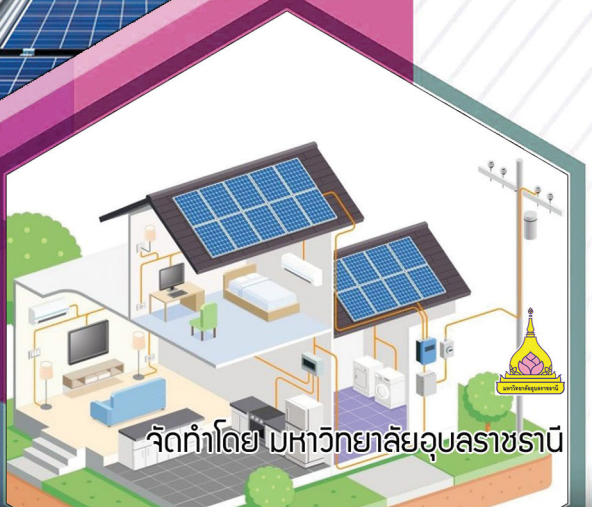
กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

คู่มือ สร้างความรู้ เสริมทักษะโซลาร์รูฟ

โครงการสร้างความรู้ เสริมทักษะโซลาร์รูฟ



จัดทำโดย มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ลิขสิทธิ์ของ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

พิมพ์ครั้งที่ 1 เดือน กันยายน 2566

จำนวน 500 เล่ม

รายนามคณะผู้จัดทำ

ที่ปรึกษา

1. นายประเสริฐ สินสุขประเสริฐ	อธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
2. นายสุรีย์ จรูญศักดิ์	รองอธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
3. นายโสภณ มณีโชติ	รองอธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
4. นายชำนาญ กายประสิทธิ์	รองอธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

คณะผู้จัดทำ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน)

1. นายวัชรินทร์ บุญฤทธิ์	ผู้อำนวยการกองพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์
2. นางสาวจารุวรรณ พิพัฒน์พุทธพันธ์	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
3. นางสาวเพ็ญทิพย์ ทองธรรมชาติ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
4. นายวัชรินทร์ พาจิตต์เย็น	วิศวกรชำนาญการ
5. นายอากร สร้อยแก้ว	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ
6. นายนราธิป รุจนพันธ์	วิศวกรปฏิบัติการ

คณะผู้จัดทำ (มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี)

1. ศาสตราจารย์ ดร.กุลเชษฐ์ เพียรทอง	ผู้จัดการโครงการ
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ธนรัฐ ศรีวีระกุล	ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานแสงอาทิตย์
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประชาสันติ ไตรยสุทธิ์	วิศวกรเครื่องกล
4. ดร.ประชา คำภักดี	วิศวกรไฟฟ้า/อิเล็กทรอนิกส์
5. นายเพลิน วิชัยวงศ์	นักประชาสัมพันธ์
6. นางทิพย์วรรณ เวฬุวนาธร	นักประชาสัมพันธ์
7. นายเทอดภูมิ ทองอินทร์	เจ้าหน้าที่ฝ่ายศิลป์
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิระพันธ์ สีหานาม	เจ้าหน้าที่ดำเนินการจัดอบรม
9. นายอิทธิพล กุลวงศ์	เจ้าหน้าที่ดำเนินการจัดอบรม
10. นายพรพิทักษ์ ถมปัด	เจ้าหน้าที่ดำเนินการจัดอบรม
11. นายธนกฤต นนท์ชนะ	เจ้าหน้าที่ดำเนินการจัดอบรม
12. นางสาวอรพรรณ กาญจนเสน	เจ้าหน้าที่ประสานงาน

คำนำ

คู่มือฝึกอบรมเล่มนี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นเอกสารประกอบการฝึกอบรมภายใต้ **“โครงการสร้างความรู้ เสริมทักษะโซลาร์รูฟ”** ของกองพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน งบประมาณสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์ โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 7 บท ดังนี้ บทที่ 1 บทนำ ประกอบด้วยแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561-2580 (AEDP2018) ของประเทศไทย ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย สถานะการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ของประเทศไทย บทที่ 2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ บทที่ 3 หลักการทำงาน รูปแบบระบบ อุปกรณ์ และส่วนประกอบของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ บทที่ 4 แนวทางการคำนวณขนาดกำลังการติดตั้งและเลือกขนาดอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ บทที่ 5 การติดตั้งและการซ่อมแซมบำรุงรักษาเบื้องต้นระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ บทที่ 6 ความคุ้มค่าการลงทุน เศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และบทที่ 7 แนวทางการขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้าและโครงการสนับสนุนที่เกี่ยวข้อง

ทางคณะผู้จัดทำ หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือประกอบการฝึกอบรมเล่มนี้ จะช่วยให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมและหน่วยงานเป้าหมาย (หน่วยงานทางการศึกษาและหน่วยงานด้านสาธารณสุข) มีความรู้ ความเข้าใจต่อการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบของโซลาร์รูฟเป็นอย่างดี และสามารถนำความรู้ที่ได้นี้ ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพต่อไป

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ **1**

1.1 แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561-2580 (AEDP2018) ของประเทศไทย 1

1.2 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย 22

1.3 สถานะการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ของประเทศไทย 30

1.4 ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย (On-grid) 35

1.5 ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Off-grid) 45

1.6 สถิติพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย 49

1.7 มาตรการส่งเสริมและการสนับสนุนที่ผ่านมา 51

บทที่ 2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ **69**

2.1 ดวงอาทิตย์ 69

2.2 อิทธิพลของดวงอาทิตย์ที่มีต่อสภาพภูมิอากาศ 70

2.3 พลังงานแสงอาทิตย์ 72

2.4 การนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ประโยชน์ 78

บทที่ 3 หลักการทำงาน รูปแบบระบบ อุปกรณ์และส่วนประกอบ ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ **87**

3.1 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ 87

3.2 ประสิทธิภาพและผลกระทบการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ 90

3.3 ประเภทเซลล์แสงอาทิตย์ 93

3.4 อุปกรณ์หลักในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 108

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5 มาตรฐานของอุปกรณ์และส่วนประกอบต่าง ๆ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 140

3.6 ข้อกำหนดและระเบียบของการไฟฟ้า 141

3.7 มาตรฐานและความน่าเชื่อถือสำหรับแผงโซลาร์เซลล์ 145

บทที่ 4 แนวทางการคำนวณขนาดกำลังการติดตั้งและเลือกขนาดอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ 151

4.1 การเลือกขนาดและชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 151

4.2 การระบุขนาดชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 158

4.3 การเลือกขนาดของเครื่องควบคุมการประจุ 161

4.4 การเลือกขนาดของแบตเตอรี่ 163

4.5 การเลือกขนาดของอุปกรณ์แปลงผันไฟฟ้า 168

4.6 การเลือกขนาดของสายไฟ และชุดเบรกเกอร์ 171

4.7 ตัวอย่างการออกแบบระบบ 173

บทที่ 5 การติดตั้งและการซ่อมแซมบำรุงรักษาเบื้องต้นระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 181

5.1 ลักษณะระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 181

5.2 ทิศทางการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 184

5.3 โครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 185

5.4 แนวทางการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 188

5.5 ขั้นตอนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 191

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.6 การซ่อมแซมบำรุงรักษาเบื้องต้น 201

5.7 กรณีศึกษา 206

5.8 แนวทางการปฏิบัติกรณีเกิดเพลิงไหม้ในอาคารที่ติดตั้งโซลาร์เซลล์ ประเภทของไฟและเครื่องดับเพลิง 212

บทที่ 6 ความคุ้มค่าการลงทุน เศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ 219

6.1 ปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการวิเคราะห์ความเหมาะสมการลงทุนที่ถูกต้อง 219

6.2 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ 220

6.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน 228

6.4 ตัวอย่างการวิเคราะห์การลงทุนในโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ 239

บทที่ 7 แนวทางการขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้าและโครงการสนับสนุนที่เกี่ยวข้อง 243

7.1 กิจการไฟฟ้าที่ต้องขอรับใบอนุญาประกอบกิจการไฟฟ้าและที่ได้รับการยกเว้น 243

7.2 ขั้นตอนการยื่นคำขอและการอนุญาตการประกอบกิจการไฟฟ้า 259

7.3 โครงการสนับสนุนที่เกี่ยวข้อง 276

เอกสารอ้างอิง 279

บทที่ 1
บทนำ

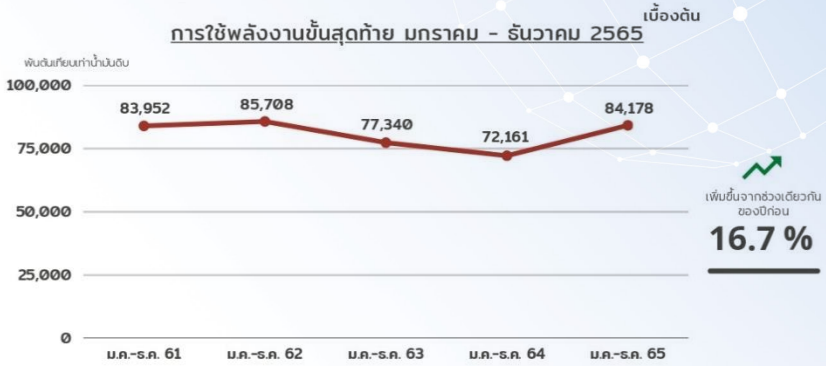
พลังงานแสงอาทิตย์ ถือเป็นหนึ่งในพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพมากที่สุดของประเทศไทย เพื่อแสดงให้เห็นถึงทิศทางและความสำคัญของพลังงานแสงอาทิตย์ในบทบาทของการสนับสนุนการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศ บทนี้ จะกล่าวถึงเนื้อหาหลัก ๆ 7 ส่วนที่มีความเชื่อมโยงกับความสำคัญของพลังงานแสงอาทิตย์ คือ สรุปสาระสำคัญของแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561-2580 (AEDP2018) ของประเทศไทย ศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศ สถานะการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ของประเทศไทย ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย (On-grid) ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Off-grid) สถิติพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย มาตรการส่งเสริมและการสนับสนุน

1.1 แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561-2580 (AEDP2018) ของประเทศไทย [1]

1.1.1 ความสำคัญ

การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร เป็นปัจจัยสำคัญที่กระตุ้นให้เกิดการใช้พลังงานมากขึ้น เพื่อขับเคลื่อนกิจกรรมทางเศรษฐกิจและตอบสนองความต้องการต่าง ๆ เพื่อยกระดับมาตรฐานความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นของประชาชน การจัดหาพลังงานให้เพียงพอกับความต้องการที่เพิ่มขึ้นและเป็นพลังงานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เป็นพันธกิจสำคัญที่อยู่ในความรับผิดชอบของกระทรวงพลังงาน พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกเป็นส่วนหนึ่งของการเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานจากการใช้แหล่งวัตถุดิบพลังงานในประเทศเพื่อลดการนำเข้าและการพึ่งพาพลังงานจากปิโตรเลียม อันเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่ผ่านมา

ประเทศไทยมีนโยบายสนับสนุนการผลิต การใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ในรูปของพลังงานไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพมาอย่างต่อเนื่อง จึงมีสัดส่วนการใช้พลังงานดังกล่าวเพิ่มขึ้นทุกปี ประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในช่วงเดือนมกราคมถึงธันวาคม 2565 มีปริมาณ 84,178 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นร้อยละ 16.7 จากช่วงเดียวกันของปีก่อน โดยคิดเป็นมูลค่าการใช้พลังงานรวมกว่า 2,089,316 ล้านบาท ดังรูปที่ 1.1

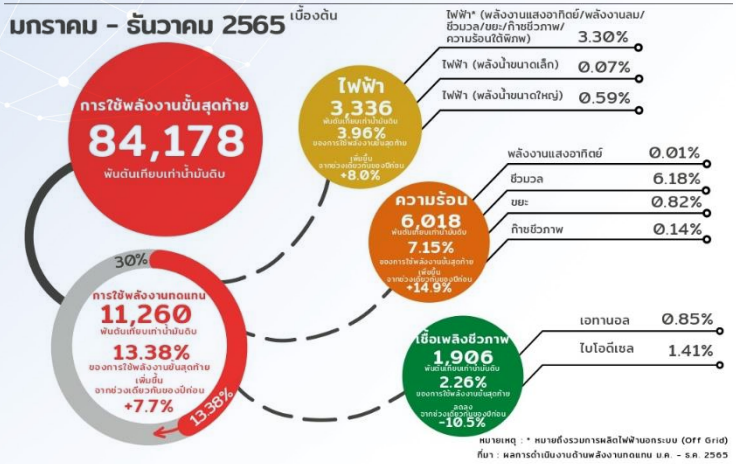


รูปที่ 1.1 การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย มกราคม - ธันวาคม ปี 2561 - 2565

โดยในช่วงมกราคมถึงธันวาคม 2565 ประเทศไทยมีการนำเข้าพลังงาน คิดเป็นมูลค่ากว่า 1,884,974 ล้านบาท พบว่ามีการนำเข้าน้ำมันดิบมากที่สุด คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 66.7 ของมูลค่าการนำเข้าพลังงานทั้งหมด และมีการส่งออกพลังงาน คิดเป็นมูลค่ากว่า 272,983 ล้านบาท พบว่ามีการส่งออกน้ำมันสำเร็จรูปมากที่สุด คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 93.2 ของมูลค่าการส่งออกพลังงานทั้งหมด

ประเทศไทยมีเป้าหมายในการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ที่ร้อยละ 30 ภายในปี พ.ศ. 2580 (AEDP2018) โดยในช่วงเดือนมกราคมถึงธันวาคม ปี 2565 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย

84,178 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ โดยพบว่ามีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจากพลังงานทดแทนปริมาณ 11,260 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนร้อยละ 13.38 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย โดยมีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.7 จากช่วงเดียวกันของปีก่อน จากผลการดำเนินงานด้านพลังงานทดแทน พบว่ามีการใช้พลังงานทดแทนในการผลิตไฟฟ้าปริมาณ 3,336 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ การใช้พลังงานความร้อนจากพลังงานทดแทนปริมาณ 6,018 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพจากพลังงานทดแทนปริมาณ 1,906 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 สถานการณ์ด้านพลังงานทดแทน มกราคม - ธันวาคม 2565

สถานการณ์การอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทยในไตรมาสที่ 1-4/2565 พบว่ามีการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย 84,178 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ขณะที่ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product : GDP) มีมูลค่า 10,680,306 ล้านบาท ส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy Intensity : EI) มีค่าอยู่ที่ 7.88 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบต่อพันล้านบาท

ด้านผลการประหยัดพลังงาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 - 2565 พบว่า ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานปี 2565 อยู่ที่ 7.88 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ/พันล้านบาท ซึ่งลดลงร้อยละ 7.73 เมื่อเทียบกับปีฐาน พ.ศ. 2553 คิดเป็นผลการประหยัดพลังงาน 7,032 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ดังรูปที่ 1.3

รูปที่ 1.3 สถานการณ์การอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทยในไตรมาสที่ 1-4/2565

สถานการณ์สัดส่วนการใช้พลังงานทดแทน มกราคม - ธันวาคม 2565

- สัดส่วนกำลังการผลิตติดตั้งไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน 12,658.91 เมกะวัตต์ กำลังการผลิตติดตั้งไฟฟ้า (รวม) 57,379.64 เมกะวัตต์ (22.06%)

- สัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนในการผลิตไฟฟ้าต่อการใช้ไฟฟ้ารวม การใช้พลังงานทดแทนในการผลิตไฟฟ้า 3,336.22 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ การใช้ไฟฟ้า (รวม) 17,755.00 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (18.79%)

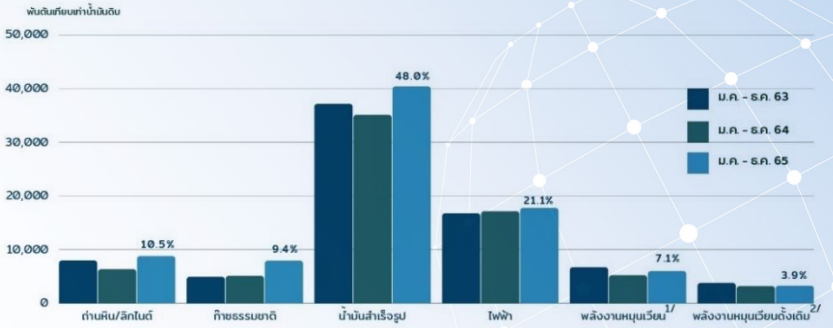
- สัดส่วนการใช้พลังงานความร้อนจากพลังงานทดแทน 6,018.02 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ การใช้พลังงานความร้อน (รวม) 34,008.95 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (17.70%)

- สัดส่วนการใช้พลังงานความร้อนจากพลังงานทดแทน (ภาคอุตสาหกรรม) 6,018.02 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ การใช้พลังงานความร้อนในภาคอุตสาหกรรมการผลิต 32,704.00 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (18.40%)

- สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ 1,906.11 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในภาคขนส่ง (รวม) 32,414.00 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (5.88%)

- สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ (เบนซินและดีเซล) 1,906.11 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ การใช้น้ำมันเบนซินและดีเซลในภาคขนส่ง 26,335.00 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (7.24%)

การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายมีปริมาณ 84,178 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ มีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.7 จากช่วงเดียวกันของปีก่อน โดยมีการใช้พลังงานเชิงพานิชย์ 74,884 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 89.0 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย มีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 17.5 ประกอบด้วย ถ่านหิน/ลิกไนต์ 8,800 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 10.5 มีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 38.2 ก๊าซธรรมชาติ 7,948 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 9.4 มีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 54.8 น้ำมันสำเร็จรูปมีปริมาณการใช้พลังงานมากที่สุด 40,381 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 48.0 มีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.1 ไฟฟ้า 17,755 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 21.1 มีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.7 มีการใช้พลังงานหมุนเวียน 6,018 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 7.1 มีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 14.9 และมีการใช้พลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม 3,276 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 3.9 มีอัตรา เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.1 ดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย จำแนกตามชนิดพลังงาน มกราคม - ธันวาคม ปี 2563 - 2565

การเปลี่ยนผ่านสู่ยุคดิจิทัล การขับเคลื่อนนโยบายไทยแลนด์ 4.0 และแนวโน้มการเติบโตของเทคโนโลยียานยนต์ ทำให้พลังงานไฟฟ้า จะทวีความสำคัญมากยิ่งขึ้นในอนาคต และอาจส่งผลต่อการพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพในภาคขนส่ง รวมถึงเทคโนโลยีที่ทันสมัยและมีราคาถูกลง ทำให้เกิดการเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานที่มีแนวโน้มจะผันตัวไปสู่การเป็นผู้ผลิตพลังงานเพื่อใช้เองและซื้อขายกันเองมากยิ่งขึ้น จึงจำเป็นที่จะต้องทบทวนแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน พร้อมทั้งนำแนวโน้มทิศทางการใช้พลังงานในอนาคตมาร่วมพิจารณากำหนดเป้าหมายการพัฒนาที่เหมาะสมด้วย

1.1.2 นโยบายที่เกี่ยวข้อง

กระทรวงพลังงานได้ทบทวนแผนบูรณาการพลังงานแห่งชาติ ซึ่งประกอบด้วยแผนพลังงาน 5 แผน ได้แก่ (1) แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (2) แผนอนุรักษ์พลังงาน (3) แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (4) แผนการจัดหาก๊าซธรรมชาติของไทย และ (5) แผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง โดยพิจารณาทบทวนให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) และแผนการปฏิรูปประเทศด้านพลังงาน ที่มุ่งเน้นการสร้างสมดุลระหว่างการพัฒนา ความมั่นคง เศรษฐกิจ สังคม และ

สิ่งแวดล้อม ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยการมีส่วนร่วมของทุกฝ่ายทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาชน ซึ่งแผนพลังงานทั้ง 5 แผน มีความเชื่อมโยงและสอดคล้องซึ่งกันและกัน

การขับเคลื่อนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ขึ้นอยู่กับความพร้อมของการจัดหาวัตถุดิบเพื่อผลิตพลังงานและเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสม ที่ผู้ผลิตสามารถเข้าถึงและดำเนินธุรกิจตามระเบียบที่กำหนดได้ และมีความต้องการจากผู้ใช้ที่สามารถซื้อพลังงานทดแทนในราคาที่เหมาะสมเพื่อจูงใจให้เกิดการลงทุน ดังนั้น นโยบายและแผนงานของหน่วยงานต่างๆ จึงส่งผลต่อการวางแผนทั้งในการประเมินศักยภาพการจัดหาและการส่งเสริมการผลิตการใช้พลังงานประเภทต่าง ๆ ได้แก่

1. นโยบายและแผนงานที่มีผลกระทบต่อการจัดหาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก

- ยุทธศาสตร์มันสำปะหลัง พ.ศ. 2558–2569
- ยุทธศาสตร์อ้อยโรงงานและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2558–2569
- ยุทธศาสตร์การปฏิรูปปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มทั้งระบบ พ.ศ. 2560–2579
- ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง การจัดการขยะมูลฝอยของประเทศไทย พ.ศ. 2560
- กฎกระทรวงกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไข ในการขอและการพิจารณาให้ความยินยอมหรืออนุญาตให้ใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตปฏิรูปที่ดิน พ.ศ. 2560 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

2. นโยบายและแผนงานที่มีผลกระทบต่อการส่งเสริมการผลิตการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก

- นโยบายรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก
- แผนแม่บทการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579

- พระราชบัญญัติกองทุนน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. 2562
- ยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคมนาคมขนส่ง ระยะ 20 ปี (พ.ศ.2561–2580)
- นโยบายส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า

3. นโยบายและแผนงานที่มีผลกระทบต่อเป้าหมายของแผน
- ความสำเร็จของการดำเนินงานตามแผนอนุรักษ์พลังงาน
- ความสำเร็จของการดำเนินงานตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย
- ความสำเร็จของการดำเนินงานตามแผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง
- ความสำเร็จของการดำเนินงานตามแผนการจัดหาก๊าซธรรมชาติของประเทศไทย

1.1.3 กรอบแนวคิดการจัดทำแผน

แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ให้ความสำคัญในการส่งเสริมการผลิตพลังงานจากวัตถุดิบพลังงานทางเลือกที่มีอยู่ภายในประเทศ การพัฒนาศักยภาพการผลิตการใช้พลังงานทางเลือกด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่ดีและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในการปรับปรุงแผน AEDP2018 นั้น มีกรอบแนวคิดการจัดทำแผนดังนี้

1) กรอบระยะเวลาสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561–2580)

2) บูรณาการร่วมกับแผนของกระทรวงพลังงานประกอบด้วย แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย แผนอนุรักษ์พลังงาน แผนการจัดหาก๊าซธรรมชาติของไทยและแผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง

3) พิจารณาปัจจัยที่จะส่งผลต่อทิศทางการใช้พลังงานในอนาคต โดยปรับลดสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพที่มีแนวโน้มจะลดลงจากการพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าและโครงข่ายรถไฟฟ้า พร้อมทั้งปรับเพิ่มสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกให้มากขึ้นจากการขยายตัวของเศรษฐกิจฐานดิจิทัล

4) รักษาระดับเป้าหมายสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกทั้งในรูปของพลังงานไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพร้อยละ 30 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในปี พ.ศ. 2580

1.1.4 การพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงาน

การพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานของแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ได้นำค่าพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายตามแผนอนุรักษ์พลังงานที่พยากรณ์ภายใต้สมมติฐานประมาณการอัตราขยายตัวทางเศรษฐกิจระยะยาวตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 – 2580 ของสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ กรณีที่สามารถบรรลุเป้าหมายลดความเข้มการใช้พลังงานลงร้อยละ 30 ในปี 2580 เมื่อเทียบกับปี 2553 แล้ว มีผลคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ณ ปี 2580 อยู่ที่ระดับ 126,867 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ซึ่งจะใช้เป็นฐานในการตั้งเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก โดยพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของประเทศจากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย กรณีที่สามารถบรรลุเป้าหมายตามแผนอนุรักษ์พลังงานในปี 2580 จะมีค่า 250,204 ล้านหน่วยหรือเทียบเท่า 21,320 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ พยากรณ์ความต้องการใช้เชื้อเพลิงในภาคขนส่งจากแผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ไม่รวมการใช้ไฟฟ้าในภาคขนส่ง มีค่า 40,890 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ และค่าพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานความร้อน ในปี 2580 เท่ากับ 64,657 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ตามลำดับ

1.1.5 การประเมินศักยภาพและแนวทางการจัดหาเชื้อเพลิง

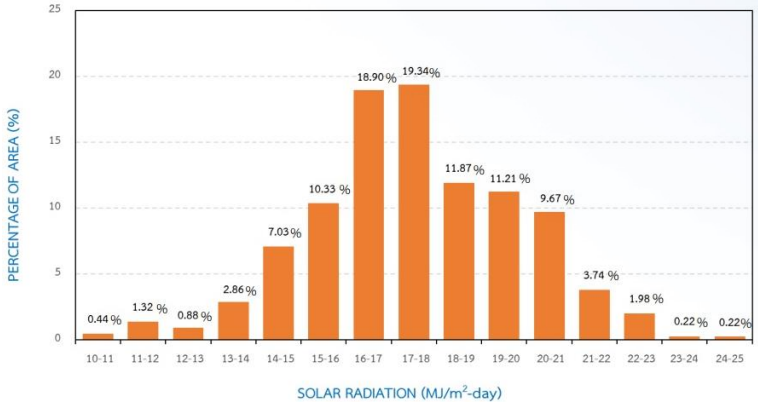
1.1.5.1 ศักยภาพพลังงานตามธรรมชาติ

พลังงานลม แสงอาทิตย์ และพลังน้ำ เป็นศักยภาพตามธรรมชาติที่ขึ้นกับลักษณะของภูมิประเทศและภูมิอากาศ การจะนำศักยภาพตามธรรมชาติเหล่านี้มาผลิตกระแสไฟฟ้าสู่ระบบสายส่งจำเป็นต้องพิจารณาจากความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐาน ได้แก่ ความสามารถของสายส่งในการรองรับไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน เป็นหลัก

ทั้งนี้ หากต้องการพัฒนาพลังงานเหล่านี้เพื่อนำมาผลิตพลังงานใช้เองนอกระบบสายส่งในพื้นที่ที่มีศักยภาพก็สามารถดำเนินการได้เช่นกัน ซึ่งจะเป็นการสนับสนุนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกที่สอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงพลังงานด้วย

1) พลังงานแสงอาทิตย์

ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ หมายถึง ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นที่นั้นๆ ในเวลาหนึ่งวัน โดยมีหน่วยเป็นเมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน (MJ/m²-day) กองพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้จัดทำข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ พพ. จัดเก็บทั่วประเทศ จำนวน 38 สถานี ย้อนหลัง 5 ปี จะใช้ข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ชนิดรังสีรวมในปี พ.ศ. 2559-2563 และเมื่อนำข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมดมาทำกราฟแจกแจงความถี่ในรูปแบบแผนภูมิแท่งจะเห็นว่าประเทศไทยมีค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีอยู่ในช่วง 17 - 18 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน (19.34%) รองลงมาได้แก่ 16 - 17 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน (18.90%) และ 18 - 19 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน (11.87%) ตามลำดับ ดังรูปที่ 1.5 และเมื่อนำค่าเฉลี่ยความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายปีระยะยาวของทุกสถานีมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายปีระยะยาวของประเทศไทย พบว่ามีค่าอยู่ที่ 17.6 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน



รูปที่ 1.5 ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ชนิดรังสีรวมในปี พ.ศ. 2559-2563

1.1.6 แนวทางการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก

1.1.6.1 การผลิตไฟฟ้า

1) การรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกตาม (PDP2018 Rev.1)

การพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกเข้าสู่ระบบสายส่งขึ้นอยู่กับความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานที่จะรองรับที่ต้องพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความต้องการใช้ไฟฟ้ารายสถานีไฟฟ้า ความสามารถของสายส่งในการรองรับไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานทดแทนรายสถานีไฟฟ้า และการจัดลำดับการรับซื้อไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนตามนโยบายรัฐบาล นโยบายสำคัญในการปรับเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนของแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561–2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 (PDP2018 Rev.1) คือ โครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานรากที่คำนึงถึงประโยชน์ที่ชุมชนจะได้รับทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม กำหนดเปิดรับซื้อไฟฟ้าระหว่างปี พ.ศ. 2563-2567 โดยมีเป้าหมายกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าชุมชนที่จะรับซื้อรวม 1,933 เมกะวัตต์ ประกอบไปด้วยโรงไฟฟ้าที่ผลิตด้วยเชื้อเพลิงชีวมวล 600 เมกะวัตต์ ก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย 183 เมกะวัตต์ ก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน 600 เมกะวัตต์ รวมทั้งพลังงานแสงอาทิตย์ ในรูปแบบผสมผสาน (Hybrid) กับชีวมวล และ/หรือ ก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย และ/หรือ ก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน 550 เมกะวัตต์ เป้าหมายกำลังการผลิตใหม่ของโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานรากตาม PDP2018 Rev.1 ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 เป้าหมายกำลังการผลิตใหม่ของโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานรากตาม PDP2018 Rev.1

ปี พ.ศ.	2563		2564		2565		2566		2567	
กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)	รายปี	สะสม	รายปี	สะสม	รายปี	สะสม	รายปี	สะสม	รายปี	สะสม
ชีวมวล	200	200	100	300	100	400	100	500	100	600
ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย)	100	100	50	150	33	183	-	183	-	183
ก๊าซชีวภาพ (พืชพลังงาน)	200	200	100	300	100	400	100	500	100	600
พลังงานแสงอาทิตย์ (Hybrid)	200	200	100	300	90	390	80	470	80	550
รวม	**700**	**700**	**350**	**1,050**	**323**	**1,373**	**280**	**1,653**	**280**	**1,933**

ภาพรวมแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561–2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 (PDP2018 Rev.1) ได้กำหนดเป้าหมายกำลังการผลิตใหม่ของโรงไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกที่รวมโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานรากแล้ว จำนวนทั้งสิ้น 18,696 เมกะวัตต์ จากเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ ดังข้อมูลในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 เป้าหมายกำลังการผลิตใหม่ของโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกที่จะรับซื้อไฟฟ้า ตาม PDP2018 Rev.1 ระหว่างปี พ.ศ. 2561–2580

พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก	กำลังผลิตตามสัญญา (เมกะวัตต์)
พลังงานแสงอาทิตย์	9,290
พลังงานแสงอาทิตย์ทุ่นลอยน้ำร่วมกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำ	2,725
ชีวมวล	3,380
โรงไฟฟ้าชีวมวลประชารัฐในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้	120
พลังงานลม	1,485
ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย/พืชพลังงาน)	1,183
ขยะชุมชน	400
ขยะอุตสาหกรรม	44
พลังน้ำขนาดเล็ก	69
รวม	**18,696**

Activate Win
Go to Settings to

ค่าเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561–2580 (AEDP2018) กำหนดเป็นกำลังการผลิตตามสัญญาของโรงไฟฟ้า (Contract capacity) ที่จะเกิดขึ้นใหม่ตาม PDP2018 Rev.1 รวมกับกำลังการผลิตตามสัญญาของโรงไฟฟ้าที่มีพันธะผูกพันกับภาครัฐแล้วในปัจจุบัน ได้แก่ โครงการที่จ่ายไฟฟ้าเข้าระบบไฟฟ้าแล้ว โครงการที่มีสัญญาซื้อขายไฟฟ้า และโครงการที่มีการตอบรับซื้อไฟฟ้าแล้ว ซึ่งจะทำให้สัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งประเทศ ณ ปี พ.ศ. 2580 เป็นร้อยละ 34.23 ซึ่งมากกว่าแผน AEDP2015 ที่กำหนดค่าเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเป็นกำลังการผลิตติดตั้ง (Installed capacity) ของโรงไฟฟ้า โดยมีสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งประเทศ ปี พ.ศ. 2579 เป็นร้อยละ 20.11 ดังข้อมูลในตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 เปรียบเทียบเป้าหมายกำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกแต่ละประเภทเชื้อเพลิงของแผน AEDP2015 และ AEDP2018

ประเภทเชื้อเพลิง	กำลังการผลิตติดตั้ง (เมกะวัตต์)			
	AEDP2015		AEDP2018	
	เป้า[1]	ผูกพันแล้ว[2]	PDP2018[3]	รวม (สะสม)[4]
1. พลังงานแสงอาทิตย์	6,000	2,849	9,290	12,139
2. พลังงานแสงอาทิตย์ลอยน้ำ	-	-	2,725	2,725
3. ชีวมวล	5,570	2,290	3,500	5,790
4. พลังงานลม	3,002	1,504	1,485	2,989
5. ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย/พืชพลังงาน)	1,280	382	1,183	1,565
6. ขยะชุมชน	500	500	400	900
7. ขยะอุตสาหกรรม	50	31	44	75
8. พลังน้ำขนาดเล็ก	376	239	69	308
9. พลังน้ำขนาดใหญ่	2,906	2,920	-	2,920
รวมกำลังผลิตติดตั้ง (เมกะวัตต์)	**19,684**	**10,715**	**18,696**	**29,411**
ผลิตไฟฟ้าได้ (ล้านหน่วย)	65,582	32,757	52,894	85,652
ความต้องการไฟฟ้า (ล้านหน่วย)	326,119	326,119	250,204	250,204
ไฟฟ้าพลังงานทดแทนต่อความต้องการไฟฟ้า (%)	**20.11**	**10.04**	**21.14**	**34.23**
ไฟฟ้าพลังงานทดแทนต่อพลังงานขั้นสุดท้าย (%)	**4.27**	**2.13**	**3.55**	**5.75**

1. เป้า AEDP2015 เป็นกำลังผลิตติดตั้ง (Installed capacity) นอกจากนั้นเป็นกำลังผลิตตามสัญญา (Contract capacity)

2. โครงการที่มีพันธะผูกพันกับภาครัฐ ได้แก่ โครงการที่จ่ายไฟฟ้าเข้าระบบไฟฟ้าแล้ว โครงการที่มีสัญญาซื้อขายไฟฟ้า และโครงการที่มีการตอบรับซื้อไฟฟ้าแล้ว

3. เป้าหมายกำลังการผลิตตามสัญญาของโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกที่จะรับซื้อไฟฟ้าตาม PDP2018 Rev.1 ระหว่างปี พ.ศ. 2561–2580 ตามตารางที่ 1.3

4. ผลรวมสะสม คือ กำลังการผลิตตามสัญญาของโครงการที่มีพันธะผูกกันกับภาครัฐแล้วรวมกับเป้าหมายกำลังการผลิตตามสัญญาของโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกที่จะรับซื้อไฟฟ้า ตาม PDP2018 Rev.1

2) การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกที่ไม่เชื่อมต่อระบบสายส่ง กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าเพื่อสร้างคุณภาพชีวิตที่ดีให้กับประชาชนในพื้นที่ที่ห่างไกลระบบสายส่ง (Off-grid) ตามศักยภาพของพื้นที่ ดังนี้

- ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อจัดทำระบบประจุแบตเตอร์รี่ ระบบสูบน้ำ ระบบมินิกริด (Mini grid) และระบบผลิตไฟฟ้า ในพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลระบบสายส่งไฟฟ้า หรือพื้นที่ที่มีข้อจำกัดที่ทำให้ไม่สามารถดำเนินการจ่ายไฟฟ้าได้ เช่น โรงเรียนในชนบท สถานีอนามัย ศูนย์การเรียนรู้ชุมชน ฐานปฏิบัติการทางทหารและตำรวจตระเวนชายแดน พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ และพื้นที่ในโครงการพระราชดำริ เป็นต้น ในปี พ.ศ. 2560 มีระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งแล้วเสร็จรวม 2,155 ระบบ กำลังการผลิตรวม 4,984 กิโลวัตต์ แนวทางการดำเนินงานในอนาคต จะเป็นการบำรุงรักษาระบบผลิตพลังงานเดิมด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

- การพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมาก ที่มีกำลังการผลิตต่ำกว่า 200 กิโลวัตต์ มีแผนดำเนินโครงการในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) โครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้าน เป็นการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำแบบอิสระ (Off-grid) ในพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ เพื่อให้ประชาชนสามารถพึ่งพาตนเองได้และเกิดการมีส่วนร่วมของประชาชนในการสมทบแรงงาน และวัสดุท้องถิ่น โดยให้การสนับสนุนด้านเทคนิค หลังจากก่อสร้างแล้วเสร็จ จะบริหารจัดการโดยประชาชนในพื้นที่ในรูปแบบสหกรณ์ ในปี พ.ศ. 2562 มีโครงการที่ดำเนินการแล้วเสร็จรวม 64 แห่ง กำลังการผลิตรวม 2,415 กิโลวัตต์

(2) โครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้านอย่างยั่งยืน เป็นการปรับปรุงระบบไฟฟ้าพลังงานแบบอิสระ (Off-grid) ให้สามารถจ่ายไฟฟ้าเชื่อมโยงกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้ (On-grid) โดยให้องค์การบริหารส่วนท้องถิ่นร่วมกับชุมชนในพื้นที่เป็นผู้บริหารจัดการ โดยขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ตามระเบียบการรับซื้อไฟฟ้า

จากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากต่อไป ในปี พ.ศ. 2562 มีโครงการที่ดำเนินการ แล้วเสร็จรวม 17 โครงการ กำลังการผลิตรวม 1,942 กิโลวัตต์

(3) โครงการไฟฟ้าพลังงานน้ำชุมชน เป็นการดำเนินการโดยชุมชนที่จะต้องประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและจัดหาพื้นที่ก่อสร้าง โดยให้การสนับสนุนทางเทคนิค และให้องค์การบริหารส่วนท้องถิ่นร่วมกับชุมชนในพื้นที่เป็นผู้บริหารจัดการในการผลิตไฟฟ้าใช้เองหรือขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในปี พ.ศ. 2562 มีโครงการที่ดำเนินการแล้วเสร็จรวม 15 โครงการ กำลังการผลิตรวม 1,170 กิโลวัตต์ และจะมีแผนเริ่มดำเนินการในปี พ.ศ. 2565 อีก 10 โครงการ กำลังการผลิตรวม 419 กิโลวัตต์

1.1.6.2 การผลิตความร้อน

อุตสาหกรรมเกษตรมีการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกในรูปของพลังงานความร้อนอย่างแพร่หลาย ซึ่งช่วยลดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงและเป็นการนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกด้วย ที่ผ่านมาในปี พ.ศ. 2564 ชีวมวลถูกนำมาใช้ผลิตความร้อนมากที่สุดของการผลิตพลังงานความร้อนจากพลังงานทดแทนทั้งหมด ของชีวมวลมาจากชานอ้อยในอุตสาหกรรมน้ำตาล ส่วนที่เหลือเป็นพลังงานความร้อนจากก๊าซชีวภาพ ขยะ และพลังงานแสงอาทิตย์ การใช้พลังงานความร้อนจากพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ปี พ.ศ. 2560–2564 ดังตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 การใช้พลังงานความร้อนจากพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ปี พ.ศ. 2560–2564

ความร้อนจากพลังงานทดแทน	ความร้อน (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)					อัตราเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)
	2560	2561	2562	2563	2564	2563-2564
พลังงานแสงอาทิตย์	9.3	10.1	10.1	10.6	10.9	2.8
ชีวมวล	6,616	7,152	7,770	5,903	4,395	(25.5)
ก๊าซชีวภาพ	634	634	634	687	688	0.1
ขยะ	63	123	111	116	144	24.1
รวม	**7,322**	**7,919**	**8,525**	**6,717**	**5,238**	**(22.0)**

การปรับปรุงเป้าหมายการส่งเสริมการผลิตการใช้พลังงานความร้อนจากพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกใน AEDP2018 เมื่อเทียบกับ AEDP2015 มีดังนี้

- ปรับเพิ่มเป้าหมายการผลิตความร้อนจากเชื้อเพลิงชีวมวลที่เพิ่มขึ้นจากการขยายโรงงานน้ำตาลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 ทำให้คาดการณ์ว่าจะมีความต้องการใช้ชีวมวลเพื่อผลิตความร้อนเพิ่มสูงขึ้น

- ปรับลดเป้าหมายการผลิตความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ลงจาก AEDP2015 ที่ประเมินศักยภาพการติดตั้งระบบน้ำร้อนแสงอาทิตย์ (Solar collector) จากพื้นที่หลังคาอาคาร ซึ่งในปัจจุบันพื้นที่หลังคาอาคารส่วนใหญ่นิยมติดตั้งโซล่าร์เซลล์สำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าเพราะมีต้นทุนการติดตั้งและการบำรุงรักษาต่ำกว่าระบบน้ำร้อนแสงอาทิตย์

- ปรับเพิ่มเป้าหมายการผลิตความร้อนจากไบโอมีเทน (Bio-methane gas) ซึ่งหมายถึง ก๊าซชีวภาพที่นำมาปรับปรุงคุณภาพให้มีคุณสมบัติเทียบเท่าก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (Natural gas vehicles) หรือเอ็นจีวี (NGV) ในแผน AEDP2015 ได้ตั้งเป้าหมายพัฒนาเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกในพื้นที่ห่างไกลแนวท่อก๊าซธรรมชาติ แต่จาก

การพยากรณ์ความต้องการใช้ก๊าซธรรมชาติภาคขนส่งในอนาคตมีแนวโน้มลดลงจากการพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าและระบบขนส่งสาธารณะ ใน AEDP2018 จึงเปลี่ยนกลุ่มเป้าหมายผู้ใช้มาเป็นภาคอุตสาหกรรมเพื่อทดแทนการใช้ก๊าซธรรมชาติเหลว (Liquefied natural gas) หรือแอลเอ็นจี (LNG) เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต

ข้อมูลเปรียบเทียบเป้าหมายการผลิตพลังงานความร้อนจากพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก แต่ละประเภทเชื้อเพลิงของแผน AEDP2015 และ AEDP2018 ดังตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 เปรียบเทียบเป้าหมายการผลิตพลังงานความร้อนจากพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก แต่ละประเภทเชื้อเพลิงของแผน AEDP2015 และ AEDP2018

ประเภทเชื้อเพลิง	ความร้อน (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)	
	แผน AEDP2015	แผน AEDP2018
1. ชีวมวล	22,100	23,000
2. ก๊าซชีวภาพ	1,283	1,283
3. ขยะ	495	495
4. พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานหมุนเวียนอื่นๆ	1,210	100
5. ไบโอมีเทน	-	2,023*
รวม	**25,088**	**26,901**
พลังงานความร้อนที่ต้องการ	68,414	64,657
ความร้อนจากพลังงานทดแทนต่อพลังงานความร้อนที่ต้องการ (%)	**36.67**	**41.61**
ความร้อนจากพลังงานทดแทนต่อพลังงานขั้นสุดท้าย (%)	**19.15**	**21.20**

* เทียบเท่าไบโอมีเทน 4,800 ตันต่อวัน

จากการปรับปรุงเป้าหมายการส่งเสริมการผลิตการใช้พลังงานความร้อนจากพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกใน AEDP2018 ทำให้สัดส่วนการผลิตความร้อนจากพลังงานทดแทนต่อความต้องการใช้พลังงานความร้อนทั้งประเทศ ณ ปี พ.ศ. 2580 เป็นร้อยละ 41.61 ซึ่งมากกว่าแผน AEDP2015 ที่มีสัดส่วนการผลิตความร้อนจากพลังงานทดแทนต่อความต้องการใช้พลังงานความร้อนทั้งประเทศ ณ ปี พ.ศ. 2579

เป็นร้อยละ 36.67 โดยการส่งเสริมการผลิตการใช้พลังงานความร้อนจากพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกมีแนวทางดังต่อไปนี้

1) ส่งเสริมและพัฒนาเทคโนโลยีระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก ให้กับผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์อบแห้งทั้งในระดับอุตสาหกรรมขนาดกลางขนาดเล็ก และครัวเรือน เพื่อยกระดับมาตรฐานด้านสุขอนามัยในผลิตภัณฑ์อบแห้ง การพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวล การส่งเสริมระบบบ่อเลี้ยงปลาพลังงานแสงอาทิตย์และพัฒนาให้มีมาตรฐานด้านสุขอนามัยสำหรับกลุ่มเกษตรกรและกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

2) ส่งเสริมการผลิตชีวมวลจากไม้โตเร็ว เพื่อเพิ่มความมั่นคงด้านพลังงานให้กับอุตสาหกรรมที่มีการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล เนื่องจากเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษวัสดุทางการเกษตรอาจไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานที่จะเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต รวมถึงการเพิ่มคุณภาพของเชื้อเพลิงชีวมวล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเป็นพลังงานและการขนส่งในรูปของเชื้อเพลิงอัดเม็ด

3) ส่งเสริมการผลิตการใช้ก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียและของเสียในโรงงานอุตสาหกรรมและฟาร์มปศุสัตว์ขนาดกลางและขนาดเล็ก ด้วยการสนับสนุนการลงทุนก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพให้แก่ผู้ประกอบการ รวมถึงการนำพืชพลังงานมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อรองรับการใช้ประโยชน์จากพลังงานก๊าซชีวภาพในรูปแบบต่างๆ เช่น ไฟฟ้า ความร้อน และไบโอมีเทน ในอนาคตต่อไป

แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561–2580 ยังคงรักษาเป้าหมายรวม ในการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกในรูปของพลังงานไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ ต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ที่ร้อยละ 30 โดยปรับปรุงเป้าหมายบางประเภทเชื้อเพลิงให้มีความเหมาะสมกับสถานการณ์ในปัจจุบันและทิศทางการใช้พลังงานในอนาคต ค่าเป้าหมายตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561–2580 ดังตารางที่ 1.6

ตารางที่ 1.6 ค่าเป้าหมายตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561 – 2580

ประเภทพลังงาน	เป้าหมาย ปี 2580	
ไฟฟ้า	**พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ**	**7,298**
	เมกะวัตต์	**29,411**
1. พลังงานแสงอาทิตย์	เมกะวัตต์	12,139
2. พลังงานแสงอาทิตย์ทุ่นลอยน้ำ	เมกะวัตต์	2,725
3. ชีวมวล	เมกะวัตต์	5,790
4. พลังงานลม	เมกะวัตต์	2,989
5. ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย/พืชพลังงาน)	เมกะวัตต์	1,565
6. ขยะชุมชน	เมกะวัตต์	900
7. ขยะอุตสาหกรรม	เมกะวัตต์	75
8. พลังน้ำขนาดเล็ก	เมกะวัตต์	308
9. พลังน้ำขนาดใหญ่	เมกะวัตต์	2,920
ความร้อน	**พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ**	**26,901**
1. ชีวมวล	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	23,000
2. ก๊าซชีวภาพ	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	1,283
3. พลังงานขยะ	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	495
4. พลังงานแสงอาทิตย์	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	100
5. ไบโอมีเทน	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	2,023
เชื้อเพลิงชีวภาพ	**พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ**	**4,085**
1. เอทานอล	ล้านลิตร/วัน	7.50
2. ไบโอดีเซล	ล้านลิตร/วัน	8.00
3. น้ำมันไพโรไลซิส	ล้านลิตร/วัน	0.53
การใช้พลังงานทดแทน (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)		**38,284**
การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)		**126,867**
สัดส่วนพลังงานทดแทนต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (%)		**30**

1.1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) ผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจและลดการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศ

ปัจจุบันประเทศไทยต้องนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการภายในประเทศในการขับเคลื่อนกิจกรรมทางเศรษฐกิจ เช่น การนำเข้าก๊าซธรรมชาติเพื่อนำมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าและความร้อนในภาคอุตสาหกรรม การนำเข้าน้ำมันดิบเพื่อนำมาผลิตเป็นน้ำมันสำเร็จรูป ในภาคขนส่ง การผลิตการใช้พลังงานทดแทนเป็นการนำศักยภาพพลังงานธรรมชาติในประเทศมาเปลี่ยนเป็นพลังงาน ได้แก่ พลังงานงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม รวมไปถึงการนำของเสียและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์เพื่อผลิตเป็นพลังงาน ซึ่งจะช่วยลดการพึ่งพาพลังงานจากภายนอกประเทศได้ส่วนหนึ่ง สามารถกระตุ้นให้เกิดการลงทุนด้านพลังงานทดแทน ที่จะสร้างงาน สร้างรายได้ ลดรายจ่าย ให้ผู้ที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ผู้ผลิตจนถึงผู้ใช้พลังงานทดแทนอย่างทั่วถึง

2) ผลประโยชน์ทางด้านสังคม

การพัฒนาพลังงานในพื้นที่ช่วยสร้างความมั่นคงด้านพลังงานให้กับชุมชน ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ที่ต้องพึ่งพาพลังงานจากภายนอก สร้างคุณภาพชีวิตที่ดีจากการมีพลังงานใช้เพื่อพัฒนาระบบสาธารณูปโภค ขั้นพื้นฐาน ได้แก่ ไฟฟ้าพลังน้ำ ไฟส่องสว่างและการสูบน้ำจากพลังงานแสงอาทิตย์ ก๊าซชีวภาพเพื่อการหุงต้มในครัวเรือนจากน้ำเสียและมูลสัตว์จากฟาร์มปศุสัตว์ เป็นต้น

3) ผลประโยชน์ทางด้านการพัฒนาทางเทคโนโลยี

การผลิตและการใช้พลังงานทดแทนจะสนับสนุนให้อุตสาหกรรมในประเทศเกิดองค์ความรู้ และนำไปสู่การวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีด้านพลังงานต่อไป

4) ผลประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม

การใช้พลังงานทดแทนและพลังงานหมุนเวียนจะเป็นการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่เป็นสาเหตุสำคัญของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันจากภาวะโลกร้อน แนวทางการนำของเสียกลับมาสร้างประโยชน์ใหม่ เช่น การนำขยะ ของเสีย น้ำเสีย วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มาผลิตเป็นพลังงานหมุนเวียนต่อเนื่องโดยไม่เกิด

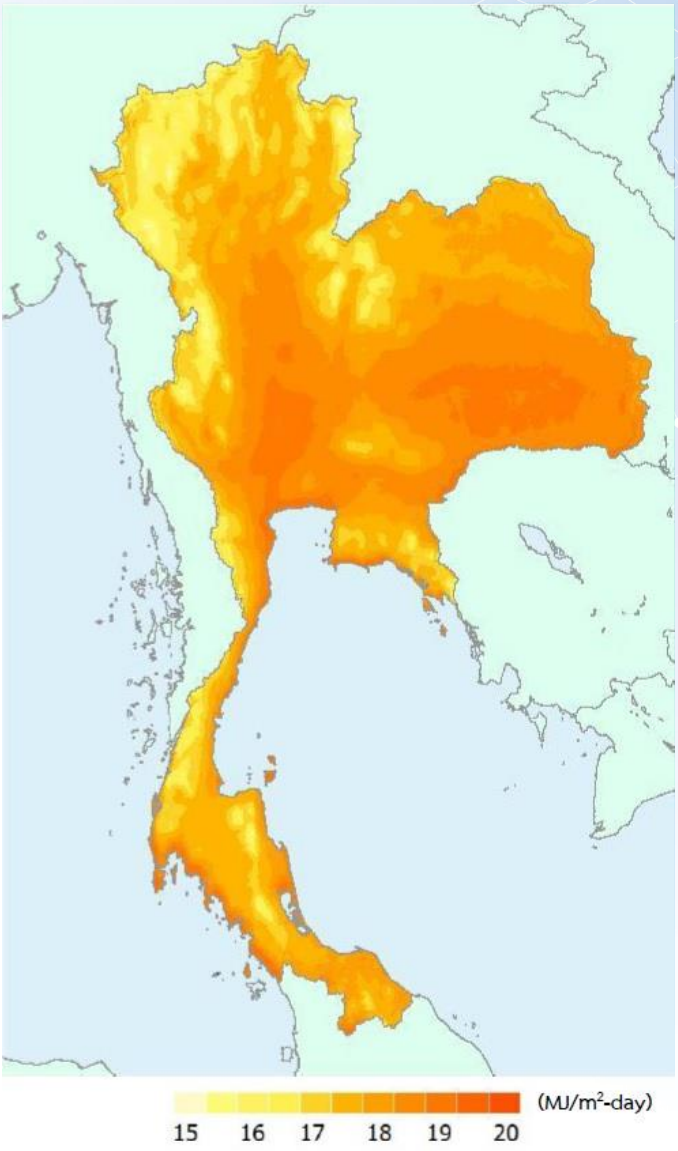
ของเสีย ถือเป็นส่วนหนึ่งในการสนับสนุนเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular economy) ที่จะช่วยให้เกิดการพัฒนาไปพร้อมกับการรักษาสิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืน

1.2 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย [2]

พลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) คือพลังงานที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่มีที่สิ้นสุด พลังงานแสงอาทิตย์เป็นหนึ่งในพลังงานหมุนเวียนที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายกระบวนการทั้งในทางตรงและทางอ้อม อีกทั้งยังเป็นแหล่งพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก ในอดีตมนุษย์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่มีตามธรรมชาติในชีวิตประจำวัน เมื่อสังคมมนุษย์มีการพัฒนาไปสู่ยุคอุตสาหกรรม ความต้องการพลังงานในด้านต่าง ๆ มีเพิ่มขึ้นจึงมีการใช้พลังงานจากแหล่งอื่นๆ เพิ่มขึ้นด้วย โดยเฉพาะพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil) ที่อยู่ในรูปของน้ำมันถ่านหินและก๊าซธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเหล่านี้ ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและวัฏจักรตามธรรมชาติ อีกทั้งเป็นแหล่งพลังงานที่มีปริมาณจำกัดซึ่งถ้าใช้อย่างต่อเนื่องก็จะหมดไปอย่างรวดเร็วในอนาคต

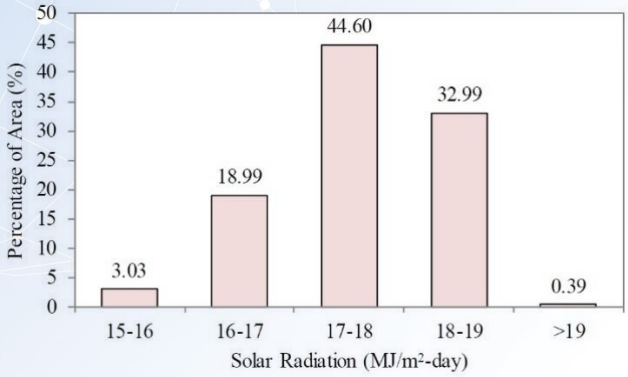
นับตั้งแต่เกิดวิกฤตพลังงานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1973 เป็นต้นมา จนถึงปัจจุบันทั้งโลกกำลังมีความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทั้งจากปริมาณประชากรและการพัฒนาที่เพิ่มขึ้น นักวิทยาศาสตร์จึงได้ทำการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้านพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงจากพลังงานฟอสซิล ในปัจจุบันเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์บางอย่างได้รับการพัฒนาจนกระทั่งสามารถนำมาใช้งานได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ การทำน้ำอุ่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์อีกหลายชนิดที่อยู่ระหว่างการดำเนินการวิจัยและพัฒนาโดยคาดว่าจะสามารถจะนำมาใช้ได้ในอนาคต อย่างไรก็ตามการนำอุปกรณ์พลังงานแสงอาทิตย์เหล่านี้มาใช้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมต่อการใช้งานเราจำเป็นต้องทราบศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของบริเวณที่ใช้งานด้วย

สำหรับประเทศไทย ปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีสามารถแสดงได้ด้วยแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ดังรูปที่ 1.6 จากรูปจะเห็นว่าบริเวณที่มีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์สูงซึ่ง มีค่าความเข้มรังสีอาทิตย์โดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 18-20 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน จะอยู่ในบริเวณภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดสิงห์บุรี ลพบุรี อ่างทอง สุรินทร์ อุบลราชธานี ศรีสะเกษ บุรีรัมย์ ร้อยเอ็ด และบริเวณใกล้เคียง โดยค่าความเข้มรังสีอาทิตย์จะกระจายลดหลั่นกันไปทางทิศเหนือ ตะวันออก และตะวันตกของประเทศตามแนวเทือกเขาตะนาวศรี โดยมีค่าต่ำสุดอยู่ทางภาคเหนือตอนบน ภาคตะวันตก และภาคใต้แถบติดชายแดนประเทศพม่า โดยมีความเข้มรังสีอาทิตย์โดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 15 - 18 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน



รูปที่ 1.6 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปี

เมื่อนำค่าความเข้มรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีที่คำนวณได้จากแบบจำลอง (รูปที่1.6) ในทุกพิกเซลของพื้นที่ของประเทศไทยมาทำการแจกแจงความถี่ (Frequency distribution) โดยแบ่งช่วงของความถี่เป็นช่วงละ 1 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน จะสามารถแสดงได้ ดังรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่ได้รับรังสีอาทิตย์ที่ระดับต่าง ๆ

จากรูปจะเห็นว่าระดับความเข้มรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีที่อยู่ในช่วง 15-16 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน มีเพียงประมาณ 3.03% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ ซึ่งจะกระจายตัวอยู่ตามบริเวณเขาหรือสันเขาแนวฝั่งตะวันตกค่อนไปทางตอนเหนือของประเทศไทย โดยมีบางส่วนอยู่บริเวณภูเขาที่มีความสูงค่อนข้างสูงในส่วนอื่น ๆ ของประเทศ ซึ่งมีแนวโน้มการก่อตัวของเมฆค่อนข้างสูงตลอดทั้งปี ดังนั้น บริเวณนี้อาจจะไม่เหมาะแก่การนำไปพัฒนาเพื่อผลิตพลังงานทดแทน แต่จะมีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูกหรือพัฒนาเป็นพื้นที่อยู่อาศัยเนื่องจากเป็นบริเวณพื้นที่ที่ได้รับความชุ่มชื้นตลอดทั้งปี

สำหรับความเข้มรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีในช่วง 16 - 17 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน ซึ่งมีศักยภาพสูงขึ้นแต่ยังอยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำ ส่วนใหญ่ (คิดเป็น 18.99%) จะอยู่ในพื้นที่ภูเขาเช่นเดียวกันแต่จะมีความสูงลดลงมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณเขาฝั่งตะวันตกในแนวติดพม่านับตั้งแต่จังหวัดกาญจนบุรี ตาก แม่ฮ่องสอน ซึ่งมีความแปรปรวนของสภาพ

อากาศค่อนข้างสูงหรือมีเมฆค่อนข้างมากในช่วงเวลาประมาณเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม ทำให้มีฝนตกชุกหนาแน่นเป็นเวลาหลายสัปดาห์ การพัฒนาการใช้พลังงานแสงอาทิตย์หรือผู้ที่ลงทุนที่บริเวณนี้จะต้องรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ และความเข้มรังสีอาทิตย์ที่มีความแปรปรวนสูง

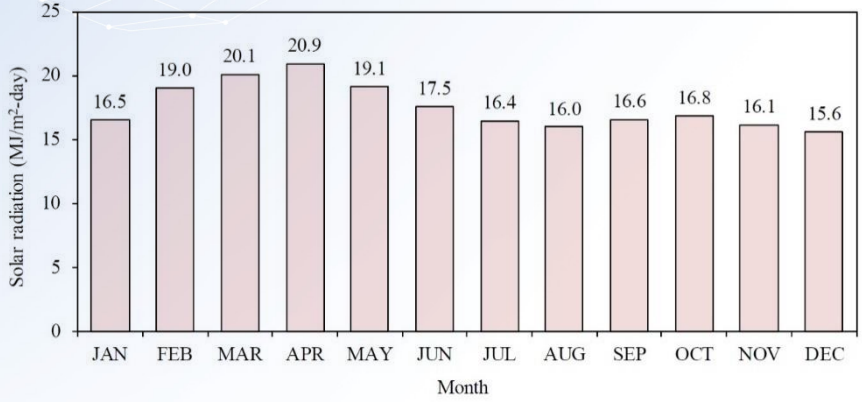
ระดับความเข้มรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีในช่วง 17 - 18 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน คิดเป็น 44.6% ของพื้นที่ในประเทศไทย มีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ที่สูงในระดับที่เป็นค่าเฉลี่ยของความเข้มรังสีอาทิตย์ของประเทศไทย สามารถใช้ในการลงทุนด้านพลังงานทดแทนและการใช้ประโยชน์ในครัวเรือน ซึ่งพื้นที่ที่มีความเข้มรังสีอาทิตย์ระดับนี้จะกระจายตัวอยู่โดยส่วนใหญ่ในบริเวณที่ราบสูงทางตอนเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และมีบางส่วนอยู่ในพื้นที่ห่างจากชายฝั่งตะวันออกทางตอนใต้ของประเทศไทย

สำหรับความเข้มรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีอยู่ในช่วง 18 - 19 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน จะมีประมาณ 32.99% ของพื้นที่ประเทศไทย จัดเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงเป็นพิเศษสำหรับการลงทุนในด้านพลังงานทดแทน ซึ่งมีการกระจายตัวเป็นวงกว้างในพื้นที่ราบ เนื่องจากบริเวณที่ราบดังกล่าวอยู่ห่างจากแนวสันเขาจึงได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมในฤดูกาลต่าง ๆ ค่อนข้างน้อย ทำให้ตลอดทั้งปีมีความเข้มรังสีอาทิตย์เปลี่ยนแปลงในระดับที่ไม่มาก บริเวณดังกล่าวครอบคลุมพื้นที่โดยประมาณดังนี้ ในแถบภาคกลางครอบคลุมพื้นที่สุพรรณบุรี ชัยนาท สิงห์บุรี ลพบุรี อ่างทอง อยุธยา เป็นต้น พื้นที่ราบในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างตั้งแต่ นครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ร้อยเอ็ด ศรีสะเกษ จนถึงอุบลราชธานี เป็นต้น และทางตอนใต้บริเวณชายฝั่งตะวันออกและบริเวณเกาะต่าง ๆ ที่อยู่ในทะเล

สำหรับความเข้มรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีอยู่ในช่วงมากกว่า 19 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน จะเป็นพื้นที่ความเข้มสูงมากคิดเป็น 0.39% ซึ่งอยู่บริเวณติดชายฝั่งในบริเวณตอนกลางของประเทศตั้งแต่ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี จากฝั่งตะวันตกจนถึงฝั่งตะวันออกที่ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณนี้ไม่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมในฤดูกาล

ต่าง ๆ มากนัก ทำให้ตลอดทั้งปีได้รับความเข้มรังสีอาทิตย์ค่อนข้างมาก และประกอบกับพื้นที่อยู่ติดกับทะเลจึงทำให้ได้รับผลการสะท้อนของรังสีอาทิตย์ที่ได้จากน้ำทะเลบางส่วนด้วย อย่างไรก็ตามการพัฒนาพื้นที่สำหรับการส่งเสริมพลังงานทดแทนจะค่อนข้างมีผลกระทบเนื่องจากเป็นแหล่งเศรษฐกิจท่องเที่ยว หากมีการลงทุนเกิดขึ้นจำเป็นต้องมีการศึกษาเชิงพื้นที่อย่างละเอียด

นอกจากนี้ในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ จำเป็นต้องทราบความแตกต่างในรอบปีของความเข้มรังสีอาทิตย์ด้วย การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบทุกพื้นที่ทั่วประเทศจากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายเดือนแล้วนำมาเขียนกราฟกับเวลาในรอบปี ผลที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 1.8



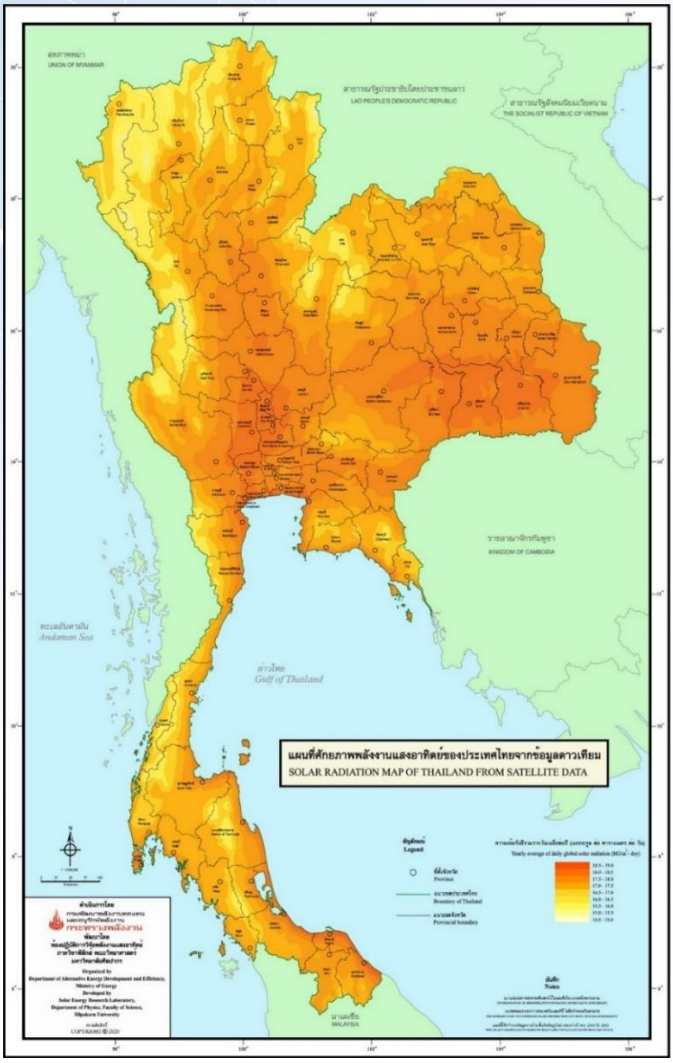
รูปที่ 1.8 ความแตกต่างความเข้มรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนโดยเฉลี่ยทุกพื้นที่ทั่วประเทศ พ.ศ. 2565

จากรูปที่ 1.8 จะเห็นว่าปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนโดยเฉลี่ยทุกพื้นที่ในประเทศไทยจะมีความแตกต่างในรอบปีอยู่ในช่วงระหว่าง 15 - 21 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน โดยมีค่าค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจากเดือนมกราคม (16.5 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน) และสูงสุดในเดือนเมษายน (20.9 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน) จากนั้นประเทศไทยจะ

ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดพาความชื้นจากทะเลอันดามัน ทำให้ประเทศไทยมีเมฆมากและมีฝน ส่งผลให้ความเข้มแสงอาทิตย์ค่อย ๆ ลดลง จนถึงเดือนสิงหาคม ในเดือนกันยายนจะเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูกาลเข้าสู่อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในเดือนตุลาคม (16.8 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน) ซึ่งพัดพาอากาศหนาวเย็น ทำให้เกิดความกดอากาศสูงแผ่กำลังลงมาจากภาคเหนือของประเทศไทย เมื่อเจอกับความชื้นจะก่อตัวเป็นเมฆประกอบกับทิศทางของการโคจรของโลกจะหันด้านทิศใต้เข้าหาดวงอาทิตย์ ทำให้ประเทศไทยได้รับความเข้มรังสีอาทิตย์ลดลง (15.6 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน) เมื่อเข้าสู่ช่วงเดือนมกราคมอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะลดกำลังลง ทำให้ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ไทยได้รับเพิ่มขึ้นอีกครั้ง

ที่ผ่านมามีโครงการวิจัยที่ได้ดำเนินการจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับประเทศไทยในปี พ.ศ. 2542 พบว่าความเข้มรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนของประเทศไทยมีค่า 18.2 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน ในปี พ.ศ. 2553 พบว่าความเข้มรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนของประเทศไทยมีค่า 18.0 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน และในปี พ.ศ. 2560 พบว่าความเข้มรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนของประเทศไทยมีค่า 17.6 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน และในปี พ.ศ. 2565 พบว่าความเข้มรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนของประเทศไทยมีค่า 17.5 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน จะเห็นว่าค่าศักยภาพความเข้มรังสีอาทิตย์ของประเทศไทยมีค่าลดลงทั้งนี้ส่วนหนึ่งอาจมาจากปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศที่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ หรือมีสาเหตุมาจากภาวะโลกร้อนที่ส่งผลให้สภาวะอากาศโลกมีแนวโน้มอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้อากาศแห้งสามารถรับปริมาณความชื้นได้เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณไอน้ำในบรรยากาศมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ลดทอนแสงอาทิตย์ที่เข้ามาถึงยังพื้นโลก อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความเข้มรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนสำหรับประเทศไทยจะเห็นว่ามีค่าสูงและเหมาะแก่การนำมาใช้งานเป็นพลังงานทางเลือก ศักยภาพพื้นที่ที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของไทย ส่วนใหญ่ครอบคลุมพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณความเข้มของพลังงานแสงอาทตย์สูงเพียงพอ แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย จัดทำในปี 2565 แสดงดังรูปที่ 1.9



รูปที่ 1.9 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย จัดทำในปี 2565

1.3 สถานะการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ของประเทศไทย [3]

ประเทศไทยได้มีการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มาโดยตลอด ซึ่งมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นในด้านกำลังการผลิตเป็นอย่างมากตั้งแต่ปี 2554 เป็นต้นมา อันเป็นผลมาจากราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ปรับตัวลดลงตามตลาดโลกและนโยบายสนับสนุนจากภาครัฐ ในปี 2563 กำลังการผลิตติดตั้งของการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย (สะสม) ที่ขายเข้าระบบและไม่ขายเข้าระบบมีกำลังการผลิตรวมทั้งสิ้น 3,933.7 เมกะวัตต์สูงสุด

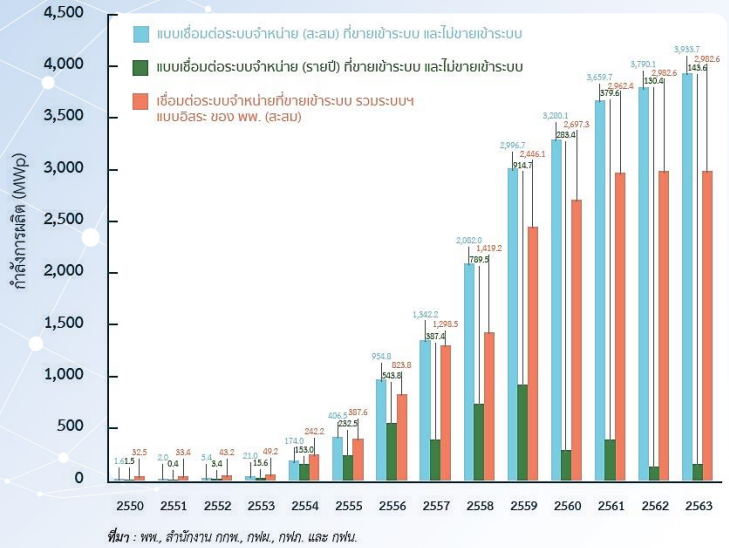
ทั้งนี้ ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อระบบจำหน่ายที่ขายเข้าระบบรวมระบบแบบอิสระของ พพ. ในปี 2563 มีกำลังการผลิต 2,982.6 เมกะวัตต์สูงสุด (สัดส่วนการใช้พลังงานทดแทน จากสถิติและข้อมูลพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ข้อมูลวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2564) ประกอบด้วย

(1) ระบบที่มีสัญญารับซื้อไฟฟ้าแบบ Adder ระยะเวลา 10 ปี โดยราคาอยู่บนฐานค่าไฟฟ้า ซึ่งถูกนำมาใช้ในช่วงแรกของการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกเพื่อสร้างแรงจูงใจให้แก่ผู้ประกอบการ

(2) ระบบที่มีสัญญารับซื้อไฟฟ้าแบบ Feed in tariff (FiT) ระยะเวลา 25 ปี โดยราคาคงที่ตลอดอายุสัญญารับซื้อไฟฟ้า ซึ่งปรับมาใช้ในระยะต่อมาเมื่อตลาดการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกมีแนวโน้มการเติบโตที่ดี และ

(3) ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่ได้รับการสนับสนุนผ่านทาง พพ.

ทั้งนี้ การเติบโตในปี 2560-2563 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ขายเข้าระบบ คิดเป็น 4.7% ส่วนระบบฯ ที่ขายเข้าระบบและไม่ขายเข้าระบบคิดเป็น 6.5% ดังข้อมูลในรูปที่ 1.7 และตารางที่ 1.10



ที่มา : พพ., สำนักงาน กกพ., กฟผ., กฟภ. และ กฟน.

รูปที่ 1.10 กำลังการผลิตติดตั้งของการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยปี 2550-2563

ตารางที่ 1.7 กำลังการผลิตติดตั้งของการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ปี 2550–2563

ปี พ.ศ	แบบเชื่อมต่อระบบฯ (สะสม) ขายเข้าระบบและไม่ขายเข้าระบบ (MWp)	แบบเชื่อมต่อระบบฯ (รายปี) ขายเข้าระบบและไม่ขายเข้าระบบ (MWp)	แบบเชื่อมต่อระบบฯ (สะสม) รวมแบบอิสระ (MWp)
2550	1.6	1.6	32.5
2551	2.0	0.3	33.4
2552	5.4	3.4	43.2
2553	21.0	15.6	49.2
2554	174.0	153.0	242.4
2555	406.5	232.5	387.6
2556	954.8	548.3	823.8
2557	1,342.2	387.5	1,298.5

ปี พ.ศ	แบบเชื่อมต่อระบบฯ (สะสม) ขายเข้าระบบและไม่ขายเข้าระบบ (MWp)	แบบเชื่อมต่อระบบฯ (รายปี) ขายเข้าระบบและไม่ขายเข้าระบบ (MWp)	แบบเชื่อมต่อระบบฯ (สะสม) รวมแบบอิสระ (MWp)
2558	2,082.0	739.7	1,419.2
2559	2,996.7	914.7	2,446.1
2560	3,280.1	283.5	2,697.3
2561	3,659.7	379.5	2,962.4
2562	3,790.2	130.5	2,982.6
2563	3,933.7	143.6	2,982.6

ที่มา : พพ., สำนักงาน กกพ., กฟผ., กฟภ., และ กฟน.

หมายเหตุ : แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย คือ on-grid ส่วนแบบอิสระ คือ off-grid

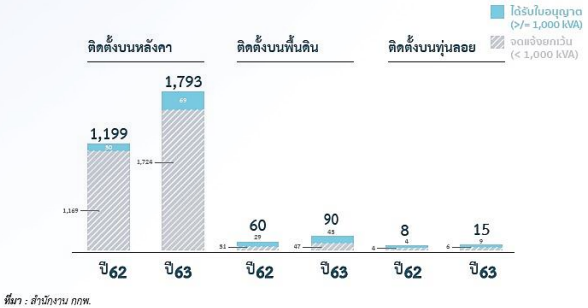
การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยเติบโตอย่างต่อเนื่องและต่อมาในปี 2561 มาตรการรับซื้อไฟฟ้าจากระบบที่ติดตั้งบนพื้นดินได้สิ้นสุดลงแต่ยังคงมีการรับซื้อไฟฟ้าจากระบบที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับบ้านอยู่อาศัย ในขณะที่การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้เองหรือจำหน่ายให้กับกลุ่มธุรกิจต่าง ๆ มีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรม รูปที่ 1.11 แสดงกำลังการผลิตติดตั้งสะสมของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าหรือระบบที่ขอจดแจ้งยกเว้นแต่ไม่มีสัญญาซื้อขายกับการไฟฟ้าในปี 2562-2563 (กำลังผลิตติดตั้งตามใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ข้อมูลปี 2561–2563 สำนักงาน กกพ.) โดยที่ในปี 2563 กำลังการผลิตสะสมอยู่ที่ 910.06 เมกะวัตต์สูงสุด จำนวน 1,898 โครงการ ส่วนใหญ่เป็นการติดตั้งบนหลังคาอยู่ที่ 716.61 เมกะวัตต์สูงสุด จำนวน 1,793 โครงการ เป็นระบบที่แจ้งขอยกเว้นใบอนุญาตฯ กำลังการผลิตติดตั้งสะสม 540.26 เมกะวัตต์สูงสุด เป็นจำนวน 1,724 โครงการและระบบที่มีใบอนุญาตฯ 176.35 เมกะวัตต์สูงสุด จำนวน 69 โครงการ

ในปี 2563 การติดตั้งบนพื้นดินมีกำลังการผลิตสะสม 154.35 เมกะวัตต์สูงสุด จำนวน 90 โครงการ โดยส่วนใหญ่มีใบอนุญาตฯ 146.14 เมกะวัตต์สูงสุด จำนวน 43 โครงการ ส่วนแจ้งขอยกเว้นใบอนุญาตฯ 8.21 เมกะวัตต์สูงสุด จำนวน 47 โครงการ ในขณะที่ระบบ

ติดตั้งบนทุ่นลอย มีกำลังการผลิตติดตั้งสะสม 39.11 เมกะวัตต์สูงสุด จำนวน 15 โครงการ โดยระบบที่มีใบอนุญาตฯ 36.91 เมกะวัตต์สูงสุด จำนวน 9 โครงการและแจ้งขอยกเว้นใบอนุญาต 2.2 เมกะวัตต์สูงสุด จำนวน 6 โครงการ ทั้งนี้การแบ่งกลุ่มเป็นไปตามข้อกำหนดการขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า โดยแบ่งเป็นระบบที่มีขนาดมากกว่า 1,000 กิโลโวลท์แอมป์ และระบบที่มีขนาดน้อยกว่า 1,000 กิโลโวลท์แอมป์ นอกจากนี้แนวโน้มของระบบที่ติดตั้งบนหลังคาและบนทุ่นลอยคาดว่าจะมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง เพราะยังมีพื้นที่สำหรับการติดตั้งที่ไม่ต้องลงทุนสูงนัก

ที่มา : สำนักงาน กกพ.

(ก) กำลังการผลิตติดตั้งสะสม (หน่วย : เมกะวัตต์สูงสุด)



ที่มา : สำนักงาน กกพ.

(ข) จำนวนโครงการ (หน่วย : โครงการ)

รูปที่ 1.11 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าหรือระบบที่ขอจดแจ้งยกเว้นแต่ไม่มีสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับการไฟฟ้าปี 2562–2563

ตารางที่ 1.8 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าหรือจดแจ้งยกเว้นแต่ไม่มีสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับการไฟฟ้าปี 2562–2563

การติดตั้งระบบ	ปี 2562		ปี 2563	
	กำลังการผลิตสะสม (MWp)	จำนวนสะสม (โครงการ)	กำลังการผลิตสะสม (MWp)	จำนวนสะสม (โครงการ)
ติดตั้งบนหลังคา	410.75	1,199	716.61	1,793
- จดแจ้งยกเว้น	338.99	1,169	540.26	1,724
- ใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า	71.76	30	176.35	69
ติดตั้งบนพื้นดิน	103.12	60	134.33	90
- จดแจ้งยกเว้น	6.81	31	8.21	47
- ใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า	96.31	29	146.14	43
ติดตั้งบนทุ่นลอย	19.9	8	39.11	15
- จดแจ้งยกเว้น	1.97	4	2.2	6
- ใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า	17.93	4	36.91	9
รวม	**533.77**	**1,267**	**910.06**	**1,898**

ที่มา : จดแจ้งยกเว้นสำหรับระบบฯ ขนาดน้อยกว่า 1,000 กิโลโวลท์แอมป์ และขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าสำหรับระบบฯ ขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 1,000 กิโลโวลท์แอมป์

1.4 ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย (On-grid) [3]

การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นระบบที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าซึ่งระบบขนาดใหญ่ที่มีกำลังการผลิต 10 เมกะวัตต์ขึ้นไป แต่ไม่เกิน 90 เมกะวัตต์ เรียกว่า SPP โดยจะเชื่อมต่อกับระบบของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ส่วนระบบขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ เรียกว่า VSPP จะเชื่อมต่อระบบของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) สำหรับพื้นที่ในกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ แต่ในพื้นที่จังหวัดในส่วนภูมิภาคจะเชื่อมต่อระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในกลุ่ม SPP มีกำลังการผลิตสะสม 588.47 เมกะวัตต์สูงสุด จำนวน 7 โครงการ ซึ่งโครงการแรกได้เริ่มการผลิตเมื่อธันวาคม 2554 และโครงการที่ 7 เริ่มการผลิตเมื่อเมษายน 2559 โครงการทั้งหมดเป็นระบบที่ติดตั้งบนพื้นดินตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคกลางและภาคเหนือ

ในส่วนของกลุ่ม VSPP ที่มีสัญญาผูกพันกับภาครัฐเช่นกัน ประกอบด้วย

(1) การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดินมีกำลังผลิตสะสม 2,479.4 เมกะวัตต์สูงสุด จำนวน 587 โครงการได้แก่ (1) โครงการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ พ.ศ. 2548 แบบ Adder (2) โครงการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ พ.ศ. 2559 (3) การรับซื้อไฟฟ้าแบบ Feed in tariff (FiT) สำหรับกลุ่ม Adder เดิมที่สมัครใจเปลี่ยนแปลงสัญญาและ (4) โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินสำหรับหน่วยงานราชการและสหกรณ์ภาคการเกษตร พ.ศ. 2559 ระยะที่ 1 และโครงการระยะที่ 2 พ.ศ. 2560

(2) โครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV rooftop) โดยรับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ Feed in tariff (FiT) พ.ศ. 2556 ระยะที่ 1 โครงการระยะที่ 2 (พ.ศ. 2558) กำลังการผลิตสะสมรวม 130 เมกะวัตต์สูงสุด จำนวน 6,135 โครงการ

(3) โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาสำหรับภาคประชาชน (โซลาร์ภาคประชาชน) พ.ศ. 2562 กำลังการผลิตสะสม 2.61 เมกะวัตต์ สูงสุด จำนวน 480 โครงการ

ดั งนั้นในปี 2551–2563 ปริมาณการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่อยู่ในสัญญารับซื้อไฟฟ้ามีกำลังการผลิตสะสมรวม 3,200.5 เมกะวัตต์สูงสุด จำนวน 7,209 โครงการ

1.4.1 โครงการภายใต้สัญญาการซื้อขายไฟฟ้ากับภาครัฐและโครงการของรัฐ

การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยมีการติดตั้งอยู่ 3 แบบ คือ

(1) การติดตั้งบนพื้นดิน ส่วนใหญ่เป็นระบบขนาดมากกว่า 1 เมกะวัตต์สูงสุด แต่ไม่เกิน 10 MWp เนื่องจากข้อจำกัดของสายป้อนในระบบจำหน่าย ในขณะที่ระบบที่มีขนาดสูงกว่านี้จะเชื่อมต่อระบบกับ กฟผ.

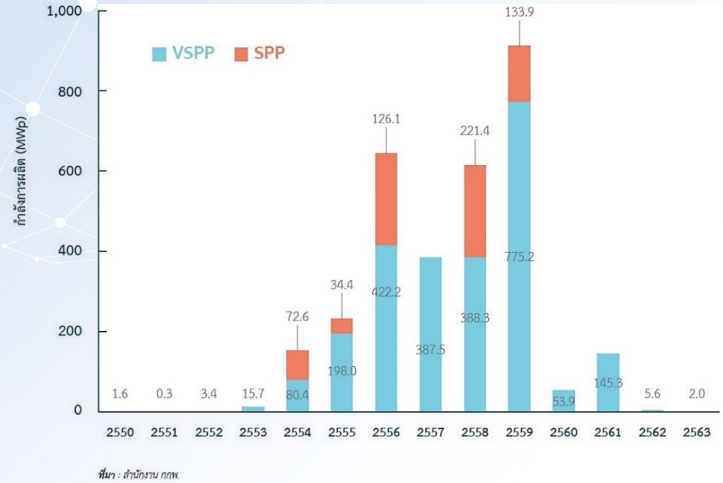
(2) การติดตั้งบนหลังคา ส่วนใหญ่เป็นระบบขนาดไม่เกิน 1 เมกะวัตต์สูงสุด ซึ่งแบ่งเป็นบ้านอยู่อาศัยขนาดไม่เกิน 10 กิโลวัตต์สูงสุด อาคารธุรกิจขนาด >10 – 250 กิโลวัตต์สูงสุด และอาคารธุรกิจขนาดใหญ่รวมถึงโรงงานขนาด > 250 – 1,000 กิโลวัตต์สูงสุด

(3) การติดตั้งบนทุ่นลอยน้ำ ขนาดระบบขึ้นกับแต่ละพื้นที่แต่ไม่เกิน 10 เมกะวัตต์สูงสุด

1) ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนพื้นดิน

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งแต่ปี 2550–2563 สำหรับระบบที่ติดตั้งบนพื้นดินและมีสัญญาการซื้อขายไฟฟ้ากับภาครัฐนั้นมีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งพบว่าปริมาณกำลังผลิตรายปีสูงสุดอยู่ในปี 2559 ที่ 909.1 เมกะวัตต์สูงสุด จำนวน 142 โครงการ เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่กลุ่มผู้ประกอบการที่อยู่ในสัญญาการซื้อขายไฟฟ้าแบบ Adder เปลี่ยนเป็นสัญญาการซื้อขายไฟฟ้าแบบ Feed in tariff หลังจากนั้นปี 2560–2562 มีการดำเนินโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินสำหรับหน่วยงานราชการและสหกรณ์ภาคการเกษตร พ.ศ. 2559 ระยะที่ 1 และโครงการระยะที่ 2 พ.ศ. 2560 ทำให้ประเทศไทยมีกำลังผลิตสะสมของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ติดตั้งบนพื้นดิน รวมทั้งสิ้น 3,067.9 เมกะวัตต์สูงสุด จำนวน 562 โครงการ ดังตารางที่ 1.9 แสดงการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนพื้นดิน (รายปี) ที่มีสัญญาซื้อขายไฟฟ้าในปี 2550–2563 (รูปที่ 1.12) และตารางที่ 1.10 แสดงกำลังผลิตสะสมของการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้นดินในผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (SPP) ในปี 2563



รูปที่ 1.12 การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนพื้นดิน (รายปี) ที่มีสัญญาซื้อขายไฟฟ้าในปี 2550–2563

ตารางที่ 1.9 การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนพื้นดิน (รายปี) ที่มีสัญญาซื้อขายไฟฟ้าในปี 2550–2563

ปี พ.ศ.	การผลิตไฟฟ้ารายเล็กมาก VSPP (MWp)	การผลิตไฟฟ้ารายเล็ก SPP (MWp)	กำลังการผลิตติดตั้งรวม (MWp)
2550	1.6	-	1.6
2551	0.3	-	0.3
2552	3.4	-	3.4
2553	15.7	-	15.7
2554	80.4	72.6	153.0
2555	198.0	34.4	232.4
2556	422.2	126.1	548.3
2557	387.5	-	387.5
2558	388.3	221.4	609.7
2559	775.2	133.9	909.1
2560	53.9	-	53.9
2561	145.3	-	145.3
2562	5.6	-	5.6
2563	2.0	-	2.0
รวม			**3,067.9**

ที่มา : สำนักงาน กกพ.

ตารางที่ 1.10 กำลังผลิตสะสมของการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้นดินในผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (SPP) ในปี 2563

ผู้ประกอบการ	จังหวัดที่ตั้ง	เริ่มจำหน่ายไฟฟ้า	กำลังการผลิต (MWp)
1. บริษัท พัฒนาพลังงานธรรมชาติ จำกัด	ลพบุรี	ธ.ค. 2554	72.59
2. บริษัท บางจากโซลาร์เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด	พระนครศรีอยุธยา	ก.ค. 2555	34.44
3. บริษัท อีเอ โซล่า นครสวรรค์ จำกัด	นครสวรรค์	ธ.ค. 2556	126.13
4. บริษัท เสริมสร้างพลังงาน จำกัด	ลพบุรี	ก.พ. 2558	52.00
5. บริษัท อีเอ โซล่า ลำปาง จำกัด	ลำปาง	ก.พ. 2558	128.39
6. บริษัท เอสพีพี ซิค จำกัด	ลพบุรี	ธ.ค. 2558	41.00
7. บริษัท อีเอ โซล่า พิษณุโลก จำกัด	พิษณุโลก	เม.ย. 2559	133.92
รวม			588.47

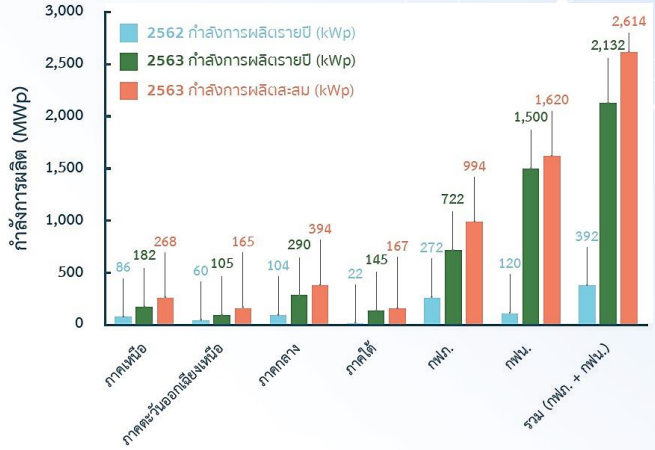
ที่มา : ผู้ประกอบการ

2) ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคา

การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้งานเองเห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้นตั้งแต่ปี 2562 ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV rooftop) โดยการรับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ Feed in tariff พ.ศ. 2556 ระยะที่ 1 และระยะที่ 2 พ.ศ. 2558 ซึ่งพบว่าการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาส่วนใหญ่มีขนาดอยู่ในช่วง > 500 – 1,000 กิโลวัตต์สูงสุด โดยการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคา สำหรับอาคารธุรกิจและโรงงานสามารถขับเคลื่อนด้วยกลไกของตลาด ในขณะที่ระบบสำหรับบ้านอยู่อาศัยยังมีปริมาณกำลังการผลิตเพียงเล็กน้อย

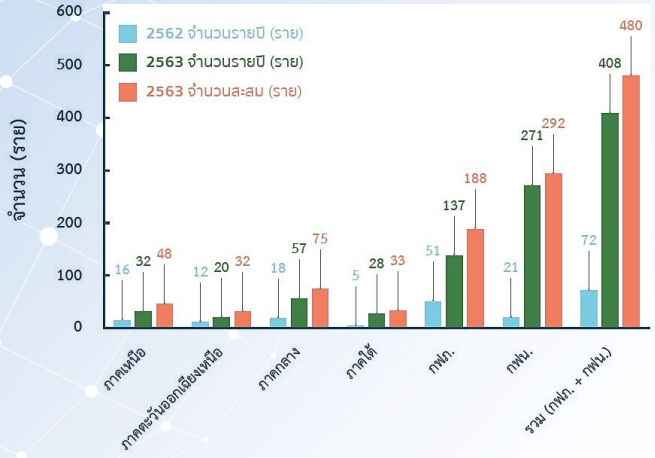
ในปี 2562 ภาครัฐจึงได้ดำเนินโครงการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาสำหรับภาคประชาชน พ.ศ. 2562 สำหรับบ้านอยู่อาศัยที่มีขนาดกำลังการผลิตน้อยกว่า 10 กิโลวัตต์สูงสุด ซึ่งในปี 2563 มีกำลังการผลิตสะสมอยู่ที่ 2.61 เมกะ

วัตต์สูงสุด จำนวน 480 ราย และพบว่าสัดส่วนกำลังการผลิตสำหรับระบบที่อยู่ในการดูแลของ กฟน. มีกำลังการผลิตสะสม 1.62 เมกะวัตต์สูงสุด (คิดเป็น 61.97%) จำนวน 292 ราย และระบบที่อยู่ในการดูแลของ กฟภ. มีกำลังการผลิตสะสม 0.994 เมกะวัตต์สูงสุด (คิดเป็น 38.03%) จำนวน 188 ราย ดังแสดงในรูปที่ 1.13 กำลังการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาในโครงการโซล่าร์ภาคประชาชนปี 2562-2563 และรูปที่ 1.14 จำนวน (ราย) การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาในโครงการโซล่าร์ภาคประชาชนปี 2562-2563



ที่มา : กฟภ. และ กฟน.

รูปที่ 1.13 กำลังการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาในโครงการโซล่าร์ภาคประชาชนปี 2562-2563



ที่มา : กฟภ. และ กฟน.

รูปที่ 1.14 จำนวน (ราย) การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาในโครงการโซล่าร์ภาคประชาชนปี 2562-2563

3) ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนทุ่นลอย

การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยในประเทศไทยเริ่มต้นจากการสาธิตโครงการนำร่องผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนทุ่นลอยขนาด 249.6 กิโลวัตต์ที่อ่างเก็บน้ำ ณ เขื่อนสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี ต่อมาในแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561–2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 ได้กำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์บนทุ่นลอยร่วมกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำมีกำลังการผลิต 2,725 เมกะวัตต์ ซึ่ง สามารถเปิดใช้งานได้ในปี 2564 ซึ่งถือว่าเป็นโครงการพลังงานแสงอาทิตย์บนทุ่นลอยกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่ใหญ่ที่สุดในโลกบนมีพื้นที่ประมาณ 450 ไร่ โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดดับเบิลกลาส (Double glass) และทุ่นลอยน้ำชนิด HDPE (High density polyethylene) ซึ่งเป็นวัสดุชนิดเดียวกับท่อส่งน้ำประปาจึงเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและสัตว์น้ำ โครงการนี้จะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นสาเหตุของ

ภาวะโลกร้อนได้ประมาณ 47,000 ตัน/ปี หรือคิดเป็นพื้นที่ป่าประมาณ 37,600 ไร่ ดังรูปที่ 1.15

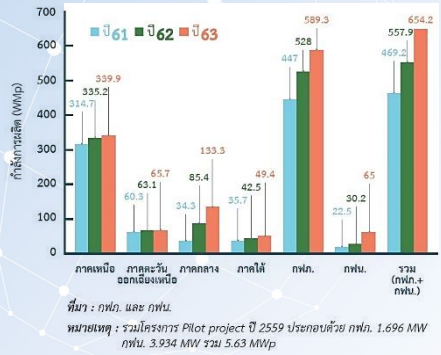
รูปที่ 1.15 ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยร่วมกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำ 45 เมกะวัตต์ (AC) ที่เขื่อนสิรินธร จ.อุบลราชธานี

1.4.2 การผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้งานเอง/จำหน่ายระหว่างเอกชน

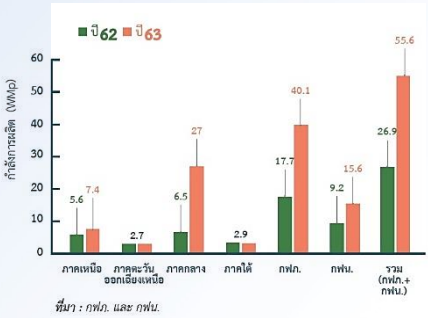
ปี 2561–2563 เริ่มมีการดำเนินการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาแบบไม่มีสัญญาการซื้อขายไฟฟ้ากับภาครัฐซึ่งเป็นการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้เองโดยเป็นส่วนใหญ่ ต่อมาเนื่องด้วยกลไกด้านราคาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีราคาลดลงมากและจูงใจให้เกิดการลงทุนเพื่อลดค่าใช้จ่ายของค่าไฟฟ้า ทำให้การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้งานเองได้เพิ่มจำนวนมากขึ้นและขยายเป็นการจำหน่ายไฟฟ้าในกลุ่มบริษัทที่เกี่ยวข้องกันอย่างต่อเนื่อง ในที่สุดจึงมีการซื้อขายไฟฟ้าระหว่างเอกชนกับเอกชน (Private PPA)

ข้อมูลปี 2563 พบว่ากำลังการผลิตสะสมของการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาเพื่อใช้เองมีขนาดรวม 733 เมกะวัตต์สูงสุด จากจำนวน 1,974 ราย ซึ่งแบ่งเป็น (ก) ระบบที่ติดตั้งบนหลังคาเพื่อใช้เอง กำลังผลิตสะสม 654.2 เมกะวัตต์สูงสุด จำนวน 1,883 ราย (ข) ระบบที่ติดตั้งบนหลังคาเพื่อจำหน่ายระหว่างเอกชน กำลังผลิตสะสม 55.6 เมกะวัตต์สูงสุด จำนวน 83 ราย (ค) ระบบที่ติดตั้งบนพื้นดินเพื่อจำหน่ายระหว่างเอกชน กำลังผลิตสะสม 8.6 เมกะวัตต์สูงสุด จำนวน 3 ราย และ (ง) ระบบที่ติดตั้ง

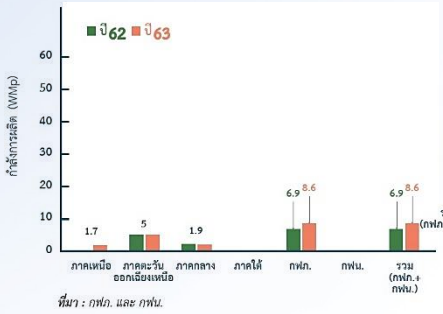
บนทุ่นลอยเพื่อจำหน่ายระหว่างเอกชน กำลังผลิตสะสม 14.6 เมกะวัตต์สูงสุด จำนวน 5 ราย ดังรูปที่ 1.16 และตารางที่ 1.11



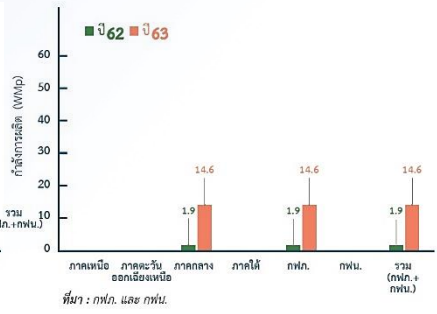
(ก) ระบบที่ติดตั้งบนหลังคาเพื่อใช้เอง



(ข) ระบบที่ติดตั้งบนหลังคาเพื่อจำหน่ายระหว่างเอกชน



(ค) ระบบที่ติดตั้งบนพื้นดินเพื่อจำหน่ายระหว่างเอกชน



(ง) ระบบที่ติดตั้งบนทุ่นลอยเพื่อจำหน่ายระหว่างเอกชน

รูปที่ 1.16 การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้เอง/จำหน่ายระหว่างเอกชน ปี 2561-2563

ตารางที่ 1.11 กำลังการผลิตสะสมการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้เอง/จำหน่าย ระหว่างเอกชนในปี 2563

ปี 2563		ภาคเหนือ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคกลาง	ภาคใต้	กฟภ.	กฟน.	รวม กฟภ. + กฟน.
ติดตั้งบนหลังคาเพื่อใช้เอง	กำลังการผลิต (MWp)	339.9	65.5	132.9	49.2	589.2*	65	654.2
	จำนวน (ราย)	474	243	292	182	1,218*	665	1,883
ติดตั้งบนหลังคาเพื่อจำหน่าย	กำลังการผลิต (MWp)	7.4	2.7	27	2.9	40.1	15.6	55.6
	จำนวน (ราย)	12	4	22	4	42	41	83
ติดตั้งบนพื้นดินเพื่อจำหน่าย	กำลังการผลิต (MWp)	1.7	5	1.9	-	8.6	-	8.6
	จำนวน (ราย)	1	1	1	-	3	-	3
ติดตั้งบนทุ่นลอยเพื่อจำหน่าย	กำลังการผลิต (MWp)	-	-	14.6	-	14.6	-	14.6
	จำนวน (ราย)	-	-	5	-	5	-	5
รวมทั้งหมด	กำลังการผลิต (MWp)	349	73.2	176.8	52.1	652.5	80.6	733
	จำนวน (ราย)	487	248	320	186	1,268	706	1,974

ที่มา : กฟภ., กฟน.

หมายเหตุ : *ติดตั้งบนหลังคาเพื่อใช้เอง รวม Pilot project ปี 2559 ประกอบด้วย กฟภ. 1.69 เมกะวัตต์ 27 ราย และ กฟน. 3.93 เมกะวัตต์สูงสุด 153 ราย

1.5 ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Off-grid) [3]

การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ จัดเป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบแรกที่เกิดขึ้นในประเทศไทย เพื่อการสาธิตการใช้งานและช่วยส่งเสริมคุณภาพชีวิตให้กับผู้ที่อยู่ห่างไกลเพราะในอดีต โครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าของประเทศไทยยังไม่ทั่วถึงทำให้ในบางพื้นที่ไม่มีสายส่งและระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า ในตารางที่ 1.12 แสดงการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระในหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งนี้การดำเนินงานโครงการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ ยังคงดำเนินมาอย่างต่อเนื่องโดย พพ. ซึ่งในปี 2563 มีจำนวน 2,589 ระบบ กำลังการผลิตสะสม 3,974.7 กิโลวัตต์สูงสุด และ พพ. โอนระบบให้หน่วยงานแล้วจำนวน 622 ระบบ กำลังการผลิตสะสม 912.2 กิโลวัตต์สูงสุด (ดังตารางที่ 1.13)

ตารางที่ 1.12 การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระในหน่วยงานต่าง ๆ

ลำดับ	หน่วยงาน	พ.ศ. 2561		พ.ศ. 2563	
		จำนวน (ระบบ)	กำลังการผลิต (kWp)	จำนวน (ระบบ)	กำลังการผลิต (kWp)
1	ศูนย์วิจัยและอบรมพลังงานแสงอาทิตย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร	4	3.6		
2	องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย	1	6	1	6
3	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	5	52.4	6[1]	67.4[1]
4	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งชาติ	5	142.8	25[2]	2.7.8[2]
5	กรมการพลังงานทหาร	167	641	382	941
6	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน	2,633	4,084.9	2,589	3,974.7
7	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน โอนให้หน่วยงาน	572	801.7	622	912.2
8	โครงการโซล่ารูฟฮม พ.ศ. 2548*	203,100*	24,388*	-	-
รวม		**206,487**	**30,120.4**	**3,625**	**6,109.1**

ที่มา : เจ้าของระบบ และ พพ.

หมายเหตุ : เป็นข้อมูลสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่ไม่รวมระบบไฟฟ้าส่องสว่าง

* ข้อมูลติดตั้งระบบ พ.ศ. 2548 และโอนระบบให้แก่กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น 1 ระบบ ผสมผสานแบบเคลื่อนย้ายได้ขนาด 60 กิโลวัตต์ ได้แก่ PV 15 กิโลวัตต์ กังหันลม 1 กิโลวัตต์ แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน 60 กิโลวัตต์ชั่วโมง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล 26 กิโลวัตต์ 2 ปี 2562 กำลังการผลิตรวม 65 กิโลวัตต์ 20 ระบบ ประกอบด้วย 1.5 กิโลวัตต์ จำนวน 10 ระบบ รวม 15 กิโลวัตต์ และระบบผสมผสาน PV 5 กิโลวัตต์ กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล จำนวน 10 ระบบ รวม 50 กิโลวัตต์

ตารางที่ 1.13 การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่ดำเนินการโดย พพ. ข้อมูลสะสม ณ ปี 2563

ชื่อโครงการ	ปี พ.ศ.	กำลังผลิตรวม (kWp) (จำนวนระบบ)	รื้อถอนระบบ (kWp) (จำนวนระบบ)	โอนระบบ (kWp) (จำนวนระบบ)	คงเหลือ (kWp) (จำนวนระบบ)
โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ	2542-2562	516.19 (1,068)	10 (19)	9.8 (10)	496.3 (1,039)
โรงเรียนชนบท โรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนและศูนย์การเรียนตำรวจตระเวนชายแดน	2545-2560	1,642.5 (423)	15 (4)	241.2 (58)	1,386 (361)
ศูนย์การเรียนชุมชนชาวไทยภูเขา "แม่ฟ้าหลวง"	2547-2560	384 (256)	-	303 (202)	81 (54)
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล	2546-2559	238 (111)	-	58 (30)	180 (81)
หน่วยงานในเขตพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติและเขตอุทยานแห่งชาติ	2549-2559	298 (92)	-	9 (3)	289 (89)
ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับหมู่บ้านในพื้นที่ชนบทห่างไกล	2546-2558	200 (100)	4 (2)	74 (37)	122 (61)

ชื่อโครงการ	ปี พ.ศ.	กำลังผลิตรวม (kWp) (จำนวนระบบ)	รื้อถอนระบบ (kWp) (จำนวนระบบ)	โอนระบบ (kWp) (จำนวนระบบ)	คงเหลือ (kWp) (จำนวนระบบ)
ระบบประจุแบตเตอรี่สำหรับหมู่บ้านระบบเชื่อมต่อสายส่งและสำนักงานพื้นที่	2536-2547	1,309.2 (387)	60 (3)	114 (34)	1,135.2 (350)
ฐานปฏิบัติการทางทหารและตำรวจตระเวนชายแดน	2545-2557	388.38 (802)	-	103.1 (248)	285.2 (554)
จำนวนรวมทั้งสิ้น		**4,976.26 (3,239)**	**89 (28)**	**912.2 (622)**	**3,974.7 (2,589)**

ที่มา : พพ.

นอกจากนี้การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระสามารถปรับรูปแบบการใช้งานมาเป็นการรวมศูนย์ได้ เช่น ระบบสูบน้ำเฉพาะจุดซึ่งกระจายไปหลาย ๆ ตำแหน่ง เมื่อนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาติดตั้งเป็นระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ปริมาณมากขึ้นและใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าสูงขึ้นได้ เช่น โครงการไมโครกริดจากเซลล์แสงอาทิตย์เดิมในพื้นที่โป่งลึก-บางกลอย อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี ขนาดระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 132.6 กิโลวัตต์สูงสุด ระบบแบตเตอรี่ขนาด 128 กิโลวัตต์ชั่วโมง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล 100 กิโลวัตต์ ดำเนินงานโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีโดยรวบรวมแผงเซลล์แสงอาทิตย์เดิมจากโครงการต่างๆ ดังนี้

(1) ขนาด 102 กิโลวัตต์สูงสุด ติดตั้งโดย กอ.รมน.

(2) ขนาด 4.8 กิโลวัตต์สูงสุด ของศูนย์ศิลปาชีพ บ้านบางกลอย - โป่งลึก

(3) ขนาด 8.1 กิโลวัตต์สูงสุด ของโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดน

(4) ขนาด 5.6 กิโลวัตต์สูงสุด ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลสำหรับประปาหมู่บ้าน

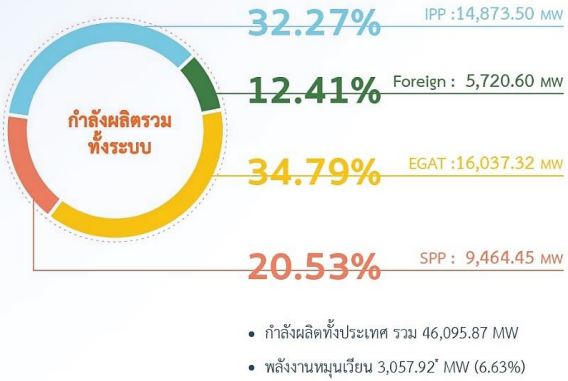
(5) ขนาด 15.3 กิโลวัตต์สูงสุด ของกรมชลประทาน (บ้านโป่งลึก) สำหรับสูบน้ำเพื่อการเกษตร

(6) ขนาด 15.3 กิโลวัตต์สูงสุด ของกรมชลประทาน (บ้านบางกลอย) สำหรับสูบน้ำเพื่อการเกษตร

(7) ระบบอื่นๆ รวม 16.5 กิโลวัตต์สูงสุด

1.6 สถิติพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย [3]

ประเทศไทยมีไฟฟ้าที่ผลิตโดยกำลังผลิตไฟฟ้าในระบบ 46,095.87 เมกะวัตต์ (ข้อมูล 31 พฤษภาคม 2564) ประกอบด้วยไฟฟ้าที่ผลิตโดย กฟผ. สัดส่วน 34.79% ผู้ผลิตไฟฟ้า IPP สัดส่วน 32.27% ผู้ผลิตไฟฟ้า SPP สัดส่วน 20.53% และการซื้อไฟฟ้าจากต่างประเทศมีสัดส่วน 12.41% นอกจากนี้มีกำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเฉพาะของ กฟผ. 3,057.92 เมกะวัตต์ หากนำมาคิดรวมกำลังผลิตไฟฟ้าในระบบคิดเป็นสัดส่วน 6.63% โดยที่ยังไม่คิดพลังงานหมุนเวียน VSPP ซึ่ง กฟภ. และ กฟน. ทำหน้าที่ดูแลการรับซื้อไฟฟ้าและการอนุญาตให้เชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า ดังรูปที่ 1.17



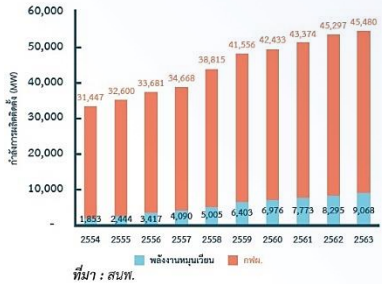
ที่มา : กฟผ.

ข้อมูล ณ วันที่ 31 พฤษภาคม 2564

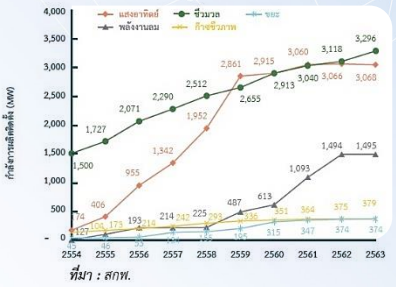
รูปที่ 1.17 กำลังผลิตไฟฟ้ารวมในระบบ

1) ภาพรวมรายปีการผลิตไฟฟ้าและการใช้งาน

ปี 2554–2563 กำลังผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยเพิ่มขึ้นตามการพัฒนาด้านเศรษฐกิจของประเทศ โดยในปี 2558 มีกำลังผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 10% ในขณะที่จากปีที่ผ่าน ๆ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.2% และในช่วงปี 2559-2563 กำลังผลิตไฟฟ้าในระบบเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 3.7% ส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในปี 2554–2563 เพิ่มขึ้นเฉลี่ยอยู่ที่ 15.8% (รูปที่ 1.18 ก) ทั้งนี้การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มีกำลังการผลิตอย่างต่อเนื่องและมีบทบาทสำคัญในการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนของประเทศอยู่ในอันดับต้นคู่กับพลังงานจากชีวมวล (รูปที่ 1.18 ข)



(ก) กำลังผลิตไฟฟ้าในระบบและพลังงานหมุนเวียน



(ข) กำลังผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน

รูปที่ 1.18 กำลังผลิตไฟฟ้าในระบบและพลังงานหมุนเวียนปี 2554–2563

รูปที่ 1.19 การใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคส่วนต่าง ๆ ปี 2554–2563

ส่วนการใช้ไฟฟ้าในภาคส่วนต่าง ๆ พบว่าการใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่อยู่ในภาคอุตสาหกรรม ภาคธุรกิจ และบ้านอยู่อาศัย (รูปที่ 1.19) ซึ่งในปี 2554–2563 พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรมลดลงมีค่าเฉลี่ยอยู่ 1.5% มีแนวโน้มสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของกำลังการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในภาคอุตสาหกรรม ในขณะที่บ้านอยู่อาศัยใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.9%

1.7 มาตรการส่งเสริมและการสนับสนุนที่ผ่านมา [3]

แผน AEDP2018 ให้ความสำคัญในการส่งเสริมการผลิตพลังงานจากพลังงานทางเลือกที่มีอยู่ภายในประเทศ โดยการพัฒนาศักยภาพการผลิตและการใช้พลังงานทางเลือกด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อสร้างการเติบโตให้คุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมที่ดีซึ่งแผนนี้กำหนดเป็นกรอบแนวทางการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกให้สอดคล้องไปกับแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศ แผนอนุรักษ์พลังงาน แผนการจัดหาก๊าซธรรมชาติของไทย และแผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อให้การพัฒนาพลังงานของประเทศไทยมีความมั่นคงอย่างยั่งยืน

ทั้งนี้ AEDP2018 ได้เพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายที่ 30% ในปี พ.ศ. 2580 ประกอบด้วยพลังงานไฟฟ้าความร้อนและเชื้อเพลิงชีวภาพ โดยที่กำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนจะมีกำลังผลิตตามสัญญา 18,696 เมกะวัตต์ คิดเป็นสัดส่วน 34.23% ของความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งประเทศ โดยที่กำลังผลิตส่วนใหญ่คือพลังงานแสงอาทิตย์ 9,290 เมกะวัตต์ คิดเป็นสัดส่วน 50% ของพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกทั้งหมด หากรวมกับพลังงานแสงอาทิตย์ทุ่นลอยน้ำร่วมกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำ 2,725.25 เมกะวัตต์ ที่สัดส่วน 15% ของพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกทั้งหมดจะทำให้มีกำลังผลิตรวมเป็น 12,015 เมกะวัตต์ คิดเป็นสัดส่วน 65% ของพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกทั้งหมด

การพัฒนาด้านพลังงานของประเทศไทยมีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยตระหนักถึงความมั่นคงด้านพลังงานให้มีเพียงพอในทุกภูมิภาค

ของประเทศ รูปที่ 1.20 แสดงวิวัฒนาการของแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกของประเทศไทย จากแผนพัฒนาพลังงานทดแทนปี 2550-2565 มาถึงแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกปี 2561-2580 ซึ่งกำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์รวมทั้งสิ้นเป็น 12,139 เมกะวัตต์ ในปี 2580 ทั้งนี้ปี 2562-2563 นโยบายของภาครัฐเน้นการส่งเสริมให้ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาหรือโซลาร์รูฟ อย่างเสรีตามแผนปฏิรูปพลังงานของประเทศไทย ซึ่งในภาคอุตสาหกรรม ก็ได้มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาเพื่อลดต้นทุนของค่าไฟฟ้า ทำให้การเติบโตของการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ขยายจากตลาดที่ภาครัฐรับซื้อไฟฟ้าไปยังภาคเอกชนผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้เองและ/หรือเพื่อจำหน่าย

รูปที่ 1.20 วิวัฒนาการของแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกของประเทศไทย

นอกจากนี้ ภาครัฐยังคงส่งเสริมการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์อย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2564 มีการกำหนดแนวทางการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับกลุ่มโรงเรียน สถานศึกษา โรงพยาบาล และสูบน้ำเพื่อการเกษตร (โครงการนำร่อง) พ.ศ. 2564 ซึ่งเป็นไปตามมติ กพช. เมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2563 โดยมีกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการจัดหาไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา ตามระเบียบสำนักงาน กกพ. ที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เมื่อวันที่ 14 พฤษภาคม 2564 กำหนดให้ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง > 10 กิโลวัตต์สูงสุด แต่น้อยกว่า 200 กิโลวัตต์สูงสุด ซึ่งเป็นสัญญาซื้อขายไฟฟ้า Non-Firm ในครั้งนี้มีปริมาณการรับซื้อไฟฟ้า 50 เมกะวัตต์สูงสุด ให้ราคารับซื้อไฟฟ้าส่วนเกิน ที่จำหน่ายไฟฟ้าเข้าระบบในอัตรา 1.00 บาทต่อหน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) ระยะเวลาไม่เกิน 10 ปี และกำหนดวัน SCOD ภายใน 31 ธันวาคม 2564 ดังรูปที่ 1.21

ที่มา : สำนักงาน กกพ.

รูปที่ 1.21 โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา : สำหรับกลุ่มโรงเรียน สถานศึกษา โรงพยาบาล และสูบน้ำเพื่อการเกษตร (โครงการนำร่อง) พ.ศ. 2564

1. โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย (โซล่าร์ภาคประชาชน)

มติของ กพช. เมื่อวันที่ 24 มกราคม 2561 เห็นชอบให้มีการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าโซล่าร์ภาคประชาชน ต่อมามีระเบียบคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน ว่าด้วยการจัดหาไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับภาคประชาชน พ.ศ. 2562 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 21 พฤษภาคม 2562 โดยเป็นการติดตั้งสำหรับบ้านอยู่อาศัยขนาดไม่เกิน 10 กิโลวัตต์สูงสุด/ครัวเรือน จำนวน 100 เมกะวัตต์สูงสุด เพื่อผลิตไฟฟ้าใช้เองเป็นหลักโดยไฟฟ้าส่วนที่เหลือสามารถขายให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายที่อัตรารับซื้อไฟฟ้า 1.68 บาท/หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) ระยะเวลา 10 ปี โดยในปี 2562-2563 มีกำลังการผลิตติดตั้งสะสมรวมทั้งสิ้น 2.6 เมกะวัตต์สูงสุด โดยที่อยู่ในพื้นที่ของ กฟน. 1.6 เมกะวัตต์สูงสุด คิดเป็น 61.5% และอยู่ในพื้นที่ของ กฟภ. 1 เมกะวัตต์สูงสุด คิดเป็น 38.4% โดยพบว่ามีแนวโน้มของการติดตั้งเพิ่มขึ้น

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคามีจุดเด่นคือสามารถเปลี่ยนหลังคาบ้านให้เป็นแหล่งพลังงานของบ้าน ซึ่งภาครัฐได้ตระหนักและให้ความสำคัญจึงส่งเสริมให้ภาคประชาชนมีแหล่งผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสม และได้ปรับอัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนเหลือเป็น 2.20 บาท/หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) ในระยะเวลา 10 ปี มีผลตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2564 ตามประกาศของคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานเมื่อวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2564 มีเป้าหมายการรับซื้อ 50 เมกะวัตต์สูงสุด โดยแบ่งเป็นพื้นที่ กฟน. 15 เมกะวัตต์สูงสุด และในพื้นที่ กฟภ. 35 MWp เพื่อส่งเสริมให้การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาในภาคประชาชนเพิ่มขึ้น ข้อควรรู้สำหรับการสมัครเข้าโครงการ “โซล่าร์ภาคประชาชน” ดังรูปที่ 1.22 และ การจดแจ้งยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตการผลิตไฟฟ้าในโครงการ “โซล่าร์ภาคประชาชน” ดังรูปที่ 1.23

ที่มา : สำนักงาน กกพ.

รูปที่ 1.22 ข้อควรรู้สำหรับการสมัครเข้าโครงการ "โซล่าร์ภาคประชาชน"

ที่มา : สำนักงาน กกพ.

รูปที่ 1.23 การจดแจ้งยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตการผลิตไฟฟ้าในโครงการ "โซล่าร์ภาคประชาชน"

2. การส่งเสริมการลงทุนในอุตสาหกรรมพลังงานแสงอาทิตย์ของบีโอไอ (BOI)

ข้อมูลการส่งเสริมการลงทุนในปี 2562 และ 2563 (สถิติขั้นขอรับการส่งเสริมการลงทุน) และมาตรการส่งเสริมการลงทุนในอุตสาหกรรมพลังงานแสงอาทิตย์

2.1 กิจการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์และวัตถุดิบสำหรับการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์

รายละเอียด	ปี 2562	ปี 2563
จำนวน (โครงการ)	-	2
กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)	-	Solar Cell: 1,200 MW
เงินลงทุน (ล้านบาท)	-	351

2.2 กิจการประกอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar module) และโครงการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ร่วมกับแผงแสงอาทิตย์ เช่น Battery และ Inverter เป็นต้น

2.2.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar module)

รายละเอียด	ปี 2562	ปี 2563
จำนวน (โครงการ)	-	3
กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)	-	1,858
เงินลงทุน (ล้านบาท)	-	1,814.8

2.2.2 แบตเตอรี่สำหรับกักเก็บพลังงาน (รวมแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า)

รายละเอียด	ปี 2562	ปี 2563
จำนวน (โครงการ)	1	-
กำลังการผลิต (ชิ้น/ปี)	แบตเตอรี่ลิเธี่ยมไอออน 50,000 ชิ้น/ปี (แบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า)	-
เงินลงทุน (ล้านบาท)	510	-

2.2.3 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

รายละเอียด	ปี 2562	ปี 2563
จำนวน (โครงการ)	1	1
กำลังการผลิต (ชุด/ปี หรือ ชิ้น/ปี)	Power Conditioning System* 30 ชุด/ปี	PV Inverter 22,080 ชิ้น/ปี
เงินลงทุน (ล้านบาท)	77.46	155

ที่มา : บีโอไอ

หมายเหตุ : *Power conditioning system (PCS) เป็นอุปกรณ์รับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์และปรับกระแสไฟฟ้าให้มีความเสถียร

2.3 กิจการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (เฉพาะการส่งเสริมภายใต้ประเภทกิจการ 7.1.1.2) สถิติในขั้นตอนขอรับการส่งเสริม

	ปี 2562	ปี 2563
(ก) การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดิน (Solar farm)		
จำนวน (โครงการ)	11	15
กำลังการผลิตติดตั้ง (เมกะวัตต์สูงสุด)	60.56	321.42
เงินลงทุน (ล้านบาท)	2,293.6	11,508.9
กำลังการผลิตติดตั้งรวม* (เมกะวัตต์สูงสุด)	64.32	324.65
จำนวนรวม* (โครงการ)	12	17
(ข) การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอย (Solar floating)		
จำนวน (โครงการ)	17	5
กำลังการผลิตติดตั้ง (เมกะวัตต์สูงสุด)	55.36	15.36
เงินลงทุน (ล้านบาท)	1,875.6	426.7
กำลังการผลิตติดตั้งรวม* (เมกะวัตต์สูงสุด)	57.32	15.46
จำนวนรวม* (โครงการ)	20	6

	ปี 2562	ปี 2563
(ค) การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar rooftop)		
จำนวน (โครงการ)	179	222
กำลังการผลิตติดตั้ง (เมกะวัตต์สูงสุด)	162.22	243.23
เงินลงทุน (ล้านบาท)	4,455	5,860.30
กำลังการผลิตติดตั้งรวม* (เมกะวัตต์สูงสุด)	167.41	244.83
จำนวนรวม* (โครงการ)	178	225
(ง) การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดิน/บนทุ่นลอย/บนหลังคา**		
จำนวน (โครงการ)	3	3
กำลังการผลิตติดตั้ง (เมกะวัตต์สูงสุด)	10.91	4.93
เงินลงทุน** (ล้านบาท)	290.9	124.7

ที่มา : บีโอไอ

หมายเหตุ : * รวมกำลังการผลิตติดตั้งและรวมจำนวนโครงการจากในข้อ (ง) ซึ่งแบ่งตามประเภทการติดตั้ง

** ไม่สามารถแยกเงินลงทุนสำหรับการติดตั้งแต่ละชนิดในโครงการเดียวกันได้เนื่องจากเป็นแผนการลงทุนรวม

ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลการขอรับการส่งเสริมการลงทุนกิจการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ในปี 2562 และ 2563 ภายใต้ประเภทกิจการ 7.1.1.2 กิจการผลิตไฟฟ้าหรือพลังงานไฟฟ้าและไอน้ำจากพลังงานหมุนเวียน เช่น แสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ เป็นต้น ยกเว้นขยะ หรือเชื้อเพลิงจากขยะ โดยไม่รวมการขอรับการส่งเสริมการลงทุนตามมาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานทดแทน

2.4 มาตรการส่งเสริมการลงทุนในอุตสาหกรรมพลังงานแสงอาทิตย์ของบีโอไอที่กำลังดำเนินการในปัจจุบัน

สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ได้ให้การส่งเสริมการลงทุนในอุตสาหกรรมพลังงานแสงอาทิตย์ โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) การผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

1.1) การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์และวัตถุดิบสำหรับการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ จะให้การส่งเสริมการลงทุนในประเภท 5.4.2 กิจการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์และ/หรือวัตถุดิบสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ ตามบัญชีแนบท้ายประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนที่ 2/2557 เรื่องนโยบายและหลักเกณฑ์การส่งเสริมการลงทุน ลงวันที่ 3 ธันวาคม 2557 โดยมีเงื่อนไขและสิทธิและประโยชน์ดังนี้

<u>เงื่อนไข</u>

- ขนาดการลงทุนไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียนไม่น้อยกว่า 1 ล้านบาท ยกเว้นโครงการลงทุนของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ต้องมีขนาดลงทุนไม่น้อยกว่า 500,000 บาท โดยไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียน
- กรณีการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ ต้องมีกรรมวิธีการผลิตและ Energy yield ตามที่คณะกรรมการให้ความเห็นชอบ

<u>สิทธิและประโยชน์กลุ่ม A2</u>

- ยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล 8 ปี โดยกำหนดสัดส่วนการได้รับยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล ร้อยละ 100 ของเงินลงทุนไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียน (เพิ่มเป็นร้อยละ 200 กรณี SMEs)
- ยกเว้นอากรขาเข้าเครื่องจักรใหม่ตลอดระยะเวลาที่ได้รับการส่งเสริม
- ยกเว้นอากรขาเข้าสำหรับวัตถุดิบหรือวัสดุจำเป็นสำหรับส่วนที่ผลิตเพื่อการส่งออก

- สิทธิและประโยชน์ที่มิใช่ภาษีอากร เช่น วีซ่าและใบอนุญาตทำงานสำหรับผู้ชำนาญการต่างประเทศ และการถือกรรมสิทธิ์ที่ดินตลอดระยะเวลาที่ได้รับการส่งเสริมการลงทุนสำหรับบริษัทต่างชาติ เป็นต้น

1.2) การประกอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar module) และโครงการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น Battery และ Inverter จะให้การส่งเสริมการลงทุนได้ตามประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนที่ 2/2557 เรื่องนโยบายและหลักเกณฑ์การส่งเสริมการลงทุน ลงวันที่ 3 ธันวาคม 2557 ดังนี้

1.2.1) Solar module และ Inverter จะให้การส่งเสริมการลงทุนได้ในประเภท 5.4.8 กิจการการผลิตชิ้นส่วนและ/หรือ อุปกรณ์สำหรับระบบที่ใช้ประโยชน์จากเซลล์แสงอาทิตย์โดยมีเงื่อนไขและสิทธิและประโยชน์ดังนี้

<u>เงื่อนไข</u>

- ขนาดการลงทุนไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียนไม่น้อยกว่า 1 ล้านบาท ยกเว้นโครงการลงทุนของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ต้องมีขนาดลงทุนไม่น้อยกว่า 500,000 บาท โดยไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียน

<u>สิทธิและประโยชน์กลุ่ม A3</u>

- ยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล 5 ปี โดยกำหนดสัดส่วนการได้รับยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล ร้อยละ 100 ของเงินลงทุนไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียน (เพิ่มเป็นร้อยละ 200 กรณี SMEs)

- ยกเว้นอากรขาเข้าเครื่องจักรใหม่ตลอดระยะเวลาที่ได้รับการส่งเสริม

- ยกเว้นอากรขาเข้าสำหรับวัตถุดิบหรือวัสดุจำเป็นสำหรับส่วนที่ผลิตเพื่อการส่งออก

- สิทธิและประโยชน์ที่มิใช่ภาษีอากร เช่น วีซ่าและใบอนุญาตทำงานสำหรับผู้ชำนาญการต่างประเทศ และการถือกรรมสิทธิ์ที่ดินตลอดระยะเวลาที่ได้รับการส่งเสริมการลงทุนสำหรับบริษัทต่างชาติ เป็นต้น

1.2.2) Battery จะให้การส่งเสริมการลงทุนได้ในประเภทต่อไปนี้

ตารางที่ 1.14 การส่งเสริมการลงทุนในการผลิตอุปกรณ์แบตเตอรี่สำหรับรถยนต์และจัดเก็บพลังงานไฟฟ้า

ประเภทกิจการ	เงื่อนไข	สิทธิและประโยชน์
4.8.3 กิจการผลิตอุปกรณ์สำหรับรถยนต์ Hybrid, Battery electric vehicles (BEV) และ Plug-in hybrid electric vehicles (PHEV)		
4.8.3.1 กิจการผลิตแบตเตอรี่	1. กรณีมีขั้นตอนการผลิต Cell 2. กรณีมีขั้นตอนการผลิต Module 3. กรณีมีขั้นตอนการ Pack assembly เท่านั้น	A1 A2 A3
5.2.6 กิจการผลิตอุปกรณ์จัดเก็บพลังงานไฟฟ้าที่มีความจุสูง (High density energy storage)		
5.2.6.1 กิจการผลิตแบตเตอรี่ (High energy density battery)	ต้องมีคุณสมบัติ Specific power และจำนวนรอบการอัดประจุไฟฟ้าตามที่คณะกรรมการให้ความเห็นชอบ 1. กรณีมีขั้นตอนการผลิต Cell 2. กรณีมีขั้นตอนการผลิต Module 3. กรณีมีขั้นตอน Pack assembly เท่านั้น	 A1 A2 A3
5.2.6.2 Supercapacitor	ต้องมีคุณสมบัติ Specific energy และจำนวนรอบการอัดประจุไฟฟ้าตามที่คณะกรรมการให้ความเห็นชอบ	A2

เงื่อนไข

- ขนาดการลงทุนไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียนไม่น้อยกว่า 1 ล้านบาท ยกเว้นโครงการลงทุนของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ต้องมีขนาดลงทุนไม่น้อยกว่า 500,000 บาท โดยไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียน

สิทธิและประโยชน์กลุ่ม A1, A2 และ A3 (ตามตารางที่ 1.14)

- A1: ยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล 8 ปี โดยไม่กำหนดสัดส่วนการได้รับยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล

- A2: ยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล 8 ปี โดยกำหนดสัดส่วนการได้รับยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลร้อยละ 100 ของเงินลงทุนไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียน (เพิ่มเป็นร้อยละ 200 กรณี SMEs)

- A3: ยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล 5 ปี โดยกำหนดสัดส่วนการได้รับยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลร้อยละ 100 ของเงินลงทุนไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียน (เพิ่มเป็นร้อยละ 200 กรณี SMEs)

- ยกเว้นอากรขาเข้าเครื่องจักรใหม่ตลอดระยะเวลาที่ได้รับการส่งเสริม

- ยกเว้นอากรขาเข้าสำหรับวัตถุดิบหรือวัสดุจำเป็นสำหรับส่วนที่ผลิตเพื่อการส่งออก

- สิทธิและประโยชน์ที่มิใช่ภาษีอากร เช่น วีซ่าและใบอนุญาตทำงานสำหรับผู้ชำนาญการต่างประเทศ และการถือกรรมสิทธิ์ที่ดินตลอดระยะเวลาที่ได้รับการส่งเสริมการลงทุนสำหรับบริษัทต่างชาติ เป็นต้น

2) การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ จะให้การส่งเสริมการลงทุนในประเภท 7.1.1.2 กิจการผลิตพลังงานไฟฟ้า หรือ พลังงานไฟฟ้าและไอน้ำ จากพลังงานหมุนเวียน ตามบัญชีแนบท้ายประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนที่2/2557 เรื่อง นโยบายและหลักเกณฑ์การส่งเสริมการลงทุน ลงวันที่ 3 ธันวาคม 2557 โดยมีเงื่อนไขและสิทธิและประโยชน์ดังนี้

เงื่อนไข

- ขนาดการลงทุนไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียนไม่น้อยกว่า 1 ล้านบาท ยกเว้นโครงการลงทุนของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ต้องมีขนาดลงทุนไม่น้อยกว่า 500,000 บาท โดยไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียน

- จะต้องได้รับความเห็นชอบจากหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้อง เช่น ได้รับความเห็นชอบการก่อสร้างโรงไฟฟ้าจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่โรงไฟฟ้าตามโครงการ ได้รับอนุญาตการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าจากการไฟฟ้า ได้รับใบอนุญาตเพื่อประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า และจัดทำรายงานด้าน สิ่งแวดล้อม เป็นต้น ทั้งนี้ จะต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดโดยกฎหมายของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

- ในขั้นขอรับการส่งเสริมการลงทุน จะต้องแนบสำเนาเอกสารสัญญาซื้อขายไฟฟ้า (PPA: Power purchase agreement) กับการไฟฟ้า หรือบริษัทเอกชนซึ่งเป็นคู่สัญญา

สิทธิและประโยชน์กลุ่ม A2

- ยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล 8 ปี โดยกำหนดสัดส่วนการได้รับยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล ร้อยละ 100 ของเงินลงทุนไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียน (เพิ่มเป็นร้อยละ 200 กรณี SMEs)

- ยกเว้นอากรขาเข้าเครื่องจักรใหม่เป็นระยะเวลาไม่เกิน 30 เดือน นับแต่วันที่ได้รับบัตรส่งเสริม ทั้งนี้ จะพิจารณาขยายระยะเวลาให้ตามความเหมาะสม

- สิทธิและประโยชน์ที่มิใช่ภาษีอากร เช่น วีซ่าและใบอนุญาตทำงานสำหรับผู้ชำนาญการต่างประเทศ และการถือกรรมสิทธิ์ที่ดินตลอดระยะเวลาที่ได้รับการส่งเสริมการลงทุนสำหรับบริษัทต่างชาติ เป็นต้น

นอกจากนี้ หากโครงการตามข้อ 1) และ 2) ตั้งอยู่ในเขตส่งเสริมการลงทุน เช่น พื้นที่ชายแดนใต้ เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC) หรือ 20 จังหวัดที่มีรายได้ต่อหัวต่ำ ก็จะได้รับสิทธิและประโยชน์เป็นพิเศษเพิ่มเติม

3) การปรับปรุงประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานทดแทน ด้วยการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้เองในกิจการที่ดำเนินการอยู่เดิม ซึ่งเป็นมาตรการพิเศษภายใต้ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนที่ 1/2564 เรื่องมาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพ โดยมีเงื่อนไขและสิทธิและประโยชน์ดังนี้

เงื่อนไข

- มาตรการนี้บังคับใช้กับกิจการที่ดำเนินการอยู่แล้ว ไม่ว่าจะได้รับส่งเสริมหรือไม่ก็ตาม โดยต้องเป็นประเภทกิจการที่คณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนประกาศให้การส่งเสริมการลงทุนในขณะยื่นขอรับการส่งเสริม

- โครงการที่ได้รับการส่งเสริมการลงทุนอยู่เดิมสามารถยื่นขอรับการส่งเสริมภายใต้มาตรการนี้ได้ เมื่อสิทธิและประโยชน์การยกเว้นหรือลดหย่อนภาษีเงินได้นิติบุคคลนั้นสิ้นสุดลงแล้ว หรือเป็นโครงการที่ไม่ได้รับยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลยกเว้นประเภทกิจการที่มีนโยบายเฉพาะที่ไม่ให้สิทธิและประโยชน์ตามที่สำนักงานกำหนด

- ต้องมีขนาดการลงทุนสำหรับการลงทุนในการปรับปรุงประสิทธิภาพไม่น้อยกว่า 1 ล้านบาท โดยไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียน ยกเว้นโครงการลงทุนของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ต้องมีขนาดลงทุนไม่น้อยกว่า 500,000 บาท โดยไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียน

- ต้องมีการลงทุนปรับเปลี่ยนเครื่องจักร เพื่อให้เกิดการนำพลังงานทดแทนมาใช้ในกิจการในสัดส่วนตามที่กำหนด เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานทั้งสิ้น

- จะต้องยื่นคำขอรับการส่งเสริมการลงทุนภายในวันที่ 30 ธันวาคม 2565 และจะต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จภายใน 3 ปี นับจากวันที่ออกบัตรส่งเสริม

สิทธิและประโยชน์

- ยกเว้นอากรขาเข้าเครื่องจักรใหม่เป็นระยะเวลาไม่เกิน 36 เดือน นับแต่วันที่ได้รับบัตรส่งเสริม

- ให้ได้รับยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล 3 ปี เป็นสัดส่วนร้อยละ 50 ของเงินลงทุนโดยไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียนในการปรับปรุง ทั้งนี้ ให้ได้รับยกเว้นภาษีเงินได้

นิติบุคคลจากรายได้ของกิจการที่ดำเนินการอยู่เดิม โดยระยะเวลายกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลให้นับจากวันที่มีรายได้ภายหลังได้รับบัตรส่งเสริม

3. โครงการผลิต Solar cell โครงการประกอบ Solar panal และโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับการส่งเสริมจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ที่ผ่านมา [4]

ข้อมูลการส่งเสริมในปี พ.ศ. 2547-2560 มีโครงการผลิต Solar cell และนำไปประกอบเป็น Solar panal ที่ได้รับอนุมัติการส่งเสริม จำนวนทั้งสิ้น 17 โครงการ กำลังผลิตไฟฟ้ารวม 4,345 เมกะวัตต์ ข้อมูลดังตารางที่ 1.15

ตารางที่ 1.15 โครงการผลิต Solar cell และโครงการประกอบ Solar panal ที่ได้รับการส่งเสริมจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ในปี พ.ศ. 2547-2560

พ.ศ.	จำนวนโครงการ	กำลังผลิต (เมกะวัตต์)	เงินลงทุน (ล้านบาท)
2547	2	30	500
2548	2	25	100
2549	2	40	2,400
2550	2	39	2,000
2551	1	30	1,800
2555	1	8	10
2556	-	-	-
2557	1	120	690
2558	2	53	91
2559	2	900	331
2560	2	3,100	1,650
รวม	**17**	**4,345**	**9,572**

ที่มา : บีโอไอ

ข้อมูลปี พ.ศ. 2554-2560 มีโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ประเภท Solar farm ที่ได้รับการส่งเสริม กำลังผลิตไฟฟ้ารวม 2,626.5 เมกะวัตต์ และประเภท Solar rooftop ที่ได้รับการส่งเสริม กำลังผลิตไฟฟ้ารวม 126.5 เมกะวัตต์ ข้อมูลดังตารางที่ 1.16

ตารางที่ 1.16 โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับการส่งเสริมจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ในปี พ.ศ. 2554-2560

พ.ศ.	Solar farm		Solar rooftop	
	กำลังผลิต (เมกะวัตต์)	เงินลงทุน (ล้านบาท)	กำลังผลิต (เมกะวัตต์)	เงินลงทุน (ล้านบาท)
2554	541.4	63,742	-	-
2555	621.5	57,073	-	-
2556	139.0	18,661	6.2	62
2557	1.0	80	70.8	4,053
2558	1,065.5	69,958	7.9	489
2559	241.6	19,453	6.2	266
2560	16.5	785	35.4	1,288
รวม	**2,626.5**	**229,752**	**126.5**	**6,158**

ที่มา : บีโอไอ

หมายเหตุ : พ.ศ. 2559 และ พ.ศ. 2560 มีโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนทุ่นลอยน้ำจำนวน 1 และ 2 โครงการ กำลังผลิตรวม 2.5 เมกะวัตต์ เงินลงทุนรวมทั้งสิ้น 104 ล้านบาท

4. ยุทธศาสตร์ส่งเสริมการลงทุนในระยะ 5 ปี (พ.ศ. 2566-2570) [5]

ตามประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน ที่ 8/2565 เรื่อง นโยบายและหลักเกณฑ์การส่งเสริมการลงทุน และประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน ที่ 9/2565 เรื่องมาตรการส่งเสริมการลงทุนอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ ลงวันที่

8 ธันวาคม 2565 ซึ่งบังคับใช้กับคำขอที่ยื่นตั้งแต่วันที่ 3 มกราคม 2566 “ส่งเสริมการลงทุน เพื่อปรับโครงสร้างเศรษฐกิจไทยไปสู่เศรษฐกิจใหม่” โดยมีเป้าหมายหลักที่ต้องการปรับโครงสร้างเศรษฐกิจไทยให้บรรลุผล 3 ประการ ประกอบด้วย

- Innovative เป็นเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี นวัตกรรม และความคิดสร้างสรรค์

- Competitive เป็นเศรษฐกิจที่มีขีดความสามารถในการแข่งขัน สามารถปรับตัวได้เร็ว และสร้างการเติบโตสูง

- Inclusive เป็นเศรษฐกิจที่คำนึงถึงความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อมและสังคม รวมทั้งการสร้างโอกาส และลดปัญหาความเลื่อมล้ำ

สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ได้จัดทำคู่มือการขอรับการส่งเสริมการลงทุน 2566 ขึ้น เพื่อให้ความรู้เบื้องต้นในการขอรับการส่งเสริมการลงทุน ข้อมูลในเล่มประกอบด้วย สิทธิและประโยชน์ บัญชีประกอบกิจการที่ให้การส่งเสริมการลงทุนและประกาศที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งหลักเกณฑ์ที่สำคัญในการขอรับการส่งเสริม สามารถดาวน์โหลด คู่มือการขอรับการส่งเสริมการลงทุน 2566 ได้ที่ https://www.boi.go.th/upload/content/BOI_A_Guide_Web_Th.pdf

บทที่ 2
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะจักรวาล โลกเป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่งซึ่งเป็นบริวารของดวงอาทิตย์ ดวงอาทิตย์มีอิทธิพลต่อโลกและความเป็นอยู่ของมนุษย์มากที่สำคัญคือ ดวงอาทิตย์ทำให้สภาพภูมิศาสตร์ของโลกแตกต่างกัน คือ เขตร้อน เขตอบอุ่น เขตหนาว ดวงอาทิตย์ทำให้เกิดการหมุนเวียนของกระแสอากาศ ซึ่งได้แก่ ลม การหมุนเวียนของกระแสน้ำในมหาสมุทร กระแสน้ำอุ่น กระแสน้ำเย็น นอกจากนี้ดวงอาทิตย์ทำให้เกิดวัฏจักรของน้ำซึ่งมีผลต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม ดวงอาทิตย์นอกจากจะให้แสงสว่างแก่โลกแล้ว ยังให้พลังงานแก่โลกอีกด้วย ทั้งนี้ รายละเอียดที่สำคัญของพลังงานแสงอาทิตย์ และอิทธิพลที่มีต่อการดำเนินชีวิต จะได้แสดงตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

2.1 ดวงอาทิตย์

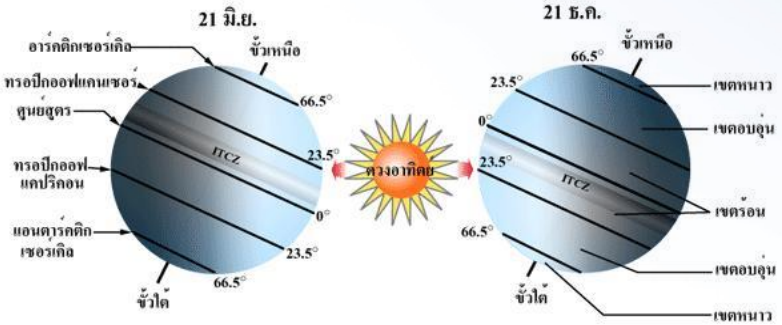
ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ที่สำคัญในระบบสุริยะจักรวาล เป็นดาวฤกษ์สีเหลือง อยู่ห่างจากโลกประมาณ 150 ล้านกิโลเมตร แสงจากดวงอาทิตย์ใช้เวลาเดินทางมาถึงโลกเพียง 8.3 นาที หรือ 499 วินาทีเท่านั้น ดวงอาทิตย์มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่กว่าโลก 109 เท่า มีปริมาตร 1,300,000 เท่าของโลก และมีมวล มากกว่าโลก 333,434 เท่า มีองค์ประกอบเป็นไฮโดรเจน 74% ฮีเลียม 25% และธาตุชนิดอื่น ๆ อีก 1% รายละเอียดข้อมูลจำเพาะของดวงอาทิตย์ แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลจำเพาะของดวงอาทิตย์ [6]

คาบการหมุนรอบตัวเอง	25.38 วันบนโลก
แกนเอียงกับระนาบโคจร	98 องศา
มวล	2×10^{27} ตัน หรือ 332,946 เท่าของโลก
เส้นผ่านศูนย์กลาง	1,391,980 กิโลเมตร (โลกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12,756 กิโลเมตร ที่เส้นศูนย์สูตร)
แรงโน้มถ่วง	27.90 เท่าของโลก
ความหนาแน่น	1 ต่อ 1.409 เมื่อเทียบกับน้ำ
ความสว่างสูงสุด	600,000 เท่าของความสว่างของดวงจันทร์

2.2 อิทธิพลของดวงอาทิตย์ที่มีต่อสภาพภูมิอากาศ

ดวงอาทิตย์มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และทำให้สภาพภูมิอากาศของโลกแตกต่างกัน แบ่งโลกออกเป็นเขตต่าง ๆ ได้แก่ เขตร้อน เขตอบอุ่น และเขตหนาว เขตร้อนจะได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ที่มีระยะทางสั้นที่สุด จึงทำให้ร้อนที่สุด ส่วนเขตอบอุ่น เขตหนาว ระยะของแสงจะยาวขึ้นไปตามลำดับ



รูปที่ 2.1 แกนของโลกเอียง 23.5° ทำให้เกิดเขตภูมิอากาศ

การเกิดเขตภูมิอากาศบนโลกนั้น เกิดจากการที่แกนหมุนของโลกเอียงทำมุม 23.5° กับเส้นตั้งฉากของระนาบการโคจรรอบดวงอาทิตย์ดังแสดงในรูปที่ 2.1 นอกจากนี้ การเคลื่อนที่รอบดวงอาทิตย์ของโลกผนวกกับการเอียงของแกนหมุนของโลก ทำให้เกิดการหมุนเวียนของกระแสอากาศ การที่ในแต่ละเขตได้รับแสงอาทิตย์และระบายความร้อนได้ไม่เท่ากัน เมื่ออากาศบางเขตได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ จะมีคุณสมบัติเบาขยายตัวลอยสูงขึ้น ขณะที่มวลอากาศเย็นจากเขตหรือบริเวณอื่น ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าจะเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่ มวลอากาศที่เย็นนี้เรียกว่า “ลม” หรือการหมุนเวียนของกระแสอากาศ ซึ่งโลกจะมีอุณหภูมิแตกต่างกันตามเขตร้อน เขตอบอุ่น เขตหนาว ดังที่กล่าวไว้ในตอนต้น โดยแต่ละเขตจะมีลมประจำปี คือ ลมมรสุม ลมตะวันตก ลมขั้วโลก ทั้งนี้ตามสถานที่เฉพาะถิ่นก็จะมีลมบก ลมทะเล ลมว่าว ลมตะเภา เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีลมภูเขา ลมบก ลมทะเล ซึ่งเกิดจากการรับความร้อนและการคายความร้อนไม่เท่ากันของพื้นที่รับแสงอาทิตย์ โดยคุณสมบัติของน้ำจะรับความร้อนช้าคายความร้อนเร็ว คุณสมบัติของดินจะรับความร้อนเร็วกว่าน้ำคายความร้อนช้ากว่าน้ำ คุณสมบัติของหินภูเขาจะรับความร้อนเร็วกว่าดินคายความร้อนเร็วกว่า

นอกจากนี้แล้ว ดวงอาทิตย์ยังเป็นปัจจัยหลักในวัฏจักรของน้ำที่หมุนเวียนในโลก ซึ่งจะหมุนเวียนกลับไปกลับมาระหว่างเป็นไอและของเหลว ซึ่งวัฏจักรของน้ำทำให้เกิดชีวิต เกิดฝน เกิดเมฆหมอก หยาดน้ำค้าง ไอน้ำในบรรยากาศ หรืออาจกล่าวได้ว่า วัฏจักรของน้ำทำให้เกิดชีวิตและสิ่งแวดล้อม วัฏจักรของน้ำเกิดจากน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์จะระเหยกลายเป็นไอ ซึ่งขณะที่บรรยากาศร้อนขยายตัวลอยขึ้นเบื้องบนจะพาไอน้ำไปด้วย และในเงื่อนไขของอุณหภูมิที่ต่าง ๆ กัน รวมทั้งสถานการณ์สิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เช่น ลม กระแสอากาศ จึงทำให้เกิดเมฆฝน กลั่นตัวกลับเป็นน้ำอีกครั้ง ทำให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนอง ลูกเห็บ เป็นต้น

2.3 พลังงานแสงอาทิตย์

2.3.1 แสงสว่างและความร้อน

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานทั้งทางตรงและทางอ้อม พลังงานที่ดวงอาทิตย์ให้กับโลกทางตรง คือ แสงสว่าง ซึ่งมีผลทำให้เกิดความร้อน สร้างความอบอุ่นให้กับโลก พลังงานทางอ้อม คือ ดวงอาทิตย์ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีพอยู่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พืชเจริญเติบโตโดยอาศัยการสังเคราะห์แสงจากแสงอาทิตย์ และมนุษย์ได้อาศัยพลังงานจากต้นไม้ เช่น ฟืน ถ่าน และเมื่อพืชและสัตว์ตายทับถมกันเป็นเวลานาน จะกลายเป็นถ่านหิน ปิโตรเลียม รวมทั้งการนำหลักการย่อยสลายของพืชมาทำเป็นก๊าซชีวภาพ ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะพลังงานในทางตรง คือ ความร้อนและแสงสว่างที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์

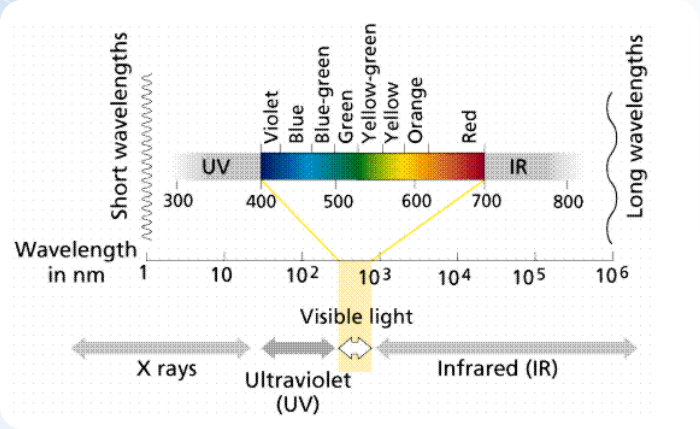
ดวงอาทิตย์ให้แสงสว่างแก่โลกโดยการแผ่รังสีเมื่อวัตถุต่าง ๆ บนผิวโลกได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและกระจายความร้อนออกมา ซึ่งอยู่ในรูปของรังสีอินฟราเรด เราจึงรู้สึกร้อน ขณะที่แสงอาทิตย์เดินทางมาถึงเรา ส่วนหนึ่งของแสงอาทิตย์จะเดินทางผ่านบรรยากาศที่หุ้มห่อโลกและมาสู่ดิน ทั้งอากาศ และน้ำ จะเป็นกับดักพลังงานความร้อน ต่อมา ดินและน้ำจะคายความร้อนให้อากาศ เราจึงรู้สึกร้อน อากาศจึงเป็นที่ดักความร้อนครั้งสุดท้ายของโลก

วัตถุต่าง ๆ บนผิวโลกจะมีคุณสมบัติในการรับความร้อนและคายความร้อนไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับระยะใกล้ ไกลจากดวงอาทิตย์ คือ ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ ได้แก่ เขตหนาว เขตร้อน เขตอบอุ่น ระยะเวลา คือ เวลากลางวัน กลางคืน เนื้อของวัตถุ เช่น ดิน หิน น้ำ จะรับความร้อนและคายความร้อนไม่เท่ากันทำให้ เกิดลมบก ลมทะเล เป็นต้น นอกจากนั้นสีของวัตถุจะมีคุณสมบัติในการรับและคายความร้อนต่างกันอีกด้วย

2.3.2 สเปกตรัมรังสีแสงอาทิตย์ (Solar radiation)

พลังงานแสงอาทิตย์ที่เดินทางมายังโลกนั้น ต้องผ่านบริเวณสุญญากาศ ทำให้การถ่ายเทความร้อนจากดวงอาทิตย์มายังโลกทำได้ด้วยการแผ่รังสีเท่านั้น (เพราะเป็นการถ่ายเทความร้อนแบบไม่มีตัวกลาง) ด้วยเหตุนี้พลังงานที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์จึงอยู่ในรูปรังสี โดยมีขนาดคลื่นต่าง ๆ กัน ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งการแผ่รังสีเป็นวิธีการหนึ่งในการ

เคลื่อนย้ายพลังงานจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่ง ช่วงคลื่นจากการแผ่รังสีมีตั้งแต่สั้นที่สุด คือ รังสีคอสมิกที่มีความยาว คลื่นเพียง 1 ในพันล้านไมครอน จนถึงรังสีที่ยาวมาก ๆ เช่น คลื่นวิทยุและคลื่นเสียงที่มีความยาวคลื่นเป็นกิโลเมตร รังสีจากดวงอาทิตย์แบ่งตามความยาวคลื่นออกเป็น 3 กลุ่มด้วยกัน [7] ได้แก่



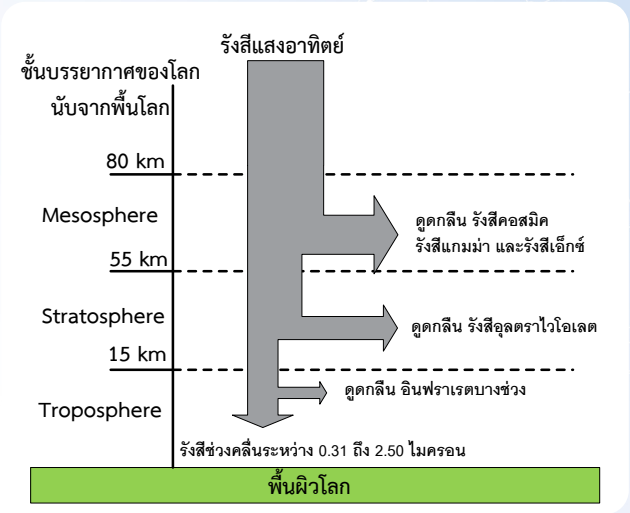
รูปที่ 2.2 ความยาวคลื่นของแสงอาทิตย์

1) รังสีอุลตราไวโอเลต เป็นรังสีคลื่นสั้นมากที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่าช่วงคลื่นสีม่วง คือ อยู่ในช่วงคลื่นตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.4 ไมครอน ประมาณ 9% ของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมดที่บรรยากาศของโลกได้รับจะตกอยู่ในช่วงคลื่นนี้

2) แสง เป็นรังสีคลื่นสั้นที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าอยู่ในช่วงคลื่นตั้งแต่ 0.4 ถึง 0.7 ไมครอน ประมาณ 41% ของพลังงานจากดวงอาทิตย์ ทั้งหมดที่บรรยากาศของโลกได้รับจะตกอยู่ในช่วงคลื่นนี้ แบ่งออกได้เป็นแถบสีม่วง (0.4-0.42) คราม (0.42-0.44) น้ำเงิน (0.44-0.49) เขียว (0.49-0.57) เหลือง (0.57-0.59) แสด (0.59-0.61) และแดง (0.61-0.7) หรือก็คือแถบของสีรุ้งนั้นเอง

3) รังสีอินฟราเรด เป็นรังสีคลื่นสั้นที่อยู่ในช่วงคลื่นตั้งแต่ 0.7 ถึง 4.0 ไมครอน ประมาณ 50% ของพลังงานจากดวงอาทิตย์ทั้งหมดที่บรรยากาศของโลก

ได้รับจะตกอยู่ในช่วงคลื่นนี้ รังสีจากดวงอาทิตย์ทั้งหมดดังกล่าวล้วนเป็นรังสีคลื่นสั้น นอกจากแสงแล้ว รังสีช่วงอื่นไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า



รูปที่ 2.3 การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์โดยบรรยากาศของโลก

ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่พื้นผิวโลกนั้นจะมีน้อยกว่านอกชั้นบรรยากาศ เนื่องจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกดูดกลืนโดยอะตอมและโมเลกุลของก๊าซ โดยช่วงอัลตราไวโอเลตถูกดูดกลืนด้วยอะตอมของออกซิเจน ไนโตรเจน โมเลกุลของออกซิเจน (O_2) โอโซน (O_3) และโมเลกุลของไนโตรเจน (N_2) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของบรรยากาศ ทำให้แสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านบรรยากาศจนถึงพื้นโลกแทบจะไม่มีคลื่นช่วงอัลตราไวโอเลต ในขณะที่ช่วงแสงอินฟราเรดจะถูกดูดกลืนโดยโมเลกุลของน้ำ (H_2O) และโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเกิดขึ้นในชั้นล่างของบรรยากาศ ภายในระยะทาง 50 กิโลเมตรจากพื้นโลก เป็นช่วงชั้นบรรยากาศที่มี H_2O และ CO_2 อยู่มาก พลังงานแสงช่วงอินฟราเรดที่ถูกดูดกลืนเกือบทั้งหมดทำให้บรรยากาศร้อน หรือทำให้พลังงานจลน์ของโมเลกุลอากาศสูงขึ้น และทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นด้วย

รายละเอียดการเปลี่ยนแปลงของรังสีจากดวงอาทิตย์ของแต่ละชั้นบรรยากาศในโลกมีดังนี้ รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาในบรรยากาศของโลกจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ แตกต่างกันไปในแต่ละชั้นบรรยากาศของโลก ดังแสดงในรูปที่ 2.3 เมื่อรังสีผ่านเข้าใกล้ชั้นบรรยากาศของโลก เมโซสเฟียร์ (ประมาณ 80 กิโลเมตรจากพื้นโลก) พวกรังสีคลื่นสั้นมาก ๆ ที่เป็นอันตรายต่อชีวิต เช่น รังสีคอสมิก รังสีแกมมา และรังสีเอ็กซ์ จะถูกดูดซับไว้เกือบหมด รวมทั้งบางส่วนของรังสีอุลตราไวโอเลตด้วย เมื่อมาถึงชั้นล่างของเมโซสเฟียร์ และชั้นสแตรทโตสเฟียร์ (ระดับประมาณ 15 ถึง 55 กิโลเมตรจากพื้นโลก) ซึ่งเป็นชั้นของโอโซน รังสีอุลตราไวโอเลตก็จะถูกดูดซับไว้เกือบหมดก่อนที่จะผ่านเข้ามาสู่ บรรยากาศชั้นโทรโปสเฟียร์ซึ่งเป็นชั้นที่อยู่ใกล้พื้นโลกมากที่สุด และในชั้นโทรโปสเฟียร์นี้ ไอน้ำในอากาศและ CO_2 ก็จะดูดซับรังสี อินฟราเรดบางช่วงไว้ ทำให้คุณภาพของพลังงานจากดวงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงไป รังสีคลื่นสั้นช่วง 0.1 ถึง 4.0 ไมครอน ที่แผ่มาถึงผิวบรรยากาศของโลก จะมีช่วงที่ตกมาถึงพื้นโลกจริง ๆ ในช่วงคลื่นระหว่าง 0.31 ถึง 2.5 ไมครอนเท่านั้น โดยรังสีที่ต่ำกว่า 0.31 ไมครอนที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตจะถูกแถบของโอโซนในบรรยากาศดูดซับไว้เกือบหมด ส่วนช่วงคลื่นที่ยาวกว่า 2.5 ไมครอน จะถูกไอน้ำและ CO_2 ดูดซับไว้ ซึ่งประมาณครึ่งหนึ่งของพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่เข้ามาถึงพื้นผิวโลกจึงอยู่ในช่วงคลื่นอินฟราเรดที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้

2.3.3 รังสีแสงอาทิตย์บนพื้นผิวโลก

รังสีอาทิตย์บนพื้นโลกที่ได้ผ่านกระบวนการดูดกลืนและการแผ่รังสีอาทิตย์โดยก๊าซในบรรยากาศของโลกเป็นผลให้สเปคตรัมแสงอาทิตย์เปลี่ยนไป โมเลกุลของก๊าซ ฝุ่นละอองและเมฆ ทำให้รังสีอาทิตย์กระจัดกระจาย (Scatter) และสะท้อน (Reflect) ในชั้นบรรยากาศและบนพื้นผิวของโลกทั้งนี้เราสามารถแบ่งประเภทของรังสีแสงอาทิตย์ตามทิศทางของแสงที่อยู่บนพื้นโลกได้ดังนี้

1) รังสีตรง (Beam or direct radiation) เป็นรังสีที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรงและตกบนผิวรับแสงบนพื้นโลกด้วยทิศทางที่แน่นอน ณ เวลาหนึ่งเวลาใด ซึ่งทิศ

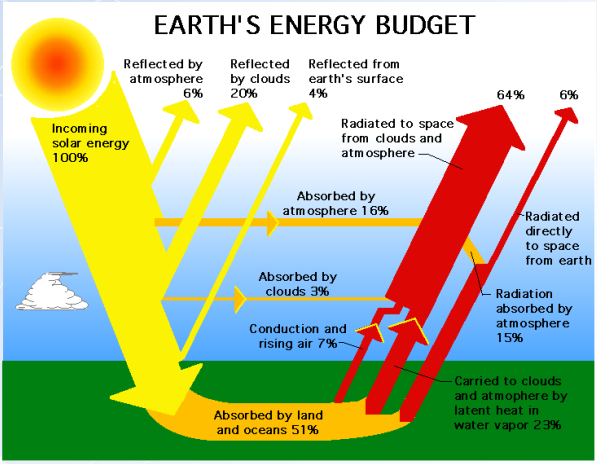
ของรังสีตรงอยู่ในแนวลำแสงที่ขีดเส้นตรงจากดวงอาทิตย์ รังสีตรงมีทิศทางแน่นอนและมีลำแสงขนาน สามารถรวมแสงหรือโฟกัสรังสีตรงได้

2) รังสีกระจาย (Diffuse radiation) เป็นรังสีอาทิตย์ส่วนที่ถูกสะท้อนและกระจาย โดยก๊าซและ ฝุ่นละอองรวมถึงวัตถุต่างๆ ที่อยู่ในทางเดินของแสงก่อนตกกระทบผิวรับแสง รังสีกระจายนี้มาจากทุกทิศทางในท้องฟ้าจึงไม่สามารถรวมแสงหรือโฟกัสรังสีกระจายได้

3) รังสีรวม (Total หรือ Global radiation) เป็นผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายซึ่งจำกัดเฉพาะคลื่นสั้น (ไม่เกิน 4 ไมโครเมตร) ไม่รวมพลังงานคลื่นยาวจากการแผ่รังสีของพื้นโลกและบรรยากาศ โดยกรณีผิวรับแสงเป็นพื้นเอียง (Incline plane) รังสีรวมจะประกอบด้วยรังสีตรงจากท้องฟ้า รังสีกระจายจากท้องฟ้าและรังสีกระจายจากพื้นโลก อาคารบ้านเรือน ซึ่งเกิดจากส่วนที่สะท้อนกลับจากพื้นโลก ในกรณีนี้เรียกว่า Total radiation แต่กรณีผิวรับแสงเป็นพื้นแนวราบ (Horizontal plane) รังสีรวมบนพื้นราบประกอบด้วยรังสีตรงและรังสีกระจายที่มาจากครึ่งทรงกลมท้องฟ้า ไม่มีรังสีกระจายที่มาจากพื้นโลก เรียกรังสีรวมบนพื้นแนวราบว่า Global radiation

2.3.4 แสงอาทิตย์แหล่งกำเนิดพลังงานมหาศาล

ดวงอาทิตย์นอกจากจะให้แสงสว่างและความร้อนอันเป็นประโยชน์กับสิ่งมีชีวิตบนโลกแล้ว ดวงอาทิตย์ยังเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานมหาศาลของระบบสุริยะจักรวาล ดวงอาทิตย์มีองค์ประกอบส่วนใหญ่ คือ ก๊าซไฮโดรเจน ซึ่งใจกลางดวงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิและแรงดันสูงมาก จนทำให้ก๊าซไฮโดรเจนหลอมรวมเป็นของเหลวและกำเนิดเป็นพลังงานออกมาอย่างมหาศาล เรียกปฏิกิริยานี้ว่า “ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน” พลังงานที่ถูกส่งมายังโลกจะเป็นแสงสว่างและความร้อน ซึ่งส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก และยังเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่สำคัญและเป็นพลังงานสะอาดที่มนุษย์สามารถนำมาใช้ได้ไม่มีวันหมด



รูปที่ 2.4 การส่งผ่าน การดูดกลืน การสะท้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกลงบนผิวโลก [8]

พลังงานที่ดวงอาทิตย์ส่งออกมามีจำนวนมหาศาล ถ้าคิดหน่วยเป็นวัตต์แล้วมีค่าเป็น 174×10^{15} วัตต์ ซึ่งพลังงานเหล่านี้มาถึงโลก 89×10^{15} วัตต์ หรือคิดเป็น 51% เนื่องจากการสูญเสียระหว่างทาง ทั้งที่เกิดจากการสะท้อนกลับโดยเฉพาะจากการสะท้อนของเมฆ (Reflected by cloud) ที่สามารถสะท้อนได้ถึง 20% นอกจากนี้บางส่วนถูกดูดกลืนโดยชั้นบรรยากาศและเมฆ โดยเฉพาะชั้นบรรยากาศสามารถดูดกลืน (Absorbed by atmosphere) ได้ถึง 16% จากพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด ดังรูปที่ 2.4 แสดงภาพการส่งผ่าน การดูดกลืน การสะท้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกลงบนผิวโลก [9]

เมื่อพิจารณาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกลงบนพื้นโลกนั้น โดยคิดให้เป็นต่อหน่วยพื้นที่หนึ่งตารางเมตรพบว่า มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,412 วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1,325 วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) [9] จะเห็นได้ว่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่องลงมายังพื้นโลกนั้นมีปริมาณมาก และเพียงพอที่จะแปลงเป็นพลังงานในรูปแบบอื่น ๆ ดังนั้น เราจึงนับพลังงานแสงอาทิตย์เป็นหนึ่งในพลังงานทดแทน เช่นเดียวกับลม พลังงานจากน้ำ เนื่องจากพลังงานมีศักยภาพสูง มีความยั่งยืน ไม่มีทางหมดตราบใดที่ยังมีดวงอาทิตย์ ซึ่งแตกต่างจากพลังงานจากแหล่งกำเนิดอื่น ๆ ที่ได้มาจากเชื้อเพลิง เช่น น้ำมัน

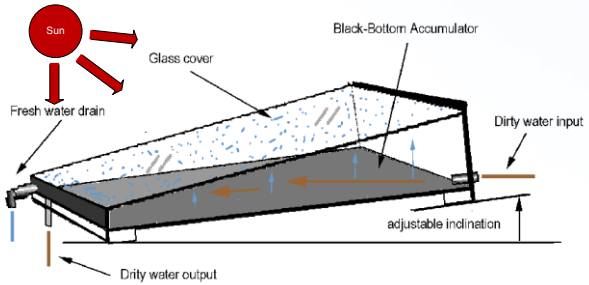
ก๊าซธรรมชาติ หรือถ่านหิน ซึ่งมีจำนวนจำกัด และมีแนวโน้มที่จะหมดลงอย่างรวดเร็วในอนาคต นอกจากนี้ การนำเชื้อเพลิงเหล่านั้นไปใช้ จะต้องมีการเผาไหม้ทำให้เกิดมลภาวะเป็นต้นเหตุของสภาวะเรือนกระจก

2.4 การนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ประโยชน์

มนุษย์รู้จักนำพลังงานจากดวงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์โดยตรงมาตั้งแต่สมัยโบราณ คือ ใช้ในการตากผ้า ใช้ตากผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมทำนาเกลือ เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำความรู้เกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์มากขึ้น โดยใช้เทคโนโลยีและออกแบบเครื่องมือเพื่อนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด โดยเทคโนโลยีที่นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ที่สำคัญยกตัวอย่างดังต่อไปนี้ [10]

2.4.1 การกลั่นน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

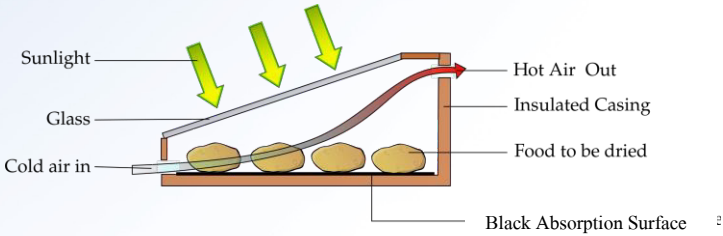
ทำงานโดยใช้หลักการ ให้น้ำรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ในถาดน้ำ จะใช้วัตถุสีดำ เช่น ขี้เถ้าแกลบ หรือทาสีดำ เพื่อเพิ่มการดูดกลืนพลังงานความร้อน การระเหยน้ำในถาดนี้จะระเหยได้เร็วมากเมื่อน้ำกลายเป็นไอระเหยเกาะแผ่นกระจกใสแล้วกลั่นเป็นหยดน้ำ เมื่อปริมาณมากขึ้น จะไหลลงไปในที่รองรับ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ปกติระบบกลั่นน้ำนี้จะผลิตน้ำร้อนได้ ประมาณ 2-3 ลิตร ต่อตารางเมตรต่อวัน ณ ความเข้มแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยปกติ ประโยชน์ที่ได้รับคือ ใช้ในการผลิตน้ำกลั่นที่ใช้นำไปใส่แบตเตอรี่รถยนต์ รถมอเตอร์ไซค์ หรืออื่น ๆ



รูปที่ 2.5 การกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์

2.4.2 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นเทคโนโลยีสำหรับอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร เช่น กล้วยตาก พริก ถั่ว ข้าวโพด และอบไม้ โดยอาศัยหลักการเดียวกับการกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์ คือ มีแผงรับรังสีอาทิตย์ที่ส่วนมากทาสีดำ อากาศที่ไหลเข้ามาจะร้อนและลอยตัวผ่านผลิตผลที่นำมาอบให้แห้ง อากาศที่ร้อนจะพาความชื้นจากพืชผลออกไป ดังแสดงในรูปที่ 2.6 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การอบแห้งระบบ Passive เป็นระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์และกระแสลมที่พัดผ่าน การอบแห้งระบบ Active เป็นระบบอบแห้งที่มีเครื่องช่วยให้อากาศไหลเวียนในทิศทางที่ต้องการ เช่น มีพัดลมติดตั้งในระบบเพื่อบังคับให้มีการไหลของอากาศผ่านระบบ และการอบแห้งระบบ Hybrid เป็นระบบอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และยังต้องอาศัยพลังงานในรูปแบบอื่น ๆ ช่วยในเวลาที่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอ หรือต้องการให้ผลิตผลทางการเกษตรแห้งเร็วขึ้น



รูปที่ 2.6 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

2.4.3 เตาพลังงานแสงอาทิตย์

เตาพลังงานแสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ใช้หลักการรวมแสงอาทิตย์ด้วยกระจกโค้งรับแสงอาทิตย์ เพื่อใช้สร้างบริเวณอุณหภูมิสูง โดยมากใช้ในงานอุตสาหกรรม วิธีการทำโดยใช้กระจกโค้ง (หรือแถบกระจกจำนวนมาก) ทำหน้าที่เป็นจานสะท้อนแบบพาราโบลา เพื่อรวมแสงให้อยู่ที่จุดโฟกัสจุดหนึ่ง อุณหภูมิที่จุดโฟกัสจะสูงมาก

ขึ้นอยู่กับจำนวนของกระจกสะท้อน ความร้อนนี้จะนำไปใช้ในการ ปรุงอาหาร ผลิตไฟฟ้า หลอมเหล็ก หรือผลิตภัณฑ์อื่น ๆ

รูปที่ 2.7 เตาพลังงานแสงอาทิตย์

2.4.4 พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตน้ำร้อน

การผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นอีกเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อนดังเช่นการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ กระบวนการผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน โดยใช้ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ เป็นตัวแปลงและเก็บพลังงานความร้อนแล้วถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำไว้ใช้ในครัวเรือน ได้แก่ ใช้อาบชำระล้างร่างกาย ล้างภาชนะขจัดคราบไขมัน ซักรีดเพื่อฆ่าเชื้อโรค เป็นต้น องค์ประกอบหลักของ เครื่องทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ มีส่วนประกอบหลักอยู่ 2 ส่วน ได้แก่ 1) ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ (Solar collector) เป็นตัวรวบรวมพลังงานจากดวงอาทิตย์ และแปลงเป็นความร้อนที่สามารถนำไปใช้ในงานอื่น ๆ ต่อไป และ 2) ถังเก็บน้ำร้อน (Water storage) เป็นส่วนประกอบของระบบ ทำหน้าที่รับน้ำร้อนจากตัวรับรังสีดวงอาทิตย์และเก็บน้ำร้อนเพื่อรอการใช้งาน ตัวอย่างการติดตั้งแผงเครื่องทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ในบ้านพักอาศัยดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 การติดตั้งแผงเครื่องทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ในบ้านพักอาศัย

การผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์นั้นแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

■ การผลิตน้ำร้อนชนิดไหลเวียนตามธรรมชาติ เป็นการผลิตน้ำร้อนชนิดที่มีถังเก็บอยู่สูงกว่าแผงรับแสงอาทิตย์ ใช้หลักการหมุนเวียนตามธรรมชาติ

■ การผลิตน้ำร้อนชนิดใช้ปั๊มน้ำหมุนเวียน ซึ่งเป็นชนิดที่เหมาะสำหรับการใช้ผลิตน้ำร้อนจำนวนมาก และมีการใช้งานอย่างต่อเนื่อง

■ การผลิตน้ำร้อนชนิดผสมผสาน เป็นการนำเทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์มาผสมผสานกับความร้อนเหลือทิ้งจากการระบายความร้อนของเครื่องทำความเย็น หรือเครื่องปรับอากาศ หรือความร้อนทิ้งจากระบบอื่น ๆ โดยผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

2.4.5 พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการผลิตไฟฟ้า

การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ อาศัยเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นจากสารกึ่งตัวนำ ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ

เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV stand alone system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์ระบบ

ที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ

เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV grid connected system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรง หรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

เป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้า National grid โดยตรง มีหลักการทำงานแบ่งเป็น 2 ช่วง กล่าวคือ ในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดได้โดยตรง โดยผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ และหากมีพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เกินจะถูกจ่ายเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้า ส่วนในช่วงกลางคืนเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ กระแสไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะจ่ายให้แก่โหลดโดยตรง ดังนั้น ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายจะเป็นการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าในเขตเมืองหรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า Grid connected

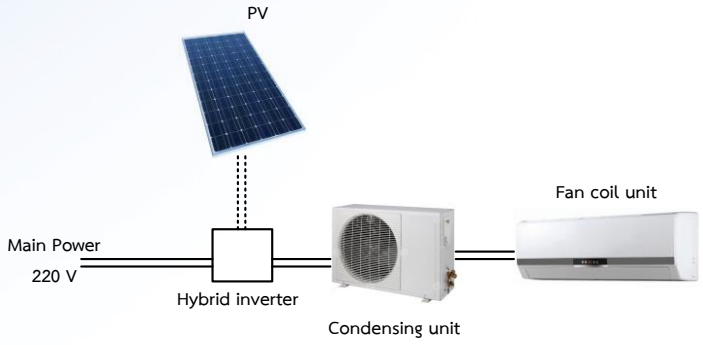
เซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV hybrid system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่น ๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และเครื่องยนต์ดีเซล ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบตามวัตถุประสงค์โครงการเป็นกรณีเฉพาะ

ทั้งนี้รายละเอียดของของเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการผลิตไฟฟ้าและเพื่อผลิตน้ำร้อน จะได้กล่าวถึงอย่างละเอียดในบทต่อ ๆ ไป

2.4.6 พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการทำความเย็น

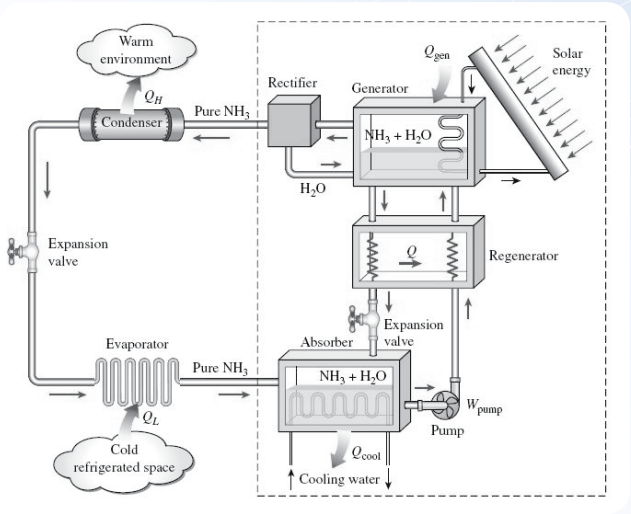
ระบบทำความเย็น มีใช้กันอย่างแพร่หลายในทุกภาคส่วน ระบบการทำความเย็นและการปรับอากาศที่นิยมอย่างมากในปัจจุบัน คือระบบทำความเย็นที่ทำงานด้วยวัฏจักรที่เรียกว่า วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor-compression refrigeration cycle) โดยมีเครื่องอัดไอที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า จะทำงานดูดและอัดสารทำงานให้ไหลในระบบ ทำให้ระบบทำความเย็นเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ ใช้พลังงานเป็นคิดเป็นสัดส่วนปริมาณมหาศาล ทำให้มีความพยายามสร้างระบบทำความเย็นที่ใช้พลังงานทดแทนโดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ ขับเคลื่อนระบบ ซึ่งลักษณะการประยุกต์ใช้ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์มีอยู่สองแบบ ได้แก่ 1) พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ และ 2) พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบทำความเย็น

การประยุกต์ใช้พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ มีหลักการโดยใช้ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ มาช่วยหรือแทนการใช้ไฟฟ้าจากสายส่งของเครื่องอัดไอในการขับเคลื่อนสารนำงานในระบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การประยุกต์ใช้พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับการปรับอากาศ

ในส่วนของการใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบทำความเย็นนั้นโดยปกติมักจะถูกประยุกต์เข้ากับระบบทำความเย็นที่ใช้พลังงานงานความร้อนในการขับเคลื่อนระบบ เช่น ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ (Absorption refrigeration system) และระบบทำความเย็นแบบอีเจ็คเตอร์ (Ejector refrigeration system) ระบบทำความเย็นทั้งสองแบบ โดยปกติจะใช้พลังงานความร้อนในการขับเคลื่อนระบบ ดังนั้นจึงสามารถใช้ร่วมกับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ โดยอาศัยตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ (Solar collector) ดูดความความร้อนแล้วนำมาขับเคลื่อนระบบ

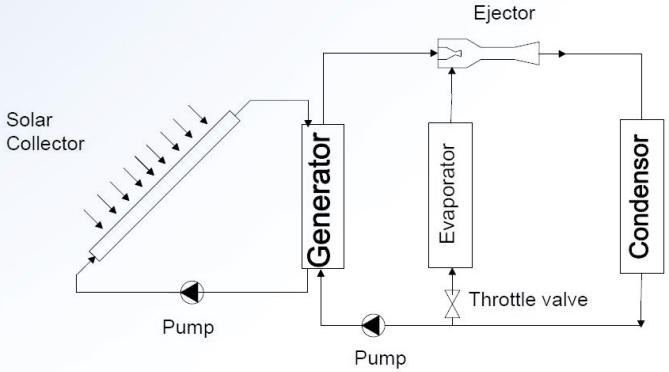


รูปที่ 2.10 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับร่วมกับพลังงานจากแสงอาทิตย์

รูปที่ 2.10 แสดงระบบทำความเย็นแบบดูดซับที่ใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ในการขับเคลื่อนระบบ ระบบทำความเย็นแบบดูดซับจะ เริ่มต้นจากไอของการทำความเย็นจะถูกดูดซึมกลายเป็นของเหลวใน Absorber จากนั้นจะถูกสูบโดยปั๊มเพื่อให้มีความดันสูงขึ้น และถูกส่งไปยัง Generator เพื่อรับความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อน เพื่อทำให้สารทำความเย็นแยกตัวออกเป็นของเหลวตามเดิม ส่วนสารดูดซึมที่เหลือจะถูกนำมาไว้ที่ตัวดูดซึมเพื่อใช้งานใหม่ ความร้อนที่คายออกมาก็จะระบายออกไปสู่บรรยากาศหรือหอผึ่งเย็น

(Cooling tower) ทั้งนี้ในการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนที่รับความร้อนจากแสงอาทิตย์

รูปที่ 2.11 แสดงระบบทำความเย็นแบบอีเจ็คเตอร์ที่ใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ในการขับเคลื่อนสารทำงานในระบบ โดยทั่วไประบบทำความเย็นแบบอีเจ็คเตอร์จะทำงานโดยอาศัยปรากฏการณ์การเหนี่ยวนำสาร ของอีเจ็คเตอร์ ที่เกิดจากการขยายตัวของไอแรงดันสูงผ่านหัวฉีดแล้วความดันในอีเจ็คเตอร์จะต่ำลง เกิดการเหนี่ยวนำสารทำงานจากเครื่องระเหย (Evaporator) ก่อนที่สารจะถูกส่งไปยังเครื่องควบแน่น (Condenser) และลิ้นลดความดันโดยลำดับ ซึ่งไอแรงดันสูงนั้นจะถูกสร้างในเครื่องกำเนิด (Generator) ซึ่งจะรับความร้อนจากแหล่งความร้อน การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์กับระบบทำความเย็นแบบอีเจ็คเตอร์นั้นจะคล้ายกับระบบแบบดูดซับ กล่าว คือ ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนที่รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ เพื่อนำไปใช้ในเครื่องกำเนิด



รูปที่ 2.11 ระบบทำความเย็นแบบอีเจ็คเตอร์ร่วมกับพลังงานจากแสงอาทิตย์

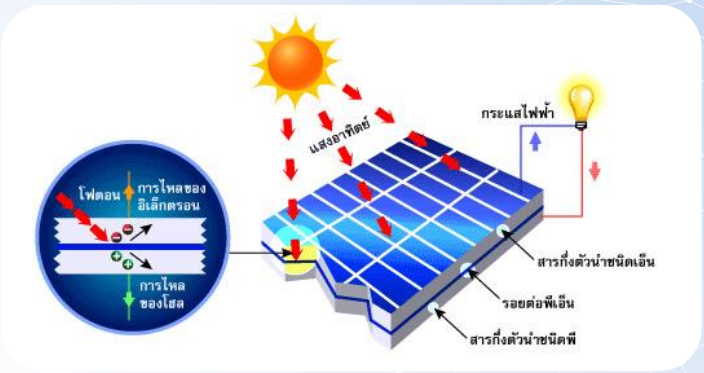
บทที่ 3
หลักการทำงาน รูปแบบระบบ อุปกรณ์และส่วนประกอบ ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นระบบที่ติดตั้งเพื่อการนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ประโยชน์ในด้านการผลิตไฟฟ้า ในบทนี้จะได้กล่าวถึง รายละเอียดและหลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ รายละเอียดของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ องค์ประกอบและอุปกรณ์ที่สำคัญ รวมทั้งการเชื่อมต่อ

3.1 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

Solar cell หรือ PV มีชื่อเรียกกันไปหลายอย่าง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ หรือเซลล์ photovoltaic ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่า Photovoltaic โดยแยกออกเป็น photo ซึ่งหมายถึง แสง และ volt ซึ่งหมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง

เซลล์แสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ (Gallium arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium phosphide), แคดเมียม เทลเลอไรด์ (Cadmium telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper indium diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้



รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นกระบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง เมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ เกิดเป็นกระแสไฟฟ้าที่จะถูกนำไปใช้งานต่อไป หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 3.1

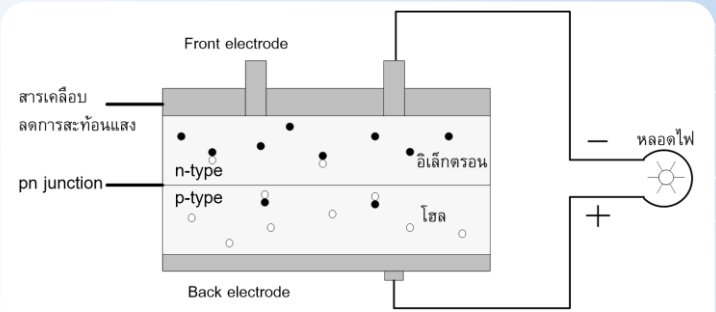
ลักษณะการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน และอะตอมที่สูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) และส่วนประกอบของสารกึ่งตัวนำในเซลแสงอาทิตย์ แสดงดังรูป 3.2 เซลล์แสงอาทิตย์ จะมีสารกึ่งตัวนำ (โดยทั่วไปใช้ซิลิคอนเป็นสารกึ่งตัวนำ) 2 ชนิดวางประกบกัน คือ สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (n-type) และ สารกึ่งตัวนำชนิดพี (n-type) โดยมี รอยต่อ p-n ขั้นกลาง (p-n junction)

สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น จะอยู่ด้านหน้าของเซลล์มักจะมีสารเคลือบเพื่อลดการสะท้อน และ front electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น เป็นสารกึ่งตัวนำที่ได้รับการโดปปิ้งด้วยสารฟอสฟอรัส มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ ขณะที่สารกึ่งตัวนำชนิดพีจะเป็นสารกึ่งตัวนำที่อยู่ด้านหลังเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นสารกึ่งตัวนำที่ได้การโดปปิ้งด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างเป็นโฮล สารกึ่งตัวนำชนิดพีจะมีแถบโลหะเรียกว่า back electrode ประกบด้านหลัง ทำหน้าที่เป็น

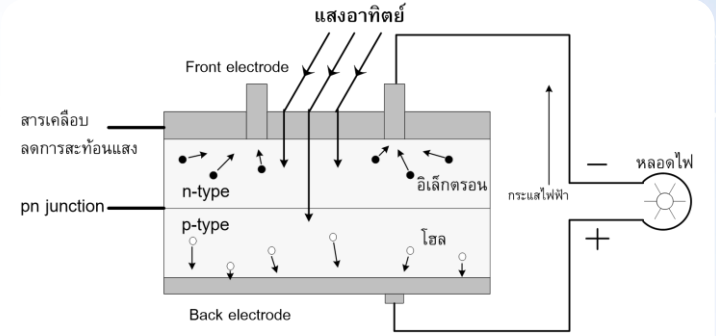
ตัวรวบรวมโฮล เมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ ชั้นสารกึ่งตัวนำทั้งสองชนิดจะถูกแยกด้วยรอยต่อ p-n ซึ่งรอยต่อนี้จะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และโฮล

ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น พร้อมจะให้อิเล็กตรอน เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้อิเล็กตรอนเกิดการเคลื่อนที่ โดยอิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น และโฮลจะวิ่งไปยังชั้นสารกึ่งตัวนำชนิดพี อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ front electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ back electrode ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้นดังแสดงในรูปที่ 3.2

ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยทั้งจากตัวสมบัติของเซลล์เองและสภาพแวดล้อมภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิ และ ความเข้มรังสีอาทิตย์ เป็นต้น โดยที่ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น นั่นคือ สภาวะที่อุณหภูมิสูงระยะห่างของแถบพลังงานเนื่องจากการขยายตัวของเซลล์ ซึ่งจะทำให้แรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าน้อยลง ขณะที่ความเข้มแสงน้อยนั้นมีผลทำให้กระแสลัดวงจรหรือกระแสสูงสุดจะลดลง ความเข้มแสงอาทิตย์มีค่าน้อยจะเกิดขึ้น ในวันที่ท้องฟ้ามืดครึ้ม มีเมฆบดบัง การบังเงาเนื่องจากเงาต้นไม้ เป็นต้น



(ก) สภาวะที่ไม่มีแสงอาทิตย์ตกกระทบ



(ข) สภาวะเมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ

รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

3.2 ประสิทธิภาพและผลกระทบการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

3.2.1 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

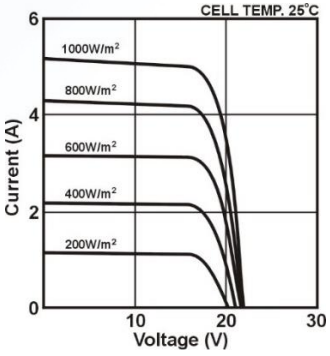
หน้าที่ของเซลล์แสงอาทิตย์คือเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์ ให้เป็นไฟฟ้า ดังนั้นการนิยามประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จะนิยามจากพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบ ดังสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ [วัตต์]}}{\text{กำลังงานของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเซลล์เสงอาทิตย์ [วัตต์]}} \times 100\%$$

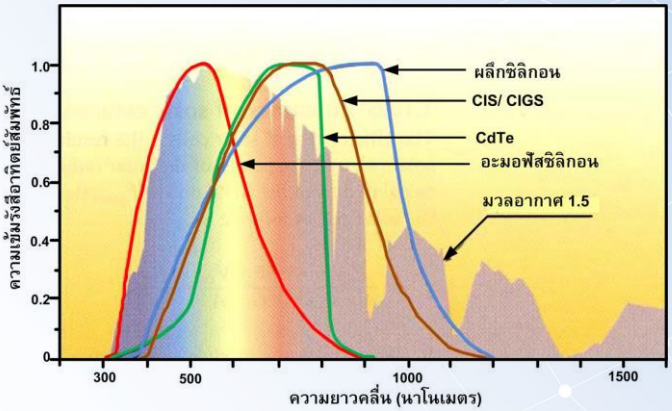
เซลล์แสงอาทิตย์แต่ละประเภทจะมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งในปัจจุบันยังไม่สามารถผลิตหรือสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิใกล้เคียง 100% ได้เซลล์แสงอาทิตย์ที่อยู่ในท้องตลาดจะมีประสิทธิภาพอยู่ระหว่า 5% - 20% เท่านั้น และที่อยู่ระหว่างการพัฒนาในห้องทดลองนั้นยังไม่ถึง 50% (เท่าที่มีบันทึกไว้เป็นสถิติในปัจจุบัน) อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีแนวโน้มการพัฒนาที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

3.2.2 ผลกระทบจากความเข้มแสงและการตอบสนองต่อสเปกตรัมแสงอาทิตย์

ความเข้มแสงอาทิตย์ (Irradiance) หมายถึง ปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ นิยมใช้หน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) การตกกระทบของแสงบนเซลล์แสงอาทิตย์จะมีผลต่อกำไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งกำลังไฟฟ้าจะเป็นผลคูณระหว่างแรงดันและกระแสไฟฟ้า (P = IV) ที่เกิดขึ้นในเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อรับแสงตกกระทบ รูปที่ 3.3 แสดง ผลกระทบของความเข้มแสงต่อการผลิตกำลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ในรูปของกราฟ กระแสกับแรงดัน (I-V curve) จะเห็นได้ว่าถ้าความเข้มแสงลดลงทำให้กระแสที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง และหากกลับกันถ้าความเข้มมากขึ้นกระแสที่เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน ทั้งนี้ความเข้มแสงจะมีผลกระทบต่อความดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์น้อยมาก ความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกลงกระทบพื้นที่ในวันหนึ่ง ๆ นั้น จะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้กำลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเช่นกัน



รูปที่ 3.3 ผลกระทบของความเข้มแสงต่อการผลิตกำลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

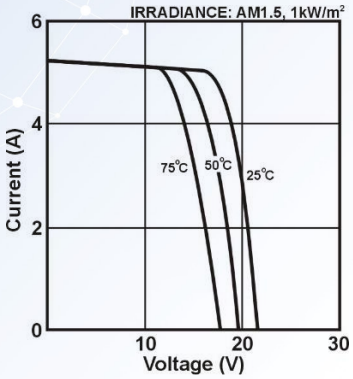


รูปที่ 3.4 การตอบสนองต่อสเปกตรัมแสงอาทิตย์ของเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทต่างๆ [10]

เป็นที่ทราบกันว่า รังสีอาทิตย์ประกอบด้วยแสงที่มีความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน อันได้แก่อัลตราไวโอเลต แสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า และแสงอินฟราเรด ดังนั้นหากจะพิจารณาประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ต้องคำนึงถึงสเปกตรัมแสงและการตอบสนองต่อสเปกตรัมประกอบกับการพิจารณาความเข้มแสงแต่เพียงอย่างเดียวด้วย เนื่องจากหากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถทำงานกับความยาวคลื่นได้ที่ช่วงกว้างจะทำให้ประสิทธิภาพมีค่าสูง ทั้งนี้สเปกตรัมของรังสีอาทิตย์มีช่วงค่อนข้างกว้างตั้งแต่ 380 - 1100 นาโนเมตร รูปที่ 3.4 แสดงเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่แตกต่างกันของเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทต่าง ๆ โดยแกนความเข้มรังสีอาทิตย์เทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์เฉพาะประเภทเดียวกัน ซึ่งอะมัลฟัสซิลิกอน (ชนิดฟิล์มบาง) ประสิทธิภาพน้อยกว่าผลึกซิลิกอน เนื่องจากมีช่วงการตอบสนองที่ความยาวคลื่นช่วงต้นของแสงมองเห็นด้วยตาเปล่าประมาณ 350 - 650 นาโนเมตร การพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสูงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์แบบเดิม เช่น CdTe และ CIS หรือ CIGS เป็นต้น ทาให้ช่วงการตอบสนองได้เพิ่มขึ้น พิจารณาจากช่วงแถบกว้างของกราฟที่มากขึ้น [6]

3.2.3 ผลกระทบจากอุณหภูมิ

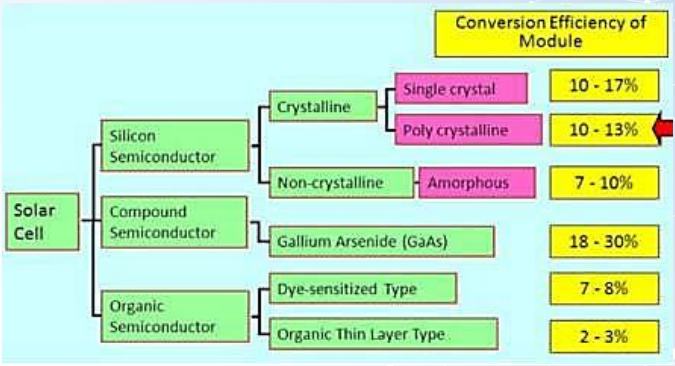
ความร้อนหรืออุณหภูมิที่เกิดขึ้นบนเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละเวลาจะส่งผลต่อระดับแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์ หากอุณหภูมิสูงจะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง และหากอุณหภูมิต่ำจะส่งผลให้แรงดันฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้มีค่าเพิ่มขึ้น โดยอุณหภูมิจะมีผลต่อกระแสไฟฟ้าน้อยมาก รูปที่ 3.5 แสดงผลกระทบของอุณหภูมิต่อการผลิตกำลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ในรูปของกราฟ กระแสกับแรงดัน (I-V curve)



รูปที่ 3.5 ผลกระทบของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นบนเซลล์แสงอาทิตย์ต่อการผลิตกำลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

3.3 ประเภทเซลล์แสงอาทิตย์ [11]

เซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ แบบที่ใช้สารกึ่งตัวนำซิลิคอน (Silicon semiconductor) และชนิดหนึ่งที่ใช้สารกึ่งตัวนำแบบผสม (Compound semiconductor) ดังแสดงในรูปที่ 3.6



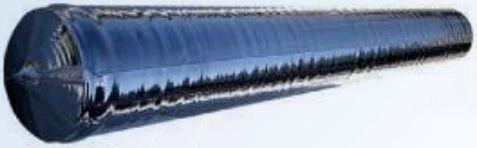
รูปที่ 3.6 ประเภทและประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้สารกึ่งตัวนำซิลิคอนจะถูกแบ่งออกเป็นสารกึ่งตัวนำเป็นผลึก (Crystal) และไม่เป็นผลึก (Amorphous) สารกึ่งตัวนำชนิดผลึกซิลิคอนจะใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับอัตราการแปลงสูงและความน่าเชื่อถือติดตาม เซมิคอนดักเตอร์ไม่เป็นผลึกทำงานได้ดีแม้ภายใต้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ดังนั้นจึงใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับเครื่องคิดเลขและนาฬิกาข้อมือ ในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ องค์ประกอบหลักของระบบคือ “แผงเซลล์แสงอาทิตย์” ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ปรากฏการณ์ที่เรียกว่า ปรากฏการณ์โฟโตวอลเทอิก โดยในท้องตลาดมีเทคโนโลยีของเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ 3 ชนิดหลัก ๆ คือ โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline) โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline) และ ฟิล์มบาง (Thin film)

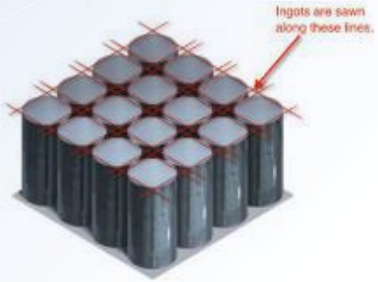
1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline)

หลายคนคิดว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ เป็นเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์และทางเลือกที่ดีที่สุด โมโนคริสตัลไลน์เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่เก่าแก่ที่สุดและมีราคาแพงกว่า แต่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทนี้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยทั่วไปแล้วแผงชนิดนี้มีประสิทธิภาพการแปลงได้ถึงร้อยละ 15-20 นั้นหมายความว่ามันสามารถแปลงร้อยละ 15-20 ของพลังงานในแสงอาทิตย์ที่กระทบกับพวกมันเป็นพลังงานไฟฟ้า เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ ทำจากผลึกเดี่ยวของซิลิคอนบริสุทธิ์พิเศษ

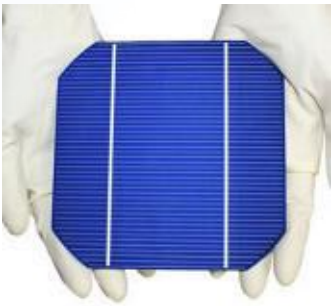
ขนาดประมาณขวดไวน์ ดังแสดงในรูปที่ 3.7 และหั่นเป็นแผ่นบาง ๆ เพื่อให้เวเฟอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.8 เวเฟอร์วงกลมเหล่านี้ถูกตัดด้านข้างออกเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสแล้วจะถูกเปลี่ยนเป็น “เซลล์แสงอาทิตย์” แบบโมโนคริสตัลไลน์ที่มีลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.7 ผลึกเดี่ยวของซิลิคอนบริสุทธิ์



รูปที่ 3.8 แนวเลื่อยแท่งผลึก



รูปที่ 3.9 เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

เส้นสีเงินเป็นลวดตัวนำซึ่งทำหน้าที่รวบรวมกระแสไฟฟ้าที่ถูกสร้างขึ้นเมื่อแสงกระทบกับเซลล์ย่อย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยเมทริกซ์ของเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์วางต่อกันในแนวราบในลักษณะเหมือนกระเบื้องปูพื้นห้องน้ำ โดยทั่วไปแล้วเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์มีประสิทธิภาพสูง แต่จะเสียพื้นที่บางส่วนระหว่างเซลล์เมื่อถูกนำมาประกอบเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (เพชรสีขาวเล็ก ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.10) ทำให้มีประสิทธิภาพการผลิตพลังงานใกล้เคียงกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์

รูปที่ 3.10 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

ผู้ผลิตบางรายจะใช้เทคนิคพิเศษ เพื่อสร้างเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ประสิทธิภาพสูงพิเศษ เทคนิคพิเศษเหล่านี้ เช่น “สร้างสนามที่พื้นผิวด้านหลังหรือใช้เลเซอร์เซาะร่อง” และเทคโนโลยีไฮบริดแผงโมโนคริสตัลไลน์ประสิทธิภาพสูงพิเศษเหล่านี้จะมีประสิทธิภาพมากกว่าร้อยละ 20 แต่ราคาจะสูงขึ้นประมาณร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ทั่วไป

ข้อดีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ มีประสิทธิภาพสูงสุดเนื่องจากทำจากซิลิคอนเกรดสูงสุด ประสิทธิภาพของแผงแบบโมโนคริสตัลไลน์ โดยทั่วไปจะมีประมาณร้อยละ 15-20 บริษัทซันเพาว์เวอร์ ผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในตลาดสหรัฐอเมริกาในปัจจุบัน ซีรี่ส์ E20 ให้ประสิทธิภาพการแปลงแบบพาเนลสูงถึงร้อยละ 20.1 และได้เปิดตัวซีรี่ส์ X ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดเป็นประวัติการณ์ถึงร้อยละ 21.5

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ประหยัดพื้นที่ เนื่องจากแผงชนิดนี้ผลิตพลังงานสูงสุดจึงใช้พื้นที่จำนวนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับชนิดอื่น ๆ แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากถึง 4 เท่าของปริมาณการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (พื้นที่เท่ากัน)

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์มีอายุการใช้งานนานที่สุด ผู้ผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่รับประกัน 25 ปี สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์มีแนวโน้มที่จะทำงานได้ดีกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ ที่มีพิกัดเดียวกันในสภาพแสงน้อย

ข้อเสียของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์นั้นมีราคาแพงที่สุด จากมุมมองทางการเงินแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ (และในบางกรณีฟิล์มบาง) อาจเป็นทางเลือกที่ดีกว่าสำหรับผู้ที่สนใจที่จะลงทุนติดตั้งบางราย

- หากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกปกคลุมด้วยร่มเงา ฝุ่น หรือหิมะ บางส่วนวงจรทั้งหมดอาจเสียหายได้ ถ้าใช้ไมโครอินเวอร์เตอร์ขนาดเล็ก (ใช้ติดเฉพาะแผง) แทนอินเวอร์เตอร์ขนาดใหญ่ก็จะสามารถแก้ปัญหานี้ได้ ไมโครอินเวอร์เตอร์จะทำให้แน่ใจว่าจะไม่ได้รับผลกระทบทั้งหมดจากอาเรย์แสงอาทิตย์เนื่องจากปัญหาเงาบดบัง จะได้รับผลกระทบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แผงเดียวเท่านั้น

- กระบวนการดึงผลึกซิลิคอน (Czochralski) ในการผลิตโมโนคริสตัลไลน์ซิลิกอนส่งผลให้ได้แท่งทรงกระบอกขนาดใหญ่ ด้านทั้งสี่ถูกตัดออกจากแท่งเพื่อสร้างแผ่นเวเฟอร์ซิลิกอน ซิลิกอนที่เหลือจากการตัดจำนวนมากจะกลายเป็นขยะ

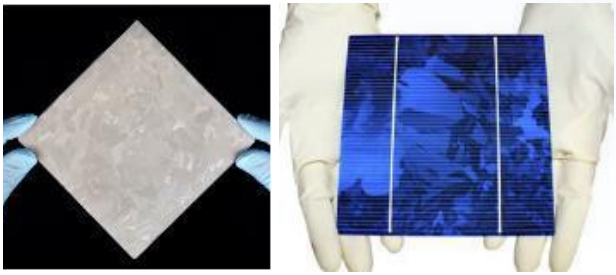
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ มีแนวโน้มที่จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นในสภาพอากาศเย็น ประสิทธิภาพลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

2) แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline)

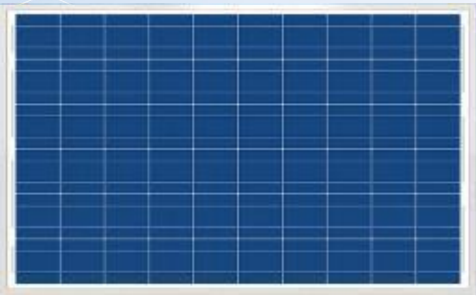
แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ทำจากซิลิคอนเช่นกัน แต่ชนิดของซิลิคอนที่ใช้นั้น บริสุทธิ์น้อยกว่าแบบโมโนคริสตัลไลน์เล็กน้อย และถูกหล่อเป็นบล็อก

แทนที่จะเป็นรูปผลึกเดี่ยว ดังแสดงในรูปที่ 3.11 ความจริงที่ว่าผลึกถูกจัดเรียงแบบสุ่ม หมายความว่า จะมองเห็นเป็นผลึกย่อย ๆ เมื่อก้อนโพลีคริสตัลไลน์ถูกหล่อมันจะถูกเลื่อยเป็นบล็อกสี่เหลี่ยม จากนั้นหั่นเป็นเวเฟอร์สี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 3.12 เซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์คล้ายกับแบบโมโนคริสตัลไลน์ ในด้านประสิทธิภาพและการเสื่อมสภาพ ยกเว้นเซลล์โพลีคริสตัลไลน์โดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าไม่มีการเสียพื้นที่ระหว่างมุมของเซลล์สี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งหมายความว่าเมื่อนำมาสร้างเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะทำให้มีพื้นที่เพิ่มเติมเล็กน้อยเพื่อดูดซับแสงแดด ดังแสดงในรูปที่ 3.13 ผลที่ได้คือประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์นั้นเกือบจะเหมือนกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

รูปที่ 3.11 ก้อนโพลีคริสตัลไลน์และการเลื่อยเป็นบล็อกสี่เหลี่ยม



รูปที่ 3.12 การหั่นก้อนโพลีคริสตัลไลน์เป็นเวเฟอร์สี่เหลี่ยมจัตุรัส และการสร้างเป็นเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์



รูปที่ 3.13 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์

ข้อดีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์

- กระบวนการที่ใช้ในการผลิตโพลีคริสตัลไลน์ซิลิคอนนั้นง่ายกว่าและเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า ปริมาณของเสียซิลิกอนจะน้อยกว่าแบบโมโนคริสตัลไลน์

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ มีแนวโน้มที่จะมีค่าความคลาดเคลื่อนจากความร้อนต่ำกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ ในทางเทคนิคหมายความว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ทำงานได้แย่น้อยกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ในอุณหภูมิสูง ความร้อนสามารถส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอายุการใช้งานสั้นลง อย่างไรก็ตามผลกระทบนี้มีเพียงเล็กน้อย

ข้อเสียของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์

- ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์อยู่ที่ร้อยละ 13-16 เนื่องจากความบริสุทธิ์ของซิลิคอนที่ต่ำกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์จึงไม่ค่อยมีประสิทธิภาพเท่ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

- ใช้พื้นที่มากกว่า โดยทั่วไปต้องใช้พื้นที่มากกว่าเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าเท่ากันกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนโมโนคริสตัลไลน์

3) แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin film)

แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์และแบบโพลีคริสตัลไลน์ถูกผลิตขึ้นในลักษณะที่คล้ายกันมาก แต่แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางใช้วิธีการผลิตที่แตกต่าง

อย่างสิ้นเชิง แทนที่จะสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยการเลื่อยซิลิคอนก้อนใหญ่ ๆ ฟิล์มที่มีซิลิคอนผสมอยู่จะถูก “พ่น” ไปยังพื้นผิวซึ่งจะทำให้กลายเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 3.14 แม้ว่ากระบวนการเหล่านี้จะมีมาระยะหนึ่งแล้ว กระบวนการผลิตฟิล์มบางเป็นเทคโนโลยีที่ค่อนข้างใหม่ โดยได้มีการประมาณอายุการใช้งานของแผงชนิดนี้ประมาณ 20 ปี ซึ่งฟิล์มบาง เป็นคำทั่วไปสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากวัสดุเหล่านี้ คือ ซิลิคอนที่ไม่เป็นรูปผลึก (a-Si) แคดเมียมเทลลูไรด์ (CdTe) และคอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ (CIGS) แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง มีใช้อยู่ประมาณร้อยละ 5 ในตลาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางได้รับความนิยมในโซล่าฟาร์มขนาดใหญ่ แต่ค่อนข้างหายากในตลาดที่อยู่อาศัย

รูปที่ 3.14 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง

ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง

ถึงแม้ว่าขั้นตอนการผลิตจะถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นแต่แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางก็มีประสิทธิภาพร้อยละ 8-10 ซึ่งหมายความว่ามันจะมีขนาดใหญ่เป็นสองเท่าของแบบโมโนคริสตัลไลน์และแบบโพลีคริสตัลไลน์ที่ผลิตพลังงานได้เท่ากันและมีน้ำหนักมาก ดังนั้นต้องมีหลังคาที่ใหญ่และแข็งแรงกว่า และอุปกรณ์สำหรับติดตั้งต้องใหญ่และแข็งแรงกว่า สิ่งที่ควรระวังอีกประการคือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง สามารถเสื่อมสภาพลงได้ถึงร้อยละ 20 ในช่วงปีแรกของการติดตั้งก่อนที่จะคงตัวสู่ระดับการผลิตพลังงานที่กำหนด โดยปกติเราสามารถมองเห็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางเพราะไม่มี

รูปแบบเมทริกซ์ของแผงผลึก แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางมีเพียงสีเดียวซึ่งมักจะเป็นสีน้ำเงิน สีดำหรือสีน้ำตาล และจะเป็นอาร์เรย์ขนาดใหญ่เพื่อชดเชยประสิทธิภาพต่ำ

ข้อดีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง

- การผลิตจำนวนมากนั้นทำได้ง่าย ทำให้มีราคาถูกกว่าการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ผลึก
- กำลังไฟฟ้าได้รับผลกระทบน้อยกว่าจากอุณหภูมิสูง
- ใช้วัสดุน้อยลงในการผลิตแผง
- ดูสะอาดมากและสามารถโค้งงอเป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้
- ทำงานได้ดีในสภาพแสงน้อย
- หากมีเงาบดบังโมดูลบางส่วนพลังงานที่ผลิตได้จะลดลงน้อยกว่าแผงผลึก

ข้อเสียของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง

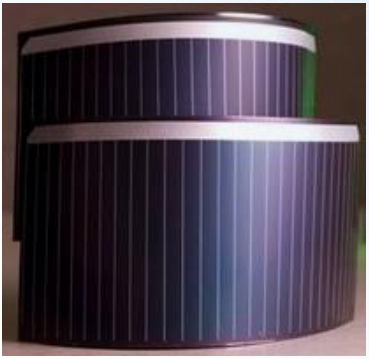
- มีประสิทธิภาพเพียงครึ่งหนึ่งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึก (ใช้พื้นที่บนหลังคาเป็นสองเท่า)
- ใช้เวลาหกเดือนถึงหนึ่งปีก่อนที่กำลังการผลิตจะมีเสถียรภาพ
- ใช้เวลานานกว่าในการติดตั้ง
- มีข้อจำกัด ในการเลือกใช้อินเวอร์เตอร์
- ใช้กระบวนการผลิตที่เป็นพิษมากขึ้น

กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบซิลิคอน (Compound silicon semiconductor) ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทนี้ จะเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 25 ขึ้นไป แต่มีราคาสูงมากไม่นิยมนำมาใช้บนพื้นโลก นิยมใช้งานสำหรับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่ แต่การพัฒนาขบวนการผลิตสมัยใหม่จะทำให้มีราคาถูกลง และนำมาใช้มากขึ้นในอนาคต (ปัจจุบันนำมาใช้เพียงร้อยละ 7 ของปริมาณที่มีใช้ทั้งหมด) ซึ่งกำลังอยู่ระหว่างการพัฒนาเพื่อลดต้นทุนต่อไป

4) เซลล์แสงอาทิตย์แบบอื่น ๆ

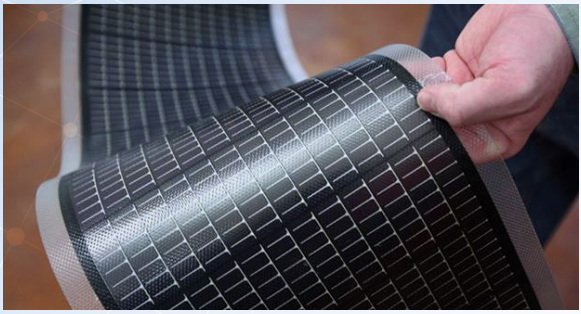
1) เซลล์แสงอาทิตย์แบบ คอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper indium diselenide solar cells) มีชื่อเรียกแบบย่อว่า CIS เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ ที่อยู่ในกลุ่ม

ฟิล์มบางเช่นเดียวกับเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส แต่ไม่ได้ใช้ซิลิคอนเหมือนกับแบบอะมอร์ฟัส แต่ใช้คอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (CISX) แทนทำให้มีราคาสูงกว่าแบบอะมอร์ฟัส และให้ประสิทธิภาพสูงกว่า เซลล์แบบ CIS นี้จะมีประสิทธิภาพ 9-11 เปอร์เซ็นต์ และเนื่องจากเป็นชนิดฟิล์มบาง จึงสามารถนำไปเคลือบบนพลาสติกหรือวัสดุที่โค้งงอได้ พื้นที่ขนาดมาตรฐานไม่เกิน 1.2 x 0.6 ตารางเมตร ความหนาฟิล์มอยู่ระหว่าง 1-2 ไมครอน ขณะที่ ความหนาของแผ่นฐาน (กระจก แผ่นสแตนเลสหรือแผ่นพลาสติก) ประมาณ 2-4 มิลลิเมตร สีของเซลล์แสงอาทิตย์ จะเป็นสีเทาเข้มหรือสีดำ ลักษณะเซลล์และแผงแบบ CIS แสดงดังรูปที่ 3.15 [9]



รูปที่ 3.15 เซลล์แสงอาทิตย์แผงแบบคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์

2) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดแคดเมียมเทลูไรด์ (Cadmium telluride solar cell, CdTe) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้จัดอยู่ในกลุ่มฟิล์มบางเช่นกัน แต่ใช้สารกึ่งตัวนำผสมที่เป็นแคดเมียมเทลูไรด์แทนซิลิคอน ทำให้มีราคาแพงกว่าแบบแบบอะมอร์ฟัส ให้ประสิทธิภาพสูงประมาณ 7-8 เปอร์เซ็นต์ ขนาดของพื้นที่เซลล์มาตรฐานประมาณ 1.2-0.6 ตารางเมตร ความหนาของฟิล์มแคดเมียมเทลูไรด์ประมาณ 5 ไมครอน (0.0005 มิลลิเมตร) จะมีสีเขียวเข้มจนถึงเกือบดำ ลักษณะเซลล์และแผงแบบ แคดเมียมเทลูไรด์ แสดงดังรูปที่ 3.16

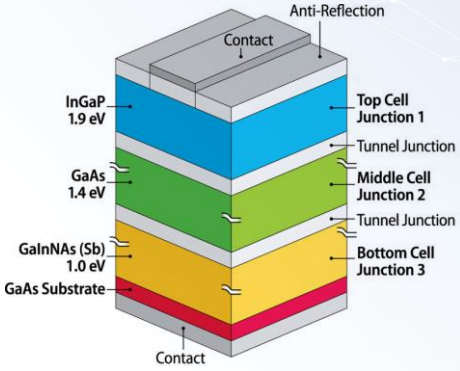


รูปที่ 3.16 เซลล์แสงอาทิตย์แผงชนิดแคดเมียมเทลูไรด์

3) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดไฮบริดจ์ (Hybrid solar cell) มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า “เซลล์ชนิดผสมผสาน” เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เทคโนโลยีการผลิตผสานกันระหว่างแบบผลึกและแบบฟิล์มบาง โดยใช้ซิลิคอนมาตัดเป็นแผ่นบาง ๆ เหมือนชนิดผลึกเดี่ยว และสร้างชั้นฟิล์มบางของอะมอร์ฟัส ชนิดซิลิคอนเคลือบทั้งด้านบนและด้านล่างของผลึก ทำให้ได้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผสมผสาน มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 18.5 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะของเซลล์ชนิดนี้เป็นสี่เหลี่ยมตัดมุม ขนาดของพื้นที่เซลล์มาตรฐาน 10.4-10.4 ตารางเมตร มีความหนา 0.2 มิลลิเมตร จะมีสีน้ำเงินเข้มจนดำ ลักษณะเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดไฮบริดจ์แสดงดังรูปที่ 3.17

รูปที่ 3.17 เซลล์แสงอาทิตย์แผงชนิดชนิดไฮบริดจ์

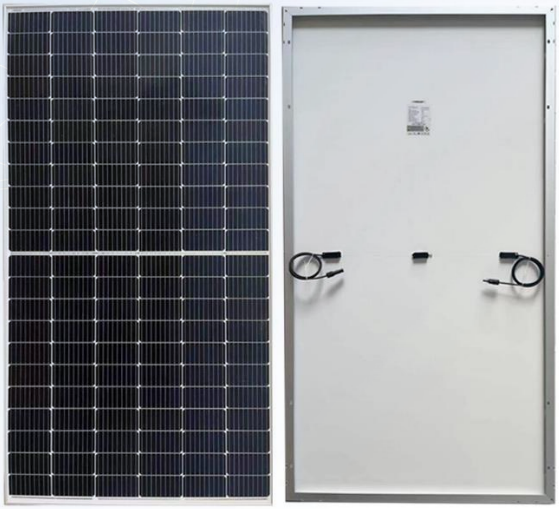
4) เซลล์แสงอาทิตย์แบบ Multijunction เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีชั้น p-n หลายชั้นจากสารกึ่งตัวนำที่แตกต่างกันวางซ้อนกันอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 3.18 ซึ่งแต่ละชั้นจะตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกันทำให้การตอบสนองต่อแสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้ามีช่วงกว้าง ประสิทธิภาพเซลล์ประเภทนี้จึงสูงกว่าชนิดอื่นๆ ในปัจจุบันทำได้สูงสุดถึง 46% โดยเซลล์ Multijunction ที่ทำจาก GaAs เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่เดิมนั้นเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Multijunction ถูกพัฒนามาสำหรับการใช้งานลักษณะพิเศษ เช่น ใช้กับดาวเทียม และยานสำรวจอวกาศ แต่ปัจจุบันเริ่มที่จะมีใช้ในอุตสาหกรรมมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามยังไม่ได้รับความนิยมเท่าประเภทอื่น ๆ เนื่องจากมีราคาแพง



รูปที่ 3.18 ชั้นของสารกึ่งตัวนำ และลักษณะภายนอกของเซลล์แสงอาทิตย์แบบ multijunction

5) เซลล์แสงอาทิตย์แบบ Half-cut cells คือ แผงโซล่าเซลล์ที่ผลิตมาจากซิลิคอนมีทั้งแบบผลึกเดียว (แผงโมโนคริสตัลไลน์) และผลึกรวม (แผงโพลีคริสตัลไลน์) แต่จะแตกต่างกันตรงที่เซลล์ภายในแผง ซึ่งทั่ว ๆ ไปเซลล์ที่อยู่ในแผงนั้นจะเป็นเซลล์เต็ม (Full cell) แต่ Half-cut cells จะมีการตัดเซลล์เต็มนั้นออกเป็น 2 ส่วน คือแผงเซลล์ด้านบนและแผงเซลล์ด้านล่าง และจุดเชื่อมต่อกระแสไฟที่จะนำไปใช้งานอยู่บริเวณตรงกลางแผง เซลล์ที่ถูกตัดเป็น 2 ส่วนนั้นจะถูกนำมาเรียงกันในแผงและมีการต่อถึงกัน

แบบอนุกรม ทั้งแผงด้านบนและด้านล่าง แต่การต่อระหว่างแผงนั้นจะมีการต่อถึงกันแบบขนาน จุดเด่นของแผงโซล่าเซลล์แบบ Half-cut cell คือ ค่าความต้านทานต่ำ เนื่องจากเซลล์มีขนาดเล็ก มีกระแสต่ำ ส่งผลให้ประสิทธิภาพสูง ความร้อนที่แผงต่ำ เนื่องจากกระแสที่ผลิตต่ำ ส่งผลให้อายุการใช้งานยาวนานขึ้น และสามารถผลิตกระแสไฟได้แม้มีแสงส่องแค่บางส่วนของแผง เนื่องจากมีแผงที่ผลิตได้ทั้งด้านบนและด้านล่าง ตัวอย่างแผงโมโนคริสตัลไลน์แบบ Half-cut cell ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 แผงโมโนแบบ Half-cut cell
(ที่มาของรูป : https://www.aecexport.com/shop/solarcell/solar-panel-handuro/)

5) ประสิทธิภาพและคุณลักษณะของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์แต่ละชนิด

เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดล้วนมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้โดยปกติแล้ว การเลือกใช้เซลล์แสงอาทิตย์จะคำนึงถึงสองปัจจัยหลักคือ ประสิทธิภาพ และราคา จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทฟิล์มบางจะมีประสิทธิภาพต่ำและอายุการใช้งานสั้นกว่าเซลล์ชนิดอื่น ๆ แต่เซลล์

แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางจะเหมาะสมกับการทำงานที่สภาวะอุณหภูมิสูงมากกว่าชนิดอื่น ๆ เนื่องจากมีอัตราการลดลงของประสิทธิภาพน้อยที่สุดเมื่ออุณหภูมิแวดล้อมสูงขึ้น นอกจากนี้ ราคาของแผงฟิล์มบางต่อพื้นที่ยังถูกกว่ากว่าชนิดอื่น ๆ ตารางที่ 3.1 แสดงตารางเรียบเทียบประสิทธิภาพและคุณลักษณะเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพและคุณลักษณะของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ชนิดต่าง ๆ

ปัจจัย	Monocrystalline	Polycrystalline	Thin film	CdTe	CIS/CIGS
ประสิทธิภาพทั่วไป	15-20%	13-16%	6-8%	9-11%	10-12%
ประสิทธิภาพสูงสุดที่ทำได้ในปัจจุบัน	25.00%	20.40%	13.40%	18.70%	20.40%
พื้นที่สำหรับ 1 kWp	6-9 m^2	8-9 m^2	13-20 m^2	11-13 m^2	9-11 m^2
อายุการใช้งานทั่วไป	25 ปี	25 ปี	10-25 ปี	-	-
ราคา	0.75 $/W	0.62 $/W	0.69 $/W	-	-
ผลของอุณหภูมิ	สมรรถนะลดลง 10 - 15% เมื่ออุณหภูมิสูง	อุณหภูมิมีผลน้อยกว่าแบบ monocrystalline	ทนต่อความร้อนที่อุณหภูมิสูง ๆ ได้ดี	อุณหภูมิไม่ค่อยมีผลต่อสมรรถนะ	
อื่น ๆ	เป็นเทคโนโลยีเก่ามีการใช้อย่างกว้างขวาง Oldest	ระหว่างกระบวนการผลิตมีขยะ silicon น้อย	ปัจจุบันแนวโน้มการพัฒนาเทคโนโลยีเร็วกว่าแบบ crystalline		
			ยังมีจำหน่ายในท้องตลาดน้อย		

ที่มา : http://energyinformative.org/

6) คุณภาพและความน่าเชื่อถือของแผงโซลาร์เซลล์ [12]

การลงทุน ย่อมต้องการผลตอบแทนที่คุ้มค่า สำหรับผู้ประกอบการแล้วการเลือกลงทุนจากการใช้พลังงานสะอาดจากแสงอาทิตย์มาผลิตไฟฟ้า หรือระบบโซลาร์เซลล์ นอกจากจะช่วยโลกรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนแล้ว ยังสามารถใช้ไฟฟ้าจากพลังงานสะอาดเพื่อลดต้นทุนในการดำเนินงานและสร้างผลตอบแทนได้ในระยะยาวอีกด้วย แต่จะทราบได้อย่างไรว่าแผงโซลาร์เซลล์ที่ถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดนั้น ลักษณะแบบใดของบริษัทใด มีคุณภาพดี และคุ้มค่าแก่การลงทุน ด้วยเหตุนี้ บลูมเบิร์ก (Bloomberg) บริษัทผู้ให้บริการด้านข้อมูล วิเคราะห์ทางด้านการเงินการลงทุน จึงได้จัดอันดับแผงโซลาร์เซลล์ของแต่ละบริษัทเอาไว้เป็น 3 อันดับ ได้แก่ Tier 1, Tier 2 และ Tier 3 เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุนด้านโครงการโซลาร์เซลล์ โดยใช้ข้อมูลหลายด้านในการประเมิน เพื่อเป็นข้อมูลให้แก่นักลงทุน นักการเงิน หรือผู้ที่จะไปปล่อยกู้แก่นักลงทุน เช่น ธนาคาร สถาบันการเงิน ใช้ประกอบการตัดสินใจลงทุน รายละเอียดการจัดอันดับคุณภาพและความน่าเชื่อถือของแผงโซลาร์เซลล์ โดย บลูมเบิร์ก (Bloomberg) ดังนี้

1) แผงโซลาร์เซลล์ระดับ Tier 1 คือ แผงที่ผลิตจากบริษัทที่น่าเชื่อถือที่สุด โดยผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์ใน Tier 1 ต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- บริษัทผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์จะต้องควบคุมดูแลการผลิตเองตั้งแต่ขั้นตอนแรกของการผลิตแผ่นซิลิกอนจนถึงการประกอบแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งทำให้สามารถควบคุมคุณภาพได้ทั้งหมด เพราะถ้าหากสั่งชิ้นส่วนจากผู้ผลิตรายอื่นจะไม่เข้าหลักเกณฑ์ของ Tier 1
- บริษัทผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์จะต้องลงทุนทำวิจัยและพัฒนาแผงโซลาร์เซลล์ รวมทั้งกระบวนการผลิตอย่างเต็มที่ เพื่อให้สินค้ามีคุณภาพที่ดีขึ้นเสมอ
- บริษัทผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์ต้องมีการใช้เทคโนโลยีระบบอัตโนมัติขั้นสูงในการผลิต ซึ่งสิ่งนี้จะสร้างมาตรฐานคุณภาพและความสม่ำเสมอให้แก่สินค้าที่ผลิตขึ้นมา
- บริษัทผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์ต้องมีประสบการณ์ในการผลิตมากกว่า 5 ปี เพราะนั่นหมายความว่าบริษัทนั้น ๆ มีความพร้อม ความเชี่ยวชาญ และความมั่นคงในด้านธุรกิจการผลิตแผงโซลาร์เซลล์

การจัดอันดับแผงโซลาร์เซลล์ตามมาตรฐาน Tier 1 โดยบลูมเบิร์กนั้นเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลก ทำให้ยอดการสั่งซื้อแผงโซลาร์เซลล์จากบริษัทผู้ผลิตแบบ Tier 1 นั่นสูงที่สุด ทั้งนี้เพราะผู้ลงทุนจะสามารถมั่นใจได้ว่านอกเหนือจากประสิทธิภาพตามกระบวนการผลิตที่ได้มาตรฐานแล้ว หากอนาคตเกิดปัญหากับแผงโซลาร์เซลล์ในระยะยาวจะยังมีผู้ผลิตที่คอยดูแลและบำรุงรักษาให้ตลอดอายุที่รับประกันอย่างแน่นอน นอกจากนี้ โครงการใดหรือบริษัทใดเลือกใช้แผงโซลาร์เซลล์แบบ Tier 1 มีโอกาสได้รับการอนุมัติเงินกู้ได้ง่ายกว่าแผงมาตรฐานอื่นอีกด้วย

2) แผงโซลาร์เซลล์ระดับ Tier 2 คือ แผงที่ผลิตจากบริษัทที่น่าเชื่อรองลงมา โดยผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์ใน Tier 2 ต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- บริษัทผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์จะต้องลงทุนทำวิจัยและพัฒนาแผงโซลาร์เซลล์ไม่ได้ลงทุนหรือมีการลงทุนบ้างบางส่วน
- บริษัทผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์จะต้องมีการใช้เทคโนโลยีระบบอัตโนมัติในการผลิตบ้างบางส่วน
- บริษัทผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์ต้องมีประสบการณ์ในการผลิตมาแล้ว 2–5 ปี

3) แผงโซลาร์เซลล์ระดับ Tier 3 คือ แผงที่ผลิตจากบริษัทที่ไม่น่าไว้วางใจและมีความเสี่ยงสูง โดยคุณภาพแผงโซลาร์เซลล์อาจไม่ได้มาตรฐาน บริษัทผู้ผลิตหรือติดตั้งอาจล้มละลายไปก่อนครบระยะรับประกัน โดยผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์ใน Tier 3 ต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- บริษัทผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์ไม่มีการลงทุนทำวิจัยและพัฒนาแผงโซลาร์เซลล์
- บริษัทผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์เป็นโรงงานประกอบแผงโซล่าเซลล์เท่านั้น
- บริษัทผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์ใช้คนในการประกอบเป็นหลัก
- บริษัทผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์เป็นโรงงานประกอบมาแล้ว 1-2 ปี

3.4 อุปกรณ์หลักในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

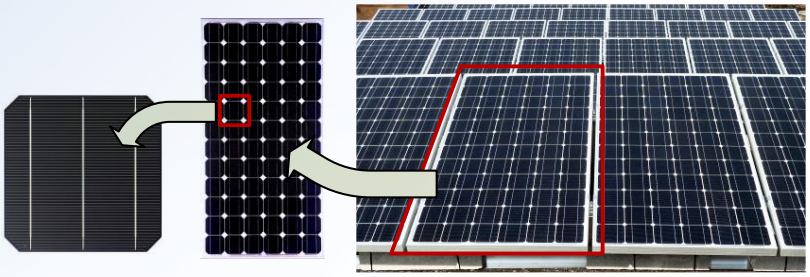
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์นั้น จะมีลักษณะเฉพาะ กล่าวคือ กระแสไฟฟ้าจะเป็นกระแสตรง และจะเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสง

นอกจากนี้แรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้ก็ไม่คงที่เช่นเดียวกัน โดยจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิแวดล้อมแผง ดังนั้น การจะนำกระแสไฟฟ้าไปที่ผลิตได้ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ จะต้องทำงานเป็นระบบ ร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าที่สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อุปกรณ์หลักในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ มีดังต่อไปนี้ [13]

3.4.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Panel)

3.4.1.1 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์

จากหัวข้อที่ผ่านมาทำให้เราทราบชนิดและรายละเอียดการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งหากนำแต่ละเซลล์เหล่านั้น มาเชื่อมต่อกันเพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้น เราจะเรียกว่า โมดูล (Modules) หรือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Panel) ทั้งนี้หากนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อกันเป็นกลุ่มเพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้นอีกจะเรียกว่าอาเรย์ (Arrays) ดังแสดงในรูปที่ 3.20



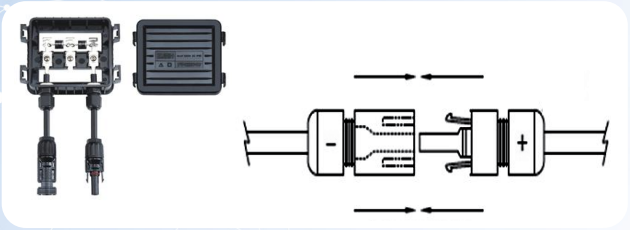
รูปที่ 3.20 ความหมายของเซลล์แสงอาทิตย์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ และอาเรย์

3.4.1.2 ส่วนประกอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ หรือโมดูลนั้น ภายในประกอบด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ หลาย ๆ เซลล์ ที่ต่อรวมกัน เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าตามที่ผู้ผลิตต้องการดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ผ่านมา ด้านหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะปิดด้วยกระจกนิรภัยที่เคลือบสาร

ป้องกันการสะท้อนของแสงอาทิตย์ และด้านหลังแผงก็มักจะเป็นกระจกนิรภัย เช่นกัน โดยมีการใช้กาวชนิดพิเศษ ซีลอย่างดีเพื่อกันความชื้นไม่ให้สัมผัสกับเซลล์แสงอาทิตย์ และขั้วต่อภายใน และหุ้มกรอบอะลูมิเนียมที่มีความคงทนและไม่เป็นสนิม มีกล่องต่อสายไฟฟ้า อยู่ด้านหลังแผง โดยจะเป็นพลาสติกสภาพดี เช่น เอบีเอส และเป็นกล่องชนิดกันน้ำ มีสายต่อออกมา 2 เส้น ซึ่งสายหนึ่งเป็นขั้วบวก อีกเส้นเป็นขั้วลบ ที่ปลายของสายจะมีข้อต่อสำหรับต่ออาเรย์หลาย ๆ แผง โดยขั้วต่อบวกและลบจะเป็นขั้วต่อสายที่ต่างกัน ดังแสดงในรูป 3.21 และ 3.22

รูปที่ 3.21 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้านหน้าและด้านหลัง
(ที่มาของรูป : https://www.deetisud.com/product)



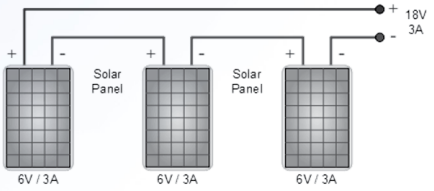
รูปที่ 3.22 ข้อต่อสายต่อที่ออกมาจากกล่องหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3.4.1.3 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์

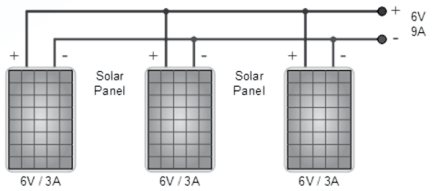
การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าตามที่ผู้ใช้งานหรือผู้ผลิตต้องการ การนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อกันทำได้ 2 วิธี

■ การต่อแบบอนุกรม การต่อแบบนี้เมื่อต้องการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้ผลิตได้มากกว่าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพียงแผงเดียว แต่กระแสจะยังคงเท่าเดิมที่ได้จากแผงเดียว

■ การต่อแบบขนาน เป็นการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในกรณีที่ต้องการกระแสไฟฟ้ามากขึ้น กว่าที่ได้จากแผงเดียว แต่แรงดันจะยังคงเท่ากับแผงเดียวอยู่ ลักษณะการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองแบบแสดงดังรูปที่ 3.23



ก) การต่อแผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบอนุกรม



ข) การต่อแผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบขนาน

รูปที่ 3.23 ลักษณะการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ ก) อนุกรม และ ข) ขนาน

3.4.2 เครื่องควบคุมการประจุ (Charge controller)

3.4.2.1 หลักการทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ

ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นกับความเข้มของแสงที่ตกกระทบแผง ซึ่งความเข้มแสงดังกล่าวจะไม่คงที่และไม่สม่ำเสมอในแต่ละช่วงเวลา ทำให้กระแสและแรงดันไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงตลอดไม่คงที่ ดังนั้นหากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ออกแบบไว้ มีการต่อพ่วงกับแบตเตอรี่สำหรับชาร์จประจุโดยตรง ประสิทธิภาพการชาร์จประจุจะทำได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ และทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นอีกด้วย เพราะแรงดันที่ผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าไม่คงที่นั้นเอง เครื่องควบคุมการประจุ (Charge controller) จึงถูกออกแบบมาเพื่อทำให้การชาร์จไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่จากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังป้องกันการเสียหายของแบตเตอรี่ที่เกิดจากแรงดันไฟฟ้าที่สูงหรือต่ำเกินไปอีกด้วย เครื่องควบคุมการประจุมีลักษณะภายนอกดังแสดงดังรูปที่ 3.24

รูปที่ 3.24 ตัวอย่างเครื่องควบคุมการประจุ

(ที่มาของรูป : https://lowenergysupermarket.com/product/mppt-10a-60v-tracer-1206an/)

เครื่องควบคุมการประจุ (ตามรูป 3.25) จะต่อระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่และโหลด เครื่องควบคุมประจุจะตรวจจับระดับปริมาณ

แรงดันไฟฟ้าในแบตเตอรี่ หากอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าที่กำหนดไว้ เครื่องควบคุมการประจุจะทำการปลดโหลดออกจากระบบโดยทันที (Load disconnect) เพื่อป้องกันการคายประจุของแบตเตอรี่ที่มากเกินไปซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพเร็ว ตัวอย่างเช่น หากตั้งค่าแรงดันการปลดโหลดไว้ที่ 11.5 โวลต์ สำหรับแรงดันระบบที่ 12 โวลต์ หากแบตเตอรี่มีแรงดันต่ำกว่า 11.5 โวลต์ เครื่องควบคุมการประจุจะตัดโหลดทันที และเครื่องจะทำการเชื่อมต่อกับโหลดใหม่ (Load reconnect) ถ้าแบตเตอรี่มีค่าแรงดันที่เพิ่มขึ้นตามที่ตั้งไว้ เช่น ตั้งค่าไว้ 12.6 โวลต์สำหรับแรงดันระบบ 12 โวลต์ เป็นต้น ทั้งนี้ เมื่อแบตเตอรี่ชาร์จจนเต็ม หากปล่อยแบตเตอรี่ทิ้งไว้ แรงดันของแบตเตอรี่จะลดลงเรื่อย ๆ ดังนั้น เครื่องควบคุมการประจุจะชาร์จรักษาระดับแรงดันในแบตเตอรี่ให้คงที่อยู่เสมอ (Float voltage) ทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ยาวนานมากขึ้นและการชาร์จประจุแบตเตอรี่ก็มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน

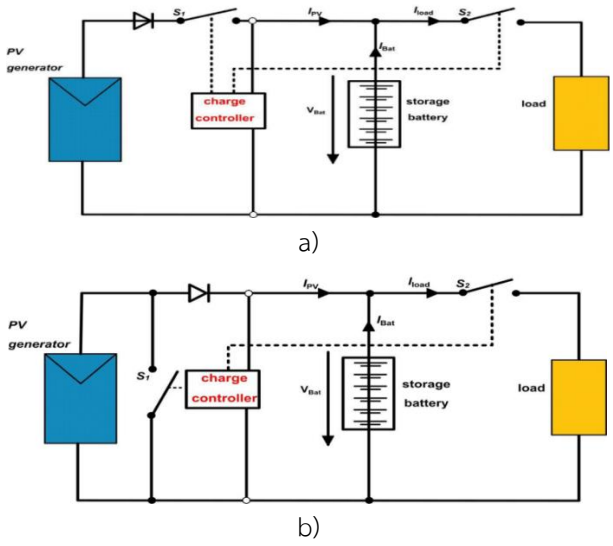
3.4.2.2 ชนิดของเครื่องควบคุมการประจุ

เครื่องควบคุมการประจุถูกจำแนกออกเป็น 2 ชนิดหลัก ๆ ดังนี้ [14]

■Pulse width modulation (PWM) เป็นเครื่องควบคุมการประจุที่ใช้หลักการควบคุมกระแสที่ออกมาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยการเปิดปิดหรือสวิตช์เป็นจังหวะ เรียกว่าจังหวะพัลส์ (Pulse) โดยหากแบตเตอรี่มีประจุไฟที่น้อยจะมีช่วงเปิดที่เพิ่มขึ้นและหากประจุไฟของแบตเตอรี่ใกล้เต็มช่วงเปิดจะน้อยลง โดยจะมีการจัดวงจรได้สองแบบคือแบบอนุกรมและขนานหรือแบบชันท์ดังรูป 3.25 ซึ่งทั้งสองแบบมีรายละเอียดดังนี้

เครื่องควบคุมการประจุแบบอนุกรม (Series charge controller) เป็นการต่อเครื่องควบคุมการประจุกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ตัดการไหลของไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังแบตเตอรี่เมื่อประจุไฟฟ้าเต็มหรือเป็นการเปิดวงจรระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่เมื่อประจุแบตเตอรี่เต็ม สวิตช์ควบคุมใช้สวิตช์แม่เหล็กที่เรียกว่า รีเลย์ (Relay) หรือสวิชชิ่งทรานซิสเตอร์ (Switching transistor) ก็ได้

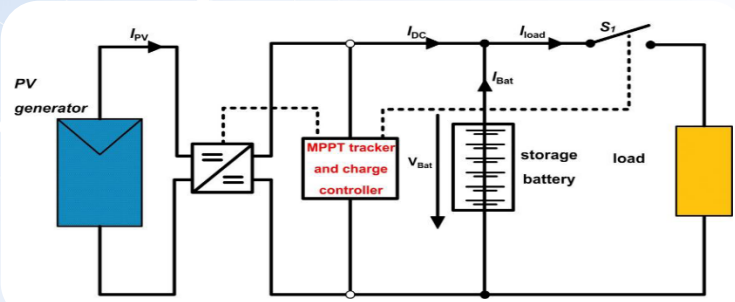
เครื่องควบคุมการประจุแบบชันท์ (Shunt charge controller) เป็นการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับสายไฟขาออกแบบขนาน จะทำการเชื่อมวงจรกับสายไฟของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้ไม่มีไฟฟ้าไหลจากแผงไปยังแบตเตอรี่เมื่อประจุไฟฟ้าเต็ม แม้ว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่ได้รับความเสียหายจากการลัดวงจร แต่แบตเตอรี่จะได้รับความเสียหาย จึงต้องมีไดโอด (Diode) ซึ่งเป็นวาล์วทางเดียวติดตั้งระหว่างเครื่องควบคุมการประจุกับแบตเตอรี่ เพื่อป้องกันการลัดวงจรทั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ สวิตช์ควบคุมใช้สวิตช์สารกึ่งตัวนำ



รูปที่ 3.25 วงจรของเครื่องประจุแบบ PWM a) แบบอนุกรม และ b) แบบชันท์

■Maximum power point tracking (MPPT) เป็นเครื่องควบคุมการประจุกระแสที่ใช้หลักการควบคุมการปรับระดับแรงดันขาเข้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้จุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดและจะเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าดังกล่าวให้เป็นกระแสไฟฟ้าเพื่อประจุเข้าแบตเตอรี่วงจรแสดงดังรูปที่ 3.26 ดังนั้นการประจุแบบนี้จะขึ้นอยู่กับกำลังไฟฟ้าของ

แผงที่ผลิตได้ในช่วงเวลานั้นๆ เครื่องประจุไฟฟ้าชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าแบบ PWM ประมาณ 10% - 20% แต่ราคาก็สูงกว่าตามไปด้วย เหมาะกับระบบขนาดใหญ่ ตัวอย่างเช่น การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องประจุไฟฟ้าระหว่างแบบ PWM กับ MPPT พบว่า การประจุไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 1 กิโลวัตต์ แบบ MPPT จะสามารถแปลงเป็นกำลังไฟฟ้าประจุเข้าแบตเตอรี่ได้ 0.1 กิโลวัตต์ แต่แบบ PWM จะสามารถแปลงได้เพียงประมาณ 0.08 กิโลวัตต์ [14]



รูปที่ 3.26 วงจรของเครื่องประจุแบบ MPPT

4.2.3 ตัวแปรในการเลือกใช้เครื่องควบคุมการประจุ [15]

■ ความมีเสถียรภาพ บางระบบต้องการความมีเสถียรภาพที่สูง ดังนั้น การเลือกเครื่องควบคุมการประจุจะต้องไม่ดับและเสียง่าย

■ กำลังชาร์จที่สอดคล้องกับระบบ การเลือกต้องรองรับระบบที่ออกแบบไว้ ซึ่งให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์และโหลดทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

■ ค่าแรงดันการปลดโหลดและต่อโหลดอัตโนมัติ เครื่องควบคุมการชาร์จควรเลือกค่าการปลดและต่อโหลดอัตโนมัติให้สอดคล้องกับระบบที่ออกแบบไว้ (ควรดูสเป็คของแบตเตอรี่ควบคู่กันไป) เพราะจะสามารถยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ได้มากยิ่งขึ้น และยังป้องกันการเสียหายของโหลดบางชนิดซึ่งได้รับแรงดันที่ต่ำกว่าจุดใช้งานได้

■ ค่ากระแสที่ใช้ไปในการทำงานในเครื่องควบคุมการประจุที่หยุดนิ่ง (Parasitic loss) ควรเลือกให้มีค่าต่ำเข้าไว้เพื่อการจ่ายประจุไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ให้กับตัวเครื่องควบคุมการประจุจะไม่สูญเปล่า

■ การติดตั้งและต่อสายไฟฟ้าเข้ากับตัวเครื่อง ต้องสะดวกและมีขั้วต่อที่ง่าย สามารถติดตั้งตามที่ต่าง ๆ ได้ง่ายและรวดเร็ว

■ ระบบชดเชยการชาร์จเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของแบตเตอรี่ (Battery temperature compensation) เครื่องควบคุมการชาร์จที่ราคาปานกลางถึงสูง ส่วนใหญ่จะมีระบบที่ว่านี้ โดยเครื่องควบคุมการประจุจะทำงานชดเชยการชาร์จเมื่ออุณหภูมิในแบตเตอรี่เปลี่ยนแปลงเพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการชาร์จ

■ ประกันสินค้าและบริการซ่อม ควรเลือกยี่ห้อที่รับประกันสินค้าเมื่อสินค้ามีปัญหา การซ่อมต้องสะดวกและดี มีบริการหลังการขายที่ดี

■ ราคา โดยส่วนใหญ่ราคาของเครื่องควบคุมการประจุจะขึ้นอยู่กับค่าในการชาร์จกระแสว่ามากหรือน้อย การป้องกันความชื้นดีหรือไม่ และตัวเครื่องระบายความร้อนได้ดีขนาดไหน ถ้าตัวเครื่องติดตัวระบายความร้อนด้วย ราคาก็จะสูงตามไปด้วย

3.4.2.4 ตัวอย่างการคำนวณเพื่อเลือกใช้เครื่องควบคุมการประจุ

การเลือกขนาดเครื่องควบคุมการประจุนั้น จะถูกกำหนดด้วยแรงดันของระบบที่ถูกออกแบบขึ้นและกระแสสูงสุดที่สามารถควบคุมได้ แรงดันของระบบทั่วไปเท่ากับ 12 โวลต์, 24 โวลต์ หรือ 48 โวลต์ ส่วนกระแสสูงสุดจะถูกกำหนดโดยจำนวนและขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในระบบ การคำนวณขนาดของเครื่องควบคุมการประจุตามขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถทำได้คร่าว ๆ ดังตัวอย่างดังนี้

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มีกำลัง ผลิตไฟฟ้า 1,000 วัตต์ โดยมีการสำรองไฟฟ้าด้วยแบตเตอรี่ขนาด 24 โวลต์ จะต้องเลือกขนาดค่าจำกัดของเครื่องควบคุมการประจุที่ยอมให้กระแสผ่านหรือกระแสแผงสูงสุด (Imp) จากการคำนวณต่อไปนี้

กำลัง (วัตต์) = กระแส (แอมแปร์) x แรงดัน (โวลต์)

กระแส (แอมแปร์) = 1,000 วัตต์ / 24 โวลต์

= 41.7 แอมแปร์

ค่ากระแสที่ได้จากการคำนวณข้างต้นนั้นเป็นสภาวะทั่วไปของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แต่อย่างไรก็ตามอาจมีอาจมีบางสภาวะแวดล้อมที่อาจทำให้กระแสของแผงมีค่ามากว่าที่ออกแบบไว้ เช่น ดังนั้นจำเป็นจะต้องเผื่อค่าเพื่อรองรับเงื่อนไขดังกล่าว โดยการเพิ่มค่าที่คำนวณได้ให้มีค่าสูงขึ้น 25% นั่น คือจะได้ 41.7 แอมแปร์ x 1.25 เท่ากับ 52.1 ดังนั้น ในกรณีนี้ ควรเลือกใช้เครื่องควบคุมการประจุที่มีค่าจำกัดของเครื่องควบคุมการประจุที่ยอมให้กระแสผ่านไม่ควรน้อยกว่า 52.1 แอมป์ เช่น อาจใช้เครื่องควบคุมประจุที่รับกระแสได้เท่ากับ 24 โวลต์ / 60 แอมป์ เป็นต้น

ทั้งนี้โดยปกติค่ากระแสของแผงสูงสุด (Imp) จะระบุมาอยู่แล้วตามขนาดของแผงหรือค่ากำหนดของแผงที่ซื้อมาจากผู้ขาย ซึ่งสามารถนำมาระบุขนาดของเครื่องควบคุมการประจุได้เช่นเดียวกัน

3.4.3 แบตเตอรี่ (Battery)

3.4.3.1 การทำงานและชนิดของแบตเตอรี่

โดยทั่วไป แบตเตอรี่จะแบ่งเป็นสองกลุ่มใหญ่ด้วยกัน ได้แก่

แบตเตอรี่ปฐมภูมิ (Primary battery): เป็นแบตเตอรี่ที่ทำการชาร์จจนเต็มมาจากโรงงาน เช่น แบตเตอรี่นาฬิกา (ถ่านนาฬิกา), แบตเตอรี่ไฟฉาย (ถ่านไฟฉาย) เป็นต้น ซึ่งเมื่อใช้ไฟในแบตเตอรี่จนหมดแล้วก็หมดเลยไม่สามารถกลับนำมาใช้ใหม่ได้

แบตเตอรี่ทุติยภูมิ (Secondary battery) แบตเตอรี่ที่ทำการชาร์จใหม่ได้เมื่อแบตเตอรี่มีไฟที่อ่อนลง เช่น แบตเตอรี่รถยนต์

ในระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้แบตเตอรี่แบบทุติยภูมิ ซึ่งสามารถชาร์จได้ใหม่เมื่อแบตเตอรี่มีกำลังไฟที่อ่อนลง ในระบบแบตเตอรี่จะทำงานเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ามาไว้ แล้วปล่อยกำลังไฟฟ้าออกไปให้กับโหลดในเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ เช่น ในช่วงเวลากลางคืนหรือ

เมฆครึ้มตลอดวัน การทำงานของแบตเตอรี่ในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์นั้นจะคล้ายกับแบตเตอรี่ในรถยนต์ กล่าวคือ รถยนต์ที่เราใช้งานอยู่ทุกวันเมื่อโหลดไฟฟ้า เช่น เปิดวิทยุหรือพัดลมในรถยนต์โดยที่เราไม่สตาร์ทเครื่องยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นก็ทำงานได้ปกติ แต่เมื่อเปิดไปนาน ๆ จนไฟในแบตเตอรี่เริ่มหมดลง แรงดันในแบตเตอรี่ก็จะเหลือน้อยลง ต้องทำการประจุหรือชาร์จแบตเตอรี่ใหม่ โดยในรถยนต์นั้นทำได้โดยการสตาร์ทเครื่องยนต์ เพื่อจะผลิตไฟกระแสตรงชาร์จให้กับแบตเตอรี่ จนแบตเตอรี่กลับมามีแรงดันไฟฟ้าที่เต็มเหมือนเดิม สำหรับแบตเตอรี่ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์นั้น ไฟฟ้าที่นำมาชาร์จประจุจะผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยผ่านเครื่องควบคุมการประจุ ส่วนโหลดอาจจะเป็นโหลดไฟฟ้ากระแสตรง หรือถ้าต้องการใช้งานกับโหลดไฟฟ้ากระแสสลับก็ต้องต่อผ่าน เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ซึ่งจะกล่าวอย่างละเอียดในหัวข้อถัดไป

ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบคุณลักษณะของแบตเตอรี่แต่ละชนิด

ตัวบ่งชี้	ชนิดของแบตเตอรี่		
	ตะกั่ว-กรด	อัลคาไลน์	นิคเกิล-แคดเมียม
ราคา	ถูก	แพง	ถูก
การบำรุงรักษา/ราคา	ง่าย/ถูก	ยุ่งยาก/แพง	ค่อนข้างยุ่งยาก/แพง
การสูญเสียประจุเอง	ต่ำ	ต่ำ	สูง
พลังงานต่อมวล	ต่ำ	สูง	ต่ำ
ยืดหยุ่นต่อสิ่งแวดล้อม	ปานกลาง	ต่ำ	ดี
เวลาใช้ในการประจุ	ปานกลาง	ช้า	เร็ว
อายุการใช้งาน	ยาวนาน	ยาวนาน	สั้น

แบตเตอรี่ที่ใช้กับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จะมีหลายชนิด เช่น ตะกั่ว-กรด (Lead-acid battery), อัลคาไลน์ (alkaline), นิคเกิลแคดเมียม

(Nickel-cadmium) แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดก็ คือ แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด เพราะมีอายุการใช้งานที่ยาวนานและมีการปล่อยประจุ (กระแสไฟฟ้า) ที่สูง ตารางที่ 3.2 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะของแบตเตอรี่แต่ละชนิด

3.4.3.2 ลักษณะของการปล่อยประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่

■แบตเตอรี่ที่สามารถปล่อยประจุ (กระแส) ไฟฟ้าได้น้อย (Shallow-cycle battery) คือ แบตเตอรี่ที่ออกแบบมาให้ปล่อยประจุไฟฟ้าได้ประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ ของประจุไฟฟ้ารวมก่อนจะทำการชาร์จประจุใหม่ การปล่อยประจุไฟฟ้าจะมีหน่วยเป็นแอมแปร์ชั่วโมง, ทั้งนี้ 100 แอมแปร์ชั่วโมง หมายถึงแบตเตอรี่สามารถปล่อยประจุกระแสไฟฟ้า 100 แอมแปร์ได้ 1 ชั่วโมง ตัวอย่างเช่น ถ้ามีแบตเตอรี่แบบปล่อยประจุได้น้อย ที่สามารถปล่อยประจุไฟฟ้าได้ 100 แอมแปร์ชั่วโมง อยู่หนึ่งตัว แบตเตอรี่ตัวนี้ควรที่จะปล่อยประจุไฟฟ้า (หรือใช้กระแสไฟฟ้า) ได้เพียง 10 - 20 แอมแปร์ชั่วโมง หลังจากนั้นจะต้องทำการชาร์จประจุให้เต็มก่อนการคลายประจุครั้งต่อไป ถ้าการปล่อยประจุมากเกินกว่าที่กำหนดไว้ เช่น ทำการปล่อยประจุที่ 50 แอมแปร์ชั่วโมง จะทำให้แบตเตอรี่มีอายุการที่ใช้งานที่สั้นลง

■แบตเตอรี่ที่สามารถปล่อยประจุ (กระแส) ไฟฟ้าได้มาก (Deep-cycle battery) คือ แบตเตอรี่สามารถปล่อยประจุได้ถึง 60-80 เปอร์เซ็นต์ของประจุรวมก่อนที่จะทำการชาร์จประจุใหม่ ส่วนมากแล้วจะนำมาใช้กับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าในบ้านพักอาศัย แบตเตอรี่ชนิดนี้จะมีราคาที่สูงกว่าแบบแรกมาก แต่ใช้เพียงไม่กี่ตัวก็สามารถทดแทนประจุไฟฟ้ารวมจากแบตเตอรี่แบบแรกได้ แบตเตอรี่แบบนี้จะมีความคุ้มค่าในระยะยาว

3.4.3.3 ข้อควรระวังในการใช้งานแบตเตอรี่

■ไม่ควรปล่อยให้แบตเตอรี่ปล่อยประจุ (กระแสไฟ) จนหมด เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพในการเก็บประจุของแบตเตอรี่ลดลงอย่างมาก และบางครั้งอาจจะไม่สามารถนำกลับมาชาร์จประจุได้อีกต่อไป

■ควรออกแบบวงจรให้การชาร์จแบตเตอรี่เต็มทุกวัน เพราะถ้าแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ไม่เคยชาร์จเต็มเลย จะทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลง โดยกำหนดประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ในการคำนวณหาขนาดของแบตเตอรี่

■ควรติดตั้งแบตเตอรี่ที่อุณหภูมิตามที่กำหนดไว้จากผู้ผลิต โดยส่วนใหญ่แล้วแบตเตอรี่จะทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลง แต่ถ้าหากอุณหภูมิต่ำกว่านี้ จะทำให้ประสิทธิภาพในการเก็บประจุลดลง

แบตเตอรี่ต้องต่อและทำงานร่วมกับเครื่องควบคุมการประจุในระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ดังนั้น ความสัมพันธ์ในการทำงานของแบตเตอรี่กับเครื่องควบคุมการประจุจึงสำคัญอย่างยิ่ง โดยเครื่องควบคุมการประจุจะทำหน้าที่ปรับแรงดันให้เหมาะสม ไม่ให้สูงเกินไปเพราะอาจทำให้แบตเตอรี่เสียหายได้ ถ้าแบตเตอรี่มีแรงดันที่ต่ำมากกว่าค่าที่ตั้งไว้ในเครื่องควบคุมการประจุ เครื่องควบคุมการประจุจะปลดโหลดออกไปทันที เพราะถ้าไม่ทำอย่างนี้แล้ว ประจุที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่จะถูกปล่อยไปจนหมด ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อแบตเตอรี่เพราะจะทำให้เซลล์ที่อยู่ข้างในไม่สามารถกลับมาชาร์จประจุได้อีก

3.4.3.4 การคำนวณหาขนาดแบตเตอรี่

โดยทั่วไปขนาดของแบตเตอรี่จะกำหนดด้วย การปล่อยประจุไฟฟ้าจะมีหน่วยเป็นแอมแปร์ชั่วโมง (Ah) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

Ah = (กำลังไฟฟ้าของโหลด X ระยะเวลาที่ต้องการใช้งานโหลด) / [(แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ x ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ x ประสิทธิภาพของ Inverter)]

โดยที่ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ = 0.60 (สำหรับแบตเตอรี่ธรรมดา) และ = 0.80 (สำหรับแบตเตอรี่ Deep cycle) และโดยทั่วไปประสิทธิภาพของ Inverter = 0.85 จะได้

ตัวอย่างการคำนวณ บ้านหลังหนึ่งต้องการนำไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้กับหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ จำนวน 3 ดวง (36 วัตต์ X 3) เป็นเวลา 3 ชั่วโมงต่อวัน, โทรทัศน์สี 21 นิ้ว (120 วัตต์) ประมาณ 4 ชั่วโมงต่อวัน และหากต้องการสำรองไฟใช้ได้ 3 วัน ระบบนี้ต้องใช้ขนาดแบตเตอรี่ กี่แอมแปร์ชั่วโมง

Ah = [พลังงานที่ต้องการใช้ทั้งหมดใน 1 วัน X ระยะเวลาสำรองไฟ (วัน)] / [(แรงดันแบตเตอรี่ X 0.8 (ค่าการใช้งานจริงของแบตเตอรี่) X 0.85 (ประสิทธิภาพของ Inverter))]

= [((36 วัตต์ X 3 ดวง) X 3 ชั่วโมง) + ((120 วัตต์) X 4 ชั่วโมง)) X 3 วัน] / (12 โวลต์ X 0.8 X 0.85)

= 295.59 แอมแปร์ชั่วโมง

ขนาดของแบตเตอรี่ที่ควรใช้เป็นขนาด 12 โวลต์ 295.59 แอมแปร์ชั่วโมง หรือมากกว่า หรือ นั้นคือ ขนาดของแบตเตอรี่ที่ควรใช้เป็นขนาด 12 โวลต์ 300 แอมแปร์ชั่วโมง

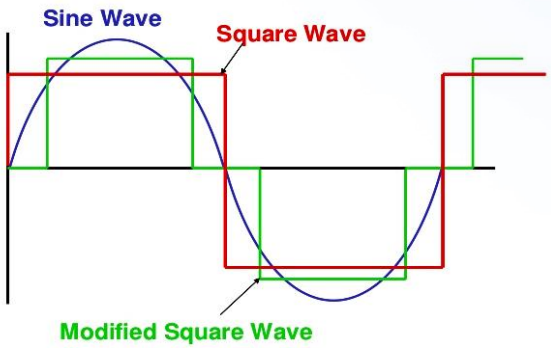
3.4.4 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)

3.4.4.1 หลักการทำงานของเครื่องเปลี่ยนกระแสไฟฟ้า

ดังที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้นว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น จะผลิตพลังงานไฟฟ้าออกมาในรูปแบบของไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current) แต่เครื่องใช้ไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยโดยส่วนใหญ่ เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้กับไฟกระแสสลับเป็นหลัก ดังนั้น การที่จะทำให้ไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไปได้ จำเป็นจะต้องมีตัวแปลงกระแสไฟฟ้าเสียก่อน อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ดังกล่าวคือ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) นั่นเอง ลักษณะภายนอกของเครื่องเปลี่ยนกระแสไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 3.27

รูปที่ 3.27 ตัวอย่างของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

หลักการทำงานของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า คือ รับพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปสู่ตัวเครื่องไม่ว่าจะเป็นกระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ส่งยังเครื่องควบคุมการประจุ หรือไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ก็ตาม หลังจากไฟฟ้ากระแสตรงเข้าสู่ตัวเครื่อง กระแสจะผ่านวงจรไฟฟ้าภายในตัวเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่ประกอบไปด้วยทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่ในการแปลงแรงดันให้สลับกันไปมาระหว่างความต่างศักย์ที่เป็นบวกและลบ จนได้เป็นพลังงานไฟฟ้าที่เป็นไฟกระแสสลับ โดยมีจำนวนครั้งที่สลับไปมาเท่ากับ 100-120 ครั้งต่อวินาที (ความถี่ 50-60 เฮิรตซ์) แล้วแต่การออกแบบวงจรภายใน โดยเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ผลิตและใช้กันอยู่ในประเทศไทยโดยทั่วไปมีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับอยู่ที่ 220-230 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์



รูปที่ 3.28 รูปแบบของรูปคลื่นที่ผลิตได้จากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

รูปแบบของคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่แปลงได้จากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะมีรูปแบบของลูกคลื่นอยู่สองแบบใหญ่ ๆ ด้วยกัน (ดังแสดงในรูปที่ 3.28) ดังนี้

■ รูปคลื่นสแควร์เวฟ (Square wave) มีลักษณะเป็นทรงเหลี่ยม อีกรูปแบบที่ใกล้เคียงกับรูปคลื่นสแควร์เวฟ คือ โมดิฟายซายน์เวฟ (Modified-sine wave) ซึ่งจุดที่เปลี่ยนระหว่างคลื่นบวกกับลบจะมีความชันน้อยกว่า ส่วนใหญ่แล้วจะเจอกับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ที่มีราคาถูก หาซื้อได้โดยทั่วไป เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่มีแรงดันขาออกเป็นแบบสองลูกคลื่นนี้ จะนำไปใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่ค่อยมีผลกับรูปแบบของลูกคลื่นมากนัก เช่น หลอดไฟ เป็นต้น แต่ถ้านำไปใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบของเส้นลวดพัน เช่น มอเตอร์พัดลม จะทำให้เกิดเสียงรบกวนและความร้อนจากตัวมอเตอร์ ส่งผลให้มอเตอร์เสียหายได้ เนื่องจากรูปแบบลูกคลื่นไม่สอดกับหลักการทำงานภายในของตัวมอเตอร์นั่นเอง

■ รูปคลื่นซายน์เวฟ (Sine wave) หรือที่เรียกตามทั่วไป คือ เพียวซายน์เวฟ (Pure-sine wave) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ที่ผลิตรูปคลื่นแบบนี้ออกมาจะมีราคาที่สูงกว่า เพราะรูปคลื่นซายน์จะรองรับการนำไปใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ทุกชนิด โดยไม่ทำให้เกิดปัญหา และมีรูปร่างของคลื่นที่ผลิตได้เหมือนกับรูปคลื่นไฟฟ้าตามบ้านทุกประการ การนำเอาท์พุตของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบนี้ไปจ่ายให้กับพัดลม พัดลมจะทำงานปกติไม่เกิดเสียงรบกวนแต่อย่างใด

3.4.4.2 ประเภทของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าตามระบบที่ติดตั้ง

โดยทั่วไปเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะแบ่งแยกตามระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีอยู่สองแบบใหญ่ ๆ ด้วยกัน ได้แก่

■ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่ใช้กับระบบไม่เชื่อมต่อกับสายส่ง (Stand-alone system) หรือระบบอิสระที่ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับการไฟฟ้า (Off grid system) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบนี้จะมีหลักการทำงานเบื้องต้นที่กล่าวไป คือ รับพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ หรือไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่

(เวลากลางคืนจากพลังงานที่ชาร์จไว้โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในเวลากลางวัน) แล้วแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ จ่ายให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับต่อไป

■ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่ใช้กับระบบเชื่อมต่อกับสายส่ง (On-grid system) หรือระบบที่ทำงานสัมพันธ์กับการไฟฟ้า มีชื่อเรียกเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดนี้โดยทั่วไปว่า กริดไทด์อินเวอร์เตอร์ (Grid-tied inverter) ลักษณะการทำงานของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าระบบนี้จะเหมือนกับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าโดยปกติทั่วไป แต่จะต้องมีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจากการไฟฟ้าป้อนให้กับเครื่องอีกทางหนึ่งด้วย ตัวเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบนี้ถึงจะทำงาน ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกใช้ไปกับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในบ้าน ถ้าใช้ไฟฟ้ามากกว่าที่ผลิตได้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าก็จะดึงไฟฟ้าจากการไฟฟ้าเข้ามาจ่ายให้เพิ่มเติม แต่ถ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าที่ใช้ภายในบ้าน ไฟฟ้าก็จะถูกขายให้กับการไฟฟ้าต่อไป กริดไทด์อินเวอร์เตอร์ในปัจจุบันจะตัดการทำงานตัวมันเองทันทีที่ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าดับเพื่อป้องกันไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านไปยังสายไฟของการไฟฟ้าซึ่งจะเป็นอันตรายต่อช่างไฟฟ้าที่จะมาซ่อมได้

■ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบไฮบริดจ์ (Hybrid inverter) เป็นเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน ซึ่งเป็นระบบที่เอาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระร่วมกับแหล่งไฟฟ้าประเภทอื่น ทั้งที่เป็นพลังงานทดแทนหรือแม้แต่จากสายส่ง เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบผสมผสาน จะเชื่อมต่อกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แหล่งพลังงานไฟฟ้าอื่นๆ และอีกขั้วหนึ่งก็ต่อเข้ากับแบตเตอรี่ แล้วแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ก่อนจะปล่อยไฟฟ้าไปใช้งานต่างๆ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าประเภทนี้ นอกจากจะทำหน้าที่เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าแล้ว ยังทำหน้าที่เป็นเครื่องควบคุมการประจุไฟเข้าแบตเตอรี่อีกด้วย ทำให้ระบบลดค่าใช้จ่ายเครื่องควบคุมการประจุ แต่อย่างไรก็ตาม เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบผสมผสานก็มียังมีราคาแพงกว่าประเภทอื่น

3.4.4.3 ประสิทธิภาพของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

ตามหลักการทำงานของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า คือ การแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ดังนั้น ในกระบวนการนี้จะมีการสูญเสียพลังงานเกิดขึ้น ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์จึงไม่ได้เต็มร้อยเปอร์เซ็นต์ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ที่มีคุณภาพ จะต้องมีค่าประสิทธิภาพที่มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ตัวอย่างเช่น ถ้าเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า มีประสิทธิภาพ 90 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่าเราต้องใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ฝั่งขาเข้าอินเวอร์เตอร์ 1000 วัตต์ถึงจะได้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับที่ฝั่งขาออก 900 วัตต์ ดังนั้น ถ้าเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า มีค่าประสิทธิภาพสูงเท่าไรก็ยิ่งดี แต่ราคาของอินเวอร์เตอร์ก็จะสูงตามไปด้วย นอกจากนี้ราคาของอินเวอร์เตอร์ค่อนข้างจะสูงเมื่อเทียบกับอุปกรณ์อื่น ๆ ที่อยู่ในระบบ ถ้าไม่จำเป็นมากก็ออกแบบเพียงใช้แค่โหลดไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้

3.4.4.4 การเลือกใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าให้เข้ากับระบบ

■ค่าป้องกันกระแสกระชาก เนื่องจากโหลดไฟฟ้าตามบ้านนั้นจะมีค่ากระแสที่มากกว่าปกติเวลาที่เริ่มเปิดใช้งาน (เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า ตู้เย็น) ดังนั้น การเลือกเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า จะต้องดูค่าที่ป้องกันกระแสไฟกระชาก (Surge power) ว่ามีอัตราอยู่ที่เท่าไร ส่วนมากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า จะออกแบบมาให้ทนกับกระแสที่สูงในช่วงเวลาสั้น ๆ ได้ ตัวอย่างอินเวอร์เตอร์บางตัวสามารถทนกระแสได้มากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ในหนึ่งวินาทีซึ่งเพียงพอต่อการสตาร์ทมอเตอร์ตัวไม่ใหญ่ได้

■ค่าแรงดันไฟฟ้าขาเข้า แรงดันไฟฟ้าขาออก และความถี่ของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า แรงดันขาเข้า (กระแสตรง) ควรเลือกให้สอดคล้องกับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ส่งจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (ผ่านเครื่องควบคุมการประจุ) และแบตเตอรี่ เช่น ระบบออกแบบไว้ที่ 12 โวลต์ก็ต้องเลือก แรงดันไฟฟ้าขาเข้าของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่ 12 โวลต์ เช่นกัน ส่วนเรื่องแรงดันไฟฟ้าขาออก (กระแสสลับ) ของอินเวอร์เตอร์จะต้องเลือกให้เข้ากับโหลดไฟฟ้ากระแสสลับที่เราจะนำไปต่อด้วย เครื่องใช้ไฟฟ้าตามบ้านในประเทศไทยโดยทั่วไปจะใช้แรงดัน 220 โวลต์ และความถี่ 50 เฮิรตซ์

■ค่าความร้อนที่มีผลต่อประสิทธิภาพเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ทั่วไปแล้วอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับไฟฟ้าจะเกิดความร้อนสูงเมื่อมีการทำงานที่เต็มภาระเป็นเวลานาน อาจจะทำให้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าหยุดการทำงานได้ ดังนั้น ควรหาเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่มีระบบระบายความร้อนที่ดี จะทำให้เครื่องมีอายุการใช้งานที่ยืนยาวขึ้น

■ค่าคลื่นแทรกที่เกิดในแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุตของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Total harmonic distortion , THD) ค่านี้จะมีผลทำให้โหลดที่มีขดลวดเป็นประกอบในการทำงาน เช่น มอเตอร์ไฟฟ้ามีความร้อนสูง เมื่อค่า THD สูง โดยทั่วไปแล้วค่า THD ต้องน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์

■ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power factor) มีผลกับประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าในการจ่ายพลังงานให้กับโหลด ส่วนใหญ่แล้วจะเลือกเครื่องที่มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ไม่น้อยกว่า 0.7

■ความมีเสถียรภาพและการซ่อมแซม ควรเลือกเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่มีเสถียรภาพในการจ่ายไฟฟ้าที่ภาระโหลดเต็มสูง คือ ไม่มีไฟฟ้าสะดุดเวลาใช้งานหรือเสียหายได้ นอกจากนี้ยังต้องไม่ลืมเรื่องภาระการซ่อมแซม เมื่อเกิดปัญหาขึ้นกับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ถึงแม้จะมีประกันแต่ถ้าเราสั่งซื้อของจากต่างประเทศซึ่งไม่มีศูนย์ซ่อมที่ไทยความยุ่งยากและเรื่องค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นก็มีมากกว่ารุ่นที่มีศูนย์ซ่อมที่ใกล้หรืออยู่ในประเทศ อาจจะสอบถามเงื่อนไขการรับประกันและการส่งซ่อมก่อนเลือกซื้อเพื่อเป็นข้อมูลไว้ก่อน

ตารางที่ 3.3 ข้อแนะนำการเลือกเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่ใช้กับระบบไม่เชื่อมต่อกับสายส่ง ให้เหมาะสมกับระบบที่ออกแบบ [13]

แผงโซล่าเซลล์รวม (kWp)	โหลดกระแสสลับที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (kW)	โหลดรวม (kWh/day)	แรงดันกระแสตรงของระบบที่ออกแบบ (V)
น้อยกว่า 0.4	น้อยกว่า 1.0	น้อยกว่า 1.5	12
0.4-1.0	2.5 หรือน้อยกว่า	น้อยกว่า 5.0	24
1.0-2.5	5.0 หรือน้อยกว่า	5.0-12.0	48
มากกว่า 2.5	มากกว่า 5.0	12.0-25.0	120

3.4.5 อุปกรณ์อื่น ๆ [15]

3.4.5.1 อุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่า และไฟกระชาก (Surge protection device)

อุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่า และไฟกระชาก เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาสั้น ๆ เช่น ฟ้าผ่า ซึ่งพลังงานที่สูงมากเช่นนี้ สามารถสร้างความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า ประโยชน์จากการติดตั้งอุปกรณ์ชนิดนี้ได้แก่ จะช่วยป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องจักร อุปกรณ์สื่อสารอิเล็กทรอนิกส์ไม่ให้เกิดความเสียหายจากฟ้าผ่าทางตรงและทางอ้อม และยังสามารถทำให้เครื่องจักรและอุปกรณ์ ทำงานต่อไปได้โดยไม่หยุดชะงัก อุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่า ป้องกันไฟกระชาก ดังรูปที่ 3.29

รูปที่ 3.29 อุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่า และไฟกระชาก

3.4.5.2 สายไฟและข้อต่อ

การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับ พิกัดการทนกระแสไฟฟ้าของสายไฟฟ้าเป็นสำคัญ กล่าวคือถ้าอุปกรณ์ไฟฟ้ากินกระแสไฟฟ้ามาก เราก็ต้องเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้าใหญ่ ถ้าอุปกรณ์ไฟฟ้ากินกระแสไฟฟ้าน้อย เราก็ใช้สายไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กลงมา และเลือกประเภทของสายให้เหมาะสมกับชนิดกระแส ดังมีรายละเอียดดังนี้

■ การเลือกขนาดสายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)

การเลือกสายไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ใช้งานในบ้านให้เหมาะสม เพื่อความปลอดภัย เราจะดูจากโหลดการใช้งาน หรือกระแสไฟฟ้า แอมแปร์ที่ไฟฟ้าไหลผ่าน โดยเผื่อค่าความปลอดภัยไว้ด้วยอย่างน้อย 25% เพื่อป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการ ใช้สายไฟเล็กเกินไป ทำให้สายไฟร้อนจัด จนเกิดไฟลุก ซึ่งการเลือกขนาดสายไฟที่ใหญ่ขึ้น ราคาจะสูงขึ้นเช่นกัน ส่วนการเลือกสายไฟแบบมี เส้นเดียว เส้นคู่ หรือ 3 เส้น 4 เส้น ที่อยู่รวมในสายเส้นเดียว ขึ้นอยู่กับการออกแบบให้สะดวกต่อการใช้งาน และควรใช้สีของสายไฟคนละสี เพื่อรู้ว่าเป็นเส้นใดในปลายสาย ตารางที่ 3.4 แสดงค่าการเลือกขนาดของสายไฟกระแสสลับ โดยทั่วไปจะสายไฟอยู่ 3 ชนิด ได้แก่

สายไฟฟ้า THW เป็นสายฟ้าที่ทนแรงดันไฟฟ้าได้มากถึง 750 โวลต์ (แล้วแต่ขนาด) มีฉนวนพีวีซีหุ้ม 1 ชั้น และเป็นสายเพียงเส้นเดียว การติดตั้งต้องร้อยเข้าไปในท่อร้อยสายไฟฟ้าอีกทีหนึ่ง เพื่อป้องกัน กรณีที่ต้องการฝังท่อในผนังคอนกรีต หรือเดินบนฝ้าเพดาน สาย THW นี้ ไม่แนะนำให้ติดตั้งนอกอาคาร หรือฝังใต้ดิน ไม่ให้สายสัมผัสกับดินหรืออากาศโดยตรง จะต้องร้อยเข้าไปในท่อไฟฟ้าก่อนเท่านั้น

สายไฟฟ้า VAF เป็นสายไฟฟ้าที่สามารถทนแรงดันไฟฟ้า 300 โวลต์ (ไฟตามบ้านเรามีแรงดัน 220 โวลต์) เป็นสายที่มี 2 เส้น หรือ 3 เส้น ในสายเส้นเดียว หุ้มด้วยฉนวนพีวีซี 2 ชั้น สำหรับการติดตั้งภายในอาคารเท่านั้น ไม่ควรนำสาย VAF ไปติดตั้งนอกอาคาร หรือฝังใต้ดินเด็ดขาด เพราะฉนวนที่หุ้มสาย VAF นี้ไม่สามารถทนต่อสภาพอากาศ แสงแดด หรือสารอินทรีย์ที่อยู่ในดินได้นาน ที่เราสามารถเห็นได้โดยทั่วไปที่ติดตั้งกับผนังหรือเพดานบ้าน ด้วยเข็มขัดรัดสาย หรือ Clip รัดสาย

สายไฟฟ้า VCT เป็นสายไฟฟ้าที่สามารถฝังใต้ดิน หรือติดตั้งนอกอาคารได้ เช่น ใช้สำหรับสายโคมไฟฟ้า ในสวนหน้าบ้าน หรือสายไฟฟ้าที่จ่ายไปยังปั๊มน้ำรดน้ำต้นไม้ เป็นสายอ่อนที่มีฉนวนหุ้ม 2 ชั้น และฉนวนชั้นนอก เป็นสามารถทนต่อสภาพอากาศ แรงสั่นสะเทือนได้ดี ทนแรงดันไฟฟ้าได้มาถึง 750 โวลต์

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าการเลือกขนาดของสายไฟกระแสสลับ

กระแส (A)	กำลังไฟ 220V (Watt)	ขนาดสาย (mm^2)
7	1232	0.5
11	1936	1.0
16	2816	1.5
21	3696	2.5
29	5104	4.0
36	6336	6.0
51	8976	10.0
67	11792	16.0
91	16016	25.0
111	19536	35.0

ที่มา: มาตรฐาน ว.ส.ท. EIT Standard 2001-56

■การเลือกขนาดสายไฟฟ้ากระแสตรง DC สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

สายไฟสำหรับไฟกระแสตรง ออกแบบมาเพื่อระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์นั้นจะมีลักษณะเฉพาะ โดยจะเป็นสายทองแดงเคลือบดีบุก หุ้มฉนวน 2 ชั้น ทนความร้อน ทั้งนี้การออกแบบระบบ จะต้องระมัดระวังในการพิจารณา เลือกชนิดและขนาดสายไฟให้เหมาะสม ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ หากเลือกสายไฟที่ไม่เหมาะสม อาจทำให้เกิดความร้อนสูงและเกิดไฟไหม้จากกระแสที่มากเกินได้

โดยปกติการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ต้องใช้สายไฟสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เซลล์โดยเฉพาะ ต้องมีความสามารถทนอุณหภูมิได้ไม่น้อยกว่า 80 องศาเซลเซียส ซึ่งเรียกสายประเภทนี้ว่า ว่า PV / PV1-F ซึ่งภายในสายจะประกอบด้วยสายเส้นเล็ก ๆ จำนวนมาก ทำให้เหมาะกับไฟฟ้ากระแสตรง และสายประเภทนี้ยังเคลือบด้วยนิกเกิล เพื่อป้องกันการกัดกร่อน การเลือกขนาดของสายไฟกระแสตรง แสดงดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 การเลือกขนาดของสายไฟกระแสตรง DC

กระแส (A)	รองรับแรงดันไฟฟ้า	ขนาดสาย (mm^2)
30	AC 0.6/1kV; DC 1.8kV	PV1-F 1*1.5
41	AC 0.6/1kV; DC 1.8kV	PV1-F 1*2.5
55	AC 0.6/1kV; DC 1.8kV	PV1-F 1*4.0
70	AC 0.6/1kV; DC 1.8kV	PV1-F 1*6.0
98	AC 0.6/1kV; DC 1.8kV	PV1-F 1*10
132	AC 0.6/1kV; DC 1.8kV	PV1-F 1*16
218	AC 0.6/1kV; DC 1.8kV	PV1-F 1*35

ที่มา: มาตรฐาน ว.ส.ท. EIT Standard 2001-56

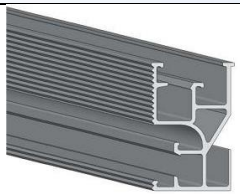
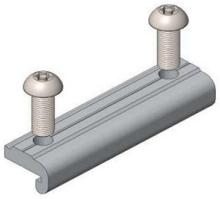
ข้อต่อที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อกระแสไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผ่านมาจากสายไฟฟ้านั้น จะมีลักษณะดังรูปที่ 3.30 โดยข้อต่อเหล่านี้จะถูกออกแบบมาเพื่อรองรับกับสายไฟชนิดกระแสตรง ชนิด PV / PV1-F และสามารถกันน้ำกับความร้อนได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเพื่อรองรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มักจะอยู่ในที่โล่ง

รูปที่ 3.30 ข้อต่อที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อกระแสไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3.4.5.3 อุปกรณ์ติดตั้งและยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคานั้น ค่อนข้างมีความยุ่งยากและต้องใช้ความระมัดระวังมากในการติดตั้ง เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายบนหลังคาและเพิ่มภาระให้กับโครงสร้างมากเกินไป ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งแผงบนหลังคานั้นจึงมีความเฉพาะเจาะจง มีน้ำหนักเบา แข็งแรง ทนทาน ซึ่งโดยมากจะผลิตจากอลูมิเนียมอัลลอย อุปกรณ์ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคามีหลายชิ้นประกอบกันดังรายละเอียดต่อไปนี้ ในตารางที่ 3.6 [14]

ตารางที่ 3.6 รายละเอียดอุปกรณ์ยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

	รางยึดแผงโซล่าเซลล์ เป็นอุปกรณ์ติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยส่วนมากผลิตจากอลูมิเนียมอัลลอย มีความแข็งแรง มีน้ำหนักอุปกรณ์มีน้ำหนักเบา
	อุปกรณ์จับยึดระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์จับยึดระหว่างแผง สำหรับจับยึดช่วงกลาง รอยต่อแผง โดยมากทำจากอลูมิเนียมอัลลอย โดยจะยึดแผงกับรางยึดโดยใช้สกรูขันให้แน่น
	อุปกรณ์ยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แผ่นสุดท้าย อุปกรณ์จับยึดแผ่นสุดท้ายของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะทำหน้าที่ในการยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แผ่นสุดท้ายกับราง
	อุปกรณ์ต่อราง เป็นอุปกรณ์สำหรับต่อรางยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเสริมความแข็งแรงของรอยต่อ โดยจะยึดระหว่างรางด้วยสกรู
	ขายึดโครงหลังคาเหล็ก หรือคาน รูปตัว L สำหรับเป็นขายึดโครงหลังคาเหล็ก metal-sheet หรือยึดบนคาน ต่อร่วมกับรางยึด โดยจะเจาะหลังเพื่อลงไปยึดกับคานเพื่อรองรับรางยึดแผง

	ขายึดโครงหลังคากระเบื้องลอนสำหรับเป็นขาตั้งแบบตัว L สำหรับยึดกับหลังคาแบบกระเบื้องลอนคู่ หรืออื่นโครงต่าง ๆ โดยจะต่อร่วมกับรางยึด โดยจะเจาะหลังคาลงไปยึดกับคานเพื่อรองรับรางยึดแผงเช่นเดียวกับ ขายึดโครงหลังคาเหล็ก หรือคานรูปตัว L
	ขายึดโครงหลังคา CPAC ปรับตำแหน่งได้ สำหรับเป็นขายึดโครงหลังคา CPAC หรือหลังคาแบบเรียบ หรืออื่นโครงต่าง ๆ โดยจะสามารถปรับการยึดได้หลายรูปแบบ ต่อร่วมกับรางยึด
	ขายึดโครงหลังคา CPAC สแตนเลส สำหรับเป็นขายึดโครงหลังคา CPAC หรือหลังคาแบบเรียบ เช่นเดียวกับชนิดก่อนหน้า แต่ผลิตจากสแตนเลส
	ขายึดโครงหลังคาเหล็ก แบบลอนคู่ สำหรับเป็นขายึดโครงหลังคาเหล็ก metal-sheet ต่อร่วมกับรางยึดแผง

	ขายึดโครงหลังคาเหล็ก แบบหนีบลอน สำหรับเป็นขายึดโครงหลังคาเหล็ก metal-sheet ต่อร่วมกับรางยึดแผง ลักษณะเช่นนี้มีข้อดีคือไม่เจาะหลังคาหากแต่อาศัยการหนีบหลังคา หากแต่ต้องวางตำแหน่งลงบนคานของหลังคา

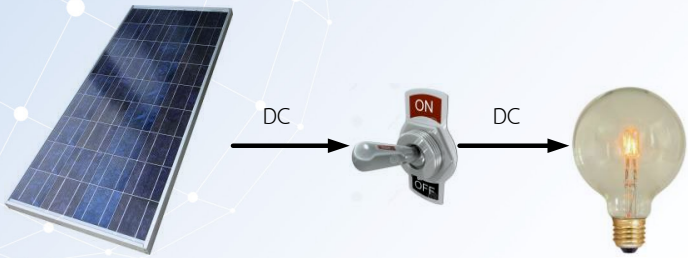
3.4.6 การต่ออุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าแบบไม่เชื่อมต่อกับสายส่ง (Off grid หรือ Stand alone)

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่เชื่อมต่อกับสายส่ง หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ระบบอิสระ คือ ระบบที่ผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ไม่ปฏิสัมพันธ์กับผู้ผลิตและส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้ารายใหญ่ (ในประเทศไทย คือ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตนครหลวง หรือภูมิภาค) ระบบอิสระนี้จะแยกเดี่ยวออกมาโดยผู้ติดตั้งระบบจะสามารถผลิตไฟฟ้าใช้ได้เอง โดยไม่ต้องพึ่งพาการไฟฟ้า ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่เชื่อมต่อกับสายส่ง เป็นระบบที่ใกล้ตัวเรามากที่สุด และเป็นระบบที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เพราะ เป็นระบบที่จ่ายไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ อุปกรณ์ไฟฟ้า โดยตรง ทั้งที่เป็นขนาดเล็ก เช่น เครื่องคิดเลข ไฟประดับสวน นาฬิกา ไฟฉาย หรือหากเป็นระบบที่ใหญ่กว่านี้ก็จะนิยมใช้กับระบบที่สายส่งเข้าไปไม่ถึง หรือพื้นที่ห่างไกล เช่น บนภูเขา หรือบนเกาะ [11]

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่เชื่อมต่อกับสายส่ง มีวิธีการต่อระบบที่หลากหลาย ทั้งต่อโหลดกระแสตรงกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (ซึ่งผลิตไฟฟ้ากระแสตรง) โดยตรง หรือนำไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากแผง ไปแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (โดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) เพื่อให้ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าตามบ้านเรือนซึ่งใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับอยู่แล้วได้ ระบบอิสระ มีการเชื่อมต่อแบบต่าง ๆ ดังนี้

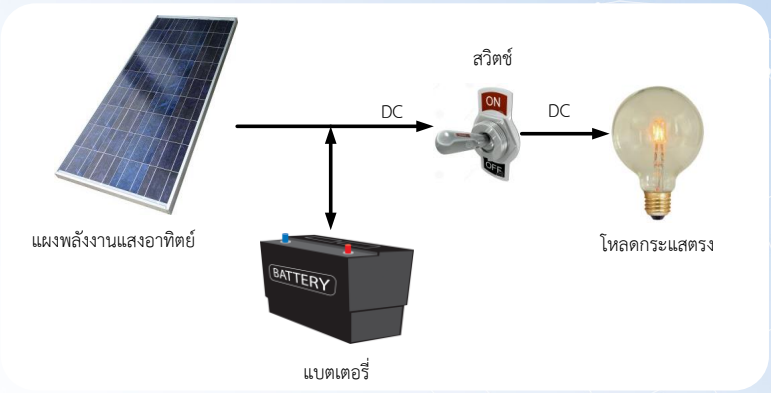
3.4.6.1 ระบบสำหรับโหลดกระแสตรง

■แผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อตรงกับโหลด ส่วนใหญ่จะใช้กับโหลดกระแสตรงอาทิ ปั๊มน้ำกระแสตรงแบบปรับความเร็วรอบได้ พบเห็นได้ทั่วไปกับระบบสูบน้ำ การต่ออุปกรณ์แสดงดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อตรงกับโหลด

■แผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อพ่วงกับแบตเตอรี่และโหลดกระแสตรง ข้อดีของการต่อระบบแบบนี้ คือ เมื่อไม่มีแสงอาทิตย์ เราก็ยังสามารถใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จ่ายให้กับโหลดได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.32 แต่สิ่งที่ต้องระวัง คือการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่มากเกินไป เพราะอาจทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพเร็ว นอกจากนี้เวลาที่นำพลังงานไฟฟ้าที่เก็บสะสมในแบตเตอรี่ออกมาใช้ต้องระวังอย่างให้แบตเตอรี่คายประจุมากเกินกว่าที่แบตเตอรี่ระบุไว้เพราะอาจจะทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพเร็วเช่นกัน ส่วนใหญ่การต่อระบบแบบนี้จะใช้งานกับระบบขนาดเล็ก ต้องการกำลังไฟฟ้าน้อย เช่น เรือขนาดเล็ก กระท่อมขนาดเล็ก และใช้กับระบบส่องสว่าง



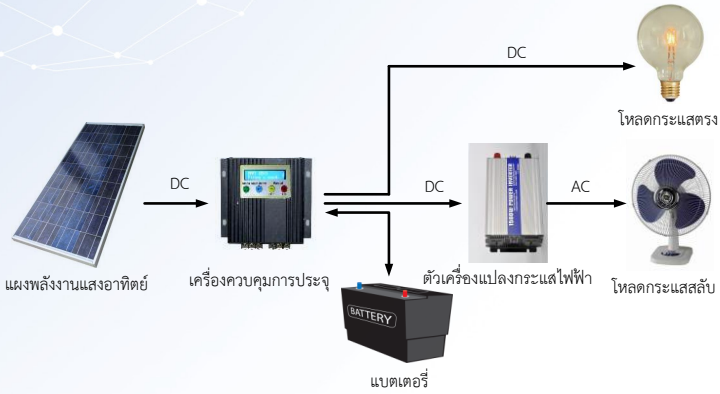
รูปที่ 3.32 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อพ่วงกับแบตเตอรี่และโหลดกระแสตรง

■แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีเครื่องควบคุมการประจุให้กับแบตเตอรี่ซึ่งจ่ายไฟให้กับโหลดกระแสตรง ข้อดีของการมีเครื่องควบคุมการประจุ คือ สามารถควบคุมการไหลของประจุไฟเข้าไปเก็บในแบตเตอรี่ได้และจะหยุดการชาร์จ เมื่อไฟที่เก็บในแบตเตอรี่มีแรงดันเกินกว่าที่ตั้งค่ากำหนดไว้ จึงทำให้แบตเตอรี่มีอายุที่ยาวนานมากขึ้น แสดงลักษณะการต่อดังรูปที่ 3.33 การต่อแบบระบบนี้เป็นที่นิยมกันทั่วไป ใช้กับบ้านพักอาศัยที่ห่างไกลผู้ผลิตไฟฟ้า ทำให้สามารถผลิตไฟฟ้าใช้ได้เอง รวมทั้งอาจจะไปประยุกต์ใช้กับในพื้นที่ที่ไม่ต้องการลากสายไฟฟ้าไปเพราะมีต้นทุนเรื่องสายไฟฟ้าที่มีราคาสูงได้อีกด้วย

รูปที่ 3.33 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีเครื่องควบคุมการประจุให้กับแบตเตอรี่ซึ่งจ่ายไฟให้กับโหลดกระแสตรง

3.4.6.2 ระบบสำหรับโหลดกระแสสลับ

การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับโหลดกระแสสลับนั้น แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต่อกับเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ โดยที่มีตัวเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแปลงจากไฟกระแสตรงเป็นไฟกระแสสลับ สำหรับจ่ายให้กับโหลดที่ใช้กับกระแสสลับได้ โดยไฟกระแสตรงที่ออกจากแบตเตอรี่ก็ยังสามารถจ่ายให้กับโหลดกระแสตรงได้อีกด้วย แสดงการต่อระบบสำหรับโหลดกระแสสลับดังรูปที่ 3.34 ระบบแบบนี้มีข้อดี คือ มีความยืดหยุ่นในการหาเครื่องใช้ไฟฟ้ามาใช้งานเพราะโดยทั่วไปแล้วเครื่องใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ ยกตัวอย่างอาจจะใช้พัดลมกับไฟกระแสสลับที่แปลงจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า และใช้ระบบไฟส่องสว่างกับไฟกระแสตรงก็ได้

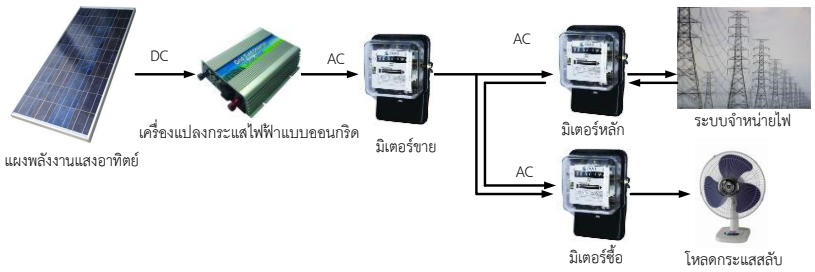


รูปที่ 3.34 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับโหลดกระแสสลับ

3.4.7 การต่ออุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อกับสายส่ง (On grid)

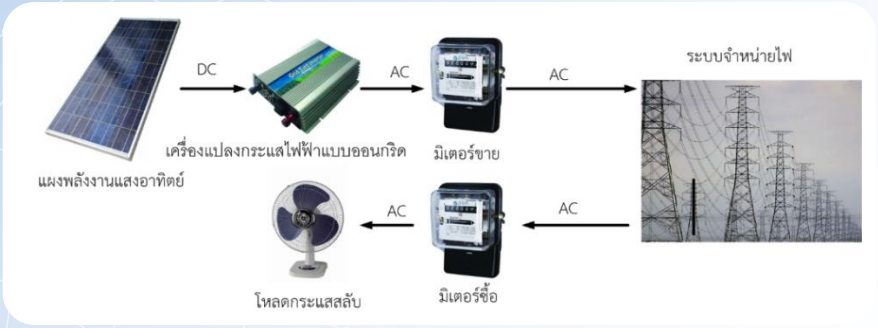
การต่ออุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อกับสายส่ง คือ ระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำงานสัมพันธ์กับผู้ผลิตและส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งได้แก่ การไฟฟ้านครหลวง, ภูมิภาคและฝ่ายผลิตนั่นเอง โดยส่วนใหญ่แล้วระบบจะมีเพียงแค่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ต่อเข้ากับ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่ใช้กับระบบจำหน่าย (Grid-tie inverter) เพื่อแปลงจากไฟกระแสตรงเป็นไฟกระแสสลับแล้วต่อพ่วงกับไฟฟ้าที่

จ่ายมาจากการไฟฟ้า เพื่อจ่ายให้กับโหลดกระแสสลับอีกทีหนึ่ง แสดงการต่ออุปกรณ์ดังรูปที่ 3.35 ข้อดีของการต่อแบบนี้คือถ้าผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนเกินที่ใช้ไปจะสามารถขายไฟคืนให้กับผู้ผลิต(การไฟฟ้า) ได้ ส่วนข้อเสียของระบบนี้ก็มีเช่นกัน คือ เมื่อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าดับไม่จ่ายไฟให้กับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อกับสายส่ง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็ไม่สามารถส่งพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้อยู่ดี การใช้งานระบบนี้จึงจำกัดในพื้นที่ที่มีไฟฟ้าเข้าถึงแล้วเท่านั้น ใช้เพื่อช่วยลดค่าไฟฟ้า ในปัจจุบันถ้าไม่ได้เข้าโครงการขายไฟฟ้าคืนให้กับการไฟฟ้าแล้ว ถ้าคำนวณในทางเศรษฐศาสตร์ก็ยังไม่คุ้มที่จะลงทุน แต่ถ้าคิดในแง่ของช่วยลดภาระการผลิตไฟฟ้าของประเทศแล้ววิธีนี้อาจจะเป็นทางเลือกให้กับคนที่อยากจะช่วยแบ่งเบาภาระของประเทศได้

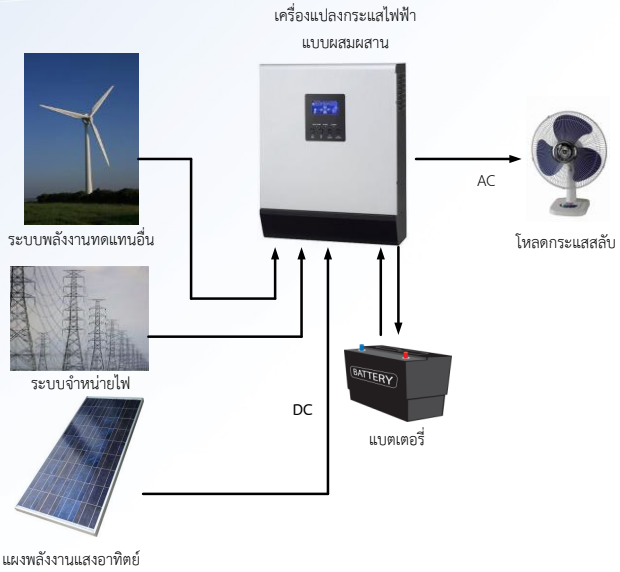


รูปที่ 3.35 การต่ออุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายแบบมิเตอริ่ง

ปัจจุบันระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับสายส่งในประเทศไทย ถูกกำหนดให้มีวงจรเชื่อมต่อแบบแยกสายดังรูปที่ 3.36 โดยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์จะถูกขายให้กับการไฟฟ้าทั้งหมด ไม่เกี่ยวข้องกับไฟที่ใช้ในบ้านหรืออาคารที่ต้องซื้อจากการไฟฟ้า กล่าวคือมิเตอร์ขายและซื้อแยกจากกัน



รูปที่ 3.36 การต่ออุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของประเทศไทยในปัจจุบัน



รูปที่ 3.37 การต่ออุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

3.4.8 การต่ออุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน (Hybrid system)

ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน ดังแสดงในรูปที่ 3.37 เป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระประเภทหนึ่ง ที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าประเภทอื่นๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ กับพลังงานลม เครื่องยนต์ดีเซล หรือแม้แต่กับระบบสายส่ง โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบตามวัตถุประสงค์ กล่าวคือ ในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าได้ จะจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่ทำงานแบบ Multi-function กับไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานอื่น และจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โหลดพร้อมทั้งทำงานประจุไฟฟ้าส่วนที่เกินไว้ในแบตเตอรี่ ในกรณีไม่มีแสงอาทิตย์หรือเวลากลางคืน ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ชุดแบตเตอรี่จะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โหลด และกรณีแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้ามากจนถึงพิกัดที่ออกแบบไว้ เครื่องแปลงกระแสจะดึงไฟฟ้าจาก แหล่งอื่นมาทดแทน เช่นจากสายส่งเป็นต้น

3.5 มาตรฐานของอุปกรณ์และส่วนประกอบต่าง ๆ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ [16]

ผลิตภัณฑ์เซลล์แสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์และส่วนประกอบจำเป็นต้องมีมาตรฐานเพื่อควบคุมประสิทธิภาพและความปลอดภัยด้านการใช้งาน โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ได้มีการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ของไทย ซึ่งอุปกรณ์และส่วนประกอบทั้งภายในและภายนอกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องผ่านการทดสอบด้านความปลอดภัยพื้นฐานและการทดสอบเพิ่มเติมที่เป็นฟังก์ชั่นการใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ทั้งนี้ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซลล์แสงอาทิตย์หรือสินค้าโซลาร์เซลล์และส่วนประกอบที่ทาง สมอ. ได้มีการกำหนดให้มีการใช้งานในไทยนั้น มีทั้งมาตรฐานทั่วไป มาตรฐานอุตสาหกรรมเอส และมาตรฐานสากล โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) มาตรฐานทั่วไป ตัวอย่างเช่น มอก. 2210-2555 (มอก. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ภาคพื้นดินชนิดฟิล์มบาง-คุณสมบัติการออกแบบและรับรองแบบ) มอก. 2606-2557

(มอก. ระบบเซลล์แสงอาทิตย์–ลักษณะของการเชื่อมต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้า) มอก.2607-2563 (มอก. อินเวอร์เตอร์ที่ใช้กับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า ขั้นตอนการทดสอบระบบป้องกันการจ่ายไฟฟ้า ขณะไฟฟ้าดับ) เป็นต้น

2) มาตรฐานอุตสาหกรรมเอส (มอก.S) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ได้กำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรมเอส ได้แก่ มอก. เอส 176-2564 สำหรับการให้บริการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมาตรฐานฉบับนี้จะเป็นข้อกำหนดเกี่ยวกับระบบการจัดการคุณภาพการบริการเพื่อใช้ในการรับรองผู้ประกอบการและยกระดับการบริการให้มีคุณภาพที่ดี

3) มาตรฐานสากล ปัจจุบันหน่วยงานด้านมาตรฐานสากลอย่าง International electro committee (IEC) ได้มีการออกมาตรฐานเกี่ยวกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์และส่วนประกอบ เพื่อใช้สำหรับทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าและประเมินผลทางด้านความปลอดภัยของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมาตรฐานโซลาร์เซลล์ของ IEC ที่ทาง สมอ. ได้นำมาปรับเป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมของไทย (มอก.) เช่น 1) IEC 61515 Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) Modules-Design qualifcation and type approval หรือ มอก. 1843 2) IEC 61646 Thin-film terrestrail photovoltaic (PV) ModulesDesign qualification and type approval หรือ มอก. 2210 และ 3) การทดสอบมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า: ระบบจ่ายแรงดันไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตามมาตรฐาน IEC 60364-7-712 เป็นต้น

ทั้งนี้ ผู้ที่สนใจข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์โซลาร์เซลล์ ที่เว็บไซต์ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม https://www.tisi.go.th/

3.6 ข้อกำหนดและระเบียบของการไฟฟ้า [17]

การขออนุญาตติดตั้งโซลาร์เซลล์ เป็นเรื่องสำคัญสำหรับโซลาร์ฟาร์ม (Solar farm) และโซลาร์เซลล์บนหลังคาบ้าน (Solar rooftop) ซึ่งการขออนุญาตติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์มีวัตถุประสงค์หลักคือ ความปลอดภัย และไม่ให้เกิดปัญหาภายหลัง แต่ไม่ใช้ระบบโซลาร์เซลล์ทุกประเภทที่ต้องทำการขออนุญาต เฉพาะระบบโซลาร์เซลล์ที่ต้องทำงานขนานกับ

การไฟฟ้าเท่านั้น ซึ่งก็คือระบบออนกริด (On grid) และระบบไฮบริดบางรุ่น (Hybrid) การขออนุญาตติดตั้งโซลาร์เซลล์ มีรายละเอียดดังนี้

1) กฎหมายการติดตั้งโซลาร์เซลล์

การติดตั้งโซลาร์เซลล์ในบ้านเพื่อใช้เอง ก็จำเป็นต้องขออนุญาตติดตั้งโซลาร์เซลล์กับหน่วยงานรัฐที่เกี่ยวข้องถึง 3 หน่วยงาน เริ่มจากองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) และการไฟฟ้านครหลวง (เขตกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ) หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (นอกเขตกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ) เพื่อไม่ให้ทำผิดกฎหมายโซล่าเซลล์โดยไม่รู้ตัว ประเภทของโซลาร์เซลล์ที่ต้องขออนุญาต คือ ระบบออนกริดที่นิยมติดตั้งบนหลังคา หรือที่เรียกว่า โซลาร์รูฟท็อป (Solar rooftop) ซึ่งเหตุผลที่ต้องขออนุญาตติดตั้งก็เพราะหลักการทำงานของระบบออนกริดจะทำงานร่วมกับไฟฟ้าของการไฟฟ้า รวมถึงเพื่อความปลอดภัยของเจ้าของบ้าน โดยข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง แบ่งได้ดังนี้

- ข้อกำหนดจากการไฟฟ้านครหลวง (เขตกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ)
- ระเบียบการไฟฟ้านครหลวง ระบบโครงข่ายไฟฟ้า
- รายชื่อ Inverter ที่ผ่านการตรวจสอบจาก กฟน. รายชื่อผลิตภัณฑ์อินเวอร์เตอร์ที่ผ่านการทดสอบตามข้อกำหนดสำหรับอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าประเภทเชื่อมต่อกับโครงข่ายของการไฟฟ้านครหลวง (เขตกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ) ประกาศเมื่อวันที่ 13 มกราคม 2564 เอกสารสามารถดาวน์โหลดได้ที่ https://www.solarhub.co.th/images/document/MEA-Grid-connected-Inverter-13-JAN-2021.pdf
- รายชื่ออุปกรณ์ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าไหลย้อน
- ข้อกำหนดจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (นอกเขตกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ)
- ระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ระบบโครงข่ายไฟฟ้า

- รายชื่อ Inverter ที่ผ่านการพิจารณาจาก กฟภ. รายชื่อผลิตภัณฑ์อินเวอร์เตอร์ที่ผ่านหลักเกณฑ์การขึ้นทะเบียนของการไฟฟ้าส่วยภูมิภาค (นอกเขตกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ) ประกาศเมื่อวันที่ 18 เมษายน 2566 เอกสารสามารถดาวน์โหลดได้ที่ https://www.pea.co.th/Portals/0 / Document/vspp/PQM/PEA-InverterList-4 - 2565.pdf

2) ขั้นตอนการขออนุญาตติดตั้งโซลาร์เซลล์

2.1) เลือกบริษัทช่วยออกแบบและรับติดตั้งโซลาร์เซลล์ ปัจจุบันมีบริษัทรับติดตั้งโซลาร์เซลล์บ้าน ราคาถูกให้บริการมากมาย แนะนำว่าการติดโซลาร์เซลล์แบบออนกริดบนหลังคานั้น ควรต้องมีผู้เชี่ยวชาญมาช่วยดำเนินการ เพื่อให้การติดตั้งเป็นไปตามมาตรฐานปลอดภัย ได้อุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ที่เป็นไปตามเกณฑ์ ทั้งอินเวอร์เตอร์ หรือแผงโซลาร์เซลล์ ที่การไฟฟ้ารับรอง รวมทั้งการขออนุญาตนั้นจำเป็นต้องให้วิศวกรโยธาผู้ออกแบบและควบคุมงานเซ็นต์รับรอง เพื่อใช้ยื่นกับองค์การส่วนท้องถิ่น ในขั้นตอนต่อไป

2.2) ยื่นเอกสารขออนุญาตก่อสร้าง เจ้าของบ้านนำเอกสารที่เตรียมไว้ ยื่นขอต่อหน่วยงานราชการส่วนท้องถิ่นอย่าง เทศบาล หรือ อบต. เพื่อขออนุญาตก่อสร้าง ดัดแปลง หรือรื้อถอนอาคาร โดยหลังจากได้รับหนังสืออนุญาตแล้วก็สามารถเริ่มทำการติดตั้งได้ทันที เอกสารที่ต้องเตรียม ประกอบด้วย แบบคำขอ ข.1 แบบแปลนแสดงแผนผังและโครงสร้างการติดตั้ง และรายการคำนวณโครงสร้าง แบบฟอร์มการสำรวจอาคาร เอกสารรับรองของวิศวกรโยธาผู้ออกแบบและควบคุมงาน

2.3) ลงทะเบียน เมื่อการติดตั้งเสร็จเรียบร้อย ให้ทำการลงทะเบียนผ่านระบบออนไลน์ได้ที่เว็บไซต์สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) www.erc.or.th เพื่อแจ้งประกอบกิจการพลังงานที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาต หรือใครสะดวกเดินทางก็สามารถติดต่อที่สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ด้วยตนเองได้เลย เอกสารที่ต้องเตรียม ประกอบด้วย สำเนาหลักฐานการยื่นแจ้งจากหน่วยงานท้องถิ่น แบบ Single line diagram ทางการไฟฟ้า พร้อมวิศวกรไฟฟ้ากำลังลงนามรับรอง แบบแปลนแสดงแผนผังและโครงสร้างการติดตั้ง และรายการคำนวณ

โครงสร้าง แบบฟอร์มการสำรวจอาคาร เอกสารรับรองของวิศวกรโยธาผู้ออกแบบและควบคุมงาน

2.4) แจ้งการไฟฟ้าเข้าตรวจสอบระบบและชำระเงิน แจ้งการไฟฟ้าในพื้นที่ ไม่ว่าจะ กฟน. หรือ กฟภ. ให้เข้าตรวจสอบและทดสอบการเชื่อมต่อของระบบโซล่าเซลล์กับไฟของการไฟฟ้า พร้อมชำระค่าใช้จ่ายตามที่การไฟฟ้ากำหนด เอกสารที่ต้องเตรียมประกอบด้วย แบบคำขอ ข.1 แบบแปลนแสดงแผนผังและโครงสร้างการติดตั้ง และรายการคำนวณโครงสร้าง แบบฟอร์มการสำรวจอาคาร เอกสารรับรองของวิศวกรโยธาผู้ออกแบบและควบคุมงาน

2.5) รับหนังสืออนุญาตจาก กกพ. นำหลักฐานการตรวจสอบและทดสอบระบบพร้อมเอกสารชำระเงินจากการไฟฟ้าไปยื่นต่อ กกพ. เพื่อรับหนังสือแจ้งยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาต

2.6) ยื่นหนังสือต่อการไฟฟ้า เพื่อรับหนังสือแจ้งยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตยื่นต่อการไฟฟ้า เมื่อการไฟฟ้าตรวจสอบระบบโซล่าเซลล์ตามข้อกำหนดเสร็จเรียบร้อย ก็สามารถใช้โซล่าเซลล์ผลิตไฟไว้ใช้ภายในบ้านได้เลย

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ออกประกาศเงื่อนไขการขออนุญาตระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (โซลาร์รูฟท็อป) ที่จะต้องเป็นไปตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ วสท.033013-22 ในเรื่อง Rapid shutdown โครงการใหม่ที่จะทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้า (PPA) หรือ EPC (Engineering procurement and construction) หลัง 1 กรกฎาคม 2566 จะต้องติดตั้งอุปกรณ์ให้ถูกต้องตามมาตรฐาน ซึ่งหากไม่ดำเนินการ ทางกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน จะให้ความเห็นไปที่คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน ให้พิจารณาไม่ออกใบอนุญาตให้ เพราะไม่เป็นไปตามมาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

3.7 มาตรฐานและความน่าเชื่อถือสำหรับแผงโซลาร์เซลล์ [18]

ปัจจุบัน กระแสการตื่นตัวกับสภาวะโลกร้อน ที่ประเทศพัฒนาแล้วเริ่มใช้มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกมาใช้เป็นมาตรการกีดกันทางการค้า ทำให้ผู้ประกอบการไทยได้ให้ความสนใจในพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มากขึ้น เพราะนอกจากจะเป็นการช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อคู่ค้า และช่วยลดต้นทุนในการดำเนินธุรกิจได้อีกด้วย ถ้าจะลงทุนติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ควรพิจารณาข้อมูล ดังนี้

1) ควรเลือกบริษัทที่มีแผงโซลาร์เซลล์คุณภาพดี การวัดระดับคุณภาพของแผงโซลาร์เซลล์ โดย Bloomberg PV module maker tiering system ได้จัดอันดับมาตรฐานความน่าเชื่อถือ และคุณภาพของแผงโซลาร์เซลล์ออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่

- Tier-1 Solar panel คือ แผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตจากบริษัทที่มีโรงงานเป็นของตัวเอง มีแบรนด์เป็นของตัวเอง ไม่มีปัญหาในทางการเงินในรอบ 2 ปี และมีโครงการอ้างอิง 5 โครงการขึ้นไป เป็นโรงงานที่มีการควบคุมการผลิตแผงโซลาร์เซลล์ทุกขั้นตอนตั้งแต่วัตถุดิบจนเป็นแผงโซลาร์เซลล์ เป็นโรงงานที่มีการลงทุนด้านการวิจัยและพัฒนาแผงโซลาร์เซลล์ R&D อย่างเต็มที่และต่อเนื่อง มีกระบวนการผลิตระบบอัตโนมัติขั้นสูงตลอดทั้งกระบวนการ และเป็นโรงงานที่ผลิตแผงโซลาร์เซลล์มาแล้วไม่น้อยกว่า 5 ปี สำหรับรายชื่อผู้ผลิตแผงโซล่าเซลล์ Tier 1 ประจำปี 2565 สามารถเข้าไปดูข้อมูลได้ที่ https://solaranalytica.com/tier-1-solar-panels/

- Tier-2 Solar panel คือ แผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตจากบริษัทที่มีโครงการอ้างอิงและมีชื่อเสียงในระดับหนึ่ง ไม่ได้มีหรือมีเพียงเล็กน้อยสำหรับการลงทุนด้านการวิจัยและพัฒนาแผงโซลาร์เซลล์ R&D มีกระบวนการผลิตระบบอัตโนมัติขั้นสูงเพียงบางส่วนและเป็นโรงงานที่ผลิตแผงโซล่าเซลล์มาแล้วตั้งแต่ 2–5 ปี

- Tier-3 Solar panel คือ แผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตจากบริษัทที่มีข้อมูลไม่เพียงพอไม่แนะนำให้ใช้บริการ ไม่มีการลงทุนด้าน R&D เป็นโรงงานประกอบแผงโซลาร์เซลล์เท่านั้น (ไม่ได้มีการผลิตวัตถุดิบหรือซิลิกอนร่วมด้วย) ใช้คนในการประกอบเป็นหลัก และเป็นโรงงานที่ประกอบการมาแล้วตั้งแต่ 1-2 ปี

2) การรับประกันแผงโซลาร์เซลล์ โดยปกติแล้วผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์จะมีมาตรฐานในการรับรองสินค้าอยู่แล้ว ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

- การรับประกันอะไหล่ การเปลี่ยนอะไหล่ จะอยู่ที่การรับประกัน 2-3 ปี
- การรับประกันแผงโซลาร์เซลล์ จะมีอายุการใช้งานประมาณ 25 ปี การรับประกันแผงโซลาร์เซลล์ ตามมาตรฐานจะอยู่ที่รับประกันมากกว่า 10 ปี ขึ้นไป สามารถใช้เครื่องมือวัดทดสอบได้ โดยมีแนวทางการตรวจวัดและพิสูจน์ผลตามมาตรฐานสากล ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ https://www.thaiesco.org/file/download/41/M&V_Guideline_2558.pdf

3) มาตรฐานการติดตั้งใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

- การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ ประเทศไทยควรติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ ให้ด้านรับแสงอาทิตย์ของแผงโซลาร์เซลล์ หันไปทางทิศใต้เข้าหาดวงอาทิตย์ หรือทิศใกล้เคียงทิศใต้ที่สามารถยอมรับได้ และวางเอียงทำมุมกับแนวระนาบทิศเหนือ-ใต้ ประมาณ 10-20 องศา กับพื้นดิน จะทำให้แสงอาทิตย์กระทบตั้งฉากกับแผงโซลาร์เซลล์ในช่วงตอนเที่ยงมากที่สุด ตำแหน่งการติดตั้งควรอยู่ในพื้นที่โล่งและไม่เกิดการบังเงาบนแผงโซลาร์เซลล์ ที่อาจก่อให้เกิด Hot spot การติดตั้งควรมีความมั่นคง แข็งแรงและสามารถดูแลบำรุงรักษาได้
- การต่อวงจรชุดแผงโซลาร์เซลล์ ควรเป็นไปตามหลักวิชาการและให้มีการป้องกันเพื่อความปลอดภัยที่ดี โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 2572 การติดตั้งทางไฟฟ้า–ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ หรือตามมาตรฐาน IEC 60364-7-712 Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems หรือตามคู่มือแนะนำการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ ของผู้ผลิต (ถ้ามี)
- ชุดแผงโซลาร์เซลล์ และอุปกรณ์ของระบบฯ ทุกรายการที่มีโครงสร้างเป็นโลหะหรืออุปกรณ์ ที่ระบุให้มีการต่อสายดินจะต้องต่อวงจรสายดินให้ครบถ้วน โดยให้ดำเนินการตามหลักวิชาการ หรือ อ้างอิงตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2545 (ฉบับแก้ไขปรับปรุง พ.ศ. 2551) ของ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

- การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า ต้องมีพิกัดทนกระแสไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของกระแสสูงสุดผ่านวงจรและมีค่าแรงดันสูญเสียในสายไฟฟ้า (Voltage drop) ไม่เกินข้อกำหนด

- มีการรับประกันคุณภาพการใช้งานระบบ Solar PV rooftop หลังจากวันส่งมอบระบบที่ติดตั้งและทดสอบการทำงานจริงแล้วเสร็จ โดยระบุในสัญญาและมีการรับผิดชอบชดเชยส่วนต่างในกรณีที่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขสัญญาอย่างชัดเจน

- หากจะติดตั้งเพื่อใช้เองเป็นหลัก ส่วนที่เหลือจึงจะขายให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย สามารถศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ ข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย

แผงโซลาร์เซลล์ที่ผ่านการรับรองมาตรฐานต่าง ๆ ดังตารางที่ 3.7 แผงโซลาร์เซลล์ที่ผ่านมาตรฐาน “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม” (Thai industrial standard) , รายชื่อมาตรฐานผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์ Tier 1 และที่มีจำหน่ายในประเทศไทย ดังตารางที่ 3.8 และตารางที่ 3.9 มีดังนี้

ตารางที่ 3.7 รายชื่อแผงโซลาร์เซลล์และมาตรฐาน

ลำดับ	แผง / มาตรฐาน	Ekarat	Schutten	Solar tron	Telesun	Fullsolar	PPM	ZN SHINE	JINKO	CANADIAN SOLAR	GCL	SUNTECH	Trina
1	มอก.1843-2553	/	/	/	/	/	/						
2	มอก.2580-2555	/	/	/	/	/	/						
3	IEC 61730	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
4	IEC 61215	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
5	Tier 1 list				/			/	/	/	/	/	/
6	รง.4 หรือ กนอ	/	/	/	/	/	/		/	/		/	/

ที่มา : http://www.ss-hospital.go.th/forum2/index.php?topic=471.0

ตารางที่ 3.8 รายชื่อแผงโซลาร์เซลล์ที่ผ่านมาตรฐาน มอก. ที่มีจำหน่ายในประเทศไทย

แผง มอก.	บริษัทที่จำหน่ายในประเทศไทย
Ekarat	บริษัท เอกรัฐวิศวกรรม จำกัด (มหาชน)
Schutten	บริษัท สยาม โซล่าร์เซลล์ จำกัด
Solar tron	บริษัท โซล่าร์ตรอน จำกัด (มหาชน)
Telesun	บริษัท เทลซันเทคโนโลยี Thailand จำกัด
Fullsolar	บจก. ฟูโซล่าร์
PPM	บริษัท โซล่าร์ พีพีเอ็ม จำกัด

ที่มา : http://www.ss-hospital.go.th/forum2/index.php?topic=471.0

ตารางที่ 3.9 รายชื่อมาตรฐานผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์ Tier 1 และที่มีจำหน่ายในประเทศไทย

แผง Tier 1	บริษัทที่จำหน่ายในประเทศไทย
ZN SHINE	บริษัท ZNSHINE PV-Tech จำกัด
JINKO	บริษัท ณิช เอ็นเนอจี (ประเทศไทยจำกัด), St control Co., Ltd
CANADIAN SOLAR	Canadian Solar Manufacturing Thailand Co., Ltd
GCL	GCL System Integration Technology Co., Ltd
SUNTECH	บริษัท ซันเทค เพาเวอร์ จำกัด
Trina	Trina Solar Science & Technology (Thailand) Co., Ltd

ที่มา : http://www.ss-hospital.go.th/forum2/index.php?topic=471.0

ซึ่งในการเข้าประมูลงานติดตั้งโซล่าเซลล์โครงการต่าง ๆ ของภาครัฐนั้น ส่วนมากจะเลือกใช้แผงโซล่าเซลล์ที่ผ่าน มอก. ก่อนเป็นอันดันแรก

บทที่ 4
แนวทางการคำนวณขนาดกำลังการติดตั้งและเลือกขนาดอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

แม้ว่าระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อาจมีได้ใน 2 รูปแบบ คือ แบบผลิตไฟฟ้าเชื่อมต่อกับระบบสายส่งของการไฟฟ้า (On-grid) และแบบผลิตไฟฟ้าไม่เชื่อมต่อกับระบบสายส่งของการไฟฟ้า (Off-grid) แต่อุปกรณ์ที่ใช้งานในระบบส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์เดียวกัน เพียงแต่บางระบบอาจใช้ หรือไม่ใช้ เท่านั้น ดังนั้นในบทนี้จึงจะเขียนอธิบายแนวทางการออกแบบในภาพรวม โดยอาจมีการเพิ่มเติมเฉพาะการออกแบบอุปกรณ์ที่มีความแตกต่างกันเท่านั้น

4.1 การเลือกขนาดและชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากในการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีขั้นสูงในการผลิต จึงส่งผลให้แผงมีราคาสูง ถึงแม้ว่าราคาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะลดลงอย่างมากในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา แต่ก็ยังถือว่ามีสัดส่วนสูงเมื่อเทียบกับอุปกรณ์อื่น ๆ ในระบบ นอกจากนี้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ยังมีผลโดยตรงต่อปริมาณไฟฟ้าที่จะผลิตได้อีกด้วย ดังนั้นการเลือกขนาดและชนิดของแผงเซลล์จึงเป็นสิ่งที่ผู้ใช้งานควรทำความเข้าใจ ทั้งนี้การเลือกขนาดและชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เหมาะสมนั้นมีปัจจัยอยู่หลายอย่าง นอกเหนือจากราคา ทั้งนี้การเลือกใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในระบบแบบ On grid หรือ Off grid ก็มีข้อพิจารณาที่เหมือนกัน โดยปัจจัยต่าง ๆ ที่ควรถูกนำมาพิจารณาสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

4.1.1 ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

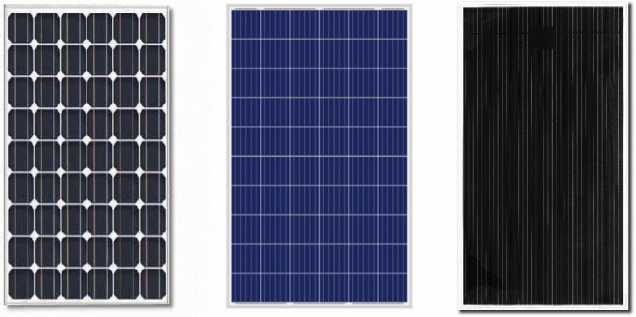
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้งานทั่วไปสามารถจำแนกได้เป็น 3 ชนิดหลัก ได้แก่

(1) แผงเซลล์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ (Mono-crystalline) ปัจจุบันเป็นชนิดที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในขณะนี้ เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ดังนั้นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้จึงเหมาะกับการใช้งานที่มีพื้นที่จำกัดและต้องการกำลังการผลิตสูงสุด อย่างไรก็ตามเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีราคาต้นทุนสูง เนื่องจากต้องใช้แท่งซิลิกอนบริสุทธิ์เป็นวัตถุดิบในการผลิต ลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบนี้มักมีสีสม่ำเสมอทั้งแผ่น ส่วนใหญ่จะสีน้ำเงินเข้ม ดังแสดงในรูปที่ 4.1 รูปซ้าย

(2) แผงเซลล์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ หรือ มัลติคริสตัลไลน์ (Poly-crystalline or Multi-crystalline) เซลล์แบบโพลีคริสตัลไลน์นี้แม้ว่าจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบโมโนคริสตัลไลน์ แต่ก็ได้รับการพัฒนาให้เซลล์มีประสิทธิภาพ และมีความสูญเสียเนื่องจากความร้อนเทียบเท่ากับหรือดีกว่าโมโนคริสตัลไลน์ ในต้นทุนที่ถูกกว่า จะเห็นได้ว่าโรงงานผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชั้นนำของโลกจะผลิตและจำหน่ายเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้เป็นหลัก ลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบนี้มักมีสีไม่สม่ำเสมอทั้งแผ่น ส่วนใหญ่จะสีน้ำเงินรวมกับสีขาว หรือเงิน เนื่องจากผลึกมีการเรียงตัวกันอย่างไม่สมบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 รูปกลาง

(3) แผงเซลล์ชนิดฟิล์มบาง (Thin-film) เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีส่วนประกอบของซิลิกอนน้อยที่สุด โดยมีเทคโนโลยีของวัตถุดิบหลากหลาย อาทิ Amorphous silicon (a-si) CdTe (Cadmium telluride) CIS (Copper indium diselenide) เป็นต้น เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด แต่ก็มีข้อดีเช่นกัน ไม่ว่าจะเป็น ต้นทุนการผลิตที่ต่ำ การทำงานได้ดีในความเข้มแสงต่ำ และมีการสูญเสียที่น้อยที่สุดจากความร้อน ลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบนี้มักมีสีเข้มมาก ใสและสม่ำเสมอ ทั้งแผ่น และมีขนาดค่อนข้างบาง บางชนิดสามารถงอ ม้วนได้ด้วย ดังแสดงในรูปที่ 4.1 รูปขวา

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลจุดเด่นและจุดด้อยระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ โพลีคริสตัลไลน์ และฟิล์มบาง



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ (1) โมโนคริสตัลไลน์ (2) โพลีคริสตัลไลน์ และ (3) แบบฟิล์มบาง

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลจุดเด่นและจุดด้อยระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ โพลีคริสตัลไลน์ และฟิล์มบาง

ข้อเปรียบเทียบ	โมโนคริสตัลไลน์	โพลีคริสตัลไลน์	ฟิล์มบาง
ประสิทธิภาพ	15-20%	13-16%	6-8%
ลักษณะแผง	สีดำ	สีน้ำเงิน	สีน้ำตาล
ความสูญเสียจากความร้อน	สมรรถนะลดลง 10 - 15% เมื่ออุณหภูมิสูง	อุณหภูมิมีผลน้อยกว่าแบบโมโนคริสตัลไลน์	ทนต่อความร้อนที่อุณหภูมิสูง ๆ ได้ดี
ต้นทุน	สูงกว่าแบบโพลีคริสตัลไลน์	สูง	ถูก
ความคงทน	25-40 ปี	25-35 ปี	10-25 ปี

4.1.2 ค่าเบี่ยงเบนของกำลัง (Power tolerance)

เป็นค่าที่แสดงความเบี่ยงเบนของกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์ที่ได้จริงต่อค่าพิกัดกำลังผลิต ที่ Standard test condition (STC) (ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ 1,000 วัตต์/ตารางเมตร อุณหภูมิแผงเซลล์ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งจะอธิบายในบทต่อ ๆ ไป) ตัวอย่างเช่นหากแผงที่มีกำลัง 200 วัตต์และมีค่าเบี่ยงเบนกำลังเท่ากับ ±3% แผงดังกล่าวจะมีกำลังการผลิตจริงอยู่ในช่วง 194 วัตต์ ถึง 206 วัตต์ เป็นต้น แผงเซลล์แสงอาทิตย์บางยี่ห้อจะมีแต่ค่าเบี่ยงเบนกำลังเป็นบวกอย่างเดียว อาทิ +5% ซึ่งหมายความว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะให้กำลังการผลิตจริงที่มากกว่าค่าพิกัดบนฉลากเท่านั้นแต่ไม่เกิน 5% ของค่าพิกัด เป็นต้น

4.1.3 อุณหภูมิในการทำงานปกติของเซลล์แสงอาทิตย์ (Nominal operating cell temperature, NOCT)

หมายถึงค่ากำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใกล้เคียงกับสภาพการใช้งานจริง ซึ่งจะให้ค่ากำลังการผลิตที่ต่ำกว่าที่พิกัด (STC) ซึ่งเป็นสถานะที่แทบจะไม่เกิดขึ้นในความเป็นจริงเมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกนำไปติดตั้งเพื่อรับแสงอาทิตย์โดยตรง เนื่องจากโดยปกติแล้วค่าอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส และเมื่อค่าอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มสูงขึ้น ค่าแรงดันไฟฟ้าของแผงจะลดลงและก็ทำให้กำลังการผลิตลดลงด้วยเช่นกัน ค่ากำลังการผลิตที่ NOCT เป็นกำลังการผลิตที่ ความเข้มแสง 800 วัตต์ต่อตารางเมตร อุณหภูมิสภาพแวดล้อม 20 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากกว่า (STC)

4.1.4 ค่าแรงดันไฟฟ้า

ค่าแรงดันไฟฟ้าเป็นค่าที่จำเป็นในการพิจารณาใช้งานร่วมกับเครื่องเก็บประจุและเครื่องแปลงไฟฟ้าชนิดเชื่อมต่อกับสายส่ง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทุกแผงจะระบุค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Vmpp) และค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อเปิดวงจร (Voc) โดยนำมาพิจารณาร่วมกับช่วงอุณหภูมิ ณ จุดติดตั้งจริง จะทำให้ได้ช่วงแรงดันทำงานจริง จากนั้นนำช่วงแรงดันดังกล่าวไปจับคู่กับช่วงแรงดันการทำงานสูงสุด (MPPT Range) ของเครื่องเก็บประจุ

และเครื่องแปลงไฟฟ้าชนิดเชื่อมต่อกับสายส่ง นอกจากนี้ยังสามารถใช้คำนวณจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะต่ออนุกรมกันใน 1 แถว ทั้งนี้ผู้ผลิตเครื่องเก็บประจุและเครื่องแปลงไฟฟ้าชนิดเชื่อมต่อกับสายส่งหลาย ๆ บริษัทมีโปรแกรมในการออกแบบจำนวนและการต่อแผงที่เหมาะสมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่าง ๆ ณ จุดติดตั้ง

4.1.5 ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของกำลัง (Temperature coefficient of P_{max})

เป็นค่าที่สำคัญที่ทำให้ทราบว่าอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สูงขึ้นมีผลต่อกำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มากน้อยเพียงใด ดังนั้นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำกว่าจะมีการสูญเสียกำลังจากความร้อนน้อยกว่า

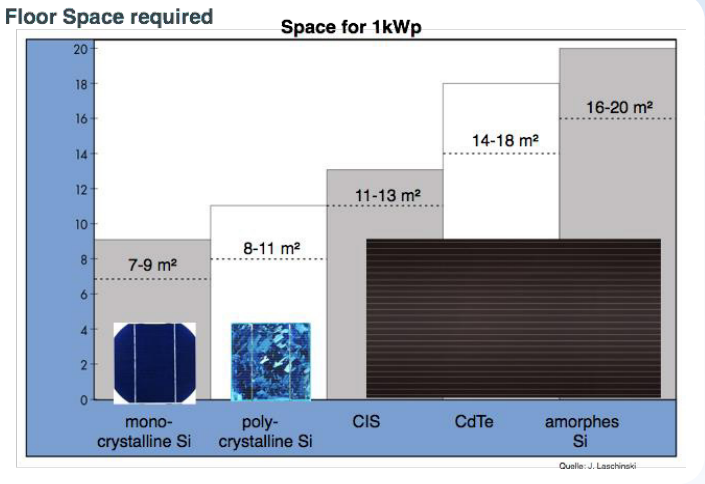
4.1.6 ประสิทธิภาพ (Conversion efficiency)

ประสิทธิภาพคือความสามารถของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ยกตัวอย่างเช่นถ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพ 16% หมายความว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังกล่าวสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า 160 วัตต์ต่อตารางเมตร ดังนั้นหากมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 2 ชนิดที่ราคาเท่ากัน แต่แผงหนึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่า แผงดังกล่าวก็จะให้ความคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่า

4.1.7 ขนาดของแผงและกำลังการผลิต

กำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (ในหน่วยวัตต์) ส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนของการติดตั้ง เนื่องจากปกติแล้วราคาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มักคำนวณในรูป บาทต่อวัตต์ โดยวัตต์คือค่ากำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 600 วัตต์ จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 600 วัตต์ใน 1 ชั่วโมง ที่ STC และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 620 วัตต์ ก็จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 620 วัตต์ใน 1 ชั่วโมง ที่ STC เช่นกัน ทั้งนี้ราคาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 620 วัตต์จะสูงกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 600 วัตต์ประมาณ 1.03 เท่า ค่ากำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สูงกว่าจะทำให้แผงมีขนาดพื้นที่ใหญ่ขึ้น เนื่องจากต้องใช้พื้นที่ในการรับแสงมากขึ้น นอกจากนี้ชนิดของแผงเซลล์

แสงอาทิตย์ก็ส่งผลกับขนาดพื้นที่ด้วยเช่นกัน ดังนั้นการกำหนดขนาดกำลังการผลิตที่เหมาะสมจึงขึ้นอยู่กับความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า พื้นที่ในการติดตั้ง และงบประมาณ ด้วย รูปที่ 4.2 แสดงการประมาณขนาดพื้นที่ที่ต้องใช้ผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ สำหรับแผง แผงเซลล์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ใช้พื้นที่ประมาณ 7-9 ตารางเมตร แผงเซลล์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ใช้พื้นที่ประมาณ 7-11 ตารางเมตร และแผงเซลล์ชนิดฟิล์มบางใช้พื้นที่ประมาณ 11-20 ตารางเมตร (ขึ้นอยู่กับสารที่สามารถแปลงพลังงานจากแสงอาทิตย์ไปเป็นกระแสไฟฟ้า มาฉาบเป็นฟิล์มบาง ๆ)



รูปที่ 4.2 ขนาดพื้นที่ที่ต้องใช้ผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่าง ๆ

4.1.8 กรอบและแผ่นประกบหลัง

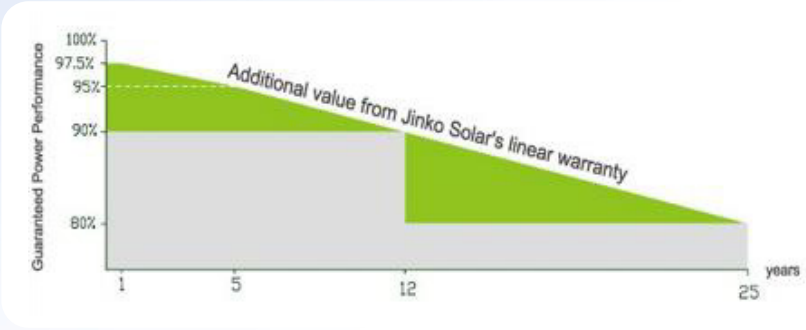
กรอบและแผ่นประกบหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็มีความสำคัญเช่นกัน เพราะมีความเกี่ยวข้องโดยตรงในการออกแบบระบบจับยึดแผงและสุนทรียศาสตร์ของอาคารและสถานที่ โดยทั่วไปแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีอยู่ทั้งรูปแบบมีกรอบและไม่มีกรอบ นอกจากนี้ยังมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโปร่งแสงที่ยอมให้แสงผ่านได้ และแบบทึบ ซึ่งทำให้ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่โทนสีเดียวกัน

4.1.9 สายไฟและคอนเนคเตอร์

สายไฟจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ควรจะมีฉนวนที่เป็นตามมาตรฐานเพื่อป้องกันการสูญเสียจากความร้อนและป้องกันรังสี UV นอกจากนี้คอนเนคเตอร์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ควรจะมีมาตรฐานและหาได้ในท้องตลาด อาทิ Multi-contact (MC) หรือ Tyco

4.1.10 การรับประกัน

โดยทั่วไปแล้วเซลล์แสงอาทิตย์จะมีอายุการใช้งานนานมาก โดยผู้ผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์มักจะให้การรับประกันอุปกรณ์และความผิดพลาดจากโรงงานเป็นเวลาประมาณ 10 ปี และมีการรับประกันกำลังการผลิตในรูปแบบต่าง ๆ เช่นรับประกันกำลังการผลิตที่ 80% ของกำลังการผลิตเริ่มต้น ในปีที่ 25 หรือบางผู้ผลิตจะรับประกันกำลังการผลิตเป็นแบบเส้นตรงโดยลดลงปีละ 0.7-1% โดยประมาณ ดังตัวอย่างตามรูป 4.3 เป็นต้น

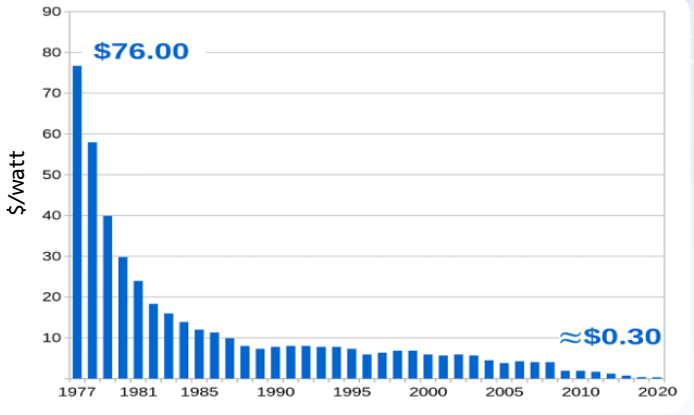


รูปที่ 4.3 กราฟตัวอย่างการรับประกันกำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์รายหนึ่ง

นอกจากนี้ เนื่องจากอุตสาหกรรมการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีการเปลี่ยนอย่างรวดเร็วและหลายผู้ผลิตมีการควบรวม หรือเลิกกิจการ ดังนั้นผู้ผลิตชั้นนำบางแห่งได้ให้การรับประกันจากบริษัทประกันภายนอกอีกชั้นหนึ่ง เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นทางด้านการเงินต่อโครงการขนาดใหญ่

4.1.11 ราคา

ราคาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มักจะเป็นปัจจัยที่สำคัญเสมอ แม้ว่าราคาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา อย่างไรก็ตาม การเลือกแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ราคาถูกที่สุดอาจไม่ใช่ทางเลือกที่ดีที่สุด ความน่าเชื่อถือของผู้ผลิตและการบริการหลังการขายควรถูกพิจารณาด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ข้อมูลราคาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นอาจไม่มีราคาที่สามารถระบุได้อย่างชัดเจน เนื่องจากขึ้นกับประเทศผู้ผลิต คุณภาพแผง และอุปกรณ์การประกอบ แต่อย่างไรก็ตามราคาเฉลี่ยของแผงก็มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ดังข้อมูลบางส่วนที่นำมาแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แนวโน้มราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอน (เหรียญสหรัฐต่อหนึ่งวัตต์)
(ที่มาของรูป : Price history of silicon PV cells | Download Scientific Diagram (researchgate.net))

4.2 การระบุขนาดชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การเลือกขนาดชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบ On grid และ Off grid สามารถทำได้เมื่อทราบเป้าหมายพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการแล้วสามารถคำนวณขนาดของแผงได้ โดยในที่นี้ จะใช้สมการแนะนำที่มาจากบริษัท

รับออกแบบระบบ ชื่อ SMA Solar technology AG ประเทศ Germany ดังสมการที่ (4-1)

$$P_{PV} = \frac{(E_a \times SF)}{(E_{PV} \times n_{system})} \quad \text{(4-1) [19]}$$

โดยที่

P_{PV} คือ กำลังของชุดแผงโซลาร์เซลล์ ในหน่วยกิโลวัตต์

E_a คือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ในหน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี

SF คือ สัดส่วนการใช้พลังงานของชุดแผงโซลาร์เซลล์ในระบบรวม โดยมีค่าเท่ากับ 1 ในกรณีมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานเดียว

n_{system} คือ ค่าประสิทธิภาพของระบบ โดยมีค่าเริ่มต้นอยู่ที่ประมาณ 70%

E_{PV} คือ ค่าพลังงานแสงอาทิตย์จำเพาะในแต่ละพื้นที่ ในหน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปีต่อกิโลวัตต์สูงสุด (kWh/a/kWp) โดยมีค่าต่างกันตามความเข้มแสงในแต่ละภูมิภาค ทั้งนี้ตัวอย่างค่าพลังงานแสงอาทิตย์จำเพาะในแต่ละภูมิภาคในโลก แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างค่าพลังงานแสงอาทิตย์จำเพาะในแต่ละภูมิภาคในโลก

พื้นที่	ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ (kWh/a/kWp)
ประเทศเยอรมนี	800 – 900
ทวีปยุโรปใต้	1300 – 1450
ทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และแอฟริกา	1450 – 1700
ประเทศซาอุดิอาระเบีย	1800 – 2000
ประเทศไทย	1450 – 1600

ตัวอย่างต่อไปนี้เป็นตัวอย่างการหาขนาดชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระให้เพียงพอต่อความต้องการ สำหรับพื้นที่ในประเทศไทย โดยประมาณค่าพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 1,550 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปีต่อกิโลวัตต์สูงสุด และกำหนดให้ผู้ต้องการใช้งานเป็นเจ้าของห้องพักขนาดเล็ก มีอุปกรณ์ไฟฟ้า และความต้องการใช้งานดังแสดงในตารางที่ 4.3 จากข้อมูลในตารางจะเห็นว่า ต้องการกำลังไฟฟ้าใช้งานทั้งปี ประมาณ 759.2 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ดังนั้นจากสมการที่ (4-1) แทนค่าจะได้

$$P_{PV} = (759.2 \times 1) / (1{,}550 \times 0.7)$$
$$= 0.699 \text{ กิโลวัตต์}$$
หรือใช้แผงรวมประมาณ 700 วัตต์

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างข้อมูลประกอบการคำนวณค่าความต้องการพลังงานต่อปีของห้องพักขนาดเล็ก

ข้อ	อุปกรณ์ไฟฟ้า	จำนวน	กำลัง (วัตต์)	จำนวนชั่วโมง	ความต้องการพลังงาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
1	โทรทัศน์	1	105	4	0.42
2	หลอดประหยัดพลังงาน	4	12	2	0.096
3	ตู้เย็น	1	45	24	1.08
4	พัดลม	1	60	8	0.48
ความต้องการพลังงานต่อวันทั้งหมด					2.08
ความต้องการพลังงานต่อปี					759.2

4.3 การเลือกขนาดของเครื่องควบคุมการประจุ

หน้าที่ที่สำคัญที่สุดของเครื่องควบคุมการประจุคือการประจุพลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ให้มากที่สุด อีกทั้งยังต้องยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ให้ยาวนานที่สุดด้วย การเลือกชนิดและขนาดของเครื่องควบคุมการประจุให้เหมาะกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และแบตเตอรี่ที่เลือกใช้จึงมีความสำคัญต่อการออกแบบระบบ ทั้งนี้ เครื่องควบคุมการประจุนั้นเป็นอุปกรณ์เฉพาะในระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้งานเฉพาะจุด (Off grid) เท่านั้น ส่วนในระบบที่ผลิตไฟฟ้าเชื่อมเข้ากับสายส่ง (On grid หรือ Grid connected) ไม่มีการใช้งานเครื่องควบคุมการประจุ เนื่องจากไม่มีระบบสำรองไฟฟ้า

เครื่องควบคุมการประจุถูกจำแนกได้ 2 ชนิด ได้แก่ แบบ Pulse width modulation (PWM) และ แบบ Maximum power point tracking (MPPT) ความแตกต่างระหว่างเครื่องควบคุมการประจุทั้ง 2 แบบ คือ แบบ PWM มีประสิทธิภาพในการประจุไฟฟ้าต่ำกว่าแบบ MPPT ดังนั้น เครื่องควบคุมการประจุแบบ MPPT จึงได้รับความนิยมมากในปัจจุบันและสามารถประจุไฟฟ้าได้มากกว่าแบบ PWM ถึงร้อยละ 30 นอกจากนี้ แรงดันไฟฟ้าจากแผงที่ต่ออนุกรมกันยังสามารถมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้กับเครื่องควบคุมการประจุแบบ MPPT ส่งผลให้กระแสไฟฟ้ามีค่าต่ำลง จึงสามารถลดขนาดสายไฟสำหรับการเดินสายที่มีระยะค่อนข้างไกล อย่างไรก็ตาม ราคาของเครื่องควบคุมการประจุแบบ MPPT มีราคาสูงกว่าค่อนข้างมาก เครื่องควบคุมการประจุแบบ PWM จึงสามารถถูกใช้งานได้เช่นกันในกรณีที่เหมาะสม

จากที่กล่าวมาแล้วว่าการเลือกใช้เครื่องควบคุมการประจุแบบ PWM หรือ MPPT นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ที่ต้องการจะติดตั้ง ถ้าแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่อย่างเหมาะสม เครื่องควบคุมการประจุแบบ PWM สามารถใช้งานได้โดยไม่แตกต่างจากเครื่องควบคุมการประจุแบบ MPPT อย่างมีนัยสำคัญ ตารางที่ 4.4 เป็นตารางแนะนำการใช้งานเครื่องควบคุมการประจุที่เหมาะสมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่าง ๆ

สำหรับการเลือกขนาดพิกัดกระแสของเครื่องควบคุมการประจุ วิธีที่ดีที่สุดคือการใช้โปรแกรมเลือกขนาดของผู้ผลิตเครื่องควบคุมการประจุที่มีให้เลือกใช้ตามเว็ปไซต์ของ

ผู้ผลิตนั้น ๆ การคำนวณด้วยตัวเองก็สามารถทำได้เช่นกัน โดยต้องคำนวณหาค่ากระแสที่เครื่องควบคุมการประจุต้องการทำงาน ซึ่งสามารถคำนวณด้วยกฎของโอห์ม ประกอบกับข้อมูลค่าแรงดันของแบตเตอรี่ ซึ่งโดยทั่วไปชุดแบตเตอรี่มักจะมีแรงดันไฟฟ้าตามอุปกรณ์ที่มีต่อใช้งาน คือ 12 โวลต์ 24 โวลต์ และ 48 โวลต์ ดังนั้นเมื่อมีค่ากำลังของแผง ก็จะสามารถคำนวณค่ากระแสของเครื่องควบคุมการประจุได้จากกฎของโอห์ม คือ

กำลัง (วัตต์) = กระแส (แอมป์) x แรงดัน (โวลท์) (4-2)

ยกตัวอย่างเช่น หากมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดกำลัง 3,000 วัตต์ ใช้งานกับชุดแบตเตอรี่ แรงดัน 48 โวลต์ ค่ากระแสจะเท่ากับ 62.5 แอมป์ ดังนั้นเครื่องควบคุมการประจุต้องสามารถรับกระแสได้อย่างน้อย 62.5 แอมป์ โดยทั่วไปเครื่องควบคุมการประจุในตลาดจะมีพิกัดกระแส 45 60 80 และ 96 แอมป์ ดังนั้นเครื่องควบคุมการประจุขนาด 80 แอมป์ จึงถูกเลือกใช้ในกรณีนี้ นอกจากพิกัดกระแสของเครื่องควบคุมการประจุแล้ว ค่าแรงดันสูงสุดที่เครื่องควบคุมการประจุจะรับได้ก็ต้องถูกพิจารณาด้วยเช่นกัน โดยค่าแรงดันสูงสุดวงจรเปิด (Voc) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิต่ำที่สุดของสถานที่ติดตั้งจะต้องไม่เกินค่าแรงดันสูงสุดของเครื่องควบคุมการประจุ

ตารางที่ 4.4 ข้อแนะนำการใช้งานเครื่องควบคุมการประจุที่เหมาะสมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่าง ๆ

แผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่	ชนิดเครื่องควบคุมการประจุ
แผง 36 เซลล์ และ แบตเตอรี่ 12 โวลต์	MPPT
แผง 48 เซลล์ และ แบตเตอรี่ 12 /24 โวลต์	MPPT
แผง 54 เซลล์ และ แบตเตอรี่ 12/24 โวลต์	MPPT
แผง 72 เซลล์ และ แบตเตอรี่ 12/24 โวลต์	MPPT
แผง 144 เซลล์ และ แบตเตอรี่ 48 โวลต์	MPPT
แผง 30 เซลล์ และ แบตเตอรี่ 12 โวลต์	PWM
แผง 60 เซลล์ และ แบตเตอรี่ 24 โวลท์	PWM
แผง 120 เซลล์ และ แบตเตอรี่ 48 โวลต์	PWM

4.4 การเลือกขนาดของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าใช้เฉพาะจุด (Off grid) เท่านั้น ส่วนในระบบที่ผลิตไฟฟ้าเชื่อมเข้ากับสายส่ง (On grid หรือ Grid connected) ไม่มีการใช้งานแบตเตอรี่ เนื่องจากไม่มีระบบสำรองไฟฟ้า ดังนั้นหากเป็นการออกแบบระบบ On grid ก็ไม่ต้องพิจารณาถึงขนาดของแบตเตอรี่

4.4.1 ขนาดหรือความจุของแบตเตอรี่

ขนาดหรือความจุของแบตเตอรี่คือค่าความสามารถในการเก็บประจุของแบตเตอรี่ซึ่งจะอยู่ในหน่วยแอมแปร์-ชั่วโมง (Amp-hour, Ah) อย่างไรก็ตาม ความจุของแบตเตอรี่จะผันแปรตามระยะเวลาในการจ่ายประจุ โดยจะระบุจำนวนชั่วโมงในการจ่ายประจุกับความจุของแบตเตอรี่ด้วย ตัวอย่างเช่น C_{10} คือค่าความจุของแบตเตอรี่ที่ระยะเวลาการจ่ายประจุเท่ากับ 10 ชั่วโมง เป็นต้น ทั้งนี้ผู้ผลิตมักจะมีข้อมูลเหล่านี้ของแบตเตอรี่มาให้

อยู่แล้ว เช่นข้อมูลในรูปที่ 4.5 ซึ่งแสดงค่าความจุของแบตเตอรี่ที่ระยะเวลาการจ่ายประจุ 100 ชั่วโมง 50 ชั่วโมง 20 ชั่วโมง 10 ชั่วโมงและ 5 ชั่วโมง ของแบตเตอรี่รายหนึ่ง เป็นต้น

Type	C_{100}/1.85 V Ah	C_{50}/1.85 V Ah	C_{24}/1.83 V Ah	C_{10}/1.80 V Ah	C_5/1.77 V Ah	Max. weight kg	Length L mm	Width B mm	Height H mm	Fig.
4 OPzV solar.power 250	250.0	225.0	225.6	207.0	188.5	20.0	105	208	420	A
5 OPzV solar.power 310	310.0	285.0	278.4	259.0	235.5	24.0	126	208	420	A
6 OPzV solar.power 370	370.0	340.0	336.0	310.0	283.0	28.0	147	208	420	A
5 OPzV solar.power 420	440.0	440.0	436.8	391.0	347.0	31.0	126	208	535	A
6 OPzV solar.power 520	560.0	530.0	525.6	469.0	416.0	37.0	147	208	535	A
7 OPzV solar.power 620	660.0	620.0	612.0	548.0	484.5	42.0	168	208	535	A
6 OPzV solar.power 750	810.0	745.0	739.2	682.0	595.0	50.0	147	208	710	A
8 OPzV solar.power 1000	1080.0	995.0	981.6	910.0	795.0	68.0	215	193	710	B
10 OPzV solar.power 1250	1350.0	1245.0	1228.8	1140.0	990.0	82.0	215	235	710	B
12 OPzV solar.power 1500	1570.0	1490.0	1476.0	1370.0	1190.0	97.0	215	277	710	B
12 OPzV solar.power 1700	1720.0	1675.0	1658.4	1520.0	1275.0	120.0	215	277	840	B
16 OPzV solar.power 2300	2320.0	2235.0	2210.4	2030.0	1695.0	165.0	215	400	815	C
20 OPzV solar.power 2900	2930.0	2795.0	2760.0	2540.0	2125.0	200.0	215	490	815	D
24 OPzV solar.power 3500	3540.0	3350.0	3312.0	3050.0	2545.0	240.0	215	580	815	D

C_{100},C_{50}, C_{24}, C_{10}, and C_5 = capacity for 100, 50, 24, 10 and 5 hour discharge

รูปที่ 4.5 ตัวอย่างข้อมูลความจุของแบตเตอรี่ของผู้ผลิตรายหนึ่ง

ขนาดความจุของแบตเตอรี่สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$C_{10} = \frac{(E_a \times Nd)}{(n_{Batt} \times P_d \times V_{Batt})} \qquad (4\text{-}3)\ [19]$$

C_{10} คือ ความจุของแบตเตอรี่ที่การจ่ายประจุ 10 ชั่วโมง (แอมป์ชั่วโมง)

E_a คือ ค่าความต้องการพลังงานต่อวัน (วัตต์-ชั่วโมง ต่อ วัน)

Nd คือ ระยะเวลาการสำรองพลังงาน (วัน)

n_{Batt} คือ ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของแบตเตอรี่

P_d คือ ระดับการจ่ายประจุสูงสุดของแบตเตอรี่ (Maximum Depth of Discharge (%))

V_{Batt} คือ แรงดันของแบตเตอรี่ (โวลต์)

ทั้งนี้ค่าพลังงานที่ต้องการใช้งานในแต่ละวัน สามารถหาได้จากกำลังไฟฟ้าและจำนวนชั่วโมงของอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือ โหลดที่ต้องการใช้ในหนึ่งวัน แล้วทำมารวมกัน

4.4.2 ระยะเวลาการสำรองพลังงาน (Autonomous time)

ระยะเวลาการสำรองพลังงานคือระยะเวลาที่แบตเตอรี่สามารถจ่ายพลังงานให้กับระบบโดยไม่มีการประจุพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เลย เนื่องจากในช่วงเวลากลางคืน แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่ได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ อีกทั้งแม้ในเวลากลางวันดวงอาทิตย์ก็ไม่ได้ให้พลังงานเท่ากันตลอดเวลา เนื่องจากฤดูกาลต่าง ๆ เช่น ช่วงเวลาที่มีเมฆ เงาของต้นไม้ หรือช่วงมรสุม เป็นต้น ทำให้ค่าพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ส่งมายังพื้นโลกมีความผันแปรอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นการเลือกระยะเวลาการสำรองพลังงานที่ถูกต้องจะช่วยให้ระบบผลิตพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบที่มีแหล่งพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว อาจต้องมีระยะเวลาการสำรองพลังงานที่มากกว่าระบบที่มีแหล่งพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์และแหล่งอื่น ๆ ร่วมด้วยตารางที่ 4.5 แสดงระยะเวลาการสำรองพลังงานที่แนะนำสำหรับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้ารูปแบบต่าง ๆ

ตารางที่ 4.5 ค่าแนะนำเวลาการสำรองพลังงานสำหรับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้ารูปแบบต่าง ๆ

ระบบ	ระยะเวลาการสำรองพลังงาน (วัน)	ชนิดของแบตเตอรี่
ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบสำรองไฟฟ้า (ระบบไฟฟ้าเสถียร)	0.5	OPzV
ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบสำรองไฟฟ้า (ระบบไฟฟ้าไม่เสถียร)	1.0	OPzV
ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	4.0	OPzV
ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องปั่นไฟฟ้า	2.0	OPzV
ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และกังหันน้ำ	0.5	OPzV

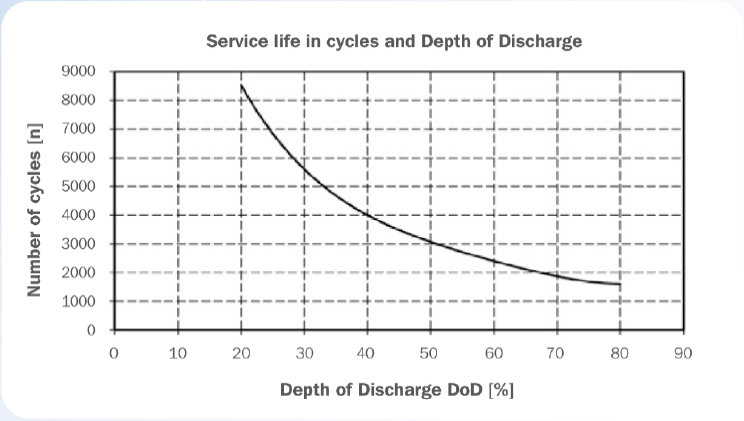
4.4.3 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของแบตเตอรี่

เนื่องจากการประจุ และจ่ายประจุของแบตเตอรี่นั้น เป็นกระบวนการทางเคมี ดังนั้นในการประจุและจ่ายประจุของแบตเตอรี่จึงมีค่าสูญเสียในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานเคมีและการเปลี่ยนพลังงานเคมีให้กลับมาเป็นพลังงานไฟฟ้า ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของแบตเตอรี่โดยทั่วไปมักมีค่าประมาณ 80-90%

4.4.4 ระดับการจ่ายประจุสูงสุดของแบตเตอรี่ (Maximum depth of discharge)

ระดับการจ่ายประจุสูงสุดของแบตเตอรี่ หมายถึงระดับสัดส่วนของพลังงานที่แบตเตอรี่จ่ายให้อุปกรณ์ไฟฟ้า โดยระดับการจ่ายนี้จะมีผลต่ออายุการใช้งาน หรือจำนวนรอบการประจุและการจ่ายประจุของแบตเตอรี่ (cycle) โดยตรง แผนภูมิในรูปที่ 4.6 แสดงตัวอย่างความสัมพันธ์ของระดับการจ่ายประจุสูงสุดของแบตเตอรี่และจำนวนรอบการประจุ

และการจ่ายประจุของแบตเตอรี่ ซึ่งจะเห็นได้ว่า หากกำหนดให้มีการจ่ายประจุในสัดส่วนที่มากเกินไป รอบของการประจุ (อายุการใช้งาน) ของแบตเตอรี่ก็จะต่ำไปด้วย ทั้งนี้ ค่า DOD เป็นค่าที่ขึ้นกับความต้องการผู้ใช้งาน โดยทั่วไปอาจใช้ประมาณร้อยละ 60



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างความสัมพันธ์ของระดับการจ่ายประจุสูงสุดของแบตเตอรี่และจำนวนรอบการประจุและการจ่ายประจุของแบตเตอรี่

4.4.5 แรงดันของแบตเตอรี่

แรงดันของแบตเตอรี่ในที่นี้หมายถึงแรงดันของชุดแบตเตอรี่ซึ่งประกอบกันขึ้นมา ทั้งนี้แรงดันของแบตเตอรี่ขึ้นกับแรงดันของเครื่องแปลงไฟฟ้า หรือโหลดกระแสตรง โดยมากแรงดันจะมีค่า 12 โวลต์ 24 โวลต์ และ 48 โวลต์ โดยทั่วไปแบตเตอรี่ในตลาดมักผลิตมาให้มีแรงดัน 12 โวลต์ และ 2 โวลต์ ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ประเภทเซลล์เดี่ยว การต่อชุดแบตเตอรี่เพื่อให้ได้แรงดันที่ต้องการสามารถทำได้โดยการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม หรือขนาน ตัวอย่างเช่นถ้ามีความต้องการชุดแบตเตอรี่ความจุ 200 แอมแปร์-ชั่วโมงและแรงดัน 48 โวลต์ สามารถนำแบตเตอรี่ที่มีขนาดแรงดัน 12 โวลต์ ขนาด 200 แอมแปร์-ชั่วโมง มาต่ออนุกรมกันทั้งหมด 4 ลูก หรือจะเป็นแบตเตอรี่แรงดัน 2 โวลต์ ขนาด 200 แอมแปร์-ชั่วโมง มาต่ออนุกรมกันทั้งหมด 24 ลูก ก็ได้เช่นเดียวกัน

4.5 การเลือกขนาดของอุปกรณ์แปลงผันไฟฟ้า

4.5.1 การเลือกรูปแบบของอุปกรณ์แปลงผันไฟฟ้า

ชุดอุปกรณ์แปลงผันไฟฟ้า หรือชุดเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ที่นิยมใช้กันนั้นมี 2 รูปแบบ คือแบบรวมศูนย์กลาง และ แบบกระจายศูนย์ ทั้งนี้มีข้อถกเถียงในตลาดเสมอสำหรับการเลือกรูปแบบของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อกับสายส่ง ว่าจะเลือกระหว่างแบบรวมศูนย์กลาง (Centralized) หรือแบบกระจายศูนย์ (Decentralized) ทั้งนี้การออกแบบเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบรวมศูนย์กลางคือการใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาดใหญ่ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบตู้ตั้งพื้นขนาดใหญ่ ยกตัวอย่างเช่นเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาด 500 กิโลวัตต์ 2 เครื่องถูกนำมาออกแบบสำหรับ ระบบขนาด 1 เมกะวัตต์ ขณะที่การออกแบบเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบกระจายศูนย์กลางคือการใช้เครื่องแปลงไฟฟ้าขนาดเล็กจำนวนหลาย ๆ เครื่อง เช่นใช้เครื่องขนาดประมาณ 20-60 กิโลวัตต์ หลาย ๆ เครื่องมาต่อขนานกันเพื่อให้ง่ายสำหรับการดูแลบำรุงรักษา แต่ราคาจะสูงกว่าแบบรวมศูนย์กลาง สำหรับระบบขนาด 1 เมกะวัตต์ ต้องใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาด 20 กิโลวัตต์ถึง 50 เครื่อง เป็นต้น รูปที่ 4.7 ภาพด้านซ้ายมือ แสดงภาพการติดตั้งเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบรวมศูนย์กลาง และภาพด้านขวามือแสดงการติดตั้งเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบกระจายศูนย์ ในทางปฏิบัติ ไม่ได้หมายความว่าการออกแบบเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบรวมศูนย์กลางเหมาะกับระบบขนาดใหญ่และ การออกแบบเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบกระจายศูนย์เหมาะกับระบบขนาดเล็ก โดยในช่วงหลายปีที่ผ่านมาในอุตสาหกรรมพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่จำนวนมากถูกออกแบบด้วยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบกระจายศูนย์ ในขณะที่ความต้องการของตลาดก็มีมากขึ้นสำหรับเครื่องแปลงไฟฟ้าแบบรวมศูนย์ขนาดใหญ่ จึงไม่มีคำตอบที่ถูกต้องเสมอไปสำหรับการเลือกออกแบบในรูปแบบทั้ง 2 นี้ ทั้งนี้ความต้องการทางเทคนิคและทางการค้าของโครงการจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการออกแบบและเลือกขนาดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า โดยผู้ใช้งาน หรือผู้ลงทุนควรให้ความสนใจกับต้นทุนที่ต่ำที่สุด ผลตอบแทนการลงทุนที่ดีที่สุด อุปกรณ์ที่มีคุณภาพและมาตรฐานสูง และค่า

ดำเนินการที่ต่ำที่สุด ข้อมูลในตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบจุดเด่น จุดด้อยสำหรับปัจจัยในการตัดสินเลือกใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า 2 รูปแบบนี้

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ารูปแบบรวมศูนย์กลางและแบบกระจายศูนย์กลาง

ข้อ	ปัจจัย	Centralized	Decentralized
1	ราคา	ต่ำกว่า	สูงกว่า
2	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา	สูงกว่า	ต่ำกว่า
3	ค่าพลังงานที่ผลิตได้จากประสิทธิภาพและพลังงานที่ใช้ (efficiency, self-consumption)	สูงกว่า	ต่ำกว่า
4	ความชำนาญการในการวางแผนและการก่อสร้างโครงการ	ต้องการมาก	ต้องการน้อย
5	การประยุกต์กับโครงการที่อยู่อาศัย	ทำได้ยาก	ทำได้ง่าย
6	การติดตามและสื่อสารของระบบ	ง่ายกว่า	ยากกว่า
7	ความเสี่ยงจากการดำเนินการ	สูงกว่า	ต่ำกว่า
8	ความพร้อมใช้งานของระบบ (system availability)	เท่ากัน	เท่ากัน
9	การติดตั้งโครงการบนหลังคา	ทำได้ยาก	ทำได้ง่าย
10	เวลาในการควบคุมระบบ	เร็วกว่า	ช้ากว่า

รูปที่ 4.7 ตัวอย่างการติดตั้งเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบรวมศูนย์กลาง และแบบกระจายศูนย์

4.5.2 การเลือกขนาดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบผลิตใช้งานเฉพาะจุด (Off grid หรือ Standalone)

การเลือกขนาดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบอิสระสามารถทำได้ค่อนข้างง่าย โดยการเลือกพิกัดกำลังต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 40 องศาของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่มีค่ามากกว่าผลรวมกำลังสูงสุดของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มาเชื่อมต่อกับระบบ เช่นหากในระบบมีค่าความต้องการกำลังไฟฟ้ารวม 300 วัตต์ ก็จะต้องเลือกขนาดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่มีพิกัดกำลังต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 300 วัตต์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นต้น

4.5.3 การเลือกขนาดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าในกรณีแบบระบบเชื่อมต่อกับสายส่ง (Grid connected หรือ On grid)

การเลือกขนาดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าในกรณีแบบระบบ Grid connected สามารถทำได้ง่ายเช่นเดียวกับระบบอิสระ (Stand alone) โดยผู้ผลิตเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะระบุช่วงกำลังไฟฟ้าสูงสุดจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เครื่องสามารถ

รับได้ ซึ่งสามารถหาค่าดังกล่าวได้ในเอกสารข้อมูลทางเทคนิคหรือคู่มือการติดตั้ง โดยส่วนใหญ่แล้วขนาดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ามักจะมีค่ากำลังไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกับค่ากำลังสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะมาเชื่อมต่อ โดยกำลังของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าควรมีค่าอยู่ในช่วง 80 - 120% ของค่ากำลังสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อทำให้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าสามารถรับและแปลงกระแสไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ทั้งหมด ยกตัวอย่างเช่น ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 10 กิโลวัตต์ ควรเลือกใช้ขนาดเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาด 8 – 12 กิโลวัตต์ เป็นต้น

4.6 การเลือกขนาดของสายไฟ และชุดเบรกเกอร์

ในการเลือกขนาดสายไฟในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทั้งระบบ On grid และ Off grid ไม่มีอะไรที่แตกต่างกัน โดยควรเลือกขนาดสายไฟที่เหมาะสม ไม่เล็กจนเกินไป โดยทั่วไปการเลือกใช้สายไฟขนาดใหญ่มักจะเกิดขึ้นและเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า เนื่องจากผลตอบแทนจากการจำหน่ายไฟหรือการประหยัดค่าไฟฟ้ามีมูลค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากขนาดสายไฟที่ใหญ่ขึ้น และสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาอันสั้น ทั้งนี้ค่าความสูญเสียพลังงานในสายไฟสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จะต้องถูกจำกัดทั้งด้านกระแสตรง ซึ่งคือสายไฟจากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์มายังเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า และด้านกระแสสลับซึ่งคือสายไฟจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าไปยังแผงตัดต่อวงจรหรือหม้อแปลงไฟฟ้า

การลดค่าความสูญเสียพลังงานทำได้โดยการลดแรงดันลดลง (Voltage drop) ในสายไฟให้ได้มากที่สุด ค่าแรงดันลดลงที่เกิดขึ้นไม่ควรเกิน 1-2% (มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกำหนดไว้ไม่เกิน 3%) เพื่ออนุรักษ์พลังงานจากระบบให้ได้มากที่สุด
การคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงสามารถทำได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\Delta V = b\left(\rho_1 \frac{L}{S} cos\Phi + \mu L sin\Phi\right) \times I_B \qquad \text{(4-4) [19]}$$

โดยที่

ΔV คือ ค่าแรงดันลดลงของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง หรือ กระแสสลับ ในหน่วย โวลต์

b คือ ดัชนีความยาวของสายไฟ โดย b = 2 สำหรับระบบเฟสเดียว และ b = 3 สำหรับระบบ 3 เฟส

ρ_1 คือ ค่าความต้านทานของตัวนำไฟฟ้า โดยมีค่าเท่ากับ 0.023 สำหรับสายทองแดง และ 0.037 สำหรับสายอลูมิเนียม ในหน่วย โอห์ม-ตารางเมตร ต่อ เมตร

L คือ ความยาวสายไฟจากจุดเริ่มต้นไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า ในหน่วย เมตร

S คือ พื้นที่หน้าตัดของสายไฟ ในหน่วย ตารางเมตร

$cos\phi$ คือ ค่าประกอบกำลัง (Power factor) มีค่าเท่ากับ 1 สำหรับไฟฟ้ากระแสตรงและระบบโหลดความต้านทานแบบสมบูรณ์ (pure resistive load) และ มีค่าน้อยกว่า 1 สำหรับระบบโหลดแบบเหนี่ยวนำ (inductive charge)

μ คือ ค่าเหนี่ยวนำต่อความยาว มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0.00008 โอห์มต่อเมตร

$sin\phi$ คือ ค่า Sine ของมุม φ มีค่าเท่ากับ 0 สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง

I_B คือ ค่ากระแสไฟฟ้า ในหน่วย แอมป์

และร้อยละการลดลงของแรงดันคำนวณได้จาก

$$\Delta V(\%) = \left(\frac{\Delta V}{V_0}\right) \times 100 \qquad (4\text{-}5)$$

$\Delta V(\%)$ คือ ร้อยละการลดลงของแรงดัน

ΔV คือ ค่าลดลงของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง หรือ กระแสสลับ ในหน่วย โวลต์

V_0 คือ ค่าแรงดันขณะทำงานสูงสุด (Vmpp) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์คูณกับจำนวนแผงที่ต่ออนุกรมกันในหนึ่งแถว

ในส่วนของการเลือกเบรกเกอร์ให้ถูกต้องนั้น มีปัจจัยที่ส่งผลกระทบมากมายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ถ้าปัจจัยดังกล่าวถูกมองข้ามอาจก่อให้เกิดอันตรายและความสูญเสียจากการที่ไม่สามารถผลิตพลังงานได้เต็มที่ ทั้งนี้ในระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีเบรคเกอร์อยู่ 2 ชนิด คือ

(1) เบรคเกอร์กระแสตรงซึ่งใช้ตัดตอนกระแสไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มายังเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า และ

(2) เบรกเกอร์กระแสสลับซึ่งใช้ตัดตอนกระแสจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าไปยังสายส่ง หรืออุปกรณ์ใช้งาน

ทั้งนี้โดยปกติเบรคเกอร์กระแสสลับมักถูกติดตั้งบนผนังและอยู่ระหว่างเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ากับมิเตอร์ของการไฟฟ้า โดยเบรคเกอร์กระแสสลับอาจจะเป็นเบรคเกอร์ย่อยบนแผงไฟฟ้าหรือเบรคเกอร์ที่แยกออกมาต่างหากก็ได้ ขนาดพิกัดเบรกเกอร์กระแสสลับจะถูกเลือกตามกระแสพิกัดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าและปัจจัยอื่น ๆ

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกขนาดพิกัดของเบรกเกอร์ ได้แก่ แรงดันของระบบ โหลดของระบบ ขนาดพิกัดกระแส สายไฟฟ้าและการเดินสาย โดยในการกำหนดขนาดพิกัดของเบรกเกอร์นั้นจะต้องกำหนดให้มีขนาดมากกว่าขนาดกระแสไฟฟ้าที่เครื่องแปลงกระแสผลิตไฟฟ้าออกมา ทั้งนี้อาจมีดัชนีชดเชยอุณหภูมิมาเกี่ยวข้อง เพื่อความปลอดภัยที่สูงขึ้น เช่น เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่มีพิกัดกำลังเท่ากับ 146 แอมป์ ในกรณีที่สถานที่ติดตั้งมีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 60 องศาเซลเซียสนั้น ค่าดัชนีชดเชยจะมีค่าเท่ากับ 0.8 ดังนั้น เบรกเกอร์กระแสสลับที่เลือกใช้งานควรจะมีพิกัดกระแสเท่ากับ 146/0.8 = 182.5 แอมป์ เป็นต้น

4.7 ตัวอย่างการออกแบบระบบ

เพื่อความเข้าใจมากขึ้น ต่อไปนี้จะเป็นตัวอย่างการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โดยตัวอย่างที่ 1 จะเป็นตัวอย่างการออกแบบระบบแบบอิสระ (Standalone) ส่วนตัวอย่างที่ 2 จะเป็นระบบแบบ On grid ของ Solar roof top

ตัวอย่างที่ 1 การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Stand alone) สำหรับโรงเรียนในชนบทแห่งหนึ่งของประเทศไทยซึ่งมีความต้องการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าดังต่อไปนี้

- ◯ หลอดไฟกำลัง 36 วัตต์ จำนวน 30 หลอด ใช้งานวันละ 3 ชั่วโมงต่อวัน
- ◯ คอมพิวเตอร์กำลัง 200 วัตต์ จำนวน 20 เครื่อง ใช้งานวันละ 6 ชั่วโมงต่อวัน
- ◯ ปั๊มน้ำกำลัง 2,368 วัตต์ 1 เครื่อง ใช้งานวันละ 2 ชั่วโมงต่อวัน
- ◯ ตู้เย็นกำลัง 120 วัตต์ จำนวน 1 เครื่อง ใช้งานวันละ 12 ชั่วโมงต่อวัน

และมีข้อมูลอื่น ๆ ดังนี้

- ◯ กำลังสูงสุดของโหลดไฟฟ้าคือ 5.5 กิโลวัตต์ต่อเนื่อง 13 นาที
- ◯ แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่เท่ากับ 48 โวลต์
- ◯ ระยะสายไฟจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาที่ห้องไฟฟ้าเท่ากับ 80 เมตร

การออกแบบ สามารถทำได้ดังนี้

(1) การเลือกขนาดชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ข้อ	อุปกรณ์ไฟฟ้า	จำนวน	กำลัง (วัตต์)	จำนวนชั่วโมง	ความต้องการพลังงาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
1	หลอดไฟ	30	36	3	3.24
2	คอมพิวเตอร์	20	200	6	24
3	ปั๊มน้ำ	1	2,368	2	4.736
4	ตู้เย็น	1	120	12	1.440
ความต้องการพลังงานต่อวันทั้งหมด					33.416
ความต้องการพลังงานต่อปี					12,196.84

ดังนั้นจากสมการที่ (4-1) แทนค่า จะได้

$$P_{PV} = (12{,}196.84 \times 1) / (1{,}550 \times 0.7)$$

$$= 11.24 \text{ กิโลวัตต์}$$

หรือใช้แผงรวมประมาณ 12 กิโลวัตต์ ในกรณีนี้สามารถเลือกใช้แผงขนาด 250 วัตต์ จำนวน 48 แผง

(2) การเลือกเครื่องเก็บประจุ

มีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดกำลัง 12,000 วัตต์ ใช้งานกับชุดแบตเตอรี่ แรงดัน 48 โวลต์ ค่ากระแสจะเท่ากับ 250 แอมป์ ดังนั้นเครื่องควบคุมการประจุต้องสามารถรับกระแสได้อย่างน้อย 250 แอมป์ โดยทั่วไปเครื่องควบคุมการประจุในตลาดจะมีพิกัดกระแส 45, 60, 80 และ 96 แอมป์ ดังนั้นเครื่องควบคุมการประจุแบบ MPPT ขนาด 60 แอมป์ จำนวน 4 เครื่องและเครื่องควบคุมการประจุแบบ MPPT ขนาด 45 แอมป์ จำนวน 1 จึงถูกเลือกใช้ในกรณีนี้

(3) การเลือกแบตเตอรี่

จากแทนค่าสมการ 4-3

$$C_{10} = \frac{(E_a \times Nd)}{(n_{Batt} \times P_d \times V_{Batt})}$$

E_a = 33416 วัตต์-ชั่วโมง ต่อวัน

Nd = 4 วัน

n_{Batt} = 80%

P_d = 60%

V_{Batt} = 48

C10 จะมีค่าโดยประมาณเท่ากับ 5800 แอมป์อาวว์ ในกรณีให้เลือกแบตเตอรี่แบบ OpZv 2 โวลต์ ขนาด 3000 แอมป์อาวว์ จำนวน 48 ลูก โดยต่ออนุกรมกัน 24 ลูก เพื่อให้ได้แรงดัน 48 โวลต์ จำนวน 2 ชุด

(1) การเลือกเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบอิสระ

จากกำลังสูงสุดของโหลดไฟฟ้าที่ 5.5 กิโลวัตต์ ต่อเนื่อง 13 นาที จึงเลือกเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาด 6 กิโลวัตต์ ที่การจ่ายกำลังต่อเนื่องที่ 30 นาที

(2) การเลือกขนาดสายไฟ

จากการแทนค่าสมการ 4-4 ด้วยระยะทาง 80 เมตร และกระแสไฟฟ้าขณะทำงานสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เท่ากับ 8.2 แอมป์ในกรณีนี้เมื่อเลือกใช้สายไฟขนาดพื้นที่หน้าตัด 2.5 ตารางมิลลิเมตร 4 ตารางมิลลิเมตร และ 6 ตารางมิลลิเมตร ค่าแรงดันที่ลดลงในสายจะมีค่าตามตารางดังต่อไปนี้

ขนาดสายไฟ	ค่าแรงดันที่ลดลง (โวลต์)	ร้อยละการลดลงของแรงดัน
2.5 ตารางมิลลิเมตร	12.07	3.96%
4 ตารางมิลลิเมตร	7.54	2.47%
6 ตารางมิลลิเมตร	5.03	1.65%

จากการคำนวณสายไฟขนาด 6 ตารางมิลลิเมตร ควรถูกเลือกใช้เพื่อลดความสูญเสียของพลังงานสำหรับระบบนี้

ตัวอย่างที่ 2 ต้องการออกแบบระบบ Solar roof top เพื่อการขายไฟสำหรับหลังคาโรงงานที่มีพื้นที่ 2,000 ตารางเมตร โดยมีระยะระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 80 เมตร สามารถทำได้ดังนี้

(1) การเลือกชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากพื้นที่ 2,000 ตารางเมตร กรณีใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 250 วัตต์ ซึ่งพื้นที่ต่อแผงประมาณ 2 ตารางเมตร จะสามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ทั้งหมด 1,000 แผง ซึ่งเท่ากับ 250 กิโลวัตต์

(2) การเลือกเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Grid connected inverter)

เนื่องจากเป็นการติดตั้งบนหลังคา การเลือกใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบกระจายศูนย์จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับกรณีนี้ เนื่องจากไม่ต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า อีกทั้งยังง่ายต่อการติดตั้งและดูแลรักษา ในกรณีนี้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาด 25 กิโลวัตต์จำนวน 10 เครื่อง ถูกเลือกใช้โดยต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 100 แผงต่อ 1 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

(3) การเลือกขนาดสายไฟ

จากการแทนค่าสมการ 4-4 ด้วยระยะทาง 80 เมตร และกระแสไฟฟ้าขณะทำงานสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เท่ากับ 8.2 แอมป์ในกรณีนี้เมื่อเลือกใช้สายไฟขนาดพื้นที่หน้าตัด 2.5 ตารางมิลลิเมตร 4 ตารางมิลลิเมตร และ 6 ตารางมิลลิเมตร ค่าแรงดันที่ลดลงในสายจะมีค่าตามตารางดังต่อไปนี้

ขนาดสายไฟ	ค่าแรงดันที่ลดลง (โวลต์)	ร้อยละการลดลงของแรงดัน
2.5 ตารางมิลลิเมตร	12.07	3.96%
4 ตารางมิลลิเมตร	7.54	2.47%
6 ตารางมิลลิเมตร	5.03	1.65%

จากการคำนวณสายไฟขนาด 6 ตารางมิลลิเมตร ควรถูกเลือกใช้เพื่อลดความสูญเสียของพลังงานสำหรับระบบนี้ ทั้งนี้ตามระเบียบของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย กำหนดให้ค่าลดลงของแรงดันต้องไม่เกินกว่าร้อยละ 3 [20], [21]

ตัวอย่างที่ 3 ต้องการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Stand alone) สำหรับปั๊มน้ำเพื่อการเกษตร ที่ใช้ปั๊มน้ำขนาด 2 แรงม้า (1,470 วัตต์) 2 เครื่อง ใช้งานวันละ 4 ชั่วโมงต่อวัน และหลอดไฟส่องสว่างขนาด 36 วัตต์ 2 หลอด นอกจากนี้ยังมีข้อมูลอื่น ๆ ดังนี้

O กำลังสูงสุดของโหลดไฟฟ้าคือ 3 กิโลวัตต์

O แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่เท่ากับ 48 โวลต์

O ระยะสายไฟจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาที่ปั๊มน้อยกว่า 10 เมตร

O โดยมีระยะระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 10 เมตร สามารถทำได้ดังนี้

การออกแบบ สามารถทำได้ดังนี้

(1) การเลือกขนาดชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ข้อ	อุปกรณ์ไฟฟ้า	จำนวน	กำลัง (วัตต์)	จำนวนชั่วโมง	ความต้องการพลังงาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
1	หลอดไฟ	2	36	10	0.72
2	ปั๊มน้ำ	2	1,470	3	8.82
ความต้องการพลังงานต่อวันทั้งหมด					9.54
ความต้องการพลังงานต่อปี					3,482.10

ดังนั้นจากสมการที่ (4-1) แทนค่า จะได้

P_{PV} = (3,482.10 x 1) / (1,550 x 0.7)

= 3.21 กิโลวัตต์

หรือใช้แผงรวมประมาณ 3.5 กิโลวัตต์ ในกรณีนี้สามารถเลือกใช้แผงขนาด 250 วัตต์ จำนวน 16 แผง

(2) การเลือกเครื่องเก็บประจุ

มีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดกำลัง 3,500 วัตต์ ใช้งานกับชุดแบตเตอรี่ แรงดัน 48 โวลต์ ค่ากระแสจะเท่ากับ 73 แอมป์ ดังนั้นเครื่องควบคุมการประจุต้องสามารถรับกระแสได้อย่างน้อย 80 แอมป์ โดยทั่วไปเครื่องควบคุมการประจุในตลาดจะมีพิกัดกระแส 45, 60, 80 และ 96 แอมป์ ดังนั้นเครื่องควบคุมการประจุแบบ MPPT ขนาด 80 แอมป์ จำนวน 1 เครื่อง จึงถูกเลือกใช้ในกรณีนี้

(3) การเลือกแบตเตอรี่

จากแทนค่าสมการ 4-3

$$C_{10} = \frac{(E_a \times Nd)}{(n_{Batt} \times P_d \times V_{Batt})}$$

E_a = 9540 วัตต์-ชั่วโมง ต่อวัน

Nd = 0.5 วัน

n_{Batt} = 80%

P_d = 60%

V_{Batt} = 48

C10 จะมีค่าโดยประมาณเท่ากับ 210 แอมป์อาวว์ ในกรณีนี้ให้เลือกแบตเตอรี่แบบ OpZv 12 โวลต์ ขนาด 120 แอมป์อาวว์ จำนวน 8 ลูก โดยต่ออนุกรมกัน 4 ลูก เพื่อให้ได้แรงดัน 48 โวลต์ จำนวน 2 ชุด

(4) การเลือกเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบอิสระ

จากกำลังสูงสุดของโหลดไฟฟ้าที่ 3 กิโลวัตต์ จึงเลือกเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาด 3.5 กิโลวัตต์

(5) การเลือกขนาดสายไฟ

เนื่องจากระยะทางเดินสายน้อยกว่า 10 เมตร ทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงจากแผงมีค่าน้อยมาก ดังนั้นสามารถเลือกใช้สายไฟขนาดพื้นที่หน้าตัดขนาดเล็กได้เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง ณ ที่นี้เลือกใช้สายไฟขนาด 2.5 ตารางมิลลิเมตร สำหรับระบบนี้

บทที่ 5
การติดตั้งและการซ่อมแซมบำรุงรักษาเบื้องต้นระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ในการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น อาจไม่สามารถเขียนเป็นข้อกำหนด หรือขั้นตอนการติดตั้งที่เฉพาะเจาะจงได้ เนื่องการติดตั้งในสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกันก็มีรูปแบบและขั้นตอนการทำงานที่แตกต่างกันไปด้วย อย่างไรก็ตาม ในบทนี้จะแนะนำแนวทางกว้าง ๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ได้ โดยจะยึดมาตรฐานการติดตั้งสำหรับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาเป็นแนวทางหลัก เนื่องจากมีข้อกำหนดที่ค่อนข้างชัดเจน

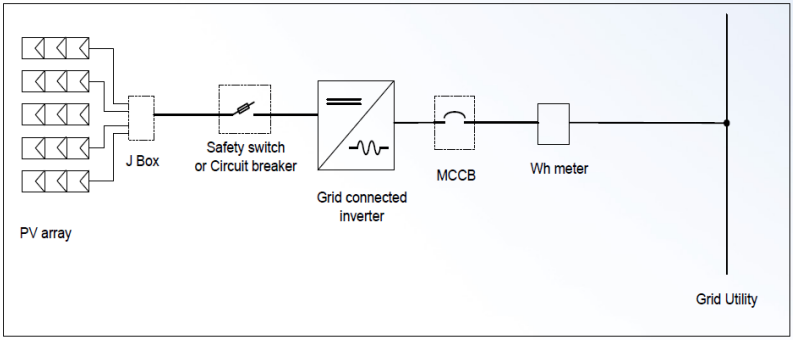
นอกจากนี้ แม้ว่าระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อาจมีได้ใน 2 รูปแบบ คือ แบบผลิตไฟฟ้าเชื่อมต่อกับระบบสายส่งของการไฟฟ้า (On-grid) และแบบผลิตไฟฟ้าไม่เชื่อมต่อกับระบบสายส่งของการไฟฟ้า (Off-grid) แต่อุปกรณ์ที่ใช้งานในระบบส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์คล้ายกัน ดังนั้นในบทนี้จึงจะเขียนอธิบายแนวทางการบำรุงรักษาในภาพรวมเท่านั้น รวมถึงแนวทางการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยกรณีเกิดเพลิงไหม้ในอาคารที่ติดตั้งโซล่าร์เซลล์

5.1 ลักษณะระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

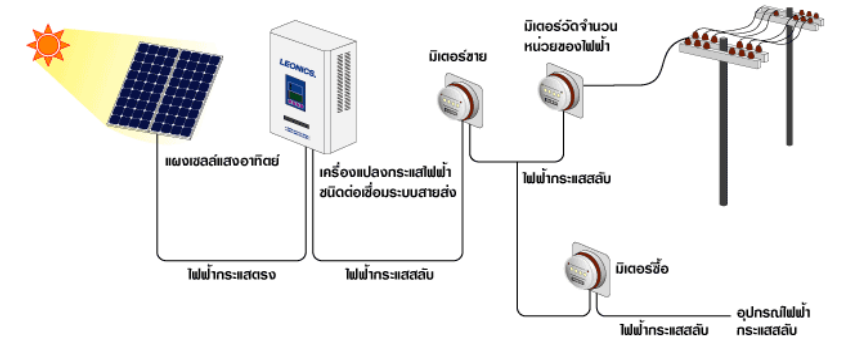
ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์นั้น โดยทั่วไปมีอุปกรณ์สำคัญประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์แปลงผันไฟฟ้า (Inverter) อุปกรณ์เก็บสำรองพลังงาน (Battery) อุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้า ระบบสายไฟ เครื่องมือวัด (Meter) และโครงสร้าง โดยระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อาจมีได้ใน 2 รูปแบบ คือ แบบผลิตไฟฟ้าเชื่อมต่อกับระบบสายส่งของการไฟฟ้า (On-grid) และแบบผลิตไฟฟ้าไม่เชื่อมต่อกับระบบสายส่งของการไฟฟ้า (Off-grid) ดังรูปแบบดังนี้

5.1.1 ลักษณะระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบสายส่งของการไฟฟ้า (On-grid หรือ Grid connected)

ในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบสายส่งของการไฟฟ้า เป็นระบบที่ผู้ติดตั้ง ทำการติดตั้งระบบที่เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าภายในบ้านร่วมกับระบบจ่ายไฟของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค หรือการไฟฟ้านครหลวง เช่น ชนิดติดตั้งบนหลังคา Solar PV rooftop หรือชนิดติดตั้งบนพื้น เช่น Solar farm เป็นต้น ระบบการผลิตดังกล่าวจะต้องมีการเชื่อมต่อเข้ากับระบบสายส่งของการไฟฟ้า โดยระบบประกอบด้วย ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อได้รับแสงอาทิตย์ และต่อเข้ากับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า เพื่อเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ก่อนจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านเครื่องวัดพลังงาน และเชื่อมเข้ากับระบบของการไฟฟ้าต่างๆ ดังแผนภาพที่คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานได้ออกประกาศไว้ [22] แสดงในรูปที่ 5.1 หรือที่อาจแสดงเขียนเป็นแผนภาพให้ชัดเจนขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 5.2



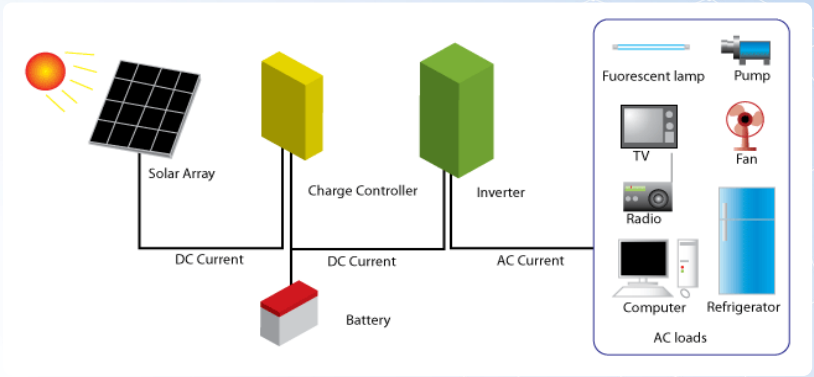
รูปที่ 5.1 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบสายส่งแรงต่ำของการไฟฟ้า [22]



รูปที่ 5.2 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อเข้าระบบจำหน่าย

5.1.2 ลักษณะระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่เชื่อมต่อกับระบบสายส่งของการไฟฟ้า (Off grid หรือ Stand alone)

ในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่เชื่อมต่อกับระบบสายส่งของการไฟฟ้า เป็นระบบที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้งาน ไม่เชื่อมต่อกับระบบสายส่งของการไฟฟ้า ในกรณีนี้ระบบจะมีอุปกรณ์ส่วนใหญ่เหมือนระบบ On grid กล่าวคือ มีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุ และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (ในกรณีใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับเท่านั้น) แต่ระบบนี้ต้องมีระบบแบตเตอรี่ในระบบ Off grid เพื่อสำรองไฟฟ้าไว้ใช้งานในกรณีที่ไม่มีแสงแดด และไม่จำเป็นต้องมีมิเตอร์ไฟฟ้า เนื่องจากเป็นการผลิตเพื่อใช้งานเอง ดังแสดงเป็นตัวอย่างในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อใช้งานเฉพาะจุด (Stand alone PV)

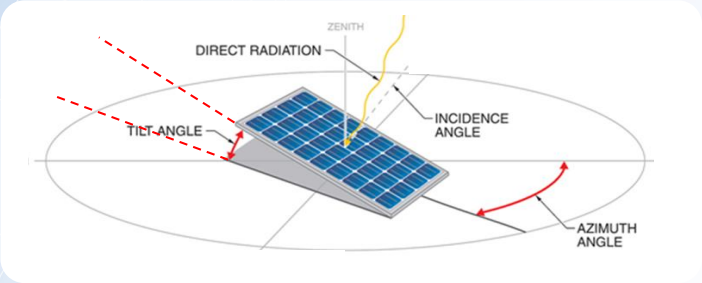
ในรูปที่ 5.3 จะเห็นว่า ระบบมีการติดตั้งแบตเตอรี่เพื่อสำรองไฟฟ้าและมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการประจุ (Charge controller) เพื่อควบคุมการประจุ และจ่ายประจุของระบบด้วย ทั้งนี้ในบางระบบที่มีการต่อไปใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ระบบก็ไม่จำเป็นต้องมีเครื่องแปลงผันไฟฟ้า (Inverter)

จากที่กล่าวมา จะเห็นว่าระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์นั้นไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่เหมือนกันทุกชนิด แต่อุปกรณ์หลักของระบบก็ยังคงมีเหมือนกัน คือแผงพลังงานแสงอาทิตย์และระบบสายไฟ ดังนั้นการติดตั้งแผง และการติดตั้งระบบสายไฟจึงเป็นเรื่องสำคัญ

5.2 ทิศทางการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ในการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น จะต้องวางให้หน้าแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ให้มากที่สุด เพื่อให้แผงสามารถรับพลังงานได้สูงสุด และผลิตเป็นพลังงานได้สูงสุด อย่างไรก็ตามเป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าดวงอาทิตย์นั้นโคจรจากทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตกโดยอ้อมไปทางทิศใต้ ดังนั้นการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์จึงแนะนำให้วางไปในแนวเหนือใต้

ดังแสดงในรูปที่ 5.4 พร้อมทั้งยกแผงให้เอียงทำมุมกับพื้นด้วยมุมระหว่าง 10-20 องศา สำหรับพื้นที่ในประเทศไทย



รูปที่ 5.4 ทิศทางการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์

นอกจากนี้ ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ยังต้องเลือกตำแหน่งที่ไม่มีเงาจากวัตถุอื่นใดมาบังอีกด้วย เนื่องจากแม้มีเงาบังเพียงเล็กน้อย ประสิทธิภาพการผลิตพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็อาจลดลงไปได้มาก และอาจก่อนให้เกิดจุดร้อนที่ขั้วของแผงอีกด้วย

ทั้งนี้ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยต้องคำนึงถึงทิศทางนั้นอาจต้องมีการปรับปรุง หรือดัดแปลงพื้นที่ โดยการเพิ่มการยึดจับ เพื่อให้ได้องศาการติดตั้งให้แผงสามารถรับพลังงานได้เต็มที่ ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.5

5.3 โครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

วัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างเพื่อรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ควรเป็นโลหะกันสนิม โดยแนะนำเป็นโลหะชุบกัลวาไนซ์แบบจุ่มร้อน (Hot dip galvanizing) ตามมาตรฐาน ATM A123 อลูมิเนียม 6061 หรือ 6063 โลหะสแตนเลส หรือเป็นโลหะปลอดสนิมอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างติดตั้งกลางแจ้ง ดังนั้นจึงควรทนทานต่อรังสี UV ด้วย ในกรณีการติดตั้งบนหลังคาชิ้นส่วนควรสามารถถอดออกเป็นชิ้นส่วนและประกอบได้อย่างสะดวก เพื่อให้ง่ายต่อการติดตั้งบนที่สูง

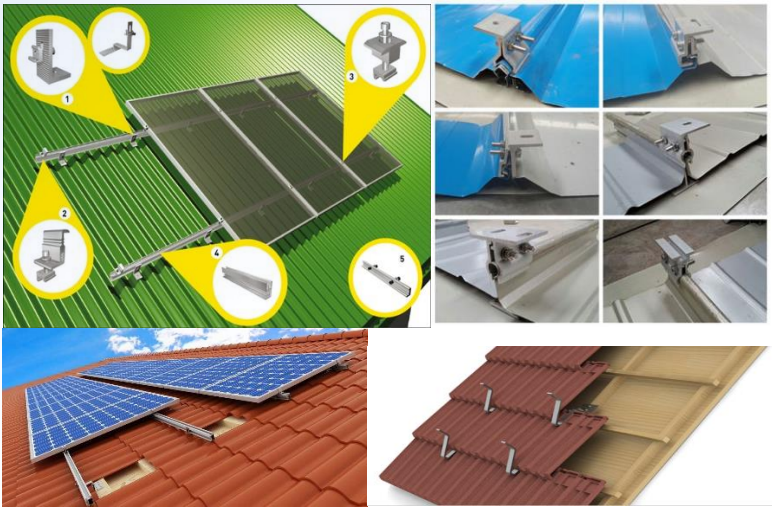
ในส่วนของวัสดุ อุปกรณ์จับยึดแผงเซลล์กับโครงสร้าง และอุปกรณ์จับยึดชุดโครงสร้างกับโครงสร้างหลังคาสถานที่ติดตั้ง ควรมีขนาดที่เหมาะสมและใช้วัสดุที่ทำจากสแตนเลสหรือโลหะปลอดสนิม อีกทั้งไม่ควรให้โลหะต่างชนิดกันมีการสัมผัสกันเอง เช่น โครงสร้างที่เป็นเหล็กและอลูมิเนียม เป็นต้น แต่ควรใช้แหวนรอง หรือยางรองเพื่อยืดอายุของอุปกรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุที่เป็นอลูมิเนียมไม่ควรติดตั้งให้สัมผัสโดยตรงกับคอนกรีต

การยึดประกอบโครงสร้างต้องมีความมั่นคง แข็งแรง หากมีการใช้น็อตหรือสกรู ควรเป็นชนิดที่มีคุณภาพสูง หากเป็นไปได้ควรทำจากโลหะสแตนเลส ในกรณีที่ติดตั้งบนหลังคาต้องประกอบยึดกับโครงสร้างหลังคาได้อย่างมั่นคง สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้อย่างเหมาะสม และสามารถต้านทานแรงลมปะทะไม่น้อยกว่าความเร็วสูงสุดของพายุโซนร้อน ตามประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งกำหนดความเร็วลมไว้ระหว่าง 63-117 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ได้อย่างปลอดภัย หรือสามารถต้านทานแรงลมปะทะตามข้อกำหนดของหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี) ในกรณีติดตั้งบนพื้นดิน ควรมีการทำตอม่อฝังดินในระดับที่เหมาะสม ทั้งนี้ต้องคำนวณโครงสร้างให้สามารถรับแรงลมในพื้นที่ได้

นอกจากนี้ในการออกแบบโครงสร้างเพื่อจับยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับอุปกรณ์จับยึด หรือหลังคานั้นควรมีการคำนวณโดยใช้น้ำหนักบรรทุก (Dead load) ที่ไม่น้อยกว่าน้ำหนักของแผงและอุปกรณ์ประกอบรวมกัน และควรมีการเผื่อโหลดจรไว้ด้วย ทั้งนี้ในการยึดกับโครงสร้างหลังคาควรจับยึดให้มีการถ่ายน้ำหนักลงไปที่โครงสร้างหลักของหลังคา เช่น แป ของหลังคา เป็นต้น อีกทั้งควรหลีกเลี่ยงการเจาะหลังคาเนื่องจากอาจทำให้เกิดการรั่วซึมของหลังคาอาคารได้ในอนาคต หากจำเป็นต้องมีการเจาะหลังคา จะต้องใช้ยางกันน้ำแบบพิเศษเพื่อยากันน้ำที่บริเวณเจาะด้วย

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีการผลิตและจำหน่ายอุปกรณ์ยึดจับแผงโดยไม่จำเป็นต้องเจาะหลังคาหลายแบบ ดังแสดงเป็นตัวอย่างในรูปที่ 5.6 ส่วนในรูปที่ 5.7 เป็นตัวอย่างของการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดิน (Solar farm) ซึ่งจะต้องทำตอม่อฝังลงไปในพื้นดิน ก่อนทำการต่อโครงสร้างขึ้นมารองรับแผง

รูปที่ 5.5 ตัวอย่างการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยไม่คำนึงถึงทิศทางของดวงอาทิตย์ (รูปบน) และการติดตั้งโดยคำนึงถึงทิศทางของดวงอาทิตย์ (รูปล่าง)



รูปที่ 5.6 ตัวอย่างอุปกรณ์ยึดจับแผงพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับหลังคา โดยไม่ต้องเจาะหลังคา

รูปที่ 5.7 ตัวอย่างโครงสร้างและการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นดิน

5.4 แนวทางการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ในที่นี้จะขอนำข้อกำหนดของคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน เกี่ยวกับแนวทางการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ [22] ซึ่งเป็นประกาศที่ออกมาใช้สำหรับการรับซื้อไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar rooftop) มาเป็นข้อแนะนำในขั้นต้น ดังต่อไปนี้

(1) ผู้ดำเนินการติดตั้งต้องสำรวจพื้นที่จริง และออกแบบรายละเอียดการติดตั้งระบบ Solar PV โดยให้มีรายละเอียดแสดง ประกอบด้วย Shop drawing บัญชีแสดงรายการวัสดุ อุปกรณ์ที่ระบุยี่ห้อ รุ่น พร้อม Catalog ของวัสดุ อุปกรณ์ที่แสดงคุณสมบัติตามเงื่อนไขกำหนด รวมทั้งเอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง และรายการคำนวณที่จำเป็น ทั้งนี้ในการสำรวจพื้นที่ควรสำรวจทิศทางของดวงอาทิตย์ ต้นไม้ และสิ่งปลูกสร้างที่อาจสร้างเงาบังแผงด้วย

(2) การออกแบบรายละเอียดการติดตั้งระบบ และการจัดทำ Shop drawing รวมทั้งรายการคำนวณที่เกี่ยวข้อง ต้องดำเนินการและลงนามรับรองความถูกต้องโดยวิศวกรผู้ได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมจากสภาวิศวกร

(3) การออกแบบติดตั้งแผงเซลล์ ควรให้ด้านรับแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์ หันไปทางทิศใต้หรือทิศใกล้เคียงทิศใต้ที่สามารถยอมรับได้ และวางเอียงทำมุมกับแนวระนาบทิศเหนือ-ใต้ ประมาณ 10-20 องศา หรือตามแนวลาดเอียงของหลังคาอาคารเป้าหมาย

ตำแหน่งติดตั้งแผงเซลล์ ควรอยู่ในพื้นที่โล่งและไม่เกิดการบังเงาบนแผงเซลล์ ที่อาจก่อให้เกิด Hot spot และการติดตั้งชุดแผงเซลล์ ควรมีความมั่นคง แข็งแรงและสามารถดูแลบำรุงรักษาได้โดยง่าย

(4) การต่อวงจรชุดแผงเซลล์ ควรเป็นไปตามหลักวิชาการและให้มีการป้องกันเพื่อความปลอดภัยที่ดี โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 2572 การติดตั้งทางไฟฟ้า-ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ [23] หรือตามมาตรฐาน IEC 60364-7-712 Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems หรือตามคู่มือแนะนำการติดตั้งแผงเซลล์ ของผู้ผลิต (ถ้ามี)

(5) การเดินสายไฟฟ้าระหว่างแผงเซลล์ ให้ใช้สายไฟฟ้าที่ติดตั้งมาพร้อมกับ Terminal box ของแผงเซลล์ และต่อวงจรให้ถูกต้อง แข็งแรง หรือใช้สายไฟฟ้าชนิด Photovoltaic wire หรือเป็นสายไฟฟ้าชนิด CV 0.6/1 กิโลโวลต์ หรือดีกว่า ขนาดควรไม่น้อยกว่า 2.5 ตารางมิลลิเมตร หรือขนาดสายตามคู่มือแนะนำของผู้ผลิต (ถ้ามี) และการต่อสายไฟฟ้าควรใช้ขั้วต่อสายแบบ PV Connector หรือเทียบเท่า

(6) ชุดแผงเซลล์ และอุปกรณ์ของระบบ ทุกรายการที่มีโครงสร้างเป็นโลหะหรืออุปกรณ์ ที่ระบุให้มีการต่อสายดินจะต้องต่อวงจรสายดินให้ครบถ้วน โดยให้ดำเนินการตามหลักวิชาการ หรืออ้างอิงตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2545 แก้ไขปรับปรุง พ.ศ. 2551

(7) การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า ต้องมีพิกัดทนกระแสไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของกระแสสูงสุดผ่านวงจรและมีค่าแรงดันสูญเสียในสายไฟฟ้า (Voltage drop) ไม่เกินข้อกำหนดดังนี้

(7.1) ด้านระบบไฟฟ้ากระแสตรง กำหนดให้ขนาดสายไฟฟ้าจากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ถึงอุปกรณ์แปลงผันไฟฟ้า มีค่าแรงดันไฟฟ้าสูญเสีย ไม่เกินร้อยละ 3 ที่พิกัดจ่ายกระแสไฟฟ้าสูงสุดของแผง เมื่อเทียบกับแรงดันสูงสุดของแผง ที่สภาวะทดสอบมาตรฐาน STC

(7.2) ด้านระบบไฟฟ้ากระแสสลับ กำหนดให้ขนาดสายไฟฟ้าจากทางออกของอุปกรณ์แปลงผันไฟฟ้า ถึงจุดเชื่อมต่อของการไฟฟ้า มีค่าแรงดันไฟฟ้าสูญเสีย ไม่เกิน

ร้อยละ 3 โดยเทียบกับแรงดันไฟฟ้าขาออกที่พิกัด Uniform power factor ของอุปกรณ์แปลงผันไฟฟ้า

(8) สายไฟฟ้าของระบบมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อกำหนดที่กล่าวมาแล้ว โดยลักษณะการเดินสายต้องเป็นระเบียบและถูกต้องตามหลักวิชาการโดยอ้างอิงตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2545 ฉบับแก้ไขปรับปรุง พ.ศ. 2551 (ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยหรือตามระเบียบ/ข้อกำหนดที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายยอมรับ)

(9) การเดินสายภายในท่อร้อยสายไฟฟ้า ให้ใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้าชนิด HDPE หรือดีกว่าสำหรับสายไฟฟ้าภายนอกอาคาร และใช้ท่อโลหะชนิด EMT หรือดีกว่า สำหรับสายไฟฟ้าภายในอาคาร

(10) การติดตั้งอุปกรณ์ประกอบระบบทุกรายการควรเป็นระเบียบ สวยงาม สามารถใช้งานหรือตรวจสอบได้สะดวก การต่อสายไฟฟ้าของระบบต้องยึดด้วยขั้วต่อสายทางไฟฟ้าที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ มั่นคงแข็งแรงและปลอดภัย พร้อมทั้งควรมีการติดตั้งป้ายบอกข้อมูลอุปกรณ์ด้วย

(11) กรณีระบบ Solar PV rooftop มีกำลังไฟฟ้าจ่ายออกอยู่ในพิกัดที่ต้องเชื่อมต่อกับระบบแรงสูง ตามระเบียบของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย ว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า พ.ศ. 2551 และหรือระเบียบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ผู้ดำเนินการติดตั้งต้องจัดหาอุปกรณ์ประกอบระบบให้ครบถ้วนและมีคุณสมบัติถูกต้องตามเงื่อนไขในการเชื่อมต่อกับระบบแรงสูงที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายยอมรับ และดำเนินการติดตั้งให้ถูกต้องตามระเบียบ/ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง

(12) เมื่อติดตั้งระบบ Solar PV rooftop แล้วเสร็จ ผู้ดำเนินการติดตั้งต้องให้มีวิศวกรผู้ได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมจากสภาวิศวกร ดำเนินการตรวจสอบการติดตั้งระบบถูกต้องปลอดภัยตามหลักวิชาการและการใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติถูกต้องตรงตามข้อกำหนด และให้มีเอกสารลงนามรับรองผลการตรวจสอบโดยวิศวกรดังกล่าว

(13) ผู้ดำเนินการติดตั้งต้องประสานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการอนุญาตเชื่อมต่อระบบ Solar PV rooftop กับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายให้แล้วเสร็จ และให้มีวิศวกรไฟฟ้าผู้ได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมสาขาไฟฟ้ากำลังจากสภาวิศวกร ดำเนินการทดสอบการทำงานของระบบให้เป็นไปตามเงื่อนไขข้อกำหนด/ระเบียบที่เกี่ยวข้อง เพื่อแสดงให้ผู้รับการติดตั้งเห็นว่าระบบสามารถทำงานผลิตไฟฟ้าได้

(14) ผู้ดำเนินการติดตั้งต้องจัดให้มีคู่มือแนะนำการใช้งานและการดูแลบำรุงรักษาระบบเบื้องต้น พร้อมทั้งดำเนินการแนะนำผู้รับการติดตั้งทราบขั้นตอนและวิธีปฏิบัติในการเดินเครื่องระบบ การตรวจสอบระบบเบื้องต้น และให้มีรายละเอียดสำหรับการติดต่อกับผู้ดำเนินการติดตั้งเพื่อการแจ้งตรวจซ่อมระบบ กรณีเกิดความผิดปกติหรือชำรุด

(15) ผู้ดำเนินการติดตั้งต้องรับประกันคุณภาพการใช้งานระบบ Solar PV rooftop หลังจากวันส่งมอบระบบที่ติดตั้งและทดสอบการทำงานจริงแล้วเสร็จ เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 2 ปี โดยในระยะเวลารับประกันดังกล่าว ผู้ดำเนินการติดตั้งต้องรับผิดชอบในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนวัสดุ อุปกรณ์ที่เกิดจากการชำรุด เสียหายจากการใช้งานตามปกติ โดยไม่สามารถคิดค่าใช้จ่ายจากผู้รับการติดตั้งแต่อย่างใด

จากข้อแนะนำที่กล่าวมา จะเห็นว่าในการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีมาตรฐาน และข้อกำหนดมาเกี่ยวข้องมากมาย ดังนั้นจึงแนะนำให้ใช้วิศวกรผู้ชำนาญเป็นผู้ดูแล ตรวจสอบเกี่ยวกับการติดตั้งระบบ

5.5 ขั้นตอนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

จากแนวทางในการติดตั้งระบบตามที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น สามารถใช้เป็นแนวทางในการกำหนดแบบขั้นต้นของระบบที่ต้องการได้ และในขั้นต่อไป จะขอกล่าวถึงขั้นตอนในการติดตั้ง ดังต่อไปนี้

5.5.1 การออกแบบและจัดเตรียมอุปกรณ์

อาจใช้ขั้นตอนการทำงาน ดังต่อไปนี้

(1) ทำการสำรวจพื้นที่ติดตั้งว่ามีพื้นที่เพียงพอสำหรับการติดตั้งและมีอุปสรรคอะไรบ้างในการติดตั้ง

(2) ตรวจสอบอุปกรณ์และแผนผังการเชื่อมต่อและทำการเปรียบเทียบสินค้าและการรับประกันจากผู้ขายแต่ละบริษัท

(3) ตรวจสอบว่าอุปกรณ์ที่เลือกใช้ ได้ผ่านมาตรฐานคุณภาพจากหน่วยงานที่รับผิดชอบในแต่ละพื้นที่ ตัวอย่างเช่น เครื่องแปลงไฟฟ้าจะต้องผ่านการรับรองจากการไฟฟ้านครหลวง หรือ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เป็นต้น

(4) ติดต่อการไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่เพื่อทำการยื่นขอติดตั้งและเชื่อมต่อระบบผลิตพลังงานด้วยแสงอาทิตย์กับระบบสายส่ง

(5) ตรวจสอบเอกสารทั้งหมดว่าระบบที่จะติดตั้งตรงกับความต้องการของการไฟฟ้าและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

(6) จัดซื้ออุปกรณ์และวัสดุต่าง ๆ ตามที่ได้ออกแบบ

(7) วางแผนการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในกรณีการติดตั้งบนหลังคา ควรเลือกตำแหน่งที่จะติดตั้งในส่วนที่โครงสร้างมีความมั่นคงและไม่มีสิ่งกีดขวางต่าง ๆ ที่อาจทำให้เกิดเงาบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ นอกจากนี้ควรคำนึงถึงความสวยงามและสถาปัตยกรรมของอาคาร โดยการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามความชันและโครงสร้างเดิมของหลังคา อีกทั้งควรจะวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้อยู่ในชุดที่สมมาตร ทั้งนี้เพื่อง่ายแก่การเชื่อมต่อระหว่างแผงตามที่ได้ออกแบบไว้

(8) คำนวณผลกระทบจากเงาบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ควรหลีกเลี่ยงการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในจุดที่โดนเงาเป็นเวลานาน

(9) วัดระยะทางระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ และจัดทำแผนภูมิไฟฟ้าตามระบบที่ได้ออกแบบไว้

(10) จัดทำแบบทางวิศวกรรมที่จำเป็น อาทิ แผนผังการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบบคำนวณโครงสร้างของหลังคา เป็นต้น

5.5.2 การติดตั้งระบบ

อาจใช้ขั้นตอนการทำงาน ดังต่อไปนี้

(1) ยื่นเอกสารและแบบทั้งหมดให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อขอดำเนินการติดตั้งระบบ

(2) ตรวจรับอุปกรณ์และวัสดุ โดยตรวจสอบว่าอุปกรณ์และวัสดุทั้งหมดเป็นไปตามการออกแบบ อีกทั้งอยู่ในสภาพที่ดี ไม่มีความเสียหาย

(3) ศึกษาคู่มือการติดตั้งของอุปกรณ์แต่ละชนิดเพื่อให้เกิดความคุ้นเคยในกระบวนการติดตั้ง

(4) ประมาณความยาวของสายไฟที่จะใช้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังตู้รวมสายไฟและเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

(5) ตรวจสอบค่ากระแสไฟฟ้าของชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเลือกขนาดสายไฟที่เหมาะสม โดยขนาดสายไฟจะต้องสามารถรองรับกระแสไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ โดยต้องคำนึงระยะทางระหว่างอุปกรณ์ และมาตรฐานที่เกี่ยวข้องด้วย

(6) สำรวจตู้ไฟฟ้าที่มีอยู่ว่าสามารถติดตั้งเบรคเกอร์เพิ่มหรือว่ามีความจำเป็นต้องเพิ่มตู้ไฟฟ้าใหม่ โดยตรวจสอบพิกัดกระแสที่รับได้ของตู้ไฟฟ้า ยกตัวอย่างเช่น หากตู้ไฟฟ้าที่มีบัสบาร์ซึ่งสามารถรับกระแสได้ 120 แอมป์ และมีเบรคเกอร์หลักขนาด 80 แอมป์อยู่แล้ว เบรคเกอร์สำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถเพิ่มเข้าไปในตู้ไฟเดิมจะมีขนาดสูงสุดได้ไม่เกิน 40 แอมป์ ไม่เช่นนั้นต้องเพิ่มตู้ไฟฟ้าตู้ใหม่และขนานเข้ากับระบบเดิม รูปที่ 5.8 แสดงตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ในตู้ไฟฟ้า

รูปที่ 5.8 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ทางไฟฟ้าและเบรกเกอร์ในตู้ไฟฟ้า
(ที่มาของรูป : http://solar-system.champbizshop.com/controller-box.htm)

(7) ทำการติดตั้งชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

(7.1) เตรียมโครงสร้างยึดจับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในกรณีของการติดตั้งบนหลังคา ควรว่าจ้างผู้รับเหมาที่มีชำนาญการติดตั้งบนหลังคาเพื่อติดตั้งโครงสร้างตามคำแนะนำของผู้ผลิต

(7.2) ตรวจสอบสภาพภายนอก วัดค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (Voc) และค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Isc) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทุกแผง ก่อนที่จะวางและยึดบนโครงสร้าง

(7.3) ใช้หัวต่อชนิดที่เข้ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อลดความสูญเสียทางไฟฟ้าและความรวดเร็วในการติดตั้ง

(7.4) ทำการเจาะรูบนหลังคาตามจุดที่จำเป็นตามที่ออกแบบไว้เท่านั้น ทั้งนี้เพื่อลดโอกาสของการรั่วซึมบนหลังคา

(7.5) ยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนโครงสร้างตามคู่มือของโครงสร้างและแผงเซลล์แสงอาทิตย์

(8) ติดตั้งตู้รวมสายไฟกระแสตรง เครื่องแปลงผันไฟฟ้า และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องตามคู่มือและคำแนะนำของผู้ผลิต รูปที่ 5.9 แสดงตัวอย่างลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์เหล่านี้ในอาคาร

(9) เชื่อมต่อระบบด้วยสายไฟจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาที่ตู้รวมสายไฟกระแสตรงทีละวงจรตามการออกแบบ ควรเชื่อมต่อไฟฟ้าที่ตู้รวมสายไฟกระแสตรงก่อนการเชื่อมต่อที่ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

(10) เชื่อมต่อระบบด้วยสายไฟจากตู้รวมสายไฟกระแสตรงมาที่เครื่องแปลงกระแสตามการออกแบบและคู่มือการติดตั้งของผู้ผลิตเครื่องแปลงกระแส

รูปที่ 5.9 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์แปลงผันไฟฟ้า ตู้ไฟฟ้า และมิเตอร์ ในอาคาร
(ภาพจากศูนย์ฝึกอบรมปฏิบัติการด้านการจัดการพลังงาน (Mini plant) กองพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน)

(11) เชื่อมต่อระบบด้วยสายไฟจากเครื่องแปลงกระแสมาที่เบรกเกอร์กระแสสลับตามการออกแบบและคู่มือการติดตั้งของผู้ผลิตเครื่องแปลงกระแส รูปที่ 5.10 แสดงลักษณะการเดินสายไฟของระบบในรางสายไฟ

(12) เปิดระบบโดยการปิดวงจรของระบบทีละชุดจนครบทุกเบรคเกอร์

(13) ตรวจสอบระบบและค่าทางไฟฟ้าทุกค่าว่าเป็นไปตามคู่มือและคำแนะนำของผู้ผลิตเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการตรวจรับทั้งภายในและการตรวจรับจากการไฟฟ้า

(14) ปิดระบบและยื่นขอรับการตรวจรับจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

หลังจากได้รับการอนุมัติให้ขนานวงจรเข้ากับระบบของการไฟฟ้าแล้วจึงเริ่มเปิดระบบอย่างถาวร คอยติดตามการทำงานของระบบอย่างสม่ำเสมอ

รูปที่ 5.10 ลักษณะการดินสายไฟในรางสายไฟของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์
(ที่มาของรูป : http://solarprofessional.com)

5.5.3 ระบบหยุดการทำงานฉุกเฉินโซลาร์เซลล์ (Rapid shutdown) [24]

ในขณะที่ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับการพัฒนามากขึ้น ทั้งในด้านประสิทธิภาพการผลิตพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ที่เพิ่มสูงขึ้น การพัฒนาเทคโนโลยีวัสดุอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น รวมถึงการพัฒนามาตรฐานความปลอดภัยต่าง ๆ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการดำเนินการติดตั้งในอาคารและบ้านเรือนเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม อุบัติเหตุจากการติดตั้งและใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ก็สามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ซึ่งส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของบุคลากรที่เกี่ยวข้อง เช่น นักดับเพลิง หรือผู้ใช้งาน ในกรณีเกิดอุบัติเหตุต่าง ๆ ได้

อุปกรณ์หยุดทำงานฉุกเฉิน หรือที่เรียกว่า Rapid shutdown ซึ่งสามารถช่วยลดแรงดันไฟฟ้าได้ในระยะเวลารวดเร็ว จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการลดอันตรายที่อาจเกิดจากกระแสไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน ทำให้บุคลากรที่ต้องปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง ลดความเสี่ยงจากการถูกไฟฟ้าช็อต ซึ่งอาจเป็นอันตรายถึงชีวิตได้

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้มีประกาศ เมื่อวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2566 เรื่อง “เงื่อนไขการอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม

สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา” โดยได้ระบุไว้ว่า ในการให้ความเห็นการออกใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม สำหรับระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (ขนาดกำลังผลิตรวมของแต่ละแหล่งผลิตตั้งแต่ 200 กิโลโวลต์แอมแปร์ขึ้นไป) ให้ติดตั้งอุปกรณ์หยุดทำงานฉุกเฉิน (Rapid shutdown) ในระบบฯ ให้เป็นไปตามมาตรฐานของ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) 022013-22 โดยเริ่มมีผลบังคับใช้ ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2566 ที่ผ่านมา

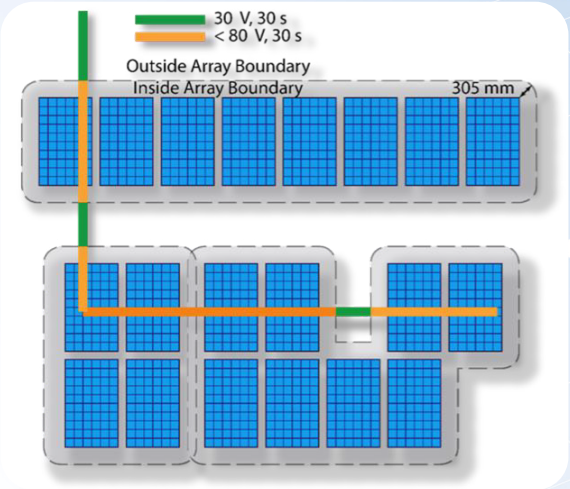
อุปกรณ์หยุดทำงานฉุกเฉิน (Rapid shutdown) ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคา ต้องมีคุณลักษณะดังนี้

1) ลดแรงดันไฟฟ้าในบริเวณ Array boundary ให้เหลือไม่เกิน 80 โวลต์ ภายใน 30 วินาที หรือใช้อุปกรณ์ควบคุมเพื่อลดความเสี่ยงจากการเกิดไฟดูดในการเกิดอันตรายต่อพนังงานดับเพลิง ซึ่งต้องมีผลการทดสอบตามขั้นตอนหรือใบรับรองตามมาตรฐาน UL 3741 โดยรายงานผลการทดสอบต้องออกโดยสถาบันหรือหน่วยงานทดสอบที่เป็นกลาง และได้มาตรฐาน ได้แก่ TUV, VDE, Bureau ventus, UL, CSA, InterTek หรือ PTEC

2) ลดแรงดันไฟฟ้าในสายเคเบิลที่อยู่นอกเหนือบริเวณ Array boundary ให้เหลือไม่เกิน 30 โวลต์ ภายใน 30 วินาที

3) ต้องมีการระบุตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์หยุดทำงานฉุกเฉิน (Rapid shutdown) ที่พนักงานดับเพลิงเข้าถึงได้ง่าย

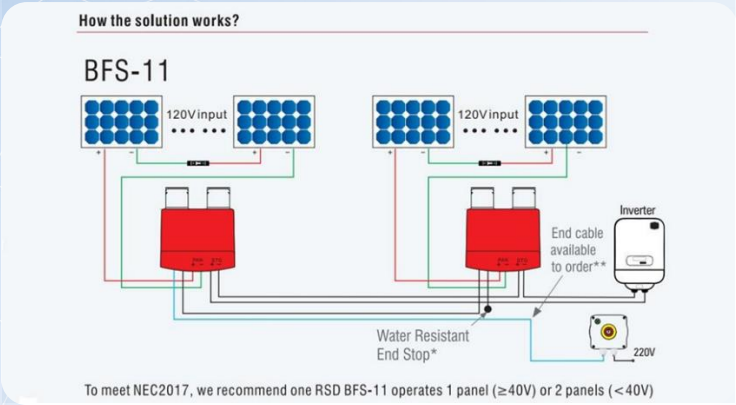
Array boundary หมายถึง ขอบเขตโดยราบ PV Array 305 มิลลิเมตร ในทุกทิศทาง ตามมาตรฐาน NEC 2017 ข้อ 690.12 ของสหรัฐอเมริกา ที่มาตรฐาน วสท. 022013-22 นำมาอ้างอิงสำหรับประเทศไทย ดังรูปที่ 5.11



รูปที่ 5.11 ระดับแรงดันไฟฟ้าตามขอบเขตรอบแผงโซล่าเซลล์ ตามมาตรฐาน National electrical code (NEC)

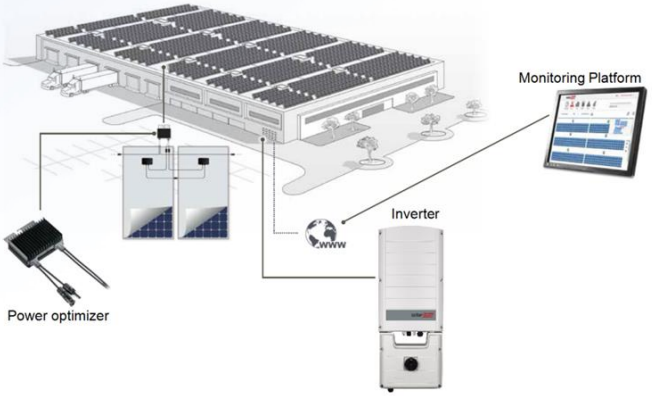
ตัวอย่างการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานระบบหยุดทำงานฉุกเฉิน ระบบที่เกี่ยวข้องกับการทำงานแบบ Rapid shutdown มีด้วยกัน 3 ประเภท คือ

1) สวิตช์ปุ่มฉุกเฉิน คือ อุปกรณ์ตัดการทำงานในระดับแผงโซลาร์เซลล์ โดยการเชื่อมต่อสวิตช์ฉุกเฉินกับอุปกรณ์ตัดการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ด้วยสายสัญญาณสื่อสาร ดังรูปที่ 5.12



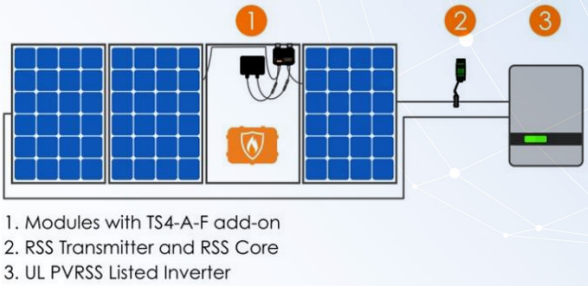
รูปที่ 5.12 การติดตั้งอุปกรณ์ตัดการทำงานในระดับแผงโซล่าเซลล์

2) อุปกรณ์ Optimizer (พาวเวอร์ออฟติไมเซอร์) คือ อุปกรณ์ควบคุมการทำงานในระดับแผงโซลาร์เซลล์ จะติดอยู่ใต้แผงโซลาร์ ใช้ควบคู่กับ อินเวอร์เตอร์ บางยี่ห้อ เช่น SolarEdge ระบบนี้สามารถตั้งค่าการทำงานของของระบบให้เป็นไปตามมาตรฐาน ระบบหยุดทำงานฉุกเฉินได้โดยไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์พิเศษอื่น ๆ เพิ่มเติมแต่อย่างใด ดังรูปที่ 5.13



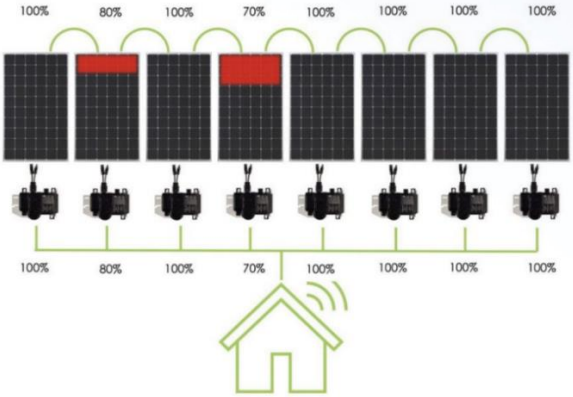
รูปที่ 5.13 การติดตั้งอุปกรณ์ Optimizer เพื่อควบคุมการทำงานในระดับแผงโซลล่าเซลล์

ยกตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ Optimizer จากผู้ผลิตรายอื่น ๆ ที่สามารถนำมาติดตั้งเพิ่มเติมเข้ากับระบบโซล่าเซลล์เดิมเพื่อให้แต่ละแผงสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และรองรับการทำงานของระบบหยุดทำงานฉุกเฉิน ได้เช่นกัน อาทิเช่น อุปกรณ์ Optimizer ของบริษัท Tigo เป็นต้น ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ Optimizer ดังรูปที่ 5.14



รูปที่ 5.14 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ Optimizer ของบริษัท Tigo

3) อุปกรณ์ไมโครอินเวอร์เตอร์ คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าจาก DC เป็น AC ในทุก ๆ แผง รูปที่ 5.15 สามารถตัดการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน โดยสอดคล้องกับมาตรฐานระบบหยุดทำงานฉุกเฉิน ได้เช่นกัน



รูปที่ 5.15 การติดตั้งอุปกรณ์อุปกรณ์ไมโครอินเวอร์เตอร์

โดยสรุปการติดตั้งระบบหยุดทำงานฉุกเฉิน (Rapid shutdown) นั้นช่วยให้บุคลากรที่ต้องปฏิบัติงาน นักดับเพลิง สามารถเข้าไปควบคุมเพลิงไหม้ในอาคารได้อย่างรวดเร็ว ช่วยลดความเสียหายหรือสามารถช่วยชีวิตของผู้ที่ติดอยู่ในอาคารได้อย่างปลอดภัย จึงถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจและมีการบังคับใช้ในระบบโซล่าเซลล์ที่ติดตั้งบนหลังคาในประเทศไทย

5.6 การซ่อมแซมบำรุงรักษาเบื้องต้น

ถึงแม้ว่าระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นระบบที่มีความต้องการของการบำรุงรักษาน้อยมาก เนื่องจากไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหว แต่การดูแลบำรุงรักษาระบบอย่างถูกวิธีก็จะช่วยทำให้ระบบสามารถผลิตพลังงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

ความเสียหายของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ส่วนมากจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ การบำรุงรักษาที่ไม่ดีจะส่งผลให้อายุการใช้งานสั้นลง ดังนั้นผู้ใช้จึงควรหมั่นดูแลทำความสะอาดอุปกรณ์โดยเฉพาะแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่อาจจะสกปรกบริเวณผิวหน้ารับแสงอาทิตย์เนื่องจากฝุ่นละออง รวมถึงการตรวจเช็คสายไฟที่ต่อเชื่อมระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้วยเพราะความร้อนจากแสงอาทิตย์และความร้อนสะสมบริเวณหลังคาอาจทำให้สายไฟที่ใช้อยู่เสื่อมสภาพเร็วขึ้น ทำให้ระบบไม่สามารถทำงานได้อย่างปกติ ในขณะเดียวกันในฤดูฝนที่ฝนตกชุก อาจจะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เกิดคราบสกปรกได้ รวมถึงแบตเตอรี่ที่มีการประจุและคายประจุอยู่ตลอดเวลาจำเป็นต้องมีการดูแลรักษาเพื่อให้มีอายุการใช้งานที่มากขึ้น

ต่อไปนี้เป็นข้อแนะนำเบื้องต้นเกี่ยวกับข้อควรระวัง และการบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งนี้เจ้าของระบบควรศึกษาคู่มือของอุปกรณ์แต่ละชนิดโดยละเอียดอีกครั้งด้วย

5.6.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

ข้อควรระวัง ห้ามปลดสายไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในระหว่างที่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าอยู่เพราะอาจทำให้เกิดประกายไฟซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน และอาจเป็นสาเหตุให้เกิดเพลิงไหม้ได้

การบำรุงรักษา

(1) เพื่อประสิทธิภาพที่สูงขึ้นควรทำความสะอาดแผงด้วยน้ำสะอาดอย่างน้อยทุก 6 เดือน

(2) ตรวจสอบแผงไม่ให้มีรอยแตก ร้าวของกระจก หรือมีร่องรอยน้ำซึมเข้าด้านในของแผง อย่างน้อยทุก 6 เดือน

(3) หากมีคราบสกปรกติดแน่นหนา หรือมีมูลนกแห้งติดกับแผง ให้ใช้ฟองน้ำขัดทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า ไม่ควรใช้แปรงโลหะหรือสารเคมีในการทำความสะอาด

(4) ควรตรวจสอบและกวดขันสกรู คลิปล็อค รวมถึงความแข็งแรงของโครงสร้างรองรับแผง อย่างน้อยทุก 6 เดือน โดยเฉพาะก่อนฤดูมรสุม

(5) ตรวจสอบและกวดขัน จุดต่อสายไฟฟ้า อย่างน้อยทุก 6 เดือน

(6) ตรวจสอบสภาพฉนวนของสายไฟฟ้า ไม่ให้มีรอยแตก ฉีกหรือขาด เป็นประจำอย่างน้อยทุก 6 เดือน

5.6.2 เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า

ข้อควรระวัง เพื่อให้วงจรป้องกันของเครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้าทำงานอย่างมีประสิทธิผลควรต่อวงจรเซอร์กิตเบรคเกอร์ด้านขาออกไปชุดแบตเตอรี่ ก่อนที่จะต่อวงจรด้านขาเข้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การบำรุงรักษา

(1) ตรวจสอบและกวดขัน สกรู น็อต ที่เทอร์มินอลต่อสาย อย่างน้อยทุก 6 เดือน

(2) ตรวจสอบความแข็งแรงของการยึดติดกับผนัง ทุกปี โดยจับแล้วจะต้องไม่โยกคลอน

(3) เพื่อประสิทธิภาพของการระบายความร้อน ให้ทำการตรวจสอบและเช็ดฝุ่นละอองที่เกาะติดกับแผ่นระบายความร้อนของตัวเครื่อง อย่างน้อยทุก 6 เดือน

(4) เช็ดทำความสะอาดสายไฟฟ้าทั้งด้านขาเข้าและขาออกจากเครื่อง อย่างน้อยทุก 6 เดือน

(5) ใช้ลมแห้งเป่าไล่ฝุ่นบริเวณตัวเครื่อง อย่างน้อยทุก 6 เดือน

5.6.3 ชุดแบตเตอรี่

ข้อควรระวัง

(1) การทำงานบริเวณแบตเตอรี่ ต้องระวังไม่ให้เครื่องมือที่เป็นโลหะสัมผัสกับขั้วแบตเตอรี่ทั้ง 2 ขั้วพร้อมกัน เนื่องจากจะเกิดประกายไฟซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน และอาจเป็นสาเหตุให้เกิดเพลิงไหม้ได้

(2) น้ำกรดในแบตเตอรี่นั้นเป็นสารกัดกร่อนอย่างรุนแรง ดังนั้นควรสวมอุปกรณ์ป้องกันดวงตา และ ถุงมือขณะที่ทำงานรวมทั้งระวังอย่าเอียง หรือ ตะแคงแบตเตอรี่เป็นอันขาด เพราะน้ำกรดสามารถรั่วไหลออกมาทางรูระบายได้

(3) ห้ามสูบบุหรี่ หรือการกระทำใดที่อาจก่อให้เกิดประกายไฟในบริเวณห้องควบคุมที่จัดเก็บชุดแบตเตอรี่ โดยเด็ดขาด

การบำรุงรักษา

(1) ควรตรวจสอบระดับน้ำกลั่นของแบตเตอรี่ทุกเดือน และเติมน้ำกลั่นถ้ามีระดับต่ำกว่าที่ระบุไว้ข้างตัวแบตเตอรี่

(2) ห้ามเติมน้ำกรดหรือสารเคมีหรือน้ำกลั่นที่มีสี โดยเด็ดขาด

(3) ตรวจสอบตัวถังของแบตเตอรี่ ต้องไม่มีรอยแตกร้าวหรือรอยรั่ว ทุกปี

(4) ตรวจสอบและกวดขันขั้วต่อสายของแบตเตอรี่ ทุกปี

(5) ตรวจเช็คทำความสะอาดขั้วแบตเตอรี่และทาด้วยจาระบีหรือวาสลินเพื่อป้องกับคราบขี้เกลือ ทุกปี

(6) ตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของโครสร้างรองรับชุดแบตเตอรี่ ทุกปี

(7) ควรตรวจวัดระดับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ทุกลูก ทุกเดือน ถ้าพบว่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละลูกแตกต่างกันมากเกินไปให้ทำการ Equalization ระบบโดยทำตามคู่มือ

5.6.4 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

ข้อควรระวัง เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ามีไฟฟ้าด้านขาออกเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันสูง ซึ่งต้องระมัดระวังในการทำงานที่บริเวณดังกล่าวเนื่องจากมีความเสี่ยงที่จะโดนไฟดูดได้

การบำรุงรักษา

(1) ตรวจสอบและกวดขัน สกรู น็อต ที่เทอร์มินอลต่อสาย อย่างน้อยทุก 6 เดือน

(2) ตรวจสอบความแข็งแรงของการยึดติดกับผนัง ทุกปี โดยจับแล้วจะต้องไม่โยกคลอน

(3) เพื่อประสิทธิภาพของการระบายความร้อน ให้ทำการตรวจสอบการทำงานของพัดลมระบายความร้อน พร้อมทั้งเป่าฝุ่นทำความสะอาด อย่างน้อยทุก 6 เดือน

(4) เช็ดทำความสะอาดสายไฟฟ้าทั้งด้านขาเข้าและขาออกจากเครื่อง อย่างน้อยทุก 6 เดือน

(5) ใช้ลมแห้งเป่าไล่ฝุ่นบริเวณตัวเครื่อง อย่างน้อยทุก 6 เดือน

5.6.5 ตู้ไฟฟ้าต่าง ๆ

ข้อควรระวัง หากไม่มีเหตุจำเป็นไม่ควรปลดฟิวส์ของชุดแบตเตอรี่ออก หรือหากจำเป็นต้องปลด ต้องตรวจสอบให้แน่ใจก่อนว่า เซอร์กิตเบรคเกอร์ทุกตัวในตู้ต้องอยู่ในตำแหน่ง OFF เท่านั้น การปลดหรือสับฟิวส์ขณะที่มีกระแสไหลในวงจรจะทำให้เกิดประกายไฟซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานและอาจเป็นสาเหตุให้เกิดเพลิงไหม้ได้

การบำรุงรักษา

(1) ตรวจสอบความแข็งแรงของการยึดติดกับผนัง ทุกปี โดยจับแล้วจะต้องไม่โยกคลอน

(2) เช็ดทำความสะอาดสายไฟฟ้าด้านขาเข้าและขาออก อย่างน้อยทุก 6 เดือน

(3) ตรวจสอบ และดูดฝุ่นทำความสะอาดภายในตู้ อย่างน้อยทุก 6 เดือน

(4) ตรวจสอบและกวดขันจุดต่อสายต่าง ๆ อย่างน้อยทุก 6 เดือน

(5) ตรวจสอบหน้าจอแสดงผลของเครื่องมือวัดต่าง ๆ ว่ายังใช้งานได้ตามปกติหรือไม่ อย่างน้อยทุก 6 เดือน

5.6.6 รายการตรวจสอบทั่วๆ ไป

นอกจากการตรวจสอบดังกล่าวมาแล้ว ยังแนะนำให้ทำการตรวจสอบทั่วไปเพื่อเป็นการป้องกันระบบ ดังนี้

(1) ตรวจสอบหลังคาว่าไม่มีจุดรั่วซึม

(2) ตรวจสอบระบบระบายน้ำบนหลังคาว่าสามารถระบายน้ำได้เพียงพอต่อความต้องการ ไม่มีสิ่งกีดขวางทางน้ำและไม่มีแนวโน้มที่จะเกิดการกักขังของน้ำบนหลังคา

(3) ตรวจสอบว่าไม่มีสิ่งก่อสร้างใด ๆ เพิ่มเติมซึ่งอาจทำให้เกิดเงาบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์

(4) ตรวจสอบสภาพของพื้นบริเวณที่เจาะยึดโครงสร้างรองรับแผงว่าไม่มีสนิม

(5) ตรวจสอบป้ายและคำเตือนทางไฟฟ้าว่ายังอยู่ในที่ที่ติดตั้ง

(6) ตรวจสอบจุดเชื่อมต่อทุกจุดว่ายังอยู่ในสภาพปกติ

(7) ตรวจสอบสภาพการกัดกร่อนและสนิมที่ชุดโครงสร้าง

(8) ตรวจสอบความสะอาดของสถานที่ติดตั้ง ไม่ควรปล่อยให้มีเศษวัสดุในสถานที่ติดตั้งเครื่องแปลงกระแสและที่อื่น ๆ

(9) ตรวจสอบสายไฟว่ายังอยู่ในท่อสายไฟปกติ

(10) ตรวจสอบว่ามีสัตว์หรือแมลงมาอาศัยในบริเวณใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หรือไม่

(11) ตรวจสอบโครงสร้างของเครื่องแปลงกระแสว่ามีร่องรอยของการแตกหักหรือชำรุด เครื่องแปลงกระแสควรถูกยึดกับโครงสร้างตามคำแนะนำของผู้ผลิต เครื่องแปลงกระแสและตู้รวมสายไฟควรถูกล็อคและสามารถเปิดได้เฉพาะพนักงานได้รับอนุญาตเท่านั้น

(12) ตรวจสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ว่าไม่มีสภาพชำรุด รอยไหม้ สีซีดจาง หรือรอยแตกหัก

(13) ตรวจสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ว่าไม่ฝุ่นละอองบนแผงที่มากเกินไป ซึ่งอาจมาจากความสกปรกหรือมูลสัตว์

(14) ตรวจสอบตู้รวมสายไฟและตรวจสอบร่องรอยของการกัดกร่อนและร่องรอยของการรั่วซึมเข้าของน้ำ

(15) ถ้าระบบมีอุปกรณ์วัดค่าสภาพอากาศ ตรวจสอบให้แน่ใจว่าตัววัด (Sensor) ทุกตัวอยู่ในจุดและตำแหน่งติดตั้งที่ถูกต้อง และไม่มีสิ่งสกปรกบนตัววัด

5.6.7 ข้อปฏิบัติในกรณีเกิดเพลิงไหม้

ในระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์นี้ โดยทั่วไปมักมีระบบป้องกันการลัดวงจรด้วยเซอร์กิตเบรคเกอร์ที่ติดตั้งทางด้านขาเข้าและขาออกของอุปกรณ์ต่างๆรวมถึงการใช้ขนาดและชนิดของสายไฟฟ้าที่เหมาะสมเพียงพอ ตามมาตรฐานทางวิศวกรรม ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดเสียหายจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจรจึงมีน้อยมาก ถึงอย่างไรก็ตามหากเกิดเพลิงไหม้จากสาเหตุอื่น หรือเกิดจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจรมีข้อปฏิบัติดังนี้

(1) ถ้าเป็นไปได้ให้ตัดวงจรไฟฟ้าที่อยู่ใกล้กับจุดที่เกิดประกายไฟโดยเร็ว โดยใช้เซอร์กิตเบรคเกอร์ที่ติดตั้งไว้

(2) ห้ามใช้น้ำดับเพลิงโดยเด็ดขาดเนื่องจากน้ำสามารถเป็นตัวนำไฟฟ้าได้

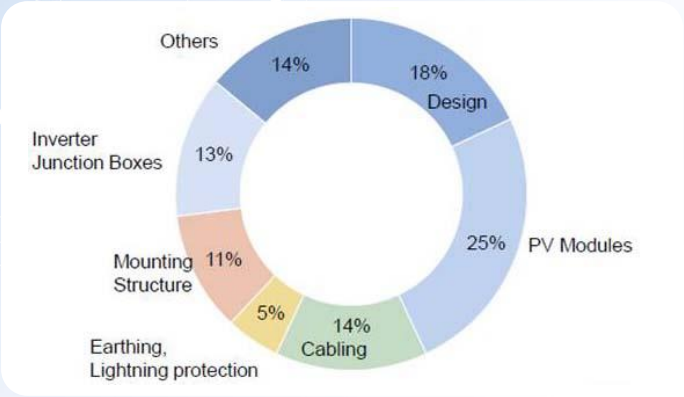
(3) ใช้ถังดับเพลิงชนิดอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นถังสีแดงและปลายสายมีกรวยหรือกระบอกครอบอยู่ หรือใช้ถังดับเพลิงที่ระบุว่าสามารถดับไฟประเภท C ได้ (ไฟฟ้า,อุปกรณ์ไฟฟ้า)

(4) ให้ปฏิบัติตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้องของอาคาร สถานที่นั้น ๆ

5.7 กรณีศึกษา

จากข้อแนะนำในการติดตั้งดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จะเห็นว่าการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีข้อกำหนดและข้อแนะนำที่เกี่ยวข้องมากมาย ทั้งนี้หากผู้ติดตั้งไม่คำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ อาจก่อให้เกิดความสูญเสียตามเกินกว่าที่คาดได้ ทั้งนี้จากผลการศึกษาของ Fred martin, TUV Rheinland group 2015 [25] พบว่าการเสียหายที่

เกิดขึ้นในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ นั้นเป็นความเสียหายที่เกิดจากแผงเซลล์มากที่สุด ถึง 25% รองลงมาคือจากการออกแบบ 18% สายไฟและการเชื่อมต่อ 14% จากเครื่องแปลงกระแสและการเชื่อมต่อ 13% จากการติดตั้ง 11% จากสภาพอากาศ เช่น ฟ้าผ่า 5% และสาเหตุอื่น ๆ อีก 14% ดังแสดงในรูปที่ 5.16



รูปที่ 5.16 สัดส่วนการเสียหายที่เกิดขึ้นในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [25]

ต่อไปนี้จะนำเสนอตัวอย่างของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อย่างไรก็ตาม ความเสียหายที่เกิดขึ้นนี้สามารถป้องกันได้ และไม่ได้เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้บ่อย ๆ ดังนั้นผู้ติดตั้งไม่ควรตระหนก หรือกังวลมากจนเกินไป แต่ควรให้ความสำคัญกับการออกแบบ มาตรฐาน และรายละเอียดในระหว่างการติดตั้ง

5.7.1 ตัวอย่างการเสียหายจากการติดตั้ง

รูปที่ 5.17 แสดงตัวอย่างการเสียหายที่เกิดจากความผิดพลาดของการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยรูปบน เกิดจากการเลือกใช้โครงสร้างที่ไม่แข็งแรงเพียงพอ ไม่สามารถรับภาระจากพายุ หรือลมแรงได้ทำให้โครงสร้างบางส่วนเสียหาย และถล่มลงมาในที่สุด ส่วนการเสียหายในรูปล่างซ้าย เกิดจากการติดตั้งแผงแต่ละแผงไม่แน่นหนาพอ เช่น อาจขันคลิปล็อคไม่มั่นคงเพียงพอ หรือใช้อุปกรณ์ยึดขนาดเล็กเกินไป เมื่อเกิดลมกระชาก

ที่รุนแรง จึงไม่สามารถยึดแผงไว้ได้ แผงบางแผงจึงหลุดออกมา ส่วนการเสียหายในรูปล่างขวาเป็นรูปการเสียหายที่เกิดจากความไม่ชำนาญของช่าง ซึ่งสอดอุปกณ์ยึดแผงเข้าใต้หลังคาไม่ถูกต้องและก่อให้เกิดการเสียหายต่อหลังคาอาคาร เป็นต้น

รูปที่ 5.17 ตัวอย่างการเสียหายที่เกิดจากการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [26]

การป้องกันการเสียหายจากการติดตั้งนี้ ทำได้โดยการออกแบบโครงสร้างโดยคำนึงถึงภาระปัจจุบัน และภาระที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ตลอดจนคำนึงถึงภาระจากสภาพอากาศ เช่น ลม พายุ และหิมะ อีกทั้งควรระมัดระวังในการต่อเติมอาคารที่อาจส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของระบบด้วย

รูปที่ 5.18 ตัวอย่างการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในที่ที่มีเงาบัง และการไม่ดูแลรักษาพื้นที่

รูปที่ 5.18 เป็นอีกตัวอย่างของความเสียหายที่เกิดจากการเลือกพื้นที่ติดตั้งที่ไม่เหมาะสม และขาดการบำรุงรักษา โดยในรูปด้านบน และรูปล่างซ้าย จะพบว่ามีการปล่อยให้วัชพืชและต้นไม้เจริญเติบโต สร้างเงาบังแผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งจะทำให้แผงทำงานได้ไม่เต็มที่ และอาจเป็นสาเหตุให้เกิดจุดร้อน (Hot spot) บนแผงได้อีกด้วย ส่วนรูปล่างด้านขวา เป็นตัวอย่างของการเลือกพื้นที่หรือการต่อเติมอาคารที่มีผลให้เกิดเงาบังแผงได้

5.7.2 ตัวอย่างการเสียหายจากการเชื่อมต่ออุปกรณ์และจากการต่อสายไฟ

รูปที่ 5.19 ตัวอย่างการเสียหายที่เกิดขึ้นที่สายไฟของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การไม่ระมัดระวังในการต่อสายไฟ ก็อาจเป็นสาเหตุของความเสียหายที่สำคัญได้ เช่น ในกรณีที่แสดงในรูปที่ 5.19 ภาพด้านบน ซ้ายมือ เป็นความเสียหายจากการไหม้ของขั้วแผง ซึ่งเกิดจากการต่อสายไฟไม่แน่น ทำให้เกิดประกายไฟ และเกิดความร้อนได้ ส่วนรูปด้านบน ขวามือ เป็นการต่อสายไฟที่มีการเปลี่ยนทิศทางในองศาที่แคบเกินไป สายไฟจึงเกิดการพับตัวซึ่งจะส่งผลต่อฉนวน และอายุการใช้งานสายไฟสั้นลง ส่วนในรูปด้านล่าง ซ้ายมือ เป็นการเดินสายไฟโดยไม่เดินในท่อ ผ่านพื้นคอนกรีตโดยตรง ซึ่งสายไฟอาจสัมผัสความร้อนที่สะสมในพื้นปูนและเสื่อมสภาพเร็วขึ้น ส่วนรูปด้านล่าง ขวามือ แสดงลักษณะของสายไฟที่มีคุณภาพต่ำ หรือหมดอายุใช้งานเนื่องจากถูกแสงแดดและความร้อนกัดกร่อน หากยังคงใช้งานต่อไปอาจก่อให้เกิดไฟฟ้ารั่ว หรือลัดลงจรได้

5.7.3 ตัวอย่างการเสียหายจากไฟไหม้

ในกรณีที่เกิดไฟไหม้แผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น ส่วนใหญ่มักเป็นการเสียหายที่ร้ายแรง โดยเฉพาะแผงที่ติดตั้งบนหลังคาอาคาร เนื่องจากไฟอาจลุกลามไปสร้างความเสียหายยังตัวอาคารได้ รูปที่ 5.20 แสดงตัวอย่างการเสียหายที่เกิดจากไฟไหม้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่ที่ก่อให้เกิดไฟไหม้แผงได้แก่ การเกิดจุดร้อน (Hot spot) บนแผง แล้วลุกลามกลายเป็นเปลวไฟ หรือเกิดจากไฟฟ้าลัดวงจรที่ขั้วต่อสายไฟ หรือสายไฟเสื่อมคุณภาพ เป็นต้น

ทั้งนี้การป้องกันไฟไหม้แผงอาจทำได้โดยการเลือกใช้แผงและอุปกรณ์ทุกชนิดที่ผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน ออกแบบให้ได้ขนาดที่ทนต่อความร้อนและภาระทางไฟฟ้าได้ และใช้ช่างผู้ชำนาญในการติดตั้ง ตลอดจนควบคุมการติดตั้งอุปกรณ์ และสายไฟให้เป็นไปตามมาตรฐานและเรียบร้อย เป็นต้น

รูปที่ 5.20 ตัวอย่างการเสียหายที่เกิดจากไฟไหม้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ [25]

5.8 แนวทางการปฏิบัติกรณีเกิดเพลิงไหม้ในอาคารที่ติดตั้งโซลาร์เซลล์ ประเภทของไฟและเครื่องดับเพลิง [27]

5.8.1 แนวทางการปฏิบัติสำหรับผู้อยู่อาศัย ควรปฏิบัติดังนี้

- ตั้งสติให้ดี อย่างแรกคือต้องตั้งสติก่อน ไม่ตื่นตระหนก และประเมินสถานการณ์ในเบื้องต้นว่าเหตุไฟไหม้ที่เกิดขึ้นนั้นมีความรุนแรงแค่ไหน และอยู่ใกล้ตัวมากแค่ไหน

- กดสัญญาณเตือนภัย หากเป็นเหตุไฟไหม้ที่อยู่ในสำนักงานหรือออฟฟิศที่ทำงาน ส่วนใหญ่มักจะติดตั้งปุ่มกดเตือนภัยเอาไว้ หากพบว่ามีประกายไฟหรือเกิดควันที่ทำให้แน่ใจว่าเกิดไฟไหม้ขนาดใหญ่แน่ ๆ ควรตะโกนบอกทุกคนที่อยู่ในพื้นที่นั้นให้ทราบทั่วกัน แล้วให้รีบกดสัญญาณเตือนภัยทันที

- โทรศัพท์แจ้ง 199 ในกรณีที่เกิดเหตุ “ไฟไหม้” ระดับรุนแรง และกินพื้นที่เป็นวงกว้าง ไม่ว่าจะเป็นไฟไหม้ในบ้านเรือน ในชุมชน หรือในสำนักงาน หลังจากกดสัญญาณเตือนเพลิงไหม้แล้ว ให้เตรียมพร้อมอพยพออกจากพื้นที่เกิดเพลิงไหม้ และรีบโทรแจ้งเจ้าหน้าที่ดับเพลิงที่เบอร์ 199 ทันที

- ห้ามใช้ลิฟท์ ห้ามใช้ลิฟต์ในการอพยพหนีไฟ เพราะเมื่อเกิดเพลิงไหม้ไฟฟ้าจะดับ ทำให้ติดค้างภายในลิฟต์ ขาดอากาศหายใจเสียชีวิตได้ แต่ให้ใช้บันไดหนีไฟในการอพยพออกจากอาคาร เนื่องจากมีช่องระบายอากาศ จึงช่วยลดการสูดดมควันไฟเข้าสู่ร่างกาย และไม่ควรไม่ใช้บันไดภายในอาคารเป็นเส้นทางอพยพหนีไฟ เพราะบันไดมีลักษณะเป็นปล่อง ทำให้ควันไฟและเปลวเพลิงลอยขึ้นมาปกคลุม จึงเสี่ยงต่อการสำลักควันไฟและถูกไฟคลอกเสียชีวิต

5.8.2 แนวทางการปฏิบัติสำหรับเจ้าหน้าที่ดับเพลิง ควรปฏิบัติดังนี้

- ค้นหาห้องควบคุมการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ เมื่อเกิดเพลิงไหม้แผงโซลาร์เซลล์ นักดับเพลิงควรเดินไปรอบ ๆ พื้นที่ทั้งหมดของอาคารเพื่อค้นหาห้องควบคุมการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ โดยทั่วไปห้องควบคุมนี้จะติดป้ายสัญลักษณ์ติดไว้เป็น

ตัวบ่งชี้ให้ทราบ และจะมีป้ายสัญลักษณ์บอกตำแหน่งที่จะสามารถปิดระบบการทำงานของโซลาร์เซลล์ได้

- ปิดทุกระบบการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ ไฟฟ้าทั้งหมดที่อยู่ภายในอาคาร ทั้ง DC/AC นักดับเพลิงจำเป็นต้องปิดระบบทั้งหมดเพื่อหลีกเลี่ยงการถูกไฟฟ้าดูดไฟฟ้าช็อต ที่จะส่งผลอันตรายต่อนักดับเพลิงที่กำลังปฏิบัติหน้าที่ได้ นักดับเพลิงสามารถกดปิดสวิตช์ระบบหยุดทำงานฉุกเฉิน (Rapid shutdown) เพื่อหยุดการจ่ายกระแสไฟฟ้า DC จากแผงโซล่าเซลล์ สวิตช์ระบบหยุดทำงานฉุกเฉินจะต้องติดตั้งในตำแหน่งที่นักดับเพลิงสามารถเข้าถึงได้ง่าย เช่น ผนังใกล้ทางเข้าอาคาร เป็นต้น

- การระบายอากาศภายในอาคาร ให้ระบายอากาศภายในอาคาร ด้วยการเปิดประตู เปิดหน้าต่าง เพื่อช่วยให้ทีมนักดับเพลิงทำงานได้อย่างปลอดภัย นักดับเพลิงควรตระหนักถึงประเด็นสำคัญสองประการ ประการแรก แผงโซลาร์เซลล์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทุกเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน แผงโซลาร์เซลล์สามารถสร้างพลังงานไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายไฟได้ตลอดเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน พนักงานดับเพลิงควรหลีกเลี่ยงการตัดทำลาย หรือสัมผัสส่วนประกอบใด ๆ ของระบบ ประการที่สอง หากท่อร้อยสายถูกปิดบังไม่สามารถมองเห็นสายไฟได้ นักดับเพลิงไม่ควรเจาะหรือสัมผัสท่อร้อยสายเพราะจะทำให้ถูกไฟฟ้าดูดได้ง่าย การอยู่ห่างจากหลังคาเป็นเทคนิคที่ง่ายและปลอดภัยที่สุดสำหรับนักดับเพลิง

- ดับเพลิงจากระยะไกลที่ปลอดภัยเพื่อดับไฟไหม้แผงโซลาร์เซลล์ หากแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาเกิดไฟไหม้ นักดับเพลิงควรตระหนักว่าหลังคาที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์นั้นสร้างจากวัสดุที่ติดไฟได้และสามารถติดไฟได้ นักดับเพลิงต้องสังเกตด้วยว่าเปลวไฟมีจำนวนมากในพื้นที่รอบ ๆ แผงโซลาร์เซลล์ แสดงว่าหลังคาสามารถติดไฟได้ หัวหน้าดับเพลิงจะต้องสั่งดำเนินการป้องกันนักดับเพลิง ที่จะสามารถดับไฟได้อย่างปลอดภัยโดยใช้น้ำพุ่งตรงจากระยะไกลอย่างน้อย 6 เมตร หรือรูปแบบหมอกจากระยะ 1.5 เมตร แผงโซลาร์เซลล์หรือไฟจากแบตเตอรี่ไม่ต้องใช้โฟมในการดับ เพราะสามารถใช้น้ำในการดับได้

- ดับเพลิงจากระยะไกลที่ปลอดภัยเพื่อดับไฟไหม้แบตเตอรี่ หากแบตเตอรี่ติดไฟ ไม่ว่าจะเป็นข้างนอกอาคาร ข้างในอาคาร หรือในห้องเก็บแบตเตอรี่ นักดับเพลิง

สามารถใช้เทคนิคการดับเพลิงแบบเดียวกับที่ใช้ดับไฟแผงโซลาร์เซลล์ได้ อย่างไรก็ตาม หากแบตเตอรี่อยู่ในที่คับแคบ นักดับเพลิงต้องระบายอากาศในพื้นที่ให้ดี หลังจากนั้น นักดับเพลิงสามารถใช้อุปกรณ์ดับเพลิงเต็มรูปแบบด้วย Self contained breathing apparatus (SCBA) สวมเครื่องช่วยหายใจแบบอัดอากาศ และเริ่มฉีดน้ำจากระยะห่างอย่างน้อย 6 เมตร และสามารถใช้รูปแบบหมอกเพื่อดับไฟได้อย่างปลอดภัยจากระยะ 1.5 เมตร

- ตรวจสอบความเสียหาย หลังจากการดับไฟแผงโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่ นักดับเพลิงต้องใช้ความระมัดระวังในระหว่างการเข้าเคียร์พื้นที่ เนื่องจากความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นทั้งกับแผงโซลาร์เซลล์ สายไฟ สายเคเบิลที่เดินผ่านท่อไปยังตัวควบคุมการชาร์จหรืออินเวอร์เตอร์ ควรได้รับการตรวจสอบโดยช่างไฟฟ้าที่มีใบอนุญาต จนกว่าจะเสร็จสิ้น นักดับเพลิงจะต้องไม่สัมผัสส่วนประกอบใด ๆ ของระบบ สำหรับแบตเตอรี่ นักดับเพลิงจะต้องสวมชุด Personal protective equipment (PPE) อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล และ Self contained breathing apparatus (SCBA) สวมเครื่องช่วยหายใจแบบอัดอากาศ เมื่อเข้าใกล้แบตเตอรี่และไม่ควรสัมผัสแบตเตอรี่

เพื่อให้มั่นใจได้ว่าหากเกิดสถานการณ์ฉุกเฉิน เกิดเหตุแผงโซล่าเซลล์ไฟไหม้ขึ้นมาโดยไม่มีใครคาดคิด จะสามารถยับยั้งไม่ให้ไฟลุกลามสร้างความเสียหายอย่างรวดเร็ว ผู้มีหน้าที่ดูแลใกล้ชิด ไม่ว่าจะเป็นวิศวกรอาคาร ช่าง หรือ เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย จำเป็นต้องเรียนรู้และทำความเข้าใจ มีแผนเผชิญเหตุที่สอดคล้องเหมาะสม ที่จะสามารถนำมาใช้งานได้กับสถานที่นั้น ๆ และทุกคนเข้าใจบทบาทหน้าที่ สามารถดำเนินการต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว ว่องไว การเรียนรู้ ทำความเข้าใจในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุ การป้องกัน และแก้ไข การเกิดเหตุแผงโซล่าเซลล์ไฟไหม้ จะทำให้เรื่องร้ายกลายเป็นเบา และปิดโอกาสความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์แผงโซล่าเซลล์ไฟไหม้เหล่านั้นไปได้

5.8.3 ประเภทของเชื้อเพลิงและถังดับเพลิง

ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์หรือป้ายสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ป้องกันการเกิดเหตุเพลิงไหม้ ซึ่งประเภทของเชื้อเพลิงและถังดับเพลิงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ประเภทของเชื้อเพลิงและถังดับเพลิง

ประเภทถังดับเพลิง / ประเภทเชื้อเพลิง	ผงเคมีแห้ง (Dry Chemical)	น้ำยาเหลวระเหย (Halotron)	คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	โฟม (Foam)	เคมีสูตรน้ำ (Water Chemical)
ประเภท A ของแข็ง เช่น ไม้ กระดาษ ผ้า พลาสติก ปอ นุ่น ยาง สามารถดับได้ด้วยน้ำเปล่า	✓	✓	✗	✓	✓
ประเภท B ของเหลวติดไฟ เช่น น้ำมัน ทินเนอร์ ก๊าซติดไฟ เป็นต้น ดับด้วยวิธีกำจัดออกซิเจน	✓	✓	✓	✓	✓
ประเภท C อุปกรณ์ที่มีไฟฟ้าไหลอยู่ เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้า ไฟฟ้าลัดวงจร เป็นต้น ตัดระบบไฟฟ้าก่อนทำการดับไฟ	✓	✓	✓	✗	✓
ประเภท D โลหะที่ติดไฟได้ เช่น ปุ๋ยยูเรีย อะลูมิเนียม แมกนีเซียม เป็นต้น ห้ามใช้น้ำดับเด็ดขาด เพราะจะทำให้ระเบิด	✗	✗	✗	✗	✗
ประเภท K น้ำมันที่ใช้ในการทำอาหาร เช่น น้ำมันพืช น้ำมันหมู เป็นต้น	✗	✗	✗	✓	✓

ผงดับไฟประเภท D ทั่วไปมี 2 ประเภท ได้แก่ 1. Sodium Chloride เป็นพื้นฐาน และ 2. Special Graphite หรือ Copper ตัวอย่างเช่น MET-L-X POWDER (Sodium Chloride), Amerex 30 lbs Class D Copper Powder, Ansul Lith-X Class D เป็นต้น

ควรเลือกใช้ถังดับเพลิงให้เหมาะสมกับประเภทของเชื้อเพลิง หากใช้ถังดับเพลิงที่มีสารดับเพลิงไม่เหมาะสม อาจจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของผู้ใช้งานได้ เช่น CO_2 ควรใช้งานในพื้นที่ระบายได้ดี เนื่องจากต้องระบายก๊าซ CO_2 ออกไปให้เร็วที่สุด ป้องกันการสูดดมเข้าสู่ร่างกายมากเกินไป

ประเภทของไฟและสัญลักษณ์ประเภทของไฟ มีรายละเอียดดังนี้

- ไฟประเภท A สัญลักษณ์ ตัวอักษร A อยู่ในรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า พื้นสีเขียว ตัวอักษรสีขาว สัญลักษณ์ที่เป็นรูปภาพ จะเป็นรูปถังขยะ และท่อนไม้ที่ติดไฟ เป็นไฟที่เกิดจากเชื้อเพลิง ไม้ กระดาษ ผ้า ยาง และพลาสติก เครื่องดับเพลิงที่เหมาะสำหรับใช้ในการดับไฟ คือ เครื่องดับเพลิงชนิดน้ำสะสมแรงดัน เครื่องดับเพลิงชนิดโฟมสะสมแรงดัน เครื่องดับเพลิงชนิดผงเคมีแห้ง ABC เครื่องดับเพลิงชนิดก๊าซเหลวระเหย ที่ไม่ทำลายมลภาวะ

- ไฟประเภท B สัญลักษณ์ ตัวอักษร B อยู่ในรูปสี่เหลี่ยมด้านเท่า พื้นสีแดง ตัวอักษรสีขาว สัญลักษณ์ที่เป็นรูปภาพ จะเป็นรูปถังใส่น้ำมันที่ติดไฟ เป็นไฟที่เกิดจากเชื้อเพลิงเหลวติดไฟ น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล สี สารละลาย เครื่องดับเพลิงที่เหมาะสำหรับใช้ดับไฟ คือ เครื่องดับเพลิงชนิดโฟมสะสมแรงดัน เครื่องดับเพลิงชนิดผงเคมีแห้ง ABC เครื่องดับเพลิงชนิดคาร์บอนไดออกไซด์ เครื่องดับเพลิงชนิดก๊าซเหลวระเหย ที่ไม่ทำลายมลภาวะ

- ไฟประเภท C สัญลักษณ์ ตัวอักษร C อยู่ในรูปวงกลม พื้นสีฟ้า ตัวอักษรสีขาว สัญลักษณ์ที่เป็นรูปภาพ จะเป็นรูปปลั๊กไฟที่ลุกติดไฟ เป็นไฟที่เกิดจากเชื้อเพลิงที่มีกระแสไฟฟ้า เครื่องดับเพลิงที่เหมาะสำหรับดับไฟ คือ เครื่องดับเพลิงชนิดผงเคมีแห้ง ABC เครื่องดับเพลิงชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เครื่องดับเพลิงชนิดก๊าซเหลวงระเหย ที่ไม่ทำลายมลภาวะ

- ไฟประเภท D สัญลักษณ์ ตัวอักษร D อยู่ในรูปดาวห้าแฉก พื้นสีเหลือง ตัวอักษรสีดำ สัญลักษณ์ที่เป็นรูปภาพ จะเป็นรูปเฟืองโลหะติดไฟ เป็นไฟที่เกิดจากเชื้อเพลิงที่เป็นโลหะลุกติดไฟ เครื่องดับเพลิงที่เหมาะสำหรับไฟ คือ เครื่องดับเพลิงชนิดผงเคมีโซเดียมคลอไรด์

- ไฟประเภท K สัญลักษณ์ ตัวอักษร K อยู่ในรูปหกเหลี่ยมด้านเท่า พื้นสีดำ ตัวอักษรสีขาว สัญลักษณ์ที่เป็นรูปภาพ จะเป็นรูปกระทะทำอาหารที่ลุกติดไฟ เป็นไฟฟ้าที่เกิดจากเชื้อเพลิงน้ำมันทำอาหาร น้ำมันพืช น้ำมันจากสัตว์ และไขมัน เครื่องดับเพลิงที่เหมาะสำหรับดับไฟ คือ เครื่องดับเพลิงชนิดน้ำผสมสารโปตัสเซียมอะซิเตท

การใช้เครื่องดับเพลิง มีขั้นตอนการปฏิบัติ ดังรูปที่ 5.21

รูปที่ 5.21 ขั้นตอนการใช้เครื่องดับเพลิง

(ที่มาของรูป : https://www.imperial.co.th/knowledges/วิธีการใช้เครื่องดับเพลิง-2)

บทที่ 6
ความคุ้มค่าการลงทุน เศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

ความสำเร็จของการพัฒนาโครงการพลังงานในเชิงพาณิชย์ จะเกิดขึ้นได้เมื่อการลงทุนพัฒนาโครงการนั้น มีผลตอบแทนต่อการลงทุนในอัตราที่สูงเพียงพอที่จะสร้างแรงจูงใจแก่นักลงทุน ตลอดจนสร้างความเชื่อมั่นแก่สถาบันการเงินในการให้การสนับสนุนด้านสินเชื่อ ดังนั้น ในขั้นตอนนี้จึงจะเป็นการนำประเด็นสำคัญต่าง ๆ ในด้านการเงินและการลงทุนมาสรุปเบื้องต้นอย่างง่าย ๆ ไว้เพื่อให้นักลงทุนที่ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญด้านการเงินได้ทราบและนำมาพิจารณาประกอบการตัดสินใจลงทุน

6.1 ปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการวิเคราะห์ความเหมาะสมการลงทุนที่ถูกต้อง มีดังนี้ [28]

รายจ่าย (Cost) ประกอบด้วย ต้นทุนการลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

- ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) ได้แก่ เงินที่ใช้ลงทุนในการพัฒนาโครงการ เช่น การซื้อที่ดิน แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ฯลฯ ตลอดจนค่าติดตั้ง ดำเนินการทดสอบ การดำเนินการพัฒนาโครงการ

- ต้นทุนผันแปร (Variable cost) ได้แก่ ค่าดำเนินการในการเดินระบบหลังจากการพัฒนาโครงการแล้วเสร็จ เช่น ค่าจ้างพนักงาน ค่าซ่อมแซม ดอกเบี้ยเงินกู้ ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ภาษี ฯลฯ แต่ละเทคโนโลยีจะมีค่าใช้จ่ายเหล่านี้ไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีและขนาดของระบบ และมาตรการส่งเสริมการลงทุนของรัฐ

ต้นทุนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญต่าง ๆ ได้แก่ ขนาดระบบ ประเภทระบบ ผู้ผลิต คุณภาพอุปกรณ์ที่ใช้ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปจะมีต้นทุนการติดตั้งประมาณ 30,000 - 35,000 บาท/กิโลวัตต์สูงสุด (โดยแบ่งเป็น ค่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 40% ค่าอินเวอร์เตอร์ ประมาณ 15% และส่วนประกอบของระบบและค่าติดตั้งอีก 45%) ทั้งนี้เพื่อความถูกต้องควรทำการตรวจสอบราคาจาก

ตัวแทนหรือผู้จำหน่ายแผงรับรังสี แต่ต้นทุนที่ได้ไม่ควรน้อยกว่าหรือมากกว่า 30% ของต้นทุนที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น

ประโยชน์หรือรายรับ (Benefit) รายรับที่ได้จากโครงการ แยกเป็น 2 รูปแบบ คือ ประโยชน์โดยตรงทางการเงิน อันได้แก่ รายได้จากการขายพลังงานในกรณีที่ขายให้แก่ภายนอก หรือการลดค่าใช้จ่ายพลังงานที่ใช้อยู่เดิม การขายวัสดุที่เหลือจากการผลิตพลังงาน รายได้จากคาร์บอนเครดิตกับประโยชน์ทางอ้อมที่มิใช่เป็นเม็ดเงินโดยตรง แต่สามารถประเมินเป็นรูปเงินได้ เช่น การลดการกำจัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ฯลฯ ซึ่งในการประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ จะใช้ประโยชน์ที่เกิดจากทั้งทางตรงและทางอ้อม ผู้ประกอบการจะต้องหาข้อมูลให้ถูกต้องและถี่ถ้วนถึงราคาพลังงานที่จะขายได้ หรือสามารถทดแทนได้ตลอดจนมาตรการสนับสนุนของรัฐที่มีผลต่อรายรับในด้านราคาของพลังงานที่ขาย เช่น Feed in tariff ระยะเวลาที่ให้การสนับสนุน เพื่อนำมาใช้ประเมินผลตอบแทนโครงการ

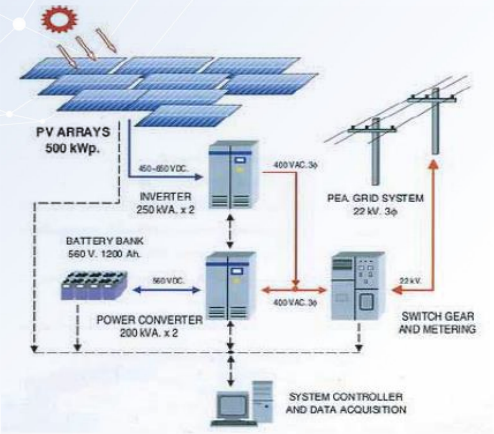
ข้อเสนอแนะ ข้อมูลข้างต้นเป็นการให้ความรู้พื้นฐานเบื้องต้นแก่ผู้ประกอบการเพื่อความเข้าใจและนำไปใช้ประกอบการพิจารณาประเมินผลเบื้องต้น แต่แนะนำว่าหากจะได้ผลอย่างสมบูรณ์ ที่ให้ความเชื่อมั่นอย่างแท้จริงแก่ผู้ประกอบการและสถาบันการเงิน ควรให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการเงินเป็นผู้ดำเนินการวิเคราะห์

6.2 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ [29]

การพิจารณาและตัดสินใจในการหาพื้นที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสม จะต้องพิจารณาถึงศักยภาพความเข้มรังสีรวม พื้นที่ ระยะห่างของสายส่ง ปริมาณไฟฟ้าที่สายส่งรับได้ เพื่อลดปัญหาและอุปสรรคที่จะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของต้นทุนการผลิตได้ โดยไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง และสามารถผลิตได้ในช่วงเวลากลางวันในขณะที่มีแสงอาทิตย์เท่านั้น ถ้าหากต้องการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ จะต้องมีอุปกรณ์แปลงจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ (Inverter) และหากต้องการจ่ายกระแสไฟฟ้าในช่วงกลางคืนด้วย จำเป็นจะต้องใช้แบตเตอรี่เก็บสะสม

ไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวันเพื่อจ่ายในช่วงเวลากลางคืนอีกด้วย โดยสามารถแบ่งประเภทของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดังนี้

6.2.1 โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system) เป็นระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นอุปกรณ์ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าและจ่ายไฟฟ้าที่ได้เชื่อมโยงเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ



รูปที่ 6.1 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย

แนวทางการศึกษาความเป็นไปได้ของการจัดทำโครงการโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายแบบติดตั้งบนพื้นดิน (Solar farm) มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ (Feasibility study)

- สำรวจหาพื้นที่ตั้งโครงการเบื้องต้น ที่มีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ โดยพิจารณาจากข้อมูลแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์

- สำรวจพื้นที่ตั้งโครงการโดยละเอียด โดยการเก็บข้อมูลโดยลงพื้นที่จริง เพื่อประเมินศักยภาพ สภาพแวดล้อมโดยรอบพื้นที่

- สำรวจสถานที่ก่อสร้าง จัดทำแผนผังโรงไฟฟ้า โดยผู้ลงทุนจัดหาสถานที่ก่อสร้างที่มีความยั่งยืน ประหยัดค่าใช้จ่าย และให้ผลตอบแทนสูงสุด เช่น สถานที่ตั้งต้องอยู่ในที่โล่งแจ้ง ไม่มีร่มเงา เพื่อให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงอย่างเต็มที่ ไม่มีสิ่งกีดขวางแสงอาทิตย์ เช่น ภูเขา ต้นไม้ใหญ่ อาคารเป็นพื้นที่ที่ได้รับรังสีแสงอาทิตย์ โดยควรได้รับความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดทั้งปีไม่ต่ำกว่า 18 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน

หมายเหตุ สามารถจัดแบ่งพื้นที่ศักยภาพเพื่อการลงทุนผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับประเทศไทย ออกได้เป็น 3 กลุ่ม

พื้นที่ที่มีศักยภาพสูง ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดทั้งปีไม่ต่ำกว่า 19-20 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน หรือ 5.28-5.65 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน

พื้นที่ที่มีศักยภาพปานกลาง ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดทั้งปีไม่ต่ำกว่า 18-19 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน หรือ 5-5.28 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน

พื้นที่ที่มีศักยภาพต่ำ ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดทั้งปีต่ำกว่า 18 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน หรือต่ำกว่า 5 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน

- เป็นที่ราบ ไม่ต้องถมหรือต้องปรับพื้นที่มากนัก ไม่ต้องโค่นต้นไม้ขนาดใหญ่หากเป็นที่ลาด ควรลาดลงไปทางทิศใต้ ไม่มีน้ำท่วมขัง ไม่เป็นที่น้ำไหลผ่านในฤดูน้ำหลากหรือหากเป็นพื้นที่ที่น้ำท่วมถึง ควรมีการปรับแต่งพื้นที่หรือติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ให้สูงพ้นระดับน้ำ

- อยู่ใกล้กับระบบสายจำหน่ายมากที่สุด เช่น 50 เมตร – 1 กิโลเมตร เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการเดินระบบสายส่ง รวมทั้งลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าด้วย

- เป็นพื้นที่ที่ไม่มีความขัดแย้งของการใช้ที่ดิน หากเช่าต้องมีสัญญาเช่าระยะยาว

ในการจัดตั้ง Solar farm จะมีการใช้พื้นที่จำนวนมาก สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 เมกะวัตต์ ปริมาณการใช้พื้นที่จะอยู่ระหว่าง 8-10 ไร่ สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึก (Crystalline PV) และ 16-20 ไร่ สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส (Amorphous PV) นอกจากนั้น องศามุมที่วางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ก็มีความสำคัญโดยต้องวางให้แผง

ได้รับแสงอาทิตย์ในแต่ละวันนานที่สุด และควรเป็นมุมที่รังสีแสงอาทิตย์ตกกระทบตั้งฉากกับแผง

- ออกแบบเบื้องต้นออกแบบรายละเอียดจัดทำรายการต้นทุนการผลิตไฟฟ้า
- เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถจำแนกเป็น 2 แบบ คือ

1) เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมในประเทศไทยมากเนื่องจากราคาต้นทุนที่ยังต่ำ กว่าเมื่อเทียบกับระบบรวมแสงอาทิตย์ (CSP)

2) เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยระบบรวมแสงอาทิตย์ โดยทั่วไปเหมาะสมกับพื้นที่ที่มีเมฆน้อยและได้รับรังสีตรงมาก กล่าวคือ ได้รับพลังงานจากรังสีตรงมากกว่า 1,900 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ตารางเมตร-ปี ในขณะที่ค่าพลังงานจากรังสีตรงสูงสุดที่ประเทศไทยได้รับอยู่ที่ 1,400 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ตารางเมตร-ปี

ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยงบประมาณของการลงทุนขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ อาทิ

- กำลังการผลิตติดตั้ง
- ประเภทของเทคโนโลยี
- ยี่ห้อของเทคโนโลยี
- บริษัทเอกชนที่รับงาน
- แหล่งที่ตั้งของ Solar Farm
- ต้นทุนทางการเงิน
- เบี้ยประกันอุบัติเหตุ

ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วย ต้นทุนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ จะมีต้นทุนการติดตั้งประมาณ 60-90 บาทต่อวัตต์ (ในช่วงปี พ.ศ. 2555) และแนวโน้มต้นทุนที่ลดลงเนื่องจากเทคโนโลยีการผลิต PV Module ที่ดีขึ้น ปัจจุบันราคาแผง PV มีราคาลดลงเหลือประมาณ 0.3 ดอลลาร์สหรัฐ/วัตต์ (ราคาปี พ.ศ. 2566) ตัวอย่างราคากลางสำหรับติดตั้งโซลาร์รูฟ โครงการพัฒนาศูนย์ราชการจังหวัดระยองเป็นต้นแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน จ้างติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar rooftop) ขนาดไม่น้อยกว่า

151.9 กิโลวัตต์พีค ราคากลางในการติดตั้งระบบฯ 35,957 บาท/กิโลวัตต์สูงสุด (ข้อมูลโครงการปี พ.ศ. 2564) [30] และตัวอย่างราคากลางสำหรับติดตั้งโซลาร์ฟาร์ม โครงการ Solar farm แม่เมาะ ระยะที่ 1 กำลังการผลิต 38.5 เมกะวัตต์ ราคากลางในการติดตั้งระบบฯ 31,441 บาท/กิโลวัตต์ (ข้อมูลโครงการปี พ.ศ. 2566) [31]

- ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องและบำรุงรักษา (Operation and maintenance cost) การผลิตไฟฟ้าโดยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องและบำรุงรักษาค่อนข้างต่ำเนื่องจากอุปกรณ์ส่วนใหญ่จะอยู่กับที่ไม่มีการเคลื่อนไหว จึงมีการสึกหรอน้อย ส่วนใหญ่การซ่อมบำรุงจะตามอายุการใช้งานของอุปกรณ์ซึ่งมีอายุการใช้งานที่นาน อาทิ เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์จะมีอายุการใช้งานประมาณ 20-25 ปี ขึ้นกับการบำรุงรักษา

- ต้นทุนทางการเงิน (Cost of fund) คือ ต้นทุนในการยืมเงินจากแหล่งเงินทุนอื่น อาทิเช่น หน่วยงานของรัฐบาล ธนาคารพาณิชย์ เพื่อใช้เป็นทุนสร้างโรงงานหรือใช้เป็นเงินทุนหมุนเวียน ซึ่งต้นทุนดังกล่าวจะแปรผันตรงกับจำนวนเงินที่นำมาและผันตรงกับอัตราดอกเบี้ย ณ เวลานั้น (โดยปกติยิ่งระยะเวลากู้ยาวอัตราดอกเบี้ยจะยิ่งสูงตาม)

- ค่าประกันภัยผู้ประกอบการควรจะทำประกันภัยโรงไฟฟ้า โดยประกันภัยควรประกอบด้วย

1) All risk Insurance (รวมความเสี่ยงทั้งหมด)

2) Solar cell Insurance (ประกันแผงเซลล์แสงอาทิตย์)

3) BI (Business interruption) ประกันภัยจากการหยุดชะงักของธุรกิจ

- ความสามารถในการทำกำไรและระยะเวลาคืนทุน เพื่อที่จะพิจารณาว่าโครงการดังกล่าวคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่ และเป็นส่วนที่จะให้ความมั่นใจกับผู้สนับสนุนโครงการ (หน่วยงานรัฐบาล, ธนาคารพาณิชย์, นักลงทุน) โดยผู้ประกอบการต้องวิเคราะห์หลัก ๆ 2 ส่วน ได้แก่

<u>ส่วนแรก</u> ต้นทุนและรายจ่าย แบ่งเป็น

1) ต้นทุนในการก่อสร้าง

2) ค่าใช้จ่ายในการบริหารและซ่อมบำรุงระบบ

3) ต้นทุนทางการเงิน

<u>ส่วนที่สอง</u> รายได้จากการดำเนินกิจการ

1) รายได้จากการขายไฟ รายได้จากการขายไฟฟ้าที่ผลิตด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ประมาณได้ เช่น

(ก) ค่าไฟฟ้าฐานที่จ่ายโดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค หรือการไฟฟ้านครหลวง ค่าไฟฟ้าสูงขึ้นตามอัตราค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)

(ข) รูปแบบค่าไฟฟ้าพิเศษ Feed in tariff ที่จ่ายโดยกระทรวงพลังงาน เป็นระยะเวลาตามที่กำหนดนับจากวันที่เริ่มขายไฟฟ้า

2) รายได้อื่น ๆ อาทิ รายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต

(1) ยื่นแบบขอจำหน่ายไฟฟ้าและเอกสารที่หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง

(2) จัดหาวัสดุอุปกรณ์

(3) ก่อสร้างติดตั้งระบบจนสามารถผลิตไฟฟ้าได้

(4) เดินเครื่องโรงไฟฟ้าเก็บบันทึกข้อมูล

(5) บำรุงรักษา

6.2.2 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา สำหรับผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่าย (Solar rooftop) [32]

มีลักษณะการทำงานโดยการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์อยู่บนหลังคาบ้าน ซึ่งในเวลากลางวันแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นจะไหลไปสู่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Grid- connected type inverter) ซึ่งติดตั้งอยู่ภายในบ้าน เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC, 220 โวลท์ความถี่ 50 เฮิรตซ์) ไฟฟ้ากระแสสลับที่ผลิตได้จะไหลไปสู่มิเตอร์ขายไฟฟ้า (kilowatt meter selling meter) ที่ติดตั้งอยู่ที่เสาไฟฟ้าหน้าบ้านอย่างอัตโนมัติ และในเวลากลางคืนเมื่อไม่มีแสงอาทิตย์ จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ในขณะเดียวกันก็จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลย้อนจากเสาไฟฟ้าเข้ามาสู่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ กระแสไฟฟ้าสลับของการไฟฟ้าจะหยุดค้างอยู่ที่เครื่อง

แปลงกระแสไฟฟ้า ไม่สามารถไหลไปแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ ต่อมาในวันรุ่งขึ้นเมื่อมีแสงอาทิตย์เพียงพอแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะเริ่มผลิตพลังงานไฟฟ้าอีกครั้ง และระบบก็จะเริ่มทำงานเองโดยอัตโนมัติ ดังนั้น ระบบฯนี้ได้รับการออกแบบโดยกำหนดให้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่ถูกใช้เองภายในบ้าน แต่ไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้จะไหลขึ้นไปสู่เสาไฟฟ้าหน้าบ้าน

แนวทางการศึกษาความเป็นไปได้ของการจัดทำโครงการโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบต่อเข้ากับระบบจำหน่าย มีลำดับขั้นตอน ดังนี้

1) สำรวจศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ โดยพิจารณาจากข้อมูลแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์

2) พิจารณาลักษณะของหลังคาบ้านและตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องติดตั้งบนหลังคาบ้าน ตำแหน่งที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องเป็นตำแหน่งที่สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดีตลอดทั้งวัน ตลอดทั้งปี ต้องไม่มีสิ่งปลูกสร้างหรือสิ่งของอื่นใดมาบังแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน (เช่น ต้นไม้ สิ่งปลูกสร้างอื่น ๆ ภูเขา เสาอากาศ จานดาวเทียม ฯลฯ) ไม่ควรเป็นสถานที่ที่มีฝุ่นหรือไอระเหยของน้ำมันมากเกินไป

- การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยที่ได้มาตรฐานโดยทั่วไปจะติดตั้งให้ด้านหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์หันไปทางทิศใต้และแผงเซลล์เอียงเป็นมุมประมาณ 10-20 องศา กับพื้นโลก

- ชนิดของหลังคาบ้านที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ มีทั้งชนิดหลังคาหน้าจั่ว หลังคาดาดฟ้า พื้นคอนกรีต หลังคากระเบื้อง หลังคาเมทัลชีต และหลังคาไม้

3) ความสามารถในการทำกำไรและระยะเวลาคืนทุน แบ่งออกเป็น

- ส่วนแรก ต้นทุนและรายจ่าย แบ่งเป็น

1) ต้นทุนในการก่อสร้าง

2) ค่าใช้จ่ายในการบริหารและซ่อมบำรุงระบบ

- ส่วนที่สอง รายได้จากการดำเนินกิจการ คือ รายได้จากการขายไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

4) ยื่นแบบขอจำหน่ายไฟฟ้าและเอกสารที่หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง

การลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา จะต้องขออนุญาตจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการที่จะก่อสร้างระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์และขายไฟฟ้านั้น ต้องปฏิบัติตามกฎหมาย และระเบียบของหน่วยงานต่าง ๆ ซึ่งสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่เว็บไซต์ของสำนักงานกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) http://www.erc.or.th/

6.2.3 ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand alone system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ แนวทางการคัดเลือกระบบเซลล์แสงอาทิตย์ จะต้องเลือกระบบตามวัตถุประสงค์การใช้งาน จากนั้นจึงหาค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้อง แล้วจึงเลือกส่วนประกอบที่เหมาะสม ซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังนี้

หาค่ากำลังวัตต์สูงสุดที่ต้องการออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยประมาณการคำนวณมาจากภาระงาน กำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ทุก ๆ ชนิด รวมกัน หรือปริมาณที่ต้องการเชื่อมต่อกับสายส่ง เพื่อให้ได้เป็นกำลังวัตต์ชั่วโมงใช้งานต่อวัน (Wh/d) หาค่าเป็นกำลังวัตต์ต่อวัน (W/d) เพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้หาค่าอื่น ๆ ต่อไป เช่น อินเวอร์เตอร์ แบตเตอรี่ ตลอดจนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ หรือหาค่ากำลังวัตต์ต่อเดือน (W/m^2) ในกรณีต้องการหาค่าใช้จ่ายพลังงานต่อเดือนเพื่อเปรียบเทียบราคาต่อหน่วยกับระบบไฟฟ้าจากสายส่งของการไฟฟ้า ในการหาค่ากำลังวัตต์สูงสุดนี้ต้องเป็นระบบไฟฟ้าชนิดเดียวกัน การออกแบบระบบไฟฟ้าใช้งานสามารถเลือกระบบได้ 2 แบบ คือ

- การเลือกใช้ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 12 โวลท์ ซึ่งมีอุปกรณ์ใช้งานได้มาก แต่ก็อาจจะออกแบบให้ใช้ในระดับแรงเคลื่อนไฟฟ้าตามต้องการได้ เช่น ขนาด 24 โวลท์ หรือ 48 โวลท์ ก็ได้

- การใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ ประเทศไทยใช้ระดับแรงเคลื่อนไฟฟ้ามาตรฐาน 220 โวลท์ความถี่ 50 เฮิรตซ์ ซึ่งมีความเหมาะสมและสะดวก สามารถหาอุปกรณ์สนับสนุนได้ง่าย หรือสามารถใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่ว ๆ ไปได้

6.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน [34]

โดยทั่วไปผลตอบแทนการลงทุนมี 2 รูปแบบ คือ ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ และผลตอบแทนทางการเงิน ซึ่งโดยทั่วไปภาคเอกชนจะใช้เกณฑ์ผลการตอบแทนด้านการเงินเป็นหลักในการตัดสินใจลงทุน เนื่องจากเป็นการประกอบธุรกิจเชิงพาณิชย์ ส่วนภาครัฐจะใช้ทั้งผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์และการเงินประกอบกัน เนื่องจากบางโครงการที่รัฐลงทุน ผลตอบแทนทางการเงินอาจไม่สูงในระดับจูงใจ แต่ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการที่นำเอาผลประโยชน์ทางอ้อมที่มิใช่เป็นเม็ดเงินโดยตรงมาประเมินร่วมด้วย จะทำให้โครงการนั้นมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนตามพันธกิจของภาครัฐที่มิใช่เชิงพาณิชย์ โดยที่ผู้ลงทุนพัฒนาอาจเป็นไปได้ทั้งภาคเอกชนที่มุ่งหวังผลประโยชน์เชิงพาณิชย์ และภาครัฐหรือหน่วยงานที่ไม่แสวงหาผลกำไร ดังนั้น จึงจะนำเสนอทั้ง 2 รูปแบบ เพื่อให้เห็นภาพทั้งหมด

การวิเคราะห์ด้านการเงินและการลงทุนของโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการวิเคราะห์หาผลตอบแทนด้านการเงินและเศรษฐศาสตร์ โดยการวิเคราะห์ต้นทุนผลได้ (Cost-Benefit analysis) เพื่อทำการเปรียบเทียบผลประโยชน์ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าหรือความร้อนจากแสงอาทิตย์กับต้นทุนของเงินลงทุนที่นำไปใช้ในการติดตั้งระบบนี้ การศึกษาและประเมินผลตอบแทนทางการเงินและการลงทุน มีพารามิเตอร์หลักที่นิยมใช้ในการประเมินความเหมาะสมของโครงการด้านการลงทุน ดังนี้

6.3.1 ระยะเวลาการคืนทุน (Payback period)

คือ ระยะเวลาที่รายได้หลังจากหักค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสามารถนำไปชำระเงินที่ใช้ลงทุนในการพัฒนาโครงการได้ครบถ้วน โดยส่วนใหญ่ใช้นับเป็นจำนวนปี โครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นจะเป็นโครงการที่ดีกว่าโครงการที่มีระยะคืนทุนยาว โดยทฤษฎี ระยะเวลาคืนทุนจะต้องไม่นานกว่าอายุการใช้งานของโครงการ แต่ในภาคปฏิบัติระยะเวลาคืนทุนของโครงการขนาดใหญ่จะยอมรับกันที่ 7-10 ปี

$$Paybackperiod = \frac{TIC}{NCF} \quad (ปี) \qquad 6.1$$

เมื่อ TIC คือ เงินลงทุนทั้งหมด (บาท)

NCF คือ ผลตอบแทนสุทธิต่อปี (บาท/ปี)

ตัวอย่างที่ 6.1 โครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ข. ใช้เงินลงทุนครั้งแรก 600,000 บาท โดยคาดว่าจะได้รับกระแสเงินสดสุทธิจากการดำเนินงานปีละ 100,000 บาท เป็นเวลา 25 ปี จงหาระยะเวลาคืนทุน

$$PB = \frac{600{,}000}{100{,}000} = 6 \text{ ปี}$$

ข้อดี-ข้อจำกัดของวิธีหาระยะเวลาคืนทุน

ข้อดี

1. คำนวณได้ง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน

2. ทำให้ทราบสภาพคล่องของโครงการ โดยโครงการที่คืนทุนเร็วย่อมมีสภาพคล่องสูงกว่า

3. เป็นตัววัดความเสี่ยงของโครงการได้ โดยโครงการที่คืนทุนเร็วย่อมมีความเสี่ยงน้อยกว่า

ข้อจำกัด

1. ไม่ได้คำนึงถึงกระแสเงินสดภายหลังจากการคืนทุนแล้ว

2. ไม่ได้คำนึงถึงค่าของเงินในระยะเวลาที่ต่างกัน (กรณี simple payback period)

3. ไม่คำนึงถึงความเสี่ยงของกระแสเงินสดที่จะได้รับในอนาคต

4. ไม่มีเกณฑ์การตัดสินใจที่บ่งชี้ให้เห็นว่าการลงทุนนั้น ๆ มีส่วนเพิ่มมูลค่าของกิจการอย่างไร (ได้กำไรเท่าไหร่ กี่เปอร์เซนต์)

6.3.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value, NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ คือ มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดของโครงการ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการทำส่วนลดกระแสผลตอบแทนสุทธิตลอดอายุโครงการให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน ซึ่งการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิคือ หากค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ ≥0 แสดงว่าเป็นโครงการที่สมควรจะดำเนินการ เนื่องจากมีผลการตอบแทนเมื่อเปรียบเทียบกับ ณ ปัจจุบันมากกว่าค่าใช้จ่ายแต่ในทางตรงกันข้าม หากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าน้อยกว่าศูนย์ แสดงว่าเป็นโครงการที่ไม่น่าลงทุน เนื่องจากมีผลตอบแทนเมื่อเทียบกับ ณ ปัจจุบัน น้อยกว่าค่าใช้จ่าย

$$NPV = \sum_{n=1}^{N} \frac{NCF_n}{(1+i)^n} - TIC \qquad \text{(บาท)} \qquad 6.2$$

เมื่อ TIC คือ เงินลงทุนทั้งหมด (บาท)

NCF_n คือ กระแสเงินสดสุทธิในปีที่ n (บาท/ปี)

i คือ อัตราส่วนลด (Discount rate)

n คือ อายุการใช้งาน (ปี)

สูตรที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณต้นทุนและมูลค่าเงิน

มูลค่าปัจจุบัน Present Value

$$FV_n = PV(1+i)^n$$

$$PV = \frac{FV^n}{(1+i)n}$$

เมื่อ FV_n คือ มูลค่าในอนาคต, บาท

PV คือ มูลค่าในปัจจุบัน, บาท

n คือ ปีที่คิดมูลค่าเงินในอนาคต, ปี

i คือ อัตราดอกเบี้ย

ตัวอย่างที่ 6.2 ค่าปัจจุบันของเงิน 110 บาท ที่จะได้รับใน 1 ปีข้างหน้า ถ้าอัตราดอกเบี้ยเป็น 10%

$$PV = \frac{110}{(1+0.10)^1} = 100 \text{ บาท}$$

ตัวอย่างที่ 6.3 โครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ก. ใช้เงินลงทุนครั้งแรก 100,000 บาท โดยคาดว่าจะได้รับกระแสเงินสดสุทธิ (NCF) จากการดำเนินงานในแต่ละปีดังนี้

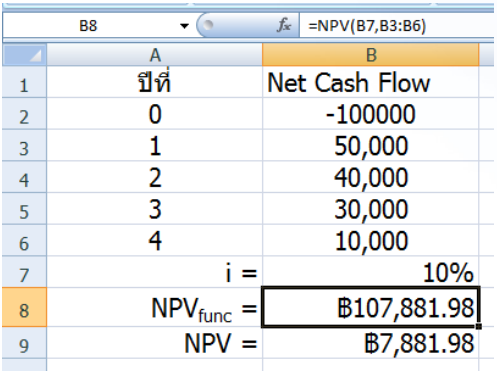
ปีที่ 0	-100,000 บาท
1	50,000 บาท
2	40,000 บาท
3	30,000 บาท
4	10,000 บาท

ถ้าบริษัทมีอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ต้องการเท่ากับ 10% สามารถคำนวณหาค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ได้ดังนี้

ปีที่	NCF	i,10%	PVNCF
1	50,000	0.9091	45,455
2	40,000	0.8264	33,056
3	30,000	0.7513	22,539
ปีที่	NCF	i,10%	PVNCF
4	10,000	0.6830	6,830
	ผลรวม PVNCF		107,880
	หัก เงินลงทุน (I)		100,000
	NPV		7,880

ดังนั้น การลงทุนในโครงการนี้มีความน่าสนใจ เนื่องจากโครงการนี้ให้ผลตอบแทนมากกว่า 10 % ซึ่งสังเกตได้จาก NPV>0

ในการคำนวณหา NPV นั้น หากอายุของโครงการหลายปีจะต้องแปลงค่าเงินในแต่ละปีให้เป็นค่าปัจจุบันทั้งหมด ซึ่งอาจทำให้เสียเวลาในการคำนวณค่อนข้างมาก ดังนั้น วิธีที่จะช่วยให้การคำนวณง่ายและประหยัดเวลาขึ้น คือการใช้โปรแกรมช่วยคำนวณ เช่น MS Excel เป็นต้น ซึ่งมีฟังก์ชัน ช่วยในการคำนวณหา NPV อยู่แล้ว ซึ่งขั้นตอนการใช้งานมีดังนี้



คำสั่งที่ใช้ในการคำนวณคือ = NPV(rate,value1, value2.....)

ในตัวอย่างนี้ rate คือ อัตราลดค่า 10% (แสดงในตำแหน่งเซลล์ B7)

และ Value1 คือ กระแสเงินสดปีที่ 1-4 (แสดงในตำแหน่งเซลล์ B3:B6)

ดังนั้นหาผลรวมของกระเงินสดปีที่ 1-4 ที่ลดค่าแล้วได้จากคำสั่ง = NPV(B7,B3:B6)

หลังจากได้คำตอบแล้วให้นำมาลบกับเงินลงทุนเริ่มต้นในปีที่ 0 จะได้ค่า NPV ที่แท้จริง

ฟังก์ชั่น NPV ใน Excel เป็นการ ย้าย Cash flow สุทธิในอนาคตทุกตัวกลับมาที่ปัจจุบัน แต่ยังไม่ได้หาค่าสุทธิกับ Cash flow ที่อยู่ Period ที่ 0 ให้

ทั้งนี้มีข้อควรระวัง 2 ข้อ คือ

1. ปีไหนไม่มี Cash flow จะต้องใส่เลข 0 ลงไปด้วย ห้ามปล่อยเป็นค่าว่าง เพราะจะทำให้ค่าที่ได้ผิด

2. วิธีการ input ค่าของฟังก์ชั่น NPV จะต้องเริ่มลากจาก Period ที่ 1 เป็นต้นไป ห้ามลากตั้งแต่ Period ที่ 0

ข้อดี-ข้อจำกัดของวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ

<u>ข้อดี</u>

1. รู้สึกถึงมูลค่าของกิจการที่เพิ่มขึ้นจากการลงทุน
2. พิจารณากระแสเงินสดที่เกี่ยวข้องตลอดทั้งโครงการ
3. พิจารณาค่าเงินในเวลาที่ต่างกัน
4. พิจารณาความเสี่ยงของกระแสเงินสดในอนาคต

<u>ข้อจำกัด</u>

1. ต้องประมาณการอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ต้องการเพื่อใช้ในการคำนวณ
2. แสดงออกมาเป็นจำนวนเงินซึ่งอาจจะเข้าใจได้ยากกว่าแสดงออกมาเป็นอัตราร้อยละ

3. เป็นการสมมติให้กระแสเงินสดสุทธิที่ได้รับในแต่ละปีนำไปลงทุนต่อโดยได้รับอัตราผลตอบแทนเท่ากับอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ต้องการ ซึ่งคงที่ตลอดอายุโครงการ ซึ่งความจริงอาจไม่เป็นเช่นนั้น

6.3.3 อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal rate of return, IRR)

อัตราผลตอบแทนของโครงการ คือ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่ทำให้ค่า NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งหากว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ณ สถานการณ์ปัจจุบันสูงกว่าค่าอัตราผลตอบแทนของโครงการที่คำนวณได้ ก็ไม่สมควรที่จะลงทุนโครงการดังกล่าว ในทางตรงกันข้าม หากอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ณ สถานการณ์ปัจจุบันยิ่งต่ำกว่าค่าอัตราผลตอบแทนของโครงการที่คำนวณได้มากเท่าไร ก็แสดงว่าเป็นโครงการที่ให้ผลตอบแทนมากขึ้นตามลำดับ

$$NPV = \sum_{n=1}^{N} \frac{NCF_n}{(1+i^*)^n} - TIC = 0 \qquad 6.3$$

เมื่อ i^* คือ อัตราผลตอบแทนภายใน IRR (%)

TIC คือ เงินลงทุนทั้งหมด (บาท)

NCF_n คือ กระแสเงินสดสุทธิในปีที่ n (บาท/ปี)

n คือ อายุการใช้งาน (ปี)

ตัวอย่างที่ 6.4 จากโครงการ ก. ถ้าบริษัทมีอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ต้องการเท่ากับ 10% สามารถคำนวณหาอัตราผลตอบแทนจากโครงการ (IRR) ได้ดังนี้

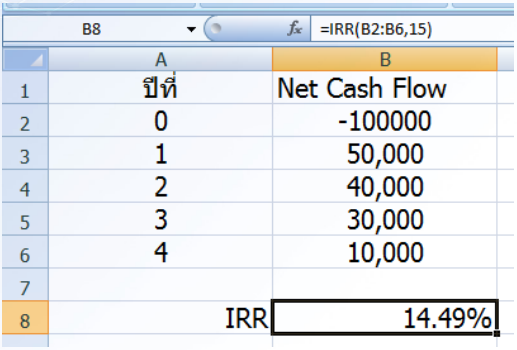
ปีที่	NCF	PVIF,14%	PVNCF
1	50,000	0.8772	43,860
2	40,000	0.7695	30,780
3	30,000	0.6750	20,250
4	10,000	0.5921	5,921
	ผลรวม PVNCF,14%		100,811

ผลรวม PVNCF,15% 99,167

อัตราผลตอบแทนจากโครงการ (IRR) อยู่ระหว่าง 14 – 15 %

ดังนั้น ควรลงทุนในโครงการนี้ เนื่องจากโครงการนี้ให้ผลตอบแทนมากกว่าอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ต้องการ (i*>i)

ในการคำนวณหา IRR นั้น จำเป็นต้องทำการลองผิดลองถูก (Trial and error) และการประมาณค่าในช่วง (interpolate) ซึ่งอาจทำให้เสียเวลาในการคำนวณค่อนข้างมาก ดังนั้น วิธีที่จะช่วยให้การคำนวณง่ายและประหยัดเวลาขึ้น คือการใช้โปรแกรมช่วยคำนวณ เช่น MS Excel เป็นต้น ซึ่งมีฟังก์ชัน ช่วยในการคำนวณหา IRR อยู่แล้ว ซึ่งขั้นตอนการใช้งานมีดังนี้



	A	B
1	ปีที่	Net Cash Flow
2	0	-100000
3	1	50,000
4	2	40,000
5	3	30,000
6	4	10,000
7		
8	IRR	14.49%

คำสั่งที่ใช้ในการคำนวณคือ = IRR(Vulues,[Guess])

ในตัวอย่างนี้ Guess คือ ค่าที่เราใช้ในการเดาซึ่งเป็นเลขอะไรก็ได้ (ในที่นี้ใส่เลข 15)

และ Values คือ กระแสเงินสดปีที่ 0-4 (แสดงในตำแหน่งเซลล์ B2:B6)

ทั้งนี้มีข้อควรระวัง 2 ข้อ คือ

1) ปีไหนไม่มีกระแสเงินสด จะต้องใส่เลข 0 ลงไปด้วย ห้ามปล่อยเป็นค่าว่าง เพราะจำทำให้ค่าที่ได้ผิด

2) วิธีการ input ค่าของฟังก์ชั่น IRR จะต้องเริ่มลากจากปีที่ 0 เป็นต้นไป ไม่เหมือน NPV

ข้อดี-ข้อจำกัดของวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ

ข้อดี

1. แสดงผลกระทบต่อมูลค่าของกิจการจากการลงทุนในโครงการนั้น
2. พิจารณากระแสเงินสดที่เกี่ยวข้องตลอดทั้งโครงการ
3. พิจารณาค่าเงินในเวลาที่ต่างกัน
4. พิจารณาความเสี่ยงของกระแสเงินสดในอนาคต

ข้อจำกัด

1. ข้อสมมติเกี่ยวกับอัตราผลตอบแทนการลงทุนต่อ ที่มีค่าเท่ากับ IRR ของโครงการลงทุนที่พิจารณา ซึ่งความเป็นจริงอาจไม่เป็นเช่นนั้น
2. เป็นวิธีการที่มีความยุ่งยากในการคำนวณมากกว่าวิธีอื่น ๆ หากต้องคำนวณด้วยมือ

6.3.4 ผลประโยชน์ต่อเงินลุงทุน (Benefit-Cost ratio, B/C)

ผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน คือ อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทน หรือมูลค่าผลตอบแทนของโครงการเทียบกับมูลค่าปัจจุบันของกระแสต้นทุน หรือต้นทุนรวมของโครงการ ได้แก่ ค่าเซลล์แสงอาทิตย์ ค่าที่ดิน ค่าติดตั้ง ค่าดำเนินการ ค่าซ่อมบำรุง ถ้าอัตราส่วนที่ได้มากกว่า 1 แสดงว่าควรตัดสินใจเลือกโครงการนั้น แต่ถ้าอัตราส่วนที่ได้น้อยกว่า 1 แสดงว่าโครงการนั้น ไม่น่าสนใจลงทุน แต่ถ้าเท่ากับ 1 แสดงว่าโครงการคุ้มทุน

6.3.5 ต้นทุนพลังงานต่อหน่วย (Cost of energy)

การพิจารณาความคุ้มค่าทางการเงินและการลุงทุนที่สำคัญอีกตัวชี้วัด คือ การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งวิเคราะห์จากต้นทุนการผลิตตลอดอายุโครงการ สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ต้นทุนเริ่มต้นในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้ารวมทั้งต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นรายปีตลอดอายุโครงการที่ทำการ

ผลิตไฟฟ้าแล้วคำนวณหาค่าใช้จ่ายต่อปีที่เท่ากัน (Equivalent annual costs, EAC) ซึ่งได้คำนึงถึงการปรับค่าของเวลา และการเลือกค่าเสียโอกาสของทุนที่เหมาะสมเข้าไว้ด้วยแล้ว และคำนวณหาต้นทุนต่อหน่วย โดยหารด้วยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยสามารถใช้ประโยชน์ในการพิจารณาเปรียบเทียบกับราคาไฟฟ้าที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาครับซื้อ การไฟฟ้านครหลวงรับซื้อ หรือราคาเชื้อเพลิงที่ใช้ ซึ่งจะเป็นเกณฑ์การพิจารณาความเหมาะสมในการเลือกพื้นที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ และมีการวิเคราะห์ผลกรณีที่ปัจจัยด้านอัตราดอกเบี้ยเปลี่ยนแปลง (Sensitivity analysis)

6.3.6 งบกระแสเงินสด (Cash flow)

เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและรายได้ที่เกิดขึ้นในแต่ละปีในช่วงอายุที่โครงการยังก่อให้เกิดรายได้ว่า รายได้ที่ได้รับจะเพียงพอต่อค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในปีนั้น ๆ หรือไม่ ทั้งนี้ เพื่อให้นักลงทุนได้ตระหนักและหาทางแก้ไขล่วงหน้าเพื่อมิให้เกิดสถานการณ์เงินขาดมือในช่วงใดช่วงหนึ่ง ซึ่งจะส่งผลให้โครงการสะดุด ซึ่งในกรณีการกู้เงินสถานบันการเงินจะให้ความสำคัญกับงบกระแสเงินสดมาก

6.3.7 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายรายปี

เมื่อทราบเงินลงทุนเริ่มต้น ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจริง รวมทั้งค่าเสื่อมของวัสดุอุปกรณ์ สามารถนำมาคำนวณหาค่าใช้จ่ายรายปี ได้จากการแปลงมูลค่าเงินลงทุนในปัจจุบันให้เป็นมูลค่าการลงทุนต่อปี ตลอดอายุการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ Capital–recovery factor, $\left(\frac{a}{p}\right)$ ซึ่งมีสมการดังนี้

$$\frac{a}{p} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}$$

เมื่อ i คือ อัตราดอกเบี้ยต่อปี, %

n คือ อายุการใช้งานของระบบ, ปี

ได้มูลค่าเงินลงทุนในแต่ละปี (C_p) ดังนี้

$$C_p = P_w\left(\frac{a}{p}\right)$$

เมื่อ P_w คือ มูลค่าเงินลงทุนสร้างระบบในปัจจุบัน, บาท

ตัวอย่างที่ 6.5 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ก. ใช้เงินลงทุนในปัจจุบัน 600,000 บาท ที่อัตราดอกเบี้ย 8% โดยมีอายุการทำงานของระบบ 15 สามารถหาต้นทุนรายปีได้ดังนี้

$$\text{จาก } \frac{a}{p} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1} = \frac{0.08(1+0.08)^{15}}{(1+0.08)^{15}-1} = 0.11683$$

ดังนั้นสามารถคำนวณหาต้นทุนรายปีได้จาก $C_p = P_w\left(\frac{a}{p}\right)$ = 600,000 x 0.11683

= 70,097.73 บาท

ในการเปลี่ยนมูลค่าซากของระบบ เป็นมูลค่าต่อปีตลอดอายุการใช้งานของของระบบ สามารถคำนวณได้โดยใช้ Sinking–fund factor, $\left(\frac{a}{f}\right)$

$$\frac{a}{f} = \frac{i}{(1+i)^n-1}$$

จะได้มูลค่าซากของระบบในแต่ละปี (C_s) คือ

$$C_s = S\left(\frac{a}{f}\right)$$

เมื่อ S คือ มูลค่าซากของระบบเมื่อหมดอายุการใช้งาน, บาท

คำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายรายปีทั้งหมด (C_T) ดังนี้

$$C_T = C_p + C_m + C_e + C_s$$

เมื่อ C_m คือ ค่าบำรุงรักษาระบบต่อปี, บาท

C_e คือ มูลค่าพลังงานที่ใช้ต่อปี, บาท

6.4 ตัวอย่างการวิเคราะห์การลงทุนในโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ [35]

ผลจากการจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อพิจารณาจากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี พบว่า พื้นที่ที่ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุด เป็นบริเวณกว้างทางตอนล่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี และตอนบนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่จังหวัดอุดร รวมทั้งบางส่วนของภาคกลาง ที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท อยุธยา และลพบุรี โดยได้รับพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี อยู่ในช่วง 19-20 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 14.3% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่า 50.2% ของพื้นที่ทั้งหมด ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วง 18-19 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน และมีเพียง 0.5% ของพื้นที่ที่ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์น้อยกว่า 16 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน โดยเฉลี่ยของรังสีรวมรายวันเฉลี่ยต่อปีทั่วประเทศมีค่าเท่ากับ 18.2 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน ซึ่งถือได้ว่ามีศักยภาพค่อนข้างสูง

6.4.1 กรณีที่ 1 โรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ในจังหวัดอุบลราชธานี การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar rooftop)

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาเพื่อติดตั้งใช้เองในหน่วยงาน จะมีส่วนประกอบของระบบผลิตบนหลังคาในหน่วยงานประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวควบคุม เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) มิเตอร์ผลิตไฟฟ้า โดยการทำงานของระบบจะเกิดขึ้นเมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งติดตั้งไว้บนหลังคา เซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตไฟฟ้ากระแสตรงออกมาไหลผ่านตัวควบคุม เข้าสู่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ผ่านมิเตอร์ผลิตไฟฟ้าจ่ายเข้าระบบไฟฟ้าภายในหน่วยงาน ถ้าอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปิดใช้อยู่ภายในหน่วยงานใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ กำลังไฟฟ้าส่วนที่เกินนั้นจะถูกตัดไม่ให้ไหลย้อนกลับไปยังสายส่งของการไฟฟ้าฯ (อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าไหลย้อน) แต่ในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์หรือมีการเปิดใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าสูงกว่าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ กำลังไฟฟ้าส่วนที่ขาดจะถูกซื้อเข้ามาจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ โดยผ่านมิเตอร์ซื้อไฟฟ้าตามปกติ

ตัวอย่างของการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาเพื่อใช้เองในหน่วยงานของโรงพยาบาล ขนาด 400 กิโลวัตต์สูงสุด

ขนาดโครงการ	400	กิโลวัตต์
เงินลงทุน	12,000,000	บาท
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้และ		
ลดการใช้ไฟฟ้าของหน่วยงาน	350,000	กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี
(หมายเหตุ : ผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 50% ของกำลังการติดตั้ง		
เฉลี่ย 5 ชั่วโมง/วัน และระบบทำงาน 350 วัน/ปี)		
คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	1,669,500	บาทต่อปี
(ราคาค่าไฟฟ้า 4.77 บาท/หน่วย ณ พ.ค. - ส.ค. 2566)		
ค่าบำรุงรักษารายปี	200,000	บาทต่อปี
(หมายเหตุ : ค่าบำรุงรักษา 500 บาท/กิโลวัตต์/ปี)		
รายได้สุทธิภายหลังหักค่าใช้จ่าย	1,469,500	บาทต่อปี
ระยะเวลาคืนทุน	8.2	ปี
อัตราผลตอบแทนภายใน	10.62	%
(หมายเหตุ : ระยะเวลาโครงการ 20 ปี อัตราดอกเบี้ย 8%)		

6.4.2 กรณีที่ 2 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง ในจังหวัดขอนแก่น การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar rooftop)

ตัวอย่างของการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาเพื่อใช้เองในหน่วยงานของโรงเรียนมัธยมศึกษา ขนาด 150 กิโลวัตต์สูงสุด

ขนาดโครงการ	150	กิโลวัตต์
เงินลงทุน	5,250,000	บาท
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้และ		
ลดการใช้ไฟฟ้าของหน่วยงาน	131,250	กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี
(หมายเหตุ : ผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 50% ของกำลังการติดตั้ง		
เฉลี่ย 5 ชั่วโมง/วัน และระบบทำงาน 350 วัน/ปี)		
คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	626,062	บาทต่อปี
(ราคาค่าไฟฟ้า 4.77 บาท/หน่วย ณ พ.ค. - ส.ค. 2566)		
ค่าบำรุงรักษารายปี	75,000	บาทต่อปี
(หมายเหตุ : ค่าบำรุงรักษา 500 บาท/กิโลวัตต์/ปี)		
รายได้สุทธิภายหลังหักค่าใช้จ่าย	551,062	บาทต่อปี
ระยะเวลาคืนทุน	9.5	ปี
อัตราผลตอบแทนภายใน	8.41	%
(หมายเหตุ : ระยะเวลาโครงการ 20 ปี อัตราดอกเบี้ย 8%)		

บทที่ 7
แนวทางการขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า และโครงการสนับสนุนที่เกี่ยวข้อง

7.1 กิจการไฟฟ้าที่ต้องขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้าและที่ได้รับการยกเว้น [36]

7.1.1 กิจการไฟฟ้าที่ต้องขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า

มาตรา 47 ของพระราชบัญญัติการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550 ได้กำหนดไว้ว่าการประกอบกิจการพลังงานไม่ว่าจะมีค่าตอบแทนหรือไม่ ต้องได้รับใบอนุญาตจาก กกพ. โดยประเภทและอายุใบอนุญาตให้เป็นไปตามประกาศ กกพ. เรื่อง การกำหนดประเภทและอายุใบอนุญาตการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2551 ซึ่งผู้ยื่นขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้าจะต้องปฏิบัติตามระเบียบ กกพ. ว่าด้วยการขอรับใบอนุญาตและการอนุญาตการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2551 และระเบียบ/ประกาศ กกพ. ที่เกี่ยวข้อง

กกพ. มีอำนาจหน้าที่ในการอนุญาตการประกอบกิจการไฟฟ้า และการอนุญาติตามกฎหมายอื่นตามมาตรา 48 ของพระราชบัญญัติการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550 ในกรณีที่มีการตั้งโรงงานหรือการปลูกสร้างอาคารเพื่อประกอบกิจการไฟฟ้า ซึ่งต้องปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการผังเมือง กฎหมายว่าด้วยโรงงาน กฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร หรือกฎหมายว่าด้วยการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน โดย กกพ. ต้องขอความเห็นจากหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่ตามกฎหมายต่าง ๆ ดังกล่าว และหน่วยงานดังกล่าวต้องแจ้งความเห็นพร้อมทั้งจำนวนค่าธรรมเนียมที่เรียกเก็บตามกฎหมายนั้น ๆ ให้ กกพ. ทราบด้วย

7.1.2 กิจการไฟฟ้าที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า

พระราชกฤษฎีกากำหนดประเภท ขนาด และลักษณะของกิจการพลังงานที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2552 (ออกตาม

พระราชบัญญัติการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550) กำหนดให้กิจการไฟฟ้าที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการพลังงานกับ กกพ. มีดังนี้

1) กิจการผลิตไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตรวมของแต่ละแหล่งผลิตต่ำกว่า 1,000 กิโลโวลต์แอมแปร์

2) กิจการระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ผู้ประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าตาม ข้อ 1) นำไฟฟ้าที่ได้จากการผลิตไปใช้ในกิจการของตนเอง

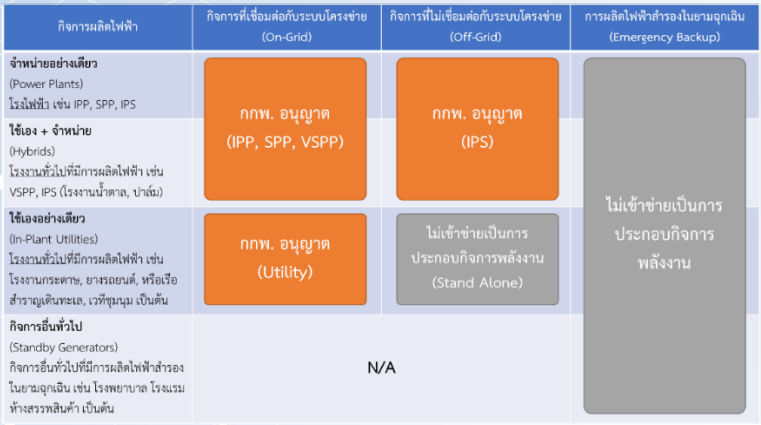
3) กิจการจำหน่ายไฟฟ้าที่มีขนาดการจำหน่ายไฟฟ้าต่ำกว่า 1,000 กิโลโวลต์แอมแปร์ โดยผ่านระบบจำหน่ายไฟฟ้า

4) กิจการศูนย์ควบคุมระบบไฟฟ้า ซึ่งโดยปกติไม่มีหน้าที่สั่งการด้านการผลิตไฟฟ้าโดยตรง

ทั้งนี้ กิจการไฟฟ้าที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า ต้องแจ้งข้อมูลการประกอบกิจการไฟฟ้าให้สำนักงานทราบตามประกาศ กกพ. เรื่อง การกำหนดให้กิจการพลังงานที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตเป็นกิจการที่ต้องแจ้ง พ.ศ. 2551

7.1.3 การผลิตไฟฟ้าที่เข้าข่ายและไม่เข้าข่ายเป็นการประกอบกิจการพลังงาน

กกพ. ในการประชุมครั้งที่ 11/2553 (ครั้งที่ 85) เมื่อวันที่ 29 เมษายน 2553 มีมติให้การผลิตไฟฟ้าบางลักษณะและวัตถุประสงค์ไม่เข้าข่ายเป็นการประกอบกิจการพลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 การผลิตไฟฟ้าบางลักษณะและวัตถุประสงค์ไม่เข้าข่ายเป็นการประกอบกิจการพลังงาน

7.1.4 ประเภทใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า

ตามประกาศ กกพ. เรื่องการกำหนดประเภทและอายุใบอนุญาตการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2551 ได้กำหนดประเภทของใบอนุญาตการประกอบกิจการไฟฟ้าไว้ 5 ประเภท ได้แก่

1) ใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า

2) ใบอนุญาตประกอบกิจการระบบส่งไฟฟ้า

3) ใบอนุญาตประกอบกิจการระบบจำหน่ายไฟฟ้า

4) ใบอนุญาตประกอบกิจการจำหน่ายไฟฟ้า (ออกให้แก่ผู้ประกอบกิจการจำหน่ายไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าซึ่งมิใช่ผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า)

5) ใบอนุญาตประกอบกิจการควบคุมระบบไฟฟ้า

7.1.5 ใบอนุญาตอื่นที่เกี่ยวข้องกับการประกอบกิจการไฟฟ้า

ในการประกอบกิจการไฟฟ้า ผู้ประกอบกิจการไฟฟ้าอาจเข้าข่ายต้องขอรับใบอนุญาตหรือปฏิบัติให้เป็นไปตามกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้องด้วย

1) รายงานด้านสิ่งแวดล้อมตามกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (รายงาน EHIA / EIA ที่ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการผู้ชำนาญการพิจารณารายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม)

2) ใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานผลิตไฟฟ้า (ร.ง.4 ประเภทโรงงานลำดับที่ 88) หรือใบอนุญาตให้ใช้ที่ดินและประกอบกิจการในนิคมอุตสาหกรรม (กนอ.01/2)

3) ใบอนุญาตก่อสร้าง ดัดแปลงอาคาร รื้อถอนอาคาร (อ.1 หรือ กนอ.02/2)

4) ใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม (พค.2)

ทั้งนี้ กรณีตั้งสถานประกอบกิจการในพื้นที่ของการนิคมอุสาหกรรมแห่งประเทศไทย (กนอ.) การออกใบอนุญาต กนอ.01/2 และ กนอ.02/2 เป็นอำนาจหน้าที่ของ กนอ. ไม่ใช่ กกพ.

รายงานวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (EHIA / EIA)

1) กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ส่วนที่ 4 การทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม มาตรา 46 ถึง 51 กำหนดให้โครงการหรือกิจการที่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมต้องจัดทำรายงานด้านการวิเคราะห์ผลกระทบส่งแวดล้อม (EIA) เพื่อเสนอขอความเห็นจากคณะกรรมการผู้ชำนาญการพิจารณารายงายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (คชก.) และเมื่อได้รับความเห็นชอบให้เสนอรายงาน EIA ฉบับสมบูรณ์ ประกอบการขออนุญาตก่อสร้างหรือประกอบกิจการต่อหน่วยงานอนุญาต แล้วแต่กรณี โดยให้นำมาตรการตามที่เสนอไว้ในรายงาน EIA มากำหนดเป็นเงื่อนไขในการให้อนุญาต

ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการซึ่งต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมและหลักเกณฑ์วิธีการ ระเบียบปฏิบัติและแนวทางการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ลงวันที่ 31 สิงหาคม 2552

ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดประเภท ขนาด และวิธีปฏิบัติสำหรับโครงการหรือกิจการที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อชุมชนอย่าง

รุนแรง ทั้งทางด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติและสุขภาพ ที่ส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือเอกชน จะต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2553 ลงวันที่ 31 สิงหาคม 2553

2) กิจการหรือโครงการที่เข้าข่ายต้องจัดทำรายงาน EIA หรือ EHIA ข้อมูลดังรูปที่ 7.2

เชื้อเพลิง/พลังงานต้นกำลัง	ขนาดกำลังการผลิตและกระแสไฟฟ้ารวม
EIA	
โรงไฟฟ้าพลังความร้อน	10 เมกะวัตต์ ขึ้นไป
EHIA	
ถ่านหิน	100 เมกะวัตต์ ขึ้นไป
ชีวมวล	150 เมกะวัตต์ ขึ้นไป
ก๊าซธรรมชาติ พลังความร้อนร่วม (Combined Cycle หรือ Cogeneration)	3,000 เมกะวัตต์ ขึ้นไป
นิวเคลียร์	ทุกขนาด

รูปที่ 7.2 กิจการหรือโครงการที่เข้าข่ายต้องจัดทำรายงาน EIA หรือ EHIA

3) กิจการหรือโครงการไฟฟ้าที่ไม่เข้าข่ายต้องจัดทำรายงาน EIA หรือ EHIA แต่ต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดที่เป็นเงื่อนไขประกอบการอนุญาต

[ใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า: CoP]

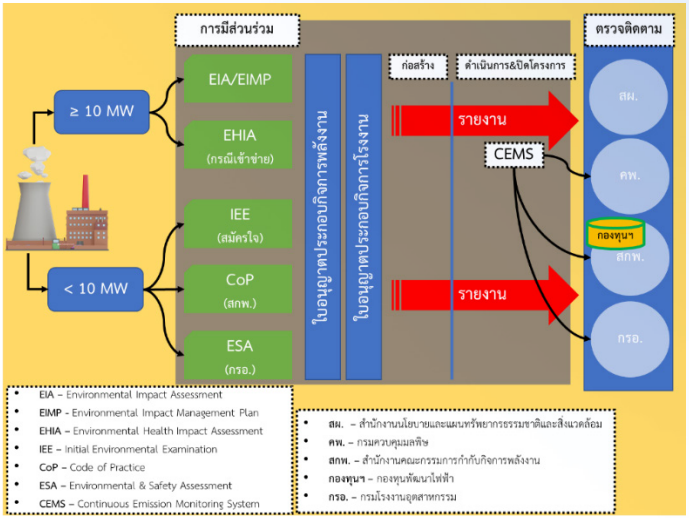
ระเบียบ กกพ. ว่าด้วยมาตรการป้องกัน แก้ไข และติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม สำหรับผู้ได้รับการยกเว้นไม่ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามกฎหมาย ว่าด้วยการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2555 กำหนดให้ผู้ขอรับใบอนุญาตดำเนินการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัย และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อชุมชนในพื้นที่ใกล้เคียงสถานประกอบกิจการพลังงาน

ตามประมวลหลักการปฏิบัติ (Code of practices: CoP) ที่ กกพ. กำหนด ทั้งนี้ ครอบคลุมทุกประเภทโรงไฟฟ้าและขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง

[ใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (ร.ง.4): ESA]

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การทำรายงานเกี่ยวกับการศึกษามาตรการป้องกันและแก้ไขผลกรทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย พ.ศ. 2552 กำหนดให้ผู้ประสงค์จะยื่นคำขอรับใบอนุญาต ร.ง.4 หรือใบอนุญาตขยายโรงงานผลิตไฟฟ้าที่มีขนาดกำลังการผลิตตั้งแต่ 5 เมกะวัตต์ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 10 เมกะวัตต์ ดังรูปที่ 7.4 ต้องจัดทำรายงานที่เกี่ยวกับการศึกษาและมาตรการป้องกันแก้ไขผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย (Environmental and safety assessment)

ทั้งนี้ สรุปประเภทรายงานด้านสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยที่ต้องจัดทำโดยจำแนกตามประเภทโรงไฟฟ้าและขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง ดังรูปที่ 7.3



รูปที่ 7.3 ประเภทรายงานด้านสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยที่ต้องจัดทำโดยจำแนกตามประเภทโรงไฟฟ้าและขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง

กำลังการผลิตติดตั้ง	ประเภทโรงไฟฟ้า	
	พลังงานความร้อน	ไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง
10 MW	EIA/EHIA	CoP
5 MW	CoP ESA	CoP
1,000 kVA	CoP	CoP
		CoP PV

รูปที่ 7.4 ระเบียบ กกพ. ว่าด้วยมาตรการป้องกัน แก้ไข และติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม

นอกจากนี้ รายละเอียดของการจัดทำรายการตรวจสอบด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental checklist) ตามประมวลหลักการปฏิบัติ (Code of practice: CoP) เพื่อประกอบการขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า กับการจัดทำรายงาน ESA เพื่อประกอบการขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานผลิตไฟฟ้า (ร.ง.4) สรุปเป็น ประเด็นได้ดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 รายละเอียดของการจัดทำรายการตรวจสอบด้านสิ่งแวดล้อม

ประเด็นสำคัญ	CoP	ESA
ประกอบการขอรับใบอนุญาต	ผลิตไฟฟ้า	ร.ง.4
ประเภทเทคโนโลยี	ทุกประเภทเทคโนโลยี	ทุกประเภทเทคโนโลยี
ประเภทเชื้อเพลิง	ทุกประเภทเชื้อเพลิงและแหล่งพลังงานต้นกำลัง	ทุกประเภทเชื้อเพลิงและแหล่งพลังงานต้นกำลัง

ประเด็นสำคัญ	CoP	ESA
กำลังการผลิต ติดตั้งที่เข้าข่าย	ตั้งแต่ 1,000 กิโลโวลต์แอมแปร์ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 10 เมกะวัตต์ (กรณีโรงไฟฟ้าพลังความร้อนซึ่งไม่เข้าข่ายต้องจัดทำรายงาน EIA) ตั้งแต่ 1,000 กิโลโวลต์แอมแปร์ขึ้นไป (กรณีโรงไฟฟ้าที่ไม่มีการ เผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น ลม น้ำ ซึ่งจะประกาศต่อไป)	5 เมกะวัตต์ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 10 เมกะวัตต์
หลักการ/ วัตถุประสงค์	ผู้ประกอบกิจการจะต้องปฏิบัติตามมาตรการป้องกัน แก้ไข และติดตาม ตรวจสอบที่ กกพ. ได้กำหนดไว้แล้วเป็นมาตรฐาน ขั้นตอนเดียวกันสำหรับทุกโครงการ ดำเนินการด้านการมีส่วนร่วมของประชาชน เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับโครงการเข้ามาแสดง ความคิดเห็นตั้งแต่เริ่มต้นโครงการ รวมทั้งจะต้อง รวบรวมประเด็นข้อคิดเห็นและข้อห่วงใยที่ได้มา พิจารณา กำหนดเป็นมาตรการที่เหมาะสมเพิ่มเติมไว้ในแนบท้ายของรายการตรวจสอบด้านสิ่งแวดล้อมด้วย	ผู้ประกอบกิจการจะต้องศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและประเมิน วิเคราะห์อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการประกอบกิจการและเสนอมาตรการป้องกันและแก้ไข เพื่อลดผลกระทบและจัดให้มีระบบบริหารจัดการด้านความปลอดภัย ให้คณะทำงาน ESA ของ กรอ. ให้ความเห็นชอบ ทั้งนี้ ผลการศึกษาและการกำหนดมาตรการ ของแต่ละโครงการอาจแตกต่างกันได้เป็นกรณีไป
กรณียกเว้น	ไม่มี	โรงงานที่ตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรม หรือในเขตส่งเสริม การลงทุนที่ได้จัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมแล้ว

7.1.6 ใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานผลิตไฟฟ้า (ร.ง.4 ประเภทโรงงานลำดับที่ 88)

1) กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 มาตรา 12 กำหนดให้ผู้ประกอบการกิจการโรงงานจำพวก ที่ 3 ซึ่งรวมถึงโรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก และโรงงานทั่วไปที่มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าต้องได้รับอนุญาตจากผู้อนุญาต โดยห้ามมิให้ผู้ใดตั้งโรงงานก่อนได้รับใบอนุญาต และต้องปฏิบัติ ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดในกฎกระทรวงที่ออกตามความในกฎหมายว่าด้วยโรงงาน นอกจากนี้จะต้องเป็นไปตามประกาศของรัฐมนตรีที่ออกตามมาตรา 32

2) กิจการหรือโครงการไฟฟ้าที่ต้องขออนุญาต

โรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก และโรงงานทั่วไปที่มีการผลิตพลังงานไฟฟ้า จำพวกที่ 3 จะต้องยื่นขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน โดยในใบอนุญาต ประกอบกิจการโรงงานต้องระบุประเภทหรือชนิดของโรงงานในลำดับที่ 88

3) การขออนุญาต

ผู้ประกอบกิจการสามารถยื่นคำขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (ร.ง.3) พร้อมเอกสาร หลักฐานต่างๆ ได้ที่สำนักงาน กกพ. ทั้งในกรุงเทพมหานคร และสำนักงาน กกพ. ประจำเขต หรือสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมจะเสนอความเห็นประกอบ การพิจารณาให้อนุญาตแก่ กกพ. ภายใน 30 วัน และ สำนักงาน กกพ. จะแจ้งผลการ พิจารณาภายใน 30 วันนับแต่วันที่เอกสารหลักฐานครบถ้วนถูกต้อง ในกรณีที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมเป็นผู้อนุญาต กรมโรงงานอุตสาหกรรมจะแจ้งให้ กกพ. ทราบ ภายใน 10 วัน นับจากวันดำเนินการแล้วเสร็จ

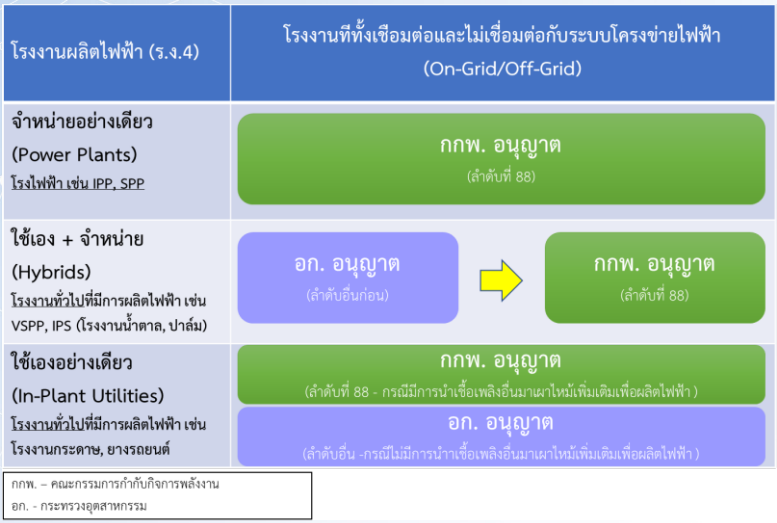
ผู้ประสงค์จะยื่นคำขอ ร.ง.3 ต้องดำเนินการยื่นคำขอทั่วไปกับสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด เพื่อปิดประกาศรับฟังความคิดเห็นของประชาชนก่อนการอนุญาตตั้งโรงงานตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด ในระเบียบกระทรวงอุตสาหกรรมว่าด้วยการรับฟังความคิดเห็นของประชาชนในการพิจารณาออกใบรับแจ้งการประกอบกิจการโรงงาน

ใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน และใบอนุญาต ขยายโรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน พ.ศ. 2557 ให้แล้วเสร็จก่อน

สำหรับโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่มีขนาดกำลังการผลิตตั้งแต่ 5 เมกะวัตต์ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 10 เมกะวัตต์ จะต้องจัดทำรายงานเกี่ยวกับการศึกษามาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย (ESA) ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดในประกาศกระทรวง อุตสาหกรรม เรื่องการทำรายงานเกี่ยวกับการศึกษามาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบ ต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย พ.ศ. 2552 ลงวันที่ 29 กันยายน 2552 เป็นเอกสาร ประกอบการยื่นขอรับอนุญาตด้วย

การให้คำแนะนำ และแก้ไขปัญหาให้แก่ผู้ประกอบกิจการเกี่ยวกับการขออนุญาตประกอบกิจการ โรงงานเป็นอำนาจหน้าที่ร่วมกันของสำนักงาน กกพ. และกรมโรงงานอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม การกำกับดูแลโรงงานที่ได้รับอนุญาตประกอบกิจการโรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน ยังเป็นอำนาจหน้าที่ของกระทรวงอุตสาหกรรม โดยสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดและกรมโรงงานอุตสาหกรรม

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการประกอบกิจการโรงงานทั่วไปอาจจะมีกระบวนการผลิตไฟฟ้าร่วมด้วย ซึ่งจะทำให้ ต้องพิจารณาให้อนุญาตประกอบกิจการโรงงานประเภทลำดับโรงงานทั่วไปอื่นร่วมกับประเภทโรงงานผลิตไฟฟ้า ลำดับที่ 88 ทั้งนี้ แนวทางและขั้นตอนการพิจารณาให้อนุญาตดังแสดงในรูปที่ 7.5



รูปที่ 7.5 แนวทางและขั้นตอนการพิจารณาให้อนุญาตประกอบกิจการโรงงานประเภทลำดับโรงงานทั่วไป

ใบอนุญาตก่อสร้าง ดัดแปลงอาคาร รื้อถอนอาคาร (อ.1)

1) กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

มาตรา 21 ของพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 กำหนดให้ผู้ใดจะก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเคลื่อนย้ายอาคาร ต้องได้รับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นหรือแจ้งต่อเจ้าพนักงาน ท้องถิ่น ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อประโยชน์แห่งความมั่นคง แข็งแรง ปลอดภัย การป้องกันอัคคีภัย การรักษาสิ่งแวดล้อม การผังเมือง การสถาปัตยกรรม และจราจร เพื่อประโยชน์ของผู้อยู่อาศัย ในอาคาร

2) กิจการหรือโครงการไฟฟ้าที่ต้องขออนุญาต

กรณีที่ผู้ประกอบกิจการไฟฟ้ามีการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย ใช้หรือเปลี่ยนการใช้ อาคาร ในท้องที่ “เขตควบคุมอาคาร” ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารหรือเป็นพื้นที่ที่อยู่ในเขตผังเมืองตามกฎหมายว่าด้วยผังเมือง รวมถึงอาคาร

ที่เข้าข่ายสูงหรืออาคารขนาดใหญ่ พิเศษ ในพื้นที่ใด ๆ ทั้งในและนอกเขตควบคุมอาคาร จะต้องขออนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่น

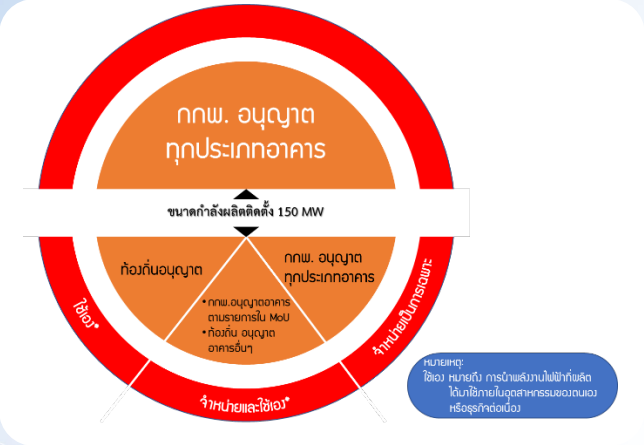
3) การขออนุญาต

ผู้ประกอบกิจการสามารถยื่นคำขอรับอนุญาต พร้อมเอกสารหลักฐานต่าง ๆ ได้ที่สำนักงาน กกพ. ทั้งในกรุงเทพฯ และสำนักงาน กกพ. ประจำเขต และสำนักงาน กกพ. จะขอความเห็นประกอบ การพิจารณาอนุญาตไปยังหน่วยงานท้องถิ่น โดยหน่วยงานท้องถิ่นจะเสนอความเห็นประกอบ การพิจารณาให้อนุญาตแก่ กกพ. ภายใน 20 วัน นับแต่วันที่ได้รับหนังสือสอบถามความเห็นจาก สำนักงาน กกพ. (ขยายได้ 2 คราว คราวแรกไม่เกิน 20 วัน และคราวที่สองไม่เกิน 15 วัน) โดยสำนักงาน กกพ. จะแจ้งผลการพิจารณาภายใน 15 วันนับแต่วันที่ได้รับแจ้งความเห็นจาก หน่วยงานท้องถิ่น ทั้งนี้ กรณีที่ตรวจพบว่าแบบแปลน รายการประกอบแบบแปลน หรือรายการคำนวณที่ยื่นไม่ถูกต้องตามกฎหมาย เจ้าพนักงานท้องถิ่นจะสั่งให้ผู้ยื่นขออนุญาตดำเนินการ แก้ไขภายในระยะเวลาที่กำหนด และเจ้าพนักงานท้องถิ่นจะตรวจพิจารณาและเสนอความเห็นมายัง กกพ. ภายใน 10 วันนับแต่วันที่ได้รับเรื่องแก้ไข

การให้คำแนะนำและแก้ไขปัญหาให้แก่ผู้ประกอบกิจการเกี่ยวกับการขออนุญาตก่อสร้าง ดัดแปลงอาคาร รื้อถอนอาคารเป็นอำนาจหน้าที่ร่วมกันของสำนักงาน กกพ. และหน่วยงานท้องถิ่น อย่างไรก็ตาม การกำกับดูแลอาคารตามกฎหมายควบคุมอาคารยังเป็นอำนาจหน้าที่ของหน่วยงานท้องถิ่น

หมายเหตุ: เจ้าพนักงานท้องถิ่น คือ ผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานคร นายกเทศมนตรี นายกองค์การบริหารส่วนจังหวัด นายกเมืองพัทยา นายกองค์การบริหารส่วนตำบล และผู้บริหารท้องถิ่นขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอื่นที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด

ทั้งนี้ อำนาจหน้าที่ในการให้ใบอนุญาต อ.1 ระหว่าง กกพ. กับเจ้าพนักงานท้องถิ่นตามกฎหมายว่าด้วย การควบคุมอาคาร สำหรับอาคารแต่ละประเภท จำแนกได้ตามวัตถุประสงค์ของการประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าและขนาดกำลังการผลิตติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 7.6



รูปที่ 7.6 การควบคุมอาคาร สำหรับอาคารแต่ละประเภท จำแนกได้ตามวัตถุประสงค์ของการประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าและขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง

ใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม (พค.2)

1) กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

พระราชบัญญัติการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พ.ศ. 2535 มาตรา 25 กำหนดห้ามมิให้ผู้ใด ผลิตหรือขยายการผลิตพลังงานควบคุม เว้นแต่จะได้รับใบอนุญาต

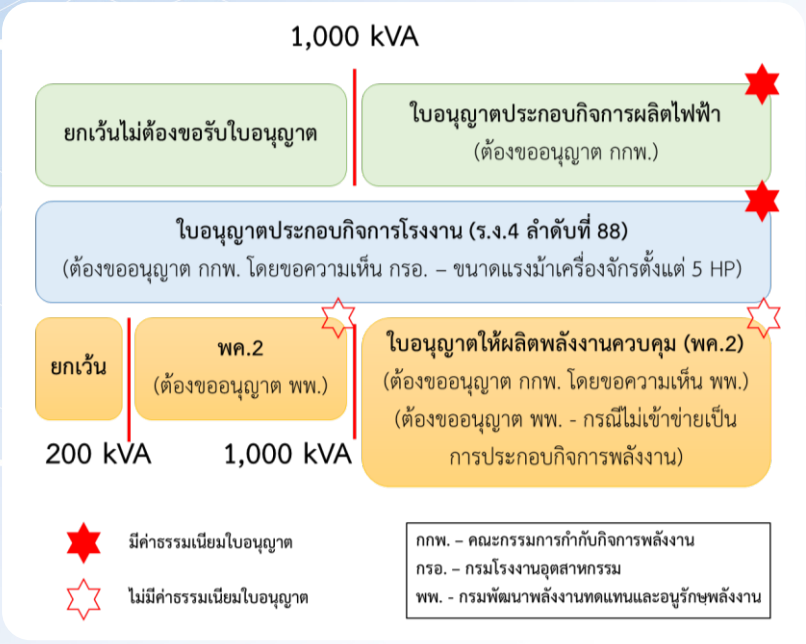
พระราชกฤษฎีกากำหนดพลังงานควบคุม พ.ศ. 2536 มาตรา 3 กำหนดให้พลังงานไฟฟ้าซึ่งขนาด การผลิตรวมของแต่ละแหล่งผลิตตั้งแต่ 200 กิโลโวลต์แอมแปร์ขึ้นไป เป็นพลังงานควบคุม การอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม หรือใบอนุญาต พค. 2 ตามกฎหมายว่าด้วยการพัฒนา และส่งเสริมพลังงาน ปัจจุบันเป็นอำนาจหน้าที่ของ กกพ. ตามมาตรา 48 แห่งพระราชบัญญัติการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550

2) กิจการหรือโครงการไฟฟ้าที่ต้องขออนุญาตและการขออนุญาต ดังข้อมูลในตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 กิจการหรือโครงการไฟฟ้าที่ต้องขออนุญาตและการขออนุญาต

การขออนุญาติ	กิจการหรือโครงการไฟฟ้าที่ต้องขออนุญาต
กกพ. (โดยขอความเห็นจาก พพ.)	การผลิตไฟฟ้าที่มีขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้ารวมของแต่ละแหล่งผลิต 1,000 กิโลโวลต์แอมแปร์ขึ้นไป และเข้าข่ายเป็นการประกอบกิจการพลังงาน
ต่อ พพ.	การผลิตไฟฟ้าที่มีขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้ารวมของแต่ละแหล่งผลิต ตั้งแต่ 200 กิโลโวลต์แอมแปร์ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 1,000 กิโลโวลต์แอมแปร์ ซึ่งเข้าข่ายเป็นการประกอบกิจการพลังงานแต่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการพลังงาน การผลิตไฟฟ้าที่มีขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้ารวมของแต่ละแหล่งผลิต ตั้งแต่ 200 กิโลโวลต์แอมแปร์ขึ้นไป และไม่เข้าข่ายเป็นการประกอบกิจการพลังงาน ซึ่งได้แก่ การผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในกิจการตนเองเฉพาะกรณีสำรองฉุกเฉิน เท่านั้น (Emergency standby) และ การผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในกิจการตนเองโดยไม่พึ่งไฟฟ้าจากระบบ โครงข่ายไฟฟ้า (Stand alone) ที่มีกำลังการผลิตรวมของแต่ละแหล่งผลิตตั้งแต่ 200 กิโลโวลต์แอมแปร์ขึ้นไป

ทั้งนี้ สรุปเรื่องการผลิตไฟฟ้าที่เข้าข่ายต้องขอรับใบอนุญาตต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยจำแนกตามขนาดกำลัง การผลิตติดตั้งและวัตถุประสงค์ของการประกอบกิจการได้ดังรูปที่ 7.7



รูปที่ 7.7 สรุปเรื่องการผลิตไฟฟ้าที่เข้าข่ายต้องขอรับใบอนุญาตต่าง ๆ

อัตราค่าธรรมเนียมการอนุญาตและค่าธรรมเนียมการประกอบกิจการรายปี ดังตารางที่ 7.3

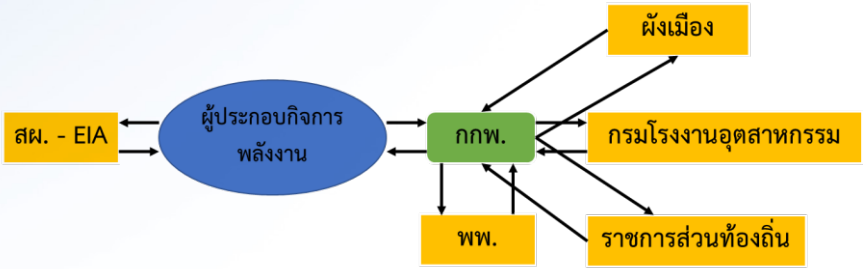
ตารางที่ 7.3 อัตราค่าธรรมเนียมการอนุญาตและค่าธรรมเนียมการประกอบกิจการรายปี

ใบอนุญาต	การอนุญาต	การประกอบกิจการรายปี
ตามมาตรา 47		
ผลิตไฟฟ้า (ตามขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง)		
ไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ มากกว่า 10 เมกะวัตต์ แต่ไม่เกิน 150 เมกะวัตต์ มากกว่า 150 เมกะวัตต์	5,000 บาท 10,000 บาท 50,000 บาท	3 บาท/กิโลโวลต์แอมแปร์* 4 บาท/กิโลโวลต์แอมแปร์* 5 บาท/กิโลโวลต์แอมแปร์*
ระบบจำหน่ายไฟฟ้า	50,000 บาท	1 บาท/กิโลวัตต์**
จำหน่ายไฟฟ้า	50,000 บาท	0.001 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง**
ต่ออายุใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า	5,000 บาท	-
ใบแทนใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า	5,000 บาท	-
ตามมาตรา 48		
ร.ง.4 (5 แรงม้า ถึง 6,000 แรงม้าขึ้นไป)	1,000 ถึง 60,000 บาท	300 ถึง 18,000 บาท*
อ.1		
ก่อสร้าง ดัดแปลง/รื้อถอน/เคลื่อนย้าย - การตรวจแบบแปลน (คิดตามพื้นที่อาคาร)	20 บาท 10 บาท 0.5 ถึง 4 บาท	- - -
พค.2	ไม่มีค่าธรรมเนียม	

7.2 ขั้นตอนการยื่นคำขอและการอนุญาตการประกอบกิจการไฟฟ้า

7.2.1 แนวคิดเรื่องการอนุญาต

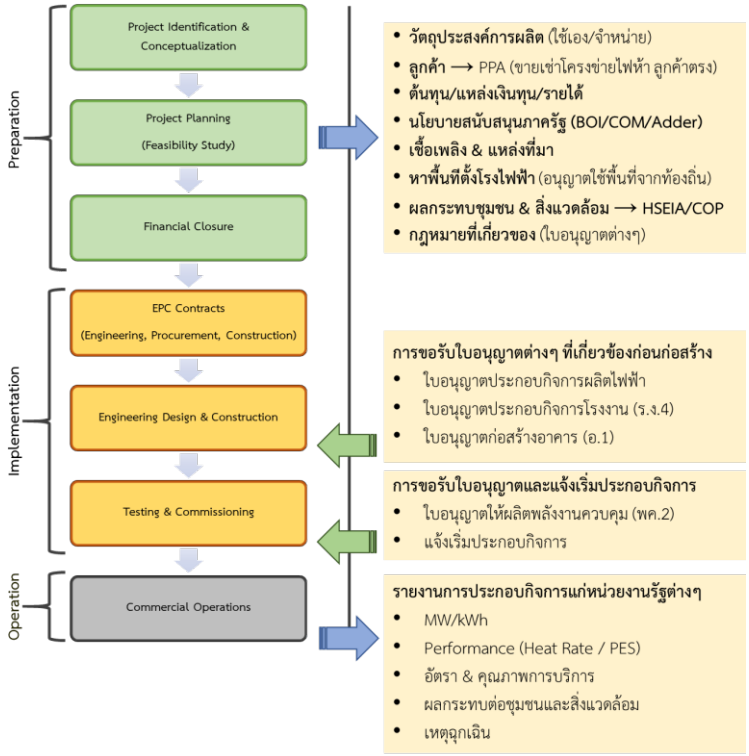
เจตนารมณ์ในการตราพระราชบัญญัติการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550 ประสงค์ให้ กกพ. ซึ่งจัดตั้งขึ้นเป็นการเฉพาะตามกฎหมายนี้ ทำหน้าที่กำกับดูแลการประกอบกิจการพลังงานทั้งระบบ เนื่องจากกิจการพลังงานถือเป็นกิจการที่สำคัญต่อโครงสร้างสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมของประเทศโดยรวม โดยนอกจาก กกพ. จะมีอำนาจออกใบอนุญาตประกอบกิจการพลังงานตามมาตรา 47 แล้ว มาตรา 48 ยังให้การอนุญาตต่าง ๆ ที่บัญญัติไว้ในกฎหมายว่าด้วยการผังเมือง กฎหมายว่าด้วยโรงงาน กฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร หรือกฎหมายว่าด้วยการพัฒนาและส่งเสริมพลังงานเป็นอำนาจหน้าที่ของ กกพ. ด้วย ดังแสดงในรูปที่ 7.8 ทั้งนี้ เพื่อให้ กกพ. เป็นศูนย์กลาง การอนุญาตหลักทั้งหมด (One stop service, OSS) ทั้งในมิติของการกำกับดูแลและการให้บริการแก่ผู้ขอรับใบอนุญาตต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยให้ผู้ประกอบกิจการสามารถยื่นคำขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการพลังงาน ใบอนุญาต ร.ง.4 และใบอนุญาต อ.1 พร้อมกันที่สำนักงาน กกพ. (สำนักงาน กกพ. ประจำเขตหรือระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของสำนักงาน)



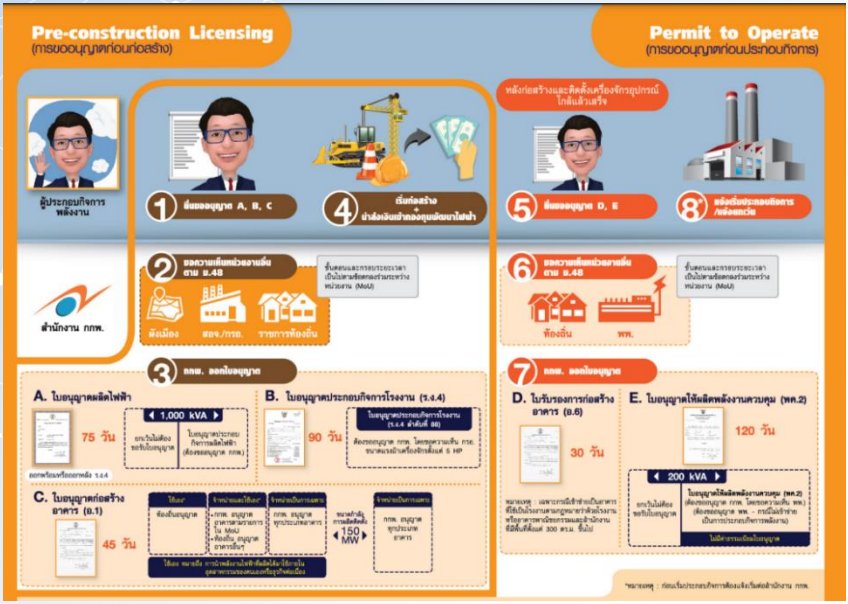
รูปที่ 7.8 ผังการทำงานของ กกพ.

มากไปกว่านั้น ขั้นตอนการยื่นคำขอและการพิจารณาให้ใบอนุญาตต่าง ๆ ควรต้องสอดคล้องกับการพัฒนาโครงการของผู้ประกอบกิจการด้วย โดยคำนึงถึงความเสี่ยงใน

การปฏิบัติให้เป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมาย และการกำกับดูแลของเจ้าหน้าที่รัฐที่เกี่ยวข้องในการลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการพัฒนาโครงการเป็นสำคัญ ด้วยเหตุผลดังกล่าว การให้ใบอนุญาตของ กกพ. (Licensing procedure) จึงแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การให้ใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า ใบอนุญาต ร.ง.4 และใบอนุญาต อ.1 (กรณีเข้าข่าย) ก่อนเริ่มก่อสร้างสถานประกอบกิจการ กับ 2) การให้ใบอนุญาต พค.2 ก่อนเริ่มประกอบกิจการ พร้อมทั้งมีรายการ ข้อกำหนดให้ผู้ประกอบกิจการดำเนินการก่อนยื่นคำขอรับใบอนุญาตด้วย (Pre-Licensing procedure) ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 7.9 และรูปที่ 7.10



รูปที่ 7.9 ผังขั้นตอนการขอใบอนุญาตก่อนเริ่มก่อสร้างสถานประกอบกิจการ



รูปที่ 7.10 ขั้นตอนการขอใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า

7.2.2 ขั้นตอนการยื่นคำขอและการอนุญาตการประกอบกิจการไฟฟ้าในภาพรวม

[การยื่นคำขอรับใบอนุญาตตามมาตรา 47 และ 48]

1) ให้ผู้ที่ประสงค์จะประกอบกิจการไฟฟ้ายื่นแบบคำขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้าพร้อมกับแบบคำขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (ร.ง.3) ตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน และแบบคำขอรับใบอนุญาตก่อสร้าง หรือดัดแปลงอาคาร (ข.1) หรือแบบแจ้งตามมาตรา 39 ทวิ ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารและเอกสาร หลักฐานเพื่อประกอบการพิจารณาอนุญาต ต่อสำนักงานหรือยื่นผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของสำนักงาน ก่อนเริ่มก่อสร้างสถานประกอบกิจการ ทั้งนี้ เป็นไปตามหลักเกณฑ์ของกฎหมายว่าด้วยการนั้น อนึ่ง หากกิจการไฟฟ้า เข้าข่ายได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้าตามที่กำหนดไว้ในพระราชกฤษฎีกา ให้ยื่นเฉพาะ แบบคำขอรับ

ใบอนุญาตตามมาตรา 48 ได้แก่ คำขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน หรือคำขอรับใบอนุญาตก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคาร หรือแบบแจ้งตามมาตรา 39 ทวิ ก่อนเริ่มก่อสร้างสถานประกอบกิจการ

2) กรณีที่ประสงค์จะประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าและได้รับการตอบรับซื้อไฟฟ้าหรือมีสัญญาซื้อขายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าแล้ว ให้ยื่นคำขอดังกล่าวได้ก่อนเริ่มก่อสร้างสถานประกอบกิจการ

3) ก่อนยื่นคำขอดังกล่าว ผู้ที่ประสงค์จะประกอบกิจการไฟฟ้า ต้องดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องตามกฎหมายอื่น อาทิ กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อม การมีส่วนร่วมของชุมชนหรือผู้มีส่วนได้เสีย การตรวจสอบสถานที่ตั้ง โครงการว่าชอบกฎหมายว่าด้วยการผังเมืองและกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร ตลอดจนได้มีการจัดหาการสนับสนุนด้านการเงินเพื่อแสดงการมีศักยภาพในการประกอบกิจการพลังงาน เป็นต้น ทั้งนี้ เพื่อใช้เป็นเอกสารหลักฐานประกอบการพิจารณาคำขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้าของ กกพ.

[การปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไขการขอรับใบอนุญาตตามมาตรา 47]

4) ในกรณีที่การประกอบกิจการไฟฟ้าเข้าข่ายเป็นโครงการ EHIA ตามที่กฎหมายกำหนดให้ผู้ขอรับ ใบอนุญาตยื่นรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมสำหรับโครงการ EHIA ที่ผ่านความเห็นชอบหรือผ่านการให้ความเห็นจากคณะกรรมการผู้ชำนาญการตามมาตรา 49 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 แล้ว และให้สำนักงานจัดให้มีการดำเนินการรับฟังความคิดเห็นของประชาชน และผู้มีส่วนได้เสียต่อไป

ทั้งนี้ ในการจัดให้มีกระบวนการรับฟังความคิดเห็นของประชาชนและผู้มีส่วนได้เสีย ให้ผู้ขอรับใบอนุญาต เป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายตามประกาศ กกพ. เรื่อง กำหนดอัตราค่าบริการ และหลักเกณฑ์ เงื่อนไขในการจัดให้มีกระบวนการรับฟังความคิดเห็นของประชาชนและผู้มีส่วนได้เสียสำหรับโครงการหรือกิจการที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อชุมชนอย่างรุนแรงทั้งด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติ และสุขภาพ พ.ศ. 2558

5) ตั้งแต่เริ่มพัฒนาโครงการผู้ยื่นคำขอรับใบอนุญาตจะต้องปฏิบัติให้เป็นไปตามประกาศ กกพ. ดังต่อไปนี้และที่จะประกาศเพิ่มเติมในอนาคตด้วย

(1) ประกาศ กกพ. เรื่อง มาตรการป้องกัน แก้ไข และติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม สำหรับผู้ได้รับการยกเว้นไม่ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ตามกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล (ประเภทเชื้อเพลิงแข็ง)

(2) ประกาศ กกพ. เรื่อง มาตรการป้องกัน แก้ไข และติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม สำหรับผู้ประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จากเทคโนโลยีแผงโฟโตโวลเทอิก ที่เข้าข่ายต้องได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า พ.ศ. 2557

(3) ประกาศ กกพ. เรื่อง มาตรการด้านการออกแบบติดตั้งและการจัดการขยะและกากของเสียสำหรับผู้ประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จากเทคโนโลยีแผงโฟโตโวลเทอิก ที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า พ.ศ. 2557

(4) ประกาศ กกพ. เรื่อง กำหนดระยะห่างที่ตั้งโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม และขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง สำหรับผู้ประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าพลังงานลม

[การจัดทำความเห็นและการพิจารณาอนุญาตของ กกพ. ตามมาตรา 47 และ 48]

6) ในกรณีใบอนุญาตอื่นตามมาตรา 48 ให้สำนักงานตรวจสอบเอกสารเบื้องต้นและจัดส่งให้หน่วยงานเจ้าของกฎหมายเพื่อขอความเห็น และเมื่อได้รับความเห็นจากหน่วยงานต่าง ๆ แล้ว ให้สำนักงานรวบรวมและจัดทำความเห็นประกอบการพิจารณาออกใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า ใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (ร.ง.4) และใบอนุญาตก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคาร (อ.1) เสนอต่อ กกพ. ทั้งนี้ สำหรับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า สำนักงานจะจัดทำความเห็นประกอบการพิจารณาออกใบอนุญาตเสนอต่อ กกพ. เมื่อผู้ยื่นคำขอได้จัดส่งสำเนาสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับการไฟฟ้าให้ครบถ้วนแล้ว

กรณีที่เป็นโครงการ EHIA กกพ. จะต้องนำความเห็นของคณะกรรมการผู้ชำนาญการ องค์กรอิสระ และรายงานผลการรับฟังความคิดเห็นของประชาชนและผู้มีส่วนได้เสียที่ได้ดำเนินการตามข้อ 4 มาประกอบการ พิจารณาอนุญาตตามมาตรา 47 และ

มาตรา 48 ทั้งนี้ สำหรับโครงการหรือกิจการของส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือโครงการร่วมกับเอกชน ซึ่งต้องเสนอขอความเห็นชอบจากคณะรัฐมนตรีจะต้องรอผลการพิจารณาของ คณะรัฐมนตรีประกอบการพิจารณาอนุญาตของ กกพ. ด้วย

7) กรณีตั้งสถานประกอบกิจการในพื้นที่ของการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (กนอ.) ให้ผู้ยื่นคำขอ แสดงใบอนุญาตให้ใช้ที่ดินเพื่อประกอบกิจการในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาประกอบการพิจารณาให้ใบอนุญาต ประกอบกิจการไฟฟ้าของ กกพ. ด้วย และหลังจากที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้าแล้ว ให้ผู้รับใบอนุญาต นำไปแสดงต่อ กนอ. เพื่อประกอบการขอรับใบอนุญาตก่อสร้างอาคารในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมต่อไป

8) ห้ามมิให้ผู้ยื่นคำขอรับใบอนุญาตเริ่มก่อสร้างสถานประกอบกิจการก่อนได้รับใบอนุญาตประกอบ กิจการไฟฟ้า

[การขออนุญาตเปลี่ยนแปลงรายการซึ่งเป็นสาระสำคัญในการประกอบกิจการไฟฟ้าที่เคยได้รับอนุญาต]

9) ในระหว่างพัฒนาโครงการ หากผู้รับใบอนุญาตมีความประสงค์จะเปลี่ยนแปลงรายการซึ่งเป็นสาระสำคัญในการประกอบกิจการไฟฟ้าที่ได้รับอนุญาตไปแล้วจาก กกพ. ทั้งตามมาตรา 47 และมาตรา 48 อาทิ ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง ประเภทเทคโนโลยีและเชื้อเพลิงหรือแหล่งพลังงานต้นกำลัง แผนผังโครงการ รวมทั้ง รายละเอียดโครงการที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น จะต้องยื่นคำขออนุญาตเปลี่ยนแปลง รายการดังกล่าวต่อสำนักงานเพื่อให้ กกพ. พิจารณาเห็นชอบก่อนที่จะดำเนินการ ทั้งนี้ หากเป็นโครงการหรือกิจการ ตามกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม จะต้องดำเนินการตามเงื่อนไขทั่วไปที่ระบุไว้ในรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

หากการเปลี่ยนแปลงรายการดังกล่าวเกี่ยวข้องกับขอบเขตการให้อนุญาตของใบอนุญาตใบใดใบหนึ่งหรือหลายใบตามมาตรา 47 และมาตรา 48 ให้ผู้รับใบอนุญาตจัดทำแบบคำขอแยกตามกฎหมายนั้น ๆ มายื่นพร้อมกันที่สำนักงาน ในกรณีที่เป็นใบอนุญาตอื่นตามมาตรา 48 ให้สำนักงานตรวจสอบเอกสารเบื้องต้นและจัดส่งให้หน่วยงานเจ้าของ

กฎหมายเพื่อให้ความเห็น และเมื่อได้รับความเห็นจากหน่วยงานต่าง ๆ แล้ว ให้สำนักงานรวบรวม และจัดทำความเห็นประกอบการพิจารณาของ กกพ.

[การตรวจสอบสถานประกอบกิจการ การขอใช้อาคารควบคุม และการขอใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม]

10) เมื่อผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้าได้ดำเนินการก่อสร้างสถานประกอบกิจการใกล้แล้วเสร็จและติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการประกอบกิจการเรียบร้อยแล้ว ให้แจ้งความประสงค์พร้อมแสดงรูปถ่าย สถานประกอบกิจการเพื่อให้สำนักงานเข้าตรวจสถานประกอบกิจการ และสำหรับกิจการผลิตไฟฟ้าให้ผู้รับใบอนุญาตยื่นคำขอรับใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม (พค.1) ตามกฎหมายว่าด้วยการพัฒนาและส่งเสริมพลังงานต่อสำนักงานหรือยื่นผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของสำนักงาน ทั้งนี้ สำนักงานอาจมอบหมายให้พนักงาน เจ้าหน้าที่ที่ได้รับการแต่งตั้งจาก กกพ. เข้าตรวจสถานประกอบกิจการในช่วงระยะเวลาก่อสร้างก็ได้

11) กรณีเป็นผู้ได้รับใบอนุญาตก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเคลื่อนย้ายอาคาร หรือเป็นผู้แจ้งตามมาตรา 39 ทวิ ของกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร เมื่ออาคารที่ใช้ในการประกอบกิจการได้ก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเคลื่อนย้าย อาคารแล้วเสร็จตามข้อ 10 ให้แจ้งสำนักงานและราชการส่วนท้องถิ่นทราบด้วยเพื่อให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นตรวจสอบว่าได้ดำเนินการถูกต้องตามที่ได้รับใบอนุญาตหรือที่ได้แจ้งไว้และให้แจ้งความเห็นมายังสำนักงานเพื่อเสนอ กกพ. พิจารณาออกหนังสือรับรองการขอใช้อาคารเพื่อประกอบกิจการพลังงานต่อไป ทั้งนี้ สำนักงานอาจเข้าร่วมตรวจสอบด้วยแล้วแต่กรณี

[การทดลองเดินเครื่องจักรและอุปกรณ์ และการเริ่มประกอบกิจการ]

12) หลังจากที่ได้รับใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม (พค.2) และได้รับความเห็นชอบจากเจ้าของโครงข่าย พลังงานหรือศูนย์ควบคุมระบบไฟฟ้าแล้ว (กรณีจำหน่ายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้า) ผู้รับใบอนุญาตจะสามารถทดลองเดินเครื่องจักรอุปกรณ์โดยเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าได้ ทั้งนี้ เมื่อมีความพร้อมผู้รับใบอนุญาตสามารถ แจ้งเริ่มประกอบกิจการกับสำนักงานได้ต่อไป ทั้งนี้ เป็นไปตามมาตรา 53 แห่งพระราชบัญญัติ

การประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550 และประกาศ กกพ. เรื่อง การกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการเริ่มประกอบกิจการไฟฟ้า พ.ศ. 2552

13) ก่อนเริ่มประกอบกิจการให้ผู้รับใบอนุญาตนำส่งเอกสารหลักฐานที่ได้มีการปรับปรุงให้เป็นปัจจุบันเพิ่มเติมตามที่ได้กำหนดไว้ในเงื่อนไขการให้อนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า อาทิ แผนผังสถานประกอบกิจการ และแบบการติดตั้งเครื่องจักร (As-built drawing) ผังวงจรไฟฟ้าเส้นเดี่ยว (Single line diagram) รายละเอียด เครื่องจักรสำคัญ พร้อมผลการทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้า ซึ่งรวมถึง Heat balance, Mass balance, Water balance และปริมาณมลพิษทางอากาศที่ระบายจากปล่อง ซึ่งได้รับรองอย่างเป็นทางการ หลังจากการทดลองเดินเครื่องและทดสอบระบบ รวมถึงรายละเอียดระบบดับเพลิง เป็นต้น

14) สำหรับกิจการไฟฟ้าที่เข้าข่ายได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า เมื่อได้ก่อสร้าง สถานประกอบกิจการและติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์แล้วเสร็จ ให้แจ้งต่อสำนักงานหรือแจ้งผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของสำนักงานก่อนจะเริ่มประกอบกิจการ ทั้งนี้ เป็นไปตามมาตรา 47 แห่งพระราชบัญญัติการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550 และประกาศ กกพ. เรื่อง การกำหนดให้กิจการพลังงานที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตเป็นกิจการที่ต้องแจ้ง พ.ศ. 2551

15) ให้ผู้ประกอบกิจการผลิตไฟฟ้านำหนังสือรับแจ้งเริ่มประกอบกิจการหรือหนังสือรับแจ้งการประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตที่สำนักงานออกให้เป็นหลักฐานไปแสดงต่อการไฟฟ้าก่อน เริ่มประกอบกิจการและจำหน่ายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้า ทั้งนี้ ให้การไฟฟ้าพิจารณาหนังสือดังกล่าวเป็น เอกสารสำคัญในการให้เริ่มต้นซื้อขายไฟฟ้าด้วย

16) กรณีที่ผู้รับใบอนุญาตไม่สามารถเริ่มประกอบกิจการไฟฟ้าได้ตามที่แจ้งไว้ ให้แจ้งปรับปรุงวันที่เริ่ม ประกอบกิจการตามข้อเท็จจริงพร้อมชี้แจงเหตุผลให้สำนักงานทราบเป็นลายลักษณ์อักษรมาพร้อมกับสำเนาหลักฐานการแจ้งยืนยันวันที่และเวลาเริ่มประกอบกิจการเชิงพาณิชย์จากการไฟฟ้าด้วย ภายในหกสิบวันนับจากวันที่เริ่ม ประกอบกิจการไฟฟ้า (กรณีจำหน่ายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้า)

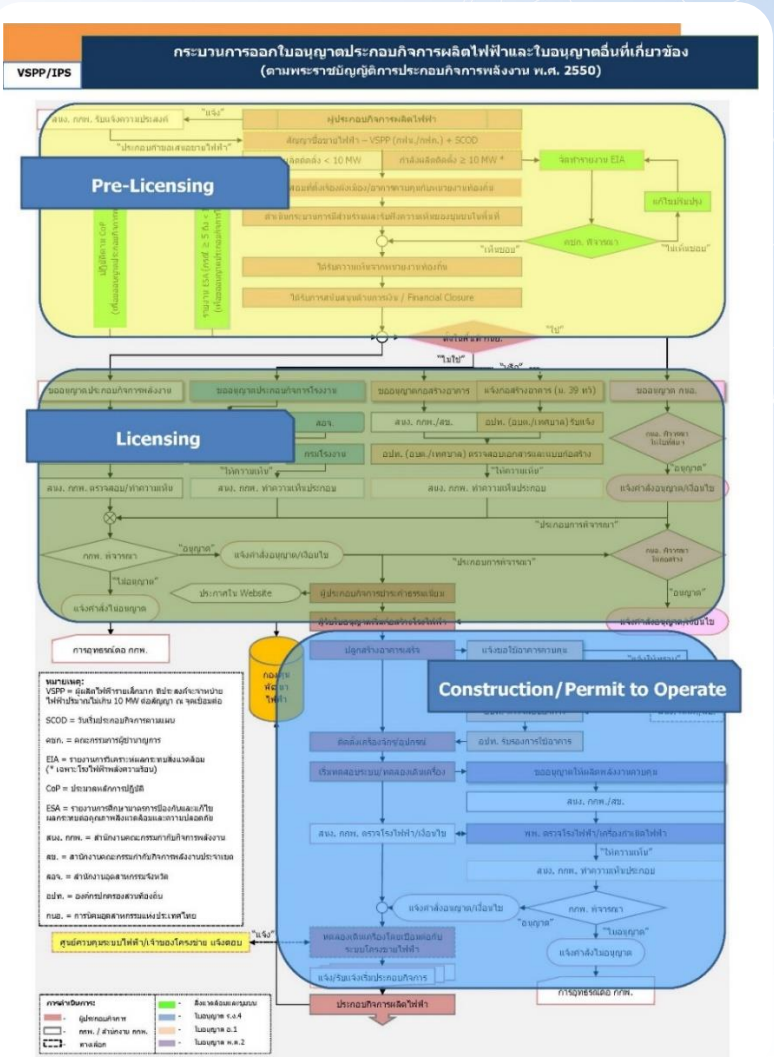
7.2.3 กระบวนการยื่นคำขอและการอนุญาตการประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าจำแนกตามประเภทวัตถุประสงค์ของการประกอบกิจการ ข้อมูลดังตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7.4 กระบวนการยื่นคำขอและการอนุญาตการประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าจำแนกตามประเภทวัตถุประสงค์ของการประกอบกิจการ

ประเภท	วัตถุประสงค์ของการประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า	ระบบ
1.	ภาพรวมของกระบวนการออกใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า	
2.	ผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ที่มีสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับ กฟผ. (IPP)	On grid
3.	ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก ที่มีสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับ กฟผ. ($SPP_{Firm\ contract}$) หรือเพื่อจำหน่ายให้ผู้ใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม (IPS)	On / Off grid
4.	ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก ที่มีสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับ กฟผ. ($SPP_{Non\ -\ Firm\ contract}$) หรือเพื่อจำหน่ายให้ผู้ใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม (IPS)	
5.	ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมาก ที่มีสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับ กฟน. หรือ กฟภ. (VSPP) หรือเพื่อจำหน่ายให้ผู้ใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม (IPS)	
6.	ผู้ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในกิจการของตนเอง (IPU)	Off grid

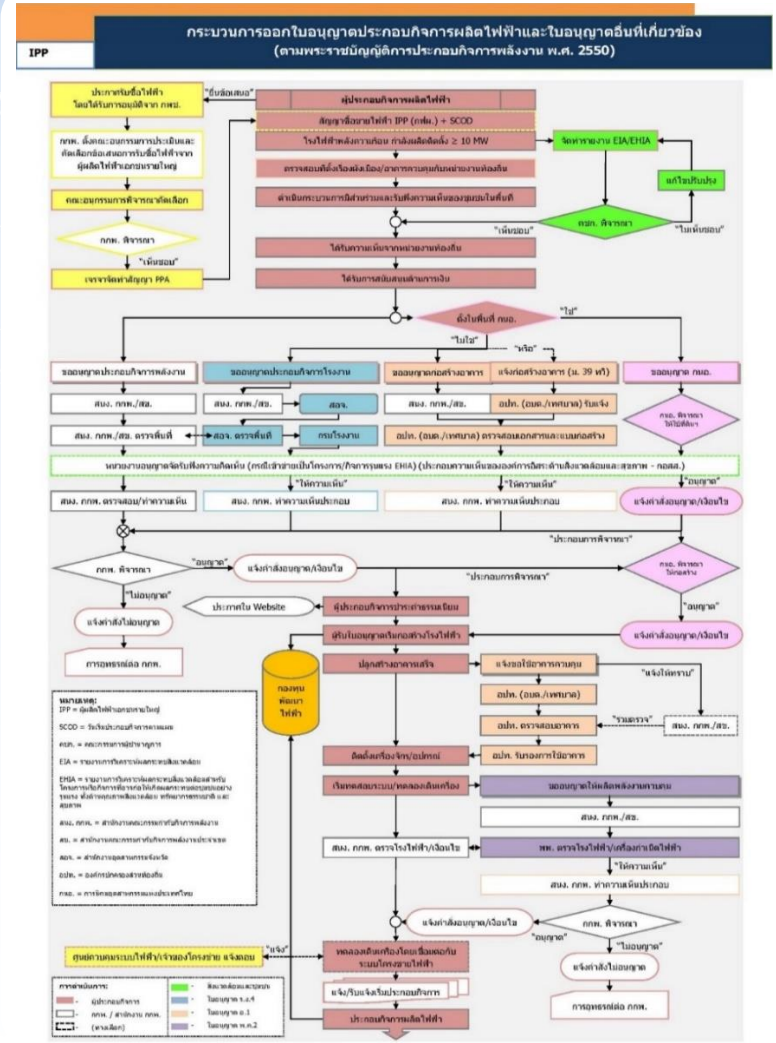
หมายเหตุ: IPP : Independent power producer
SPP : Small power producer
VSPP : Very small power producer
IPS : Industrial power supplier
IPU : In - Plant utility

1. ภาพรวมของกระบวนการออกใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า ดังรูปที่ 7.11



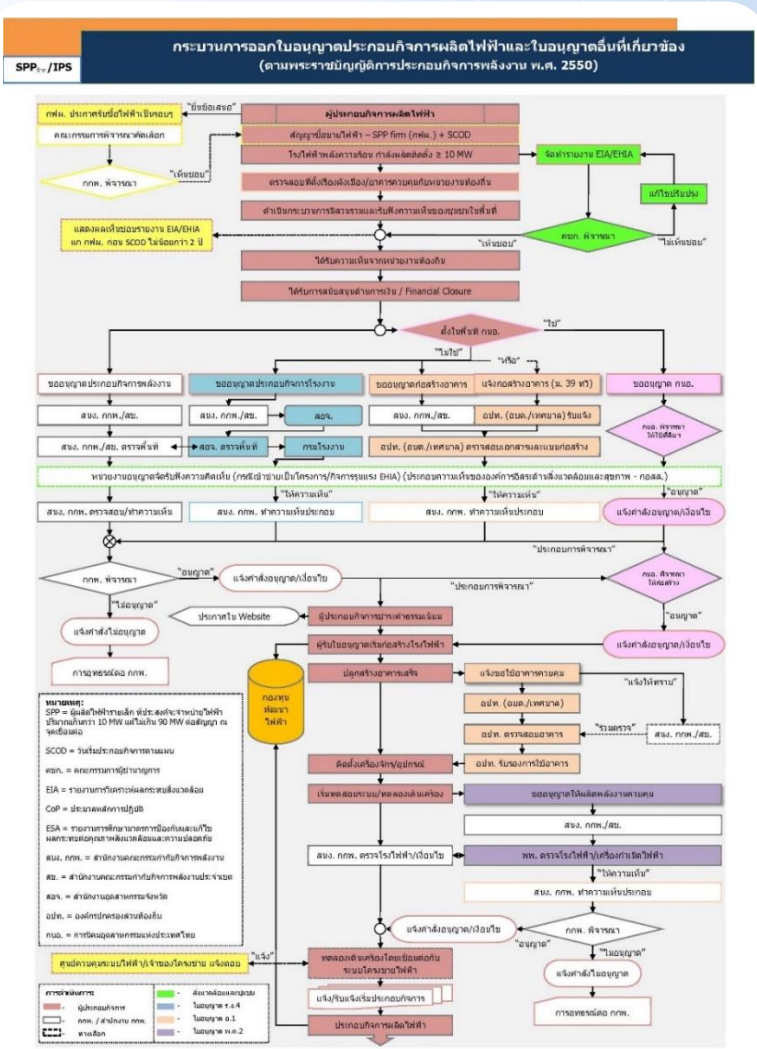
รูปที่ 7.11 ภาพรวมของกระบวนการออกใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า

2. ผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ที่มีสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับ กฟผ. (IPP) ดังรูปที่ 7.12



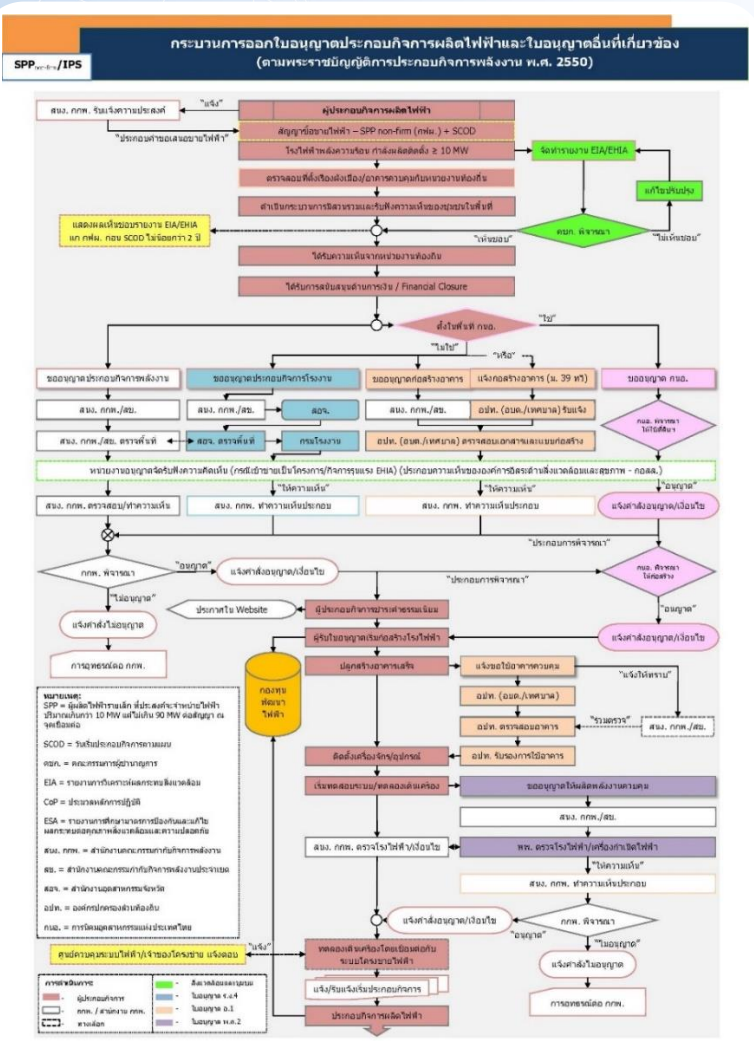
รูปที่ 7.12 ผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ที่มีสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับ กฟผ. (IPP)

3. ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก ที่มีสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับ กฟผ. ($SPP_{Firm\ contract}$) หรือเพื่อจำหน่ายให้ผู้ใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม (IPS) ดังรูปที่ 7.13



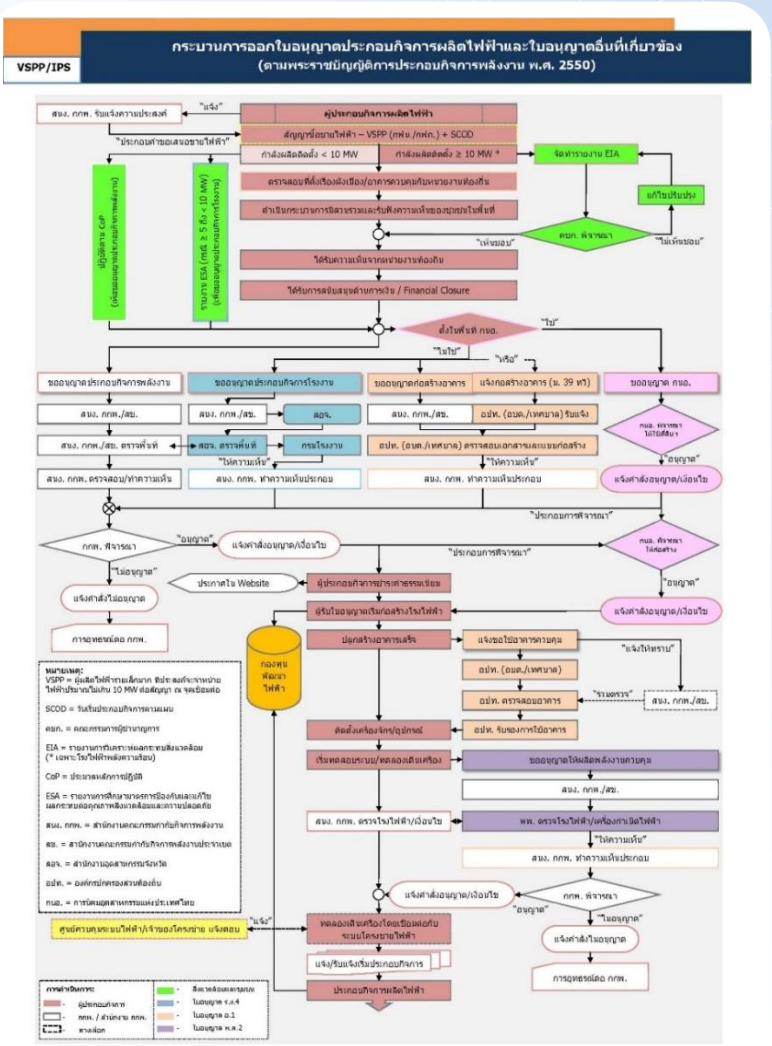
รูปที่ 7.13 ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก ที่มีสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับ กฟผ. (SPPFirm contract) หรือเพื่อจำหน่ายให้ผู้ใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม (IPS)

4. ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก ที่มีสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับ กฟผ. ($SPP_{Non\ -\ Firm\ contract}$) หรือเพื่อจำหน่ายให้ผู้ใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม (IPS) ดังรูปที่ 7.14



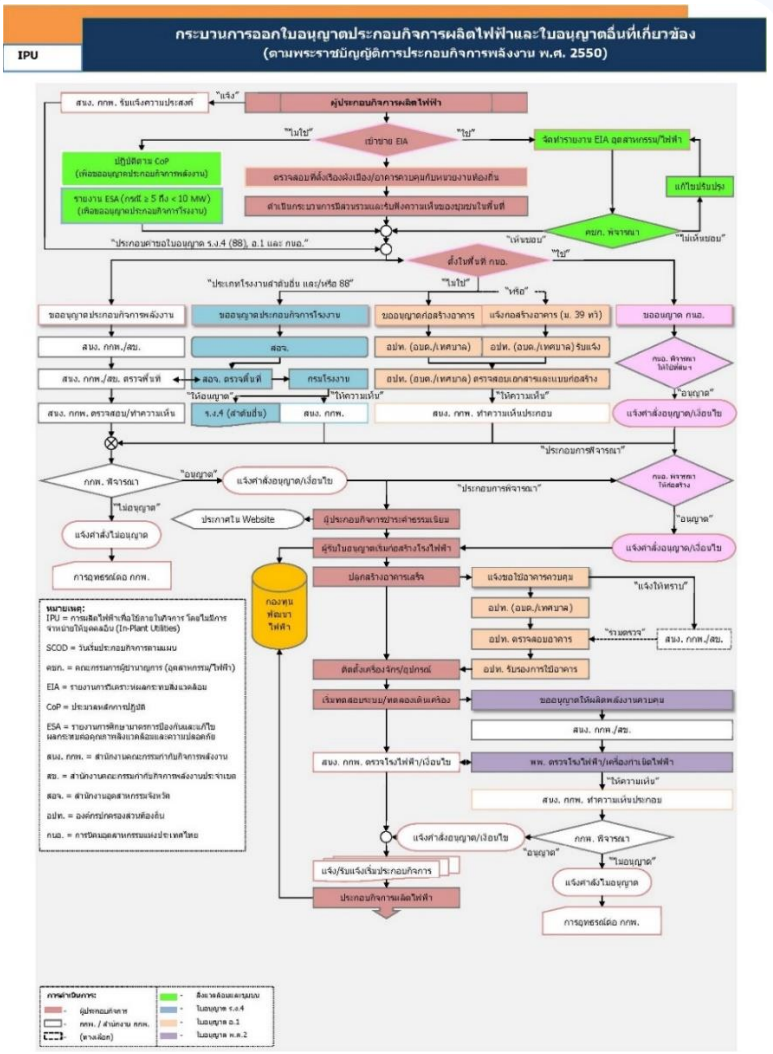
รูปที่ 7.14 ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก ที่มีสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับ กฟผ. (SPPNon - Firm contract) หรือเพื่อจำหน่ายให้ผู้ใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม (IPS)

5. ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมาก ที่มีสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับ กฟน. หรือ กฟภ. (VSPP) หรือเพื่อจำหน่ายให้ผู้ใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม (IPS) ดังรูปที่ 7.15



รูปที่ 7.15 ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมาก ที่มีสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับ กฟน. หรือ กฟภ. (VSPP) หรือเพื่อจำหน่ายให้ผู้ใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม (IPS)

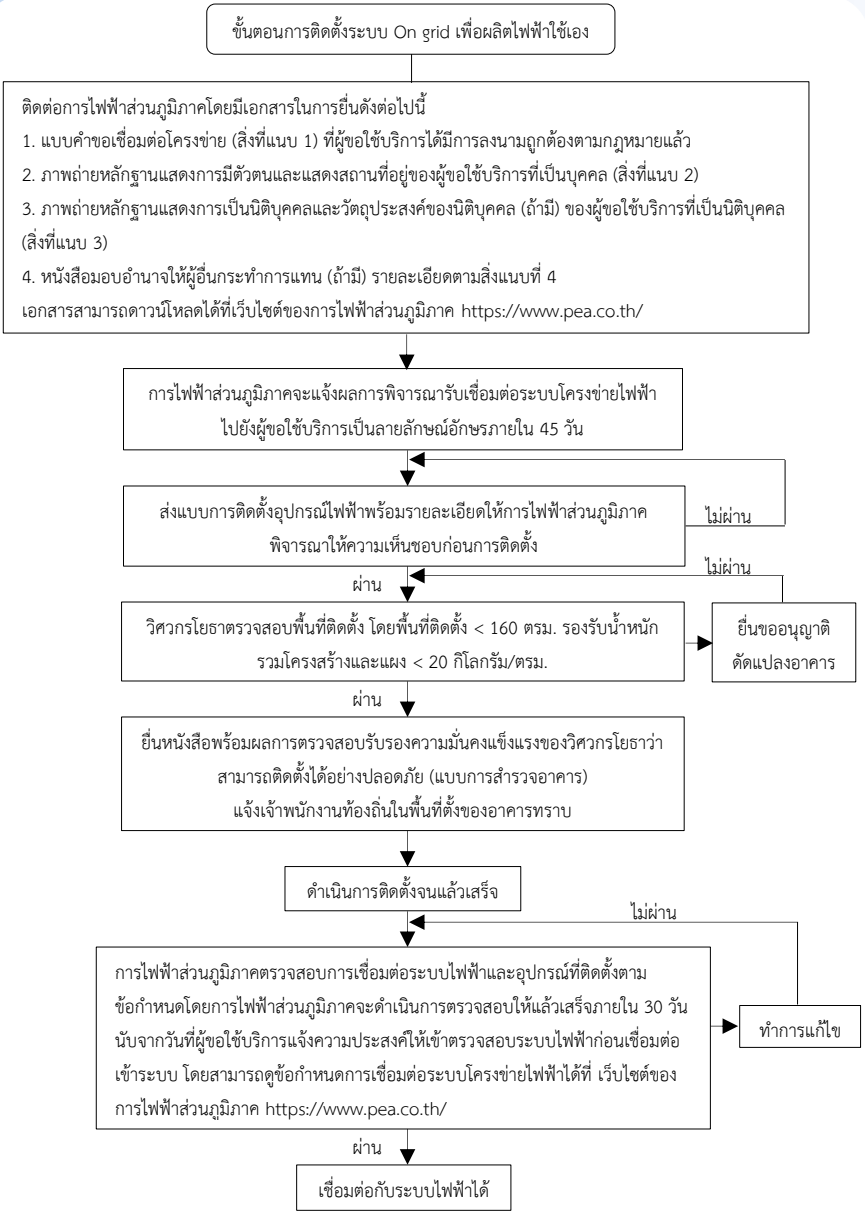
6. ผู้ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในกิจการของตนเอง (IPU) ดังรูปที่ 7.16



รูปที่ 7.16 ผู้ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในกิจการของตนเอง (IPU)

7.2.3 อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าไหลย้อน (Zero export controller) หรือตัวหรี่ของอินเวอร์เตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่แก้ไขปัญหาการ Relay protection ที่ตรวจจับกระแสไหลย้อนกลับ แล้วสั่งตัดที่เมนเบรกเกอร์ของ MDB ในระบบโซลาร์เซลล์ สรุปรวม ๆ คือ ฟังก์ชั่น Zero export ย้อนกลับต้องเป็นศูนย์ หรือตัวหรี่กำลังการผลิตของอินเวอร์เตอร์ให้เป็นไปตามสภาวะการใช้ไฟฟ้าของโหลด (อุปกรณ์ไฟฟ้า) รวมภายในบ้าน บริษัท หรือโรงงานที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ในช่วงขณะเวลานั้น ๆ การเลือกใช้ Zero export เพราะต้นทุนถูกกว่า แต่ก็ต้องดูด้วยว่า อินเวอร์เตอร์ และ Zero export ขึ้น List MEA (กฟน.) แล้วและต้องยื่น Data sheet ของ CT ที่นำมาใช้งานด้วย ซึ่งข้อดีของ Zero export คือ หากไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์เหลือ ก็ไม่ไหลย้อนกลับ จนไปตัดเมนเบรคเกอร์ของโซลาร์เซลล์ โดยการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ออกข้อกำหนดในการขอขนานไฟต้องติด “อุปกรณ์ป้องกันไฟไหลย้อนกลับ” สำหรับผู้ที่ติดโซลาร์ใช้เอง การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) แจ้งว่า สำหรับขอขนานแรงต่ำ ถ้าจุดติดตั้งไม่เกิน 15% ของพิกัดหม้อแปลงจำหน่าย ไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการไหลย้อน แต่ถ้าเกิน 15% ต้องติดอุปกรณ์กันย้อน ซึ่งอุปกรณ์ที่ถูกกฎการไฟฟ้าฯ มี 2 ชนิดคือ Reverse power relay และ Zero export controller ส่วนการขอขนานแรงสูงต้องมีอุปกรณ์ป้องกันทุกกรณี รายชื่อผลิตภัณฑ์อุปกรณ์ควบคุมการจ่ายไฟไหลย้อนเข้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้า (Zero export controller) ที่ผ่านการตรวจสอบจากการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) สามารถดาวน์โหลดข้อมูลได้ที่เว็บไซต์การไฟฟ้านครหลวง https://www.mea.or.th

สำหรับขั้นตอนการขออนุญาตติดตั้งระบบ On-grid ในการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้เอง มีขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 7.17



รูปที่ 7.17 ขั้นตอนการขออนุญาตติดตั้งระบบ On-grid เพื่อผลิตไฟฟ้าใช้เอง [37]

7.3 โครงการสนับสนุนที่เกี่ยวข้อง

โครงการสนับสนุนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มีรายละเอียดดังนี้

1) โครงการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแบบมุ่งเป้า (หน่วยงานด้านสาธารณสุข) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

2) โครงการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแบบมุ่งเป้า (หน่วยงานด้านการศึกษา) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

3) โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับกลุ่มโรงเรียน สถานศึกษา โรงพยาบาล และสูบน้ำเพื่อการเกษตร (โครงการนำร่อง) พ.ศ. 2564

(สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ เว็บไซต์ สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) https://pdf.erc.or.th/Index) [38]

4) โครงการให้บริการระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar rooftop) เป็นโครงการของหน่วยงานการไฟฟ้านครหลวง โดยการไฟฟ้านครหลวง กฟน. ลงทุนและเป็นเจ้าของอุปกรณ์ มีการดูแลบำรุงรักษาตลอดอายุสัญญา และใบอนุญาตที่เกี่ยวข้องออกในนามชื่อผู้เข้าร่วมโครงการ การไฟฟ้านครหลวงเป็นเจ้าของระบบฯ เมื่อครบสัญญาสามารถทำสัญญาใหม่ได้ ผลประโยชน์ของการเข้าร่วมโครงการฯ จากการติดตั้งระบบฯ จะได้รับส่วนลดค่าไฟฟ้าเฉพาะหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ตามอัตราค่าไฟฟ้าในปีนั้น ๆ ตลอดอายุสัญญา

5) โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลัง สำหรับกลุ่มโรงเรียน สถานศึกษา โรงพยาบาล และสูบน้ำเพื่อการเกษตร พ.ศ. 2565 การจัดหาไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับกลุ่มโรงเรียน สถานศึกษา โรงพยาบาล และสูบน้ำเพื่อการเกษตร ที่ติดตั้งแผงเซลล์ผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา โดยติดตั้งเพื่อใช้เองเป็นหลักและขายส่วนที่เหลือให้กับ MEA ในอัตรารับซื้อไฟฟ้า 1 บาท/หน่วย โดยมีระยะเวลารับซื้อไฟฟ้า 10 ปี

(สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ เว็บไซต์ของ การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) https://www.mea.or.th/home) [39]

6) โครงการโซล่าเซลล์ ภาคประชาชน ปี 2565 โดยกำหนดให้บ้านพักอาศัย ที่ใช้ไฟแบบ 1 เฟส ติดตั้งโซล่าเซลล์ขายไฟได้สูงสุด 5 กิโลวัตต์ (กิโลวัตต์สูงสุด) โดยดูจากขนาดรวมของแผงโซล่าเซลล์ บ้านพักอาศัย ที่ใช้ไฟแบบ 3 เฟส ติดตั้งโซล่าเซลล์ขายไฟได้สูงสุด 10 กิโลวัตต์ (กิโลวัตต์สูงสุด) โดยดูจากขนาดรวมของแผงโซล่าเซลล์ ทั้งนี้มีโควตาให้การไฟฟ้านครหลวงรับซื้อไฟได้ 5 เมกะวัตต์ และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาครับซื้อไฟได้ 5 เมกะวัตต์ โควต้ารวมทั้ง 2 การไฟฟ้าฯ 10 เมกะวัตต์ เต็มครบหมดแล้ว ดังนั้น เมื่อวันที่ 21 มีนาคม 2566 คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานได้ออกประกาศ ฉบับใหม่ เรื่อง ประกาศเชิญชวนรับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2566 โดยสรุปสาระสำคัญประกาศโครงการโซล่าเซลล์ ภาคประชาชน อนุมัติต่อโครงการโดย คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานกำหนดระยะเวลาโครงการ ปี 2564 - 2573 ขยายเพิ่มเป็น 90 เมกะวัตต์ อัตรารับซื้อไฟเท่าเดิม คือ 2.2 บาท/หน่วย

7) แนวทางการปฏิบัติเพื่อขอรับการสนับสนุนเงิน จากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน กลุ่มงานส่งเสริมอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทนเศรษฐกิจฐานราก ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 มีเทคโนโลยีพลังงานทดแทนหรือการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสม เช่น ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับพื้นที่ห่างไกลทุรกันดารที่ไฟฟ้ายังเข้าไม่ถึง ไม่มีไฟฟ้า (Off grid) ได้แก่ บ้านที่พักอาศัย โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ศูนย์สุขภาพชุมชน และโรงเรียนในสังกัดของรัฐบาล

ทั้งนี้ โครงการสนับสนุนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับหน่วยงานในภาครัฐ ตามที่ได้รวบรวมข้อมูลและได้นำเสนอไปแล้วนั้น อาจเป็นโครงการที่มีการสนับสนุนไปแล้วหรือกำลังดำเนินการให้การสนับสนุน เพื่อเป็นการตรวจสอบข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน ดังนั้น หน่วยงานที่สนใจเข้ารวมโครงการฯ ควรเข้าไปตรวจสอบข้อมูลเพื่อความถูกต้องและเป็นข้อมูลปัจจุบัน ได้ที่เว็ปไซต์ของหน่วยงานที่ให้การสนับสนุน ที่ระบุไว้ภายใต้โครงการฯ

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561 – 2580 (Alternative Energy Development Plan: AEDP 2018)

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. รายงานฉบับสมบูรณ์ พัฒนาปรับปรุงแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย มหาวิทยาลัยศิลปากร กันยายน 2565

[3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. รายงานสถานภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ของประเทศไทยปี 2563

[4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. รายงานสถานภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยปี 2559-2560

[5] สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน. คู่มือการขอรับการส่งเสริมการลงทุน 2566

[6] ที่มาข้อมูล : NASA Fact http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/sunfact.html (สืบค้นข้อมูล วันที่ 1 มีนาคม 2566)

[7] ที่มาข้อมูล : https://www.l3nr.org/posts/449093 (สืบค้นข้อมูล วันที่ 1 มีนาคม 2566)

[8] ที่มาข้อมูล : http://www.cambridgeforecast.org/MIDDLEEAST/ENERGY-BUDGET.html (สืบค้นข้อมูล วันที่ 1 มีนาคม 2566)

[9] นภัทร วัจนเทพินทร์ (2554) การติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยตัวเอง, สกายบุ๊ก, ปทุมธานี

[10] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. หลักสูตรเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โครงการพัฒนาบุคคลากรด้านเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์

[11] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ การถ่ายทอดและเผยแพร่การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ กองถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี

[12] ที่มาข้อมูล : https://solaranalytica.com/wp-content/uploads/2022/01/BNEF-PV-Module-Tier-1-List-Methodology.pdf (สืบค้นข้อมูล วันที่ 15 สิงหาคม. 2566)

[13] ที่มาข้อมูล : http://www.solar-thailand.com/ (สืบค้นข้อมูล วันที่ 1 มีนาคม 2566)

[14] นครินทร์ รินพล (2558) คู่มือการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เบื้องต้น

[15] ที่มาข้อมูล : https://solarsmileknowledge.wordpress.com/ (สืบค้นข้อมูล วันที่ 1 มีนาคม 2566)

[16] ที่มาข้อมูล : https://www.mreport.co.th/experts/business-and-management/347-Solar-cell-Thailand-Overview (สืบค้นข้อมูลวันที่ 15 สิงหาคม 2566)

[17] ที่มาข้อมูล : https://solarcellguru.com/solar-cell-permission/ (สืบค้นข้อมูล วันที่ 15 สิงหาคม. 2566)

[18] ที่มาข้อมูล : http://enhrd.dede.go.th/ข้อมูลพื้นฐานในการติด/ (สืบค้นข้อมูล วันที่ 15 สิงหาคม 66)

[19] เอกสารแนะนำการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์ ของบริษัท SMA Solar Technology AG ประเทศ Germany

[20] ระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (2551). ระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า พ.ศ. 2551, ธันวาคม 2551

[21] ประกาศการไฟฟ้านครหลวง (2551). ประกาศการไฟฟ้านครหลวง เรื่อง ข้อกำหนดการเชื่อมต่อ การใช้บริการ และการปฏิบัติการระบบโครงข่ายไฟฟ้า, ธันวาคม 2551

[22] ประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (2558). เอกสารแนบหมายเลข 6 ข้อกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ อุปกรณ์และการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar PV rooftop), กุมภาพันธ์ 2558

[23] มอก. 2572 (2555). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม – การติดตั้งทางไฟฟ้าระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

[24] ที่มาข้อมูล : https://www.nexte.co.th/2021/08/24/rapid-shutdown/ (สืบค้นข้อมูล วันที่ 15 สิงหาคม 2566)

[25] Fred Martin (TUV Rheinland Group). PV power plant, quality safety and performance evaluation and certification. German-Thai Chamber of Commerce. 17 Oct 2014. access via http://thailand.ahk.de, 7 February 2015

[26] Skytron. Power plant monitoring for reliability performance and safe investment. German-Thai Chamber of Commerce. 13 Oct 2014. access via http://thailand.ahk.de, 7 February 2015

[27] ที่มาข้อมูล : https://www.changfi.com/fix/2022/02/21/14901/ และ https://www.beny.com/th/firefighting-solar-panels-all-you-need-to-know/ (สืบค้นข้อมูล วันที่ 15 สิงหาคม 2566)

[28] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทนชุดที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์ (2556)

[29] คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, การรับซื้อไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา กันยายน 2556

[30] ที่มาข้อมูล: https://procurement.energy.go.th/southern-thailand/23572 (สืบค้นข้อมูล วันที่ 30 สิงหาคม 2566)

[31] ที่มาข้อมูล : https://www4.egat.co.th/fprocurement/biddingeng/main/2646 (สืบค้นข้อมูล วันที่ 30 สิงหาคม 2566)

[32] คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, การผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV rooftop) ไม่ถือเป็นโรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้า มีนาคม 2557

[33] คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, การรับซื้อไฟฟ้าจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา ประเภทบ้านอยู่อาศัย (สำหรับการรับซื้อไฟฟ้าเพิ่มให้ครบ 100 เมกะวัตต์) กุมภาพันธ์ 2558

[34] สกลธ์ คล่องบุญจิต (2549). เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[35] อัจฉรา ชีวะตระกูลกิจ, การประเมินความคุ้มค่าของโครงการ, เอกสารประกอบการสอน, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, มปป.

[36] คู่มือการขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า ใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า ระบบจำหน่ายไฟฟ้า และจำหน่ายไฟฟ้า ; สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน

[37] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ การถ่ายทอดและเผยแพร่การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ กองถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี

[38] ที่มาข้อมูล : เว็บไซต์ สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) https://pdf.erc.or.th/Index (สืบค้นข้อมูล วันที่ 1 มีนาคม 2566)

[39] ที่มาข้อมูล : เว็บไซต์ การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) https://www.mea.or.th/home (สืบค้นข้อมูล วันที่ 1 มีนาคม 2566)