

บทที่ 2 ทฤษฎีลัมพันธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อการออกแบบ และหาสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากระบบประปาหมู่บ้านและเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการทำงานของระบบจะใช้กังหันน้ำที่ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 300 Watt จำนวน 1 เครื่อง ร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 24 VDC 280 Watt จำนวน 4 แผง ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 2.1 พลังงานน้ำ
- 2.2 พลังงานแสงอาทิตย์
- 2.3 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน
- 2.4 โซ่ส่งกำลัง
- 2.5 การศึกษาและวิเคราะห์ทางด้านประสิทธิภาพของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์
- 2.6 การศึกษาและวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์
- 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงานน้ำ

น้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งต่อการดำรงชีวิตทั้งหลาย [2] มนุษย์จำเป็นต้องใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญ เป็นเส้นทางคมนาคม เป็นแหล่งสันตนา การ รวมทั้งยังสามารถพัฒนาเป็นแหล่งพลังงานได้อีกด้วย น้ำเกิดขึ้นตามธรรมชาติมีวัฏจักรหมุนเวียนไปอย่างไม่มีวันหมด น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ทะเล มหาสมุทร ตกลงมาบนพื้นโลก นอกจากนี้ยังสามารถนำน้ำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ กัน การพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ ส่วนใหญ่จะสร้างเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำเป็นหลัก โดยมีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ เพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะอย่างเดี่ยว (Single Purpose) เช่น สร้างเพื่อการชลประทานการอุปโภค บริโภค การผลิตกระแสไฟฟ้าและสร้างเพื่อให้ได้ประโยชน์หลายๆ ด้านพร้อมกัน(Single Multipurpose) เช่น การระบายน้ำ การคมนาคม การประมง การท่องเที่ยว การรักษาคุณภาพน้ำ แต่ส่วนมากนิยมสร้างเขื่อนให้ได้ประโยชน์หลายๆ ด้านเพื่อเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2.1.1 โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก*

โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก [2] โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก หมายถึง การใช้พลังน้ำผลิตไฟฟ้าที่มีขนาดไม่เกิน 5 กิโลวัตต์ ซึ่งระบบพลังน้ำขนาดเล็กนี้ มีข้อเด่นในเรื่องของราคาและความง่ายในการออกแบบ การวางแผน และการติดตั้งซึ่งจะแตกต่างจากพลังงานน้ำขนาดใหญ่ นวัตกรรมของ

เทคโนโลยีพลังงานน้ำขนาดเล็กในปัจจุบันนี้มีความคุ้มค่าในด้านพลังงานแม้ว่าจะใช้งานในส่วนที่มีความลำบากที่สุด และสถานที่ที่เข้าถึงได้ยากที่สุด พลังน้ำขนาดเล็กสามารถทำงานได้ในหลายแบบของต้นกำเนิดพลังงาน พลังงานไฟฟ้าแบบ AC สามารถถูกผลิตในแบบมาตรฐานที่มีการนำมาใช้งาน และสามารถส่งไปใช้ในหมู่บ้านได้ อุปกรณ์พื้นฐานซึ่งสามารถนำมาใช้กับระบบพลังน้ำขนาดเล็กได้คือ หลอดไฟวิทยุ โทรศัพท์ ตู้เย็น และกระบวนการทำอาหาร [3] กังหันน้ำมีการพัฒนาและติดตั้งสำหรับครัวเรือนและชุมชนเล็ก ๆ ในประเทศต่างๆ ทั้งในทวีปเอเชีย เช่น ประเทศลาว เวียดนาม ฟิลิปปินส์ และจีน ทวีปยุโรป เช่น อังกฤษ โปแลนด์ และเนเธอร์แลนด์ และทวีปอเมริกาเช่น ประเทศเอกวาดอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลจากเมืองหลวงแต่น้ำไหลผ่านตลอดเวลา เช่นในหุบเขา บริเวณที่ราบเชิงเขา หรือในทุ่งหญ้าที่กว้างใหญ่ที่มีแหล่งน้ำ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ [3]

มีเหตุผลหลายๆ อย่างที่ประเทศกำลังพัฒนายังคงต้องการระบบพลังน้ำขนาดเล็ก ซึ่งบ่อยครั้ง ที่ชุมชนเล็กๆ ไม่มีไฟฟ้าใช้ถึงแม้ว่าในประเทศนั้นจะมีการขยายระบบจำหน่ายของระบบไฟฟ้า เพราะถึงแม้ว่าชุมชนจะมีความต้องการไฟฟ้าในปริมาณสูงแต่การขยายระบบจำหน่ายให้กับชุมชนขนาดเล็กก็ยังไม่เป็นที่น่าดึงดูดใจ เนื่องจากเพราะมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าค่อนข้างต่ำ สำหรับระบบพลังน้ำขนาดเล็กนี้ต้องการปริมาณการไหลของน้ำเพียงเล็กน้อยที่ทำให้ระบบทำงานได้ ดังนั้นจึงมีสถานที่เหมาะสมมากมายสำหรับติดตั้ง เช่น ลำธารเล็กๆ หรือ น้ำพุร้อนเล็กๆ บ่อยครั้งไป ก็ให้ปริมาณน้ำที่พอเพียงสำหรับการทำงานของระบบพลังน้ำขนาดเล็ก อุปกรณ์สำหรับระบบพลังน้ำขนาดเล็กและกะทัดรัด ซึ่งอุปกรณ์และส่วนประกอบต่างๆ สามารถทำการขนส่งไปได้ง่ายแม้ในสถานที่ทุรกันดารและเข้าไปได้ยากลำบาก

การที่จะผลิตอุปกรณ์ระบบพลังน้ำขนาดเล็กในท้องถิ่นก็มีความเป็นไปได้ ซึ่งหลักการในการออกแบบและกระบวนการสร้างก็สามารถทำได้ง่ายมาก ซึ่งจะทำให้ค่าอุปกรณ์เป็นสัดส่วนสมกับค่าแรง

สำหรับจำนวนของบ้านเรือนที่เชื่อมต่อเข้ากับระบบก็มีจำนวนน้อย โดยปกติแล้วก็จะไม่เกิน 100 ครั้วเรือน เพราะฉะนั้นมันจึงเป็นการง่ายที่จะหยิบยกเรื่องความต้องการเงินลงทุน และการจัดการบำรุงรักษา รวมทั้งการเก็บค่าบริการ การออกแบบที่ดีและรัดกุมของระบบพลังงานน้ำขนาดเล็กจะมีต้นทุนต่อกิโลวัตต์ ที่ถูกกว่าของพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม ถึงแม้ว่าระบบเครื่องปั่นไฟฟ้าแบบดีเซลจะมีต้นทุนเริ่มต้นที่ถูกกว่า แต่เมื่อเราพิจารณาตลอดอายุการใช้งานจะพบว่าระบบเครื่องปั่นไฟฟ้าแบบดีเซลมีต้นทุนที่สูงกว่าระบบพลังงานน้ำขนาดเล็กเพราะว่ามีค่าน้ำมันเชื้อเพลิงนั่นเอง

การหาประสิทธิภาพรวมกันน้ำผลิตไฟฟ้า η_{total} จะหาจากอัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าที่ได้จากกังหันน้ำ P_e และกำลังน้ำที่ให้แก่กังหัน P_i ดังแสดงในสมการที่ 2.1

$$\eta_{total} = \frac{P_e}{P_i} \quad (2.1)$$

โดยที่ P_e (kW) ได้จากการวัดและ P_i (kW) ซึ่งได้จากการคำนวณตามสมการที่ 2.2

$$P_i = g\rho Q h_w \quad (2.2)$$

โดยที่ g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
 ρ คือ ค่าความหนาแน่นของน้ำ (1000 kg/m³)
 Q คือ อัตราการไหลของน้ำผ่านกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า
 h_w คือ ความสูงที่ออกแบบในการคำนวณกำลังติดตั้งกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า

2.1.2 ลักษณะเทคโนโลยีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

โดยทั่วไปเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก สามารถแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ได้ตามชนิดของกังหัน (Turbine) และ ความสูง (Heads) ได้ดังต่อไปนี้

1. Variations of turgo - turbines กำลังการผลิตสูงสุด 7 kW ที่ความสูงปานกลางและความสูงมาก
2. Tiny Pelton wheels (Peltric Set) กำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุด 5 kW ความสูง ประมาณ 20 - 50 เมตร
3. Tiny turgo turbines กำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุด 2 kW ความสูงประมาณ 5 -11 เมตร
4. Low-head propeller turbines กำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุด 2 kW ความสูงประมาณ 1-2 เมตร
5. Tiny Cross flow turbine (Fireflies) กำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุด 200 W ใช้สำหรับระบบประจุแบตเตอรี่ Heads 5-20 เมตร

2.1.3 กังหันที่มีการนำมาใช้งานในระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก

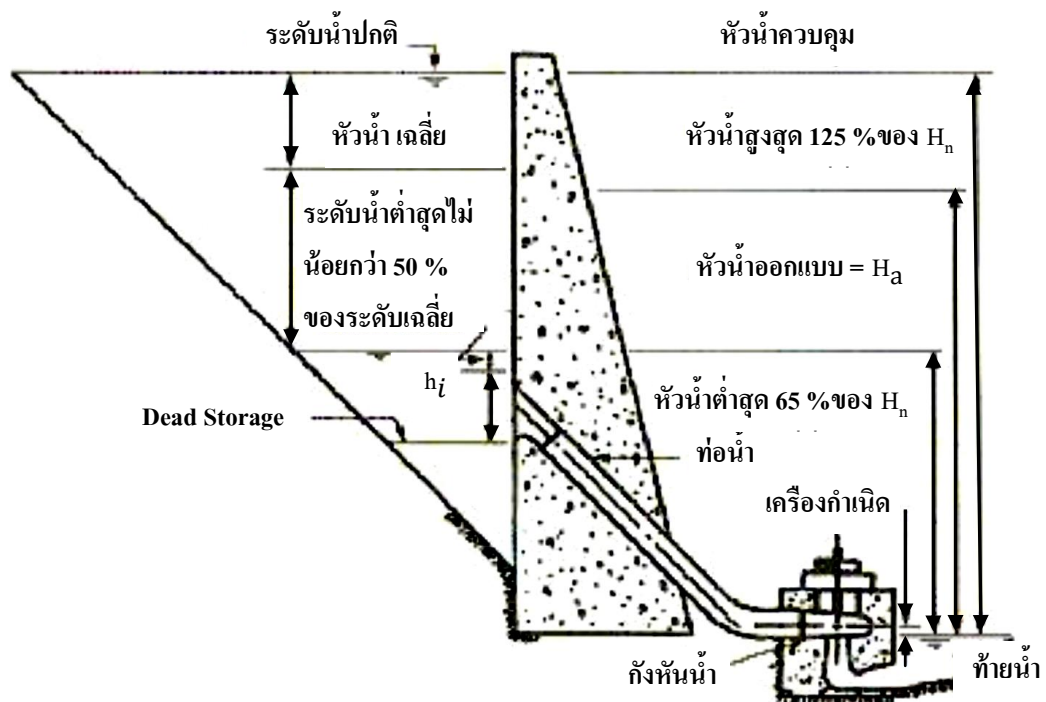
การใช้เครื่องกังหันน้ำต้องคำนึงถึงกำลังการผลิตและหัวน้ำ รวมทั้งความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อพิจารณาเลือกเครื่องกังหันที่เหมาะสม ดังรูป 2.2

หัวน้ำต่ำ : กังหันชนิด Propeller Turbine

หัวน้ำต่ำถึงปานกลาง : กังหันชนิด Cross flow Turbine และ เครื่องสูบน้ำที่ใช้เป็นกังหัน

หัวน้ำปานกลาง : กังหันชนิด Francis Turbine

หัวน้ำปานกลางถึงสูง : กังหันชนิด Pelton Turbine และ Turgo Turbine

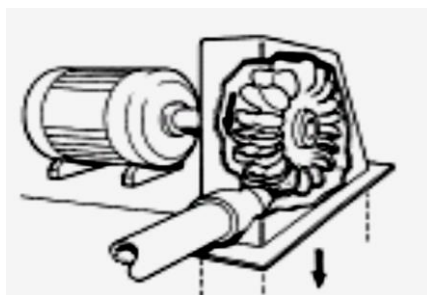


รูปที่ 2.2 ความสูงของหัวน้ำในระยะต่างๆ กัน [4]

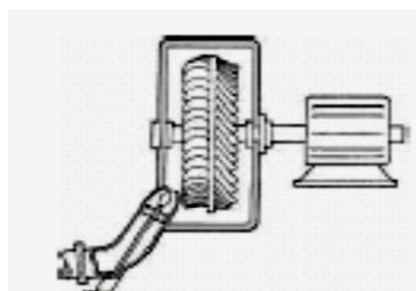
ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะของกังหันแต่ละชนิดกับอัตราการไหลของน้ำ [4]

Runner	Specific Speed (m/s)		
	Slow	Medium	Fast
Pelton	5 - 15	16 - 30	31 - 70
Francis	60 - 150	151 - 250	251 - 400
Kaplan	300 - 450	451 - 700	701 - 1100

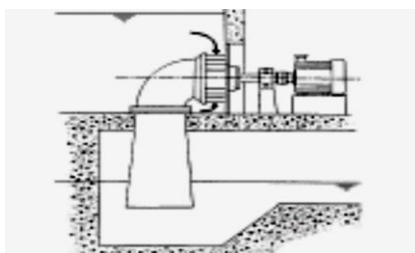
PELTON



TURGO



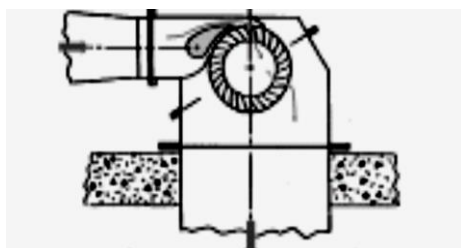
OPEN-FLUME FRANCIS



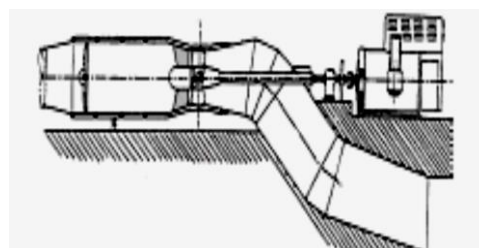
SPIRAL-CASE FRANCIS



CROSSFLOW

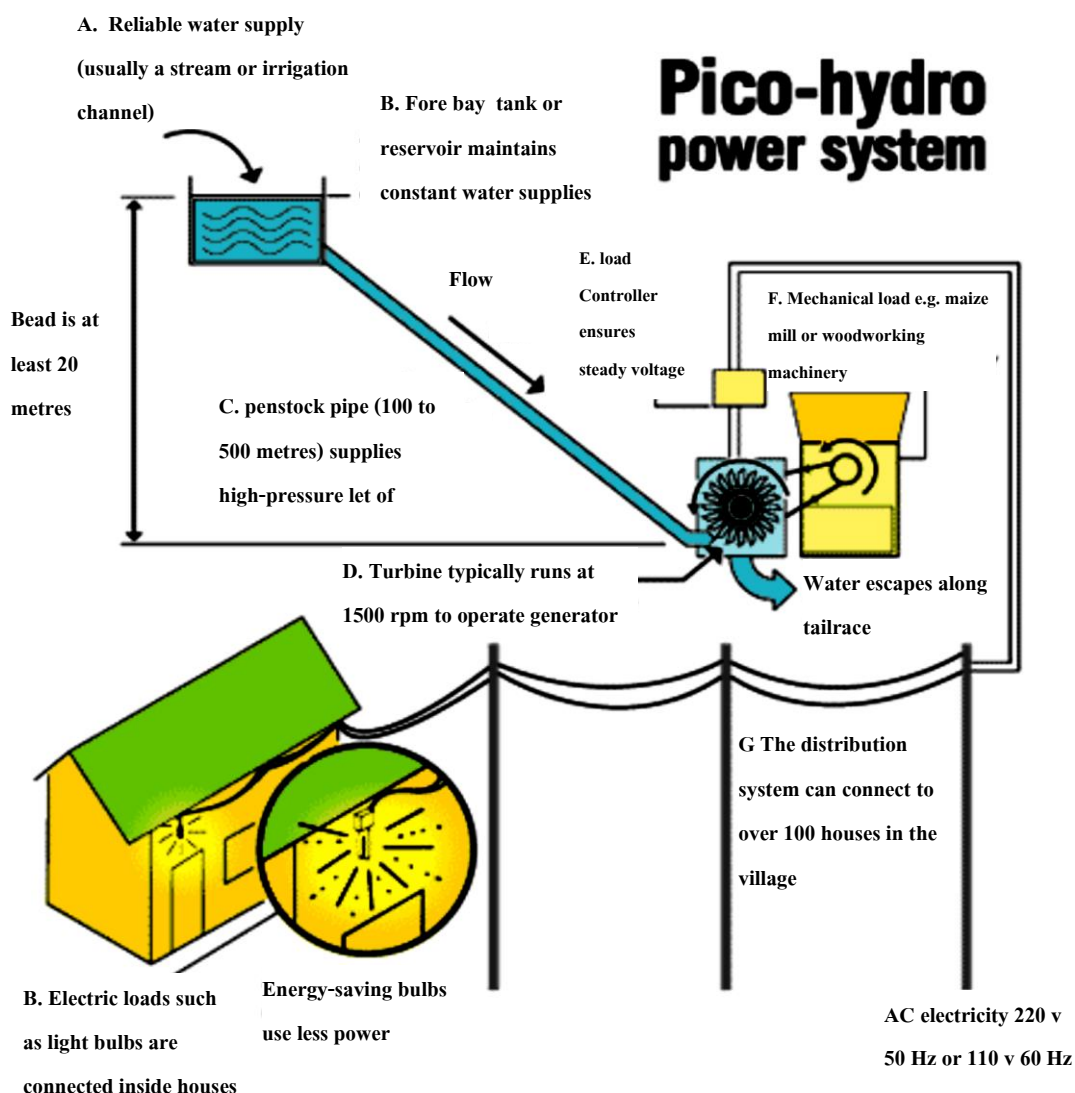


PROPELLER



รูปที่ 2.3 ชนิดของกังหันน้ำ [5]

2.1.4 ส่วนประกอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก*



รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ [6]

A : แหล่งน้ำที่ใช้เป็นกระแสน้ำตามธรรมชาติ คลองชลประทาน หรืออาจเป็นลำน้ำที่แยกส่วนจากแม่น้ำ

B : แหล่งเก็บน้ำ เพื่อเก็บน้ำสำหรับสำรองใช้ในฤดูแล้ง

C : ท่อนำน้ำ น้ำไหลจากแหล่งเก็บน้ำผ่านท่อเข้าสู่กังหัน โดยปลายท่อออกแบบเป็นหัวฉีด

D : กังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า น้ำจากท่อนำน้ำ ไหลเข้าสู่กังหัน ทำให้กังหันซึ่งต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะแปลงพลังงานการหมุนนี้เป็นพลังงานไฟฟ้า

E : ชุดควบคุมกระแสไฟฟ้า ต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำหน้าที่ควบคุมให้การผลิตกระแสไฟฟ้าสมดุลกับภาระที่ต่อกับระบบ ช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า

F : ภาระทางกล ได้แก่ เครื่องจักรที่ต่อพ่วงเข้ากับเพลลาของกังหัน เพื่อนำพลังงานการหมุนของกังหันไปใช้โดยตรง

G : ระบบสายส่ง เชื่อมระบบ เพื่อนำกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ครัวเรือนผู้ใช้

H : ภาระ ได้แก่ ภาระทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อมีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือน b จากรูปที่ 2.4 เราสามารถอธิบายความหมายเพิ่มเติมในส่วนสำคัญ ตามด้านล่างนี้

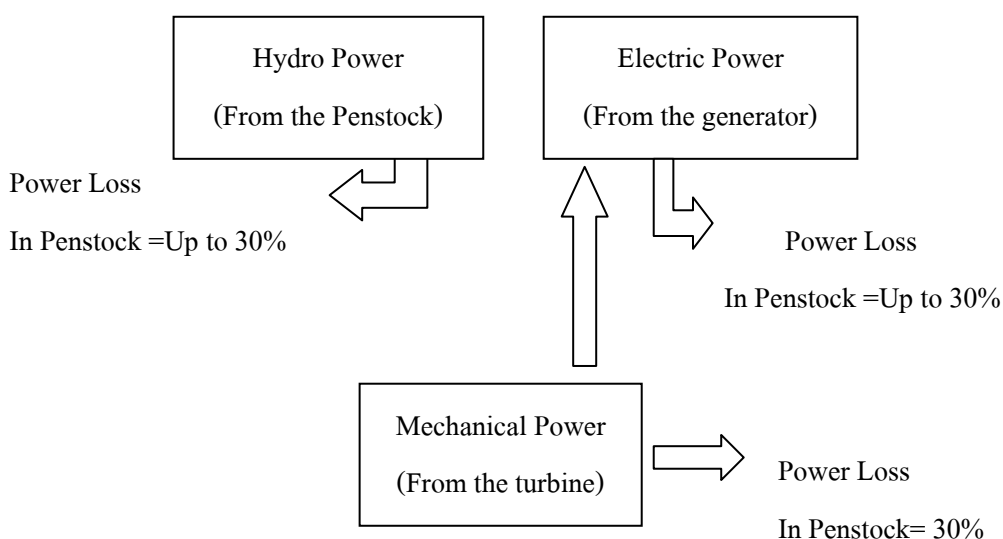
F = ภาระทางกล ก็คือ เครื่องจักรกลซึ่งต่อเชื่อมกับเพลลาของกังหัน บ่อยครั้งที่จะใช้ระบบลูกรอกสายพาน เพื่อให้กำลังสามารถถูกทำให้เคลื่อนที่มาจากกังหัน แรงหมุนของกังหันที่วิ่งสามารถนำมาขับเคลื่อนให้อุปกรณ์ได้โดยตรง เช่น โรงสีข้าว หรือ โรงเลื่อย ถึงแม้ว่า ประมาณ 10% ของกำลังทางกลได้สูญเสียไปในระบบสายพานลูกรอก กำลังที่ได้ออกมาก็ยังคงมีประสิทธิภาพมากอยู่ กำลังที่ยังมีอยู่มากเพราะว่า ไม่มีกำลังส่วนใดได้สูญเสียไปในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือ ในมอเตอร์ไฟฟ้า

G = ระบบจำหน่ายที่เชื่อมต่อการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปสู่บ้านเรือนบ่อยครั้งที่ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่แพงที่สุดของระบบ

H = ภาระของผู้บริโภคโดยปกติจะถูกต่อเข้าไปใช้ในบ้าน ภาระทางไฟฟ้า หมายถึง ชื่อต่างๆไป ซึ่งอ้างอิงถึง อุปกรณ์อะไรก็ตามซึ่งใช้ไฟฟ้ามาจ่าย ชนิดของภาระทางไฟฟ้าซึ่งได้ถูกเชื่อมต่อกับระบบพลังงานน้ำขนาดจิ๋ว จะแยกเป็นส่วนๆ ขึ้นอยู่กับจำนวนของกำลังไฟฟ้าที่ถูกผลิตได้ หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ชอบถูกนำมาใช้เป็นภาระทางไฟฟ้า เพราะว่ามันกินกำลังไฟฟ้าน้อยมากเมื่อนำมาคิดเทียบกับแสงสว่างที่ได้ออกมาจากหลอดไส้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าจำนวนหลอดไฟที่จะนำมาต่อได้มีมากขึ้นโดยคิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเดียวกัน

2.1.5 พลังงานไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าจะถูกวัดออกมาเป็นค่า วัตต์ หรือ กิโลวัตต์ โดยที่ 1,000 วัตต์ มีค่าเท่ากับ 1 กิโลวัตต์ ระบบพลังงานน้ำขนาดจิ๋วจะมีกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 5 กิโลวัตต์ มันเป็นสิ่งสำคัญที่จะกล่าวถึง ชนิดของกำลังงานที่คุณกำลังอ้างอิงถึง เมื่อมีการถกเถียงเกี่ยวกับโครงการด้านพลังงาน ซึ่งมันจะมี 3 แบบและแต่ละแบบก็มีค่าที่แตกต่างกัน กำลังของน้ำ หรือ กำลังของของไปสู่อีกรูปแบบหนึ่ง จะมีการสูญเสียในแต่ละขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การสูญเสียพลังงานจากการเปลี่ยนรูปพลังงานจากแรงดันน้ำเป็นไฟฟ้า [6]

โดยปกติการสูญเสียที่มากที่สุดจะเกิดเมื่อกำลังของกระแสน้ำได้เปลี่ยนรูปไปเป็นกำลังทางกลโดยการกระทบกับตัวกังหันน้ำให้หมุน สำหรับการออกแบบและก่อสร้างที่ดี กำลังของกระแสน้ำจะสูญเสียไปประมาณ 30% ในช่วงนี้ กำลังสูญเสียจะสูงกว่านี้สำหรับคุณภาพของระบบที่แย่ อีกประมาณ 20% - 30% จะเป็นการสูญเสียในส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในช่วงของการเปลี่ยนรูปกำลังจากกลไปเป็นไฟฟ้า กำลังบางส่วนก็มีการสูญเสียในคลองส่งน้ำ น้ำส่วนที่สัมผัสกับผนังของท่อจะเคลื่อนที่ช้าลงเนื่องจากแรงเสียดทาน กำลังสูญเสียส่วนนี้จะแสดงในรูปของการสูญเสียความสูงของต้นน้ำ ค่าการสูญเสียปกติจะสูงถึง 20% - 30% ของความสูงรวมของต้นน้ำก่อนที่การสูญเสียในท่อจะถูกนำมาคิดคำนวณ การลดลงได้ถูกอ้างอิงถึงในฐานะความสูงทั้งหมดเพิ่มภายหลังการสูญเสียที่นำมาหักออก ซึ่งจะถูกเรียกว่าความสูงต้นน้ำสุทธิ

2.1.6 ประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ [6] ประสิทธิภาพ คือ งานที่ถูกอธิบายได้ด้วยกำลังที่ออกมาได้ดีเท่าไรหลังจากที่ได้เปลี่ยนรูปจากแบบหนึ่งไปสู่อีกรูปแบบหนึ่ง กังหันที่มีประสิทธิภาพ 70% จะหมายถึงความสามารถในการเปลี่ยนกำลังของไหลไปเป็นกำลังงานกลได้ 70% (มีการสูญเสียไป 30%)

ประสิทธิภาพของระบบ คือ การรวมประสิทธิภาพของกระบวนการทั้งระบบเข้าด้วยกัน ประสิทธิภาพรวมของระบบสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้พลังงานน้ำขนาดจั่วโดยปกติจะอยู่ระหว่าง 40% - 50%

ตารางที่ 2.2 ค่าปัจจัยที่มีผลต่อการไหลของน้ำ [6]

Type of stream	Velocity correction factor	Accuracy
A rectangular channel with smooth sides and bed	0.85	Good
A deep, slow moving stream	0.75	Reasonable
A small stream with a smooth bed	0.65	Poor
A quick, turbulent stream	0.45	Very poor
A very shallow, rocky stream	0.25	Very poor

สามารถคำนวณหาอัตราการไหลของของไหลได้ตามสมการ

$$Q = A_{ave} \times V_{surface} \times \text{Correction Factor} \quad (2.3)$$

เมื่อ

$$Q = \text{อัตราการไหล (m}^3/\text{s)}$$

$$A_{ave} = \text{พื้นที่หน้าตัดของของไหลผ่าน m}^2$$

$$V_{surface} = \text{ความเร็วผิวหน้า (m/s)}$$

การคำนวณหากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าปรากฏ Real and Appearance Power

$$P (\text{appearance}) = V \times I \quad (2.4)$$

เมื่อ

$$P = \text{กำลังไฟฟ้า (W)}$$

$$V = \text{แรงดันไฟฟ้า (V)}$$

$$I = \text{กระแสไฟฟ้า (A)}$$

$$P (\text{real}) = V \times I \times \text{PF} \quad (2.5)$$

เมื่อ	P	=	กำลังไฟฟ้า (W)
	V	=	แรงดันไฟฟ้า (V)
	I	=	กระแสไฟฟ้า (A)
	PF	=	Power factor

การคำนวณกำลังที่ได้จากแรงที่กระทำกับใบกังหันน้ำ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (2.6)$$

เมื่อ	P	=	กำลังที่ได้จากกระแสน้ำ (watt)
-------	---	---	-------------------------------

การคำนวณกำลังที่กังหันผลิตได้สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$P = \frac{2\pi T N}{60} \quad (2.7)$$

เมื่อ	P	=	กำลังที่วัดได้ (Watt)
	T	=	แรงบิดกังหันน้ำ (N.m)
	N	=	จำนวนรอบของการหมุนของเพลา (rpm)

การหาประสิทธิภาพของกำลังที่ได้จากกังหันน้ำ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$C_p = P_{out} / P_{in} \quad (2.8)$$

เมื่อ	C_p	=	ประสิทธิภาพของกังหัน
	P_{out}	=	กำลังที่วัดได้ (Watt)
	P_{in}	=	กำลังที่ได้จากกระแสน้ำ (Watt)

ตารางที่ 2.3 ค่าการสูญเสียพลังงานจากอุปกรณ์ไฟฟ้า [6]

Load	Power factor
Incandescent lamp	1.0
Fluorescent lamps	0.5 – 0.7
Motor	0.2 – 0.95

2.1.7 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กจิ๋วประเทศลาว

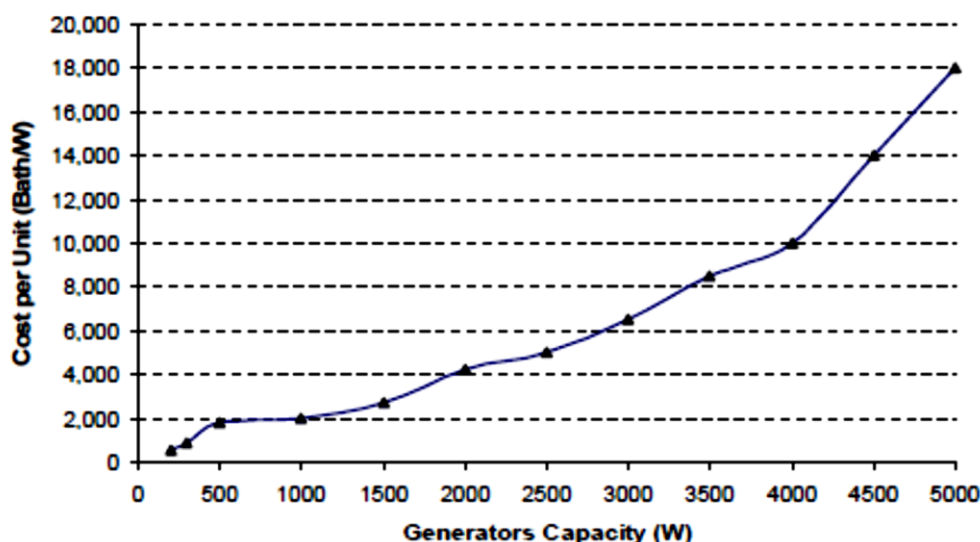
สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวเป็นประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่มีศักยภาพด้วยพลังงานน้ำ ประกอบกับบางพื้นที่ของภูมิประเทศอยู่ในพื้นที่ห่างไกลจากตัวเมืองทำให้ยากต่อการขยายเขตการปักเสาสายขยายเขตการไฟฟ้า บ้านท่าเป่น อยู่ห่างจากอำเภอเมืองหลวงพระบาง ประมาณ 30 กิโลเมตร หมู่บ้านท่าเป่นมีประมาณ 48 ครอบครัว ชาวบ้านสามารถผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ Pico Hydro มีกำลังผลิตรวมโดยไม่ต้องเกี่ยวกับสายส่ง



รูปที่ 2.6 แสดงระบบ Pico Hydro ที่บ้านท่าเป่น หลวงพระบาง ประเทศลาว [7]

ราคาเฉลี่ยของ Pico Hydro อยู่ที่ประมาณ 3 บาท/วัตต์ ราคาของระบบ Pico Hydro ราคานี้ยังไม่รวมราคาของเครื่องควบคุมที่มีราคา 1,000 – 2,000 บาท/เครื่อง ราคาเครื่องควบคุมเฉลี่ยต่อวัตต์ จะอยู่ที่ราคา 1 บาท/วัตต์ ดังนั้นราคาของระบบ Pico Hydro จะมีค่าประมาณ 5-10 บาท/วัตต์ เป็นราคาที่รวม

ค่าติดตั้งและอุปกรณ์อื่นๆ แล้ว ซึ่งราคาต่อวัตต์จะขึ้นอยู่กับสภาพของแหล่งน้ำ ที่ระบบมีอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี แต่เมื่อเปรียบเทียบกับราคาของเซลล์แสงอาทิตย์(Solar Cell) จะอยู่ที่ประมาณ ราคา 150 - 200 บาท/วัตต์ ระบบ Pico Hydro จะมีราคาค่าต้นทุนที่ถูกกว่า ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ราคาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า Pico Hydro เมืองหลวงพระบาง ประเทศลาว [7]

2.1.8 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กประเทศเวียดนาม

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก [2] ประเทศเวียดนามได้ติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กซึ่งประชากรสามารถติดตั้งใช้งานเอง ส่วนราคาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขายตามท้องตลาด ชาวเวียดนามยังนำเข้าจากประเทศจีน ขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 100 และ 500 วัตต์ เหมาะสำหรับใช้กับแหล่งน้ำที่มีหัวน้ำต่ำ (Low Head) ประมาณ 1 เมตร และหัวน้ำปานกลาง (Medium Head) ประมาณ 5 – 10 เมตร ลักษณะการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ประเทศเวียดนาม



รูปที่ 2.8 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กประเทศเวียดนาม [2]

ตารางที่ 2.4 การติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กประเทศเวียดนาม [2]

Size	Head (m)	Discharge (l/s)	Lifetime (yrs)	Costs in Bath
100W, 220V, 50Hz	1 or 5 to 10	25 (at 1 m)	5	720
500W, 220V, 50Hz	1 or 5 to 10	125 (at 1 m)	5	3600

2.2 พลังงานแสงอาทิตย์

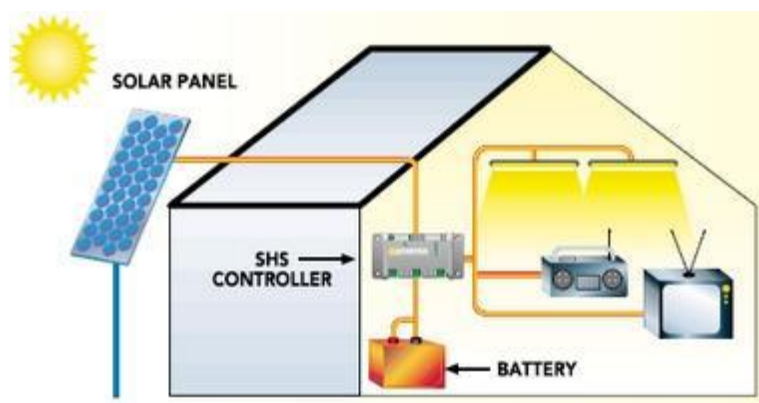
พลังงานแสงอาทิตย์ [8] พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ของดวงอาทิตย์ แล้วส่งกระจายพลังงานมายังโลกในรูปคลื่นรังสี (Solar Radiation) ซึ่งมีค่าพลังงานประมาณ 1368 วัตต์ต่อตารางเมตร เมื่อเข้ามาสู่ชั้นบรรยากาศของโลกจะลดลงเหลือประมาณ 70 % หรือ เหลือค่าพลังงานประมาณ 958-1000 วัตต์ต่อตารางเมตรเท่านั้น พลังงานที่โลกได้รับจะอยู่ในรูปของความร้อน และแสง พลังงานที่ได้เป็นพลังงานปฐมภูมิ ที่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานชนิดอื่นๆ ต่อไปอีกหลาย ชนิดได้แก่ การเกิดพลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานจากมหาสมุทร รวมถึงการเกิดพลังงานจาก ฟอสซิล (Fossil) เช่น ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซชีวภาพ ชีวมวลต่างๆ ซึ่งพลังงานเหล่านี้ก็เกิดมาจากสัตว์ และพืช ซึ่งเมื่อพืช สัตว์ได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์แล้ว ก็ทำการสร้างเซลล์ สร้างเนื้อเยื่อโดยผ่าน

กระบวนการสังเคราะห์แสง (Photo synthesis) แล้วทับถมเป็นระยะเวลานานหลายล้านปี การนำพลังงานจากฟอสซิลมาใช้งาน ในระยะเวลานาน ก็จะก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมของโลกมากมาย เนื่องจากมีการปลดปล่อยก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ กลับคืนสู่บรรยากาศของโลก พลังงานจากดวงอาทิตย์ที่มนุษย์ใช้นั้นเป็นไปแบบที่ค่อยไม่รู้สึกรู้ว่ามีการใช้พลังงานอยู่ตลอดเวลา เช่น แสงสว่าง พลังงานความร้อน ซึ่งหากปราศจากพลังงานจากดวงอาทิตย์แล้ว มนุษย์สัตว์ และพืช ก็จะดำรงชีพอยู่ไม่ได้ ดังนั้นการนำพลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์มาใช้งานโดยตรงได้แก่ พลังงานลม พลังงานน้ำ และแสงอาทิตย์ จึงเป็นวิธีการที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด สามารถใช้งานได้ทุกที่ สะดวก รวดเร็ว ไม่มีมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม มนุษย์มีการนำมาใช้ตั้งแต่โบราณกาลนานมาแล้ว เมื่อโลกมีการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากขึ้น ก็มีการค้นพบพลังงานใหม่ๆ อีกมากมายหลายชนิด พลังงานไฟฟ้าก็เป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์มากมาย สามารถทำการควบคุม การส่งกระจายไปในระยะไกลๆได้ สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบของพลังงาน จากรูปแบบหนึ่งเป็นอีกรูปแบบหนึ่งได้ง่าย เช่น การเปลี่ยนจากพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน และการ เปลี่ยนจากพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือ จากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เป็นต้น

การนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้โดยตรงในปัจจุบันมีการนำมาใช้งาน 2 รูปแบบ ใหญ่ๆได้แก่ การผลิตด้วยพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ และการผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง ส่วนการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าโดยตรงในปัจจุบัน ก็มีการนำมาใช้งานในสองรูปแบบได้แก่ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อน (Solar Thermal) และการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสง (Solar Radiation)

2.2.1 ระบบการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Cell: PV)

การผลิตไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์โดยตรง ระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องควบคุมการชาร์จประจุแบตเตอรี่ เครื่องปรับระบบไฟฟ้า และแบตเตอรี่ เป็นอย่างน้อยซึ่งพลังงานไฟฟ้าที่ได้จะจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องมีการคำนวณค่า เพื่อให้พอเพียงต่ออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์ต่างๆ ดังที่กล่าวยังมีขนาด รูปลักษณะ และการทำงานที่หลากหลาย ตามความต้องการของผู้ใช้ ในการออกแบบระบบจึงต้องมีความรู้ความเข้าใจ ในอุปกรณ์ต่างๆเพื่อสามารถใช้งานได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.9 Solar Home System [8]

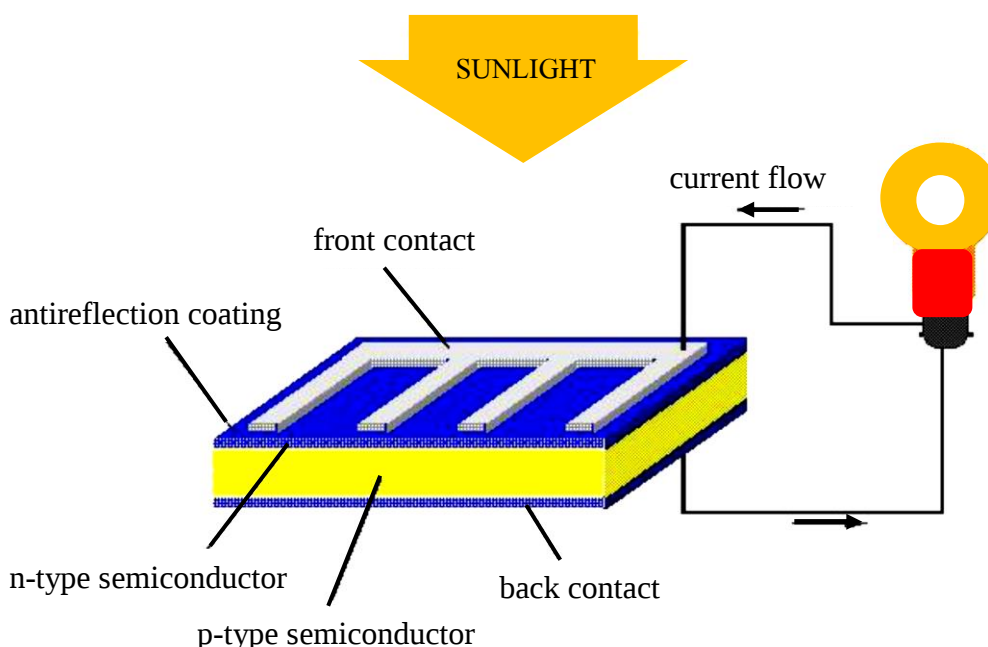
ในการใช้งานของระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องมีอุปกรณ์ในระบบที่จำเป็นหลายชนิด ซึ่งในการเลือกใช้งานต้องมีความเหมาะสม และสมดุลกันจึงจะเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จากเซลล์แสงอาทิตย์ จะต้องใช้ส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้คือ

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Cell: PV) เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นให้เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ ถูกสร้างขึ้นครั้งแรกโดย แชปปีน (Chapin) ฟูลเลอร์ (Fuller) และเพียสัน (Pearson) ในปี ค.ศ. 1954 ซึ่งทำงานที่บริษัท เบลเทโลโฟน (Bell Telephone) ซึ่งได้ค้นพบเทคโนโลยีการสร้างรอยต่อ P-N ของผลึกซิลิคอน จนได้เซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นมาเป็นครั้งแรกในโลก ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียง 6 % โดยในระยะเวลาต่อมามีการพัฒนาขึ้นมากกว่า 15 % ในระยะแรกเริ่มมีการนำไปใช้งานในการผลิตพลังงานไฟฟ้าทางด้านอวกาศ ดาวเทียม ระบบสื่อสารต่างๆ จนในปัจจุบันมีการผลิตใช้งานอย่างแพร่หลาย มีราคาถูกลง และประสิทธิภาพสูงขึ้น



รูปที่ 2.10 Solar Cell [8]

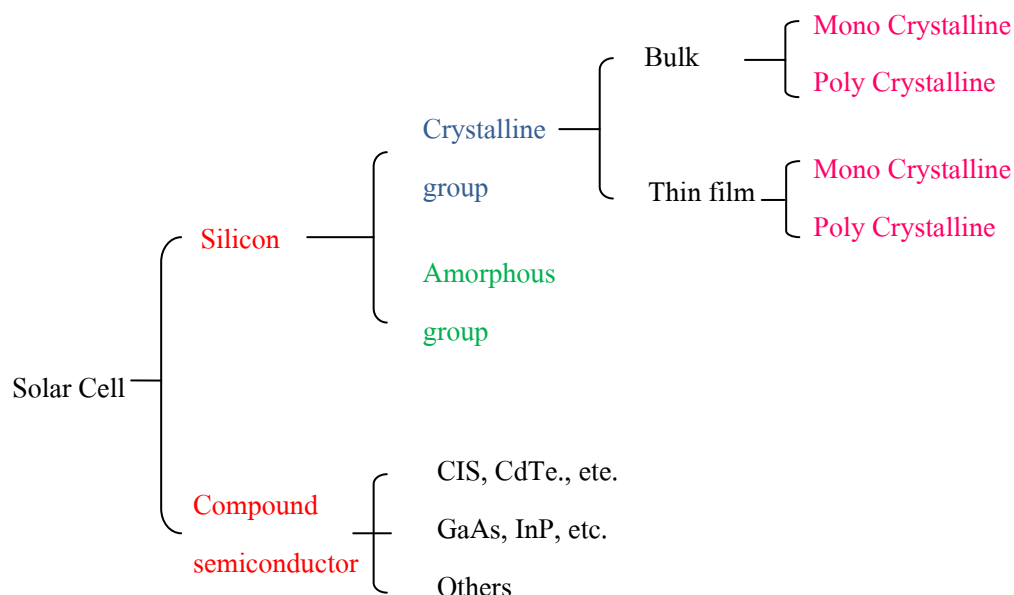
เซลล์แสงอาทิตย์ทำจากซิลิคอนที่ใช้วัสดุเช่นเดียวกัน Transistors และวงจรรวม (Integrated Circuit :IC) โดยผลึกซิลิคอนจะถูกทำให้ไม่บริสุทธิ์ (Dope) โดยการเติมธาตุที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุดในกลุ่ม 3 และ 5 ซึ่งจะได้ผลึกซิลิคอนที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างกัน (P-Type และ N-type) เมื่อนำมาต่อเชื่อมกันด้วยกรรมวิธีการแพร่สารระหว่างผลึกทำให้ระหว่างรอยต่อมีสถานะที่เป็นกลาง (Depletion Region) ผลึกซิลิคอนจะวางซ้อนกันเป็นชั้นบาง (Layer) เมื่อมีอนุภาคโฟตอน (Photon) มาตกกระทบแผ่นชั้นซิลิคอน อิเล็กตรอนที่ได้รับจะทำให้แผ่นธาตุซิลิคอนมีอิเล็กตรอนที่มีอยู่ไม่สมดุลกันระหว่างชั้นเซลล์ เมื่อมีการต่อเชื่อมขั้วไฟฟ้าออกไปก็จะเกิดการความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นที่ขั้วไฟฟ้านั้น เมื่อนำมาต่อเชื่อมกันเป็นวงจรไฟฟ้าก็จะเกิดการถ่ายเทอิเล็กตรอนระหว่างขั้ว เกิดมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าขึ้นมาได้



รูปที่ 2.11 โครงสร้าง Solar Cell [8]

การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์จากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน กับการผลิตจากสารประกอบชนิดอื่นๆ เช่น แกลเลียมอาร์เซไนด์ แคดเมียมเทลลูไรด์ เป็นต้น กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอนจะแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้นเป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบที่อยู่ในรูปของผลึก (Crystal) และแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก (Amorphous) แบบที่เป็นรูปผลึก ยังสามารถแบ่งออกได้อีกเป็น 2 ชนิดคือ ชนิดเป็นก้อนผลึก (Bulk) และแบบฟิล์มบาง (Thin film) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกทั้งสองชนิดยังแบ่งออกเป็นชนิดเดี่ยวซิลิคอน (Mono Crystalline Silicon Solar Cell) และ ชนิดผลึก

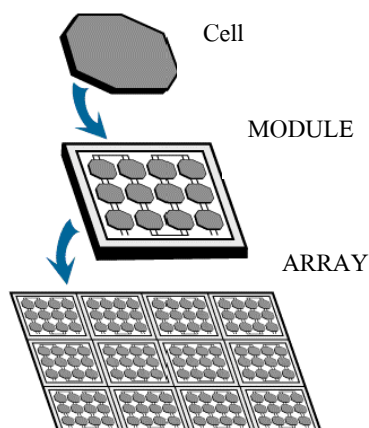
รวมซิลิคอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cell) ส่วนแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก คือ เป็นชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell)



รูปที่ 2.12 ผังชนิดเซลล์แสงอาทิตย์ [8]

ส่วนกลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบอื่นๆที่ไม่ใช่ทำมาจากซิลิคอน เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ซึ่งมีราคาแพง จึงไม่นิยมนำมาใช้ทั่วไปบนพื้นโลก จึงเหมาะสำหรับใช้งานบนดาวเทียม หรืออวกาศ สามารถร่วมกับระบบรวมแสงที่มีความเข้มของแสงสูงๆ ปัจจุบันมีการพัฒนาด้วยกระบวนการผลิตที่ทันสมัยใหม่ ทำให้มีราคาถูกลง และคาดว่าจะมีการนำมาใช้งานมากขึ้นในอนาคต (ปัจจุบันมีใช้เพียง 7 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่มีใช้ทั้งหมด)

เซลล์แสงอาทิตย์จะถูกผลิตให้เป็นแผ่นเล็กๆก่อน แล้วจึงนำเซลล์มาต่อเชื่อมเป็นวงจรสำเร็จรูปที่เรียกว่า โมดูล (Module) หรือ พาแนล (Panel) ซึ่งจะทำได้สามารถกำหนดค่ากำลังวัตต์ ที่มีการกำหนดค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากระแสไฟฟ้าที่เหมาะสม สามารถต่อเชื่อมออกไปใช้งานได้ทันที แต่เมื่อหากต้องการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่มีกำลังวัตต์สูงๆ ก็สามารถทำได้โดยนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อเชื่อมกันเป็นวงจรขนาดใหญ่ (Array) การต่อเชื่อมกันนี้อาจจะต่อเป็นวงจรแบบขนาน หรือแบบอนุกรมก็ได้ โดยสามารถกำหนดค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า หรือกระแสไฟฟ้าได้เช่นเดียวกันกับการต่อเซลล์แบตเตอรี่



รูปที่ 2.13 ขนาดของ Solar Cell [8]

แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีหลายชนิดแต่ที่มีการนำมาใช้งานจริงแบ่งออกได้เป็น 3 แบบได้แก่

ก. เซลล์แสงอาทิตย์แบบ Amorphous เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไวแสงมากที่สุด สามารถรับแสงที่อ่อนๆ ได้ รวมทั้งแสงจากหลอดไฟฟ้าต่างๆ จึงทำงานได้ในพื้นที่ที่มีเมฆหมอก ฝุ่นละออง มีฝนตกชุก ต้น แต่ก็ยังมีผลเสียคือ พลังงานไฟฟ้าไม่สูงมากนักจึงทำให้ต้องใช้พื้นที่มาก แผงมีน้ำหนักมาก แดกหักได้ง่าย และยังหาอุปกรณ์ประกอบเพื่อต่อเชื่อมระบบได้ยาก จึงนิยมนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกา หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดเล็กๆ เป็นต้น



รูปที่ 2.14 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Amorphous

ข. เซลล์แสงอาทิตย์แบบ Crystalline เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อยู่ในรูปของผลึกที่ทำให้เป็นแผ่นฟิล์มชั้นบางๆซึ่ง สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ แบบ Mono crystalline หรือแผงชนิดผลึกเดี่ยว และ แบบ Poly crystalline หรือ ผลึกผสม หรืออาจมีชื่อเป็นอย่างอื่นเช่น Single Crystalline

และ Multi Crystalline เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งานมากที่สุด แผงแบบ Mono crystalline จะมีประสิทธิภาพดีกว่าและราคาแพงกว่า แบบ Poly crystalline เล็กน้อย



รูปที่ 2.15 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Mono crystalline

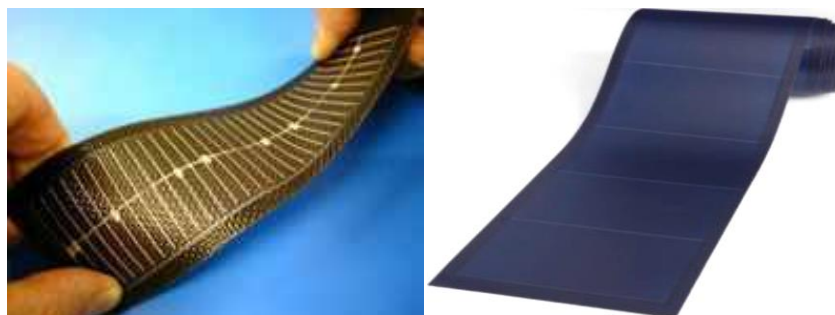


รูปที่ 2.16 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Poly crystalline

เซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองชนิดมีข้อดีคือ สามารถหาอุปกรณ์ต่อพ่วงได้ง่าย มีราคาถูก อายุการใช้งานยาวนานกว่า 20 ปี ทนทาน ใช้พื้นที่น้อย มีน้ำหนักเบา แต่จะมีข้อจำกัดคือ ทำงานประสิทธิภาพต่ำในสภาพอากาศที่มีแสงน้อย

ค. เซลล์แสงอาทิตย์แบบ Super amorphous หรืออาจเรียกว่าเป็นแบบ Amorphous Triple Junction แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้จะรวมเอาข้อดีของทั้ง Amorphous และ Crystalline มารวมไว้ด้วยกัน โดยจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบ Amorphous สามารถใช้อุปกรณ์ต่อพ่วงร่วมกับแบบ

Crystalline ได้ทั้งยังมีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถบิดตัว ม้วนได้ มีน้ำหนักเบา การขนส่งสะดวก สามารถติดตั้งตามพื้นผิวของวัสดุต่างๆ ได้หลากหลายชนิด มีความทนทานสูงต่อสภาวะอากาศ สิ่งแวดล้อม มีอายุการใช้งานเกิน 20 ปี แต่มีข้อเสียคือมีราคาแพงกว่าชนิดอื่นๆ 30-40 % ในอนาคตเมื่อมีราคาถูกลงก็จะได้รับความนิยมนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายต่อไป



รูปที่ 2.17 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Super amorphous [8]

2. เครื่องควบคุมการชาร์จ (Charge controller) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ชาร์จประจุไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มาประจุให้กับแบตเตอรี่ ซึ่งการประจุนี้นี้จะต้องไม่ให้มีการประจุมากเกินไป (Over charge) ซึ่งจะมีผลทำให้แบตเตอรี่ร้อนจัด ทำให้เสื่อมสภาพเร็ว และเมื่อ แบตเตอรี่ มีประจุเต็มแล้วก็ต้องตัดการชาร์จทันที กระแสไฟฟ้าที่ชาร์จแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีรูปสัญญาณเป็นพัลส์ (Pulse) และมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงกว่าแบตเตอรี่ประมาณ 15-20% เนื่องจากมีค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในกระบวนการชาร์จแบตเตอรี่ได้แก่ อุณหภูมิของแบตเตอรี่ ความไม่คงที่ของกระแส ไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายที่ป้อนให้โดยเฉพาะจากแหล่งพลังงานทดแทนอื่นๆ เช่น แผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากกังหันลม หรืออื่นๆ จึงต้องใช้อุปกรณ์ประมวลผล (Microcontroller) มาทำการประมวลผล และควบคุมการทำงานวงจรชาร์จประจุ และใช้วงจร PWM (Pulse Width Modulation) มาสร้างรูปสัญญาณไฟฟ้า เพื่อให้การประจุแบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 2.18 Charge controller

3. แบตเตอรี่ (Battery) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้จัดเก็บประจุไฟฟ้าที่สามารถผลิตไฟฟ้าออกไปใช้งานได้ทันที ประดิษฐ์ครั้งแรกในปี ค.ศ.1859 โดยนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส แกสตัน พลองค์ (Gaston Plante) ที่เรียกว่าแบตเตอรี่แบบเปียก (Flooded Type หรือ Wet Type) ต่อมาก็พัฒนาเป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด ในปี ค.ศ.1957 ออตโต จาเช (Otto Jache) ได้ประดิษฐ์แบตเตอรี่ที่สามารถใช้งานได้ง่าย ไม่ต้องคอยเติมน้ำกลั่น และจัดวางได้ทุกแบบ ไม่จำกัดวิธีวางแบบตั้งเพียงอย่างเดียว ในหลักการจะใช้วัสดุดูดซับน้ำกรดไว้ และผนึกไม่ให้กรดไหลออกมา ทำให้ไม่ต้องคอยเติมน้ำกลั่น หรือเรียกได้ว่าเป็นเซลล์แบบแห้ง หรือแบตเตอรี่แบบแห้ง ต่อมาได้มีการพัฒนาวัสดุที่ใช้ดูดซับกรดได้เป็น 2 แบบ คือ แบบที่ใช้แผ่นซิลิกาไฟเบอร์เป็นตัวดูดซับเรียกว่า แบบ AGM (Absorbed Glass Mats) และแบบที่ใช้เจลเป็นตัวดูดซับกรดเรียกว่า แบบเจล (Gel Battery หรือ Gel cell) ซึ่งเป็นหลักการต้นแบบของแบตเตอรี่ที่พัฒนาต่อมาในปัจจุบัน

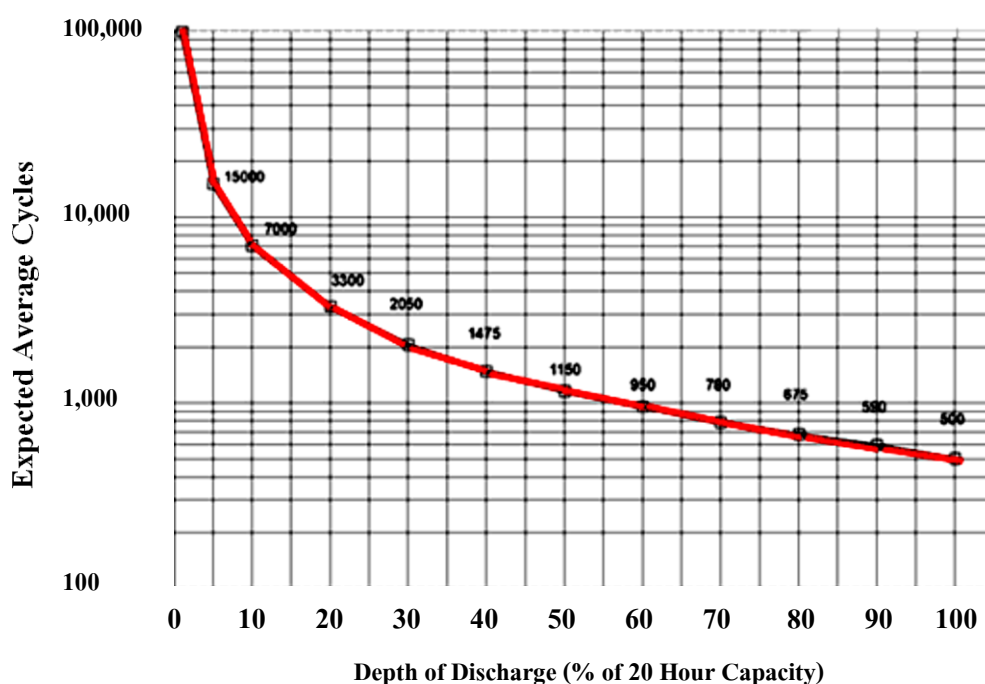


รูปที่ 2.19 แบตเตอรี่ [8]

แบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อใช้จัดเก็บพลังงานไฟฟ้า ก็สามารถใช้งานได้ทั้งสองแบบ แต่จะมีการพัฒนาให้มีความเหมาะสมในการใช้งานมากขึ้นโดยที่จะออกแบบให้สามารถจัดเก็บ

ประจุได้มากๆและ จ่ายกระแสไฟฟ้าได้นานๆยิ่งขึ้นที่เรียกว่าเป็นแบบ Deep cycle โดยการออกแบบ ให้แผ่นธาตุตะกั่วมีความหนาเป็นพิเศษ เป็นผลทำให้ค่าความต้านทานภายในสูง สามารถจัดเก็บได้สูง แต่จะจ่ายกระแสออกมาได้ไม่สูงมากนัก ซึ่งไม่เหมาะกับการใช้งานที่ต้องการกระแสไฟฟ้าสูงๆ ใน ระยะเวลาสั้นๆ เช่นการใช้กับรถยนต์ ซึ่งมีความต้องการกระแสที่สูงมากในเวลาการสตาร์ทเครื่องยนต์ จึงไม่เหมาะในการนำไปใช้งาน จึงต้องเลือกใช้งานให้ถูกต้อง ส่วนแบตเตอรี่แบบ Deep cycle จะ เหมาะสำหรับรถไฟฟ้า รถยกของ (Fork lift) เครื่องสำรองไฟ (Uninterruptible Power Supply: UPS) หรือการเก็บพลังงานสำรองจากแหล่งพลังงานทดแทนต่างๆรวมทั้งพลังงานจากแสงอาทิตย์ ด้วย แบตเตอรี่ทั้งสองแบบนี้จะมีราคา ขนาดและน้ำหนักที่ต่างกันมาก ถึงแม้ว่ากำลังวัตต์ต่อชั่วโมง (Watt Hour :WH) หรือความจุของกระแสไฟฟ้าจะเท่ากันก็ตาม

ในการใช้งานแบตเตอรี่ต่างๆให้ทนทาน จะต้องทราบข้อจำกัดทางด้านอุณหภูมิ และระดับความลึกใน การคายประจุ (Depth of Discharge: DOD) ในระหว่างการทำงานด้วย ซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพ และอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ การใช้งานจนพลังงานไฟฟ้าหมด จะเป็นผลทำให้อายุการใช้งาน ของแบตเตอรี่สั้นลงอย่างมากๆ ดังนั้นการใช้งานจึงไม่ควรใช้ประจุไฟฟ้าที่ต่ำกว่าระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ และแบตเตอรี่ควรเก็บไว้ในที่ๆอากาศเย็น ในส่วนการประจุไฟฟ้าจะต้องไม่ประจุกระแสไฟฟ้าที่สูง เกินไปจะทำให้แบตเตอรี่ร้อนจัด ทำให้เสื่อมสภาพเร็วยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.20 กราฟแสดงจำนวนครั้งการประจุกับค่า DOD [8]

4. อินเวอร์เตอร์ (Inverter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปรับเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V สำหรับใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ในบ้านโดยทั่วไป อินเวอร์เตอร์ จะออกแบบวงจรภายในโดยใช้วงจร Switching แปลงระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับโดยมีสัญญาณความถี่ไฟฟ้า 50 Hz ในระบบที่มีขนาดเล็กๆ ผู้ผลิตอาจจะรวมวงจรอินเวอร์เตอร์ เข้าเป็นชุดเดียวกับวงจรควบคุมการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Charger and Controller) ในการใช้งานต้องมีค่ากำลังงานที่สูงกว่ากำลังวัตต์ที่ใช้งาน 15-20 % ทั้งนี้เนื่องจากอินเวอร์เตอร์จะมีประสิทธิภาพประมาณ 80-85 % เช่น กำลังวัตต์ที่ต้องการใช้งาน 800 วัตต์ต้องใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 1 กิโลวัตต์ เป็นต้น



รูปที่ 2.21 เครื่องอินเวอร์เตอร์

2.2.2 การออกแบบระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์

ในการออกแบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กต้องทำการเลือกระบบตามวัตถุประสงค์การใช้งานก่อน จากนั้นจึงทำการหาค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องแล้วจึงเลือกส่วนประกอบที่เหมาะสมซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังนี้คือ

ก. การหาค่ากำลังวัตต์ที่ใช้งานจริง โดยกำหนดให้มีอุปกรณ์ไฟฟ้า จำนวน 3 ชนิด ปิดเปิดในเวลาต่างกันโดยมีรายละเอียดตามตารางดังนี้

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างการออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์เล็กเมื่อมีอุปกรณ์มาต่อเชื่อมแล้ว [8]

ที่	อุปกรณ์ไฟฟ้า	กำลังวัตต์	จำนวน	ชั่วโมงใช้งาน	Watt-Hour/Day
1	หลอดไฟฟ้า	20	2	4	160
2	โทรทัศน์	40	1	3	120
3	พัดลม	40	1	2	80
รวม		120		9	360

ข. การหาค่าอินเวอร์เตอร์ อุปกรณ์ที่ใช้งานต้องไม่ต่ำกว่าค่ากำลังวัตต์รวมของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดซึ่งจากที่คำนวณได้เท่ากับ 120 วัตต์ ดังนั้น อินเวอร์เตอร์ที่เลือกใช้มีขนาดที่เหมาะสม = 150 วัตต์

ค. การหาค่าความจุของแบตเตอรี่ ซึ่งจะคำนวณได้จากสูตร

$$Q_{\text{Batt.}} = \frac{P_{\text{Load}}}{V_{\text{Batt.}} \times (\% \text{DOD}) \times E_{\text{Inverter}}} \times T_{\text{Batt.}} \quad (2.9)$$

เมื่อ	$Q_{\text{Batt.}}$	=	ความจุแบตเตอรี่ (Ah)
	P_{Load}	=	กำลังวัตต์รวม (Watt)
	$V_{\text{Batt.}}$	=	โวลต์แบตเตอรี่ (Volt)
	%DOD	=	ค่าระดับความลึกการคายประจุ (40-60%)
	E_{Inverter}	=	ค่าประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ (0.8-0.9)
	$T_{\text{Batt.}}$	=	ระยะเวลาการประจุในแต่ละวัน (ชม.)

ดังนั้น $Q_{\text{Batt.}} = (120/12 \times 0.6 \times 0.85) \times 6 = 117.6 \text{ Ah}$

ค่าความจุแบตเตอรี่ที่เหมาะสมใช้งาน = 12 Volt 120 Ah

ง. การหาค่าขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถทำการหาได้จากสูตร

$$PV = \frac{P_{\text{Load}}}{\frac{Q \times C \times H \times I}{D}} \quad (2.10)$$

เมื่อ	PV	=	กำลังวัตต์ของเซลล์แสงอาทิตย์ (Watt)
	Q	=	ค่าพลังงานแสงที่ได้รับ/วัน (ประมาณ 4 kW-Hour/ Sq m)
	C	=	ค่าความสูญเสียของเซลล์ (ประมาณ 0.8)
	H	=	ค่าความสูญเสียเชิงความร้อน (ประมาณ 0.85)
	I	=	ค่าประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ (ประมาณ 0.8-0.9)
	D	=	ค่าความเข้มของแสงบนโลก (ประมาณ 1 kW/Sq m)

ดังนั้น $PV = 360 / (4000 \times 0.8 \times 0.85 \times 0.85 / 1000) = 155 \text{ วัตต์}$

ขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมใช้งาน = 160 วัตต์

จ. การหาค่าเครื่องชาร์จประจุแบตเตอรี่ เครื่องควบคุมการชาร์จต้องมีขนาดกำลังวัตต์ที่ไม่
น้อยกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถทำการคำนวณได้จากสูตร

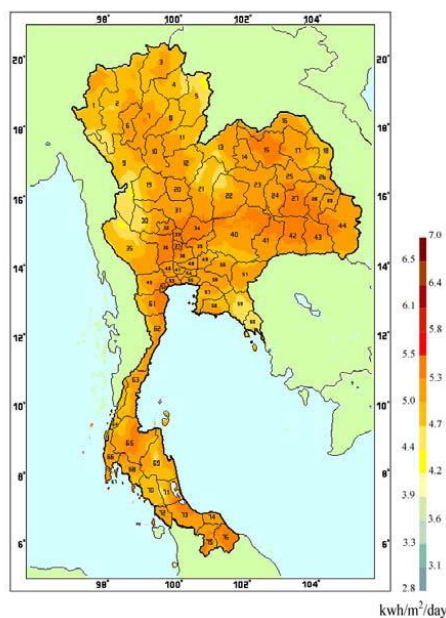
$$C_{\text{Batt}} = \frac{PV}{V_{\text{Batt}}} \quad (2.11)$$

เมื่อ C_{Batt} = ขนาดกระแสประจุ (Ampere)
 PV = กำลังวัตต์ของเซลล์แสงอาทิตย์ (Watt)
 V_{Batt} = โวลต์แบตเตอรี่ (Volt)

ดังนั้น $C_{\text{Batt}} = 160/12$
 $C_{\text{Batt}} = 13.33 \text{ A}$

เครื่องชาร์จประจุแบตเตอรี่ที่เหมาะสม = 12 Volt 15 Ampere

2.2.5 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย



รูปที่ 2.22 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ. 2542) [9]

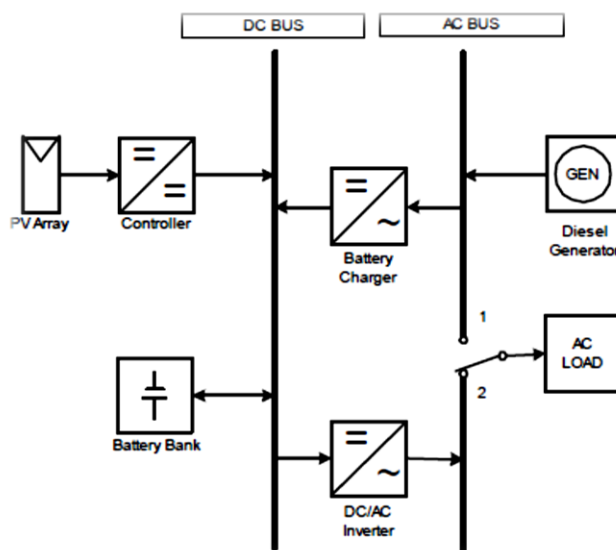
ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่แห่งหนึ่งจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่นั้น โดยบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากจะมีศักยภาพในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานสูง จากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ. 2542) โดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานและคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พบว่าการกระจายของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ตามบริเวณต่างๆ ในแต่ละเดือนของประเทศ ได้รับอิทธิพลสำคัญจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายน และพฤษภาคม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 20 ถึง 24 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน เมื่อพิจารณาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี พบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยครอบคลุมบางส่วนของ จังหวัด นครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี และอุดรธานี และบางส่วนของ ภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท อโยธยา และลพบุรี โดยได้รับรังสีดวงอาทิตย์ เฉลี่ยทั้งปี 19 ถึง 20 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 14.3% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่า 50.2% ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีในช่วง 18-19 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน จากการคำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศพบว่ามีค่าเท่ากับ 18.2 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน จากผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง

2.3 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน [10] คือ ระบบไฟฟ้าที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้ามากกว่าสองแหล่งขึ้นไป ในรายงานฉบับนี้จะยกตัวอย่าง การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานอาจแบ่งตามลักษณะการทำงานของระบบได้ 3 แบบ คือ

2.3.1 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบอนุกรม (Series Hybrid System)

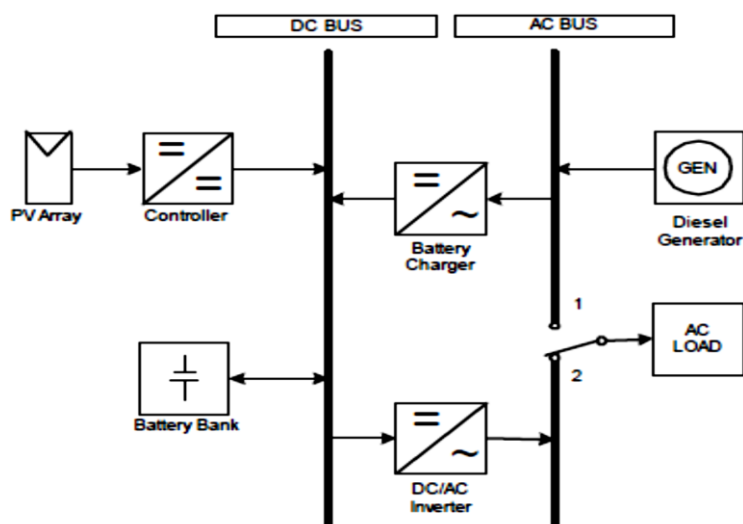
การทำงานของระบบอธิบายได้ว่าไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลจะถูกประจุไว้ในแบตเตอรี่เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้า ในระบบนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าได้โดยตรง ระบบลักษณะนี้ขนาดของแบตเตอรี่และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะต้องเหมาะสมกับขนาดความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของภาระทางไฟฟ้า ขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลจะต้องมีขนาดเหมาะสม



รูปที่ 2.23 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบอนุกรม [10]

2.3.2 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบสลับ (Switched Hybrid System)

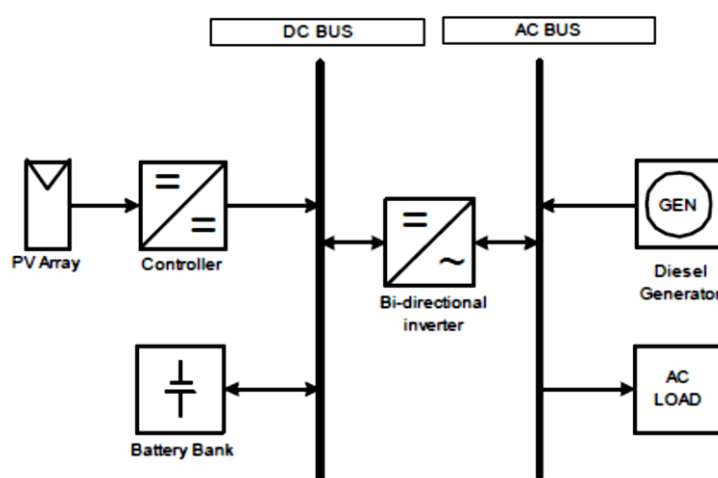
ระบบนี้แบตเตอรี่จะถูกประจุโดยทั้งไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลสามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าได้โดยตรง ในช่วงเวลาที่มีการใช้ไฟฟ้าน้อย ระบบจะจ่ายไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ ในขณะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลจะหยุดทำงาน ซึ่งหากมีไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์มากเกินไป ไฟฟ้าที่เหลือใช้ก็จะถูกประจุเข้าแบตเตอรี่ ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบแบบสลับจะสูงกว่าแบบอนุกรม



รูปที่ 2.24 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบสลับ [10]

2.3.3 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบขนาน (Parallel hybrid system)

ลักษณะการทำงานคือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลสามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าได้โดยตรง แผงเซลล์แสงอาทิตย์และระบบแบตเตอรี่ต่ออนุกรมเข้ากับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทาง (Bi-directional inverter) ซึ่งต่อเข้ากับภาระทางไฟฟ้า ในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าต่ำ ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ถูกประจุให้กับแบตเตอรี่ ไฟฟ้าที่เหลือจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลถูกประจุเข้าแบตเตอรี่โดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทาง ระบบนี้มีข้อดีกว่าระบบแบบอนุกรมและสลับคือ มีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงกว่าทั้งสองระบบแรก และคุณภาพของกระแสไฟฟ้าของระบบที่ดีกว่า การควบคุมระบบทำได้ง่ายกว่า



รูปที่ 2.25 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบขนาน [10]

ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 2.26 ระบบผลิตไฟฟ้าผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า [10]

ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้สามารถใช้ไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ได้มากขึ้น ซึ่งแหล่งผลิตไฟฟ้ามี 2 แหล่ง คือ เซลล์แสงอาทิตย์ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ส่วนประกอบของระบบ

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์
- เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทาง
- เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่
- แบตเตอรี่
- เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องยนต์ดีเซล

การทำงานของระบบ ในเวลากลางวันเซลล์แสงอาทิตย์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่โดยมีเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่เป็นตัวควบคุม ในขณะที่ต้องการใช้ภาระทางไฟฟ้าแบตเตอรี่จะจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าโดยมีเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้า ในขณะที่แบตเตอรี่ไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าได้เครื่องกำเนิดจะทำงานผลิตไฟฟ้า ไฟฟ้าที่ผลิตได้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าโดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทางเป็นตัวควบคุม และไฟฟ้าอีกส่วนก็จะประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่

2.4 โซ่ส่งกำลัง

ระบบส่งกำลังด้วยโซ่ [11] ระบบส่งกำลังด้วยโซ่ มีองค์ประกอบ 2 ชนิดคือ โซ่และเฟืองโซ่ (Chain and Sprocket) ซึ่งเป็นการนำเอา ระบบส่งกำลังด้วยโซ่จะคล้อยอยู่กับเฟืองโซ่ ซึ่งติดอยู่กับเพลาลำดับและเพลาลำดับ อัตราทดของการขับเคลื่อนขึ้นอยู่กับขนาดของเฟืองโซ่ทั้งสอง และเนื่องจากการขับเคลื่อนด้วยโซ่มีความไว้วางใจได้และถูกต้องตามหลักเศรษฐศาสตร์จึงนิยมใช้มาก เช่น การขนส่งลำเลียงในเครื่องจักรกลการเกษตร เครื่องจักรกลงานไม้ และในการขนส่งวัสดุ เป็นต้น

2.4.1 ข้อดีของการขับเคลื่อนด้วยโซ่

1. ในการติดตั้งไม่ต้องการความเที่ยงตรงเท่ากับเฟือง
2. ไม่จำเป็นต้องมีแรงดึงขึ้นต้นในโซ่ด้านดึงเหมือนกับสายพานซึ่งทำให้อายุใช้งานของตลับลูกปืนที่รองรับเพลามากขึ้น
3. ไม่มีการสลิปในขณะที่ส่งกำลังเหมือนสายพาน ทำให้ได้อัตราทดที่แน่นอน

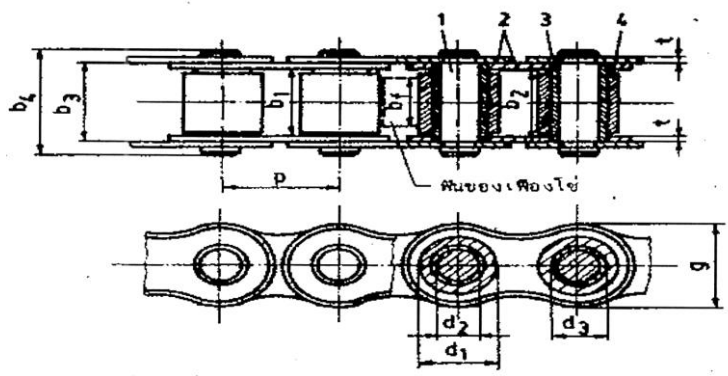
4. มีขนาดกะทัดรัดเหมือนสายพานเมื่อใช้งานด้านอัตราทดเท่ากับเฟืองโซ่จะมีขนาดเล็กกว่า ล้อสายพานและถ้าต้องการส่งกำลังเท่านั้น ความกว้างของโซ่จะน้อยกว่าสายพาน
5. ติดตั้งง่ายกว่าสายพานเพราะเพียงแต่คล้องเข้ากับเฟืองโซ่แล้วถอดสลักเข้า
6. ใช้งานได้กับอุณหภูมิสูง บริเวณที่มีความชื้นและฝุ่นละออง

2.4.2 ข้อดีของการขับด้วยโซ่

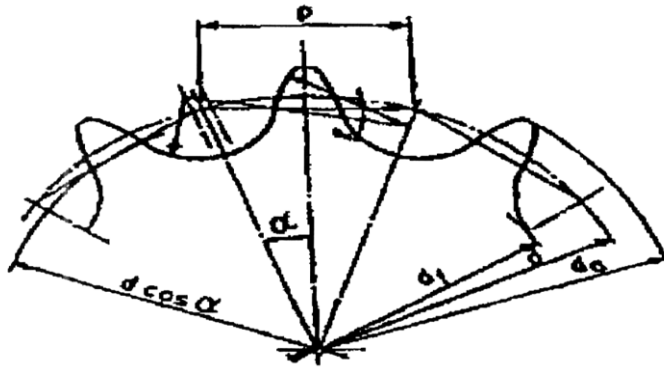
1. มีเสียงดัง
2. เนื่องจากมีความเร็วรอบสูงจะมีอันตรายเมื่อโซ่ขาด
3. ไม่มีความอ่อนตัวในการส่งกำลัง เผลาจะต้องขนานกัน
4. มีราคาแพงกว่าขับด้วยสายพาน
5. ต้องมีการหล่อลื่น

2.4.3 อุปกรณ์การส่งกำลังด้วยโซ่

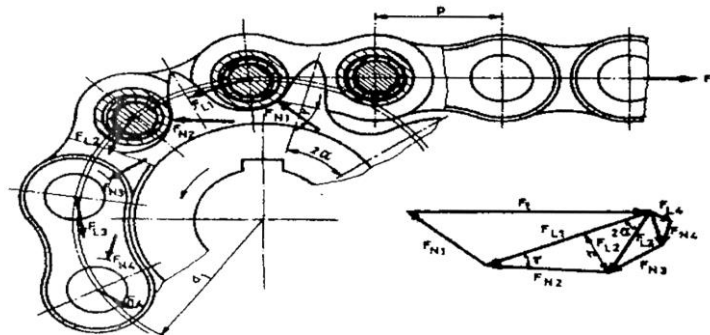
1. โซ่โรลเลอร์ (Roller chain) โซ่ชนิดนี้ประกอบด้วยแผ่นต่อ (Link) ด้านในและด้านนอกยึดติดกันด้วยสลักบูช (Bushes) โรลเลอร์กลวงสวมอยู่กับบูช ดังแสดงในรูปที่ 2.36
2. เฟืองโซ่เส้นผ่าศูนย์กลางพิตช์ของเฟืองโซ่ดังรูปที่ 2.37 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของข้อต่อโซ่ ที่คล้องอยู่บนเฟืองโซ่ก็คือวงกลมที่ลากผ่านมุมของรูปหลายเหลี่ยมที่เกิดขึ้นเนื่องจากโซ่คล้องบนเฟืองโซ่เซอร์คิวลาพิตช์ของโซ่สำหรับเฟืองโซ่เฟืองหนึ่งจะมีมุมพิตช์เป็นค่าคงที่ที่เฟืองโซ่ สำหรับโซ่โรลเลอร์และโซ่บูชจะมีมุมกดแตกต่างกันออกไปมาก ถ้ามุมกดโตมากจะทำให้โซ่ยึดออกไกล้เคียงกันทุกข้อต่อจะต้องทำให้โซ่ด้านหย่อนตึงขึ้น และทำให้เกิดเสียงดังในขณะหมุน
3. ลักษณะของฟันเฟืองโซ่จะต้องทำการเลื่อนที่ของโรลเลอร์เป็นไปอย่างสะดวกซึ่งจะเห็นการเคลื่อนที่ของโรลเลอร์ได้ดังรูปที่ 2.38



รูปที่ 2.27 ลักษณะโซ่ส่งกำลังแบบโรลเลอร์



รูปที่ 2.28 ลักษณะเฟืองโซ่แบบโรลเลอร์



รูปที่ 2.29 การส่งกำลังจากเฟืองโซ่ไปยังโซ่โรลเลอร์

2.4.4 การส่งกำลังของโซ่

ในขณะส่งกำลังแรงในแนวเส้นตรงสัมผัส F_L ที่เกิดกับโซ่กระทำกับฟันเฟืองโซ่ มีลักษณะดังรูปที่ 2.38 ที่จะเห็นว่าแรงในแนวยาวของโซ่ F_L จะลดจากฟันหนึ่งไปยังฟันหนึ่ง สร้างขึ้นได้โดยถือข้อต่อทุกข้อ ผลรวมของแรงบนข้อต่อตามแนวยาว F_L และในแนวตั้งฉาก F_N จะต้องเท่ากับศูนย์ จะเห็นได้ว่าถ้ามุมสัมผัสของโซ่กับเฟืองมีค่าน้อย และมุมกดมีค่ามากจะมีแรงเหลืออยู่ในโซ่ทางด้านหย่อนมาก แรงตามแนวยาวของโซ่ F_L เป็นแรงที่ทำให้โซ่ยืด ถ้ามีค่าน้อยโซ่ก็จะยืดน้อยลงมุมที่ข้อต่อโซ่หมุนไปในขณะขับโดยเฟืองโซ่จะมีมาก ทำให้เกิดการสึกหรอที่บูชและสลักมากขึ้นและถ้าเฟืองโซ่มีระยะพิชท์เท่ากันเฟืองโซ่ที่โตกว่าจะส่งกำลังได้น้อยกว่าเฟืองโซ่เล็ก

การคำนวณหาอัตราทดที่ต้องการ

$$m_\omega = \frac{\text{ความเร็วรอบของเพลารอบสูง}}{\text{ความเร็วรอบของเพลารอบต่ำ}} \quad (2.12)$$

การคำนวณหาจำนวนพื้นเพื่องโซ่ใหญ่ โดยการคูณจำนวนพื้นบนปีเนนด้วยอัตราทด ถ้าจำนวนพื้นที่ได้ไม่เหมาะสมก็ให้เลือกใช้ปีเนนให้มีจำนวนพื้นมากขึ้น และมีอัตราทดตามความต้องการจำนวนพื้นของเพื่องโซ่ที่ใช้กับโซ่ระยะพิตซ์ต่างๆ

การคำนวณหาลำโพงที่ใช้เลือกโซ่

$$P_s = W_s N_s \quad (2.13)$$

เมื่อ P_s = กำลังที่ใช้เลือกโซ่ (kW)
 W_s = คือกำลังที่ต้องการในการขับ (kW)
 N_s = คือตัวประกอบใช้งาน

2.5 การศึกษาและวิเคราะห์ทางด้านประสิทธิภาพ

2.5.1 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)

จะทำหน้าที่แปลงไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ เพื่อจ่ายให้ภาระไฟฟ้าแบบกระแสสลับ ประสิทธิภาพของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (η_{IN}) สามารถแสดงดังสมการ [12]

$$\eta_{IN} = \frac{I_{Load} \times V_{Load}}{I_{BD} \times V_{BD}} = \frac{\text{Power output}}{\text{Power input}} \quad (2.14)$$

2.5.2 ประสิทธิภาพแบตเตอรี่ (Battery)

โดยทั่วไปแบตเตอรี่ส่วนใหญ่ ประสิทธิภาพสูงสุดประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหมายความว่า พลังงานที่ไหลเข้าแบตเตอรี่จะสูญเสียในแบตเตอรี่ 15 เปอร์เซ็นต์ (ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่จะดูได้จากคุณสมบัติของแบตเตอรี่แต่ละชนิดและผู้ผลิตแต่ละราย)

2.5.3 เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า (Charge Controller)

จะทำหน้าที่ควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ จะทำให้ยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ได้ ซึ่งต้องมีขนาดเท่ากับหรือมากกว่า กระแสไฟฟ้า (Amp) ที่ไหลผ่านจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์สู่แบตเตอรี่ ดังนั้น ขนาดของเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า ควรมีขนาดเกินกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพของเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (η_{cc}) สามารถแสดงดังสมการ

$$\eta_{cc} = \frac{I_{pv} \times V_{pv}}{I_B \times V_B} = \frac{\text{Power output}}{\text{Power input}} \quad (2.15)$$

เมื่อ

η_{cc}	=	ประสิทธิภาพของเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่
I_{pv}	=	กระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (ADC)
V_{pv}	=	แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (VDC)
I_B	=	กระแสไฟฟ้าขณะประจุแบตเตอรี่ (ADC)
V_B	=	แรงดันไฟฟ้าขณะประจุแบตเตอรี่ (VDC)

2.5.4 ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

โดยปกติค่ากำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระบุไว้ในคุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะเป็นค่ามาตรฐาน SCT ซึ่งการหาประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จะคิดจาก สภาพการติดตั้งของแผง ณ. สถานที่ตั้งจริง

ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถหาได้จาก

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้}}{(\text{ความเข้มแสง} \times \text{พื้นที่รับแสง})} \quad (2.16)$$

2.5.5 ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ

ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ สามารถหาได้จาก

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้}}{\text{กำลังที่ขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า}} \quad (2.17)$$

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \eta_{pico} = \frac{I_{out} \times V_{out}}{g\rho QH} \quad (2.18)$$

เมื่อ

g	คือ	ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก (เมื่อ g มีค่า 9.81 m/s ²)
ρ	คือ	ค่าความหนาแน่นของน้ำ (1 kg/m ³)
Q	คือ	อัตราการไหลของน้ำ (m ³ /s หรือ l/s)

H	คือ	ความสูงของแหล่งน้ำ (m)
I _{out}	คือ	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
V _{out}	คือ	แรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.6 การศึกษาและวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ทฤษฎีเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวกับการตัดสินใจลงทุนทฤษฎีเศรษฐศาสตร์มีความสำคัญในการพิจารณาและตัดสินใจในการลงทุนโครงการต่างๆ [13] โดยการศึกษาเป็นการพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของสังคมหรือสาธารณะ (Economic Project Analysis) โดยใช้เครื่องมือในการพิจารณา คือ

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value: NPV) เนื่องจากผลตอบแทนของโครงการมักเป็นผลตอบแทนในระยะยาวคือ เราจะได้ผลตอบแทนจากลงทุนหรือค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในช่วงเริ่มต้นของโครงการ ดังนั้นการที่จะเปรียบเทียบถึงผลตอบแทนและรายจ่ายที่ต้องเสียไปในโครงการ จะต้องทำการปรับค่าของเวลาของค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนให้อยู่ในรูปของมูลค่าปัจจุบันของโครงการเสียก่อน[10]

$$NPV = \sum_{t=0}^n (B_t - C_t) / (1+r)^t \quad (2.19)$$

โดยที่	NPV	=	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)
	B _t	=	ผล
	C _t	=	ค่าใช้จ่ายในปีที่ t
	r	=	อัตราดอกเบี้ย (discount rate, %)
	t	=	ระยะเวลาของโครงการคือปีที่ 0, 1, 2... n
	n	=	อายุของโครงการ

หลักในการตัดสินใจ ถ้าค่าของ NPV ที่ได้ออกมามากกว่า 0 หรือมีค่าเป็นบวก แสดงว่าโครงการนั้นมีความเหมาะสมที่จะลงทุนได้ แต่ถ้าค่า NPV มีค่าน้อยกว่า 0 แสดงว่าโครงการนั้นไม่มีความเหมาะสมที่จะลงทุน

2. อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR) คือ มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวมหารด้วยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม

$$BCR = PVB/PVC \quad (2.20)$$

โดยที่ BCR : อัตราส่วนผลตอบแทนที่ได้ต่อต้นทุนของโครงการ

PVB : มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวม (บาท)

PVC : มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม (บาท)

หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจ ถ้าค่าของ BCR ที่ได้ออกมามีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1 แสดงว่าโครงการนั้นมีความเหมาะสมที่จะลงทุนได้ แต่ถ้าค่า BCR มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าโครงการนั้นไม่มีความเหมาะสมที่จะลงทุน

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Winfried Rijssenbeek [2] ศึกษาของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กของประเทศเวียดนาม ซึ่งมีชายที่ตลาดในกรุงฮานอยและตามจังหวัดต่างๆ ทางภาคเหนือของเมืองมีร้านขายอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่น เครื่องสูบน้ำ, เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามือสอง และร้านซ่อมมอเตอร์ พบว่าประเทศจีนทำการซื้อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากประเทศเวียดนาม ซึ่งมีกำลังไฟฟ้าน้ำขนาด 100 วัตต์ และ 500 วัตต์ ใช้กับหัวน้ำต่ำสุด 1.0 เมตร และขนาดกลางที่หัวน้ำ 5 – 10 เมตร ราคาเฉลี่ยประมาณ 50 US\$

P. Maher [14] ศึกษาของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก ซึ่งใช้ Pelton turbine ต่อตรงเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Induction Generator ซึ่งมีขนาดกำลังการผลิต 1.1 กิโลวัตต์ ท่อน้ำใช้ท่อ PVC เส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร ยาว 158 เมตร หัวน้ำสุทธิเท่ากับ 28 เมตร อัตราการไหลของน้ำเข้าสู่กังหันเท่ากับ 8.4 ลิตรต่อวินาที ประสิทธิภาพของกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่า 48% ที่กำลังไฟฟ้าที่ได้ 1.1 กิโลวัตต์ แหล่งน้ำที่ใช้เป็นน้ำพุขนาดเล็กที่มีอัตราการไหลของน้ำต่ำสุดที่ 5 ลิตรต่อวินาที ระหว่าง 90% ของปี และแหล่งน้ำนี้ยังไม่มีประวัติว่าเกิดการแห้งอย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามระบบนี้มีการกักเก็บน้ำสำรองไว้ 80 ลูกบาศก์เมตรระบบมีชุดควบคุมการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อรักษาความตึงเครียดและความถี่ให้มีค่าที่ถูกต้องเมื่อภาระการใช้ไฟเปลี่ยนแปลง กำลังไฟฟ้าส่วนเกินถูกป้อนให้กับ ballast load จำนวนคร้วเรือนที่ใช้ไฟฟ้ามี่ทั้งหมด 65 คร้วเรือน ภายในรัศมี 550 เมตร จากระบบ โดยการเชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยระบบเฟสเดียวและ insulated copper conductor แต่ละคร้วเรือนได้รับไฟ 230 โวลต์ ซึ่งเพียงพอสำหรับใช้หลอดไฟประหยัดพลังงาน 1-2 หลอด และวิทยุ 1 เครื่อง ตำแหน่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและบ้านผู้ใช้ไฟถูกบันทึก โดยใช้ระบบ GPS

ทำให้สามารถวางแผนเพื่อการพัฒนาต่อไปได้ในอนาคต ต้นทุนเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนรวมอุปกรณ์และวัสดุต่างๆ ประมาณ 58 US\$ โดยค่าใช้จ่ายมากกว่า 50% ได้รับการสนับสนุนจากผู้ให้

S.G. Jimmy Ehnberg and Math H.J. Bollen [15] ศึกษาเรื่องความสามารถของระบบผลิตไฟฟ้า เมื่อแหล่งกำเนิดพลังงานประกอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานน้ำขนาดเล็กเราใช้องค์เก็บน้ำขนาดเล็กแทนการใช้การไหลตามธรรมชาติของน้ำ ซึ่งจะเก็บน้ำไว้ผลิตไฟฟ้าโดยจะไม่ผลิตไฟฟ้าในช่วงกลางวัน แบบจำลองของรังสีรวมของดวงอาทิตย์ ถูกนำเสนอด้วยหลักการการตัดสินใจ (deterministic) และด้านอรรถนัยวิทยา (stochastic) ด้านอรรถนัยวิทยาอ้างอิงจากแบบจำลองการปกคลุมของเมฆ ของ Markov แบบจำลองพลังงานแสงอาทิตย์ ไม่ได้มีการวัดการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ แต่ใช้เพียงแค่การสังเกต กรณีศึกษานี้ได้ทำที่ Timbuktu (16.75N,0.07W) ซึ่งการจ่ายไฟฟ้าจะทำการทดลองแบ่งเป็น 4 กรณีศึกษา คือ 1. ใช้พลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว 2. ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และระบบเก็บสะสมพลังงาน 3. พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังน้ำ 4. พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานน้ำร่วมกับระบบเก็บสะสมพลังงาน เพื่อที่จะให้สามารถใช้พลังงานทดแทนเพียงอย่างเดียว การใช้แหล่งกำเนิดพลังงานร่วม ได้มีความจำเป็นเพื่อให้ระบบผลิตไฟฟ้ามีความมั่นคงสูง ดังนั้นการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับแหล่งเก็บน้ำขนาดเล็กจึงเป็นที่นิยม

P. Maher [16] ศึกษากระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก ซึ่งใช้เครื่องสูบน้ำมาเป็นกังหัน โดยใช้ในการต่อตรงเข้ากับ induction motor ซึ่งใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาดกำลัง 2.2 กิโลวัตต์ ท่อน้ำ PVC ยาว 90 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 160 มิลลิเมตร หัวน้ำสูท 18 เมตรอัตราการไหลของน้ำเข้าสู่กังหัน 28 ลิตรต่อวินาที ประสิทธิภาพของกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีค่า 45 % ที่กำลังไฟฟ้าที่ได้ 2.2 กิโลวัตต์ แหล่งน้ำที่ใช้เป็นแม่น้ำ ซึ่งมีอัตราการไหลของน้ำมากกว่า 100 ลิตรต่อวินาที ในระหว่าง 90% ของปี อัตราการไหลต่ำสุดที่วัดได้เท่ากับ 84 ลิตรต่อวินาที มีจำนวนครัวเรือนที่ใช้ไฟฟ้าประมาณ 160 หลังคาเรือน ภายในรัศมี 900 เมตร จากระบบในจำนวนทั้งหมดนี้มี 110 ครัวเรือนที่ เชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยระบบเฟสเดียวและ insulated copper conductor แต่ละครัวเรือนได้รับไฟ 230 โวลต์ ซึ่งเพียงพอสำหรับใช้หลอดไฟประหยัดพลังงาน 1-2 หลอด และวิทยุ 1 เครื่อง ตำแหน่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและบ้านผู้ใช้ไฟถูกบันทึก โดยใช้ระบบ GPS ทำให้สามารถวางแผนเพื่อการพัฒนาต่อไปได้ในอนาคต ต้นทุนเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนรวมอุปกรณ์และวัสดุต่างๆ ประมาณ 58 US\$

พิมลมาศ วรรณคนาพล เอนก สุวรรณชัยสกุล ปาริณี ศรีสุวรรณ และเฉลิมวัฒน์ ดันตสวัสดิ์ [17] ศึกษาถึงประโยชน์ด้านอื่น ๆ ของการประยุกต์ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ได้แก่ ด้านการลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร และด้านความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ระบบ บำบัดน้ำเสียสำหรับอาคารพักอาศัยการเคหะฯ มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.10 กิโลวัตต์-

ชั่วโมง/วัน โดย กำลังการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 2.22 กิโลวัตต์ (0.185 กิโลวัตต์/แผง จำนวน 12 แผง) จะสามารถผลิตพลังงาน ไฟฟ้าได้ 5.48 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/วัน ซึ่งรองรับการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบบำบัดน้ำเสีย ส่วนผลประโยชน์ด้านอื่น ๆ นั้น รวมถึงด้านการลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร พบว่า การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ครอบคลุมร้อยละ 81 ของพื้นที่หลังคาสามารถช่วยลดอุณหภูมิอากาศภายในห้องพักอาศัยที่อยู่ในชั้นใต้หลังคาได้สูงสุด 4 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$)

ณัฐวุฒิ จันทเลิศ และจิระกานต์ ศิริวิชญ์ไมตรี [18] ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของใบกั้นน้ำแนวตั้งแบบลดแรงเสียดทาน:การเปรียบเทียบประสิทธิภาพใบพัดได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของใบพัดชนิดโค้ง ขนาดความกว้าง 0.1 เมตร $\times$ ความยาว 0.3 เมตร มีรัศมีความโค้ง 0.15 เมตร เปรียบเทียบกับใบพัดชนิดตรงขนาดความกว้าง 0.1 เมตร $\times$ ความยาว 0.3 เมตร ได้ทำการทดสอบกั้นน้ำที่ความเร็วกระแสน้ำเท่ากับ 0.28,0.43,0.51,0.57,0.60,0.64,0.67,0.73 เมตรต่อวินาที ตามลำดับจากการทดลองพบว่าใบพัดชนิดโค้งมีประสิทธิภาพสูงกว่าใบพัดชนิดตรง ประสิทธิภาพใบพัดชนิดโค้งได้สูงสุด 72 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับใบพัดชนิดตรงได้ประสิทธิภาพสูงสุดที่ 56 เปอร์เซ็นต์