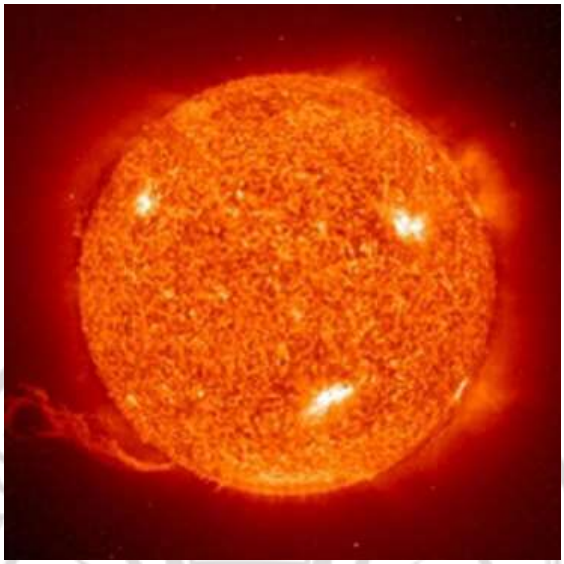
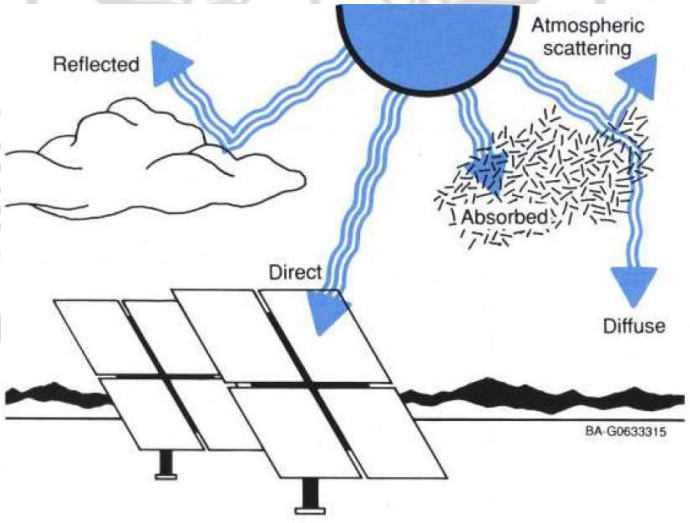
# บทที่ 2
# แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**พลังงานแสงอาทิตย์**

พลังงานแสงอาทิตย์ ถือเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญที่สุด เป็นพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพสูง ไร้มลพิษ ใช้ได้ไม่มีที่สิ้นสุด ทั้งยังเป็นต้นกำเนิดของพลังงานหมุนเวียนในรูปอื่น ๆ ด้วย โดยเฉพาะพลังงานลม พลังงานน้ำ ดวงอาทิตย์ปล่อยพลังงานได้มากมายมหาศาลและต่อเนื่องแทบไม่มีวันหมดสิ้น โลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ในรูปของรังสีถึงประมาณ 174,000 เทระวัตต์ภายในหนึ่งชั่วโมง หรือเกือบเท่ากับพลังงานทั้งหมดที่โลกใช้ตลอดปี ในจำนวนนี้ 30 เปอร์เซ็นต์ จะถูกสะท้อนกลับไปในอวกาศ ส่วนที่เหลือจะถูกดูดซับโดยกลุ่มเมฆ ทะเล และพื้นดิน ศักยภาพทางพลังงานที่สูง ปัจจุบันการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ได้ 2 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่ การผลิตไฟฟ้า และการผลิตความร้อน (สุริยนต์ ชมดี, 2558 : 14) ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ที่มีลักษณะเป็นกลุ่มก๊าซร้อนรูปทรงกลมที่มีความหนาแน่นสูง มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1.39 ล้านกิโลเมตร มีมวลเท่ากับ 1.99 x 1,030 กิโลกรัม และมีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1,410 กิโลกรัม/ลูกบาศก์ พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาการแตกตัวหลายชนิด ปฏิกิริยาที่สำคัญที่สุดปฏิกิริยาหนึ่งคือการรวมตัวกันของไฮโดรเจนเป็นฮีเลียม ปฏิกิริยาดังกล่าวจะทำให้มวลบางส่วนของไฮโดรเจนสูญหายไป มวลส่วนที่หายไปคือมวลที่เปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานซึ่งจะเกิดขึ้นภายในดวงอาทิตย์ที่อุณหภูมิหลายล้านองศาเซลเซียส พลังงานความร้อนนี้จะถ่ายเทมาที่ผิวของดวงอาทิตย์และแผ่ออกสู่อวกาศ ที่ผิวโลกบนพื้นที่ 1 ตารางหลาจะมีพลังงานแสงอาทิตย์เดินทางมาถึงเพียงประมาณ 1.33 แรงม้า หรือ 1 กิโลวัตต์ ในส่วนของประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตร จึงได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ในระดับสูง พลังงาน โดยเฉลี่ยซึ่งรับได้ทั่วประเทศประมาณ 4-4.5 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน เมื่อคิดเป็นปริมาณของพลังงานจากแหล่งเชื้อเพลิงที่มีอยู่ พลังงานแสงอาทิตย์ที่มาถึงโลกในช่วงเวลา 1 เดือนนั้น หากคิดเป็นปริมาณพลังงานก็เท่ากับถ่านหินถึง 18 x 1,012 ตัน ดวงอาทิตย์ถือเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานที่สำคัญที่สุดทั้งทางตรงและทางอ้อมให้แก่โลก พลังงานที่ดวงอาทิตย์ให้แก่โลกทางตรงคือแสงสว่าง ซึ่งมีผลทำให้เกิดความร้อน สร้างความอบอุ่นให้แก่โลก พลังงานทางอ้อมคือดวงอาทิตย์ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีพอยู่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับพืชที่เจริญเติบโต โดยอาศัยการสังเคราะห์แสง ขณะที่มนุษย์ได้อาศัยพลังงานจากต้นไม้ คือการนำมาทำเป็นฟืนและถ่าน นอกจากนั้นเมื่อพืชและสัตว์ตายทับถมกันเป็นเวลานานจะกลายเป็นถ่านหินปิโตรเลียม ซึ่งสามารถนำหลักการย่อยสลายของพืชมาทำเป็นก๊าซชีวภาพได้อีกด้วย (วิระชาญ โขมณี, 2561 : 5) พลังงานจากดวงอาทิตย์แสดงดังภาพที่ 2.1



**ภาพที่ 2.1** พลังงานจากดวงอาทิตย์
**ที่มา :** (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.)

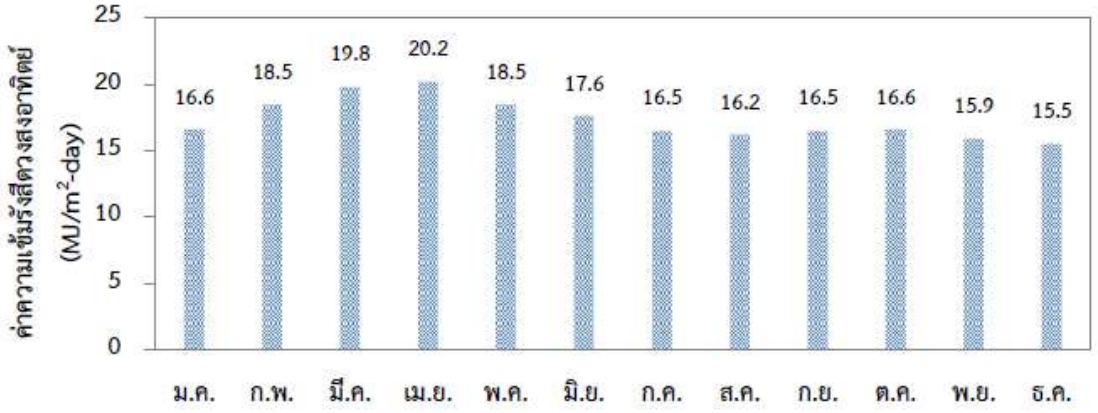



**ภาพที่ 2.2** รังสีดวงอาทิตย์บางส่วนที่ผ่านเข้าสู่ชั้นบรรยากาศ
**ที่มา :** (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.)

รังสีดวงอาทิตย์บางส่วนที่ผ่านเข้าสู่ชั้นบรรยากาศแสดงดังภาพที่ 2.2 พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 1,367 วัตต์ต่อตารางเมตร ส่องตรงมาที่ชั้นบรรยากาศนอกโลก แม้ว่าชั้นบรรยากาศจะดูดซับและสะท้อนรังสีเหล่านี้ แต่ก็ยังมีพลังงานจำนวนมหาศาลที่มาถึงพื้นผิวโลก ปริมาณแสงแดดที่กระทบพื้นโลกแตกต่างกันไปตาม ภูมิภาค ฤดูกาล เวลาของวัน สภาพภูมิอากาศ และมลพิษทางอากาศ เมื่อแสงแดดถึงโลกจะมีการกระจายอย่างไม่สม่ำเสมอในแต่ละภูมิภาค โดยพื้นที่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรจะ

ได้รับรังสีแสงอาทิตย์มากกว่าบริเวณอื่น ๆ แสงแดดจะแตกต่างกันไปตามฤดูกาลในขณะที่แกนหมุนของโลกที่เปลี่ยนไปจะยืดหรือลดระยะเวลาในแต่ละวันเมื่อฤดูกาลเปลี่ยนแปลง ปริมาณพลังงานที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ จะขึ้นอยู่กับพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอยู่ คุณภาพของเซลล์แสงอาทิตย์นั้นว่าสามารถแปลงแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด ซึ่งเรียกว่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ ถูกกำหนดด้วยปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้หารด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้ามาที่แผงนักวิทยาศาสตร์ได้พยายามในการวิจัยและพัฒนาในช่วงหลายปีที่ผ่านมาในการปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้สามารถแข่งขันกับเทคโนโลยีการผลิตพลังงานแบบเดิมได้มากขึ้น (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.)

โครงการพัฒนาปรับปรุงแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทยในปี พ.ศ. 2560 ดำเนินการโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับคำนวณค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่เก็บข้อมูลเป็นเวลา 15 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544-2558 ครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศ พบว่ามีศักยภาพแตกต่างกันตามพื้นที่และขึ้นอยู่กับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ส่วนใหญ่กระจายตัวในช่วง 17-20 เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2563 : 6) ดังแสดงในภาพที่ 2.3



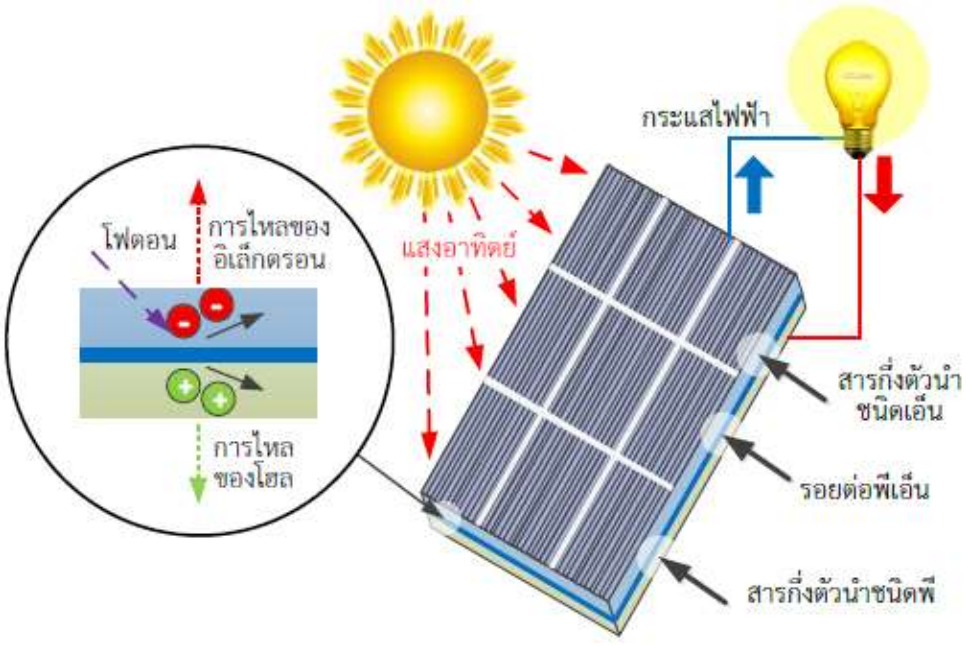

**ภาพที่ 2.3** แผนภูมิแสดงค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั่วประเทศในแต่ละเดือน
**ที่มา :** (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2563 : 6)

**อุปกรณ์ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์**

เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้ากระแสตรง จึงนำกระแสไฟฟ้าไปใช้ได้เฉพาะกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น หากต้องการนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรือเก็บสะสมพลังงานไว้ใช้ต่อไป จะต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นอีก โดยรวมเข้าเป็นระบบที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์สำคัญ ๆ มีดังนี้

**1. เซลล์แสงอาทิตย์**

เซลล์แสงอาทิตย์ หรือ โซลาเซลล์ (อังกฤษ: solar cell) หรือ เซลล์โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic cell) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำซึ่งหน้าที่แปลงพลังงานแสงหรือโฟตอนเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้ปรากฏการณ์โฟโตวอลเทอิก นั่นก็คือ คุณสมบัติของสารเช่น ค่าความต้านทานแรงดันและกระแส จะเปลี่ยนไปเมื่อมีแสงตกกระทบ ปรากฏการณ์ดังกล่าวถูกสาธิตให้ดูครั้งแรกในปี 1839 โดยนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสวัย 19 ปีชื่อ A.E. Becquerel โดยสาธิตว่า เมื่อแสงตกกระทบวัตถุบางอย่างจะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เขาได้ทดลอง โดยการใช้โลหะสองขั้วจุ่มลงในสารละลายอิออน แล้วให้แสงตกกระทบได้แค่ขั้วเดียว จะปรากฏกระแสไฟฟ้าไหลจากขั้วทั้งสอง แสดงให้เห็นถึงกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นในวัตถุ เมื่อมีแสงกระทบเขายังพบด้วยว่าเมื่อเปลี่ยนสีของแสงปริมาณของกระแสไฟฟ้าก็เกิดการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์หรือโซล่าเซลล์ เป็นการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุ ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำที่สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง สามารถแบ่งประเภทโซล่าเซลล์ได้ตามวัสดุที่นำมาผลิตเซลล์ โดยแยกออกเป็น 2 กลุ่ม คือ (1) เซลล์ที่ทำจากซิลิคอน ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ (1.1) ทำจากคริสตอลไลน์ (Crystaline) และ (1.2) ทำจากอามอฟัส (Amorphous) (2) เซลล์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำผสม ปัจจุบันโครงสร้างที่นิยมมากที่สุดของโซล่าเซลล์ ได้แก่ รอยต่อพีเอ็น (P-N Junction) ของสารกึ่งตัวนำซิลิคอน ซึ่งมีราคาถูก และมีมากที่สุด โครงสร้างของโซล่าเซลล์ชนิดซิลิคอน ดังภาพที่ 2.4 (ธีรวุฒิ ไชยธรรม, 2557 : 8)




**ภาพที่ 2.4** เซลล์แสงอาทิตย์
**ที่มา :** (ธีรวุฒิ ไชยธรรม, 2557 : 9)

ข้อดีของเซลล์แสงอาทิตย์ (ธีรวุฒิ ไชยธรรม, 2557 : 10)

1. ใช้พลังงานจากธรรมชาติ คือ แสงอาทิตย์ ซึ่งสะอาดและบริสุทธิ์ ไม่ก่อปฏิกิริยาที่จะทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ

2. เป็นการนำพลังงานจากแหล่งธรรมชาติมาใช้อย่างคุ้มค่า

3. สามารถนำไปใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ทุกพื้นที่ที่มีแสงอาทิตย์ และได้พลังงานไฟฟ้าใช้โดยตรง

4. ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอื่นใดนอกจากแสงอาทิตย์ รวมถึงไม่มีการเผาไหม้ จึงไม่ก่อให้เกิดมลภาวะด้านอากาศและน้ำ

5. ไม่เกิดของเสียขณะใช้งาน จึงไม่มีการปล่อยมลพิษทำลายสิ่งแวดล้อม

6. ไม่เกิดเสียงและไม่มีการเคลื่อนไหวขณะใช้งาน จึงไม่เกิดมลภาวะด้านเสียง

7. เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ และไม่มีชิ้นส่วนใดที่มีการเคลื่อนไหวขณะทำงาน จึงไม่เกิดการสึกหรอ

8. ต้องการการบำรุงรักษาน้อยมาก

9. อายุการใช้งานยืนยาวและประสิทธิภาพค่อนข้างคงที่

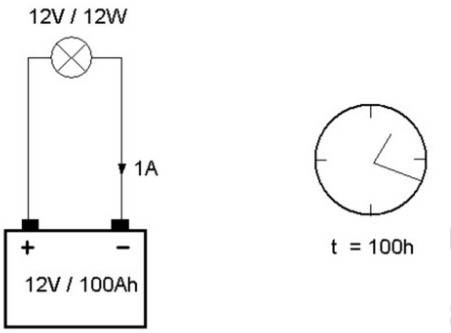
10. เนื่องจากมีลักษณะเป็นโมดูล จึงสามารถประกอบได้ตามขนาดที่ต้องการ

11. ช่วยลดปัญหาการสะสมของก๊าซต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์

**2. แบตเตอรี่**

ในปัจจุบันมีการนำองค์ความรู้เทคโนโลยีทางวิศวกรรมเข้ามาผสมผสานกับระบบพลังงานทดแทน เป็นแรงกระตุ้นที่สำคัญในการพัฒนาประสิทธิภาพของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนด้วยแบตเตอรี่ การพัฒนาเทคโนโลยีการสะสมพลังงานของแบตเตอรี่ให้มีประสิทธิภาพมีความสำคัญในการเพิ่มความมั่นคง และความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้า ข้อดีหลัก ๆ ของการติดตั้งระบบสะสมพลังงานคือ สามารถช่วยลดการจัดสร้างโรงไฟฟ้าสำรองเนื่องมาจากผลกระทบจากช่วงเวลาที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด ช่วยลดค่าความสูญเสียจากเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ โดยลดช่วงเวลาที่เกิดไฟฟ้าดับให้สั้นลง ข้อด้อยของการผลิตไฟฟ้าด้วยการพึ่งพาแสงแดดและพลังงานลม คือการไม่สามารถคาดเดาความเร็วของลมที่พัดผ่านแต่ละช่วงเวลา และรังสีจากแสงแดด ซึ่งทำให้เกิดความผันผวนของการผลิตไฟฟ้า ซึ่งการใช้แบตเตอรี่ติดตั้งในระบบจะส่งผลให้ระบบไฟฟ้ามีความยืดหยุ่นสามารถสะสมพลังงานให้เพียงพอต่อโหลดได้ตลอดทั้งวัน และบริหารจัดการพลังงาน ที่ผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ก่อให้เกิดพลังงานสูญเสียสำหรับในกรณีที่ผลิตไฟฟ้ามากเกินกว่าการใช้โหลดไฟฟ้า สังเกตได้ว่าระบบสะสมพลังงานกลายเป็นกุญแจสำคัญทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมเศรษฐกิจ และการสร้างระบบไฟฟ้าที่ยั่งยืน (สุกัญญา โพธิสุนทร, 2560 ; 14) แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์เก็บสำหรับพลังงานไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้ามีหน่วยวัดเป็น วัตต์ชั่วโมง (Wh) หรือ กิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) โดยแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ส่วนใหญ่เป็นแบตเตอรี่ 12 โวลต์ แบตเตอรี่ขนาดใหญ่สามารถเก็บพลังงานได้มากกว่าแบตเตอรี่ขนาดเล็ก ขนาดของแบตเตอรี่แสดงเป็นความจุ (C) หน่วยเป็นแอมแปร์-ชั่วโมง

(Ah) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.) ข้อมูลจำเพาะของแบตเตอรี่ดังภาพที่ 2.5




**ภาพที่ 2.5** ข้อมูลจำเพาะของแบตเตอรี่
**ที่มา :** (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.)

ระบบสะสมพลังงานชนิดแบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สะสมพลังงานในรูปแบบไฟฟ้าเคมี โดยใช้หลักการเปลี่ยนรูปพลังงานจากพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ในปัจจุบันมีการนำแบตเตอรี่มาใช้ในระบบสะสมพลังงานอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีต้นทุนถูกลงและยังมีการพัฒนาประสิทธิภาพในการสะสมพลังงานให้สูงขึ้น ในปัจจุบันมีแบตเตอรี่ที่นิยมนำมาใช้งานร่วมกับโซล่าเซลล์หลายชนิดเช่น แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด แบตเตอรี่ลิเธียม-ไอออน แบตเตอรี่นิเกิล-แคดเมี่ยม และแบตเตอรี่โซเดียม-ซัลแฟอร์ เป็นต้น (สุกัญญา โพธิสุนทร, 2560 ; 15) ซึ่งแบ่งตามลักษณะของการใช้งานได้เป็น 4 ชนิด ดังนี้ (สมสงวน ปัสสาโก และคนอื่น ๆ, 2561 : 42)

**2.1 แบตเตอร์รี่ปฐมภูมิ (Primary Cell)** เซลล์แบบนี้ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นขณะทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าจะกระทำต่ออิเล็กโทรดอันหนึ่งจนสึกกร่อนไป ปกติแล้วจะเกิดขึ้นกับขั้วลบเป็นแบตเตอร์รี่ที่เมื่อผ่านการใช้งานแล้วไม่สามารถนำกลับมาชาร์จประจุเพื่อกลับมาใช้ใหม่ได้ มีอยู่หลายชนิด เช่น ถ่านอัลคาไลน์ ถ่านลิเทียม เป็นต้น แบตเตอร์รี่แบบนี้มีหลายขนาด ใช้ในวิทยุ นาฬิกา เก็บพลังงานได้สูง อายุการใช้งานสูง แต่เมื่อถูกใช้จนหมดจะกลายเป็นขยะมลพิษ

**2.2 แบตเตอรี่ทุติยภูมิ (Secondary Cell)** เซลล์ชนิดนี้ขณะทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกปฏิกิริยาเคมีจะท้าให้อิเล็กโทรดเปลี่ยนสภาพไปจากเดิม แต่เมื่อทำประจุไฟฟ้าตัวใหม่ โดยการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านเข้าไปในเซลล์ในทิศทางตรงกันข้ามกับการจ่ายกระแสไฟฟ้า ออกจากเซลล์ทำให้แผ่นอิเล็กโทรดกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ และพร้อมที่จะจ่ายกำลังไฟฟ้าออกเพื่อใช้งานได้ต่อไป เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้งานแล้วสามารถนำกลับมาชาร์จประจุเพื่อกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น แบตเตอรี่รถยนต์ แบตเตอรี่มือถือ เป็นต้น

**2.3 แบตเตอรี่เชิงกล** เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้งานแล้วนำกลับมาชาร์จประจุเพื่อกลับมาใช้ใหม่ได้โดยการเปลี่ยนขั้วอิเล็กโทรดขั้วลบของแบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้ว ซึ่งทำให้มีการชาร์จประจุอย่างรวดเร็ว เช่น แบตเตอรี่ชนิดอลูมิเนียม-อากาศ

**2.4 แบตเตอรี่ผสม** เป็นแบตเตอรี่ที่มีเซลล์ของเชื้อเพลิงผสมอยู่ โดยขั้วอิเล็กโทรดข้างหนึ่งเป็นก๊าซและอีกข้างหนึ่งเป็นตัวของมันเอง เช่น แบตเตอรี่ชนิดซิงค์/โบรมีนปัจจุบันนิยมใช้งาน ทั้งแบตเตอรี่แบบปฐมภูมิและทุติยภูมิ ซึ่งส่วนใหญ่มีตะกั่วเป็นส่วนประกอบที่มีคราบเป็นพิษและผลเสียต่อสภาพแวดล้อม แบตเตอรี่ที่เข้ามาแทนแบตเตอรี่ตะกั่วในอนาคต สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

A แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียม (NiCd) แบตเตอรี่ชนิดนี้มีราคาแพงกว่าแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วแต่สามารถชาร์จประจุได้มากครั้งกว่า และอายุการใช้งานยาวนาน

B แบตเตอรี่ชนิดโซเดียม-ซัลเฟอร์ (NaS) เป็นแบตเตอรี่ที่มีความหนาแน่นของพลังงานต่ำ ราคาแพง สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 3500 °C

C แบตเตอรี่ชนิดซิงค์-โบรมีน (ZnBr) เป็นแบตเตอรี่ที่ให้แรงดันไฟฟ้าสูง ราคาถูก อายุการใช้งานที่ยาวนาน เหมาะสำหรับใช้กับรถไฟฟ้า แต่มักมีปัญหาจากการรั่วของประจุที่เก็บ และก๊าซโบรมีนเป็นก๊าซที่อันตราย

D แบตเตอรี่ชนิดวาเนเดียม-รีด็อก (Vanadium-Redox) แบตเตอรี่แบบนี้สามารถชาร์จประจุได้ทันทีเพียงแค่เปลี่ยนอิเล็กโทรไลต์ มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน อัตราการรั่วของประจุต่ำ (สมสงวน ปัสสาโก และคนอื่น ๆ, 2561 : 43)

**2.3 เครื่องสูบน้ำ (Pump)**

เครื่องสูบน้ำเป็นเครื่องมือกลที่ทำหน้าที่เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว เพื่อให้ของเหลวนั้นไหลผ่านระบบท่อจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ตามความต้องการ พลังงานที่นำมาเพิ่มให้แก่ของเหลวนั้นอาจได้มาจากเครื่องยนต์ มอเตอร์ แรงลม แรงคน หรือพลังงานจากแหล่งอื่น ๆ (จรัญญา ปัญญากมลกิจ และคนอื่น ๆ, 2558 : 12-18) ปั๊มที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันได้แก่ ปั๊มแบบหอยโข่ง ปั๊มน้ำแบบจุ่ม ปั๊มน้ำแบบสูบชัก และปั๊มน้ำแบบแรงดัน ปั๊มแต่ละชนิดจะเหมาะสมกับงานแต่ละประเภทที่แตกต่างกัน ดังนี้

**2.3.1 ปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง** (Centrifugal pump) เป็นปั๊มที่เห็นได้ทั่วไปตามท้องตลาดเพราะเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายใช้งานได้เกือบทุกสภาวะพื้นที่และการทำงานของปั๊มชนิดนี้ก็เรียบง่าย ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะมีตัวหอยโข่งติดมากับปั๊มน้ำเลย หรือมีบางรุ่นที่แยกขายเฉพาะตัวหอยโข่งเพื่อนำไปดัดแปลงหรือประยุกต์ใช้งานกับตัวขับเคลื่อนชนิดอื่น ลักษณะของปั๊มแสดงดังภาพที่ 2.6 ข้อดีคือการซ่อมแซมบำรุงรักษาที่ง่าย ข้อเสียของปั๊มน้ำนี้ก็คือกำลังดึงที่น้อยคือไม่เหมาะกับการดึงน้ำจากที่ลึกมาก โดยส่วนใหญ่จะใช้ดึงน้ำจากแหล่งน้ำบริเวณผิวดินหรือความลึกประมาณ 4-8 เมตร ซึ่งก็แล้วแต่กำลังขับเคลื่อนของมอเตอร์ (จรัญญา ปัญญากมลกิจ และคนอื่น ๆ, 2558 : 15)

**ภาพที่ 2.6** ปั๊มหอยโข่ง
**ที่มา :** (จรัญญา ปัญญากมลกิจ และคนอื่น ๆ, 2558 : 15)

**2.3.2 ปั๊มน้ำแบบจุ่มหรือไดโว่** (submersible pump) ปั๊มน้ำชนิดนี้มีข้อดีคือความสะดวก เหมาะสำหรับพื้นที่จำกัด ตัวปั๊มจะต้องอยู่ในน้ำแล้วส่งน้ำขึ้นไปยังพื้นที่ที่ต้องการผ่านสายยางหรือท่อน้ำที่ต่อไว้ ส่วนข้อเสียคือแรงดันน้ำที่ได้ค่อนข้างน้อยและระยะทางในการปั๊มค่อนข้างสั้น (จรัญญา ปัญญากมลกิจ และคนอื่น ๆ, 2558 : 16) ปั๊มน้ำแบบจุ่มดังภาพที่ 2.7

**ภาพที่ 2.7** ปั๊มน้ำแบบจุ่ม
**ที่มา :** (จรัญญา ปัญญากมลกิจ และคนอื่น ๆ, 2558 : 16)

**2.3.3 ปั๊มน้ำแบบสูบชัก (Reciprocating water pump)** ปั๊มน้ำชนิดนี้จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือตัวมอเตอร์ที่เป็นตัวขับเคลื่อนและตัวปั๊มที่ทำหน้าที่สูบดึงน้ำ ข้อดีของปั๊มชนิดนี้คือมีกำลังในการดึงสูงหรือเหมาะสมกับการดึงน้ำจากที่ต่ำขึ้นที่สูงหรือบ่อน้ำที่มีความลึกมาก ส่วนกำลังหรือแรงม้านั้นขึ้นอยู่กับมอเตอร์ที่นำมาใช้ข้อเสียคือ อัตราการสึกหรอที่มากกว่าปั๊มน้ำแบบหอยโข่งซึ่งต้องการดูแลบำรุงรักษาหรืออัดน้ำมันหล่อลื่นบ่อย ๆ (จรัญญา ปัญญากมลกิจ และคนอื่น ๆ, 2558 : 16) ปั๊มน้ำแบบสูบชักแสดงดังภาพที่ 2.8

**ภาพที่ 2.8** ปั๊มน้ำแบบสูบชัก
**ที่มา :** (จรัญญา ปัญญากมลกิจ และคนอื่น ๆ, 2558 : 16)

**2.3.4 ปั๊มน้ำแบบแรงดันหรือปั๊มน้ำแบบอัตโนมัติ (Pressurized water pump)** เป็นปั๊มน้ำที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไปตามบ้านเรือนและที่พักอาศัย ถึงแม้ว่าจะไม่เหมาะสมกับการเกษตรหรือการใช้งานที่ต้องการความแรงของน้ำมากนัก เพราะถังเก็บความดันเองจะเป็นตัวลดความแรงของน้ำ แต่อาจสามารถดัดแปลงหรือเลือกซื้อปั๊มน้ำอัตโนมัติที่มีแรงม้าสูง ๆ มาใช้ในการเกษตรซึ่งก็ได้ผลอยู่ในระดับหนึ่งแต่ข้อเสียคือ ปั๊มน้ำอัตโนมัติมีราคาแพงและยิ่งแรงวัตต์สูงหรือกำลังสูง ๆ ราคาก็ยิ่งแพงขึ้น (จรัญญา ปัญญากมลกิจ และคนอื่น ๆ, 2558 : 17) ปั๊มน้ำแบบแรงดันแสดงดังภาพที่ 2.9

**ภาพที่ 2.9** ปั๊มน้ำแบบแรงดัน
**ที่มา :** (จรัญญา ปัญญากมลกิจ และคนอื่น ๆ, 2558 : 17)

อนุสรณ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สำหรับระบบสูบน้ำที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ กำลังที่ใช้งานจะประมาณ 200-300 วัตต์ ซึ่งโดยมากจะมีการใช้งานในประเทศกำลังพัฒนา สำหรับลักษณะการนำไปใช้งาน ได้แก่ การเกษตร การใช้จ่ายน้ำในหมู่บ้านและการใช้จ่ายน้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์ (พินิจนันท์ สามาอาพัฒน์, 2557 : 29)

1. การใช้จ่ายน้ำเพื่อการเกษตร การใช้จ่ายน้ำเพื่อการเกษตร ลักษณะการใช้งานจะเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการน้ำค่อนข้างมากในแต่ละเดือน อาจจะสูงสุดที่ 100 ลูกบาศก์เมตรต่อวันต่อไร่ และอาจต่ำที่สุดที่ 0 - 100 ลูกบาศก์เมตรต่อวันต่อไร่ ในบางเดือน โดยทั่วไปการใช้น้ำเพื่อ

การเกษตรจะไม่ยกระดับน้ำให้สูงมากนัก เพราะการยกระดับน้ำให้สูงขึ้นจะทำให้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้น ซึ่งบางครั้งอาจจะไม่คุ้มต่อผลผลิตต่อไร่ที่ได้รับ (พินิจนันท์ สามาอาพัฒน์, 2557 : 29)

2. การใช้จ่ายน้ำในหมู่บ้าน การใช้จ่ายน้ำในหมู่บ้าน จะมีลักษณะการใช้งานค่อนข้างคงที่ในแต่ละเดือน โดยระบบทั่วไปมักจะมีถังเก็บน้ำ โดยการบริโภคน้ำจะประมาณ 40 ลิตรต่อวันต่อคนระยะเฮดรวมของระบบจะสูงกว่าน้ำเพื่อการเกษตร อาจจะประมาณ 20 เมตร ความต้องการพลังงานประมาณ 4 เมกกะจูล (1.1 กิโลวัตต์ชั่วโมง) และถ้าช่วงเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง จะต้องการกำลังไฟฟ้าประมาณ 140 วัตต์ (พินิจนันท์ สามาอาพัฒน์, 2557 : 29)

3. การใช้จ่ายน้ำเพื่อการปศุสัตว์การใช้จ่ายน้ำเพื่อการปศุสัตว์ ในประเทศที่กำลังพัฒนาส่วนใหญ่ขนาดของฟาร์มจะอยู่ระหว่าง 0.5-2.0 ไร่ ซึ่งมีความต้องการน้ำอยู่ระหว่าง 20-80 ลูกบาศก์เมตรต่อวันต่อไร่และระยะเฮดรวมอยู่ระหว่าง 5-10 เมตร และต้องการพลังงาน 1-8 เมกกะจูลต่อไร่ ถ้าต้องการจัดเตรียมน้ำไว้ใช้งานมากกว่า 8 ชั่วโมง กำลังเฉลี่ยอยู่ในช่วง 35-280 วัตต์ต่อไร่ (พินิจนันท์ สามาอาพัฒน์, 2557 : 30)

### 2.4 ตัวควบคุมการชาร์จประจุ (Charger controllers)

ตัวควบคุมการชาร์จประจุส่วนใหญ่สามารถทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมโหลดได้ สำหรับโหลดไฟกระแสตรง ควรมีการปลดวงจรเมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าต่ำ เพื่อป้องกันแบตเตอรี่จากการคายประจุลึกเกินไปตัวควบคุมการชาร์จจะมีฟังก์ชันบางอย่าง สามารถกำหนดให้มีการยกเลิกการเชื่อมต่อตามกำหนดเวลาและฟังก์ชันเปิด /ปิด ได้ตามระดับความเข้มแสง ฟังก์ชันนี้สามารถใช้สาหรับเป็นสวิตช์อัตโนมัติสำหรับความเข้มแสงที่ปลอดภัยในตอนเย็นที่มีความเข้มแสงน้อยได้ ตัวควบคุมการชาร์จประจุขั้นสูงจะกำหนดเวลาการ equalization ของแบตเตอรี่ได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งเป็นมาตรการบำรุงรักษาเพื่อยืดอายุแบตเตอรี่ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.) เทคโนโลยีสำหรับตัวควบคุมการชาร์จประจุมี 2 แบบ ได้แก่

1. การปรับความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation, PWM) ซึ่งเป็นเครื่องควบคุมการชาร์จที่พบมากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 2.10 แรงดันไฟฟ้าในการชาร์จประจุของแบตเตอรี่จะถูกกำหนดให้อยู่ในระดับที่ต้องการ โดยการสลับการเปิด/ปิด อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยความถี่สูง

ลิขสิทธิ์ของ พรรณี

**ภาพที่ 2.10** ตัวควบคุมการชาร์จแบบ PWM ยี่ห้อ Victron 12 V 10 Amp
**ที่มา :** (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.)

2. การติดตามกำลังสูงสุด (Maximum Power Point Tracking, MPP หรือ MPPT) ตัวควบคุม MPPT จะควบคุมให้กระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีค่าที่เหมาะสมเพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าเหมาะสมที่สุดในการชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่ ตัวควบคุมชนิดนี้มีราคาแพงกว่าและส่วนใหญ่ใช้สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.) ตัวควบคุมการชาร์จแบบ MPPT ดังภาพที่ 2.11

**ภาพที่ 2.11** ตัวควบคุมการชาร์จแบบ MPPT ยี่ห้อ Victron 12/24 V 20 Amp
**ที่มา :** (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.)

**ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์**

ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์หรือโซล่าเซลล์คืออัตราการแปลงผัน หมายถึงจำนวนพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้ามาจะถูกแปลงผันเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้วประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์เชิงพาณิชย์จะอยู่ในช่วงร้อยละ 11-15 ซึ่งประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ได้รับอิทธิพลจากตัวแปรทั้งหมดดังต่อไปนี้ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.)

1. ประเภทแผงพลังงานโซล่าเซลล์ แต่ละประเภทส่งผลต่อประสิทธิภาพดังนี้

1.1 แผงโซล่าเซลล์แบบโมโนคริสตัลไลน์ทำจากซิลิคอนที่มีความบริสุทธิ์สูงสุด ทำให้เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพที่สุด

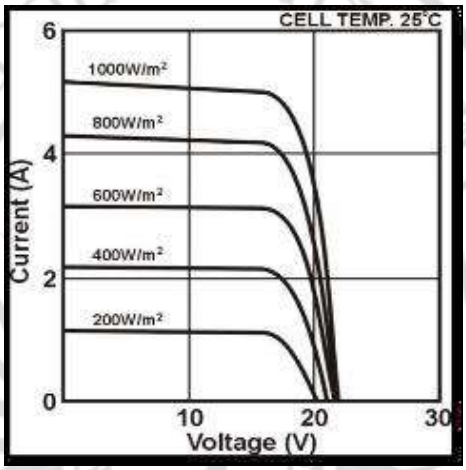
1.2 แผงโซล่าเซลล์ที่ใช้ซิลิคอนโพลีคริสตัลไลน์นั้นมักจะไม่ค่อยมีประสิทธิภาพเท่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ แต่ก็ไม่แตกต่างกันมากนัก

1.3 แผงโซล่าเซลล์แบบฟิล์มบางในปัจจุบันค่อนข้างมีประสิทธิภาพต่ำแต่ก็มีราคาต่ำกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางใช้พื้นที่มากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนหรือโพลี-คริสตัล ซึ่งเป็นสาเหตุที่ไม่เหมาะสำหรับครัวเรือนส่วนใหญ่

2. การยึดและการติดตั้งแผง การยึดและติดตั้งแผงก็เป็นอีกหนึ่งตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพ การติดตั้งแผงจะต้องคำนวณว่าแผงควรจะติดตั้งให้มีความชันและความลาดเอียงจากพื้นกี่องศาและหันหน้าไปทางทิศใด โดยทั่วไปในประเทศไทยจะติดตั้งให้ระนาบแผงเซลล์แสงอาทิตย์หันไปทางทิศใต้ โดยมีความชันประมาณ 15 องศาจากพื้นดิน การยึดและติดตั้งแผงนั้นมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพโดยรวมของแผงหรือทั้งระบบ ถ้าติดตั้งไปผิดทิศหรือความชันแผงจากพื้นไม่เหมาะสม

กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ก็จะลดลงไปอย่างมาก (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป. : 17)

3. ความเข้มของแสง กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กาลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น หรืออีกนัยหนึ่งจะกล่าวว่า กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะสูงขึ้นแต่แรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ดังภาพที่ 2.12

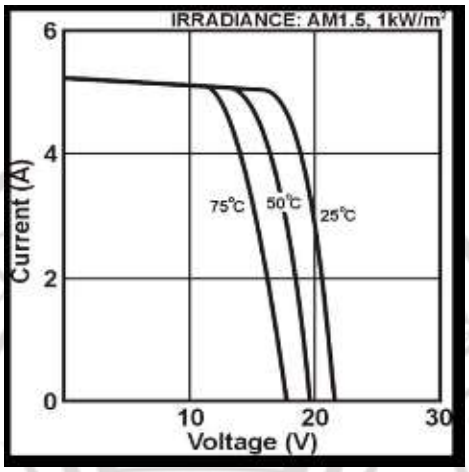



**ภาพที่ 2.12** ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส แรงดันไฟฟ้า ที่ความเข้มของแสงต่าง ๆ
**ที่มา :** (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.)

ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ตัวอย่างเช่น ความเข้มแสงมีค่าเท่ากับ100 เมกะวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร หรือ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ ทำมุม 60 องศากับพื้นโลกความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 เมกะวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร หรือ 750 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 2 กรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.)

4. อุณหภูมิ กระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุก ๆ 1 องศาเซลเซียส ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลงร้อยละ 0.5 ดังแสดงในภาพที่ 2.13 และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เช่น กำหนดไว้ว่าแผงแสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage) ที่ 21 โวลต์ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ก็จะหมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงแสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะเท่ากับ 21 โวลต์ ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส สรุป

ได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงด้วย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.)




**ภาพที่ 2.13** ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส แรงดันไฟฟ้า ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ
**ที่มา :** (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.)

5. วัสดุประกอบแผง วัสดุที่นำมาประกอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น กระจกก็มีผลต่อประสิทธิภาพเช่นเดียวกัน กระจกที่ใช้จะต้องลดการสะท้อนของแสงให้น้อยที่สุดก่อนที่แสงจะผ่านไปถึงเซลล์ด้านใน

6. เงาบดบังแสง นอกเหนือจากการติดตั้งแผงที่เหมาะสมแล้วเงาที่บดบังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในบางส่วนก็มีผลต่อประสิทธิภาพโดยรวมของทั้งระบบด้วยเพราะโดยส่วนมากแล้วระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะต่อวงจรเป็นแบบอนุกรมแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้แรงดันที่ออกแบบไว้ เมื่อมีเงาบางส่วนบดบังแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพียงแค่หนึ่งแผงก็จะทำให้กระแสไฟฟ้าในระบบหยุดไหลได้ ดังนั้นควรมั่นใจว่าการติดตั้งแผงต้องไม่มีร่มเงามาบดบังการรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

7. อายุการใช้งาน ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะค่อย ๆ ลดลงตามอายุการใช้งาน โดยทั่วไปแล้วแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตพลังงานไฟฟ้าลดลงร้อยละ 0.5 ทุก ๆ ปี ผู้ผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์มักเสนอการรับประกันว่าการจ่ายพลังงานจะสูงกว่าร้อยละ 80 หลังจาก 25 ปี (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.)

**หลักการใช้น้ำของพืช**

การใช้น้ำของพืชนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและระยะการเจริญเติบโต โดยปกติแล้วพืชมีการใช้น้ำน้อยที่สุดเมื่อเริ่มเพาะปลูกและจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งมากที่สุดเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่ออกดอกออกผลและจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อผลแก่และถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยว เราอาจจะแบ่งการเจริญเติบโตของ

พืชออกได้เป็น 3 ช่วงด้วยกันคือ ช่วงแตกใบช่วงออกดอกและช่วงออกผล สำหรับช่วงแตกใบยังแบ่งออกเป็น 2 ช่วงด้วยกัน คือเมื่อพืชยังอ่อนอยู่ และเมื่อพืชมีการแตกกิ่งก้านอย่างเต็มที่แล้ว ส่วนช่วงออกผลก็อาจแบ่งออกเป็น 2 ช่วงได้เช่นเดียวกัน คือช่วงที่ผลหรือเมล็ดยังสดอยู่และช่วงที่เมล็ดหรือผลเริ่มแห้ง ซึ่งพืชจะต้องการน้ำน้อยมากหรืออาจจะถูกเก็บเกี่ยวที่ช่วงการเจริญเติบโตระยะใดระยะหนึ่งก็ได้พวกผักต่างๆ เช่น ผักกาดขาว ผักคะน้า กะหล่ำปลี หน่อไม้ฝรั่ง หญ้าเลี้ยงสัตว์ จะเก็บเกี่ยวในช่วงแตกใบ พวกดอกไม้ต่าง ๆ และพวกผักที่ใช้ดอกเป็นอาหารเช่น กะหล่ำดอกจะเก็บเกี่ยวในช่วงออกดอก ส่วนพวก ที่ใช้ผลสดเป็นอาหาร เช่น มะเขือเทศข้าวโพด ส้ม กล้วย แตงโม ฯลฯ จะเก็บเกี่ยวในช่วงผลสด สำหรับพืชพวกที่ต้องรอให้แห้งเสียก่อนจึงเก็บเกี่ยวก็มี ข้าว ฝ้าย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ถั่วที่ใช้เมล็ดเป็นอาหาร เช่น ถั่วเขียว ถั่วเหลือง เป็นต้น (เอกรัตน์ ศรีไทย, อนุรัญช์ วรรธนะเลิศวาณิช และณัฐพงศ์ พุ่มมี, 2556: 6) ตัวอย่างความต้องการของน้ำพืชสวน แสดงดังตารางที่ 2.1

**ตารางที่ 2.1** ชนิดของพืชและปริมาณน้ำที่พืชต้องการ

| ชนิดของพืช | ปริมาณน้ำ ลิตร/ตารางเมตร |
|---|---|
| แตง | 3-5 |
| กะหล่ำดอก | 3-5 |
| มะเขือเทศ | 4-5 |
| ถั่วลิสง | 2-5 |
| ข้าวฟ่าง | 4-5 |
| กะหล่ำปลี | 3-5 |
| ฝ้าย | 6-9 |
| อ้อย | 6-9 |
| ส้ม | 3-4 |
| ข้าวโพด | 5-7 |

**ที่มา :** (เอกรัตน์ ศรีไทย, อนุรัญช์ วรรธนะเลิศวาณิช และณัฐพงศ์ พุ่มมี, 2556: 7)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**วิธีการให้น้ำแก่พืช**

วิธีการให้น้ำแก่พืชทำได้หลายวิธี การที่จะเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งนั้น ต้องพิจารณาจากลักษณะภูมิประเทศคุณสมบัติของดิน ลักษณะของพื้นที่ที่ได้เตรียมไว้วิธีการเพาะปลูก เงินค่าลงทุน ตลอดจนจำนวนน้ำที่จะหามาได้ในพื้นที่ของตน ฉะนั้นถ้าต้องการประหยัดน้ำ ในแต่ละวิธีต้องมีการกำหนดออกแบบให้ถูกต้องเหมาะสม วิธีการให้น้ำแก่พืชมักจะเรียกตามลักษณะอาการที่พืชได้รับน้ำ แบ่งออกเป็น 4 แบบใหญ่ ๆ คือ (เอกรัตน์ ศรีไทย, อนุรัญช์ วรรธนะเลิศวาณิช และณัฐพงศ์ พุ่มมี, 2556: 8)

1. การให้น้ำทางใต้ผิวดิน เป็นการให้น้ำแบบท้องร่องลึกควบคุมระดับน้ำใต้ดินให้รากพืชใช้ได้สะดวกโดยการสูบหรือปล่อยน้ำเข้าออก เพื่อรักษาระดับน้ำ เหมาะสาหรับการปลูกพืชในพื้นที่ลุ่ม และมีน้ำมากหรือกักเก็บน้ำฝนในท้องร่อง

2. การให้น้ำทางผิวดิน เป็นการให้น้ำไหลหรือขังบนผิวดินนิยมทำกัน 3 วิธีคือแบบอ่างน้ำขัง เช่นปลูกข้าวแบบร่อง ปลูกพืชไร่ และแบบปล่อยไหลเป็นผืนยาวเช่นที่ปลูกหญ้าขาย เป็นต้น แต่ละวิธีต้องมีการกำหนดขนาดของแปลงความลาดเทของพื้นที่และอัตราการจ่ายน้ำที่เหมาะสม ต้องมีการปรับระดับพื้นที่อย่างดี ซึ่งจะประหยัดน้ำลงได้ เช่น การให้น้ำแบบร่องด้วยท่อที่หัวแปลงหรือระบบการให้น้ำด้วยท่อกาลักน้ำที่หัวแปลง เป็นต้น (เอกรัตน์ ศรีไทย, อนุรัญช์ วรรธนะเลิศวาณิช และณัฐพงศ์ พุ่มมี , 2556: 9)

3. การให้น้ำแบบสปริงเกอร์ เป็นการให้น้ำแก่พืชด้วยระบบท่อ ผ่านหัวฉีดที่ใช้ความดันสูงกระจายน้ำขึ้นในอากาศเหนือดิน แล้วให้น้ำตกลงมาในแปลงคล้ายน้ำฝนแต่ต้องให้มีความสม่ำเสมอของน้ำที่ตกลงกระจายอย่างทั่วถึง จึงจะประหยัดน้ำลงได้ ฉะนั้นจะต้องมีการคำนวณออกแบบเลือกใช้อย่างเหมาะสม ปัจจุบันมีการใช้แบบโครงสร้างที่มีกลไกควบคุมให้เคลื่อนที่อย่างอัตโนมัติใช้ความดันต่ำจ่ายน้ำลงใกล้พื้นดิน ลดการสูญเสียน้ำการระเหยและแรงลมที่ทำให้น้ำกระจายไม่สม่ำเสมอลงได้ ทำให้ประหยัดน้ำลงได้อย่างมาก เหมาะที่จะใช้กับพื้นที่ขนาดใหญ่ หรือการใช้ร่วมกันหลาย ๆ แปลงรวมกัน (เอกรัตน์ ศรีไทย, อนุรัญช์ วรรธนะเลิศวาณิช และณัฐพงศ์ พุ่มมี, 2556: 9) วิธีการให้น้ำแบบสปริงเกอร์ดังภาพที่ 2.14

**ภาพที่ 2.14** การให้น้ำแบบสปริงเกอร์

**ที่มา :** (เอกรัตน์ ศรีไทย, อนุรัญช์ วรรธนะเลิศวาณิช และณัฐพงศ์ พุ่มมี, 2556: 9)

4. การให้น้ำแบบน้ำหยดและฉีดฝอยใต้ต้น เป็นการให้น้ำแก่พืชที่จุดใดจุดหนึ่ง หรือหลาย ๆ จุดบนผิวดิน เฉพาะในเขตรากพืชด้วยระบบท่อ โดยมีการควบคุมปริมาณน้ำที่ส่งให้แก่พืชครั้งละน้อย ๆ อย่างสม่ำเสมอ ด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่าหัวปล่อยน้ำ ซึ่งจะติดไว้ตามแนวยาวของท่อแขนง ปล่อยจากหัว

ปล่อยน้าสู่ดินบริเวณรากพืชโดยตรงนี้ อาจจะไหลออกมาเป็นหยดน้ำ หรืออยู่ในรูปของสายน้ำ หรือละอองเม็ดน้ำเล็ก ๆ ซึ่งฉีดจากหัวฉีดฝอยขนาดเล็ก ที่ต้องการความดันไม่มากนักก็ได้ ควบคุมให้มีปริมาณใกล้เคียงกับการใช้น้ำของพืช และพยายามรักษาระดับความชื้นของดินบริเวณรากพืช ให้อยู่ในระดับที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้สะดวกตลอดเวลา ดังนั้นการให้น้ำแบบนี้สามารถลดการสูญเสียตามทางระหว่างส่งน้ำ ลดการสูญเสียเนื่องจากการไหลซึมเลยเขตราก ตลอดจนการสูญเสียเนื่องจากการระเหยและการไหลนองบนผิวดิน (เอกรัตน์ ศรีไทย, อนุรัญช์ วรรธนะเลิศวาณิช และณัฐพงศ์ พุ่มมี, 2556: 10) การให้น้ำแบบน้ำหยดดังภาพที่ 2.15

**ภาพที่ 2.15** การให้น้ำแบบน้ำหยด

**ที่มา :** (เอกรัตน์ ศรีไทย, อนุรัญช์ วรรธนะเลิศวาณิช และณัฐพงศ์ พุ่มมี, 2556: 10)

การให้น้ำทั้ง 4 แบบดังกล่าวนี้แต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียและข้อจำกัดแตกต่างกัน เช่นวิธีการให้น้ำทางผิวดิน ถ้าจะให้ประหยัดน้ำลงต้องพิถีพิถันในการปรับระดับพื้นที่อย่างมาก ต้องใช้น้ำและแรงงานมาก ส่วนวิธีการให้น้ำแบบสปริงเกอร์ จะใช้น้ำและแรงงานน้อยกว่า แต่ต้องลงทุนครั้งแรกสูง และแบบน้ำหยดจะประหยัดน้ำมากที่สุด แต่ค่าลงทุนครั้งแรกสูงและค่าบำรุงรักษาระบบก็สูงตามไปด้วย ในบางท้องที่อาจให้น้ำด้วยแบบต่าง ๆ ผสมได้หลายแบบ ในบางท้องที่อาจใช้ได้เพียงแบบเดียว หรือในบางท้องที่เกษตรกรคุ้นเคยกับการให้น้ำแบบหนึ่งและปฏิบัติติดต่อเรื่อยมา แม้ว่าจะมีวิธีอื่นที่เหมาะสมกว่าประหยัดน้ำมากกว่า ซึ่งบางครั้งระบบที่ใช้อยู่นั้นไม่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และพืชที่ปลูก หรือเป็นวิธีการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพต่ำเปลืองน้ำมากก็ตามการที่จะเลือกใช้ระบบใดนั้นเกษตรกรควรพิจารณาถึงค่าลงทุนความสะดวกในการใช้งาน การบำรุงรักษา แรงงาน ความชำนาญที่ต้องใช้ในการดำเนินงาน รวมไปถึงความเหมาะสมกับกิจการในส่วนที่ทำอยู่ เพื่อให้การใช้น้ำนั้นมีประสิทธิภาพดีที่สุด (เอกรัตน์ ศรีไทย, อนุรัญช์ วรรธนะเลิศวาณิช และณัฐพงศ์ พุ่มมี, 2556: 11)

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฉัตรชัย ศิริสัมพันธวงศ์ และคนอื่น ๆ (2561 : 38) ได้ทำการศึกษาการบริหารจัดการน้ำโดยใช้ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์อัจฉริยะเพื่อการเกษตร โดยมีส่วนประกอบสำคัญคือ แผงโซล่าเซลล์ขนาดกำลังการผลิต 2.44 kW ปั๊มสูบน้ำไฟฟ้า และชุดควบคุมการทำงาน โดยใช้การตรวจวัดความชื้นของดินเป็นตัวควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ ผลการวิจัยพบว่า สามารถควบคุมการให้น้ำของพืชได้อย่างอัตโนมัติ เมื่อวัดความชื้นของดินมีความชื้นเฉลี่ย 6.36 % ซึ่งเป็นค่าความชื้นที่เหมาะสมในการปลูกพืช และลดการสูญเสียน้ำโดยไม่จำเป็น โดยระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สามารถสูบน้ำได้เฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 68.78 $m^3$/day เกษตรกรสามารถนำไปใช้ในการทำการเกษตรได้อย่างเพียงพอ

ติณกร ภูวดิน และสังวาลย์ บุญจันทร์ (2562 : 45) ได้ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรโดยการติดตั้งระบบระบายความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิการทำงานของแผงโซล่าเซลล์ และวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่มีการระบายความร้อนด้วยน้ำ เปรียบเทียบกับแผงโซล่าเซลล์แบบธรรมดา โดยทำการทดสอบกับแผงโซล่าเซลล์ชนิด Polycrystalline silicon ขนาด 120 W ติดตั้งให้ทำมุมเอียง 15° หันไปทางทิศใต้ ปั๊มน้ำขนาด 120 W 12 V DC ทดลองเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 10.00 น. ถึง 14.00 น. (ระหว่างเดือนพฤศจิกายน - กุมภาพันธ์) จากการทดลองพบว่า ระบบสูบน้ำมีอัตราการไหลของน้ำสูงสุด 19.82 L/min ที่ความเข้มแสงเท่ากับ 901.06 W/$m^2$ มีอัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 3.02% แผงโซล่าเซลล์ผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดเท่ากับ 85.42 W เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 11.53% และการติดตั้งระบบระบายความร้อนด้วยน้ำสามารถลดอุณหภูมิการทำงานของแผงโซล่าเซลล์ลงได้ 15-18 °C คิดเป็น 33.08 % การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งระบบพบว่า การติดตั้งการระบายความร้อนด้วยน้ำที่แผงโซล่าเซลล์สามารถลดอุณหภูมิการทำงานของแผงโซล่าเซลล์และแผงโซล่าเซลล์ผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น สูบน้ำได้มากขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น 9.87 % โดยประสิทธิภาพการทำงานของระบบจะมีประสิทธิภาพสูงสุดในช่วงเวลา 11:30 - 12:30 ของแต่ละวัน

ประโยชน์ คำสวัสดิ์ (2558 : 80) ได้ออกแบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับระบบฟาร์มอัจฉริยะ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุม โดยติดตั้งโนดเซนเซอร์ในบริเวณแปลงเพาะปลูกสำหรับตรวจวัดค่าต่างๆ เช่น ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นในดิน และความเข้มแสง จากนั้นส่งค่าการตรวจวัดผ่านเครือข่ายสื่อสารไร้สายด้วยโมดูล ZigBeeไปยังโนดโคออร์ดิเนเตอร์เพื่อการประมวลผลและรายงานผล โดยที่โนดโคออร์ดิเนเตอร์ที่ออกแบบขึ้นสามารถสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อนำข้อมูลจากการตรวจวัดขึ้นเซิร์ฟเวอร์ได้ โดยการศึกษานี้ได้สร้างแบบจำลองสำหรับระบบควบคุมแบบฟัซซีในการควบคุมช่วงเวลาการให้น้ำของระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติ โดยใช้ค่าความชื้นในดินและค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจากเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ติดตั้งในแปลงเกษตรกรรม ผลการจำลองการทำงานที่นำเสนอแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของอัลลอริทึมและความเป็นไปได้ในการประยุกต์เพื่อการใช้งานจริง

พีรพงศ์ ลิ้มประสิทธิ์วงศ์ และชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล. (2563 : 248) ได้ทำการศึกษาเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) สำหรับพื้นที่เกษตรกรรม ทำการวิเคราะห์ทั้งทางด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งจะทำให้ได้แนวทางที่

เหมาะสมในการนำไปใช้งานในสถานการณ์อื่นได้ ระบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบไปด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 40 โวลต์ 325 วัตต์ จำนวน 5 แผง ต่ออนุกรมกันเป็นชุดเพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 50–200 โวลต์ และระบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฟฟ้ากระแสสลับ ประกอบไปด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 325 วัตต์ ต่ออนุกรมจำนวน 10 แผง โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงผ่านอินเวอร์เตอร์เชิงพาณิชย์ขนาด 3.0 กิโลวัตต์ เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ 3 เฟส 2.2 กิโลวัตต์ (3 แรงม้า) ซึ่งได้เชื่อมต่อโดยตรงกับปั๊มชนิดหอยโข่ง ปัจจัยเปรียบเทียบ ได้แก่ ต้นทุน การลงทุน การก่อสร้างรูปแบบการจ่ายน้ำและปริมาณน้ำจากผลการวิจัยพบว่าระบบเครื่องสูบน้ำแบบกระแสตรงมีต้นทุนการลงทุนต่ำกว่าระบบเครื่องสูบน้ำแบบกระแสสลับเปรียบเทียบในปริมาณน้ำเท่ากันหากเปรียบเทียบในเชิงเศรษฐศาสตร์ระหว่างระบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแบบไฟฟ้ากระแสตรงประเมินผลตอบแทนการลงทุน และระยะเวลาคุ้มค่าการลงทุน เมื่อเทียบกับเครื่องสูบน้ำชนิดเครื่องยนต์เบนซิน จะได้ผลตอบแทนการลงทุนประมาณร้อยละ 27.48 ต่อปี หรือคิดเป็นระยะเวลาคุ้มค่าการลงทุนประมาณ 3.64 ต่อปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประมาณการชั่วโมงการทำงานต่อปี

ศักดิ์ทนงค์ วงศ์เจริญ และคนอื่น ๆ (2561 : 165) ได้ทำการออกแบบและสร้างระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ การดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย 3 ประเด็น 1) การออกแบบและสร้างระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ 2) ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ โดยวิเคราะห์ผลจากค่าเฉลี่ย ซึ่งใช้เวลาทดสอบ 10 ชั่วโมงช่วงเวลา 08.00-17.00 น. และ 3) ประเมินความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่เทียบกับระบบสูบน้ำแบบเดิม ในการติดตั้งและการซ่อมบำรุงตลอดการใช้งาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ในการเลือกชุดเครื่องสูบน้ำซัมเมอร์สดีซีที่มีกำลังไฟฟ้า 750 W มีความต้องการกำลังไฟฟ้าใช้งาน 1,232 kWh/year ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีกำลังไฟฟ้า 1,050 W 2) ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ ช่วงเช้าและเย็นประมาณ 336-424.2 W แต่ช่วงระยะเวลา 12.00-13.00 น. จะมีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าสูงประมาณ 1,016-1,036.8 W ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าสำหรับระบบสูบน้ำเฉลี่ย 7,280.4 Wh/day อัตราการสูบน้ำเฉลี่ย 27,665.52 L/day และ 3) ความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์ในการติดตั้งใช้งานตลอดระยะเวลา 5 ปี ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ต้องใช้เงินลงทุนรวม 100,750 บาท แต่สามารถคืนทุนได้ใน 3 ปี ในขณะที่ระบบสูบน้ำแบบเดิมต้องใช้เงินลงทุน 126,500 บาท และจะต้องใช้เงินลงทุนเพิ่มต่อเนื่องทุก ๆ ปี หากเทียบที่ 100 % จะเห็นได้ว่าระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ใช้เงินลงทุน 44 % และระบบสูบน้ำแบบเดิมจะต้องใช้เงินลงทุนสูงกว่า 56 %

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Hilali, A. et al. (2022 : 1) ได้สร้างแบบจำลองไดนามิกของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการสกัดน้ำใต้ดินเพื่อการชลประทานโดยใช้แหล่งพลังงานทางเลือก ระบบนี้ได้รับการออกแบบจากข้อมูลของโครงการที่อยู่ในเขต Lalmonirhat ประเทศบังคลาเทศ ประกอบด้วยแผงโซลาร์เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 38.4 กิโลวัตต์ อินเวอร์เตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ และชุดปั๊ม ซึ่งสามารถปล่อยน้ำได้สูงสุด 1,930 ลบ.ม. ต่อวัน แบบการจำลองโดยใช้โปรแกรม MATLAB ออกแบบระบบกักเก็บพลังงานสองแบบคือ 1. พลังงานไฟฟ้าโดยใช้แบตเตอรี่สำรอง และ 2. เก็บน้ำไว้ในถังน้ำขนาดใหญ่ จากปบบจำลองพบว่าแบตเตอรีแบตเตอรีขนาดใหญ่และหม้อแปลงจำเป็นในแบบเดิม ซึ่งมี

ค่าใช้จ่ายสูง และแบบที่ 2 ต้องใช้บูสต์คอนเวอร์เตอร์และถังน้ำขนาดใหญ่เพื่อเก็บน้ำประมาณ 2,000 ลบ.ม. ซึ่งเป็นวิธีแก้ปัญหาที่มีค่าใช้จ่ายสูงเช่นกัน โดยการผสมผสานของทั้งสองระบบด้วยกันทำให้ได้วิธีที่มีประสิทธิภาพและประหยัดกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไป

Setiawan, A. A. et al. (2014 : 7) ได้ทำการระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่ชนบทในประเทศอินโดนีเซีย โดยทำการออกระบบท่อที่มีความยาวแนวนอนประมาณ 1,400 เมตร ค่าเฮดรวมของน้ำเท่ากับ 218.34 เมตร และปั๊มที่เหมาะสมที่ใช้คือปั๊มจุ่มแบบ PS1800 HR-05HL ที่มีหัวไดนามิกรวมสูงสุด 250 เมตร ระบบไฟฟ้าถูกสร้างขึ้นโดยใช้แผงโซลาร์เซลล์ทั้งหมด 32 แผง โดยมีแผงโซลาร์เซลล์ 8 แผงต่อ แบบอนุกรม ระบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์นี้ผลิตกำลังได้ประมาณ 3,200 W เพื่อส่งกำลังให้กับปั๊มจุ่มสองตัวที่มีอัตราการไหลของน้ำประมาณ 0.4 -0.9 ลิตร/วินาที

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี