช่วยให้สามารถเลือกแนวทางที่เหมาะสมกับระบบที่ต้องการพัฒนาได้มากขึ้น

ในการพัฒนาโซลูชัน การเลือก เทคโนโลยี และภาษาโปรแกรม เป็นส่วนสำคัญที่ต้องพิจารณา โดยจากการศึกษาพบว่า Node.js เป็นตัวเลือกที่เหมาะสมสำหรับการดึงข้อมูลจาก API และประมวลผลแบบเรียลไทม์ เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงสำหรับงานที่เกี่ยวข้องกับ I/O นอกจากนี้ การใช้ TypeScript ช่วยเพิ่มความปลอดภัยของโค้ด และลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการพัฒนา

อีกหนึ่งประเด็นสำคัญที่ได้เรียนรู้คือ การออกแบบโครงสร้างของระบบให้สามารถรองรับการขยายตัวในอนาคต โดยการสร้าง API gateway สำหรับจัดการคำขอจากหลายแหล่งข้อมูล และใช้ Database ที่เหมาะสม ในการจัดเก็บข้อมูลเพื่อให้สามารถเข้าถึง และวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ การพัฒนาแดชบอร์ดเพื่อแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์เป็นอีกส่วนที่มีความท้าทาย โดยต้องเลือกเครื่องมือที่สามารถสร้าง UI ที่ใช้งานง่าย และแสดงข้อมูลได้อย่างชัดเจน เช่น React.js หรือ Next.js

2.2 ปัญหาในการปฏิบัติงานและการแก้ปัญหา

2.2.1 ปัญหาในการปฏิบัติงาน

แม้ว่าจะมีความรู้ทางทฤษฎีเกี่ยวกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในระดับที่ดี แต่ยังขาดประสบการณ์การทำงานจริงในหลายขั้นตอนสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้ง และการจัดการระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ครอบคลุม รายละเอียดที่ขาดความเชี่ยวชาญ ได้แก่

1. การติดตั้ง และต่อที่ยึดหลังคา ยังไม่มีความชำนาญในการเลือกประเภท และติดตั้งที่ยึดหลังคาให้เหมาะสมกับวัสดุ และโครงสร้างของหลังคาแต่ละประเภท และการติดตั้งที่ต้องคำนึงถึงความแข็งแรง และความปลอดภัยในระยะยาว

2. การเดินสายไฟ ขาดประสบการณ์ในการวางแผน และเดินสายไฟที่เหมาะสมกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉพาะในส่วนของการเดินสายไฟระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า และตู้ควบคุมไฟฟ้าให้เป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัย รวมถึงการจัดการกับความยาวสายไฟ และการป้องกันสายไฟจากสภาพอากาศหรือสัตว์รบกวน

3. การติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้า ยังไม่มีประสบการณ์เพียงพอในการติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้า รวมถึงการตรวจสอบอุปกรณ์ภายใน เช่น เบรกเกอร์ ฟิวส์ และเครื่องป้องกันไฟกระชาก เพื่อให้มั่นใจว่าระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และปลอดภัย

4. การส่งมอบงานให้ลูกค้า ขาดทักษะในกระบวนการตรวจสอบระบบก่อนส่งมอบงาน ซึ่งรวมถึงการทดสอบการทำงานของระบบ การอธิบายการใช้งานพื้นฐานให้แก่ลูกค้า และการจัดทำเอกสารประกอบการส่งมอบงาน เช่น คู่มือการใช้งาน และใบรับประกัน

5. การพูดคุยเพื่อหาความต้องการของลูกค้า ยังไม่มีประสบการณ์ตรงในการสื่อสารกับลูกค้าเพื่อทำความเข้าใจความต้องการเฉพาะด้าน เช่น การเลือกตำแหน่งติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับการใช้งาน หรือการปรับแต่งระบบให้ตอบโจทย์พฤติกรรมการใช้พลังงานของลูกค้า

2.2.2 การแก้ปัญหาในการปฏิบัติงาน

1. สอบถามผู้รับเหมาในสายงานการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์มีประสบการณ์ที่มากกว่า และสามารถให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ได้ เช่น วิธีการติดตั้งที่ยึดหลังคาให้เหมาะสมกับลักษณะของหลังคา การเดินสายไฟที่ปลอดภัย การติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้า รวมถึงการตรวจสอบระบบก่อนการส่งมอบ เพราะพี่เขามีความรู้จากการติดตั้งจริงในหลายไซต์งาน

2. สอบถามพี่ที่ปรึกษา พี่ที่ปรึกษามีประสบการณ์ในสายงานที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าโดยตรง จึงเป็นบุคคลที่สารถให้คำปรึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้า การเขียนแบบทางไฟฟ้า และระบบไฟฟ้าในงานผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ได้อย่างถูกต้อง

3. ค้นหาข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตการค้นหาข้อมูลออนไลน์ในแหล่งความรู้ต่างๆ เช่น บทความเทคนิค วิดีโอสอน หรือบทความที่พูดถึงการติดตั้ง และบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นวิธีที่ดีในการเรียนรู้ และแก้ไขปัญหา โดยสามารถศึกษาข้อมูลในเชิงลึกเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ วิธีการติดตั้งที่ถูกต้อง และวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการให้บริการหลังการขาย

2.3 วิเคราะห์นักศึกษา (SWOT Analysis)

2.3.1 จุดแข็ง (Strengths, S)

1. มีสุขภาพแข็งแรง สามารถปฏิบัติงานบนพื้นที่สูง และ กลางแจ้งได้
2. ตั้งใจปฏิบัติงาน และมีความรับผิดชอบต่อการปฏิบัติงาน
3. เป็นผู้ฟังที่ดี สามารถรับฟังคำแนะนำจากพนักงานที่ปรึกษา และเพื่อนร่วมงาน
4. มีความสามารถใช้โปรแกรมร่วมกับงาน ได้แก่ PVSYST, AUTOCAD เป็นต้น

2.3.2 จุดอ่อน (Weaknesses, W)

1. ขาดความสามารถในการใช้เครื่องมือได้แก่ กล้องถ่ายภาพอินฟราเรด และ ประแจทอร์ค เพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำ
2. ขาดทักษะ และประสบการณ์ในการปฏิบัติงานซึ่งต้องเรียนรู้จากการปฏิบัติงานจริง
3. ขาดทักษะการพูดต่อในที่สาธารณะ
4. ขาดทักษะในการขับรถยนต์

2.3.3 โอกาส (Opportunities, O)

1. ได้รับประสบการณ์ และความรู้จากการทำงานจริง
2. ได้ทราบขั้นตอนการทำงานแบบองค์กร
3. ได้เรียนรู้การใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
4. ได้ทราบขั้นตอนการทำงานในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ตั้งแต่สำรวจหน้างาน ส่งมอบงาน และการดูแลหลังการขาย
5. ได้ทราบปัญหาที่ทำให้เกิดความล่าช้า เช่น การกรอกข้อมูลด้วยมือ และ การกำหนด Workflow และแผนการปฏิบัติงาน

2.3.4 อุปสรรค (Threats, T)

1. รถติด

บทที่ 3
สรุปผลปฏิบัติงาน

จากการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท ครีเอทีฟ โซลูชั่น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด ตั้งแต่วันที่ 18 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึง วันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2568 เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ โดยนักศึกษาได้รับ ความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ จากการฝึกปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวัน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในประกอบอาชีพในอนาคตได้ โดยแสดงดังรายละเอียด ต่อไปนี้

3.1 ความรู้และทักษะใหม่ที่ได้

1. ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น
2. ทักษะการสื่อสาร การประสานงานกับผู้อื่นในสายงานต่างๆ
3. ทักษะการใช้เครื่องมือช่าง ทักษะการใช้อุปกรณ์ในการตรวจวัด และติดตั้ง
4. ได้เรียนรู้การกระบวนการทำงาน การวางแผนการทำงานก่อนลงมือปฏิบัติงาน
5. ได้เรียนรู้ระบบการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ทั้งการติดตั้ง และการซ่อมบำรุงรักษา
6. ได้เรียนรู้การใช้ชีวิตในวัยทำงาน การวางตัวในสังคม และการรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น

3.2 การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและอนาคต

1. นำความมีระเบียบวินัย ความตรงต่อเวลา และความอดทนมาปรับใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน และการปฏิบัติงานจริงในอนาคต
2. นำการทำงานเป็นระบบแบบแผน มาปรับใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวันเพื่อลดขั้นตอนและ ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน
3. นำความรู้ความเข้าใจที่ได้จากการปฏิบัติงานมาปรับใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต
4. นำทักษะการสื่อสาร การวางตัวในการปฏิบัติงานมาปรับใช้การปฏิบัติงานจริง

3.3 ข้อเสนอแนะสำหรับนักศึกษารุ่นต่อไป

1. ควรเลือกสถานประกอบการให้ตรงตามความสนใจของตนเอง
2. ควรศึกษาข้อมูลของสถานประกอบการก่อนออกปฏิบัติสหกิจศึกษา
3. มีความรับผิดชอบ ตรงต่อเวลา มีมนุษย์สัมพันธ์ที่ดีรู้จักปรับตัว และวางตัวให้เข้ากับผู้อื่น
4. หากเกิดข้อสงสัยไม่เข้าใจขณะปฏิบัติงานควรสอบถามพนักงานที่ปรึกษาเพื่อให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น
5. ควรศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า
6. ควรมีความรู้พื้นฐานหรือทักษะเกี่ยวกับการอ่านแบบไฟฟ้า และแบบก่อสร้าง

เอกสารอ้างอิง

[1] นครินทร์ รินพล. (2016). *คู่มือการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 15. [สำนักพิมพ์ไม่ปรากฏ].

[2] นครินทร์ รินพล. (2016). *คู่มือการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขั้นประยุกต์*. พิมพ์ครั้งที่ 3. [สำนักพิมพ์ไม่ปรากฏ].

[3] ThermoWorks. (n.d.). *Emissivity table*. ThermoWorks. สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2024, เข้าถึงได้จาก https://www.thermoworks.com/emissivity-table

[4] สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. (2013). *มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย.

[5] Würfel, P., & Würfel, U. (2019). *Physics of solar cells: From basic principles to advanced concepts*. Weinheim: Wiley-VCH.

[6] ฝ่ายวิจัยและนวัตกรรมระบบไฟฟ้า. (2025). *รายชื่อผลิตภัณฑ์อุปกรณ์ควบคุมการจ่ายไฟย้อนเข้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้า ที่ผ่านการตรวจสอบจากการไฟฟ้านครหลวง*. การไฟฟ้านครหลวง

[7] การไฟฟ้านครหลวง. (n.d.). *รายการเอกสารประกอบการพิจารณาการขนานไฟฟ้า*. สืบค้นเมื่อ 30 มกราคม 2025, เข้าถึงได้จาก https://www.mea.or.th/other-services/

[8] คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. (n.d.). *กระบวนการขออนุญาตตามมาตรา 21 แห่งพระราชบัญญัติ ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522*. สืบค้นเมื่อ 30 มกราคม 2025, เข้าถึงได้จาก https://www.erc.or.th/th/request-permission/

[9] คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. (n.d.). *กระบวนการจดแจ้งยกเว้นฯ ที่เชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า (กำลังผลิตติดตั้งต่ำกว่า200 kVA)* . สืบค้นเมื่อ 30 มกราคม 2025, เข้าถึงได้จาก https://www.erc.or.th/th/all-exception/

[10] Baker, J. N., & Collinson, A. (2019). *Electrical energy storage at the turn of the millennium. Power Engineering Journal*, 13(3), 107–112.

[11] การไฟฟ้านครหลวง. (2024). *อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่พักอาศัย*. สืบค้นเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2025, เข้าถึงได้จาก https://www.mea.or.th/our-services/tariff-calculation/

[12] World Bank Group & SolarGIS. (2024). *Global solar atlas.* สืบค้นเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2025, เข้าถึงได้จาก https://globalsolaratlas.info/

[13] การไฟฟ้านครหลวง. (2024). *รายละเอียดการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า*. สืบค้นเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2025, เข้าถึงได้จาก https://www.mea.or.th/other-services/electricity-producers/generator-paralleling/Jh40vVljX

[14] Huawei. (2024). *SmartPVMS 24.7.0 Northbound API Reference*. สืบค้นเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2025, เข้าถึงได้จาก https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1100427895

[15] SolarEdge. (2022). *SolarEdge monitoring server api*. สืบค้นเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2025, เข้าถึงได้จาก https://knowledge-center.solaredge.com/sites/kc/files/se_monitoring_api.pdf

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ประมวลภาพสหกิจศึกษา

ประมวลภาพสหกิจศึกษา

จากการฝึกสหกิจศึกษา ณ บริษัท ครีเอทีฟ โซลูชั่น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด ตั้งแต่วันที่ 18 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 จนถึงวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2568 มีภาพประกอบดังรายละเอียดต่อไปนี้

สำรวจอุปกรณ์ทางไฟฟ้าของตู้จ่ายไฟหลักของอาคาร

สำรวจค่าทางไฟฟ้าของตู้ไฟฟ้าส่วนรวม

ตรวจสอบความถูกต้องในการติดตั้งของระบบ Mounting

ตรวจสอบค่าความร้อนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และตู้ควบคุมไฟฟ้า

ตรวจสอบค่าความร้อนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ตรวจสอบค่าความร้อนของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

ตรวจสอบค่าความร้อนของตู้ควบคุมไฟฟ้า

ตรวจสอบค่าความร้อนของ Circuit breaker

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างเอกสารขอใบอนุญาต

แบบ อ.๑

<u>ใบอนุญาตก่อสร้างอาคาร ดัดแปลงอาคาร หรือรื้อถอนอาคาร</u>

เลขที่...../.....

อนุญาตให้..... เจ้าของอาคาร

อยู่บ้านเลขที่.....ตรอก/ซอย..... ถนน.....หมู่ที่ .....

ตำบล/แขวง..... อำเภอ/เขต ..... จังหวัด .....

ข้อ ๑ ทำการ.....

ที่บ้านเลขที่.....ตรอก/ซอย..... ถนน.....หมู่ที่ .....

ตำบล/แขวง..... อำเภอ/เขต ..... จังหวัด .....

ในที่ดินโฉนดที่ดิน เลขที่/น.ส. ๓ เลขที่/ส.ค.๑ เลขที่.....เป็นที่ดินของ.....

ข้อ ๒ เป็นอาคาร

(๑) ชนิด..... จำนวน..... เพื่อใช้เป็น.....

พื้นที่/ความยาว..... ตารางเมตร ที่จอดรถ ที่กลับรถ และทางเข้าออกของรถ จำนวน..... คัน

พื้นที่..... ตารางเมตร

(๒) ชนิด..... จำนวน..... เพื่อใช้เป็น.....

พื้นที่/ความยาว..... ตารางเมตร ที่จอดรถ ที่กลับรถ และทางเข้าออกของรถ จำนวน..... คัน

พื้นที่..... ตารางเมตร

(๓) ชนิด..... จำนวน..... เพื่อใช้เป็น.....

พื้นที่/ความยาว..... ตารางเมตร ที่จอดรถ ที่กลับรถ และทางเข้าออกของรถ จำนวน..... คัน

พื้นที่..... ตารางเมตร

ตามแผนผังบริเวณ แบบแปลน รายการประกอบแบบแปลน และรายการคำนวณเลขที่...../.....

ที่แนบท้ายใบอนุญาตนี้

ข้อ ๓ โดยมี..... เป็นผู้ควบคุมงาน

ข้อ ๔ ผู้ได้รับใบอนุญาตต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

(๑) ผู้ได้รับใบอนุญาตต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขตามที่กำหนดในกฎกระทรวง และหรือข้อบัญญัติท้องถิ่น ซึ่งออกตามความในมาตรา ๘ (๑๑) มาตรา ๙ หรือมาตรา ๑๐ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.๒๕๒๒

ตัวอย่างใบขออนุญาตดัดแปลงอาคาร

ที่ สกพ [redacted]

สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน
ประจำเขต ๑๓ (กรุงเทพมหานคร)
๑๘/๒๓ หมู่ที่ ๑๐ ตำบลตลาดขวัญ
อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี ๑๑๐๐๐

[redacted]

เรื่อง รับแจ้งการประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาต

เรียน [redacted]

อ้างถึง แบบแจ้งเลขที่ สกพ [redacted]

ตามแบบแจ้งที่อ้างถึง [redacted] แจ้งประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาอาคาร ตั้งอยู่ ณ เลขที่ [redacted] เพื่อให้สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน ประจำเขต ๑๓ (กรุงเทพมหานคร) (สำนักงาน กกพ. ประจำเขต ๑๓) ดำเนินการตามประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน เรื่อง การกำหนดให้กิจการพลังงานที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตเป็นกิจการที่ต้องแจ้ง พ.ศ. ๒๕๕๑ ความละเอียดแจ้งแล้ว นั้น

ในการนี้ สำนักงาน กกพ. ประจำเขต ๑๓ ได้รับแจ้งการประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาต ประเภทกิจการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาอาคารของ [redacted] ขนาดกำลังการผลิตติดตั้งอินเวอร์เตอร์รวม [redacted] kVA และขนาดกำลังการผลิตติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์รวม [redacted] kW_p วัตถุประสงค์เพื่อใช้เองภายในอาคารหรือโรงงานซึ่งเป็นอุตสาหกรรมของตนเองหรือธุรกิจต่อเนื่อง และได้บันทึกข้อมูลรายละเอียดการประกอบกิจการลงบนฐานข้อมูลเพื่อประโยชน์ทางสถิติในการกำกับดูแลเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงได้ให้หนังสือฉบับนี้ไว้เพื่อเป็นหลักฐาน

อนึ่ง หากมีการเปลี่ยนแปลงรายการข้อมูลอย่างใดอย่างหนึ่ง ขอความกรุณาแจ้งให้สำนักงาน กกพ. ทราบภายใน ๗ วัน นับแต่วันที่ได้ทำการเปลี่ยนแปลงรายการดังกล่าว เพื่อดำเนินการแก้ไขปรับปรุงหลักฐานการแจ้งให้ถูกต้องเป็นปัจจุบันต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ตัวอย่างใบรับแจ้งประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าที่ได้รับยกเว้นไม่ต้องขออนุญาต

สิ่งแนบที่ 2

แบบคำขอเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง

ส่วนที่1 รายละเอียดของผู้ขอใช้บริการ

ชื่อบริษัท .....

ที่อยู่ .....

.....

โทรศัพท์ ..... โทรสาร .....

ที่ตั้งโครงการ .....

.....

โทรศัพท์ ..... โทรสาร .....

ประเภทกิจการ .....

วัตถุประสงค์ในการเชื่อมต่อกับ
ระบบโครงข่ายไฟฟ้า .....

ส่วนที่ 2 รายละเอียดทางเทคนิค

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการเชื่อมโยงกับระบบของ กฟน. ..... กิโลโวลต์

ขนาด/แรงดัน/vector group ของหม้อแปลงไฟฟ้า .....

ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า .....

จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของโครงการ ..... เครื่อง กำลังการผลิตไฟฟ้ารวม ..... กิโลวัตต์

ชนิด Inverter

ยี่ห้อ_____รุ่น_____จำนวน_____เครื่อง

พิกัดกำลังไฟฟ้า_____กิโลวัตต์ต่อเครื่อง พิกัดแรงดันด้าน AC _____โวลต์

เฟส (เฟสเดียว หรือ 3 เฟส) _____ Firmware Version_____

มีคุณสมบัติเฉพาะทางไฟฟ้า (Electrical specification) เป็นไปตามข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง

กรณีมี Inverter มากกว่า 1 รุ่น ให้แนบรายละเอียดเพิ่มเติมให้ครบ

ตัวอย่างใบขออนุญาตขนานไฟฟ้ากับการไฟฟ้านครหลวง

ส่วนที่ 3 ข้อมูลโหลดของโครงการ

กำลังไฟฟ้าที่รับจาก กฟน. สูงสุด ..... กิโลวัตต์ ต่ำสุด ..... กิโลวัตต์

กำลังไฟฟ้ารวมที่ติดตั้ง สูงสุด ..... กิโลโวลต์แอมป์

ส่วนที่ 4 รายชื่อผู้ติดต่อประสานงาน

ชื่อ-นามสกุล ..... ตำแหน่ง .....

โทรศัพท์ ..... โทรสาร .....

e-mail address .....

ส่วนที่ 5 เอกสารประกอบการพิจารณาเพิ่มเติม* (ลงนามและประทับตราของบริษัททุกหน้า)

1. แผนผังแสดงที่ตั้งของโรงงานหรือแผนที่ของระบบไฟฟ้า
2. แบบระบบไฟฟ้า (single line diagram) และระบบป้องกัน (metering and relaying diagram) พร้อมวิศวกรรับรองแบบ และสำเนาใบประจำตัวผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรที่ยังไม่หมดอายุ
3. ฟังก์ชั่นการทำงานของระบบป้องกัน
4. รายละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พร้อมข้อกำหนดทางเทคนิค (specification) เช่น ค่า Xd, Xq, Ro, Xo, R2, X2, Xd", Xq", Xd', Xq', Td", Tq", Td', Tq', P-Q curve (เฉพาะผู้ขอใช้บริการที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)
5. รายละเอียดทางเทคนิค (specification) ของระบบไฟฟ้าและ/หรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า เช่น หม้อแปลง (transformer), เซอร์กิตเบรกเกอร์ (circuit breaker), CT, PT, รีเลย์ (relays), เครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า (power quality meter) และแบบระบบ teleprotection สำหรับการเชื่อมต่อระบบ 115 kV

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อมูลในการขอเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง ดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงและจะปฏิบัติตามข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง

ลงชื่อ .....

(_____)

ตำแหน่ง .....

วันที่ .....

หมายเหตุ: * เอกสารประกอบการพิจารณาเพิ่มเติม ประกอบด้วย ต้นฉบับและสำเนา ดังนี้

เชื่อมต่อ ณ ระดับแรงดัน	ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง	จำนวนต้นฉบับและสำเนารวม (ชุด)
230/400 V	ทุกขนาด	3
12/24 kV และ 69/115 kV	ต่ำกว่า 1MW	6
	ตั้งแต่ 1 MW	8

ตัวอย่างใบขออนุญาตขนานไฟฟ้ากับการไฟฟ้านครหลวง (ต่อ)

ภาคผนวก ค
ส่วนประสานผู้ใช้ของระบบรายงานผลตลิตไฟฟ้า

หน้าล็อคอินเข้าสู่ระบบ

หน้าแรกเมื่อทำการล็อคอิน

หน้าเลือกไซต์งานที่ต้องการทำรายงาน

Date	Consumption (kWh)	Import from grid (kWh)	Self consumption (kWh)	Performance Ratio	Saving
2025-02-01	8,742.34	5,122.05	3,620.29	85.82%	41.41%
2025-02-02	857.89	554.24	303.65	7.11%	35.40%
2025-02-03	9,572.89	5,834.37	3,738.52	88.79%	39.05%
2025-02-04	8,052.65	5,013.38	3,039.27	81.91%	37.74%
2025-02-05	8,987.27	5,573.50	3,413.77	88.28%	37.98%
2025-02-06	9,905.05	6,288.26	3,616.78	89.72%	36.51%
2025-02-07	10,756.96	7,161.60	3,595.36	88.68%	33.42%
2025-02-08	7,437.88	3,811.97	3,625.91	88.24%	48.75%
2025-02-09	1,473.46	926.21	547.25	12.88%	37.14%
2025-02-10	9,668.13	5,761.92	3,906.21	87.42%	40.40%

หน้าเลือกไซต์งานที่ต้องการทำรายงาน

Montly Energy Report

Plant name : [redacted]
Location : ท่า
Peak Power : 781.2 kWp
Energy report in : February 2025

Date	Consumption (kWh)	Import from grid (kWh)	Self consumption (kWh)	Performance Ratio	Saving
2025-02-01	8,742.34	5,122.05	3,620.29	85.82%	41.41%
2025-02-02	857.89	554.24	303.65	7.11%	35.40%
2025-02-03	9,572.89	5,834.37	3,738.52	88.79%	39.05%
2025-02-04	8,052.65	5,013.38	3,039.27	81.91%	37.74%
2025-02-05	8,987.27	5,573.50	3,413.77	88.28%	37.98%
2025-02-06	9,905.05	6,288.26	3,616.78	89.72%	36.51%
2025-02-07	10,756.96	7,161.60	3,595.36	88.68%	33.42%
2025-02-08	7,437.88	3,811.97	3,625.91	88.24%	48.75%
2025-02-09	1,473.46	926.21	547.25	12.88%	37.14%
2025-02-10	9,668.13	5,761.92	3,906.21	87.42%	40.40%
2025-02-11	9,911.87	6,150.40	3,761.47	84.92%	37.95%
2025-02-12	9,823.64	6,493.70	3,329.94	87.35%	33.90%
2025-02-13	10,774.62	7,033.73	3,740.89	87.54%	34.72%
2025-02-14	9,047.94	5,436.16	3,611.78	88.40%	39.92%
2025-02-15	5,563.60	2,374.53	3,189.07	77.46%	57.32%
2025-02-16	1,591.42	970.88	620.54	14.50%	38.99%
2025-02-17	11,301.08	7,981.95	3,319.13	86.18%	29.37%
2025-02-18	11,186.92	8,043.90	3,143.02	87.27%	28.10%
2025-02-19	11,420.70	8,375.17	3,045.53	85.31%	26.67%
2025-02-20	11,165.27	8,148.86	3,016.41	85.05%	27.02%
2025-02-21	10,504.10	8,119.68	2,384.42	83.17%	22.70%
2025-02-22	7,809.60	4,571.39	3,238.21	85.82%	41.46%
2025-02-23	1,037.58	676.35	361.22	9.57%	34.81%
2025-02-24	10,416.35	8,858.88	1,557.47	79.43%	14.95%
2025-02-25	10,905.05	8,964.48	1,940.57	79.11%	17.80%
2025-02-26	12,364.57	8,948.10	3,416.47	80.39%	27.63%
2025-02-27	12,333.42	8,416.38	3,917.04	82.74%	31.76%
2025-02-28	12,068.16	8,032.64	4,035.51	84.41%	33.44%
Total	244,680.42	163,644.68	81,035.74	-	33.12%
Average	8,738.59	5,844.45	2,894.13	74.55%	33.12%

Montly Energy Report

Plant name : [redacted]
Location : ท่า
Peak Power : 781.2 kWp
Energy report in : February 2025

สรุปรายละเอียดประจำเดือน กุมภาพันธ์ 2025

ปริมาณการผลิตไฟฟ้าประจำเดือนกุมภาพันธ์ 2025 จากระบบ Solar Edge มีการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 244,680.42 kWh โดยแหล่งที่มาพลังงานประกอบด้วย

1) การไฟฟ้า 163,644.68 kWh
2) ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 81,035.74 kWh

จากรายละเอียดข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าในเดือนกุมภาพันธ์ 2025 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานได้ 81,035.74 kWh หรือคิดเป็นร้อยละ 33.12 ของการใช้พลังงานทั้งหมด

ตัวอย่างรายงานการผลิตไฟฟ้าประจำเดือน