

โคมไฟส่องทางพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม  
SOLAR AND WIND ENERGY FOR STREET LIGHTING

นางสาวดลฤดี สิงห์ดี  
นายจรินทร์พัฒนรักษ์  
นายอานนท์ เจระระมัน

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยศรีปทุม  
ปีการศึกษา 2554  
54EE117

หัวข้อโครงการ โคมไฟส่องทางพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

โดย นางสาวดลฤดี สิงห์สี

นายจรินทร์พัฒนรักษ์

นายอานนท์ เจระมะมัน

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ชัชรัตน์ วิสุทธีรัตน์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชิต เกรื่อสุข

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม อนุมัติให้นับโครงการวิศวกรรม  
ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

..... หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัศวีร์ ศรีโหมด)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(อาจารย์ชัชรัตน์ วิสุทธีรัตน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชิต เกรื่อสุข)

วันที่..... เดือน..... พ.ศ. 2555

รหัสโครงการ 54EE117

## โคมไฟส่องทางพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม SOLAR AND WIND ENERGY FOR STREET LIGHTING

### บทคัดย่อ(Abstract)

ปริญญานิพนธ์เรื่องโคมไฟส่องทางพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมซึ่ง โครงการนี้ เป็นการนำเสนอ ในรูปแบบการนำพลังงานทดแทนจ ากพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ มาผลิต ไฟฟ้าเพื่อนำไปจ่ายแก่โหลดแสงสว่างขนาด 30 วัตต์ เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมงร่วมกัน โดยใช้เซลล์ แสงอาทิตย์ขนาด 40 วัตต์ จำนวน 1 แผง และกังหันลมขนาดเล็กแนวแกนตั้งใบพัดแบบซาโว เนียสขนาด 20 วัตต์ จำนวน 1 ตัวซึ่งจะผลิตไฟฟ้าและนำไปเก็บยังแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 40 แอมป์-ชั่วโมง

เนื้อหาของโครงการได้กล่าวถึงการออกแบบและสร้างกังหันลมขนาดเล็กชนิดแนวแกนตั้ง ใบพัดแบบซาโวเนียสมาผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลาที่เซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ โดย ปกติการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยอยู่ที่ 5-6 ชั่วโมงต่อวันและสามารถผลิตได้ในช่วงเวลา กลางวัน เพื่อความต้องการใช้พลังงานของโหลดที่เพียงพอ กังหัน ลมจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ เหมาะสมในการผลิตไฟฟ้า ให้เพียงพอต่อการจ่ายโหลดแสงสว่าง

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้นต้องขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำแนะนำคำปรึกษารวมถึงวัสดุอุปกรณ์บางส่วนที่ท่านได้มอบให้เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการจัดทำโครงการครั้งนี้และขอขอบคุณเพื่อนร่วมโครงการที่ช่วยกันคิดช่วยกันทำงานเป็นผลสำเร็จ รวมถึงเพื่อนๆ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกคนที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศรีปทุมที่เป็นแหล่งก่อเกิดปัญญาประโยชน์ที่พึงมีได้จากโครงการฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบให้กับผู้มีพระคุณทุกท่าน

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ของโครงการ	2
1.5 โครงสร้างของโครงการ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 หลอดแอลอีดี LED	4
2.2 พลังงานแสงอาทิตย์	5
2.3 แบตเตอรี่	21
2.4 พลังงานลม	24
2.5 กังหันลม	27
2.6 หลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	30
2.7 แม่เหล็ก และคุณสมบัติ	33
2.8 วงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์	35

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบโครงงาน	
3.1 การคำนวณหากระแสของโหลด	36
3.2 การคำนวณหาขนาดของแบตเตอรี่	38
3.3 การคำนวณหาขนาดของโซลาร์เซลล์	38
3.4 ชุดควบคุมการชาร์จ	39
3.5 คุณสมบัติของโซลาร์เซลล์	40
3.6 การออกแบบกึ่งहनลม	41
3.7 การออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	43
3.8 ออกแบบและโครงสร้าง	52
3.9 โครงงานที่เสร็จสมบูรณ์	53
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 การทดลองการเก็บประจุและการจ่ายพลังงานของโซลาร์เซลล์	54
4.2 การทดลองหาคุณสมบัติของระบบรวมเมื่อทำการจ่ายโหลด 10 ชั่วโมง	58
4.3 การทดลองการวัดแรงดันจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะที่ไม่มีโหลด	61
4.4 การทดลองวัดระดับแรงดันของกึ่งहनลม	64
4.5 การทดลองวัดกระแสในการชาร์จเข้าแบตเตอรี่ของกึ่งहनลม	66
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	69
เอกสารอ้างอิง	70

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงอัตราพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันกิโลวัตต์ /ตารางเมตร/วัน	5
ตารางที่ 2.2ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่าง ๆ	9
ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงการเปรียบเทียบกัณฑ์ลมประเภทแกนนอนและแกนตั้ง	29
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดดวงโคม LED	37
ตารางที่ 3.2 คุณลักษณะของตัวควบคุมการประจุ	39
ตารางที่ 3.3 คุณลักษณะทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ รุ่น NF 40M	40
ตารางที่ 3.4 จำนวนรอบหลอดทองแดงที่ใช้แกนอากาศ 1 x 2 x 1/2 นิ้ว	50
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการเก็บประจุและการจ่ายพลังงานของโซล่าเซลล์	56
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการคายประจุของแบตเตอรี่กับดวงโคม LED ทุกๆ ชั่วโมง	59
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการวัดแรงดันจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะที่ไม่มีโหลด	62
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการวัดระดับแรงดันของกัณฑ์ลมกับพัดลม	65
ตารางที่ 4.5 ผลแสดงการทดลองวัดแรงดันที่ได้ก่อนชาร์จเข้าแบตเตอรี่	67
ตารางที่ 4.6 ผลแสดงการทดลองวัดกระแสในการชาร์จเข้าแบตเตอรี่ของกัณฑ์ลม	68

## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 โครงสร้างการทำงาน	3
ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบหลอด LED	4
ภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบเซลล์แสงอาทิตย์	6
ภาพที่ 2.3 เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างแบบต่าง ๆ	7
ภาพที่ 2.4 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	9
ภาพที่ 2.5 หลักการทำงานของแบตเตอรี่ n-type และ p-type	10
ภาพที่ 2.6 หลักการทำงานของแบตเตอรี่เมื่อมีแสงมาตกกระทบ และเกิดการถ่ายเทให้กับอิเล็กตรอน	10
ภาพที่ 2.7 หลักการทำงานของแบตเตอรี่เมื่อมีอิเล็กตรอนมารวมกัน ที่ Front Electrode และ โขล	11
ภาพที่ 2.8 กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน	12
ภาพที่ 2.9 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีกำลังเอาต์พุตประมาณ 10-100 วัตต์	12
ภาพที่ 2.10 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ	15
ภาพที่ 2.11 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย	15
ภาพที่ 2.12 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน	16
ภาพที่ 2.13 โครงสร้างแบตเตอรี่แห้ง	21
ภาพที่ 2.14 โครงสร้างแบตเตอรี่น้ำ	22
ภาพที่ 2.15 ลักษณะของความเร็วลมภายใต้ชั้นบรรยากาศ	25
ภาพที่ 2.16 แผนภูมิแสดงกำลังไฟฟ้าและช่วงการทำงานของกังหันลม แบบต่างๆ	26
ภาพที่ 2.17 ภาพกังหันลมชนิดแนวแกนนอนและแนวแกนตั้ง	28
ภาพที่ 2.18 ภาพกังหันลมชนิดแนวแกนตั้ง	29
ภาพที่ 2.19 แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ กฎของฟาราเดย์	31
ภาพที่ 2.20 หลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	31
ภาพที่ 2.21 หลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	32
ภาพที่ 2.22 ลักษณะการเคลื่อนที่ตัดเส้นแรงแม่เหล็กของขดลวด	32



## สารบัญภาพ(ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 2.23 วงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์	35
ภาพที่ 3.1 ดวงโคม LED	36
ภาพที่ 3.2 ชุดควบคุมการชาร์จประจุ	39
ภาพที่ 3.3 โซล่าเซลล์แบบโมโน	40
ภาพที่ 3.4 การวัดระดับความเร็วลม	41
ภาพที่ 3.5 การต่อขดลวดแบบหนึ่งเฟส 8 ขด	47
ภาพที่ 3.6 ลักษณะ โครงสร้างสเตเตอร์ 8 ขด เฟสเดียว	47
ภาพที่ 3.7 การต่อขดลวด	48
ภาพที่ 3.8 ลักษณะ โครงสร้างของ โรเตอร์	48
ภาพที่ 3.9 ลักษณะการวางแม่เหล็ก	49
ภาพที่ 3.10 การทำแผ่นขอบโรเตอร์และการเทรซขึ้นแผ่นโรเตอร์	49
ภาพที่ 3.11 โครงสร้างและอุปกรณ์	52
ภาพที่ 3.12 โครงการที่เสร็จสมบูรณ์	53
ภาพที่ 4.1 โครงสร้างและอุปกรณ์	55
ภาพที่ 4.2 ผลการทดลองการจ่ายพลังงานของ โซล่าเซลล์ และการเก็บประจุเข้าแบตเตอรี่	57
ภาพที่ 4.3 รูปการทดลองการเก็บประจุและการจ่ายพลังงานของ โซล่าเซลล์	57
ภาพที่ 4.4 วงจรการทดลองเพื่อหาค่าคุณสมบัติของระบบรวม เมื่อทำการจ่ายโหลด 10 ชั่วโมง	58
ภาพที่ 4.5 การใช้กระแสแรงดันและความสว่าง ของโคมไฟ LED ตลอดเวลา 10 ชั่วโมง	60
ภาพที่ 4.6 ความสว่างของหลอดไฟที่ระยะตั้งแต่ 1 เมตรถึง 4 เมตร	60
ภาพที่ 4.7 การต่อวงจรการทดลองการวัดแรงดันจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขณะที่ ไม่มีโหลด	61

## สารบัญภาพ(ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 4.8 แรงดันจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด	63
ภาพที่ 4.9 การทดลองการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	63
ภาพที่ 4.10 การต่อวงจรการทดลองวัดระดับแรงดันของกังหันลม	64
ภาพที่ 4.11 แรงดันของกังหันลม	65
ภาพที่ 4.12 การต่อวงจรการทดลองวัดกระแสในการชาร์จเข้าแบตเตอรี่ ของกังหันลม	66
ภาพที่ 4.13 แรงดันที่ได้ก่อนชาร์จเข้าแบตเตอรี่	67
ภาพที่ 4.14 ทดลองวัดกระแสในการชาร์จเข้าแบตเตอรี่ของกังหันลม	68

# บทที่ 1

## บทนำ

ปัจจุบันมนุษย์มีความต้องการใช้พลังงานมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะแสงสว่างถือเป็นสิ่งสำคัญมากอย่างหนึ่งในการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์เพราะไม่ว่าทำอะไรก็ล้วนแล้วแต่ต้องใช้แสงสว่างทั้งสิ้นไม่ว่าจะอ่านหนังสือทำงาน หรือแม้กระทั่งการใช้แสงสว่างในการนำทาง

ด้วยสาเหตุนี้จึงทำให้แสงสว่างเป็นสิ่งที่จำเป็นมากต่อผู้คนในชนบทที่ห่างไกลเกินกว่าไฟฟ้าจะเข้าถึงได้รวมถึงปัญหาในปัจจุบันที่เกิดจากภัยธรรมชาตินั้นก็คืออุทกภัยที่สร้างความเสียหายต่อสิ่งต่างๆมากมาย อีกทั้งยังส่งผลถึงความเสียหายต่อการใช้ไฟฟ้าของผู้คนส่วนมากที่ต้องการใช้ไฟฟ้าอีกด้วยเพราะเนื่องจากน้ำท่วมทำให้การไฟฟ้าไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าไปยังผู้บริโภคได้เพราะกลัวว่าจะเป็นการอันตรายจึงทำให้ผู้ประสบภัยนั้นไม่มีไฟฟ้าใช้จำต้องทนอยู่แต่ในความมืดและอันตรายต่างๆที่มากับความมืดจากสาเหตุและปัญหาข้างต้นทำให้กลุ่มของข้าพเจ้าเล็งเห็นแล้วว่า จะทำโคมไฟส่องทางพลังงานไฟฟ้าร่วมเพื่อช่วยให้ผู้ที่ห่างไกลและผู้ประสบภัยจากธรรมชาติได้มีไฟฟ้าใช้และกลับมาใช้ชีวิตที่มีแสงสว่างได้ดังเดิม

### 1.1 ความสำคัญของปัญหา

1. ความต้องการทางพลังงานที่เพิ่มขึ้นแต่แหล่งพลังงานที่มีอยู่นั้นมีปริมาณที่จำกัดและใกล้จะหมดลง
2. พลังงานที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าส่วนมากยังสร้างมลพิษสู่อากาศอยู่
3. ปัญหาจากภัยธรรมชาติที่ส่งผลทำให้การไฟฟ้าไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้
4. ปัญหาจากการลงทุนของการไฟฟ้าที่เกิดจากความไม่คุ้มค่าในการลงทุน
5. ต้นทุนในการใช้เชื้อเพลิงที่มีฟอสซิลมีราคาสูง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาการออกแบบ และสร้างโคมไฟส่องทางพลังงานไฟฟ้าร่วมจากพลังงานลม และพลังงานแสงอาทิตย์
2. เพื่อศึกษาหลักการการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ในการผลิตไฟฟ้า
3. เพื่อศึกษาหลักการการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้กับกังหันลมในการผลิตไฟฟ้า
4. เพื่อศึกษาหลักการการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมการเก็บประจุของพลังงานไฟฟ้า
5. เพื่อฝึกทักษะและการวิเคราะห์ในงานด้านวิศวกรรม

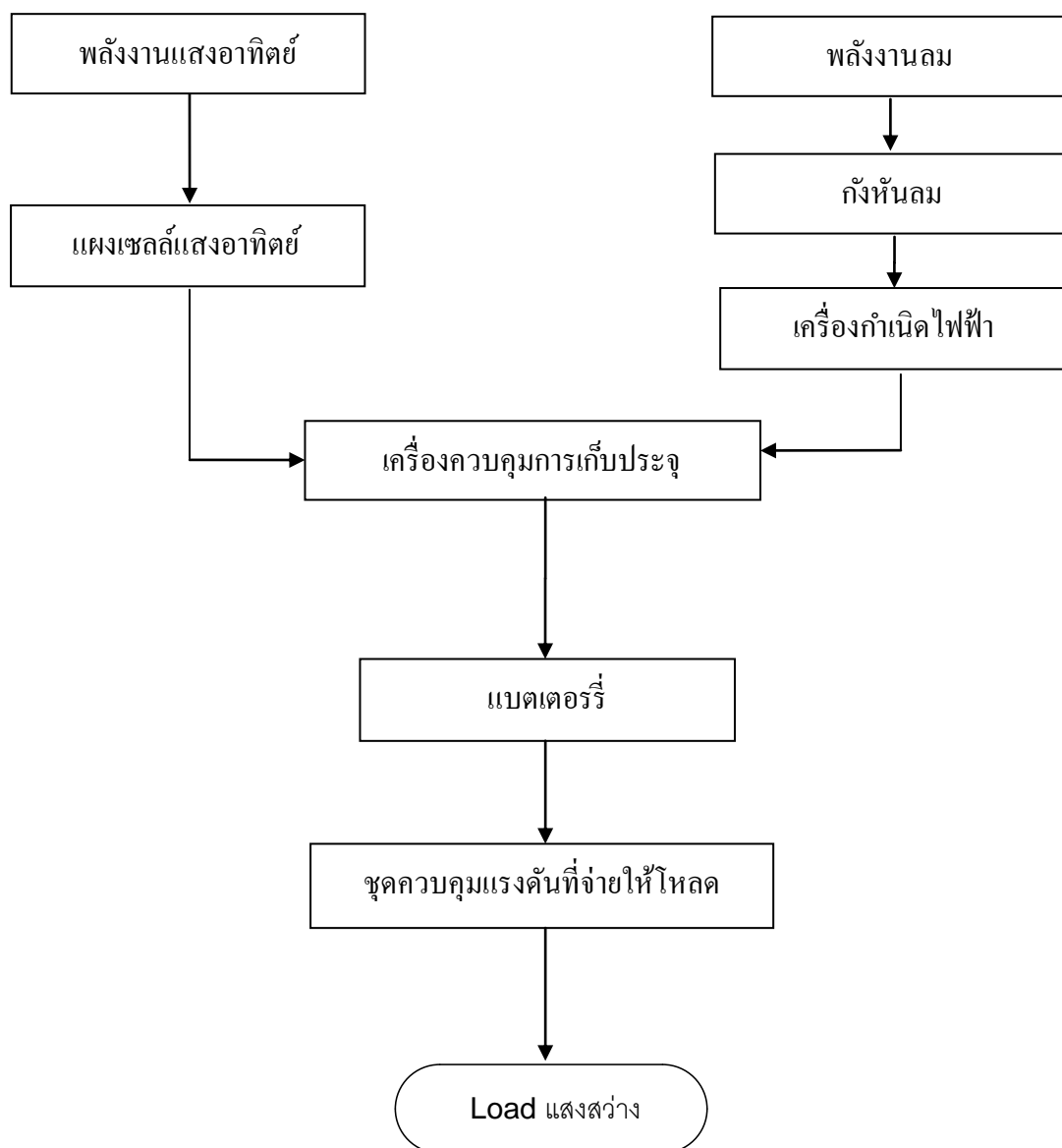
## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ออกแบบและสร้างโครงสร้างของโคมไฟส่องทางพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม
2. ออกแบบและสร้างกังหันลมชนิดใบพัดแบบแนวตั้ง (Vertical)
3. ออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวรตามแนวแกน (AFPM)
4. ออกแบบและหาขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับหลอด LED
5. ออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับกังหันลมในการใช้ดวงโคม LED

## 1.4 ประโยชน์ของโครงการ

1. สามารถนำพลังงานจากธรรมชาติมาใช้ผลิตไฟฟ้าได้
2. สามารถลดมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า
3. สามารถให้แสงสว่างในพื้นที่ที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง
4. สามารถเข้าใจถึงระบบการทำงานและแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดจากการทำโครงการ
5. สามารถเรียนรู้ถึงการทำงานของระบบส่วนต่างๆในโครงการได้ดียิ่งขึ้น
6. สามารถนำโครงการที่สร้างนี้ไปใช้และช่วยเหลือผู้ที่ประสบภัยและคลาดแคลนไฟฟ้าให้ได้มีไฟฟ้าใช้ในการส่องนำทาง

### 1.5 โครงสร้างของโครงการ



ภาพที่ 1.1 โครงสร้างการทำงาน

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของทฤษฎีนั้นจะกล่าวถึงส่วนที่เกี่ยวข้องกับโครงงานคอมพิวเตอร์ส่องทางพลังงานลม และพลังงานแสงอาทิตย์โดยมีทฤษฎีต่างๆที่ได้นำมาใช้กับโครงงานดังนี้

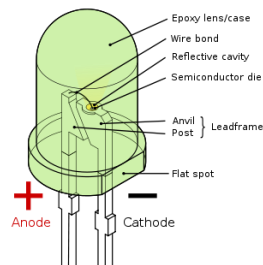
#### 2.1 หลอดแอลอีดี LED ( Light Emitting Diode ) [1][2]

เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่ทำให้แสงสว่างซึ่งมีหลายขนาดและมีรูปร่างหลายแบบ ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน

##### 2.1.1 คุณสมบัติของหลอด LED



สัญลักษณ์



ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบหลอด LED

ภายในหลอดแอลอีดีประกอบด้วยแผ่นชิปสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและชนิดพีติดอยู่ในถ้วยสะท้อนแสง มีเส้นลวดทองแดงขนาดเล็กมากเชื่อมระหว่างสารกึ่งตัวนำและขาแอลอีดี (ดังภาพประกอบ) ชิ้นส่วนทั้งหมดถูกบรรจุในพลาสติกใสทรงโดม ซึ่งทำหน้าที่เป็นเลนส์รวมแสง โดยลักษณะลำแสงที่ออกจากหลอดแอลอีดีขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น รูปร่างของถ้วยสะท้อนแสง ขนาดของชิปสารกึ่งตัวนำ รูปร่างเลนส์ ระยะห่างระหว่างตัวชิปกับผิวพลาสติกที่หุ้มอยู่

### 2.1.2 การดูขั้วของหลอด LED

การดูขั้วของ LED อาจจะได้จากการดูที่ขา ซึ่งขาที่ยาวกว่ามักจะเป็น Anode (ต่อไฟด้านบวก) แต่ถ้าหากตัดขาไปแล้วอาจจะดูจากด้านที่มีขอบตัดของตัวหลอด โดยด้านที่มีขอบตัดนั้นจะเป็น Cathode เสมอ นอกจากนี้ยังสามารถดูภายในตัวหลอดได้อีกด้วย แต่ LED บางประเภทจะมีขนาดเล็กและขุ่นมัว ไม่สามารถมองเห็นภายในได้ ดังนั้นถ้าต้องการความถูกต้อง ควรจะใช้ Ohm Meter ทำการวัดขั้วในลักษณะเดียวกันกับการวัดขั้วของไดโอด

## 2.2 พลังงานแสงอาทิตย์[4]

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานที่ใหญ่ที่สุดของระบบสุริยะมากกว่า 500 ล้านปี ทุกๆ วินาทีดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนไฮโดรเจนปริมาณ 600 ล้านตันเป็นฮีเลียม ในขณะที่เดียวกันจะปล่อยพลังงานออกมามากมายมหาศาล ชนิดที่เรียกว่าโลกเรานำไปใช้ได้นับล้านๆปี แต่พลังงานที่ดวงอาทิตย์ปล่อยออกมาถึงโลกมนุษย์จริงๆจำนวนเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากโลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ประมาณ 150 ล้านกิโลเมตร พลังงานของดวงอาทิตย์จะมาถึงโลกในเวลา 8 นาที ปล่อยออกมาในรูปของรังสีในเนื้อที่ ถึง  $3 \times 10^7$  ตารางกิโลเมตรผิวโลกได้รับแสงจากดวงอาทิตย์เพียง  $113 \times 10^6$  ตารางกิโลเมตรเท่านั้น จำนวนนี้เท่ากับ 4 ในพันล้านส่วน สำหรับประเทศไทยอัตราพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันซึ่งได้รับที่ภาคต่างๆมีค่าตามแสดงในตารางที่ 2.1

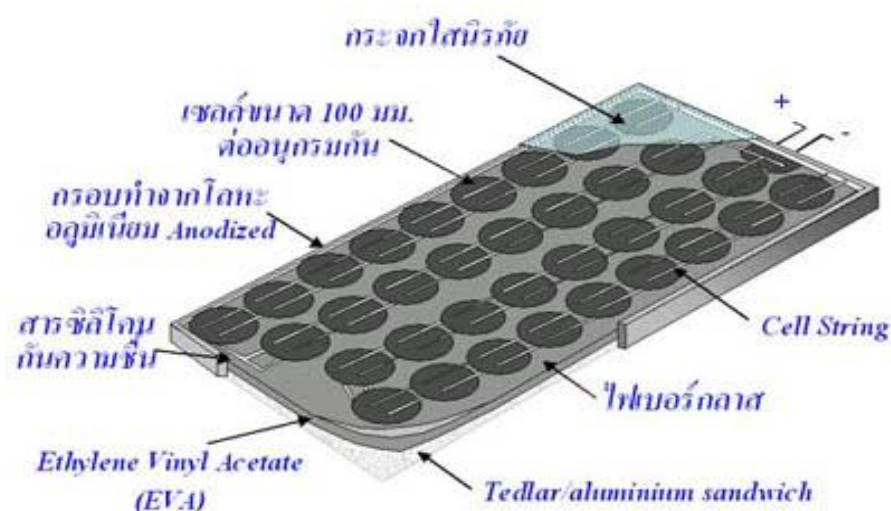
ตารางที่ 2.1 อัตราพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันกิโลวัตต์/ตารางเมตร/วัน

สถานที่	14	27	13	29	16	01	16	30	เฉลี่ย ทั้งปี
	ม.ค.- ก.พ.	ก.พ.- เม.ย.	เม.ย.- พ.ค.	พ.ค.- ก.ค.	ก.ค.- ส.ค.	ก.ย.- ต.ค.	ต.ค.- พ.ย.	พ.ย.- ม.ค.	
ภาคกลาง(กรุงเทพ)	4.66	5.41	4.94	4.62	4.30	4.49	4.55	4.63	4.70
ภาคเหนือ(เชียงใหม่)	4.65	5.35	5.59	4.79	4.40	4.67	4.72	4.33	4.81
ภาคอีสาน(ขอนแก่น)	4.69	5.01	5.37	4.86	4.57	4.55	4.86	4.58	4.81
ภาคใต้ (สงขลา)	4.97	5.37	4.85	4.64	4.72	4.54	4.19	4.12	4.68
								เฉลี่ยทั้ง ประเทศ	4.75

ในที่นี้การทำแผงแสงอาทิตย์ จะมีประสิทธิภาพของแผงประมาณร้อยละ 14 หรือถ้านำมาใช้ในประเทศไทยคิดที่อัตราพลังงานแสงแดดที่ได้รับต่อปีเท่ากับ 4.75 กิโลวัตต์/ตารางเมตร / วัน ก็จะได้พลังประมาณ 665 วัตต์ต่อตารางเมตรต่อวัน เพราะฉะนั้นบ้านแต่ละหลังเพียงใช้หลังคา หรือพื้นที่ในบริเวณบ้านเพียง 25 ตารางเมตรก็จะสามารถผลิตพลังงานได้เฉลี่ยถึงกว่า 16.6 กิโลวัตต์ต่อวัน หรือประมาณ 500 กิโลวัตต์ ( 500 หน่วย ) ต่อเดือน

### 2.2.1 เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ถูกสร้างขึ้นมา ครั้งแรกในปี ค .ศ.1954 (พ.ศ.2497) โดย แชปปี ฟูลเลอร์ และ เพียสัน แห่งเบลล์เทเลโฟนโดยทั้ง 3 ท่านนี้ได้ค้นพบเทคโนโลยีการสร้างรอยต่อ พี- เอ็นแบบใหม่ โดยวิธีการแพร่สารเข้าไปในผลึกของซิลิกอน จนได้เซลล์แสงอาทิตย์ อันแรกของโลกซึ่งมีประสิทธิภาพเพียง 6% ซึ่งปัจจุบันนี้เซลล์แสงอาทิตย์ได้ถูกพัฒนาขึ้นจนมีประสิทธิภาพสูงกว่า 15% แล้วในระยะแรกเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่จะใช้ได้สำหรับ โครงการด้านอวกาศ ดาวเทียมหรือยานอวกาศที่ส่งจากพื้นโลกไปโคจรในอวกาศ ก็ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า ต่อมาจึงได้มีการนำเอาแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้บนพื้น โลกเช่นในปัจจุบันนี้ เซลล์แสงอาทิตย์ในยุคแรกๆส่วนใหญ่จะมีสีเทาๆ แต่ในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาให้เซลล์แสงอาทิตย์มีสีต่างๆกันไป เช่น แดง น้ำเงิน เขียว ทอง เป็นต้น เพื่อความสวยงาม



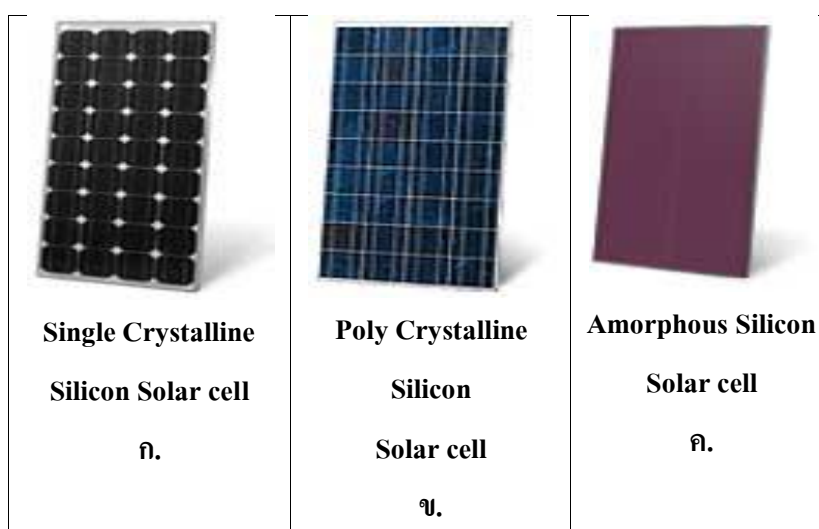
ภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบเซลล์แสงอาทิตย์



แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมากการนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลาย ๆ เซลล์มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้นเซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module หรือ Solar Panel) การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นแผงก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งานด้านหน้าของแผงเซลล์ ประกอบด้วย แผ่นกระจกที่มีส่วนผสมของเหล็กดำซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วยแผงเซลล์จะต้องมีการ ป้องกันความชื้นที่ตีมาก เพราะจะต้องอยู่กลางแจ้งเป็นเวลายาวนานในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้องกันความชื้นที่ ดี เช่น ซิลิโคนและอีวีเอ (Ethelele Vinyl Acetate) เป็นต้นเพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์ จึงต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง แต่บางครั้งก็ไม่มีมีความจำเป็นถ้ามีการเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกให้เพียงพอซึ่งก็สามารถทดแทนการทำกรอบได้เช่นกัน ดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ (laminare) ซึ่งสะดวกในการติดตั้ง

### 2.2.2 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในปัจจุบันทำมาจากซิลิคอน ซึ่งเป็นธาตุที่มีอยู่มากในโลก ซิลิคอนส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารประกอบเช่น ททราย หินต่างๆ การนำซิลิคอนบริสุทธิ์มาใช้เป็นสารกึ่งตัวนำจำเป็นต้องผ่านกระบวนการต่างๆเพื่อให้ได้ซิลิคอนบริสุทธิ์ออกมา เซลล์แสงอาทิตย์แบ่งตามโครงสร้างของวัสดุได้ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างแบบต่าง ๆ

ก. ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell หรือ C-Si) อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Monocrystalline Silicon Solar Cell หรือ Single Crystalline Solar Cell เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงและนิยมใช้กันมาก กระบวนการผลิตของเซลล์ชนิดนี้เริ่มจากการนำซิลิคอนก้อนที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก (99.99เปอร์เซ็นต์) ไปหลอมละลายที่อุณหภูมิประมาณ 1500 องศาเซลเซียส เพื่อทำการสร้างผลึกขนาดใหญ่โดยใช้ผลึกขนาดเล็กเป็นตัวอย่าง จากนั้นแท่งผลึกที่ได้จะถูกนำไปตัดเป็นแผ่นบางๆ ที่เรียกว่าเวเฟอร์ (Wafer) ซึ่งมีความหนาประมาณ 300 ไมโครเมตร จากนั้นแผ่นเวเฟอร์จะถูกนำไปขัดผิวให้เรียบโดยสารอัลคาไลน์ ก่อนนำไปโดปเป็นซิลิคอนชนิด N-Type หรือ P-Type ต่อไป

ข. ชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell หรือ PC-Si) กระบวนการผลิตผลึกชนิดนี้เริ่มจากการนำซิลิคอนบริสุทธิ์มาหลอมเป็นแท่ง แล้วปล่อยให้เย็นตัวลงอย่างช้าๆ ก่อนที่จะนำมาตัดเป็นแผ่นบางๆ หรือเวเฟอร์ ซึ่งหนาประมาณ 300-400 ไมโครเมตร เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีราคาต่ำกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยว การสังเกตความแตกต่างระหว่างเซลล์ชนิดผลึกเดี่ยวและผลึกรวมคือ เซลล์ผลึกรวมจะเห็นหน้าผลึกหลายๆ ด้านในแผ่นเซลล์ ในขณะที่แผ่นผลึกเดี่ยวจะเห็นเป็นสีน้ำเงินเข้มสีเดียว ประสิทธิภาพของเซลล์ชนิดผลึกรวมนี้จะมีค่าต่ำ

ค. ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell หรือ A-Si) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีลักษณะไม่เป็นผลึกเหมือนกับสองชนิดที่กล่าวมาแล้ว แต่จะมีการใส่สารอะมอร์ฟัสเพื่อทำให้เกิดฟิล์มบางๆ ของซิลิคอนซึ่งมีสีน้ำตาลปนม่วง มีความหนาประมาณ 0.3-0.5 ไมครอน ทำให้ไม่เปลืองเนื้อวัสดุ ดังนั้นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้จึงมีลักษณะเบาและทำการผลิตได้ง่าย อะมอร์ฟัสซิลิคอนยังไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถบดงอได้ง่ายโดยไม่แตกหัก ประสิทธิภาพของเซลล์ชนิดนี้จะมีค่าประมาณ 5-10เปอร์เซ็นต์ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้เซลล์ชนิดนี้ได้แก่ เครื่องคิดเลข นาฬิกาข้อมือ และวิทยุทรานซิสเตอร์ เป็นต้น กระบวนการผลิตจะเริ่มจากการสร้างฟิล์มบางของซิลิคอนเป็นฐานรองโดยใช้เทคนิค CVD (Chemical Vapor Deposition) โดยการนำก๊าซไซเรน ( $\text{SiH}_4$ ) ผ่านท่อสุญญากาศแล้วกระตุ้นโดยพลาสมา จากนั้นซิลิคอนจะแยกตัวไปจับบนแผ่นฐานรองซึ่งทำมาจากแก้ว พลาสติก หรือสแตนเลส โดยมีอุณหภูมิอยู่ที่ 200-300 องศาเซลเซียส จากนั้นซิลิคอนจะสะสมบนวัสดุนี้กลายเป็นแผ่นของอะมอร์ฟัสซิลิคอน ซึ่งเราสามารถทำการโดปในขณะที่ซิลิคอนสะสมลงบนแผ่นนี้ได้เช่นกัน การโดปด้วยก๊าซไดโบเรน ( $\text{B}_2\text{H}_6$ ) จะให้อะมอร์ฟัสซิลิคอนชนิด P-Type ส่วนการโดปด้วยก๊าซฟอสฟีน ( $\text{PH}_3$ ) จะให้อะมอร์ฟัสซิลิคอนชนิด N-Type

ชนิดที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ สารประกอบบางชนิด เช่น แกลเลียมอาร์เซไนด์ ( $\text{GaAs}$ ) อินเดียมฟอสไฟด์ (InP) แคดเมียมเทลลูไรด์ ( $\text{CdTe}$ ) และคอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ (CIS)

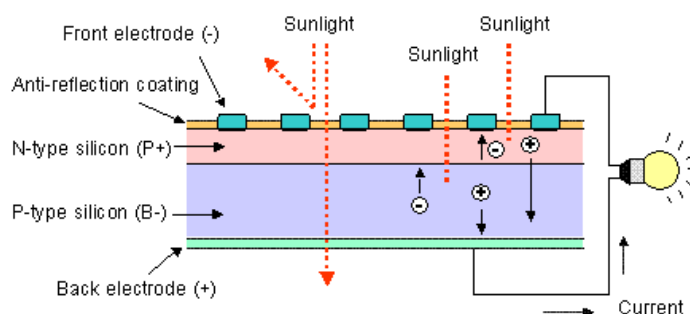
สามารถนำไปใช้ผลิตเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ได้โดยโครงสร้างเป็นได้ทั้งชนิดผลึกเดี่ยวและผลึกรวม เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพสูงถึง 20-25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าสูงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ 3 ชนิดแรก แต่ราคาจะแพงมากดังนั้นจึงต้องใช้งานที่ความสำคัญมากๆ เช่น งานด้าน อวกาศ ประสิทธิภาพของเซลล์ชนิดต่างๆ เป็นดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่าง ๆ

ชนิดของซิลิคอน	ประสิทธิภาพในห้องปฏิบัติการ (%)	ประสิทธิภาพในการผลิต (%)
ผลึกเดี่ยว	24	14-17
ผลึกรวม	18	13-15
อะมอร์ฟัส	13	5-7
อื่น ๆ	18-30 (แกเลียมอาร์เซไนด์)	-

### 2.2.3 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรงโดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำจะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกันพลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำจึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าง่ายๆไปใช้งานได้ (ตามรูป)

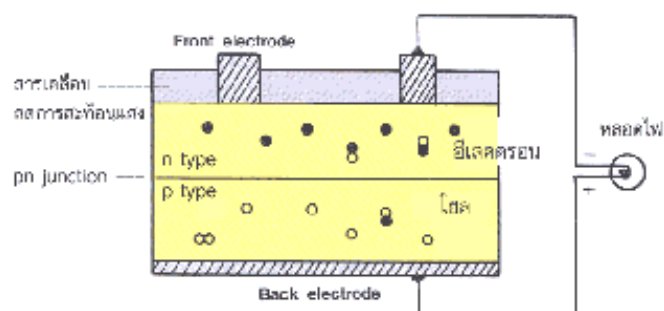


ภาพที่ 2.4 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

1. n-type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้รับการโด๊ปด้วยสารฟอสฟอรัสมีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์

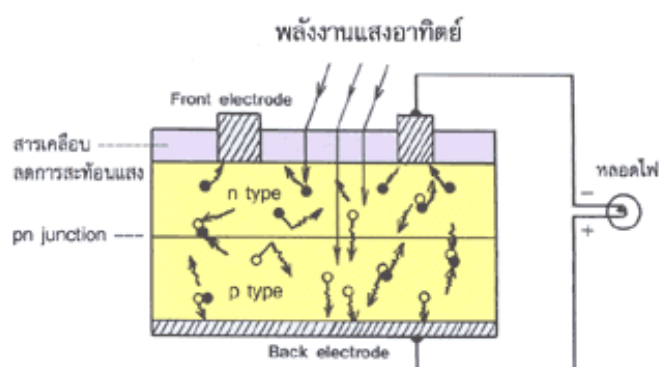
p-type ซิลิคอน คือสารกึ่งตัวนำที่ได้รับการโด๊ปด้วยสารโบรอนทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) เมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน

เมื่อนำซิลิคอนทั้ง 2 ชนิด มาประกบต่อกันด้วย p-n junction จึงทำให้เกิดเป็น “เซลล์แสงอาทิตย์” ในสถานะที่ยังไม่มีแสงแดด n-type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหน้าของ n-type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน p-type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหลังของเซลล์ โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮล แต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหลังของ p-type ซิลิคอน จะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮล



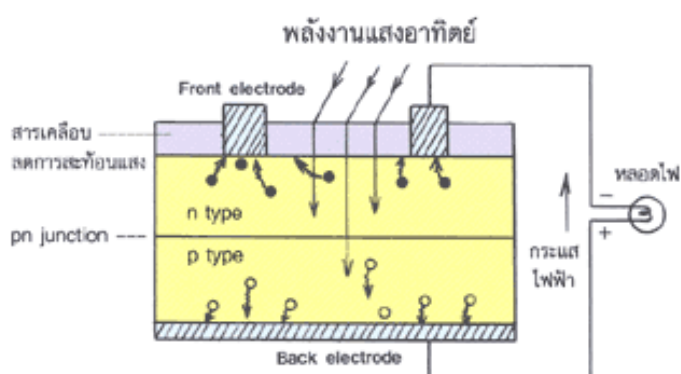
ภาพที่ 2.5 หลักการทำงานของแบตเตอรี่ n-type และ p-type

2. เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮลทำให้เกิดการเคลื่อนไหวเมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n-type และ โฮลจะวิ่งไปยังชั้น p-type

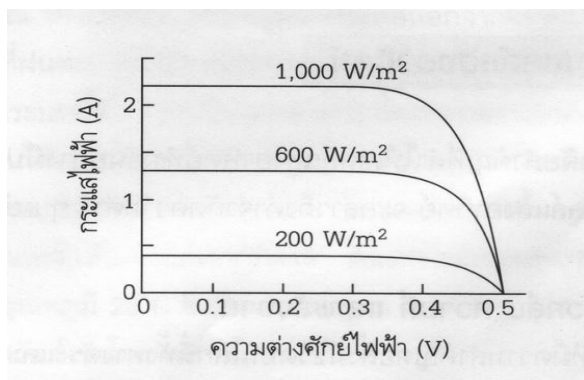


ภาพที่ 2.6 หลักการทำงานของแบตเตอรี่เมื่อมีแสงมาตกกระทบและเกิดการถ่ายเทให้กับอิเล็กตรอน

3. อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และ โฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจร ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและ โฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กัน



ภาพที่ 2.7 หลักการทำงานของแบตเตอรี่เมื่อมีอิเล็กตรอนมารวมกัน ที่ Front Electrode และ โฮล แผลงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Modules) คุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับวัสดุตั้งตัวนำ โดยทั่วไปซิลิคอนจะมีค่าความต่างศักย์ประมาณ 0.5 โวลต์ซึ่งค่าความต่างศักย์จะไม่ขึ้นกับการแผ่รังสีของแสง เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมาจากซิลิคอนขนาด 100 ตารางเซนติเมตร จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ถึง 2 แอมแปร์เมื่อมีการแผ่รังสี 1000 วัตต์ต่อตารางเมตร ดังแสดงในภาพที่ 2.8 ในขณะที่กระแสไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับการแผ่รังสีของแสง กำลังที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ได้จากผลคูณของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าโดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงจะทำให้ได้กำลังต่ำ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพต่ำด้วย



ภาพที่ 2.8 กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน

โดยปกติแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกำลังเอาต์พุตที่เกิดขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียว จะมีค่าต่ำมากดังนั้น การนำเซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้งานจริงจึงจำเป็นต้องนำเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อเข้าด้วยกัน เพื่อเพิ่มความต่างศักย์ให้มากขึ้นตามความเหมาะสม เซลล์ที่นำมาต่อเรียงกันจะเรียกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Modules) โดยเซลล์ที่ต่ออนุกรมกัน จะมีวัสดุที่ป้องกันความชื้นที่ทำจาก Ethyl-Vinyl-Acetate ซึ่งหุ้มอยู่ในกรอบที่ทำจากสแตนเลส และมีกระจกโปร่งแสงที่ด้านหน้า เซลล์แสงอาทิตย์ตัวหนึ่งๆ จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า 0.5 โวลต์ ส่วนกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ ในกรณีที่ต้องการแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงๆ ก็ สามารถทำได้โดยการต่อเซลล์แบบอนุกรม และถ้าต้องการกระแสไฟฟ้าสูงๆ ก็สามารถทำได้ โดยการต่อเซลล์แบบขนาน ดังแสดงในภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

## 2.2.4 ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ [5]

แสงอาทิตย์เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เข้าใจปฏิสัมพันธ์ระหว่างแสงกับเซลล์แสงอาทิตย์ จะกล่าวถึงคำจำกัดความต่างๆ อย่างคร่าวๆ ดังนี้

- ความยาวคลื่น ความถี่ และพลังงาน แสงอาทิตย์เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกนี้ทั้งทางตรงและทางอ้อม แสงอาทิตย์เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิของผิวโลก และเป็นแหล่งพลังงานของระบบธรรมชาติและวัฏจักรต่างๆ ดวงอาทิตย์จะแผ่รังสีที่มีความคลื่นต่างๆ จาก  $2 \times 10^{-7}$  ถึง  $4 \times 10^{-6}$  เมตร ซึ่งพลังงานของดวงอาทิตย์จะอยู่ในช่วงที่ตามองเห็นได้ โดยความยาวคลื่นจะแปรผกผันกับความถี่ ดังนั้น ถ้าความยาวคลื่นต่ำก็จะมีความถี่สูง และให้พลังงานมาก ซึ่งพลังงานจะมีหน่วยเป็นอิเล็กตรอนโวลต์ (ev) แสงสีแดงที่มีความยาวคลื่นสูงจะมีความถี่และพลังงานต่ำ ในขณะที่แสงสีม่วงจะมีความยาวคลื่นสั้น แต่จะมีความถี่และพลังงานมาก เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์จะตอบสนองกับแสงที่มีความยาวคลื่นต่างๆ ที่แตกต่างกัน ดังนั้น เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนในช่วงแสงอินฟราเรดซึ่งมีพลังงานต่ำจะทำให้ได้กระแสไฟฟ้าในเซลล์ต่ำ ในขณะที่ช่วงแสงที่มีพลังงานสูงเกินไปก็ไม่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์เช่นกัน

- มวลอากาศ (Air Mass) แม้ว่าดวงอาทิตย์จะเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานที่ใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะจักรวาล แต่พลังงานจำนวนน้อยมากเท่านั้นที่จะถูกดูดซับ โดยโลก ชั้นบรรยากาศภายนอกโลกจะได้รับพลังงานประมาณ 1,367 วัตต์ต่อตารางเมตร พลังงานในแสงอาทิตย์จะเกิดการสูญเสียไปในอากาศ ดังนั้นถ้าอากาศมีความหนาแน่นมากพลังงานของแสงอาทิตย์ก็ยิ่งสูญเสียมากขึ้น

- แสงแบบตรงและแบบกระจาย (Direct and Diffuse Light) นอกจากพลังงานในแสงอาทิตย์จะสูญเสียมไปในอากาศแล้วไอน้ำหรือเมฆก็ยังดูดซับ สะท้อน และทำให้เกิดการกระจายตัวของรังสีจากดวงอาทิตย์ รังสีจากดวงอาทิตย์จึงแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ แบบตรงและแบบกระจาย ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (Flat Plate System) จะใช้ประโยชน์จากแสงทั้งสองประเภท ส่วนเซลล์แสงอาทิตย์แบบรวม (Concentrator System) จะใช้ประโยชน์จากแสงแบบตรงเท่านั้น

- ความลาดเอียงของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะต้องมีความเหมาะสมในการรับแสงมากที่สุด โดยทำมุมเอียงจากแนวราบประมาณ 15 องศา การเอียงของแผงเซลล์นอกจากจะช่วยในการรับแสงแล้ว ยังเป็นการช่วยชำระสิ่งสกปรกในขณะที่ฝนตก สำหรับประเทศไทย แผงรับแสงอาทิตย์ควรหันไปทางทิศใต้ นอกจากนี้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ยังเป็นระบบที่สามารถปรับแผงตามการโคจรของดวงอาทิตย์ (Tracking Cell) ได้ ส่งผลให้เซลล์แสงอาทิตย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด แต่เซลล์ชนิดนี้จะมีราคาแพง

- ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่องมายัง โลก (Insolation) จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และมุมที่แผงเบนจากทิศใต้ อัตราการตกกระทบของรังสีจากดวงอาทิตย์จะมีค่าสูงสุดคือ 1000 วัตต์ต่อตารางเมตร ที่อุณหภูมิตั้งที่ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานเราสามารถนำค่านี้มาคูณกับจำนวนชั่วโมงที่ใช้จะให้ผลลัพธ์คือ จำนวนกิโลวัตต์- ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน

- อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทั่วไปเซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพลดลง 0.4% เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส เนื่องจากความต่างศักย์จะขึ้นกับอุณหภูมิ นอกจากนี้ชนิดของเซลล์ยังมีผลให้ประสิทธิภาพลดลงต่างกันในช่วงอุณหภูมิเดียวกัน

- ประสิทธิภาพของระบบ (Electrical Conversion Efficiency) ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ประกอบด้วยชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ต่อเชื่อม รวมถึงเครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ อุปกรณ์เหล่านี้ก็ทำให้เกิดการสูญเสียขึ้น ส่งผลต่อประสิทธิภาพโดยรวมของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

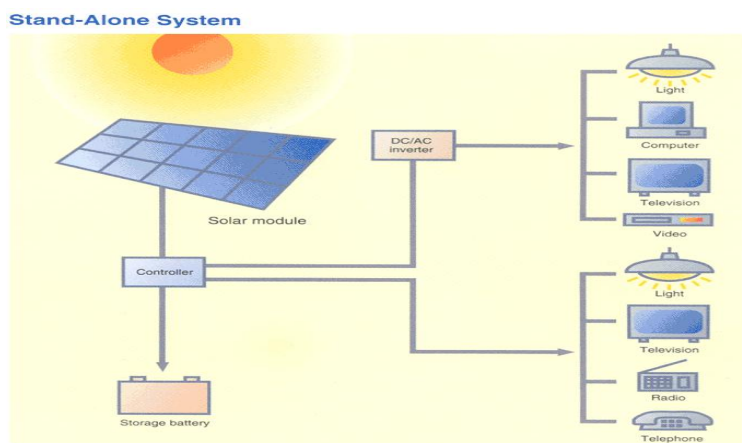
**ข้อดีของการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์มีหลายประการด้วยกันคือ**

1. แหล่งพลังงานได้จากดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่ไม่มีวันหมดและไม่เสียค่าใช้จ่าย
2. เป็นแหล่งพลังงานที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดมลภาวะแก่สิ่งแวดล้อม
3. สร้างไฟฟ้าได้ทุกขนาดตั้งแต่เครื่องคิดเลขไปจนถึงโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่
4. ผลผลิตที่หนาแน่นซึ่งระบบไฟฟ้าปกติแหล่งผลิตไฟฟ้ากับจุดที่ใช้งานจะอยู่คนละที่ และจะต้องมีระบบนำส่งแต่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าในบริเวณที่ใช้งานได้
5. ลงทุนเพียงครั้งเดียวแต่มีอายุการใช้งานยาวนานถึง 20-25 ปี

### 2.2.5 การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มีหลายแบบดังต่อไปนี้[6]

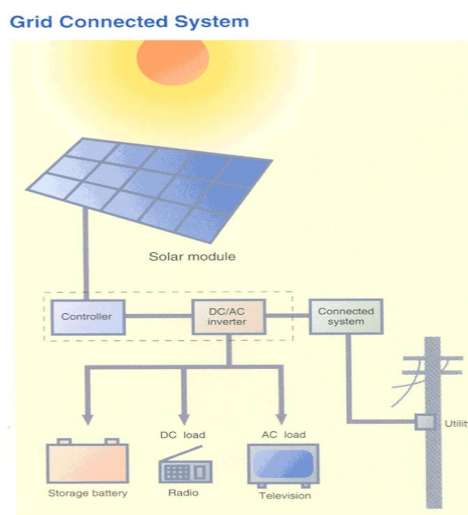
- การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand alone system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ





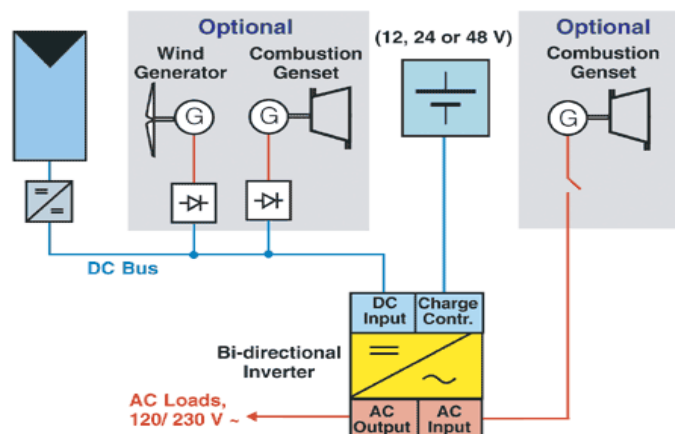
ภาพที่ 2.10 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ

- การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรงใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมืองหรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึงอุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า



ภาพที่ 2.11 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย

- การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และเครื่องยนต์ดีเซล ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับวิธีการออกแบบตามวัตถุประสงค์โครงการเป็นกรณีเฉพาะ



ภาพที่ 2.12 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

## 2.2.6 พารามิเตอร์ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ดังนี้

- ความเข้มของแสงต่อกระแสไฟ (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง และวัดระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร หรือ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.5 (มวลดอากาศ) และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60 องศากับพื้นโลกความเข้มของแสง จะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร หรือ 750 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2 วัตต์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้ค่า 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง

- อุณหภูมิกระแสไฟจะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่ แรงดันไฟฟ้า จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5 เปอร์เซ็นต์และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์คือ 1.5 วัตต์ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เช่น กำหนดไว้ว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage) ที่ 21 โวลต์ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสก็จะหมายความว่าแรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสจะเท่ากับ 21 โวลต์ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียสเช่น อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสจะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง 2.5 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือแรงดัน

ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่แรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิดจะลดลง 0.525 โวลต์เหลือเพียง 20.4750 โวลต์สรุปได้ว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงด้วยจากข้อกำหนดดังกล่าวข้างต้น ก่อนที่ผู้ใช้จะเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของแผงที่ระบุไว้ในแผงแต่ละชนิดด้วยว่าใช้มาตรฐานอะไรหรือมาตรฐานที่ใช้วัดแตกต่างกันหรือไม่ เช่นแผงชนิดหนึ่งระบุว่าให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 80 วัตต์ที่ความเข้มแสง 1,200 วัตต์ต่อ ตารางเมตร ณ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสขณะที่อีกชนิดหนึ่งระบุว่าให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 75 วัตต์ ที่ความเข้มแสง 1,000 วัตต์ต่อ ตารางเมตร และอุณหภูมิมาตรฐาน 25 องศาเซลเซียสแล้วจะพบว่าแผงที่ระบุว่าให้กำลังไฟฟ้า 80 วัตต์จะให้กำลังไฟฟ้าต่ำกว่า จากสาเหตุดังกล่าวผู้ที่ผู้ใช้แผงจึงต้องคำนึงถึงข้อกำหนดเหล่านี้ในการเลือกใช้แผงแต่ละชนิดด้วย

- จำนวนเซลล์ โดยปกติเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตขึ้นจากซิลิคอนนั้นจะมีแรงดันไฟฟ้าประมาณ 0.5 โวลต์ต่อเซลล์ ในการนำเซลล์ไปใช้งานจะต้องนำเซลล์มาต่อกันในลักษณะอนุกรมเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดให้สูงขึ้น โดยจะมีผลต่อกระแสไฟฟ้าลัดวงจรของเซลล์น้อยมาก

- พื้นที่เซลล์ กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์นอกจากขึ้นอยู่กับความเข้มรังสีอาทิตย์แล้ว ยังขึ้นอยู่กับพื้นที่ของเซลล์ที่มีแสงตกกระทบอีกด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีพื้นที่ในการรับแสงน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์

- ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ แต่ละประเภทที่มีใช้งานในปัจจุบัน มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างกันไปที่ความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิเดียวกัน เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวจะผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์แบบแผ่นบาง แต่แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดของเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวจะน้อยกว่าเซลล์แสงอาทิตย์แบบแผ่นบางนอกจากตัวแปลดังกล่าวแล้วยังมีตัวแปลอื่นๆที่ใช้ในการแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ดังนี้

- แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (Open Circuit Voltage :Voc) เป็นแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์ถูกเปิดวงจร เมื่อรอยต่อระหว่างซิลิคอนชนิดพีกับซิลิคอนชนิดเอ็นได้รับแสงกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรขณะนั้นเป็นศูนย์

- กระแสไฟฟ้าลัดวงจร(Short Circuit Current :Isc) เป็นกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์ถูกลัดวงจร เมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลจากเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านไปยังวงจรภายนอก ในสภาวะนี้กระแสไฟฟ้าจะมีค่าสูงสุด

- กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power :Pmax) เป็นผลคูณของแรงดันกับ กระแสไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์จ่ายออกมามีค่าสูงสุด สามารถวัดได้ขณะที่ต่อภาระทางไฟฟ้าที่มีค่าเหมาะสมค่าหนึ่ง

- ค่าฟิลล์แฟกเตอร์(Fill Factor : FF) เป็นค่าที่ใช้กำหนดคุณภาพของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอัตราส่วนระหว่างค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เซลล์แสงอาทิตย์จ่ายได้จริงกับผลคูณกระแสไฟฟ้าลัดวงจรกับแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด สำหรับการทดสอบที่สภาวะมาตรฐานค่าฟิลล์แฟกเตอร์จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.6-0.8

- ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานเป็นอัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้จากพลังงานความเข้มรังสีที่ตกกระทบบนเซลล์แสงอาทิตย์

### 2.2.7 แนวโน้มในด้านราคาของเซลล์แสงอาทิตย์

ราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของประเทศมีราคาประมาณ 1.05 บาทต่อหน่วย ในขณะที่ราคาค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่ใช้ดีเซลเป็นเชื้อเพลิงซึ่งตั้งอยู่ในจังหวัดแม่ฮ่องสอนนั้น มีราคาประมาณ 9.8 บาทต่อหน่วย เนื่องจากเป็นระบบการผลิตและจ่ายกระแสไฟฟ้า เพื่อสนองต่อความต้องการใช้ของประชาชนในพื้นที่ห่างไกลที่ไม่คุ้มกับการใช้สายส่ง จึงมีค่าการลงทุนค่อนข้างสูง ดังนั้น หากนำมูลค่าการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังดีเซลเปรียบเทียบกับราคาค่าไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งมีราคาประมาณ 8 บาทต่อหน่วยแล้ว จะเห็นได้ว่าราคาค่าไฟฟ้าที่ผลิตมีค่าใกล้เคียงกันมาก ทั้งนี้ยังไม่รวมถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จะต้องใช้ในการจัดการกับมลภาวะที่เกิดจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยดีเซล ราคาค่าไฟฟ้าของการผลิตไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจากฟอสซิลนั้น มีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นด้วยปัจจัยต่างๆ ตามสถานการณ์ทางเศรษฐกิจที่ส่งผลกระทบต่อให้ราคาเชื้อเพลิงสูงขึ้น ในทางตรงข้ามราคาค่าไฟฟ้าของการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังแสงอาทิตย์มีปัจจัยแปรผันหลักที่ราคาเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากราคาตลาดของเซลล์แสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยแล้ว จะเห็นว่าแนวโน้มที่จะลดราคาลงอย่างรวดเร็ว กล่าวคือ จากราคาค่าต้นทุนการผลิต เมื่อปี พ.ศ.2533 เซลล์แสงอาทิตย์มีราคาประมาณ 175-190 บาท ปัจจุบันมีราคาอยู่ที่ระดับ 110-130 บาท ซึ่งคาดว่าภายใน 10 ปีข้างหน้า ราคาค่าต้นทุนจะลดลงเหลือเพียง 50-70 บาท ด้วยสมมติฐานดังนี้

- ราคาเชื้อเพลิงที่ได้จากฟอสซิลจะสูงขึ้น และกระแสต่อต้านการทำลายสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีการใช้พลังงานที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มปริมาณมากขึ้น เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นแหล่งพลังงานที่เสถียรและกระบวนการแปรรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ไร้มลภาวะ จึงพยากรณ์ได้ว่า จากปัจจุบันที่ทั่วโลกมีการใช้พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ประมาณ 760 เมกกะวัตต์ต่อปีจะมีอัตราการใช้เซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 20 ต่อปี ทั้งนี้ภายใต้เงื่อนไขที่ภาวะการณดังกล่าวหากรัฐมีนโยบายที่จะให้การส่งเสริม และสนับสนุนการใช้พลังงานหมุนเวียนในแต่ละประเทศแล้ว คาดว่าในปี พ.ศ.2553 โลกจะมีปริมาณการใช้เซลล์แสงอาทิตย์สูงถึง 4,000 เมกกะวัตต์

ต่อปี หรือในทางสภาวะที่ตรงข้ามหากราคาเชื้อเพลิงที่ได้จากฟอสซิลมีราคาต่ำลง แม้จะไม่มี สนับสนุนการใช้พลังงานหมุนเวียนจากภาครัฐของประเทศต่างๆก็ตาม ปริมาณการใช้เซลล์ แสงอาทิตย์ของโลกก็จะอยู่ในระดับ 600 เมกกะวัตต์ต่อปี จำนวนความต้องการ การที่เพิ่มขึ้นนี้เองที่ทำให้ ต้นทุนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์มีราคาลดลง

-การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีของเซลล์แสงอาทิตย์ ที่เริ่มมีการพัฒนาจากเทคโนโลยี แบบผลึก (Crystalline) ซึ่งมีประสิทธิภาพเท่ากับ 16 เปอร์เซ็นต์มาเป็นเทคโนโลยีแบบ Thin Film ซึ่งมีประสิทธิภาพเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์โดยปัจจุบันเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Thin Film อยู่ในการ ทดสอบเทคโนโลยี เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพให้สูงกว่า 16 เปอร์เซ็นต์รวมถึงความพยายาม พัฒนาระบบการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อที่จะลดราคาค่าต้นทุนการผลิตลง

- การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย ประเทศไทย ได้เริ่มมีการใช้งานจากเซลล์ แสงอาทิตย์ เมื่อปี พ.ศ.2519 โดยหน่วยงานกระทรวงสาธารณสุข และมูลนิธิแพथ้อาสาฯ มีจำนวน ประมาณ 300 แผง แต่ละแผงจะมีขนาด 159/30 วัตต์ และนับเป็นครั้งแรกที่ได้มีนโยบายและแผน ระดับชาติด้านเซลล์แสงอาทิตย์ บรรจุลงในแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 4 (พ.ศ.2520-2524) การติดตั้งแผง เซลล์แสงอาทิตย์ได้ติดตั้งใช้งานอย่างจริงจังในปลายปีของแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 6 (พ.ศ.2530-2534) โดยมีกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานกรมโยธาธิการ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการไฟฟ้าฝ่ายผลิต แห่งประเทศไทย ที่เป็นหน่วยงานหลักในการนำเซลล์แสงอาทิตย์ไป ผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้งาน ในด้านแสงสว่าง ระบบโทรคมนาคม และเครื่องสูบน้ำ ข้อมูลของการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อ ใช้งานในประเทศไทย จนถึงปี พ.ศ. 2540 มีหน่วยงานต่างๆ ได้ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นสาธิตใช้ งานในลักษณะต่างๆ รวมกันแล้วประมาณ 3,734 กิโลวัตต์ ลักษณะการใช้งานจะเป็นการติดตั้งใช้ งานในพื้นที่ที่ห่างไกลเป็นสถานีเดิมประจุแบตเตอรี่ 39 เปอร์เซ็นต์ระบบสื่อสารหรือสถานีทวน สัญญาณ ขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยประมาณ 28 เปอร์เซ็นต์ระบบสูบน้ำด้วยพลังงาน แสงอาทิตย์ 22 เปอร์เซ็นต์ระบบไฟฟ้าหมู่บ้านที่ห่างไกล 5 เปอร์เซ็นต์และสัดส่วนที่เหลือจะติดตั้ง ในโรงเรียนประถมศึกษา สาธารณสุข และไฟสัญญาณไฟกระพริบ

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์มาตั้งแต่ปี พ.ศ.2521 เพื่อใช้ งานในกิจการต่างๆของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปัจจุบันติดตั้งใช้งานไปแล้วประมาณ 70 กิโลวัตต์ โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ทำการสาธิตการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เซลล์ แสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชนิดอื่นๆ เช่น พลังน้ำ พลังงานลม แล้วส่งพลังงานที่ผลิตได้เข้าระบบ จำหน่ายของการไฟฟ้าภูมิภาคต่อไป การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยยังได้สาธิตการผลิตไฟฟ้า จากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยไม่ใช้แบตเตอรี่ ในระบบบ้านแสงอาทิตย์ เป็นหลังแรกของประเทศไทย

ตั้งอยู่ในบริเวณสถานีพลังงานแสงอาทิตย์สันกำแพง หมู่บ้านสหกรณ์ 2 อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่ โดยทำการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 44 แผง รวมกำลังการผลิต 2.5 กิโลวัตต์

### 2.2.8 การกำหนดจำนวนแผงของเซลล์แสงอาทิตย์

จำนวนแผงของเซลล์แสงอาทิตย์คำนวณได้ โดยใช้กำลังไฟฟ้าของระบบหารด้วย กำลังไฟฟ้าที่เซลล์หนึ่งแผงผลิตได้เมื่อทราบค่าจำนวนแผงแล้วขั้นตอนต่อไป ก็จะต้องคำนวณว่า จะต้องนำเซลล์มาต่ออนุกรมหรือขนานกันอย่างไรจึงจะได้ แรงดันไฟฟ้าที่เพียงพอต่อการใช้งาน จำนวนแผงเซลล์ที่จะต้องต่ออนุกรมกัน หาได้โดยการใช้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการหารด้วยแรงดันเอาต์พุตของหนึ่งแผงหลังจากทราบว่า จะต้องติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เท่ากับ 2.9 กิโลวัตต์และ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ต้องป้อนให้อินเวอร์เตอร์คือ 200 โวลต์ตามที่จะต้องใส่แผงเซลล์แสงอาทิตย์กี่แผงและควรต่อ อเรียงกันอย่างไร โดยสมมติว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์นี้ให้กำลังไฟฟ้า สูงสุดถึง 50 วัตต์แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 17 โวลต์กระแสไฟฟ้าสูงสุด 2.94 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้าวงจร เปิด 21.3 โวลต์และกระแสไฟฟ้าลัดวงจร 3.15 แอมแปร์

### 2.2.9 การเลือกใช้งานเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า

เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้านั้นเป็นอุปกรณ์ที่ต้องต่อเข้ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทางด้านเข้าเพื่อรับพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และต่อเข้ากับแบตเตอรี่ทางด้านออกเพื่อนำ กระแสไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปประจุลงแบตเตอรี่ ดังนั้นการเลือกใช้เครื่องควบคุมการ ประจุ กระแสไฟฟ้าจึงต้องคำนึงถึงแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกใช้ และแบตเตอรี่ที่เลือกใช้ เรา สามารถพิจารณาการเลือกใช้เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าได้ดังนี้

### 2.2.10 การพิจารณาคุณสมบัติของเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าในส่วนที่ เกี่ยวข้องกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นเราต้องพิจารณาคือ

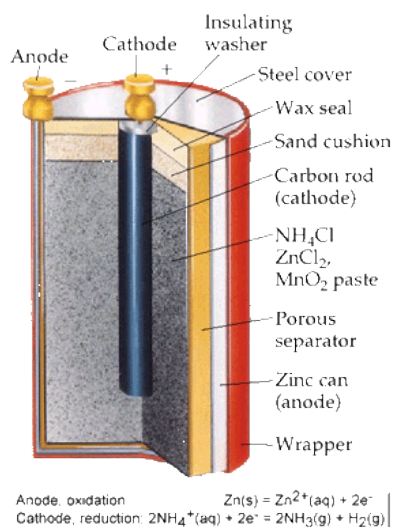
- แรงดันที่รับได้ของเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าต้องเหมาะกับแรงดันของแผง เซลล์แสงอาทิตย์ เช่น ถ้าเราใช้แผงแบบอะมอร์ฟิสซิลิคอนแบบ 40 วัตต์ซึ่งมีแรงดัน 44 โวลต์ดังนั้น เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าต้องสามารถทำงานได้ด้วยแรงดันเข้า 44 โวลต์ หรือถ้าใช้แผง แบบโพลีซิลิคอน ซึ่งมีแรงดัน 12 โวลต์เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าที่เราจะเลือกใช้ก็ต้อง ทำงานได้ที่แรงดัน 12 โวลต์

- จำนวนกำลังไฟฟ้า เป็นวัตต์ที่เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าสามารถรับได้สูงสุด เช่น เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า สามารถรับกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้ 80 วัตต์

ดังนั้น จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถต่อได้สูงสุด กับเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า ตัวนี้ต้องมีกำลังไฟฟ้าไม่เกิน 80 วัตต์

## 2.3 แบตเตอรี่[7]

### 2.3.1 แบตเตอรี่แห้ง(Dry Cell)



ภาพที่ 2.13 โครงสร้างแบตเตอรี่แห้ง

วัตถุดิบที่ใช้ในการผสมเป็นสารขั้วบวกได้แก่

- แมงกานีสไดออกไซด์ (Manganese Dioxide) ทำหน้าที่ให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น
- แอมโมเนียมคลอไรด์ (Ammonium Chloride) ทำให้กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีความสว่าง (ขาวนวล)
- เมอร์คิวรีคลอไรด์ (Mercuric Chloride) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แผ่นสังกะสีเกิดการกัดกร่อนเร็วเกินไป
- อะเซททิลีนแบล็ค (Acetylene Black) ทำหน้าที่เพิ่มความดันและความเข้มของกระแสไฟฟ้า
- แท่งคาร์บอน (Carbon Rod) มีลักษณะเป็นแท่งกลม ทำหน้าที่เป็นขั้วบวก
- ซิงค์ คลอไรด์ (Zinc Chloride)
- คาร์บอนแบล็ค (Carbon Black) กราไฟท์ (Graphite) วัตถุดิบที่ใช้เป็นขั้วลบ คือ ครอบสังกะสี ใช้สังกะสีก่อนมาทำการหลอมละลายผ่านเครื่องรีดให้เป็นสังกะสีแผ่นนำไปผ่าน

เครื่องตัดให้ได้สังกะสีตามขนาดที่ต้องการและนำไปป้อนให้ขึ้นรูปเป็นกระบอกสังกะสีใช้เป็นขั้วลวดตะกั่วที่ใช้ในการประกอบเข้าเป็นก้อนถ่านไฟฉายขึ้นอยู่กับการเลือกใช้

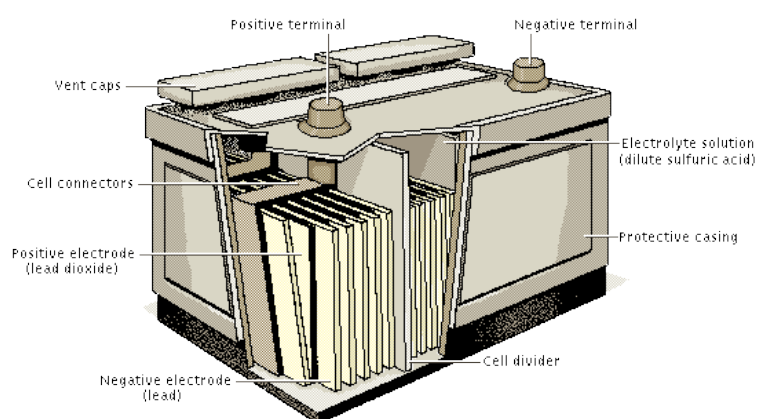
- ยางมะตอย (Asphalt) ทำหน้าที่ป้องกันการรั่วของกระแสไฟฟ้า
- แป้งสาลี หรือ แป้งมัน ผสมแล้วมีลักษณะคล้ายกาวทำหน้าที่เป็นตัวยึดให้ก้อนขั้วลวด

ติดแน่นอยู่กับกระบอกสังกะสี

- กระดาษ มีหลายประเภท เช่นกระดาษเคลือบน้ำยาใช้แทนแป้ง หรือกระดาษบาง กระดาษหนาใช้รองกันและปิดกระบอกไฟฉาย
- เซลล์แบบแห้ง ได้แก่เซลล์แบบสังกะสี-อากาศ (Zinc Air Cell) เป็นเซลล์ระดมที่มีรูให้อากาศเข้าที่ด้านล่างซึ่งจะใช้ออกซิเจนในการออกซิไดซ์ผงสังกะสีผสมอัลคาไลน์โอเล กทรอไลต์ซึ่งเป็นขั้วลบ
- เซลล์แบบลิเธียม (Lithium Cell) ขั้วลบเป็นลิเธียมขั้วบวกเป็นแมงกานีสไดออกไซด์ผสมกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์หรือโซ โอนิลคลอไรด์ ใช้กับงานหนักที่ต้องการแรงดันสูงกว่าปกติ

### 2.3.2 แบตเตอรี่น้ำ (Storage Battery)

มีส่วนประกอบคือเปลือกนอกซึ่งทำด้วยพลาสติกหรือยางแข็งฝาครอบส่วนบนของแบตเตอรี่ ขั้วของแบตเตอรี่ สะพานไฟ แผ่นธาตุบวก และแผ่นธาตุลบแผ่นกันซึ่งทำจากไฟเบอร์กลาสที่เจาะรูพรุน ปัจจุบันแบตเตอรี่รถยนต์มี 2 แบบคือแบบที่ต้องคอยตรวจระดับน้ำกรดในแบตเตอรี่กับแบบที่ไม่ต้องตรวจระดับน้ำกรดตลอดอายุการใช้งาน



ภาพที่ 2.14 โครงสร้างแบตเตอรี่น้ำ



- แผ่นธาตุ (Plates) ในแบตเตอรี่มี 2 ชนิด คือ แผ่นธาตุบวก และแผ่นธาตุลบ แผ่นธาตุบวกทำจากตะกั่วเปอร์ออกไซด์ ( $PbO_2$ ) และแผ่นธาตุลบทำจากตะกั่ว ( $Pb$ ) วางเรียงสลับกัน จนเต็มพอดิในแต่ละเซลล์ แล้วกั้นไม่ให้แตะกัน ด้วยแผ่นกั้น

- แผ่นกั้น (Separators) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบแตะกัน ซึ่ง จะทำให้เกิดการลัดวงจรขึ้นซึ่งแผ่นกั้นนี้ทำจากไฟเบอร์กลาสหรือยางแข็ง เจาะรูพรุนเพื่อให้ น้ำกรดสามารถไหลถ่ายเทไปมาได้ และมีขนาดความกว้างยาวเท่ากับแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ

- น้ำกรดหรือน้ำยาอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) น้ำกรดในแบตเตอรี่รถยนต์เป็นน้ำกรดกำมะ ถันเจือจางคือจะมีกรดกำมะถัน ( $H_2SO_4$ ) ประมาณ 38 เปอร์เซ็นต์ ความถ่วงจำเพาะของน้ำกรด 1.260 - 1.280 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสน้ำกรดในแบตเตอรี่เป็นตัวที่ทำให้แผ่นธาตุลบเกิดปฏิกิริยาทางเคมีจนเกิดกระแสไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นมาได้

- เซลล์ (Cell) คือช่องที่บรรจุแผ่นธาตุบวก แผ่นธาตุลบ ที่วางสลับกัน กั้นด้วยแผ่นกั้นแล้วจุ่มในน้ำกรด ในช่องหนึ่งจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 2.1 โวลต์ ก็จะมีเซลล์ 6 เซลล์และในแต่ละเซลล์ก็จะมี ส่วนบนเป็นที่เติมน้ำกรดและมีฝาปิดป้องกันน้ำกรดกระเด็นออกมาและที่ฝาปิดก็จะมีรูระบายก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีให้ระบายออกไปได้

- ฝาปิดเซลล์ (Battery Cell Plug) หรือฝาปิดช่องเติมน้ำกรดฝานี้จะมีรูระบายก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีภายในแบตเตอรี่ให้สามารถระบายออกไปได้ถ้าไม่มีฝาระบายนี้ เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีก๊าซไฮโดรเจนจะไม่สามารถระบายออกไปได้ทำให้เกิดแรงดัน คั้นจนแบตเตอรี่เกิดระเบิดขึ้นได้

### 2.3.3 การต่อเซลล์แบตเตอรี่

การต่อเซลล์แบตเตอรี่เพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟที่ถูกต้องและมาตรฐานจะนิยมต่ออับบบคือ

- การต่อแบบอนุกรม การต่อแบบนี้เพื่อจะเพิ่มระดับโวล ท์โดยรวมให้สูงพอโดยการนำเอาขั้วลบของเซลล์ที่ 1 ต่อกับขั้วบวกของเซลล์ที่ 2 ไปเรื่อยๆจนมีระดับโวล ท์เตจสูงพอตามที่ต้องการ และสุดท้ายจะเลือกขั้วบวกของเซลล์ที่ 1 และขั้วลบของเซลล์สุดท้าย ซึ่งทั้งสองขั้วนี้จะเป็นขั้วที่นำพลังงานของแบตเตอรี่ไปใช้งาน

- การต่อแบบขนาน การต่อแบบนี้เพื่อจะเพิ่มอัตราในการจ่ายกระแสในชุดของแบตเตอรี่นั้นให้มีการจ่ายกระแสสูงขึ้น โดยการต่อแบบนี้เอาเซลล์แบตเตอรี่ตั้งแต่จำนวน 2 เซลล์ขึ้นไปมาต่อในลักษณะขนานกันคือขั้วบวกต่อขั้วบวกขั้วลบต่อขั้วลบ

## 2.4 พลังงานลม [8]

ลมเป็นแหล่งพลังงานสะอาดชนิดหนึ่งที่สามารถใช้ได้โดยไม่มียวันหมด ในปัจจุบันได้มีการใช้ประโยชน์จากพลังงานลมเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า ทดแทนการผลิตด้วยพลังงานจากซากดึกดำบรรพ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแถบประเทศยุโรปได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าในเชิงพาณิชย์ ซึ่งกังหันลมขนาดใหญ่แต่ละตัวสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 5 เมกะวัตต์ และนับวันจะยิ่งได้รับการพัฒนาให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น สำหรับประเทศไทยการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านพลังงานลมยังมีค่อนข้างน้อยมาอาจเป็นเพราะศักยภาพพลังงานลมในประเทศเราไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆ

### 2.4.1 การเกิดและประเภทของลม[9]

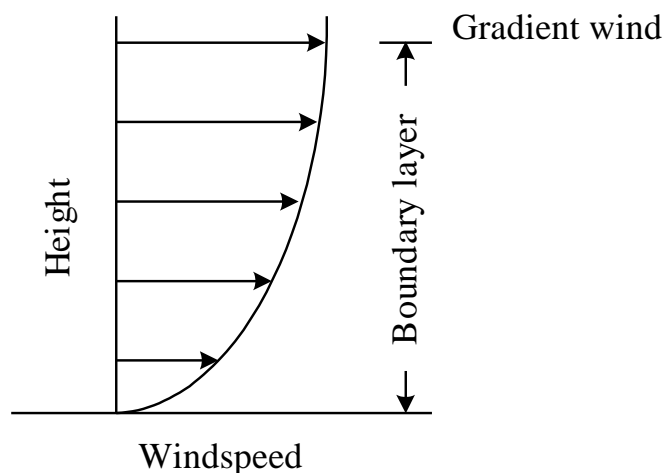
ลม (wind) สาเหตุหลักของการเกิดลมคือดวงอาทิตย์ ซึ่งเมื่อมีการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์มายังโลก แต่ละตำแหน่งบนพื้นโลก ก็ได้รับปริมาณความร้อนไม่เท่ากัน ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิและความกดอากาศในแต่ละตำแหน่ง บริเวณใดที่มีอุณหภูมิสูงหรือความกดอากาศต่ำอากาศในบริเวณนั้นก็จะลอยตัวขึ้นสูง อากาศจากบริเวณที่เย็นกว่าหรือมีความกดอากาศสูงกว่าจะเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ การเคลื่อนที่ของมวลอากาศนี้คือการทำให้เกิดลมนี้ เอง และจากการเคลื่อนที่ของมวลอากาศนี้ทำให้เกิดเป็นพลังงานจลน์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้ ลมสามารถจำแนกออกได้หลายชนิดตามสถานที่ที่เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิดังนี้

- ลมบกและลมทะเล (land and sea breeze) เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิของบริเวณทะเลกับฝั่ง โดยลมทะเลจะเกิดในตอนกลางวัน เพราะบนฝั่งมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณในทะเลจึงทำให้เกิดลมจากทะเลพัดเข้าสู่ฝั่ง ส่วนลมบกเกิดในเวลากลางคืนเพราะบริเวณในทะเลจะมีอุณหภูมิสูงกว่าบนฝั่ง ทำให้เกิดลมจากฝั่งออกสู่ทะเล

- ลมภูเขาและ ลมหุบเขา (mountain and valley winds) เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างสันเขาและหุบเขา โดยลมภูเขา จะพัดจากสันเขา ลงไปสู่อหุบเขา ในตอนกลางคืน เนื่องจากบริเวณสันเขาอยู่ในที่สูงกว่าจึงเย็นเร็วกว่าหุบเขา ดังนั้นจึงมีลมพัดลงจากยอดเขาสู่อหุบเขา ส่วนลมหุบเขาจะพัดจากหุบเขาขึ้นไปสู่อสันเขาโดยเกิดขึ้นในตอนกลางวันเนื่องจากบริเวณหุบเขาเบื้องล่างจะมีอุณหภูมิต่ำกว่ายอดเขาจึงมีลมพัด ขึ้นไปตามความสูงของสันเขา นอกจากนี้ยังมีการเรียกชื่อลมตามทิศการเคลื่อนที่ในแต่ละฤดูกาล เช่น ลมมรสุมซึ่งหมายถึงลมที่พัดเปลี่ยนทิศทางการเปลี่ยนฤดูคือฤดูร้อนจะพัดอยู่ในทิศทางหนึ่งและจะพัดเปลี่ยนทิศทางขึ้นตรงกันข้ามในฤดูหนาว

#### 2.4.2 หลักการทำงานของกังหันลม

ลมที่เกิดขึ้นถูกใช้ประโยชน์จากส่วนที่อยู่ใกล้ผิวโลกหรือที่เรียกว่าลมผิวพื้นซึ่งหมายถึงลมที่พัดในบริเวณผิวพื้นโลกภายใต้ความสูงประมาณ 1 กิโลเมตรเหนือพื้นดินเป็น บริเวณที่มีการผสมผสานของอากาศกับอนุภาคอื่นๆ และมีแรงเสียดทานในระดับต่ำ โดยเริ่มต้น ที่ระดับความสูงมากกว่า 10 เมตรขึ้นไปแรงเสียดทาน จะลดลง ทำให้ความเร็วลมจะเพิ่มขึ้น ดังแสดงใน ภาพที่ 2.15 จนกระทั่งที่ระดับความสูงใกล้ 1 กิโลเมตรเกือบไม่มีแรงเสียดทาน ความเร็วลม มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับระดับความสูงและสภาพภูมิประเทศเช่นเดียวกันกับทิศทางของลมจากประสบการณ์ที่ผ่านมาพบว่ากังหันลมจะทำงานได้ดีหรือไม่มันจะขึ้นอยู่กับตัวแปรทั้งสองนี้ที่ความเร็วลมเท่าๆกัน แต่มีทิศทางลมที่แตกต่างกันเมื่อ ลมเคลื่อนที่ พุ่งเข้าหาแกนหมุนของกังหันลมแล้วจะส่งผลต่อแรงบิดของกังหันลมเป็นอย่างมากผลคือแรงลัพธ์ที่ได้ออกมาจากกังหันลมแตกต่างกัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยเบื้องต้นที่เป็นตัวกำหนดในการใช้พลังงานลมคือความเร็วและทิศทางของลมนั่นเอง



ภาพที่ 2.15 ลักษณะของความเร็วลมภายใต้ชั้นบรรยากาศ

พลังงานที่ได้รับจากกังหันลมจะมีเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับความเร็วลมแต่ความสัมพันธ์นี้ไม่เป็น สัดส่วนโดยตรงที่ความเร็วลมต่ำ ในช่วง 1–3 เมตรต่อวินาทีกังหันลมจะยังไม่ทำงาน จึงยังไม่สามารถผลิตไฟฟ้าออกมาได้ที่ความเร็วลมระหว่าง 2.5–5 เมตรต่อวินาทีกังหันลมจะเริ่มทำงานเรียก ช่วงนี้ว่า ช่วงเริ่มความเร็วลม (cut in wind speed) และที่ ความเร็วลมช่วงประมาณ 12–15 เมตรต่อวินาทีเป็นช่วงที่เรียกว่า ช่วงความเร็วลม (nominal หรือ rate wind speed) ซึ่งเป็นช่วงที่กังหันลมทำงานอยู่บนพิกัดกำลังสูงสุดของตัวเองในช่วงที่ความเร็วลมได้ระดับไปสู่ช่วงความเร็วลม เป็น

การทำงานของกังหันลมด้วยประสิทธิภาพสูงสุด (maximum rotor efficiency) ดังแสดงใน ภาพที่ 2.16 ซึ่งค่านี้ขึ้นอยู่กับอัตราการกระตุ้นความเร็ว (tip speed ratio) และในช่วงเลขความเร็วลม (cut out wind speed) เป็นช่วงที่ความเร็วลมสูงกว่า 25 เมตรต่อวินาทีที่กังหันลมจะหยุดทำงานเนื่องจากความเร็วลมสูงเกินไปซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อกลไกของกังหันลมได้

การหาค่ากำลังของลมที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว  $v$  ผ่านพื้นที่หน้าตัด  $A$  หาได้จาก

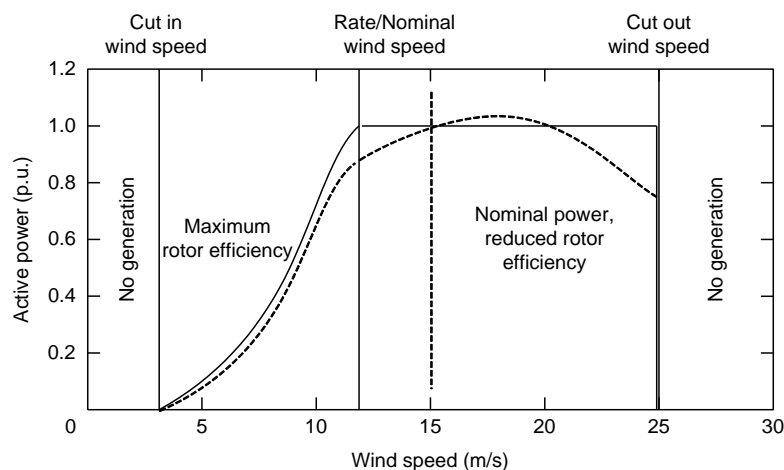
$$P_w = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (2.1)$$

โดยที่  $P_w$  คือ กำลังงานจากขนาดใบพัด (W)

$\rho$  คือ ความหนาแน่นของอากาศมีค่าเท่ากับ  $1.225 \text{ kg/m}^3$

$A$  คือ พื้นที่หน้าตัด ( $\text{m}^2$ )

$v$  คือ ความเร็วลม (m/s)



ภาพที่ 2.16 แผนภูมิแสดงกำลังไฟฟ้าและช่วงการทำงานของกังหันลมแบบต่างๆ

สำหรับหลักการทั่วไปในการนำพลังงานลมมาใช้คือ เมื่อมีลมพัดมาปะทะกับ ใบพัดของกังหันลม กังหันลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมที่อยู่ในรูปของพลังงานจลน์ไปเป็นพลังงานกล โดยการหมุนของใบพัด แรงจากการหมุนของใบพัดนี้จะถูกส่งผ่านแกนหมุนทำให้เฟืองเกียร์ที่ติดอยู่กับแกนหมุนเกิดการหมุนตามไปด้วย พลังงานกลที่ได้จากการหมุนของเฟืองเกียร์นี้เองที่ถูกประยุกต์ใช้ประโยชน์ตามความต้องการเช่น ในกรณีที่ต้องการใช้กังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้าจะต่อ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าไป ซึ่งเมื่อเฟืองเกียร์ของกังหันลมเกิดการหมุนจะไปขับเคลื่อนให้แกนหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนตามไปด้วยด้วยหลักการนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็สามารถผลิตกระแสไฟฟ้า ออกมาได้ ส่วนในกรณีของการใช้กังหันลมในการสูบน้ำหรือสีข้าว ก็สามารถนำเอาพลังงานกลจากการหมุนของเฟืองเกียร์นี้ไปประยุกต์ใช้ได้โดยตรง

## 2.5 กังหันลม

กังหันลมชนิดต่างๆ ที่นำมาใช้งานโดยทั่วไป มีหลายแบบหลายชนิด และมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไปตามแต่ผู้ผลิตกังหันลมส่วนใหญ่จะเป็นเทคโนโลยีจากต่างประเทศ เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากได้มีการคิดค้นมาเป็นเวลาหลายศตวรรษ โดยเริ่มมาจากประเทศแถบยุโรป เช่น สหรัฐอเมริกา , เยอรมัน, สหราชอาณาจักร, ออสเตรเลีย, และประเทศรัสเซีย กังหันลมส่วนมากจะนำมาใช้ในการสูบน้ำและการผลิตไฟฟ้า ในประเทศสหรัฐอเมริกา ถือได้ว่า การตั้งกังหันลมแสดงให้เห็นว่าเป็นตำแหน่งพื้นที่การเกษตรการเพาะปลูก และการเลี้ยงสัตว์ มหาวิทยาลัยนิวยอร์กได้ประมาณตัวเลขของการใช้พลังงานลมโดยกังหันลมมาถึง 175,000 เครื่อง และคาดว่ายังมีอยู่ประมาณครึ่งหนึ่งของจำนวนที่ยังใช้งานได้สำหรับใช้กังหันลมหลายโครงการ รวมทั้งมีการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมขนาดเล็กๆ อีกด้วย การใช้พลังงานในการผลิตไฟฟ้าโดยทั่วไป อาจทำได้เพื่อเป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่อิสระในพื้นที่ชนบทห่างไกลความเจริญ หรือการทำเพื่อเพิ่มเสริมระบบไฟฟ้าให้แก่ระบบสายส่ง

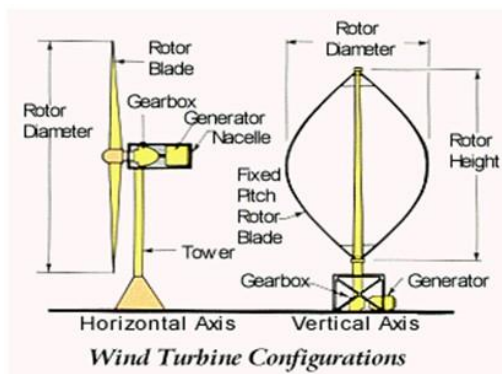
การจำแนกกังหันที่เด่นชัดมากที่สุดคือ การจำแนกตามลักษณะการวางตัวของแกนหมุน (เพลลา) และการจำแนกตามลักษณะของอากาศพลศาสตร์ นั่นคือ

## 2.5.1 การจำแนกกังหันตามลักษณะการวางตัวของแกนหมุน

กังหันลมแบบนี้มีการหมุนของแกนเพลลาอยู่ 2 แบบ คือ

### 2.5.1.1 กังหันที่มีแกนหมุนทางแนวนอน ( Horizontal Axis Windmill )

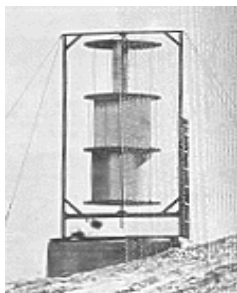
กังหันลมแบบนี้ส่วนมาได้มีการออกแบบใบให้มีแรงขับเคลื่อนที่บนใบของกังหันและมีระบบควบคุมทางกลไกกังหันลมหมุนรับกับกระแสลมซึ่งได้แก่ กังหันลม แบบพรีอเพลเลอร์, กังหันลมแบบหลายใบ , กังหันลมแบบไซวีง , กังหันลมแบบกงล้อจักรยาน , กังหันลมแบบซาโวนีเยส ชนิดแกนนอน , และกังหันลมแบบคิฟเฟลเตอร์ , กังหันลมแบบชันไลท์ และกังหันลมแบบแวนทูรี เป็นต้น



ภาพที่ 2.17 กังหันลมชนิดแนวแกนนอนและแนวแกนตั้ง

### 2.5.1.2 กังหันลมที่มีแกนหมุนในแนวตั้ง ( Vertical Axis Windmill )

กังหันลมแบบนี้มีความพิเศษคือ สามารถที่จะรับกระแสลมที่พัดมาได้ทุกทิศทุกทาง ดังนั้นจึงไม่มีเครื่องควบคุมทางกลไกให้กังหันลมรับกระแสลมที่พัดมา ซึ่งได้แก่กังหันลมแบบซาโวนีเยส ชนิดแกนตั้ง , กังหันลมแบบดาร์เรียม และกังหันลมแบบลูกถ้วย เป็นต้น



(ก) กังหันลม Savonius



(ข) กังหันลม Darrieus



(ค) กังหันลม Cycrotor



(ง) กังหันลม Giromill

ภาพที่ 2.18 กังหันลมชนิดแนวแกนตั้ง

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบกังหันลมประเภทแกนนอนและแกนตั้ง

กังหันลมที่มีแกนหมุนในแนวนอน	กังหันลมที่มีแกนหมุนในแนวตั้ง
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. แรงบิดที่ค่อนข้างได้อย่างสม่ำเสมอ</li> <li>2. สามารถออกแบบให้เหมาะสมกับหลักพลศาสตร์ได้ง่าย</li> <li>3. สามารถควบคุมกำลังงานของกังหันลมได้ โดยการปรับมุมของใบ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. สามารถรับลมได้ทุกทิศ</li> <li>2. การออกแบบใบและสร้างได้ง่ายประหยัด</li> <li>3. การสร้างเสากังหันลมได้ง่ายและประหยัด</li> <li>4. ต่อเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบได้ง่าย</li> <li>5. การซ่อมบำรุงรักษาหรือการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ทำได้ง่าย เพราะสามารถติดตั้งกับพื้นดิน</li> </ol>

## 2.5.2 การจำแนกกังหันลมตามลักษณะของอากาศพลศาสตร์

กังหันลมแบบนี้มีหลักการหมุนอยู่ 3 ลักษณะ คือ

### 2.5.2.1 กังหันลมที่มีการหมุนด้วยแรงหน่วง ( Drag Force )

กังหันลมแบบนี้ใช้แรงหน่วงเป็นแรงขับของใบกังหันลม เช่น กังหันแบบซาโวเนียส , กังหันลมแบบลูกถ้วย เป็นต้น กังหันลมแบบนี้จะมีแรงขับมากที่สุดก็ต่อเมื่อ ใบของกังหันลมวางในลักษณะที่ตั้งฉากกับทิศทางของกระแสลมที่มากระทำ เมื่อกังหันลมมีความเร็วสูงสุดตามที่ได้ ออกแบบก็ จะได้ค่ากำลังมากที่สุดเช่นกัน เมื่ออัตราส่วนความเร็วที่ใบกังหันแทนด้วย แทนด้วย สัญลักษณ์ “ $\lambda$ ” มีค่าประมาณ 0.5-1.0

### 2.5.2.2 กังหันลมที่มีการหมุนด้วยแรงยก (Life Force)

กังหันลมแบบนี้ใช้แรงยกเป็นแรงขับใบพัดของกังหันลม เช่น กังหันลมแบบดาเรียส , กังหันลมแบบพร็อพเพลเลอร์, กังหันลมแบบกังล้อจักรยาน , กังหันลมแบบดัตช์ , กังหันลมแบบหลายใบ และกังหันลมแบบที่ใช้ในนาเกลือ เป็นต้น

### 2.5.2.3 กังหันลมที่มีการหมุนด้วยแรงหน่วงและแรงยก

กังหันลมแบบนี้เป็นการผสมของกังหันลมแบบแรกและแบบที่สองเข้าด้วยกัน เพื่อช่วยกัน ขับใบกังหันลมให้หมุน ซึ่งเป็นการเสริมคุณลักษณะของกันและกัน กังหันลมแบบนี้ได้แก่ กังหันลมแบบดาร์เรียส, และกังหันลมแบบซาโวเนียส เป็นต้น

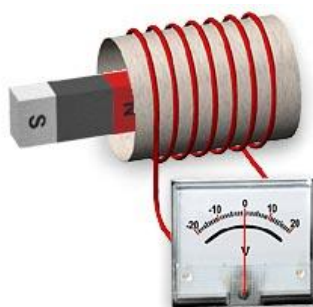
## 2.6 หลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า [9][10]

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า จากกฎของฟาราเดย์ ถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กจะเกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้น

$$e = n \frac{d\phi}{dt} \quad (2.2)$$



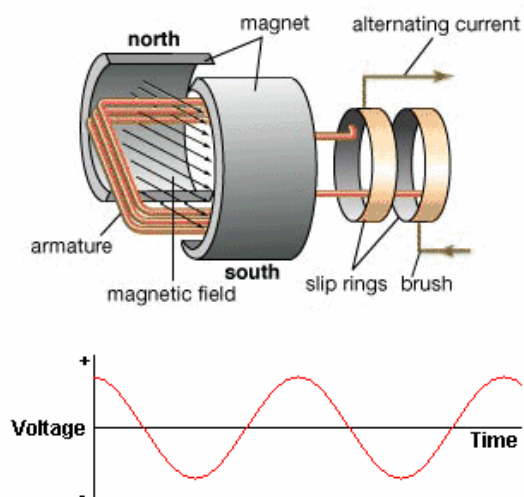
โดยที่  $e =$  แรงเคลื่อนไฟฟ้า (v)  
 $n =$  จำนวนรอบของขดลวด (รอบ)  
 $\Phi =$  เส้นแรงแม่เหล็ก (Wb)  
 $t =$  เวลา (s)



ภาพที่ 2.19 แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำของฟาราเดย์

### 2.6.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ [11]

เมื่อแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับไหลมาถึงวงแหวนลื่น (slip ring) แรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับนี้ไหลออกสู่วงจรภายนอกโดยผ่านแปรงถ่าน (brushes)



ภาพที่ 2.20 หลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

## 2.6.2 หลักการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ [12]

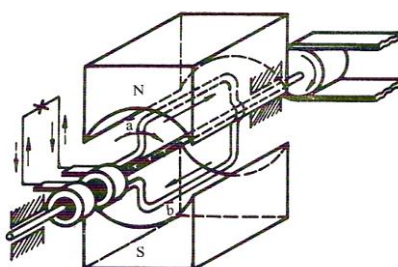
หลักการงานเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในที่นี้อาศัยหลักการเหนี่ยวนำไฟฟ้าของฟาราเดย์ซึ่งได้สรุปไว้เป็นกฎของฟาราเดย์ (Faraday's Law) ดังนี้คือ “เมื่อสนามแม่เหล็กซึ่งตัดกับขดลวดตัวนำเกิดการเปลี่ยนแปลงจะทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในขดลวดตัวนำนั้น” หรือกล่าวได้อีกในหนึ่งว่า “ถ้าเส้นลวดตัวนำเคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็กจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในขดลวดตัวนำนั้น ” จึงสรุปได้ว่าการเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าทำได้ 2 วิธีคือ

- โดยให้ขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก

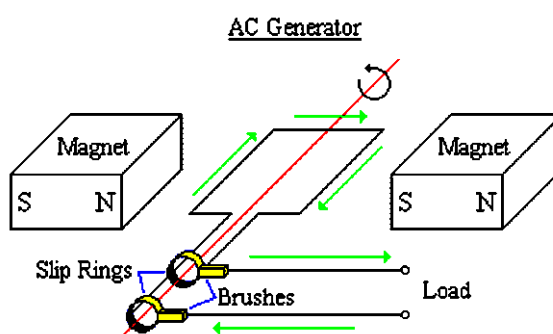
หลักการนี้นำไปใช้ในการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบอาร์เมเจอร์หมุน

- โดยให้สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดขดลวดตัวนำ

หลักการนี้นำไปใช้ในการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบขั้วแม่เหล็กหมุนซึ่งเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในโรงงาน



ภาพที่ 2.21 หลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ



ภาพที่ 2.22 ลักษณะการเคลื่อนที่ตัดเส้นแรงแม่เหล็กของขดลวด

เมื่อให้ขดลวดตัวนำหมุนตัดกับสนามแม่เหล็กหรือให้สนามแม่เหล็กหมุนตัดกับขดลวดก็จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าขึ้นภายในขดลวดนั้นซึ่งการที่ขดลวดหมุนตัดกับสนามแม่เหล็กคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและสนามแม่เหล็กหมุนตัดขดลวดคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เจนเรเตอร์จะประกอบด้วยขั้ว N และขั้ว S และขดลวดตัวนำทางไฟฟ้าหรือขดลวดสเตเตอร์มีโรเตอร์หมุนตัดขดลวดสเตเตอร์ครบ รอบขณะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้นทั้งคลื่นบวกและคลื่นลบกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเรียกว่า “ไฟฟ้ากระแสสลับ”

## 2.7 แม่เหล็กและคุณสมบัติ[13]

แม่เหล็ก (Magnet) คือสารที่มีโมเลกุลเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ ที่สามารถดูดสารแม่เหล็กบางชนิดได้ซึ่งแม่เหล็กแบ่งตามลักษณะการเกิด ได้ 2 ประเภท

### 2.7.1 แม่เหล็กธรรมชาติ

แม่เหล็กธรรมชาติ (Natural Magnet) หมายถึงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ส่วนใหญ่จะเป็นออกไซด์ของเหล็ก ( $Fe_3 O_4$ ) มีลักษณะสีดำ โดยแม่เหล็กธรรมชาติจะมีรูปร่างไม่แน่นอน

### 2.7.2 แม่เหล็กประดิษฐ์

แม่เหล็กประดิษฐ์ (Artificial Magnet) ทำจากเหล็ก นิกเกิล โคบอลต์ หรือโลหะผสมบางอย่างที่มีสมบัติทางแม่เหล็ก ซึ่งจะมีรูปร่างแตกต่างกันไปตามลักษณะของงานที่ใช้ ซึ่งแม่เหล็กที่มนุษย์ได้สร้างขึ้นสามารถจำแนกออกเป็น 2 ชนิด คือ แม่เหล็กถาวรและแม่เหล็กชั่วคราว

- แม่เหล็กถาวรหมายถึง แม่เหล็กที่ไม่เสียอำนาจแม่เหล็กง่าย หลังถูกทำให้เป็นแม่เหล็กแล้ว รูปร่างลักษณะแล้วแต่ลักษณะการใช้งาน เช่น แท่งสี่เหลี่ยม แท่งทรงกระบอก หรือรูปเกือกม้า เป็นต้น

- แม่เหล็กชั่วคราวหมายถึงแม่เหล็กที่ไม่สามารถรักษาอำนาจแม่เหล็กได้นานหลังจากทำให้เป็นแม่เหล็กแล้ว เช่น แม่เหล็กที่เกิดจากการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าด้วยแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น หลอดไฟฟ้า ไมโครโฟนมอเตอร์ เป็นต้น โดยแม่เหล็กที่หลงเหลืออยู่ในสารแม่เหล็กชั่วคราวเรียกว่า แม่เหล็กตกค้าง

### 2.7.3 คุณสมบัติของแม่เหล็ก

ขั้วแม่เหล็กคือบริเวณของปลายแท่งแม่เหล็กที่เมื่อนำไปดูดผงตะไบเหล็กจะมีผงตะไบเหล็กติดมากที่สุด นั่นคือ ที่ปลายทั้งสองของแท่งแม่เหล็กจะมีอำนาจแม่เหล็กมากที่สุด

- ชนิดของขั้วแม่เหล็กถ้าแขวนแท่งแม่เหล็กให้หมุนได้อิสระ แท่งแม่เหล็กจะวางตัวในแนวเหนือใต้เสมอโดยปลายที่ชี้ไป ทางทิศเหนือ คือ ขั้วเหนือ (ขั้ว N) ปลายที่ชี้ไปทางทิศใต้ คือ ขั้วใต้ (ขั้ว S)

- แรงกระทำระหว่างขั้วแม่เหล็ก มี 2 แบบคือ แรงดูดกันเกิดจากการนำขั้วแม่เหล็กต่างชนิดกันมาวางใกล้กันและแรงผลักรันเกิดจากการนำขั้วแม่เหล็กชนิดเดียวกันมาวางใกล้กัน

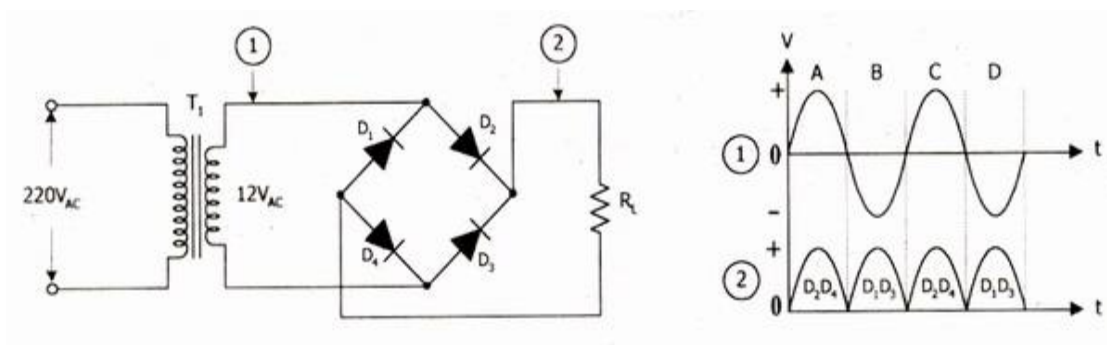
### 2.7.4 สมบัติทางแม่เหล็กของวัสดุ (Properties Magnet Of Materials)

สมบัติทางแม่เหล็กของวัสดุขึ้นอยู่กับโครงสร้างของอะตอม และลักษณะการจับตัวของอะตอมของธาตุที่ประกอบกันขึ้นเป็นวัสดุ และวัดกันที่ผลการตอบสนองของวัสดุต่อสนามแม่เหล็กที่มาเหนี่ยวนำวัสดุ วัสดุอาจถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามค่าเฟอร์มิบิลิตีสัมพัทธ์

- กลุ่มไดอะแมกเนติก (Diamagnetic) ได้แก่ วัสดุที่มีเฟอร์มิบิลิตีสัมพัทธ์น้อยกว่า 1
- กลุ่มพาราแมกเนติก (Paramagnetic) ได้แก่ วัสดุที่มีเฟอร์มิบิลิตีสัมพัทธ์มากกว่า 1 เล็กน้อย
- กลุ่มเฟอร์โรแมกเนติก (Ferromagnetic) ได้แก่ วัสดุที่มีเฟอร์มิบิลิตี สัมพัทธ์มากกว่า 1 มาก ๆ
- เมื่อถูกเหนี่ยวนำด้วยสนามแม่เหล็ก เฟอร์โรแมกเนติกก็จะแสดงอำนาจแม่เหล็กขึ้นมา ทั้งนี้ธาตุที่เป็นเฟอร์โรแมกเนติกได้แก่ เหล็ก นิกเกิล โคบอลต์ แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnets) แม่เหล็กถาวรคือ เฟอร์โรแมกเนติกที่สามารถรักษาสภาพความเป็นแม่เหล็กไว้ได้ภายหลังจากที่สนามแม่เหล็กที่มาเหนี่ยวนำได้หมดไปแล้ว แม่เหล็กถาวรมีทั้งพวกที่เป็นโลหะผสม และพวกที่เป็นเซรามิก พวกหลังนี้มีชื่อว่า (Ceramic Magnets) แม่เหล็กอ่อน (Soft Magnets) แม่เหล็กอ่อนได้แก่ เฟอร์โรแมกเนติกที่ไม่สามารถรักษาสภาพความเป็นแม่เหล็กไว้ได้ภายหลังจากที่สนามแม่เหล็กที่มาเหนี่ยวนำหมดไป ตัวอย่างแม่เหล็กที่สำคัญได้แก่ เหล็กกล้าผสมวิลคอน เหล็กกล้าผสมนิคเกิลหรือที่เรียก เป็นชื่อทางการค้าว่า เฟอร์มาลลอย (Permalloy) แม่เหล็กทุกชนิดมีสนามแม่เหล็กรอบ ๆ แท่ง และมีแรงแม่เหล็กกระทำกันระหว่างแม่เหล็ก 2 แท่งเนื่องจากแรงปฏิกิริยาภายในสนามแม่เหล็กวัตถุใด ๆ ที่ถูกทำให้เป็นแม่เหล็กได้ก็จะกลายเป็นแม่เหล็ก และจะกลายเป็นแม่เหล็กเมื่อวางไว้ในสนามแม่เหล็ก การเคลื่อนที่ของประจุ (ปกติคืออิเล็กตรอน) ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กเช่นเดียวกัน

## 2.8 วงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์ (Bridge Rectifier) [14]

วงจรที่ให้สัญญาณออกเป็นรูปฟูลเวฟ (Full Wave) แต่ที่ต่างก็คือในวงจรบริดจ์จะใช้ ไดโอด 4 ตัว และหม้อแปลงจะเป็นแบบไม่มีเซ็นเตอร์แท็ป



ก. วงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์ข.สัญญาณของวงจร

ภาพที่ 2.23 วงจรเรกติไฟเออร์ เต็มคลื่นแบบบริดจ์

บริดจ์ มีไดโอด D1-D4 เป็นวงจรเรกติไฟเออร์หม้อแปลง T1 เป็นชนิดธรรมดาไม่มีแทปกลาง (CT) วัดสัญญาณที่จุด 1 และจุด 2 ออกมาได้เหมือนกับเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นใช้หม้อแปลงแทปกลางทุกประการการทำงานของวงจรตามรูปที่ 2.17 อธิบายได้ดังนี้ ที่จุด 1 เมื่อมีแรงดันไฟสลับชุกบวกตำแหน่ง A ป้อนเข้ามา ไดโอด D<sub>2</sub>, D<sub>4</sub> ได้รับไบอัสตรงนำกระแสให้กระแสไหลผ่าน D<sub>2</sub>, RL และผ่าน D<sub>4</sub> ครบวงจร ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง A ส่วนไดโอด D<sub>1</sub>, D<sub>3</sub> ได้รับไบอัสกลับไม่นำกระแสเมื่อมีแรงดันไฟสลับชุกลบตำแหน่ง B ของจุด 1 ป้อนเข้ามาไดโอด D<sub>1</sub>, D<sub>3</sub> ได้รับไบอัสตรงนำกระแสให้กระแสไหลผ่าน D<sub>3</sub>, RL และผ่าน D<sub>1</sub> ครบวงจร ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง B ส่วนไดโอด D<sub>2</sub>, D<sub>4</sub> ได้รับไบอัสกลับไม่นำกระแสเมื่อมีแรงดันไฟสลับชุกบวกตำแหน่ง C ของจุด 1 ป้อนเข้ามาอีกครั้ง ไดโอด D<sub>2</sub>, D<sub>4</sub> ได้รับไบอัสตรงนำกระแส เป็นการทำงานซ้ำเหมือนกับที่ตำแหน่ง A ทุกประการได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง C และเมื่อมีแรงดันไฟสลับชุกลบตำแหน่ง D ของจุด 1 ป้อนเข้ามาอีกครั้ง ไดโอด D<sub>1</sub>, D<sub>3</sub> ได้รับไบอัสตรงนำกระแสเป็นการทำงานซ้ำเหมือนกับที่ตำแหน่ง B ทุกประการ ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง D

### บทที่ 3

#### การออกแบบโครงงาน

ในส่วนของการออกแบบนั้นเรานำทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 มาทำการออกแบบโครงงาน โดยมีขั้นตอนในการออกแบบต่างๆ ดังนี้

#### 3.1 การคำนวณหากระแสของโหนด

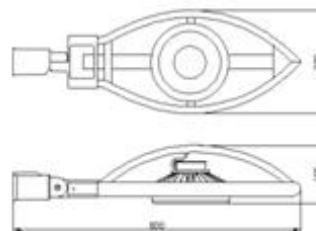
ขนาดโหนด LED 30 W ใช้ระบบแรงดัน 12 V  
จากสมการ

$$I = \frac{P}{V} \quad (3.1)$$

โดยที่	I	คือ กระแสไฟฟ้า
	P	คือ กำลังไฟฟ้า
	V	คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า
		$= \frac{30}{12}$
		$= 2.5 \text{ A}$



ก. โคมไฟ LED แบบเสร็จสมบูรณ์



ข. โครงสร้างโคมไฟ LED

ภาพที่ 3.1 ภาพแสดงดวงโคม LED

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดดวงโคม LED

Product model		ML 018 20W
Input Voltage		AC 85~265V
Power Frequency Range		47~63Hz
Chip Power Factor (PF)		>0.95
Total Harminic Distortion		<3%
Lamp Power Factor		>0.88
Working Voltage		DC20V
LED Power Consmpion		21W
System Consumption		22.7W
LED Luminous Efficiency		$\geq 80\text{Lm/w}$
LED Initial Flux		$\geq 1600\text{Lm}$
Lamp'sLuminousEfficiency(%)		$\geq 95\%$
Average	4 M Height	25.63Lux
	6 M Height	13.56Lux
	8 M Height	6.72Lux
Effective	4 M Height	$4.8*14\text{m}^2$
IIIumination (E)	6 M Height	$7.2*21\text{m}^2$
	8 M Height	$9.6*28\text{m}^2$
Color Temperature		3500K~7000K

### 3.2 การคำนวณหาขนาดของแบตเตอรี่

จากสมการ

$$\begin{aligned} \text{Battery} &= \frac{P_{\text{load}} \times \text{ชั่วโมงที่ใช้งาน}}{\text{ประสิทธิภาพแบตเตอรี่} \times \text{แรงดันแบตเตอรี่}} \\ &= \frac{30\text{w} \times 8 \text{ ชั่วโมง}}{0.6 \times 12 \text{ V}} \\ &= 33.33 \text{ Ah} \end{aligned} \quad (3.2)$$

ในระบบ โคมไฟ LED นี้จะต้องใช้แบตเตอรี่ขนาด 33.33Ah และแบตเตอรี่ในท้องตลาดมีจำหน่ายอยู่ที่ขนาด 30 – 40 Ah

โครงการนี้เลือกแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบเท่ากับ 40 Ah

### 3.3 การคำนวณหาขนาดของโซลาร์เซลล์

จากสมการ

$$\begin{aligned} P_{\text{solar}} &= \frac{P_{\text{load}} \times \text{ชั่วโมงที่ใช้งาน}}{\text{จำนวนชั่วโมงในการชาร์จ}} \\ &= \frac{30\text{w} \times 8}{5} \\ &= 48\text{W} \end{aligned} \quad (3.3)$$

ในโครงการนี้ได้รับคำแนะนำจากวิศวกรบริษัทเนาวรัตน์พัฒนาการ จำกัด มหาชน คือ ใช้ขนาดของโซลาร์เซลล์เท่ากับขนาดของแบตเตอรี่ คือ 40W



### 3.4 ตัวควบคุมการประจุไฟฟ้าขนาด 12 V / 10 A



ภาพที่ 3.2 ชุดควบคุมการประจุไฟฟ้า

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของตัวควบคุมการประจุ

Model	EPIP
System	12 V / 10 A
Input Voltage	0 – 21 V
Special Function	DC Output (Auto)

รายละเอียด : ชุดควบคุมชาร์จไฟ ขนาด 12V/10A Control Charger ทำหน้าที่ควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าที่มาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าแบตเตอรี่ ซึ่งจะควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

คุณสมบัติ :

- ประสิทธิภาพสูง สามารถช่วยในการเพิ่มหรือลดและชดเชยระดับกระแสไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์เข้าแบตเตอรี่ จึงทำให้ช่วยยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่
- มีระบบป้องกันหากมีอุณหภูมิสูงเกิน
- มีระบบการป้องกันความเสียหายจากการลัดวงจร ,Over load และการต่ออุปกรณ์กลับซ้ำ
- ตัดไฟเมื่อระบบชาร์จเต็ม และเริ่มชาร์จใหม่เมื่อแรงดันต่ำลง

### 3.5 คุณสมบัติของโซลาร์เซลล์ที่ใช้



ภาพที่ 3.3 โซลาร์เซลล์แบบโมโน

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ รุ่น NF 40M

กำลังสูงสุด	40 วัตต์
แรงดันไฟฟ้าที่ กำลังสูงสุด	17.1 โวลต์
กระแสไฟฟ้าที่ กำลังสูงสุด	2.34 แอมป์
กระแสไฟฟ้าที่ลัดวงจร	2.67 แอมป์
แรงดันไฟฟ้าเมื่อเปิดวงจร	21.42 โวลต์
จำนวนชิ้นเซลล์	36(4*9) ชิ้น
ขนาดแผง	626*540*30 มิลลิเมตร
น้ำหนัก	4 กิโลกรัม

### 3.6 การออกแบบกังหันลม

#### 3.6.1 การวัดระดับความเร็วลม

ในการวัดความเร็วลมจากการวัดแสดงให้เห็นว่าระดับความเร็วลมที่วัดได้ในแต่ละช่วงเวลานั้นจะได้ค่าที่แตกต่างกันไปดังภาพที่ 3.4 จากสาเหตุดังกล่าวทางกลุ่มเลือกใช้ความเร็วลมในการออกแบบกังหันลมที่ระดับความเร็วลม 4.5 m/s



ภาพที่ 3.4 การวัดระดับความเร็วลม

#### 3.6.2 การหาค่าพลังงานจากขนาดของใบพัด

จากขนาดของใบกังหัน มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 ซม. ยาว 70 ซม. ความหนา 1 มม. ที่ความเร็วลม 4.5 m/s หาค่าพลังงานที่ใบกังหันได้

จากสมการ

$$P_w = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (3.4)$$

โดยที่  $P_w$  คือ กำลังงานจากขนาดใบพัด (W)

$\rho$  คือ ความหนาแน่นของอากาศมีค่าเท่ากับ 1.225 kg/m<sup>3</sup>

$A$  คือ พื้นที่หน้าตัด (m<sup>2</sup>)

$v$  คือ ความเร็วลม (m/s)

$$P_w = \frac{1}{2}(1.225)(3.14)(0.35)(4.5^3)$$

$$= 63 \text{ w}$$

ซึ่งกำลังที่ได้รับนี้เป็นกำลังที่ได้รับจากลมไม่ใช่กำลังไฟฟ้าที่ใช้ได้ ซึ่งจะต้องขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของใบพัด ประมาณ 45% และประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดประมาณ 85% ซึ่งจะได้เป็นกำลังไฟฟ้า

$$P_w = (63)(0.45)(0.85)$$

$$= 24 \text{ w}$$

### 3.6.3 การคำนวณหาความเร็วรอบ

ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับนั้น ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นนั้นจะมีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบในการหมุนของโรเตอร์และจำนวนขั้วแม่เหล็ก ความเร็วรอบของใบพัดกักันลมก็ จะหมุนด้วยความเร็วเดียวกัน กับโรเตอร์และจำนวนขั้วแม่เหล็ก การคำนวณหาความเร็วรอบของใบพัดกักันลมนั้น กักันลมจะหมุนด้วยความเร็วรอบเท่าไรขึ้นอยู่กับปัจจัยสามอย่างคือ ความเร็วลมจำนวนใบพัด และความโตของใบพัด เราสามารถคำนวณความเร็วรอบได้

จากสมการ

$$\text{rpm} = \text{wind speed} \times \text{tsr} \times 60 / (D \times \pi) \quad (3.5)$$

โดยที่	rpm	คือ ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)
	wind speed	คือ ความเร็วลม (m/s)
	tsr	คือ อัตราส่วนความเร็ว ณ.ปลายใบพัด (Tip Speed Ratio)
	D	คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด (m)
	$\pi$	คือ ค่าคงที่

$$\text{หา } \text{tsr} = \frac{\omega R}{V_\infty}$$

$$\begin{aligned} \text{tsr} &= \frac{2\pi R}{V_\infty} \\ &= \frac{2 \times 3.14 \times (25 \times 10^{-2})}{4.5} \\ &= 0.35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น rpm} &= 4.5 \times 0.35 \times 60 / ((0.50) \times 3.14) \\ &= 60 \text{ รอบ / นาที} \end{aligned}$$

### 3.7 การออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวรตามแนวแกน (Axial Flux Permanent-Magnet Generator) ชนิด 1 เฟสแบบ 8 คอถั้ว 8 โพล แรงดัน 20 โวลต์ ที่พิกัด 20 วัตต์

#### 3.7.1 การคำนวณหากระแส

จากสมการ

$$I = \frac{P}{V} \quad (3.6)$$

โดยที่

I	คือ กระแสไฟฟ้า
P	คือ กำลังไฟฟ้า
V	คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า

$$\begin{aligned} &= \frac{20}{20} \\ &= 1.00 \text{ A} \end{aligned}$$

ดังนั้น ใช้ลวดทองแดงเบอร์ 27 เพราะทนกระแสได้ 1.7 A ตามตารางลวดทองแดงที่ 3.3

#### 3.7.2 การคำนวณหาช่วงของขั้วแม่เหล็ก (Pole Pitch)

จากสมการ

$$\text{Pole Pitch} = \frac{360^\circ}{P} \quad (3.7)$$

$$\text{มุมทางกล} \quad m = \frac{360^\circ}{P} \quad (3.8)$$

$$\text{มุมทางไฟฟ้า} \quad e^\circ = m \times \frac{P}{2} \quad (3.9)$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pole Pitch} &= \frac{360^\circ}{\frac{P}{8}} \\
 &= \frac{360^\circ}{8} \\
 &= 45 \quad \text{องศาทางกล} \\
 e^\circ &= \text{Pole Pitch} \times \frac{P}{2} \\
 &= 45 \times \frac{8}{2} \\
 &= 180 \quad \text{องศาทางไฟฟ้า}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น จะต้องวางขดลวด 8 ขด และวางห่างกัน 45 องศาทางกล

$$\begin{aligned}
 \text{มุมทางกล} &= \text{มุมทางกลของโรเตอร์} - \text{มุมทางกลของสเตเตอร์} \\
 &= 45 - 45 \\
 &= 0 \quad \text{องศาทางกล} \\
 \text{มุมทางไฟฟ้า} &= \text{มุมทางไฟฟ้าของโรเตอร์} - \text{มุมทางไฟฟ้าของสเตเตอร์} \\
 &= 180 - 180 \\
 &= 0 \quad \text{องศาทางไฟฟ้า}
 \end{aligned}$$

### 3.7.3 การคำนวณหาความถี่ (Hz)

จากการคำนวณความเร็วรอบของกังหันลมอยู่ที่ 60 รอบ / นาที

$$\text{โดยที่} \quad f \quad \text{คือ ความถี่ของระบบไฟฟ้าที่ต้องการ (Hz)}$$

$$P \quad \text{คือ จำนวนขั้วแม่เหล็ก}$$

$$N \quad \text{คือ ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (rpm)}$$

$$\text{จากสมการ} \quad N = \frac{120f}{P} \quad (3.10)$$

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{60 \times 8}{120} \\
 &= 4 \quad \text{Hz}
 \end{aligned}$$

### 3.7.4 การคำนวณหาจำนวนรอบตัวนำ

- แรงดันที่ต้องการประมาณ 20 V

- ลวดตัวนำ A.W.G. เบอร์ 27 ทนกระแสได้ 1.7A
  - พันขดลวดแบบเต็มช่วง (Full Pitch) ซึ่งมีระยะคอดลัดเท่ากับ 180 องศาไฟฟ้า
  - แม่เหล็กถาวร 8 คู่ของขั้วแม่เหล็กขนาด กว้าง 25mm ยาว 40mm หนา 10 mm
  - ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กสูงสุด 4000เกาส์ (1 เกาส์) (G)
- = 0.08 เทสลา (T) เพราะฉะนั้น  $4000 \times 0.0001 = 0.4T$

$$\text{จากสมการ} \quad n = \frac{E_{\text{rms}} / \text{ph}}{4.44 \phi f K_p K_d} \quad (3.11)$$

โดยที่  $E_{\text{rms}} / \text{ph}$  คือ แรงดันที่ต้องการต่อเฟส

$\phi$  คือ เส้นแรงแม่เหล็ก (wb)

f คือ ความถี่ (Hz)

n คือ จำนวนรอบตัวนำ (รอบ)

$K_p$  คือ ตัวประกอบระยะขดลวด (Pith Factor)

$K_d$  คือ Distribution Factor

Pith Factor

$$K_p = \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) \quad (3.12)$$

$$= \cos\left(\frac{0}{2}\right)$$

$$= 1$$

$$K_d = \frac{\sin\left(\frac{m\alpha}{2}\right)}{m\left(\sin\frac{\alpha}{2}\right)} \quad (3.13)$$

m = slot/pole/phase

แต่เนื่องเป็นการพันขดลวดแบบการพันรวม (Concentric) m จึงเท่ากับ 1

$$\alpha = \frac{180}{8} \quad (3.14)$$

$$= 22.5$$

$$K_d = \frac{\sin\left(1 \frac{22.5}{2}\right)}{1 \left(\sin \frac{22.5}{2}\right)}$$

$$= 1$$

$$\text{Magnetic flux } \emptyset = BA \quad (3.15)$$

โดยที่  $\emptyset$  คือ เส้นแรงแม่เหล็ก(Wb)  
 $B$  คือ ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก 0.4 เทสลา  
 $A$  คือ พื้นที่ของแม่เหล็ก(mm<sup>2</sup>)

$$= ((0.4)(0.025 \times 0.04 \times 0.01))$$

$$= 0.4 \text{ mWb}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad n = \frac{E_{\text{rms}} / \text{ph}}{4.44 \emptyset f k_p k_d} \quad (3.16)$$

$$= \frac{\quad}{(4.44)(0.4 \text{mWb})(4 \text{Hz})(1)(1)}$$

$$= 2,815.32 \text{ รอบ}$$

$$= 2,816 \text{ รอบ}$$

ดังนั้น จำนวนรอบตัวนำทั้งหมดเท่ากับ 2,816 รอบ

จำนวนคอล์ยที่ต้องการ 8 คอล์ย

$$n = \frac{2816}{8}$$

$$= 352$$

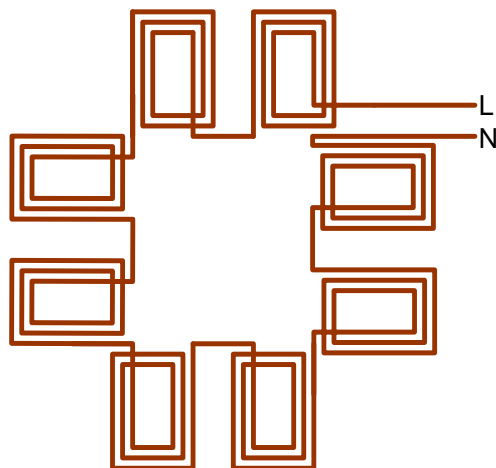
$$= 352 \text{ รอบ/ขด}$$

ดังนั้นจำนวนรอบตัวนำต่อขดเท่ากับ 352 รอบ/ขด

### 3.7.5 การพันขดลวดและการต่อขดลวด

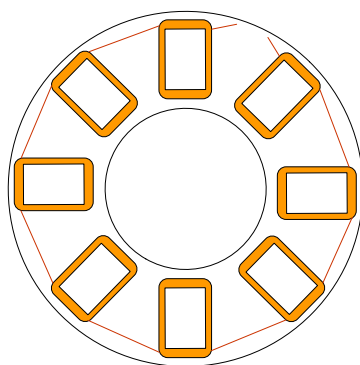


ขนาดของคอยล์ที่พันจำนวน 352 รอบจำนวน 8 คอยล์ การพันต้องพันให้เหมือนกันทั้งชุด 250 รอบ โดยพันรอบแกนไม้ขนาดเท่ากับแม่เหล็ก กว้าง 25mm ยาว 40mm หนา 10 mm การต่อขดลวดใช้วิธีการปลายต่อปลายหัวต่อหัวจนครบ 8 ขด



ภาพที่ 3.5 การต่อขดลวดแบบหนึ่งเฟส 8 ขด

ในการพันขดลวด เปิดตารางเปรียบเทียบขนาดขดลวดตัวนำ A.W.G. เบอร์ 27 ทนกระแสได้ 1.7 A การพันขดลวดอาร์เมเจอร์นี้เป็นการพันแบบกระจุก หรือแบบรวม (Concentrated) การพันขดลวดจำนวน 8 ขด การพันต้องพันให้เหมือนกันทั้งชุด 352 รอบ โดยพันรอบแกนไม้ขนาดเท่ากับแม่เหล็ก เวลาวางขดลวด ต้องวางเหมือนกัน หงายหรือคว่ำเหมือนกัน



ภาพที่ 3.6 ลักษณะ โครงสร้างสเตเตอร์ 8 ขด เฟสเดียว

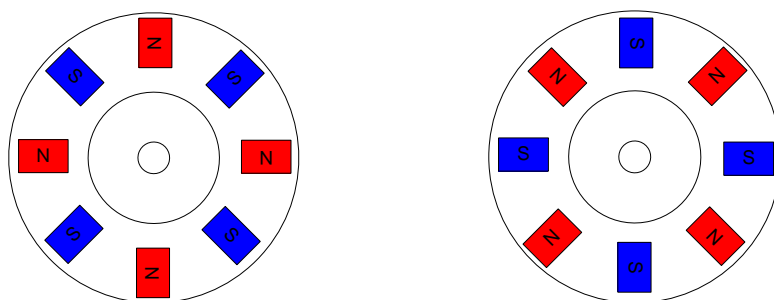


ภาพที่ 3.7 การต่อขดลวด

การเทเรซินสเตเตอร์ ปริมาณของสารเร่งแข็ง (Catalyst) ที่ใช้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิรอบข้าง ปริมาณการใช้สารเร่งแข็งจะเปลี่ยนไปตามชนิดของเรซิน ถ้าไม่แน่ใจว่าจะใช้ปริมาณเท่าใด ควรใช้สารเร่งแข็งแต่เพียงน้อยๆ แล้วค่อยให้ความร้อนกับชิ้นงานที่หลังเพื่อเร่งให้เรซินแข็งตัว อัตราส่วนการเทเรซิน เรซิน 1 ลิตร ต่อ น้ำยาเร่ง 2 ฝา สำหรับการเท จะเทครั้งละ 1 ลิตรแล้วอีกครั้ง ชั่วโมงก็เทอีกจนกว่าจะเต็ม

### 3.7.6 การออกแบบตัวโรเตอร์

การวางแม่เหล็กโดยดูจากลักษณะการหมุนของแม่เหล็ก ผ่านขดลวดตัวนำให้ได้รัศมีที่เหมาะสมเมื่อได้รัศมีก็สามารถคำนวณหาเส้นรอบวงเพื่อจัดวางตำแหน่งของแม่เหล็ก



ภาพที่ 3.8 ลักษณะ โครงสร้างของ โรเตอร์

ทำการวางแม่เหล็กห่างกัน 45 องศา โดยการวางแม่เหล็กนั้นให้วางสลับขั้วเหนือและขั้วใต้



ภาพที่ 3.9 ลักษณะการวางแม่เหล็ก

การเทเรซินเราต้องทำขอบแผ่นโรเตอร์โดยใช้เทปกาวพันขอบโรเตอร์สูงขึ้นมาเหนือแผ่นโรเตอร์แล้วอัดกาวอีกรอบเพื่อว่ามันจะหลุดออกมาและต้องหาแผ่นไม้วางกลมมาวางตรงกลางเพื่อทำเบ้าตรงกลางสำหรับเจาะรูยึด โดยปริมาณของสารเร่งแข็ง (Catalyst) ที่ใช้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิรอบข้าง ปริมาณการใช้สารเร่งแข็งจะเปลี่ยนไปตามชนิดของเรซิน ถ้าไม่แน่ใจว่าควรจะใช้ปริมาณเท่าใด ควรใช้สารเร่งแข็งแต่เพียงน้อยๆ แล้วค่อยให้ความร้อนกับชิ้นงานที่หลังเพื่อเร่งให้เรซินแข็งตัว อัตราส่วนการเทเรซิน เรซิน 1 ลิตร ต่อ น้ำยาเร่ง 2 ฝา สำหรับการเท จะเทครึ่งละ 1 ลิตร แล้วอีกครั้ง ชั่วโมงก็เทอีกจนกว่าจะเต็ม



ภาพที่ 3.10 การทำแผ่นขอบโรเตอร์และการเทเรซินลงบนแผ่นโรเตอร์

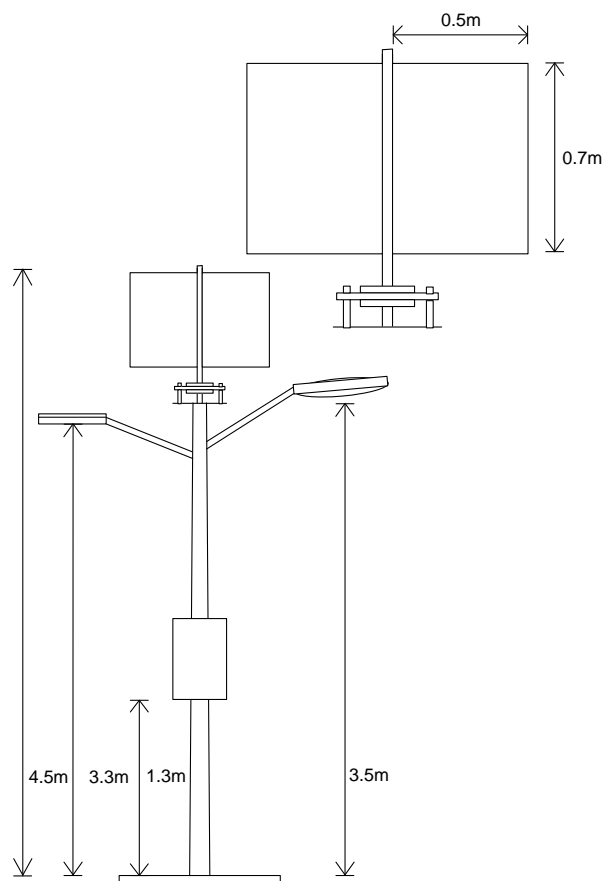
ตารางที่ 3.4 จำนวนรอบลวดทองแดงที่ใช้แกนอากาศ 1 x 2 x 1/2 นิ้ว

AWG gauge	Conductor Diameter Inches	Conductor Diameter mm	Ohms per 1000 ft	Ohms per mm	Maximum amps for chassis wiring	Maximum amps for power transmission	Maximum frequency for 100% skin depth for solid conductor copper
0000	0.46	11.684	0.049	0.16072	380	302	125 Hz
000	0.4096	10.40384	0.0618	0.202704	328	239	160 Hz
00	0.3648	9.26592	0.0779	0.255512	283	190	200 Hz
0	0.3249	8.25246	0.0982	0.322424	245	150	250 Hz
1	0.2893	7.34822	0.1239	0.406392	211	119	325 Hz
2	0.2576	6.54304	0.1563	0.512664	181	94	410 Hz
3	0.2294	5.82676	0.197	0.64616	158	75	500 Hz
4	0.2043	5.18922	0.2485	0.81508	135	60	650 Hz
5	0.1819	4.62026	0.3133	1.027624	118	47	810 Hz
6	0.162	4.1148	0.3951	1.295928	101	37	1100 Hz
7	0.1443	3.66522	0.4982	1.634096	89	30	1300 Hz
8	0.1285	3.2639	0.6282	2.060496	73	24	1650 Hz
9	0.1144	2.90576	0.7921	2.598088	64	19	2050 Hz
10	0.1019	2.58826	0.9989	3.276392	55	15	2600 Hz
11	0.0907	2.30378	1.26	4.1328	47	12	3200 Hz
12	0.0808	2.05232	1.588	5.20864	41	9.3	4150 Hz
13	0.072	1.8288	2.003	6.56984	35	7.4	5300 Hz
14	0.0641	1.62814	2.525	8.282	32	5.9	6700 Hz

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

AWG gauge	Conductor Diameter Inches	Conductor Diameter mm	Ohms per 1000 ft	Ohms per mm	Maximum amps for chassis wiring	Maximum amps for power transmission	Maximum frequency for 100% skin depth for solid conductor copper
15	0.0571	1.45034	3.184	10.44352	28	4.7	8250 Hz
16	0.0508	1.29032	4.016	13.17248	22	3.7	11 kHz
17	0.0453	1.15062	5.064	16.60992	19	2.9	13 kHz
18	0.0403	1.02362	6.385	2.9428	16	1.3	17 kHz
19	0.0359	0.91186	8.051	26.40728	14	1.8	21 kHz
20	0.032	0.8128	10.15	33.292	11	1.5	27 kHz
21	0.0285	0.7239	12.8	41.984	9	1.2	33 kHz
22	0.0254	0.64516	16.14	52.9392	7	0.92	42 kHz
23	0.0226	0.57404	20.36	66.7808	4.7	0.729	53 kHz
24	0.0201	0.51054	25.67	84.1976	3.5	0.577	68 kHz
25	0.0179	0.45466	32.37	106.1736	2.7	0.457	85 kHz
26	0.0159	0.40386	40.81	133.8568	2.2	0.361	107 kHz
27	0.0142	0.36068	51.47	168.8216	1.7	0.288	130 kHz
28	0.0126	0.32004	64.9	212.872	1.4	0.226	170 kHz
29	0.0113	0.28702	81.83	268.4024	1.2	0.182	210 kHz
30	0.01	0.254	103.2	338.496	0.86	0.142	270 kHz

### 3.8 ออกแบบและโครงสร้าง



ภาพที่ 3.11 โครงสร้างและอุปกรณ์

การออกแบบโครงสร้างโดยใช้เสาสูงขนาด 3.5 เมตรติดตั้งโคมไฟขนาด 30 วัตต์ สูงจากพื้น 3.5 เมตร ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 40 วัตต์ สูงจากพื้น 3.3 เมตร ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 20 วัตต์บริเวณหัวเสา ติดตั้งโคมไฟหน้าขนาดความกว้าง 0.5 เมตร ยาว 0.7 เมตร ที่แกนเพลลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และติดตั้งตู้ควบคุมสูงจากพื้น 1.3 เมตร

### 3.9 โครงการที่เสร็จสมบูรณ์



ภาพที่ 3.12 โครงการที่เสร็จสมบูรณ์

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

ในส่วนของการทดลองโครงงานนั้น จะมีการทดลองและเก็บผลของตัวโครงงานทั้งหมดซึ่งมีการทดลองดังนี้

#### 4.1 การทดลองการเก็บประจุและการจ่ายพลังงานของโซล่าเซลล์

##### 4.1.1 วัตถุประสงค์

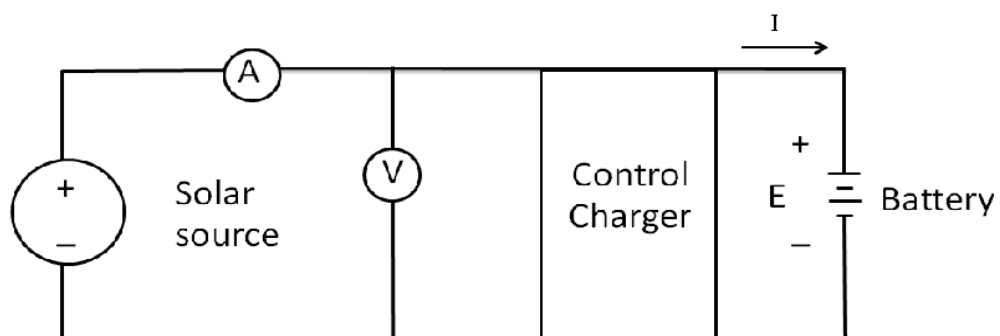
1. เพื่อให้ทราบว่าแผงโซล่าเซลล์นั้นสามารถเก็บพลังงานได้หรือไม่
2. เพื่อให้ทราบว่าแผงโซล่าเซลล์นั้นมีประสิทธิภาพที่เพียงพอต่อการจ่ายให้โหลดในแต่ละวันหรือไม่

##### 4.1.2 อุปกรณ์ในการทดลอง

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 40 W 1 ชุด
2. Control Charger ขนาด 10 A
3. แบตเตอรี่ 12 V ขนาด 40 Ah แบบแห้ง
4. โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 1 ตัว
5. แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 1 ตัว
6. สายไฟ VSF Size 4.0 SQ. m. m.



### 4.1.3 รูปการทดลอง



ภาพที่ 4.1 โครงสร้างและอุปกรณ์

### 4.1.4 ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการต่อวงจรการทดลองดังภาพที่ 4.1
2. วัดค่าแรงดันและกระแสก่อนผ่าน Control Charger ทุกๆ ชั่วโมงพร้อมบันทึกผลการทดลอง
3. วัดค่าแรงดันและกระแสหลังผ่าน Control Charger ทุกๆ ชั่วโมงพร้อมบันทึกผลการทดลอง

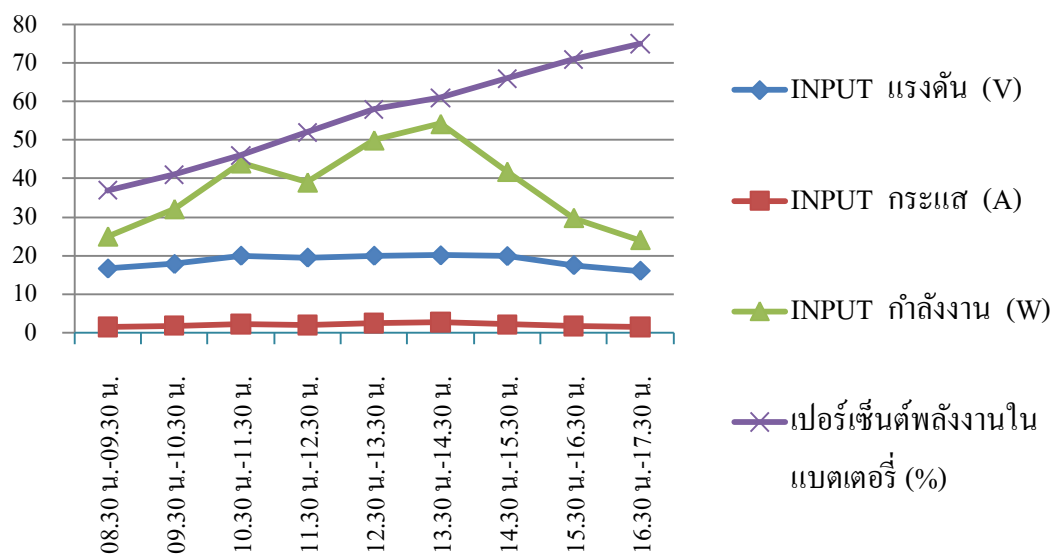
#### 4.1.5 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการเก็บประจุและการจ่ายพลังงานของโซลาร์เซลล์

เวลา	INPUT			เปอร์เซ็นต์ แบตเตอรี่
	แรงดัน	กระแส	กำลังงาน	
	(V)	(A)	(W)	(%)
08.30 น.-09.30 น.	16.60	1.50	24.90	37
09.30 น.-10.30 น.	17.80	1.80	32.04	41
10.30 น.-11.30 น.	20.00	2.20	44.00	46
11.30 น.-12.30 น.	19.50	2.00	39.00	52
12.30 น.-13.30 น.	20.00	2.50	50.00	58
13.30 น.-14.30 น.	20.10	2.70	54.27	61
14.30 น.-15.30 น.	19.90	2.10	41.79	66
15.30 น.-16.30 น.	17.50	1.70	29.75	71
16.30 น.-17.30 น.	16.00	1.50	24.00	75

#### 4.1.6 สรุปผลการทดลอง

พบว่าจากกราฟทำให้ทราบว่าแผงโซลาร์เซลล์นั้นสามารถผลิตไฟฟ้าได้เพียงพอที่จะจ่ายให้กับโหลด



ภาพที่ 4.2 การทดลองการจ่ายพลังงานของโซล่าเซลล์และการเก็บประจุเข้าแบตเตอรี่



ภาพที่ 4.3 การทดลองการเก็บประจุและการจ่ายพลังงานของโซล่าเซลล์

## 4.2 การทดสอบหาคุณสมบัติของระบบรวมเมื่อทำการจ่ายโหลด 10 ชั่วโมง

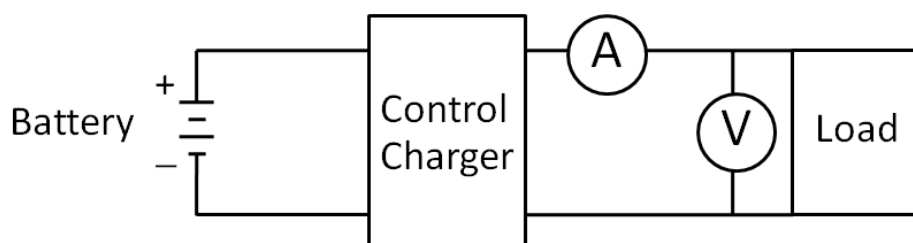
### 4.2.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อต้องการทดสอบระบบรวมของโหลด
2. เพื่อดูว่าความสว่างของหลอด LED นั้นได้ตามมาตรฐานหรือไม่
3. เพื่อดูว่าใน 1 วันโหลดกินกระแสไปเท่าไร

### 4.2.2 อุปกรณ์การทดลอง

1. แบตเตอรี่ 12V ขนาด 40 Ah แบบแห้ง
2. Control Charger ขนาด 10 A
3. โคมไฟส่องทาง LED ขนาด 18 W
4. โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 1 ตัว
5. แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 1 ตัว
6. สายไฟ VSF Size 4.0 SQ. m .m 300 V

### 4.2.3 รูปการทดลอง



ภาพที่ 4.4 การทดลองเพื่อหาคุณสมบัติของระบบรวมเมื่อทำการจ่ายโหลด 10 ชั่วโมง

### 4.2.4 ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อดวงจรการทดลองตามภาพที่ 4.4
2. ให้โคมไฟส่องทาง LED ขนาด 18W เป็นโหลด
3. วัดค่าแรงดันและกระแสผ่าน Control Charger ทุกๆครึ่งชั่วโมงพร้อมบันทึกผลการทดลอง

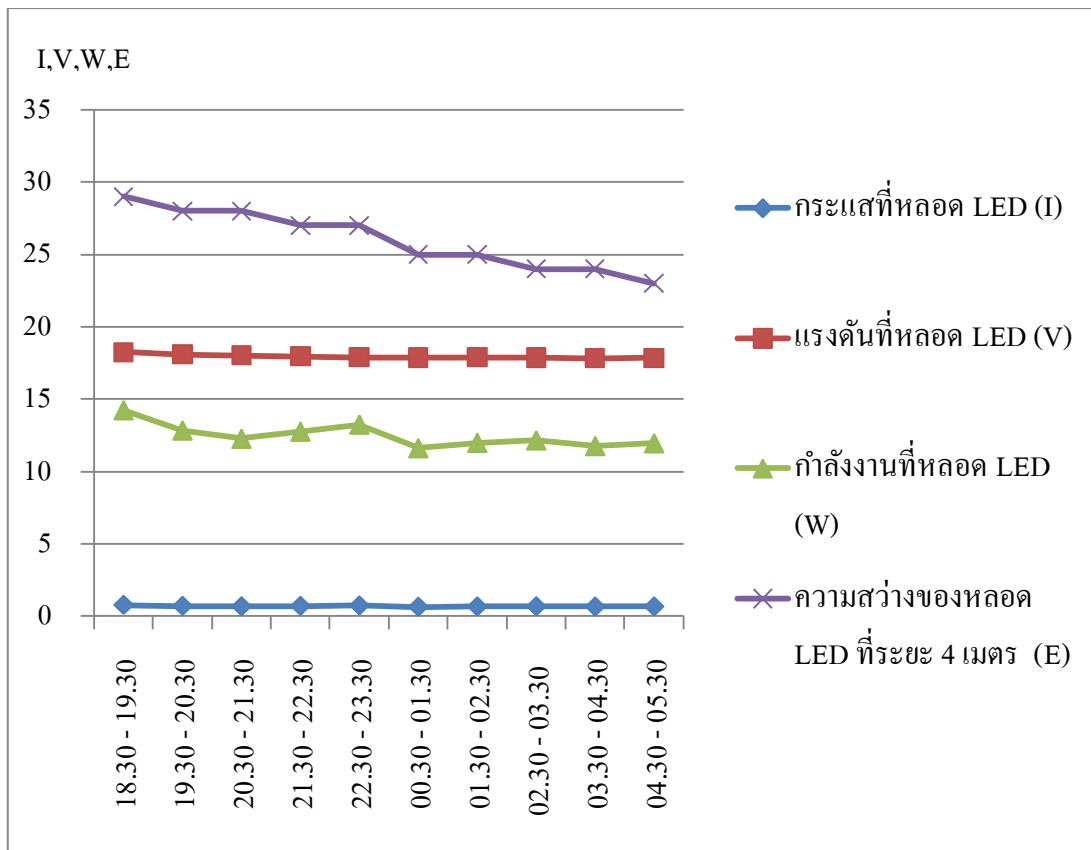
#### 4.2.5 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการคายประจุของแบตเตอรี่กับดวงโคม LED ทุกๆ ชั่วโมงในเวลากลางคืน

	กระแสที่หลอด LED	แรงดันที่หลอด LED	กำลังงานที่ หลอด LED	ความสว่างของ หลอด LED ที่ ระยะ 4 m
	(I)	(V)	(W)	(E)
18.30 - 19.30	0.78	18.25	14.24	29
19.30 - 20.30	0.71	18.09	12.84	28
20.30 - 21.30	0.68	18.04	12.27	28
21.30 - 22.30	0.71	17.97	12.76	27
22.30 - 23.30	0.74	17.9	13.25	27
00.30 - 01.30	0.65	17.88	11.62	25
01.30 - 02.30	0.67	17.89	11.99	25
02.30 - 03.30	0.68	17.88	12.16	24
03.30 - 04.30	0.66	17.84	11.77	24
04.30 - 05.30	0.67	17.85	11.96	23

#### 4.2.6 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการใช้งานดวงโคม LED เป็นระยะเวลา 10 ชั่วโมงตามวัตถุประสงค์ ดวงโคม LED สามารถให้แสงสว่างที่ระยะ 4 m เฉลี่ย 27 Luxlumen จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่ามีการใช้กระแสและแรงดันตกลงไม่มากนัก จึงนับได้ว่าระบบที่ทดลองในโครงการโคมไฟ LED นี้สามารถใช้งานได้จริงตลอดระยะเวลา 10 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.5 การใช้กระแสแรงดัน และความสว่างของโคมไฟ LED ตลอดเวลา 10 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.6 ความสว่างของหลอดไฟที่ระยะตั้งแต่ 1 เมตรถึง 4 เมตร

#### 4.3 การทดลองการวัดแรงดันจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะที่ไม่มีโหลด

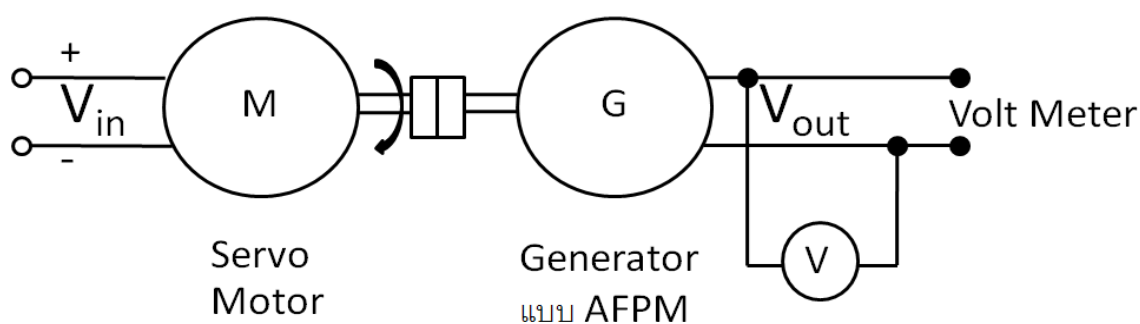
##### 4.3.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาแรงดันที่ได้ในแต่ละรอบการทำงานว่ามีค่าเท่าไรในขณะที่ไม่มีโหลด
2. เพื่อหาว่าแรงดันที่ได้นั้นเป็นไปตามที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้หรือไม่

##### 4.3.2 อุปกรณ์การทดลอง

1. Servo machine 1 เครื่อง
2. มัลติมิเตอร์ 1 ตัว
3. Generator 1 ตัว

##### 4.3.3 รูปการทดลอง



ภาพที่ 4.7 การต่อวงจรการทดลองการวัดแรงดันจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขณะที่ไม่มีโหลด

##### 4.3.4 การทดลอง

1. ต่อ Generator เข้ากับเครื่อง Servo machine
2. เพิ่มความเร็วรอบจาก 10 ถึง 150 รอบแล้วบันทึกผลแรงดันที่ได้ลงในตาราง

##### 4.3.5 ผลการทดลอง

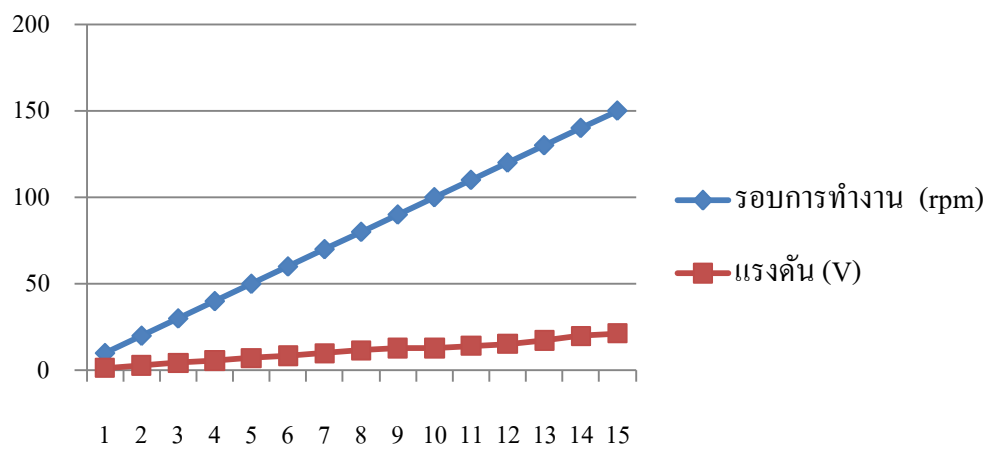
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการวัดแรงดันจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะที่ไม่มีโหลด

รอบการทำงาน (rpm)	แรงดัน(V)
10	1.42
20	2.87
30	4.33
40	5.75
50	7.15
60	8.46
70	9.83
80	11.54
90	12.85
100	12.94
110	14.12
120	15.36
130	17.22
140	19.87
150	21.47

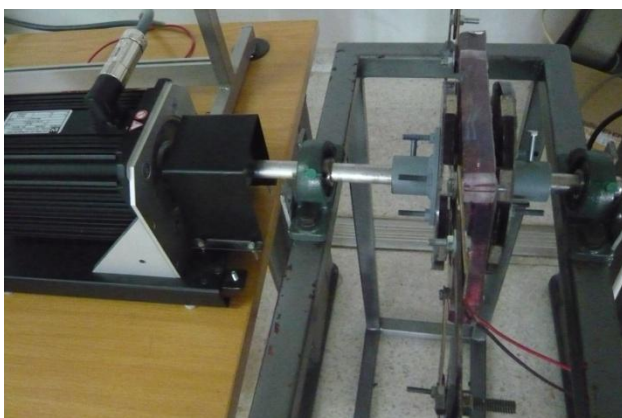
#### 4.3.6 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่ารอบการทำงานที่ 80รอบนั้นแรงดันที่ได้อยู่ที่ 11.54 Vซึ่งจากที่ออกแบบไว้จะต้องได้ 20 V ทำให้ทราบว่าจะต้องเพิ่มรอบที่ 150รอบแรงดันถึงจะได้ 20 V ตามที่คำนวณไว้





ภาพที่ 4.8 แรงดันจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด



ภาพที่ 4.9 การทดลองการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

#### 4.4 การทดลองวัดระดับแรงดันของกังหันลม

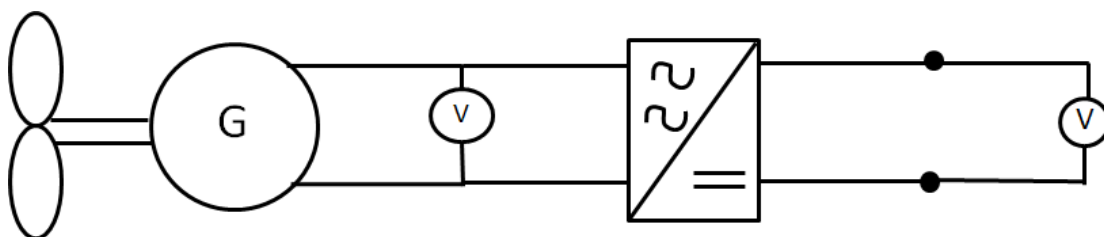
##### 4.4.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อต้องการหาว่าระดับแรงดันที่ได้นั้นเป็นไปตามที่ออกแบบไว้หรือไม่
2. เพื่อต้องการหาว่าแรงดันไฟตรงที่ได้นั้นมากพอที่จะชาร์จเข้าแบตเตอรี่หรือไม่

##### 4.4.2 อุปกรณ์การทดลอง

1. พัดลมขนาดใหญ่ 1 ตัว
2. เครื่องวัดระดับความเร็วลม 1 เครื่อง
3. มัลติมิเตอร์ 1 ตัว

##### 4.4.3 รูปการทดลอง



ภาพที่ 4.10 วงจรการทดลองวัดระดับแรงดันของกังหันลม

##### 4.4.4 การทดลอง

1. ทำการต่อวงจรตามรูป
2. ทำการวัดค่าแรงดันที่ได้ก่อนผ่านบริดจ์และหลังจากผ่านบริดจ์
3. บันทึกผลการทดลอง

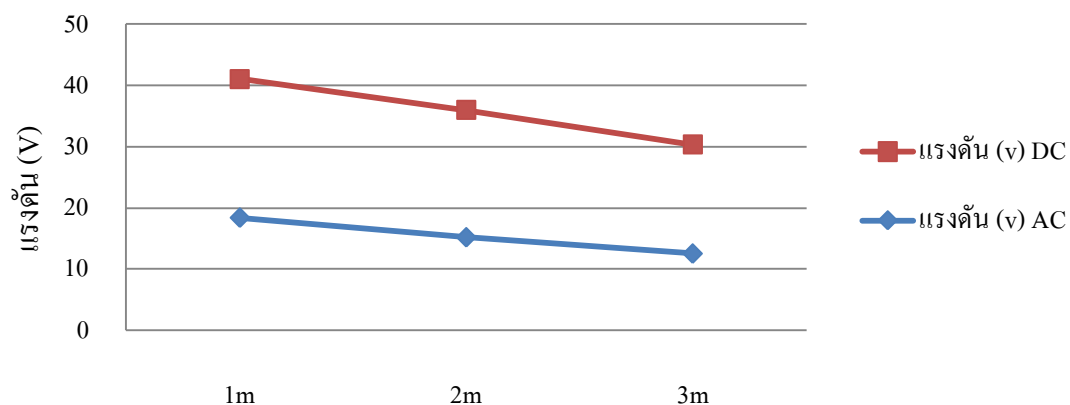
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการวัดระดับแรงดันของกังหันลมกับพัดลม

#### 4.4.5 ผลการทดลอง

ระยะห่างของกันหัน ลมและพัดลม	ความเร็วลม	แรงดัน (V)	
		AC	DC
1m	6-7m/s	18.36	22.7
2m	4-5m/s	15.18	20.8
3m	2-3m/s	12.54	17.8

#### 4.4.6 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าแรงดันที่ได้นั้นที่ความเร็วลมที่ได้ออกแบบ คือ 4.5m/s จะได้แรงดันอยู่ที่ 20.8 V ออกมาเป็นไฟตรงและที่ไฟสลับอยู่ที่ 15.18 V



ภาพที่ 4.11 แรงดันของกังหันลม

## 4.5 การทดลองวัดกระแสในการชาร์จเข้าแบตเตอรี่ของกังหันลม

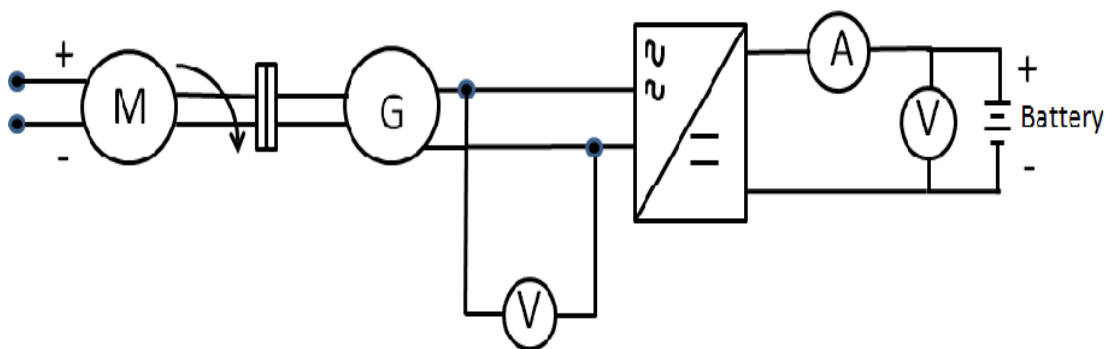
### 4.5.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาว่ากระแสในการชาร์จเข้าแบตเตอรี่นั้นได้ตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ซึ่งจากที่ออกแบบนั้นคือ 1A
2. เพื่อต้องการหาว่าแรงดันก่อนเข้าชาร์จแบตเตอรี่มีค่าเป็นอย่างไรเมื่อจำนวนรอบเพิ่มขึ้น
3. เพื่อต้องการหาว่าแรงดันที่ได้เมื่อผ่านบริดจ์แล้วนั้นสามารถชาร์จเข้าแบตเตอรี่หรือไม่

### 4.5.2 อุปกรณ์การทดลอง

1. Servo machine 1 เครื่อง
2. โวลต์มิเตอร์ 2 ตัว
3. Generator 1 ตัว

### 4.5.3 รูปวงจร



ภาพที่ 4.12 วงจรการทดลองวัดกระแสในการชาร์จเข้าแบตเตอรี่ของกังหันลม

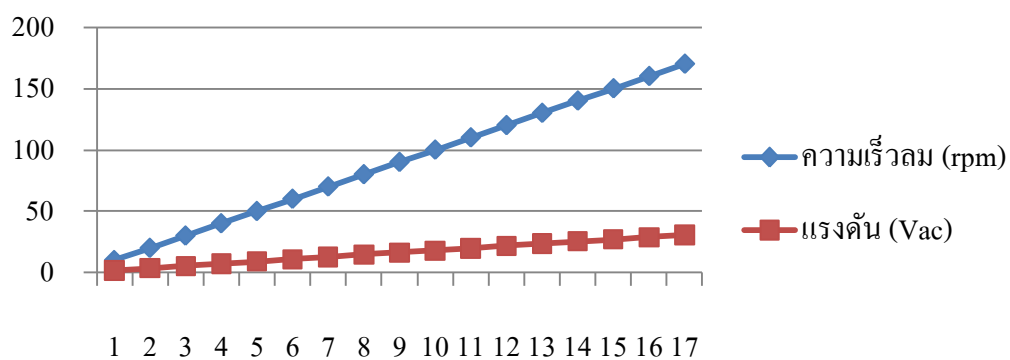
#### 4.5.4 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองวัดแรงดันที่ได้ก่อนชาร์จเข้าแบตเตอรี่

ความเร็วลม (rpm)	แรงดัน (Vac)
10	1.87
20	3.63
30	5.38
40	7.28
50	9.10
60	10.88
70	12.55
80	14.67
90	16.26
100	17.98
110	19.82
120	21.86
130	23.57
140	25.41
150	27.16
160	28.82
170	30.80

#### 4.5.5 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าแรงดันที่ได้ขึ้นสามารถชาร์จเข้าแบตเตอรี่ได้



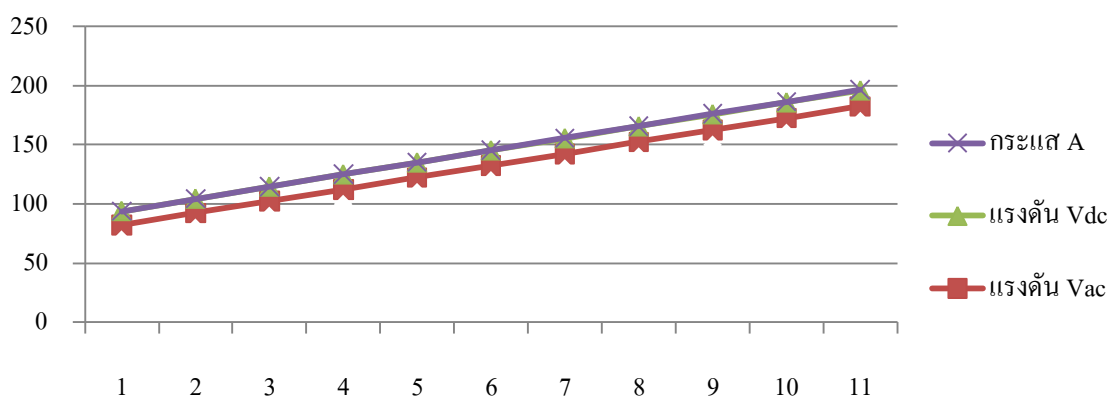
ภาพที่ 4.13 แรงดันที่ได้ก่อนชาร์จเข้าแบตเตอรี่

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองวัดกระแสในการชาร์จเข้าแบตเตอรี่ของกังหันลม

ความเร็วรอบ(rpm)	แรงดัน Vac	แรงดัน Vdc	กระแส A
70	12.30	11.56	0.03
80	12.31	12.02	0.07
90	12.32	12.24	0.11
100	12.35	12.56	0.16
110	12.37	12.62	0.20
120	12.39	12.85	0.25
130	12.41	13.10	0.29
140	12.43	13.15	0.34
150	12.47	13.35	0.39
160	12.52	13.36	0.43
170	12.52	13.50	0.48

#### 4.5.6 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่ากระแสที่ได้นั้นมีค่าที่น้อยจากที่คำนวณไว้โดยค่าที่ได้คำนวณไว้คือ 1 A แต่แรงดันที่ได้นั้นสามารถชาร์จเข้าแบตเตอรี่ได้



ภาพที่ 4.14 การทดลองวัดกระแสในการชาร์จเข้าแบตเตอรี่ของกังหันลม

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองของโคมไฟส่องทางพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์พบว่าในส่วน  
ของพลังงานแสงอาทิตย์นั้นที่มีการนำ โซล่าเซลล์มาใช้ผลที่ได้คือประสิทธิ ภาพของโซล่าเซลล์ใน  
การเก็บพลังงานนั้นถือว่าได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้คือสามารถนำพลังงานนี้ไปใช้กับหลอด LED ได้  
เป็นเวลา 8 ชั่วโมงแต่ในส่วนของกังหันลมนั้นพบว่าประสิทธิภาพที่ได้ยังไม่ดีพอหรือไม่เพียงพอต่อ  
การจ่ายไฟให้กับ โหลดซึ่งจากการทดลองครั้งนี้ทำให้ทราบถึงปัญหาต่างๆเหล่านี้

ปัญหาจากทดลองโครงการนี้คือ ส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพบว่าแรงดันที่ได้ในขณะที่  
ได้ไม่มีโหลดจากการออกแบบรอบการทำงานไว้ที่ 70 รอบ พบว่าแรงดันที่ได้ 11.56V ซึ่งไม่เป็นไป  
ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ส่วนของกังหันลมนั้นประสิทธิภาพยังไม่ดีพอเนื่องจากกังหันลมรับลมได้ไม่ดี  
เท่าที่ต้องการทำให้แรงดันที่ได้ได้ไม่เพียงพอที่จะชาร์จแบตเตอรี่ส่วนของ โครงสร้างของเสานั้นยัง  
ไม่มั่นคงและแข็งแรงเท่าที่ควร

ข้อเสนอแนะที่ควรคำนึงถึงในทำโครงการนี้คือ การทำเครื่องกำเนิดควรระมัดระวังในเรื่อง  
ของการพันขดลวด การวางขดลวดและการหล่อเรซินในการออกแบบกังหันควรรอบแบบให้  
สามารถรับลมได้อย่างมีประสิทธิภาพในการออกแบบในส่วนโครงสร้างนั้นควรมีการออกแบบ  
ให้แข็งแรงขึ้นโดยการทำให้ปักลงไปในดินหรือไม่ก็ทำฐานให้กว้างขึ้นเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการรองรับ  
รับส่วนกังหันที่อยู่ด้านบน

## เอกสารอ้างอิง

- [1] [http://www.maerim.ac.th/present\\_teach/ebook/anothai/\\_diode.html](http://www.maerim.ac.th/present_teach/ebook/anothai/_diode.html)
- [2] <http://www.edco.co.th/Index.php?option=com>
- [3] <http://industrial.hidofree.com>
- [4] [http://www.neutron.rmutphysics.com/news/index.php?option=com\\_content&task=view&id=2128&Itemid=3](http://www.neutron.rmutphysics.com/news/index.php?option=com_content&task=view&id=2128&Itemid=3)
- [5] [www.ces.kmutt.ac.th/PV\\_text/Designer\\_CH1toCH5.pdf](http://www.ces.kmutt.ac.th/PV_text/Designer_CH1toCH5.pdf)
- [6] [http://www.kmitl.ac.th/~s9010317/solar\\_cell.htm](http://www.kmitl.ac.th/~s9010317/solar_cell.htm)
- [7] <http://lab.excise.go.th/group3/battery/batstruc.htm>
- [8] [http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com\\_content&view=article&id=98%3A2010-05-04-10-46-05&catid=54&Itemid=68&lang=th](http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=98%3A2010-05-04-10-46-05&catid=54&Itemid=68&lang=th)
- [9] ไชยชาญ หินเกิด เครื่องกลไฟฟ้า2. กรุงเทพฯ: สมคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2547
- [10] พิรศักดิ์ วรสุนทโรสถ เครื่องจักรไฟฟ้า 1 วงจรแม่เหล็ก และเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสตรง  
พิมพ์ครั้งที่ 1 โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า 2520
- [11] <http://www.mmv.ac.th/supphapong/sci%20617.htm>
- [12] <http://202.28.94.55/web/322103/2551/work1/g12/page5.html>
- [13] <http://www.horhook.com/wbi/ec/5magnet-04.htm>
- [14] <http://www.neutron.rmutphysics.com/physicsboard/forum/index.php?topic=689.0>