

ผลิตไฟฟ้าจากลมระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์  
ELECTRICITY FROM HEAT EXTRACTOR OF AIR-CONDITIONING COMPRESSOR

สุรัช จันทรบาง  
สุทธิ ตั้งแสงพรกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต  
กลุ่มวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
ปีการศึกษา 2554

**ELECTRICITY FROM HEAT EXTRACTOR OF AIR-CONDITIONING COMPRESSOR**

**SURAK CHANBANG**

**SUTTI TANGSWANGEPORNKUL**

**A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF REQUIRMENTS**

**FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF TECHNOLOGY**

**MAJOR OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY**

**BURAPHA UNIVERSITY 2011**

|                  |                                                 |
|------------------|-------------------------------------------------|
| ปริญญานิพนธ์     | ผลิตไฟฟ้าจากลมระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์      |
| โดย              | นายสุรสิทธิ์ จันทร์บาง<br>นายสุทธิ ตั้งแสงพรกุล |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | อาจารย์ ดร.สมเจต ศุภรังสรรค์                    |
| จำนวนหน้า        | 48 หน้า                                         |
| ปีการศึกษา       | 2554                                            |

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต กลุ่มวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

.....ประธานกรรมการสอบปริญญานิพนธ์  
(อาจารย์ ดร. โกวิท มาศรัตน์)

.....กรรมการสอบปริญญานิพนธ์  
(อาจารย์ ญัฐพันธ์ ถนอมสัตย์)

.....กรรมการสอบและอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์  
(อาจารย์ ดร.สมเจต ศุภรังสรรค์)

.....ประธานกลุ่มวิชา เทคโนโลยีเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์  
(อาจารย์ ญัฐพันธ์ ถนอมสัตย์)

.....หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
(อาจารย์ ดร.เฉลิมภรณ์ ฟองสมุทร)

.....ประธานสาขาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต  
(อาจารย์ ดร.ภาณุวัฒน์ ด้านกลาง)

## บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการออกแบบและสร้างกังหันลมผลิตไฟฟ้าแรงดันกระแสตรงขนาดเล็กและสามารถเคลื่อนย้ายได้ ที่ผลิตไฟฟ้าจากลมระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์แอร์สำหรับประจุแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ใบพัด เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการประจุแบตเตอรี่ ส่วนแรกคือ ใบพัด ใบพัดที่ใช้ทำการทดลอง มี 2 แบบ 1.ใบพัดจากโลหะ 2.ใบพัดจากท่อ PVC ส่วนที่สองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นการนำมอเตอร์แอร์อินเวอร์เตอร์ให้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง และส่วนที่สามของการประจุแบตเตอรี่ เมื่อได้รับแรงดันจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงนำแรงดันไฟฟ้าที่ได้ผ่านวงจรเรียงกระแส วงจรรักษาระดับแรงดัน เพื่อเข้าสู่วงจรชาร์จแบตเตอรี่และทำการชาร์จแบตเตอรี่ต่อไป ทำการประดิษฐ์โครงเหล็กของกังหันลมสำหรับติดกับคอมเพรสเซอร์แอร์ ผลที่ได้คือกังหันลมสามารถทำงานได้และโครงเหล็กที่ติดกับคอมเพรสเซอร์ไม่เสียหายและทำให้ลมระบายความร้อนที่จากคอมเพรสเซอร์ไหลได้ปกติ ความเร็วลมของคอมเพรสเซอร์ 6 เมตรต่อวินาที ใบพัดแบบโลหะ ผลิตแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้ 65 โวลต์ และใบพัดแบบ PVC ผลิตแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้ 51 โวลต์ มีปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ที่ติดตั้งกังหันลมไม่มาก

คำสำคัญ : กังหันลม, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, มอเตอร์อินเวอร์เตอร์, กำลังใบพัด, คอมเพรสเซอร์แอร์

## **Abstract**

The objective of this project is to design and to develop a small wind turbine producing electricity from the hot wind in air-conditioning compressor by charging 12V battery. The hardware consists of 3 parts which are propeller, generator and battery. Metal and PVC-tube propeller are used in the experiment for comparison. The DC generator is applied from the inverter air conditioner. Voltage from the generator then passes through the rectifier, voltage regulator and battery charger circuits. The metal frame are attached to the turbine and then seized onto the compressor without damage. The wind from the compressor flows normally and has the speed of 6m/s. The metal and PVC-tube propeller produce 65 V and 51 V, respectively, while the current is not much consumed on the compressor with the hardware installation.

Keyword: wind turbine, generator, inverter motor, pitch angle, air-conditioning compressor

## กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงการเรื่อง ผลิตไฟฟ้าจากลมระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์แอร์ ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณ ดร.สมเจต ศุภรังสรรค์ อย่างสูงที่ได้กรุณาสละเวลาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการทำโครงการและได้ให้ความช่วยเหลือในการให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางการศึกษาค้นคว้าและตรวจแก้ไขในการทำโครงการ ให้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคณะกรรมการที่ให้คำชี้แนะในการปรับปรุงคุณภาพโครงการให้ดีขึ้นและเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นของโครงการนี้

ขอขอบคุณ นาย นที ศรีทอง จากเว็บ <http://natee2007.thaiza.com/> ที่ให้ความรู้เรื่องกังหันลมจากมอเตอร์พัดลมแอร์อินเวอร์เตอร์และการผลิตใบพัดจากท่อ PVC คุณประโยชน์อันใดที่เกิดจากโครงการชิ้นนี้เป็นผลมาจากความกรุณาของทุกท่านที่กล่าวมาข้างต้น คณะผู้จัดทำโครงการซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

## สารบัญ

|                 | หน้า |
|-----------------|------|
| บทคัดย่อ        | ii   |
| Abstract        | iii  |
| กิตติกรรมประกาศ | iv   |
| สารบัญ          | v    |
| สารบัญรูปภาพ    | vii  |
| สารบัญตาราง     | x    |

### บทที่ 1 บทนำ

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| 1.1 หลักการและเหตุผล          | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์              | 1 |
| 1.3 ขอบเขตของการทำโครงการ     | 1 |
| 1.4 แผนการดำเนินงาน           | 2 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |

### บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| 2.1 ทฤษฎีการเกิดลมและความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลังงานลม   | 3  |
| 2.1.1 การเกิดลม                                        | 3  |
| 2.1.2 การวัดทิศทางและความเร็วของลม                     | 3  |
| 2.1.3 การนำพลังงานลมมาใช้ประโยชน์                      | 4  |
| 2.2 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับกังหันลม                      | 5  |
| 2.2.1 ประเภทของกังหันลม                                | 5  |
| 2.2.2 ลักษณะการใช้งานของกังหันลม                       | 6  |
| 2.3 ทฤษฎีอากาศพลศาสตร์ (aerodynamics) ของกังหันลม      | 7  |
| 2.4 ทฤษฎีใบพัด                                         | 8  |
| 2.4.1 กำลังของใบพัด                                    | 8  |
| 2.4.2 ความเร็วของใบพัด                                 | 12 |
| 2.4.3 กำลังของกังหันลม                                 | 12 |
| 2.5 ทฤษฎีเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า                | 13 |
| 2.5.1 หลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า            | 13 |
| 2.5.2 โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสดตรง          | 14 |
| 2.5.3 ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า             | 16 |
| 2.5.4 สมการพื้นฐาน                                     | 22 |
| 2.5.5 การนำมอเตอร์เหนี่ยวนำมาใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า | 22 |
| 2.6 ทฤษฎีการเปลี่ยนและรักษาระดับแรงดัน                 | 25 |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                    | หน้า |
|----------------------------------------------------|------|
| 2.6.1 วงจรเรียงกระแส (Rectifier).....              | 25   |
| 2.6.2 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์.....                 | 25   |
| 2.6.3 วงจรกรองความถี่.....                         | 27   |
| 2.6.4 วงจรรักษารักษาแรงดัน.....                    | 28   |
| 2.7 แบตเตอรี่.....                                 | 31   |
| 2.8 ทฤษฎีการทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ.....     | 33   |
| <br>                                               |      |
| <b>บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการทดลอง</b> |      |
| 3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....           | 34   |
| 3.1.1 คอมเพรสเซอร์แอร์บ้าน.....                    | 34   |
| 3.1.2 มอเตอร์พัดลมของแอร์อินเวอร์เตอร์.....        | 35   |
| 3.1.3 วงจรรักษาระดับแรงดันแบบปรับค่าได้.....       | 36   |
| 3.1.4 วงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่.....             | 37   |
| 3.1.5 ไบพัตจากท่อ PVC.....                         | 39   |
| 3.1.6 ไบพัตแบบโลหะ.....                            | 41   |
| <br>                                               |      |
| <b>บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง</b>               |      |
| 4.1 ไบพัต.....                                     | 42   |
| 4.2 การชาร์จแบตเตอรี่.....                         | 44   |
| 4.3 ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้า.....                    | 45   |
| <br>                                               |      |
| <b>บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ</b>         |      |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง.....                            | 48   |
| 5.2 ปัญหาที่พบในการทำโครงงาน.....                  | 48   |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ.....                                | 48   |

## สารบัญรูป

| รูปที่                                                                    | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 เครื่องวัดลม                                                          | 4    |
| 2.2 กังหันสำหรับสูบน้ำในประเทศฮอลแลนด์                                    | 4    |
| 2.3 กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT))               | 5    |
| 2.4 กังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Wind Turbine (VAWT))                | 6    |
| 2.5 กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า                                                | 6    |
| 2.6 กังหันลมแบบสูบชักเพื่อสูบน้ำ                                          | 7    |
| 2.7 ส่วนประกอบของใบพัดกังหันลม                                            | 7    |
| 2.8 การทำงานของใบพัด                                                      | 8    |
| 2.9 ส่วนประกอบของใบพัด                                                    | 8    |
| 2.10 ส่วนล่างใบพัด                                                        | 9    |
| 2.11 ส่วนหน้าใบพัด                                                        | 9    |
| 2.12 ด้านข้างใบพัด                                                        | 10   |
| 2.13 ใบพัด                                                                | 10   |
| 2.14 ทิศทางการเคลื่อนที่ของลม                                             | 11   |
| 2.15 การหมุนของใบพัด                                                      | 12   |
| 2.16 อธิบายกฎของฟาราเดย์                                                  | 13   |
| 2.17 กฎมือขวาของเฟลมมิง                                                   | 13   |
| 2.18 หลักการพื้นฐานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ชนิด กระแสสลับ                   | 14   |
| 2.19 แสดง Block Diagram of Brushless Ac Generators                        | 16   |
| 2.20 แสดง stator coil และ rotor winding ของชุดกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก         | 16   |
| 2.21 แกน Laminated Sheet Steel                                            | 17   |
| 2.22 เปลือกหรือโครง                                                       | 17   |
| 2.23 แสดงขดลวดสนามแม่เหล็ก                                                | 18   |
| 2.24 แปรรงถ่านและช่อง                                                     | 18   |
| 2.25 แกนเหล็กอาร์เมเจอร์                                                  | 19   |
| 2.26 ขดลวดอาร์เมเจอร์                                                     | 19   |
| 2.27 คอมมิวเตเตอร์                                                        | 20   |
| 2.28 สลิปริงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ                                | 20   |
| 2.29 ขดลวดหมุนในสนามแม่เหล็กให้กำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับและคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ | 21   |
| 1 พีรีียด                                                                 | 21   |
| 2.30 (1) กระแสไหลออกจากขั้วบวกไปจ่ายโหลด และไหลกลับเข้าขดลวดทางขั้วลบ     | 22   |
| (2) คลื่นไฟฟ้าของกระแสตรงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง                    | 22   |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ |                                                               | หน้า |
|--------|---------------------------------------------------------------|------|
| 2.31   | ไดอะแกรมการไหลของพลังงานสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำ | 24   |
| 2.32   | วงจรและแรงดันไฟสลับที่จุดต่างๆ ของเรียงกระแสแบบบริดจ์         | 25   |
| 2.33   | ขณะจ่ายแรงดันไฟสลับไบอัสตรงให้ไดโอด $D_2$ และ $D_4$           | 26   |
| 2.34   | ขณะจ่ายแรงดันไฟสลับไบอัสตรงให้ไดโอด $D_1$ และ $D_3$           | 26   |
| 2.35   | วงจรกรองกระแส                                                 | 27   |
| 2.36   | วงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์                                        | 27   |
| 2.37   | วงจรรักษาแรงดัน                                               | 28   |
| 2.38   | วงจรดัดแปลงเพื่อให้สามารถจ่ายแรงดันเอาต์พุตได้ 12 โวลต์       | 28   |
| 2.39   | วงจรดัดแปลงให้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 12 โวลต์                  | 29   |
| 2.40   | วงจรแรงดันอ้างอิงที่ปรับค่าได้                                | 29   |
| 2.41   | วงจรป้องกันแบตเตอรี่ Over Charge & Under Discharge Protection | 30   |
| 2.42   | วงจรป้องกันแบตเตอรี่                                          | 30   |
| 2.43   | แบตเตอรี่                                                     | 31   |
| 2.44   | การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ                              | 33   |
| 3.1    | โครงสร้างสำหรับติดตั้งมอเตอร์พัดลมของแอร์อินเวอร์เตอร์        | 34   |
| 3.2    | แบบร่างการติดตั้งของกังหันลม                                  | 35   |
| 3.3    | มอเตอร์พัดลมของแอร์อินเวอร์เตอร์                              | 35   |
| 3.4    | บล็อกไดอะแกรมของแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดัน                     | 36   |
| 3.5    | วงจรรักษาระดับแรงดันแบบปรับค่าได้                             | 36   |
| 3.6    | นำอุปกรณ์ทั้งหมดมาต่อวงจรลงในแผ่นวงจรสำเร็จ                   | 37   |
| 3.7    | วงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่                                   | 37   |
| 3.8    | วงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่                                   | 38   |
| 3.9    | ท่อ PVC ที่ตัดเสร็จแล้ว                                       | 39   |
| 3.10   | ขนาดของท่อ PVC ที่ทำการตัด                                    | 39   |
| 3.11   | ขนาดของท่อ PVC ที่ทำการตัดเสร็จเรียบร้อยแล้ว                  | 40   |
| 3.12   | ใบพัดที่ได้จากท่อ PVC ประกอบเข้ากับดุมใบพัด                   | 40   |
| 3.13   | ดุมใบพัดที่ได้จากใบพัดลมโลหะ                                  | 40   |
| 3.14   | ใบพัดแบบโลหะที่ได้ มีการถ่วงสมดุลของใบพัดเรียบร้อยแล้ว        | 41   |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า                                                               |
|--------|--------------------------------------------------------------------|
| 4.1    | ไปติดตั้งใบพัดเพื่อทดลอง..... 42                                   |
| 4.2    | (ก) แสดงแรงดันที่วัดได้ 65.6 V..... 43                             |
|        | (ข) แสดงแรงดันที่วัดได้ 51.0 V..... 43                             |
| 4.3    | กระแสขณะชาร์จแบตเตอรี่ (A)..... 43                                 |
| 4.4    | แรงดันจากวงจรควบคุมแรงดัน..... 44                                  |
| 4.5    | ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์แอร์..... 45                  |
| 4.6    | ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์แอร์ขณะต่อกับกังหันลม..... 46 |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่                                                                      | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1.1 ตารางการดำเนินการ .....                                                   | 2    |
| 4.1 เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ภายในเวลา 10 นาที .....                    | 43   |
| 4.2 ตารางแสดงผลการชาร์จแบตเตอรี่ .....                                        | 45   |
| 4.2 ตารางแสดงผลการชาร์จแบตเตอรี่ .....                                        | 45   |
| 4.3 ตารางแสดงปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์แอร์ภายในเวลา 60 นาที ..... | 46   |
| 4.4 ตารางแสดงปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์แอร์ในเวลา 10 ชั่วโมง ..... | 47   |

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 หลักการและเหตุผล

เนื่องด้วยในปัจจุบันมีการใช้ไฟฟ้าในชีวิตเพิ่มขึ้นทุกวัน เพราะไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญต่อความเป็นอยู่ แต่เนื่องจากสภาวะโลกร้อนทำให้อุณหภูมิของประเทศไทยสูงขึ้น ทำให้ประชากรต้องเปิดเครื่องทำความเย็นมากขึ้น บ้านที่พักอาศัยหรือโรงงาน สถานประกอบการการณต่างๆ ภาระค่าใช้จ่ายไฟฟ้ามากขึ้นทำให้เห็นการใช้ประโยชน์จากพลังงานลมจากเครื่องระบายความร้อนของเครื่องทำความเย็นมาทำการสร้างกังหันลมขึ้น เพื่อลดภาระค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าและนำไปใช้ประโยชน์

ลมเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ความกดดันของบรรยากาศและแรงจากการหมุนของโลก สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเร็วลมและกำลังลม ในปัจจุบันมนุษย์ได้ให้ความสำคัญกับพลังงานลมที่มาใช้ประโยชน์มากขึ้น เป็นพลังงานที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสภาพแวดล้อม และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ไม่รู้จักหมดสิ้น แต่มีพลังงานลมที่ระบายมาจากเครื่องระบายความร้อนของเครื่องทำความเย็น ที่มนุษย์ไม่สนใจที่จะนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ พลังงานลมที่เกิดจากเครื่องระบายความร้อนของเครื่องทำความเย็นสามารถนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าได้ เมื่อเครื่องทำความเย็นทำงานอยู่โดยใช้กังหันลม

กังหันลมผลิตไฟฟ้าที่นำเข้ามาจากต่างประเทศมีราคาสูงและยังมีประสิทธิภาพต่ำเมื่อนำมาใช้ในประเทศไทย เพราะลมในต่างประเทศซึ่งส่วนใหญ่ในแถบยุโรปและสหรัฐอเมริกาจะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่าประเทศไทยเรามาก ลมที่เกิดจากพัดลมระบายความร้อนนั้นมีความเร็วเฉลี่ย 14.5 mph หรือ 6.48 m/s [1] ด้วยเหตุผลนี้จึงคิดประดิษฐ์กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่ให้แรงดัน 12-48 โวลต์ เพื่อให้สอดคล้องกับความเร็วลมของเครื่องระบายความร้อน

#### 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาและจัดสร้างกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ในรูปแบบที่ง่ายและใช้ต้นทุนต่ำ โดยใช้วัสดุที่สามารถดัดแปลงและหาได้ทั่วไปในท้องตลาด สามารถติดตั้งและบำรุงรักษาง่าย

1.2.2 เพื่อเสริมสร้างความรู้ใหม่ในการนำพลังงานลมจากคอมเพรสเซอร์และเป็นแนวทางใหม่ในการปรับปรุงและพัฒนา ให้มีกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงขึ้น สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนได้

1.2.3 นำลมระบายความร้อนจากคอมเพรสเซอร์แอร์

#### 1.3 ขอบเขตของการทำโครงงาน

1.3.1 กังหันลมสามารถผลิตแรงดันขนาด 12-48 โวลต์ และสามารถชาร์จเก็บในแบตเตอรี่ได้

1.3.2 ใช้ใบพัดจำนวน 3 ใบ เพื่อจะได้กำลังและความเร็วลม ที่เหมาะสมที่สุด

1.3.3 ใช้มอเตอร์มาดัดแปลงเพื่อเปลี่ยนเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1.3.4 กังหันลมสามารถรับลมจากพัดลมระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์แอร์

(air-conditioning compressor)

## 1.4 แผนการดำเนินงาน

1.4.1 พบอาจารย์ที่ปรึกษา

1.4.2 กำหนดหัวข้อโครงการเรื่องกังหันลมผลิตไฟฟ้าด้วยลมระบายความร้อนคอมเพรสเซอร์แอร์ ส่งหัวข้อโครงการ

1.4.3 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกังหันลมผลิตไฟฟ้า

1.4.3.1 ศึกษาหลักการทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้า

1.4.3.2 ศึกษาการออกแบบกังหันลมขนาดเล็กเพื่อให้เหมาะสมกับความเร็วลมต่ำ

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

| กิจกรรม                | มกราคม 2555 |   |   |   | กุมภาพันธ์ 2555 |   |   |   | มีนาคม 2555 |   |   |   | เมษายน 2555 |   |   |   |
|------------------------|-------------|---|---|---|-----------------|---|---|---|-------------|---|---|---|-------------|---|---|---|
|                        | 1           | 2 | 3 | 4 | 1               | 2 | 3 | 4 | 1           | 2 | 3 | 4 | 1           | 2 | 3 | 4 |
| ศึกษาข้อมูล            | ↔           |   |   |   |                 |   |   |   |             |   |   |   |             |   |   |   |
| จัดทำหัวข้อเสนอโครงการ |             | ↔ |   |   |                 |   |   |   |             |   |   |   |             |   |   |   |
| ศึกษาและรวบรวมข้อมูล   |             |   | ↔ |   |                 |   |   |   |             |   |   |   |             |   |   |   |
| ออกแบบชิ้นงาน          |             |   |   |   | ↔               |   |   |   |             |   |   |   |             |   |   |   |
| สร้าง                  |             |   |   |   |                 | ↔ |   |   |             |   |   |   |             |   |   |   |
| ทดลอง                  |             |   |   |   |                 | ↔ | ↔ | ↔ |             |   |   |   |             |   |   |   |
| เก็บผลการทำทดลอง       |             |   |   |   |                 |   | ↔ | ↔ | ↔           |   |   |   |             |   |   |   |
| จัดทำเอกสาร            |             |   |   |   |                 |   |   |   | ↔           | ↔ | ↔ | ↔ | ↔           | ↔ | ↔ | ↔ |

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำพลังงานลมที่ได้จากกังหันลมด้วยคอมเพรสเซอร์แอร์ มาใช้เป็นพลังงานทดแทนในการใช้ไฟฟ้าได้ และนำไปสู่การพัฒนาในอนาคต

### 3.1.6 ใบพัดแบบโลหะ

การเลือกใช้ใบพัดแบบโลหะเพราะว่าลมที่ได้จากคอมเพรสเซอร์แอร์จะมีความร้อน ใบพัดแบบโลหะจะสามารถทนความร้อนได้ดี



รูปที่ 3.14 ใบพัดแบบโลหะ มีการถ่วงสมดุลของใบพัดแล้ว

## บทที่ 2

### ทฤษฎีพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1. ทฤษฎีการเกิดลมและความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลังงานลม

##### 2.1.1 การเกิดลม

ลม คือ การเคลื่อนที่ของอากาศที่ขนานกับพื้นผิวของโลก แรงความลาดชันของความกดอากาศ คือ แรงที่มีอิทธิพลต่อความเร็วลมที่พัดซึ่งเป็นแรงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของหย่อมความกดอากาศ

อากาศเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว ทำให้มีความหนาแน่นน้อยกว่าปกติและลอยตัวสูงขึ้นไป ซึ่งเรียกว่า กระแสอากาศ เมื่ออากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้น อากาศในแนวราบจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเคลื่อนขนานกับแนวราบเข้ามาแทนที่ อากาศที่เคลื่อนที่ขนานกับพื้นผิวของโลกเรียกว่า ลม ลมจะพัดจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าหรือบริเวณที่มีความกดอากาศสูงกว่า ไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าหรือบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำกว่า

กลางวันอุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นดินสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นน้ำ เนื่องจากดินและน้ำรับความร้อนจากดวงอาทิตย์ในปริมาณเท่ากันแต่ดินจะมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำ ส่วนกลางคืนอุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นดินจะต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นน้ำ เนื่องจากดินคายความร้อนได้ดีกว่าน้ำ ปรากฏการณ์นี้จะเกี่ยวข้องกับการเกิด ลมบก ลมทะเล คือ ในเวลากลางวันอากาศเหนือพื้นดินร้อน ลอยตัวสูงขึ้น อากาศเหนือพื้นน้ำเย็นกว่า เคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ เกิดลมพัดจากทะเลเข้าสู่ฝั่ง เรียกว่า ลมทะเล ในเวลากลางคืน อากาศเหนือพื้นน้ำร้อนกว่า ลอยตัวสูงขึ้น อากาศเหนือพื้นดินเย็นกว่า เคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ เกิดลมพัดจากบกออกสู่ทะเล เรียกว่า ลมบก

##### 2.1.2 การวัดทิศทางและความเร็วของลม

ลม คือ การเคลื่อนที่ของอากาศ ถ้าลมแรงก็หมายถึงว่ามวลของอากาศเคลื่อนตัวไปมากและเร็วในอุทกนิยมิทยา สามารถการวัดลมจำต้องวัดทั้งทิศของลมและอัตราหรือความเร็วของลม สำหรับการวัดทิศของลมนั้นสามารถใช้ครลม (wind vane) ส่วนการวัดความเร็วของลม สามารถใช้เครื่องมือที่เรียกว่า "อะนิมอมิเตอร์" (anemometer) ซึ่งมีหลายชนิด แต่ส่วนมากใช้แบบใบพัดหรือกังหัน หรือใช้แบบถ้วยกลมสามใบและมีก้านสามก้านต่อมารวมกันที่แกนกลาง จากแกนกลางจะมีแกนต่อลงมายังเบ้าล่าง เมื่อกังหันหมุนจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้เข็มที่หน้าปัดชี้แสดงความเร็วของลมคล้ายๆ กับหน้าปัดที่บอกความเร็วของรถยนต์

การวัดความเร็วและทิศของลม อาจทำได้โดยใช้เครื่องมืออีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า "ใบพัดลม" ซึ่งสามารถวัดความเร็วและทิศได้พร้อมกัน ในการวัดความเร็วของลมมีหน่วยที่ใช้กันอยู่หลายหน่วย แล้วแต่ว่าผู้ใช้จะนิยมและสะดวกที่จะใช้หน่วยใด เช่น นอต หรือไมล์ทะเลต่อชั่วโมง กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไมล์ (บก) ต่อชั่วโมง



รูปที่ 2.1 เครื่องวัดลม

นอกจากเครื่องวัดลมชนิดดังกล่าวแล้ว ยังมีเครื่องบันทึกความเร็วและทิศของลมอยู่ตลอดเวลาเครื่องบันทึกลมนี้เรียกว่า อะนิมोगราฟ (anemograph) ซึ่งสามารถบันทึกความเร็วและทิศของลมได้ตามที่เราต้องการ

### 2.1.3 การนำพลังงานลมมาใช้ประโยชน์

ลมเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ความกดดันของบรรยากาศ และแรงจากการหมุนของโลก สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเร็วลมและกำลังลม เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าลมเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่มีอยู่ในตัวเอง ซึ่งในบางครั้งแรงที่เกิดจากลมอาจทำให้บ้านเรือนที่อยู่อาศัยพังทลายต้นไม้ หักโค่นลง สิ่งของวัตถุต่างๆ ล้มหรือปลิวลอยไปตามลม ฯลฯ ในปัจจุบันมนุษย์จึงได้ให้ความสำคัญและนำพลังงานจากลมมาใช้ประโยชน์มากขึ้น เนื่องจากพลังงานลมมีอยู่โดยทั่วไป ไม่ต้องซื้อหา เป็นพลังงานที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสภาพแวดล้อม และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไม่รู้จักหมดสิ้น



รูปที่ 2.2 กังหันสำหรับสูบน้ำในประเทศฮอลแลนด์

เทคโนโลยีกังหันลม กังหันลม คือ เครื่องจักรกลอย่างหนึ่งที่สามารถรับพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลมให้เป็นพลังงานกลได้ จากนั้นนำพลังงานกลมาใช้ประโยชน์โดยตรง เช่น การบดสีเมล็ดพืช การสูบน้ำ หรือในปัจจุบันใช้ผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า การพัฒนากังหันลมเพื่อใช้ประโยชน์นี้มีมาตั้งแต่ชนชาวอียิปต์โบราณและมีความต่อเนื่องถึงปัจจุบัน โดยการออกแบบกังหันลมจะต้องอาศัยความรู้ทางด้านพลศาสตร์ของลมและหลักวิศวกรรมศาสตร์ในแขนงต่างๆ เพื่อให้ได้กำลังงาน พลังงาน และประสิทธิภาพสูงสุด

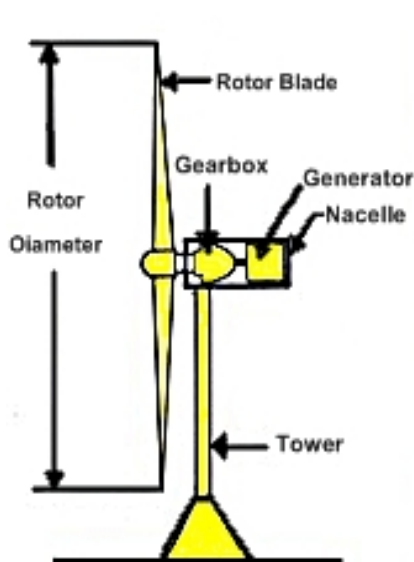
## 2.2 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับกังหันลม

### 2.2.1 ประเภทของกังหันลม

กังหันลมสามารถแบ่งออกตามลักษณะการจัดวางแกนของใบพัดได้ 2 รูปแบบ คือ

#### 2.2.1.1 กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT))

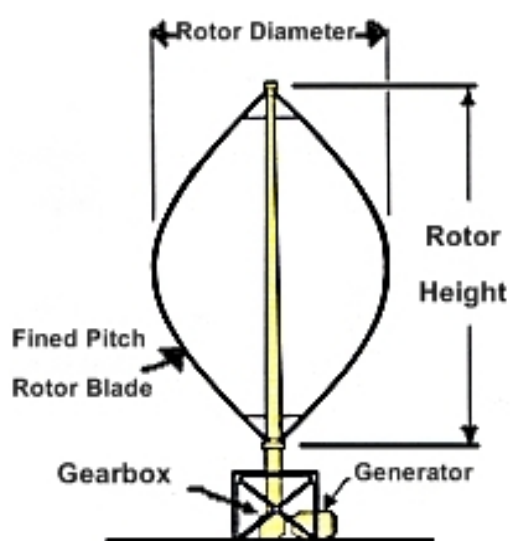
เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนขนานกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ



รูปที่ 2.3 กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT))

#### 2.2.1.2 กังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Wine Turbine (VAWT))

เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ



รูปที่ 2.4 กังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Wind Turbine (VAWT))

## 2.2.2 ลักษณะการใช้งานของกังหันลม

### 2.2.2.1 กังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า (wind turbine for electricity)

เครื่องจักรกลอย่างหนึ่งที่สามารถรับพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลมให้เป็นพลังงานกลได้ จากนั้นนำพลังงานกลมาใช้ประโยชน์โดยตรง เช่น พลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 2.5 กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า

### 2.2.2.2 กังหันลมเพื่อสูบน้ำ (wind turbine for pumping)

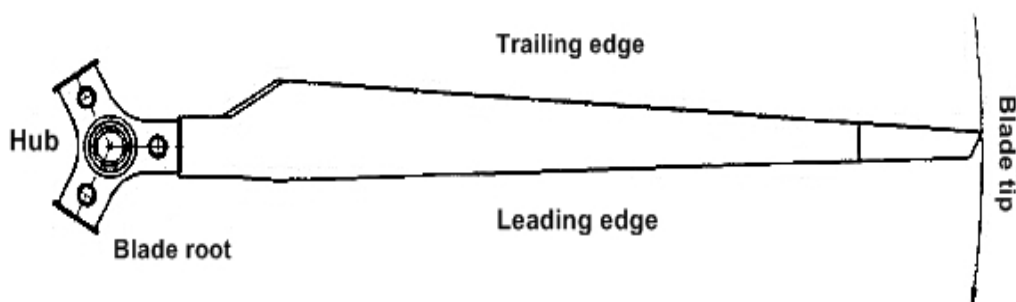
เป็นกังหันลมที่รับพลังงานจากการเคลื่อนที่ของลมและเปลี่ยนให้เป็นพลังงานกลเพื่อใช้ในการชักหรือสูบน้ำจากที่ต่ำขึ้นที่สูงเพื่อใช้ในการเกษตร การทำนาเกลือ การอุปโภคและการบริโภค ปัจจุบันมีใช้อยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบระหัดและแบบสูบชัก



รูปที่ 2.6 กังหันลมแบบสูบชักเพื่อสูบน้ำ

## 2.3 ทฤษฎีอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics) ของกังหันลม

อากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics) อากาศที่ไหลและแรงที่เกิดขึ้นจากอากาศที่ไหล ผิวด้านหน้าและหลังของใบพัดกังหันลมจะมีลักษณะที่ไม่ราบเรียบ ตลอดความยาวของสี่เหลี่ยมผืนผ้าข้างหนึ่งจะเป็นขอบนำ (Leading edge) และขอบหาง (Trailing edge) ส่วนของโคนใบจะยึดติดกับ hub เพื่อจะยึดติดกับแกนของ generator



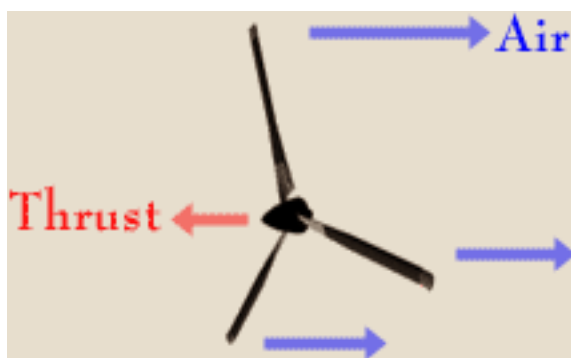
รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบของใบพัดกังหันลม

รัศมีของใบพัด คือ ระยะจากโคนใบจนถึงปลายใบหากมองจากด้านข้างจะพบว่าใบพัดมีลักษณะโค้งนูน โดยด้านหน้าที่ปะทะกับลมจะเรียกว่าด้านหลัง รูปร่างของใบพัดเช่นนี้เรียกว่า แพนอากาศ (blade's aerodynamics profile)

## 2.4 ทฤษฎี ใบพัด

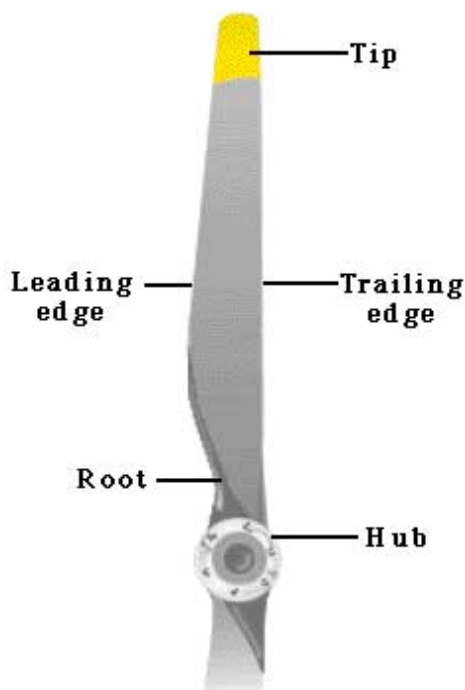
### 2.4.1 กำลังของใบพัด (blade power)

ใบพัด สร้างขึ้นให้มีลักษณะหรือรูปร่าง เป็น Airfoil คล้ายกับลักษณะของปีกเครื่องบิน เมื่อใบพัดหมุนโดยการหมุนของเครื่องยนต์ ใบพัดก็จะสร้างแรงยกไปทางด้านหน้าของเครื่องบิน และ แรงยกส่วนนี้เราเรียกว่า Thrust ที่จะทำให้อากาศยานเคลื่อนที่ไปข้างหน้า มีใบพัดแบบที่ใช้ตั้งเครื่องบิน ผ่านไปในอากาศ ใบพัดประเภทนี้เรียกว่า ใบพัดแบบ Tractor



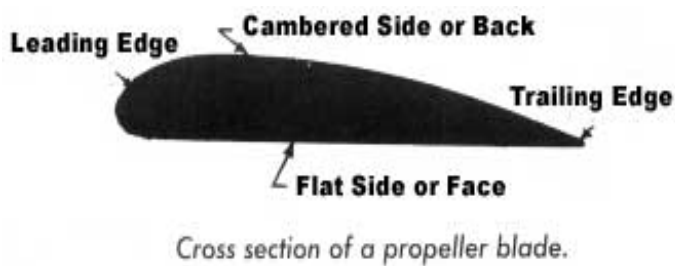
รูปที่ 2.8 การทำงานของใบพัด

Leading Edge คือ ส่วนแรกของใบพัดที่หมุนตัดกับอากาศ เมื่อใบพัดตัดอากาศ อากาศก็จะไหลผ่านบนด้านหน้าของใบพัด และส่วนที่เป็นส่วนโค้งของใบพัด



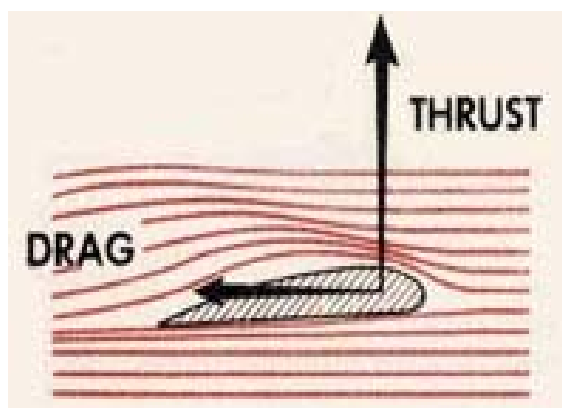
รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบของใบพัด

Blade Face คือ ส่วนล่างของใบพัดหรือส่วนล่างของ Airfoil แต่อาจจะเรียกว่าเป็น ด้านหลังของใบพัด



รูปที่ 2.10 ส่วนล่างใบพัด

Thrust Face คือ ส่วนที่มีความโค้งพื้นผิวของใบพัดหรือบางที่เรียกว่าด้านหน้าของ ใบพัด

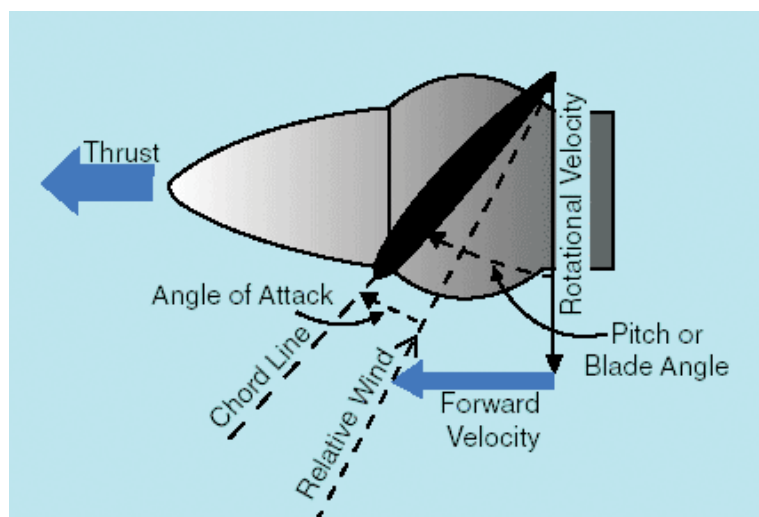


รูปที่ 2.11 ส่วนหน้าใบพัด

Blade Shank (Root) คือ ส่วนของกลีบใบพัดที่อยู่ส่วนหัวหรือส่วนที่อยู่ติดกับ ส่วนตรงกลาง (Hub)

Blade Tip คือ ส่วนปลายสุดของใบพัด

Plane of Rotation คือ ระนาบจินตนาการของการหมุนของใบพัดที่ตั้งฉากกับแกน ของเครื่องยนต์ ระนาบนี้จะเป็นระนาบวงกลมตามที่ใบพัดหมุน



รูปที่ 2.12 ด้านข้างใบพัด

Blade Angle คือ มุมที่เกิดจากส่วนของด้านหลังของใบพัดหรือ Blade Face กับ ระนาบการหมุนของใบพัด มุมที่เกิดขึ้นตลอดระยะความยาวของใบพัด ตั้งแต่โคนถึงปลายใบพัด จะไม่เท่ากัน เหตุผลในการที่มุมตลอดใบพัดมีค่าต่างกัน เพราะวาระยะความยาวของใบพัดจากแกน ศูนย์กลางการหมุนไม่เท่ากัน ทำให้ความเร็วของใบพัดแต่ละส่วนมีความเร็วไม่เท่ากัน ซึ่งมีผลกับแรงที่เกิดขึ้น ดังนั้นการออกแบบจึงต้องการให้ทุกๆ ส่วนของใบพัดมีมุม Angle of Attack ของส่วนของ ตัวเองที่มีประสิทธิภาพที่สุดที่สามารถสร้างแรง Thrust ตามความเร็วรอบที่ออกแบบมา

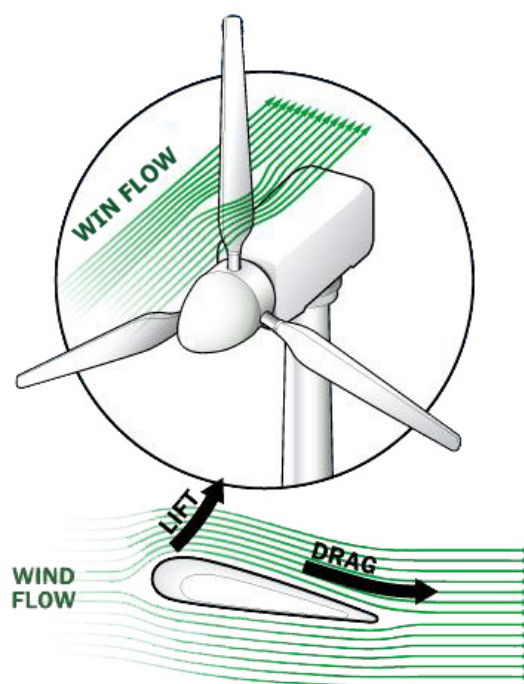


รูปที่ 2.13 ใบพัด

Blade Element คือ ส่วนย่อยๆ ของความยาวของใบพัด เปรียบเหมือนนำส่วนย่อยๆ นั้นมา ต่อกันขึ้นมาเป็นใบพัดหรือ Blade airfoil ส่วนย่อย นี้วางอยู่ในตำแหน่งที่ทำมุมกับระนาบการหมุนที่ ต่างกัน

เหตุผลในการวางส่วนต่างๆ ที่มุมต่างกัน เพราะว่าส่วนย่อยต่างๆ ของใบพัดนั้นมีความเร็วในการหมุนที่ต่างกัน ส่วนของใบพัดที่อยู่ด้านในติดกับศูนย์กลางจะมีความเร็วที่ช้ากว่า ส่วนที่อยู่ไกลออกไปที่ส่วนปลายของใบพัด ถ้าหากว่าทุกส่วนตลอดความยาวของใบพัดมีมุมเท่ากันหมด ทิศทางของลมที่กระทบกับใบพัดก็จะไม่กระทบกับใบพัดที่มุม Angle of Attack ที่เท่ากัน เป็นเพราะความเร็วของใบพัดตลอดระยะความยาวจะไม่เท่ากัน

ชุดใบพัด เป็นตัวทำให้เกิดกำลังในการจุดไดนาโมผลิตกระแสไฟฟ้า ตัวใบพัดทำให้เกิดพลังงานกลในการขับเคลื่อน เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า (สนามแม่เหล็ก ตัด ขดลวด) ตัวเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าจะแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าทั้งพลังงานกลและพลังงานไฟฟ้าสามารถวัดได้ในหน่วยของวัตต์ (Watts)

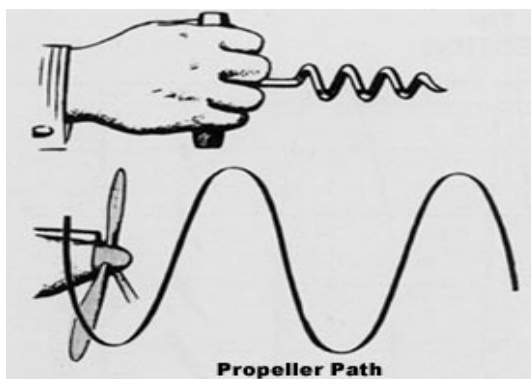


รูปที่ 2.14 ทิศทางการเคลื่อนที่ของลม

Relative Wind คือ ลมที่กระทบและผ่าน airfoil เมื่อ airfoil เคลื่อนที่ผ่านอากาศ

Angle of Attack คือ เป็นมุมระหว่าง chord ของ element กับ relative wind สำหรับใบพัดแล้ว มุมที่มีประสิทธิภาพจะอยู่ระหว่าง 2 ถึง 4 องศา

Blade Path คือ เป็นทิศทางที่ใบพัดเคลื่อนที่ไป



รูปที่ 2.15 การหมุนของใบพัด

Pitch อ้างถึง ระยะทาง ที่เป็นเกลียวเหมือนเกลียวของสกรูที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าหนึ่งรอบ ซึ่งก็เหมือนใบพัดเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเมื่อหมุนอยู่ในอากาศ

Geometric Pitch เป็นระยะทางในทางทฤษฎีที่ใบพัดควรจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเมื่อใบพัดหมุนไปหนึ่งรอบ

Effective Pitch เป็นระยะทางในทางปฏิบัติจริงๆ เมื่อใบพัดหมุนหนึ่งรอบในขณะที่ทำการบินในอากาศ effective pitch จะมีระยะทางสั้นกว่า geometric pitch เสมอ เนื่องจาก อากาศที่เป็นของไหลจะลื่นไถล (slip)

#### 2.4.2 ความเร็วของใบพัด

ความเร็วของใบพัดที่จะหมุนขึ้นอยู่กับว่าในขณะนั้นมีภาระงานหรือไม่ต่อกับแบตเตอรี่หรือหลอดไฟใช้งานอะไรอยู่ (load) ถ้าไดนาโมหรือเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้ามี load เวลาหมุนอาจทำให้หมุนยากหรือความเร็วรอบตก ถ้าไม่มีภาระงานไม่ได้ต่อพ่วงกับอุปกรณ์อะไรชุดใบพัดจะหมุนได้โดยง่ายตาย หมุนแบบอิสระที่ความเร็วสูงมาก

#### 2.4.3 กำลังของกังหันลม

สำหรับค่ากำลังของกังหันลมสามารถหาได้จากสูตร

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V_{\infty}^3 \cdot \eta = \frac{\rho}{2} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot V_{\infty}^3 \cdot \eta \quad (2.1)$$

โดยที่

|              |                                    |
|--------------|------------------------------------|
| P            | = กำลัง (W)                        |
| $\eta$       | = ค่าประสิทธิภาพของกังหันลม        |
| $\rho$       | = ความหนาแน่นของอากาศ ( $kg/m^3$ ) |
| A            | = พื้นที่กวาดของใบพัด (ตารางเมตร)  |
| $V_{\infty}$ | = ความเร็วลมเข้าใบพัด (m/s)        |

## 2.5 ทฤษฎีเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

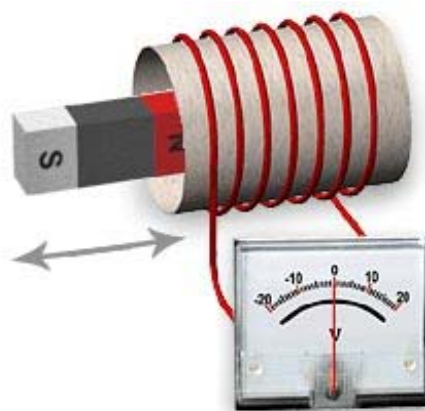
### 2.5.1 หลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า จากกฎของฟาราเดย์ ถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กจะเกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้น ดังสูตร

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

โดยที่

- $e$  = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (v)
- $N$  = จำนวนรอบของขดลวด (รอบ)
- $\phi$  = เส้นแรงแม่เหล็ก (Wb)
- $t$  = เวลา (s)



รูปที่ 2.16 อธิบายกฎของฟาราเดย์

จากรูป อธิบายตามกฎมือขวาของเฟลมมิง เมื่อตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นและเกิดกระแสไหลในตัวนำนั้นในทิศทางตั้งฉากดังนี้



รูปที่ 2.17 กฎมือขวาของเฟลมมิง

ลักษณะทั่วไปของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจำแนกออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ชนิด คือ

- เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternator)
- เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (Dynamo)

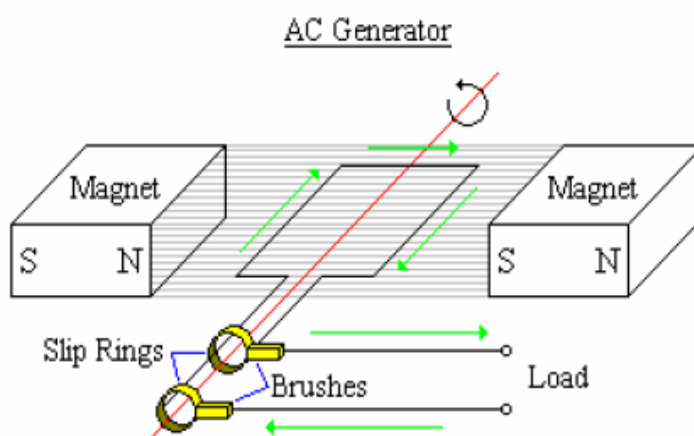
ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

## 2.5.2 โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับประกอบด้วยส่วนใหญๆ 2 ส่วน คือ

1. เครื่องต้นกำลัง เป็นส่วนที่ผลิตพลังงานกลขึ้นมา เพื่อหมุนเพลลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เช่น

- กังหันแก๊ส มีแบบใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน ส่วนใหญ่ใช้น้ำมันดีเซลเพราะราคาถูก
- กังหันน้ำ ได้แก่ เขื่อนต่างๆ
- กังหันไอน้ำ ได้แก่ การนำเอาน้ำมาทำให้เกิดความร้อนแล้วนำเอาไอน้ำไปใช้งาน



รูปที่ 2.18 หลักการพื้นฐานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ชนิด AC

2. **Generator** เป็นตัวผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยหลักการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กมีหลายแบบดังนี้

### 2.1 แบบชั้นแม่เหล็กหมุน Revolving Field Type (RFT)

แบบนี้ใช้วิธีหมุนขั้วแม่เหล็กที่อยู่บนเพลลา ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กตัดผ่านขดลวดทองแดงที่พันติดอยู่บนเปลือก ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าบนปลายขดลวดทองแดงแบบนี้ไม่ต้องมี Slip Ring และแปรงถ่าน เพื่อนำแรงดันไฟฟ้าไปใช้งานแต่มีแปรงถ่านและ Slip Ring ต่อกับขดลวดทองแดงที่พันอยู่บนแกนแม่เหล็กเพื่อใช้สำหรับป้อนไฟฟ้ากระแสตรงไปเลี้ยงขดลวดทองแดง เพื่อสร้างความเข้มของสนามแม่เหล็ก

## 2.2 แบบหมุน Revolving Armature Type (RA Type)

แบบนี้ใช้วิธีหมุนขดลวดทองแดงที่พันอยู่บนแกนเพลลาหมุนตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กที่อยู่บนเปลือก ทำให้เกิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ปลายขดลวดทองแดงนำเอาแรงดัน ไฟฟ้านี้ไปใช้งานโดยผ่าน Slip Ring (วงแหวนทองเหลือง) และแปรงถ่านขั้วแม่เหล็กที่จะทำให้เกิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำนี้ไม่ได้เป็นแม่เหล็กถาวรหรือแม่เหล็กธรรมชาติที่มีความเข้มของสนามแม่เหล็กคงที่ แต่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงป้อนผ่านขดลวดทองแดงที่พันรอบแกนเหล็กอ่อน เพื่อทำให้เกิดแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นปริมาณของไฟฟ้ากระแสตรงนี้จึงสามารถควบคุมปริมาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้โดยการเพิ่มหรือลดปริมาณของไฟฟ้ากระแสตรง

## 2.3 แบบไม่มีแปรงถ่าน Brushless Type (BI Type)

แบบนี้แบ่งตามขั้นตอนการทำงานออกเป็นส่วนใหญ่ ๆ ได้ 4 ส่วน คือ

### 1) Exciter ประกอบด้วย

- **Exciter Armature** เป็นขดลวดที่ประกอบด้วยขดลวดที่จะถูกทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยเป็นส่วนที่ติดอยู่กับเพลลาและหมุนไปพร้อมกับเพลลากระแสที่เกิดขึ้นใน Exciter Armature จะเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

- **Exciter Field Coil** เป็นขดลวดที่ทำให้เกิดแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะติดอยู่กับส่วนที่อยู่กับที่

**2) Automatic Voltage Regulator (A.V.R.)** เป็นชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่นำไปใช้งานให้คงที่ ซึ่งเป็นการทำงานควบคุมอย่างอัตโนมัติหลักการทำงานของ A.V.R. เป็นการนำกระแสสลับที่เกิดจาก Stator Coil มาแปลงเป็นกระแสตรง จ่ายเข้า Exciter Field Coil โดยปริมาณกระแสตรงจะมีการควบคุมให้มากหรือน้อยตามสภาพการณ์ของแรงดันไฟฟ้าจาก Stator Coil โดยเป็นไปอย่างอัตโนมัติ

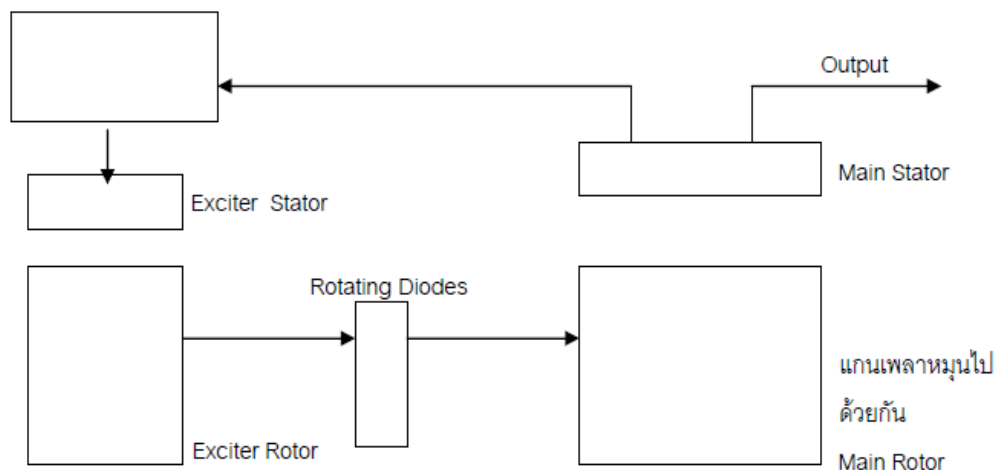
### 3) Main Generator เป็นส่วนที่ผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อออกไปใช้งานจริง ประกอบด้วย

- **Rotating Field Coil** เป็นขดลวดที่พันรอบแกนเหล็กที่ติดกับเพลลาเพื่อทำให้เหล็กกลายเป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าโดยได้รับไฟฟ้ากระแสตรงที่ป้อนมาจาก Rotating Rectifier

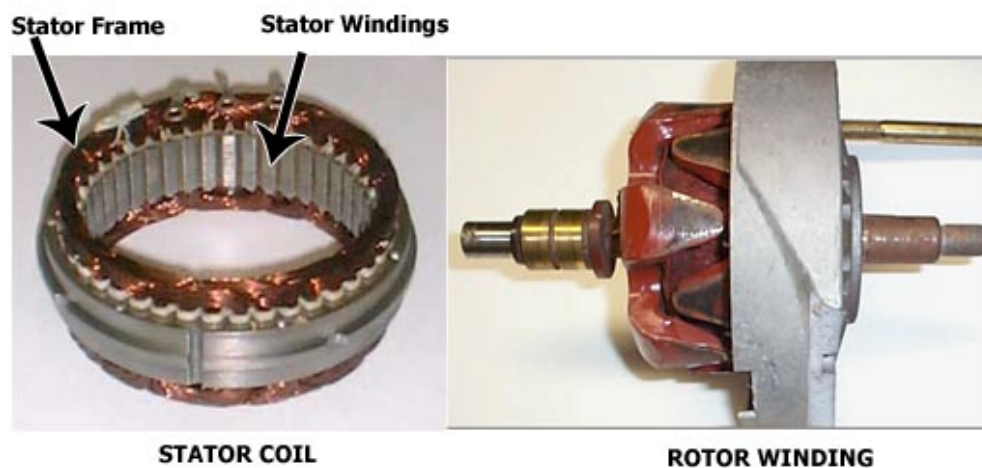
- **Stator Coil (Alternator Armature)** เป็นขดลวดที่จะถูกทำให้เกิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นและจ่ายกระแสไฟฟ้าสลับออกไปใช้งาน

**4) Rotating Rectifier** จะติดอยู่บนเพลลาจึงหมุนตามเพลลาไปด้วย มีหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าสลับที่เกิดจาก Exciter Armature ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง

## Automatic Voltage Regulator



รูปที่ 2.19 แสดง Block Diagram of Brushless A.C. Generators



รูปที่ 2.20 แสดง stator coil และ rotor winding ของชุดกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

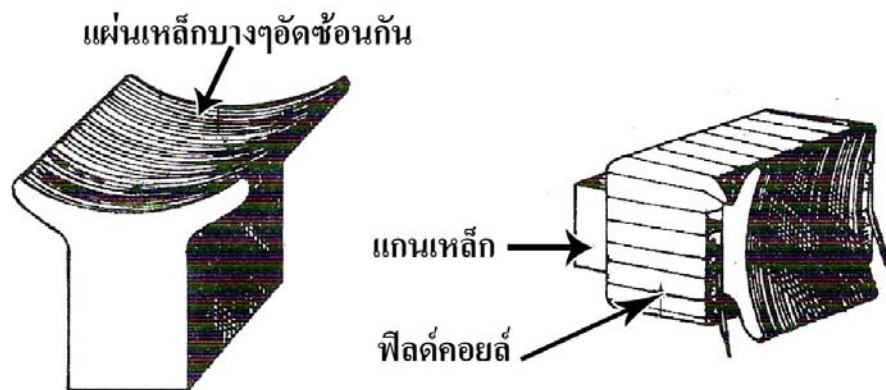
## 2.5.3 ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ

- 1) ส่วนที่เคลื่อนที่ (Rotor)
- 2) ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator)

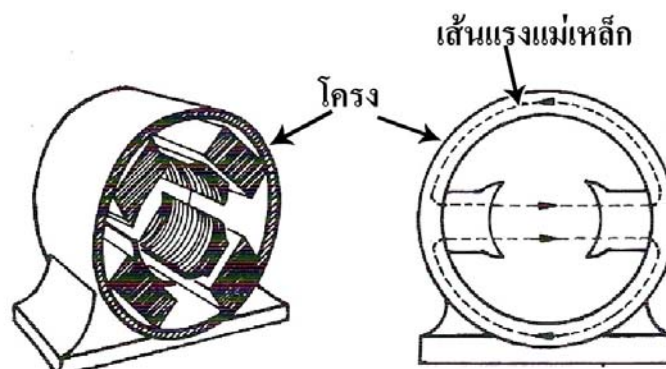
## 2.5.3.1 ส่วนที่อยู่กับที่ประกอบด้วย

1) แกนขั้วแม่เหล็ก (Pole Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กไฟฟ้าแผ่นบางๆ ชนิดที่เคลือบผิวทั้งสองหน้าด้วยวัสดุฉนวน แต่ละแผ่นปั๊มให้เป็นรูปร่างและมีขนาดตามต้องการ ใช้หลายๆ แผ่นนำมาเรียงซ้อนกันให้ได้ขนาดของความหนาหรือความยาวตามที่ต้องการตามรูป



รูปที่ 2.21 แกน Laminated Sheet Steel

2) เปลือกหุ้มหรือโครง (Field Frame หรือ York) มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกกลาง ทำด้วยเหล็กกล้าหล่อ (Cast Steel) ให้มีขนาดและรูปร่างตามที่ต้องการ เป็นส่วนที่หุ้มห่อไดนาโมทั้งหมด ภายในมีแกนขั้วแม่เหล็กยึดติดอยู่ หน้าที่หลักของเปลือกหุ้มหรือโครงคือให้เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic Path) หรือส่วนหนึ่งของวงจรแม่เหล็ก



รูปที่ 2.22 เปลือกหรือโครง

หน้าที่หลักของแกนขั้วแม่เหล็ก ให้กำเนิดเส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic flux) ไหลออกจากขั้วเหนือ (N) ผ่านช่องว่างอากาศ (Air gap) ไปยังขั้วใต้ (S) ผ่านเปลือกหุ้มหรือโครง (York หรือ Field Frame) แล้วย้อนกลับมายังขั้วเหนือ (N)

3) ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil หรือ Field Winding) เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ขดลวดฟิลต์คอยล์ เป็นขดลวดทองแดง (Copper Wire) ที่พันบนแกนขั้วแม่เหล็ก เมื่อให้กระแสไหลผ่านจะสร้างขั้วแม่เหล็กให้เกิดขึ้นบนแกนขั้วแม่เหล็ก มีขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) เพื่อให้เส้นแรงแม่เหล็กออกจากขั้วเหนือผ่านช่องว่างอากาศไปยังขั้วใต้ผ่านเปลือกหุ้มหรือโครงแล้วย้อนกลับมายังขั้วเหนือขดลวดฟิลต์คอยล์มีสองชนิด คือ

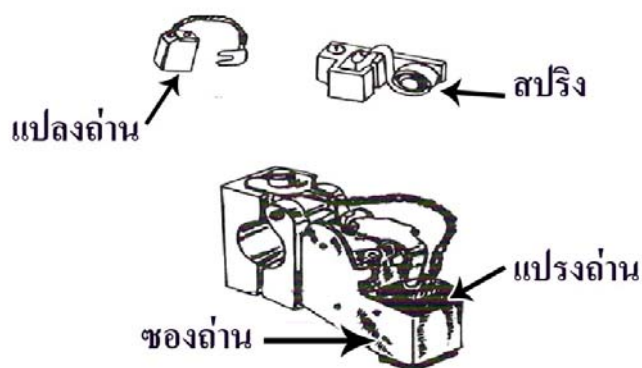
ขดลวดซีรีย์ฟิลด์ (Series field or Series winding) จะพันด้วยลวดเส้นโต ความต้านทานจะต่ำ ขดลวดทั้งสองชุดจะพันไปในทิศทางเดียวกัน

ขดลวดชั๊นท์ฟิลด์ (Shunt field or Shunt winding) จะพันด้วยลวดเส้นเล็ก ความต้านทานจะสูง



รูปที่ 2.23 แสดงขดลวดสนามแม่เหล็ก

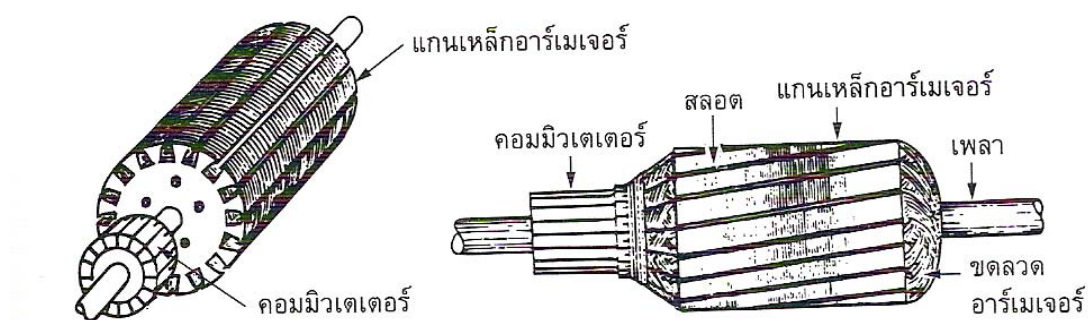
**4) แปรงถ่าน (Brush)** คือตัวสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ ทำเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผลิตมาจากคาร์บอนหรือแกรไฟต์ผสมผงทองแดง เพื่อให้แข็งและนำไฟฟ้าได้ดี มีสายตัวนำต่อรวม กับแปรงถ่านเพื่อไปรับแรงดันไฟตรงที่จ่ายเข้ามา แปรงถ่านทำหน้าที่รับแรงดันไฟตรงจากแหล่งจ่าย จ่ายผ่านไปให้คอมมิวเตเตอร์



รูปที่ 2.24 แปรงถ่านและช่อง

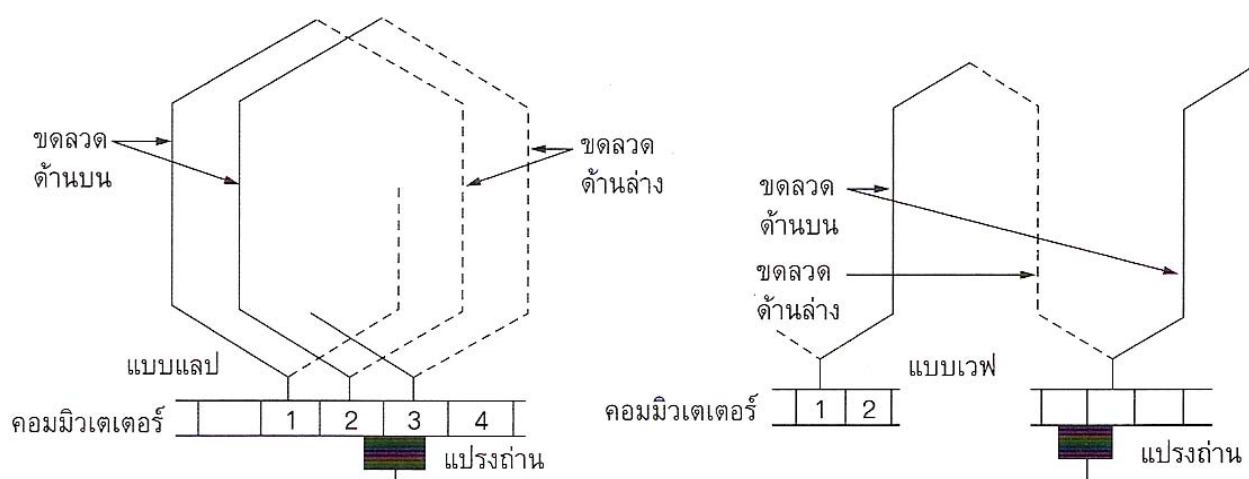
### 2.5.3.2 ส่วนที่เคลื่อนที่ประกอบด้วย

**1) แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature core)** ทำด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ วางเรียงซ้อนๆ (Laminated Sheet Steel) กันเช่นเดียวกับแกนขั้วแม่เหล็ก มีรูปร่างเป็นรูปทรงกระบอกตันรอบๆ ทำเป็นร่องสลิตสำหรับใส่ตัวนำที่ต้องการให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้า เมื่อให้อาร์เมเจอร์หมุนในสนามแม่เหล็กตามรูปที่ เป็นอาร์เมเจอร์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ที่เรียกว่า ทรัมอาร์เมเจอร์ หรือ อาร์เมเจอร์แบบกลอง (Drum Armature)



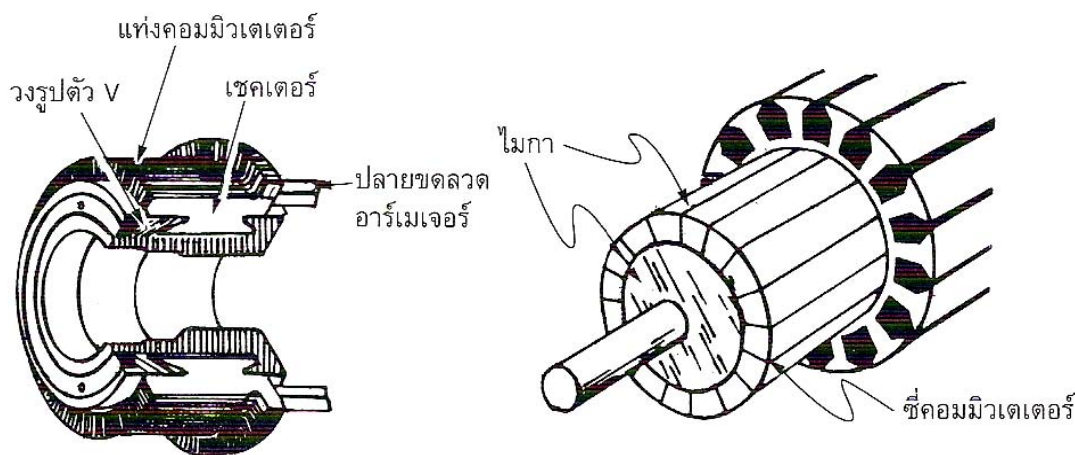
รูปที่ 2.25 แกนเหล็กอาร์เมเจอร์

2) ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดทองแดงที่ต้องการให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้า เมื่อให้หมุนตัดสนามแม่เหล็กด้วยการใส่ไว้ในสล็อตของแกนอาร์เมเจอร์ขณะที่แกนอาร์เมเจอร์หมุนขดลวดที่ใส่ไว้ในสล็อตจะตัดสนามแม่เหล็กให้กำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า



รูปที่ 2.26 ขดลวดอาร์เมเจอร์

3) คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) เป็นส่วนที่รองรับปลายสายทั้งหมดของขดลวดอาร์เมเจอร์และมีหน้าที่หลัก เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C. = Alternating Current) ที่เกิดขึ้นบนขดลวดอาร์เมเจอร์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. = Direct Current)

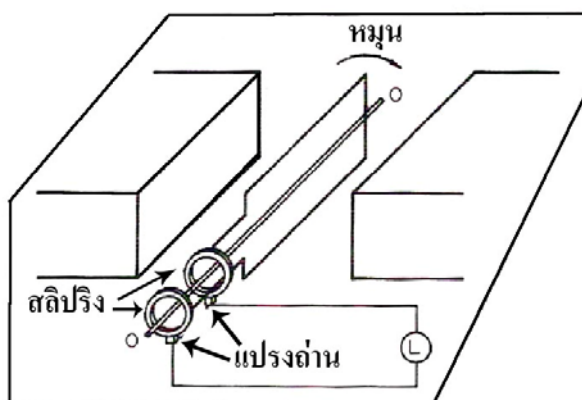


รูปที่ 2.27 คอมมิวเตเตอร์

### 3.1) ลักษณะโครงสร้างของคอมมิวเตเตอร์

คอมมิวเตเตอร์ประกอบด้วยแท่งทองแดงหลายๆแท่งแต่ละแท่งเรียกว่า ซีทองแดง (Commutator Segment) อัดรวมกันอยู่บนแกนเดียวกันระหว่างซี่ตอซี่คั่นด้วยฉนวน โดยทั่วไปใช้แผ่นไมกา

**4) สลิปริง (Slip Ring)** เป็นแหวนทองแดงที่ติดอยู่กับอาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ สลิปริงเป็นตัวรองรับปลายสายของขดลวดอาร์เมเจอร์เช่นเดียวกับซี่ทองแดงของคอมมิวเตเตอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวส่งผ่านไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดขึ้นบนขดลวด อาร์เมเจอร์ ไปจ่ายโหลดโดยตรงด้วยการส่งผ่านแปรงถ่าน (brush) ดังนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C. Generator : Alternator) ประกอบด้วยสลิปริงเป็นส่วนประกอบสำคัญ



รูปที่ 2.28 สลิปริงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ดังนั้น ระหว่างซี่ตอซี่ทองแดงของคอมมิวเตเตอร์จึงไม่มีวงจรไฟฟ้าต่อกันโดยเด็ดขาด ถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านระหว่างซี่ตอซี่ทองแดงแล้ว เรียกว่าเกิดการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้าระหว่างซี่ทองแดง (leak) แสดงว่าคอมมิวเตเตอร์ชำรุด

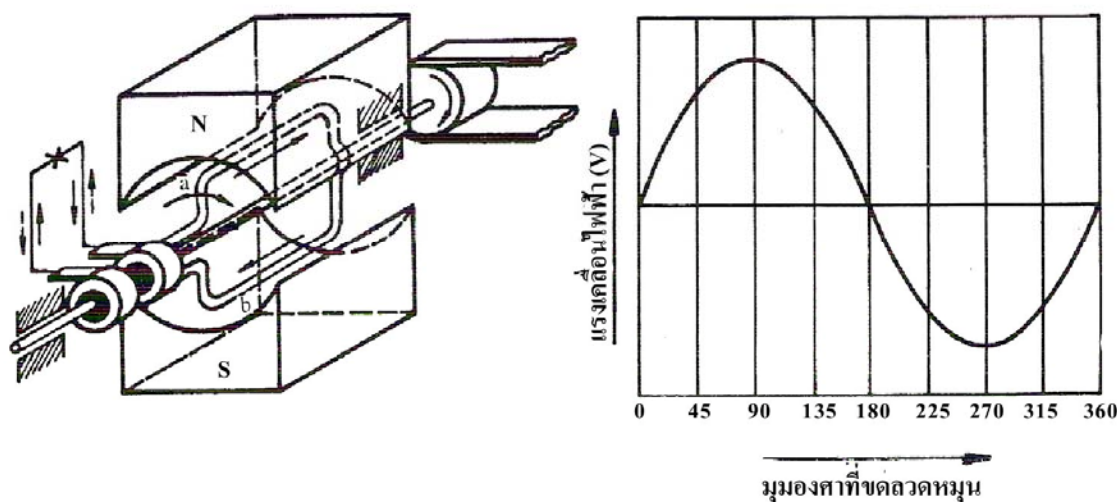
**4.1) การลงปลายสายของขดลวดอาร์เมเจอร์บนทองแดงของคอมมิวเตเตอร์**  
การลงปลายสายบนซี่ทองแดงของคอมมิวเตเตอร์ เป็นการนำปลายสายทุกปลายของขดลวดอาร์เมเจอร์

มาเชื่อมต่อกันบนซี่ทองแดง เพื่อให้ตัวนำอาร์เมเจอร์ทุกตัวนำต่อกันเป็นอนุกรม

4.2) หน้าที่หลักของคอมมิวเตเตอร์ คอมมิวเตเตอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสลับที่เกิดขึ้นบนตัวนำของอาร์เมเจอร์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Commutator : Rectified A.C. – D.C.) ดังนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงต้องประกอบด้วยคอมมิวเตเตอร์

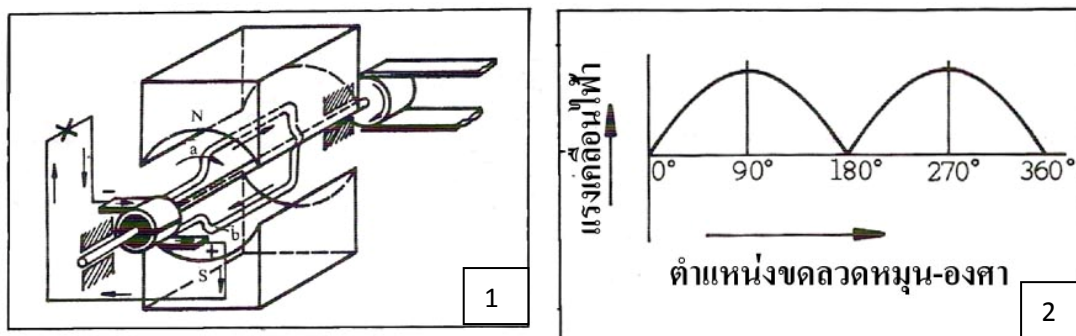
ไฟฟ้ากระแสลับ  $\longrightarrow$  คอมมิวเตเตอร์  $\longrightarrow$  ไฟฟ้ากระแสตรง

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งแบบขดลวดหมุน(Moving Coil) และสนามแม่เหล็กหมุน (Rotating Field) ให้กำเนิดไฟฟ้ากระแสลับดังรูป 2.28 แสดงให้เห็นถึงการกำเนิดไฟฟ้ากระแสลับบนขดลวดในสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 2.29 ขดลวดหมุนในสนามแม่เหล็กให้กำเนิดไฟฟ้ากระแสลับและคลื่นไฟฟ้ากระแสลับ 1 ฟีรียด

คอมมิวเตเตอร์เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยควบคุมให้กระแสไหลทางเดียวดังรูป 2.30 แสดงให้เห็นการไหลของกระแสเมื่อผ่านคอมมิวเตเตอร์



รูปที่ 2.30 1) กระแสไหลออกจากขั้วบวกไปจ่ายโวลต์ และไหลกลับเข้าขดลวดทางขั้วลบ  
2) คลื่นไฟฟ้าของกระแสตรงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

#### 2.5.4 สมการพื้นฐาน

##### 1) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ และความถี่

$$f_e = \frac{n_m P}{120} \quad (2.3)$$

เมื่อ  $f_e$  คือ ความถี่ทางไฟฟ้า มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์  
 $n_m$  คือ ความเร็วรอบทางกลของสนามแม่เหล็กหมุน มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที  
 $P$  คือ จำนวนขั้วของเครื่องกำเนิด

##### 2) การคำนวณแรงเคลื่อนไฟฟ้า

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ทำให้กำเนิดบนขดลวดอาร์เมเจอร์ สามารถคำนวณได้

ดังนี้

$$E_{av} = B \cdot l \cdot v \quad (2.4)$$

$E_{av}$  = แรงเคลื่อนไฟฟ้าเฉลี่ย (V)  
 $B$  = ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก (T หรือ  $\text{wb/m}^2$ )  
 $l$  = ความยาวตัวนำ (m)  
 $v$  = อัตราความเร็วในการเปลี่ยนค่าสนามแม่เหล็ก (m/s)

#### 2.5.5 การนำมอเตอร์เหนี่ยวนำมาใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

มอเตอร์เหนี่ยวนำนั้น โดยทั่วไปถูกใช้งานเป็นมอเตอร์ในโรงงานอุตสาหกรรมก็ใช้เป็นตัวกำลังสำหรับขับเคลื่อนกันมากที่สุด เนื่องจากราคาที่ถูกเมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์ชนิดอื่นๆ ในขนาดแรงม้าที่เท่ากันและยังต้องการการบำรุงรักษาน้อยทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก ดังนั้นหากนำมาใช้เป็นแหล่งกำเนิดก็ย่อมทำให้การลงทุนในการผลิตต่ำกว่าการใช้เครื่องกำเนิดชนิดซิงโครนัส

(Synchronous Generator) และยังสะดวกต่อการบำรุงรักษารวมไปถึงการที่ไม่ต้องทำการซิงโครไนซ์ (การซิงโครไนซ์ให้ระบบไฟฟ้ามีความเร็ว ความถี่และเฟสเดียวกัน)

ในการนำมอเตอร์เหนี่ยวนำมาใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ต้องมีเครื่องต้นกำลังเป็นตัวขับให้มอเตอร์จนถึงความเร็วที่เร็วกว่าความเร็วซิงโครไนซ์ ก่อนที่จะนำเครื่องต้นกำลังมาขับมอเตอร์เหนี่ยวนำนั้น ต้องเช็คทิศทางการหมุนของเครื่องต้นกำลังและทิศทางการหมุนของมอเตอร์เสียก่อน เพื่อให้ทิศทางการหมุนเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ถ้าไม่ทำการเช็คทิศทางก่อนหากต้นกำลังและมอเตอร์เหนี่ยวนำหมุนไปคนละทิศกัน จะทำให้เกิดแรงบิดอย่างรุนแรงของเครื่องต้นกำลังที่พยายามฝืนการหมุนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ซึ่งมีผลทำให้เครื่องต้นกำลังเสียหายได้ เมื่อทดสอบทิศทางของเครื่องจักรทั้งสองเรียบร้อยแล้วก็เริ่มเดินเครื่องต้นกำลังได้เลย ในตอนนี้มีข้อระวัง คือกระแสขณะสตาร์ทของเครื่องต้นกำลังจะสูงมาก อาจสูงกว่ากระแสปกติถึงสามเท่าดังนั้นต้องจ่ายไฟอย่างช้าๆในตอนต้น เมื่อเห็นว่ามอเตอร์เริ่มหมุนจึงค่อยจ่ายไฟจนเต็มพิกัด

ปัจจุบันได้นำเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้ากันมากขึ้น เช่น การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม พลังงานไอน้ำ เป็นต้น และในต่างประเทศได้มีการนำไปประยุกต์ใช้กับรถไฟ เพราะเมื่อรถไฟลงจากเขาจะมีความเร็วสูงมาก เมื่อความเร็วสูงพอ เครื่องจักรจะทำหน้าที่เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่เพียง แต่จะส่งพลังงานคืนแก่ส่วนจ่ายพลังงานแต่ยังทำให้เกิดการเบรกชนิด ไดนามิกส์ (Dynamic Braking)

การที่มอเตอร์เหนี่ยวนำจะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้นั้นต้องมีคุณสมบัติดังนี้ คือ สลิปต้องมีค่าเป็นลบ คือความเร็วของโรเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำต้องมีค่ามากกว่าความเร็วซิงโครไนซ์ ซึ่งขึ้นกับจำนวนขั้วของมอเตอร์ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$N_s = \frac{120f}{P} \quad (2.5)$$

โดยที่

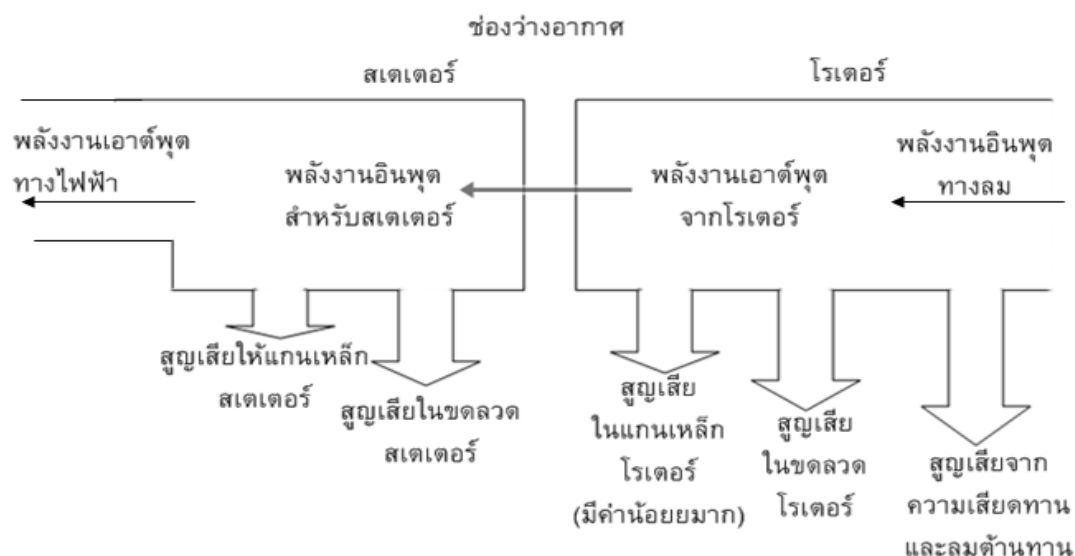
$N_s$  = ความเร็วซิงโครไนซ์

$f$  = ความถี่หลักมูลของไฟฟ้ากระแสสลับ

$P$  = จำนวนขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์

ขณะที่ความเร็วโรเตอร์มากกว่าความเร็วซิงโครไนซ์ ตัวนำโรเตอร์ (Rotor Conductor) จะเคลื่อนที่เร็วกว่าเส้นแรงแม่เหล็กหมุน ซึ่งทำให้กระแสไฟฟ้าของโรเตอร์ไหลตรงข้ามกับทิศทางเดิม การไหลย้อนกลับนี้ทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าไหลออกจากขดลวดทางด้านสเตเตอร์ซึ่งแสดงให้เห็นว่าขณะนี้มอเตอร์เหนี่ยวนำเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล้ว โดยทั่วไปเมื่อมอเตอร์ซึ่งมีทิศทางการหมุนอยู่ในทิศทางเดียวกันกับแรงบิดทางไฟฟ้าถูกใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะหมุนกลับทิศ เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีทิศทางการหมุนตรงข้ามกับทิศทางของแรงบิดทางไฟฟ้า แต่ในกรณีของมอเตอร์เหนี่ยวนำนี้จะไม่มีการหมุนกลับทิศเนื่องจากกระแสไหลย้อนกลับที่เกิดขึ้นเป็นการกลับทิศแรงบิดทางไฟฟ้าทำให้ทิศทางการหมุนไม่เปลี่ยนแปลง ค่าความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่สเตเตอร์ขึ้นอยู่กับความเร็วที่เกิดขึ้นที่มอเตอร์เหนี่ยวนำทั้งหมดเครื่องยนต์ต้นกำลังจะเป็นตัวจ่าย

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำ ( Induction Generator) นั้นจำเป็นต้องต่อเข้ากับ แหล่งกำเนิดพลังงานปฏิกิริยาย้อนกลับ (kvar) เพื่อดึงพลังงานย้อนกลับ (Reactive Power) จาก แหล่งจ่ายแล้วปล่อยพลังงานจริง (Real Power) กลับไปทางสายป้อน ซึ่งมีแหล่งกำเนิดพลังงาน ย้อนกลับเป็นแหล่งจ่ายไฟสามเฟส



รูปที่ 2.31 ไดอะแกรมการไหลของพลังงานสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำ

จากรูป 2.31 จะทำให้เห็นสิ่งสำคัญอยู่สิ่งหนึ่งคือ กรณีค่าสลิปเป็นศูนย์ (โรเตอร์หมุนด้วยความเร็วซิงโครนัส) ซึ่งรูปนี้ไม่สามารถอธิบายได้ เพราะจะไม่เกิดการไหลของพลังงานดังรูป เนื่องจากเป็นจุดเริ่มต้นของการเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าพลังงานกลที่ป้อนเข้ามาโดย เครื่องยนต์ต้นกำลังถูกใช้ไปในรูปของความสูญเสียภายในที่เกิดขึ้นทั้งหมด เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำมีคุณลักษณะคล้ายมอเตอร์เหนี่ยวนำแต่มีค่าเป็นลบ

กำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟสขณะเป็นมอเตอร์และเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ถ้าเปรียบเทียบกราฟของเครื่องจักรกลชนิดเหนี่ยวนำในกรณีที่เป็นมอเตอร์และกรณีที่เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะเห็นว่า มีลักษณะที่สมมาตรกัน เส้นประบนกราฟที่แสดงจุดต่อของเครื่องจักรกลจากการทำงานเป็นมอเตอร์ไปเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นค่าสลิปมีค่าน้อยมากและที่ค่าสลิปนี้เครื่องยนต์ต้นกำลังเป็นตัวจ่ายไฟสำหรับค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จากกราฟจะเห็นว่า เมื่อเพิ่มความเร็วจะทำให้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้า ออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกไปยังสายป้อน (Supply Lines)

ในการใช้ผลิตไฟฟ้านั้นพลังงานปกติ (Rated Power) ที่ผลิตต้องทำที่ค่าสลิปต่ำกว่า ขณะทำงานเป็นมอเตอร์ โดยมีค่าสลิปอยู่ในช่วง -3 ถึง -5 เปอร์เซ็นต์ของสลิป (จากช่วงค่าสลิปจะ

เห็นได้ว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่จำเป็นต้องทำงานอยู่ที่ค่าความเร็วเพียงค่าเดียว แต่ความเร็วที่ทำงานต้องมีค่ามากกว่าความเร็วซิงโครนัส และอยู่ในช่วงสลิปที่เหมาะสม) ค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) อยู่ในช่วง 50 – 65 % แต่ถ้าเป็นในกรณีกระตุ้นการทำงานด้วยตัวเอง (Self Excite) ค่าตัวประกอบกำลังประมาณ 85 %

ในการเลือกเครื่องจักรกลชนิดเหี้ยวนำไปใช้งานด้านผลิตกระแสไฟฟ้านั้น จะคำนึงถึงความปลอดภัยความสะดวกต่อการติดตั้งและบำรุงรักษาเท่านั้นไม่ได้เพราะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดเหี้ยวนำมีขีดจำกัดในการทำงานหลายอย่างด้วยกันดังนี้

1) ขนาดของเครื่องจักรชนิดเหี้ยวนำถ้าเครื่องจักรมีขนาดใหญ่ขณะเริ่มเดินเครื่องจะกินกระแสสูงมากซึ่งอาจไปดึงกระแสจากระบบข้างเคียงมาทำให้กระแสที่มีอยู่เดิมลดลงและอาจมีผลทำให้ระบบเกิดการชัตดาวนได้ และเครื่องยนต์ต้นกำลังที่นำมาใช้ขับให้มีความเร็วเร็วกว่าที่ความเร็วซิงโครนัสก็ต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะมีกำลังขับเครื่องจักร

2) การเปลี่ยนแปลงของค่าต่างๆ ได้แก่ ความถี่ ตัวประกอบกำลังของโหลดและความเร็วต้องมีค่าเปลี่ยนแปลงในขอบเขตที่ไม่เกินที่กำหนด

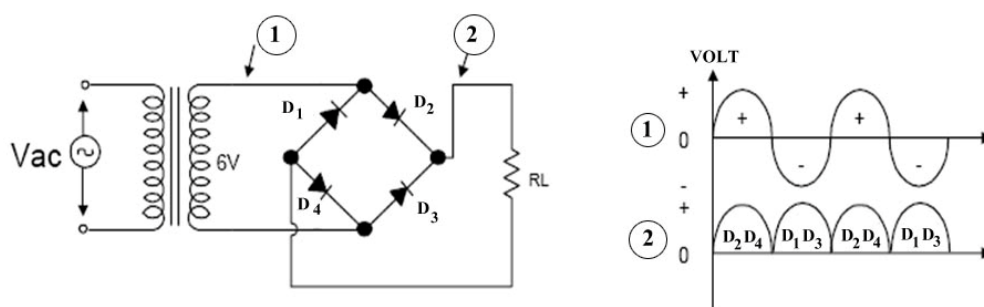
## 2.6 ทฤษฎีการเปลี่ยนและรักษาระดับแรงดัน

### 2.6.1 วงจร Rectifier หรือวงจรเรียงกระแส

มีวัตถุประสงค์เพื่อแปลงผันกำลังไฟฟ้า จากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยต้องการให้แรงดันไฟฟ้าด้านออก มีความเป็นกระแสตรงมากที่สุด วงจรเรียงกระแสมีทั้งที่เป็นแบบเต็มคลื่นและครึ่งคลื่น

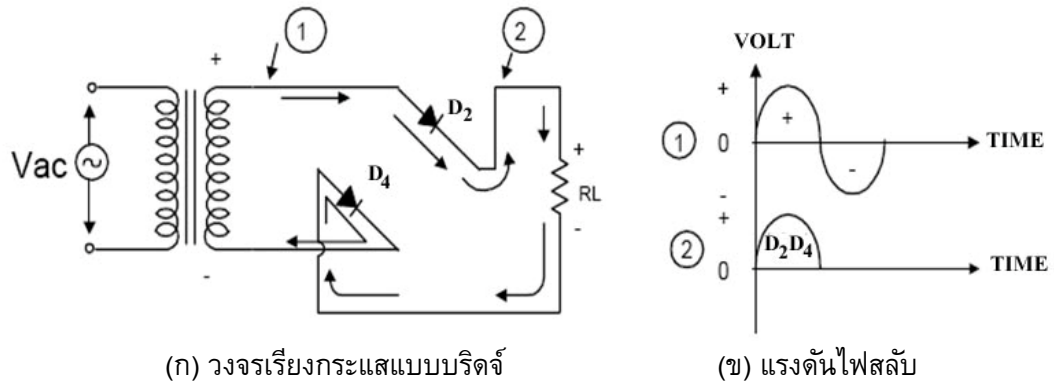
### 2.6.2 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ แรงดันไฟสลับที่ถูกเรียงกระแสแล้วออกเอาต์พุตทั้งช่วงบวก และช่วงลบของแรงดันไฟสลับเหมือนกัน ความแตกต่างระหว่างเรียงกระแสแบบบริดจ์ และแบบเต็มคลื่นต่างกันตรงการต่อวงจรเรียงกระแส แบบเต็มคลื่นใช้ไดโอด 2 ตัว transformer ที่จะนำมาใช้งานจะเป็นชนิด 3 ขั้ว ส่วนแบบบริดจ์ใช้ไดโอด 4 ตัว transformer ที่จะนำมาใช้งานจะเป็นชนิด 2 ขั้ว ข้อดีของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ คือ สามารถที่จะทำเป็นวงจรเรียงกระแสแบบ 3 ขั้วไฟออกเอาต์พุตได้ คือ ขั้วบวก (+) ขั้วลบ (-) และขั้วกราวด์ (GND) นำไปใช้งานในการจ่ายไฟให้



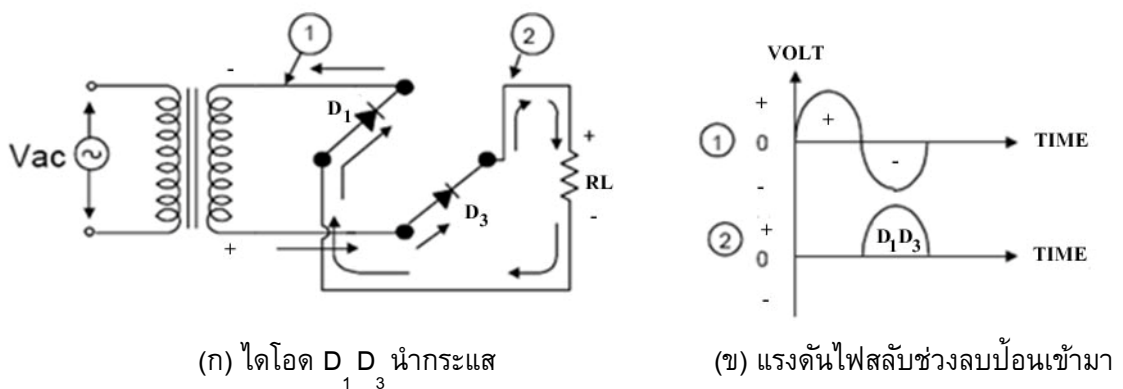
รูปที่ 2.32 วงจรและแรงดันไฟสลับที่จุดต่างๆ ของเรียงกระแสแบบบริดจ์

จากรูปที่ 2.32 แสดงวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ และแรงดันไฟสลัที่จุดต่างๆ ของวงจร ซึ่งจะได้แรงดันไฟสลัแต่ละจุดเหมือนกับเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นทุกประการ เพียงแต่ในจุดที่ 2 แรงดันไฟสลัช่วงบวกที่ได้ จะต้องผ่านไดโอดทำหน้าที่เรียงกระแสครึ่งละ 2 ตัว  $D_2, D_4$  ทำงานครึ่งหนึ่ง และ  $D_1, D_3$  ทำงานอีกครึ่งหนึ่งสลับกันไปสามารถอธิบายการทำงานแต่ละครั้งได้ดังนี้



รูปที่ 2.33 ขณะจ่ายแรงดันไฟสลัไบอัสตรงให้ไดโอด  $D_2$  และ  $D_4$

จากรูปที่ 2.33 เมื่อจ่ายแรงดันไฟสลัเข้ามาที่ขดทุติยภูมิ ด้านบนบวกด้านล่างลบ จ่ายไบอัสให้ไดโอดทั้ง 4 ตัว ไดโอดตัวที่ได้รับไบอัสตรงคือ ไดโอด  $D_2$  และ  $D_4$  มีกระแสไหลจากขั้วบวกด้านบน ผ่านไดโอด  $D_2$  ผ่านโหลด  $R_L$  ผ่านไดโอด  $D_4$  ครบวงจรที่ขั้วลบด้านล่าง มีศักย์ตกคร่อมโหลด  $R_L$  บนบวกล่างลบ ได้แรงดันไฟสลัช่วงบวกออกเอาท์พุท



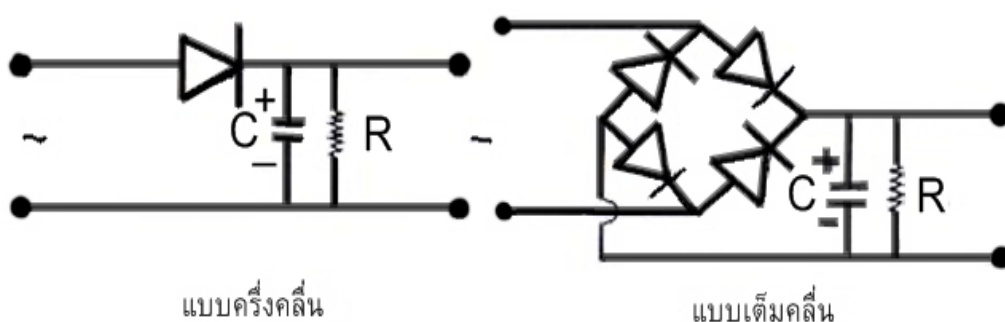
รูปที่ 2.34 ขณะจ่ายแรงดันไฟสลัไบอัสตรงให้ไดโอด  $D_1, D_3$

จากรูปที่ 2.34 เมื่อจ่ายแรงดันไฟสลัเข้ามาที่ขดทุติยภูมิ ด้านบนลบด้านล่างบวก จ่ายเป็นไบอัสให้ไดโอดทั้ง 4 ตัว ไดโอดตัวที่ได้รับไบอัสตรง คือ ไดโอด  $D_1, D_3$  มีกระแสไหลจากขั้วบวกด้านล่าง ผ่านไดโอด  $D_3$  ผ่านโหลด  $R_L$  ผ่านไดโอด  $D_1$  ครบวงจรที่ขั้วลบด้านบน มีศักย์ตกคร่อมโหลด  $R_L$  บนบวกล่างลบ ได้แรงดันไฟสลัช่วงบวกออกเอาท์พุท

การทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ จะทำงานทุกครั้งของแรงดันไฟสลับที่ป้อนเข้ามา ไดโอด  $D_2$   $D_4$  และไดโอด  $D_1$   $D_3$  จะทำงานสลับกันครั้งละครั้งสัญญาณ ไดโอด  $D_2$   $D_4$  จะทำงานเมื่อจ่ายบวกเข้าด้านบน จ่ายลบเข้าด้านล่างขดทุติยภูมิ ไดโอด  $D_1$   $D_3$  จะทำงานเมื่อจ่ายลบเข้าด้านบน จ่ายบวกเข้าด้านล่าง ได้แรงดันไฟฟ้าออกเอาที่หุ้ตเป็นแรงดันไฟตรงกระแสเพื่่อมแบบเต็มคลื่นแสดงดังรูป ตำแหน่งที่ 2

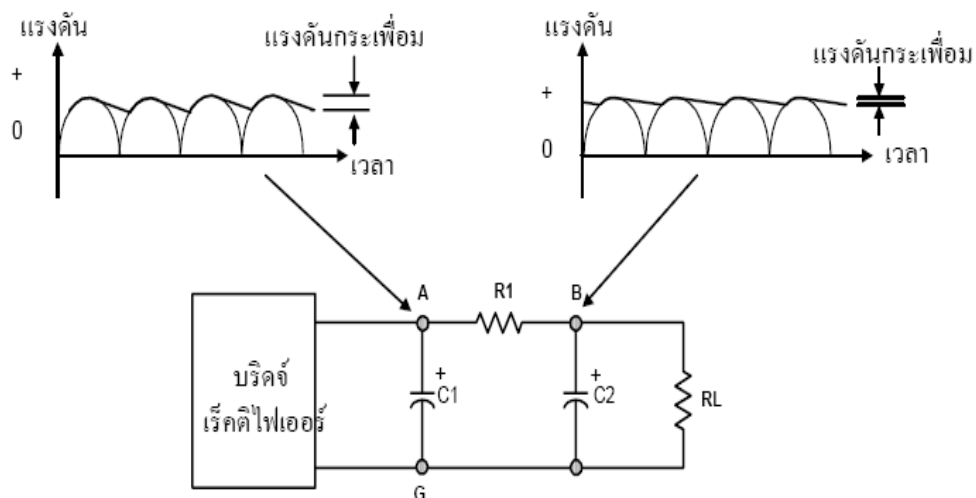
### 2.6.3 วงจรกรองความถี่

เป็นวงจรที่ทำให้กระแสตรงที่ไม่สม่ำเสมอ (จากวงจรเปลี่ยนกระแสสลับเป็นกระแสตรงเปลี่ยนเป็นกระแสตรงที่สม่ำเสมอ ใกล้เคียงกับไฟฟ้าที่ได้จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เช่น ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ วงจรกรองกระแส จะมีตัวเก็บประจุต่อคร่อมที่ปลายทั้งสองของขดลวดก่อนที่จะนำไปใช้งาน



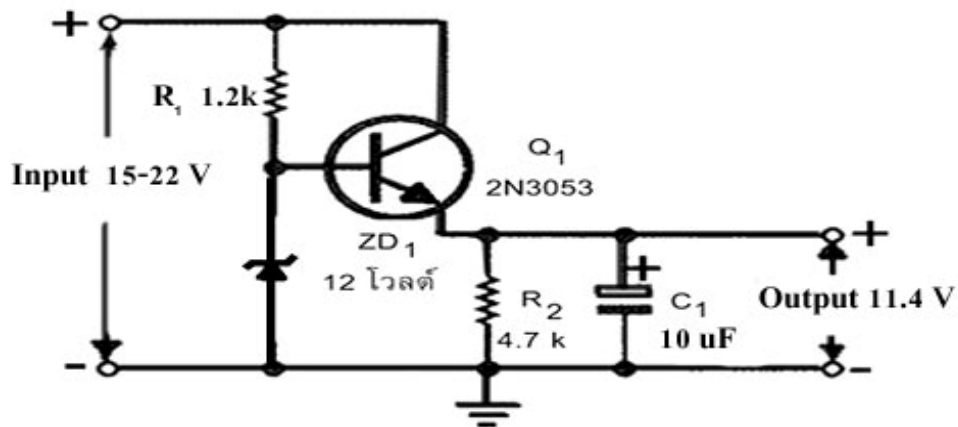
รูปที่ 2.35 วงจรกรองกระแส

การจะทำให้แรงดันไฟตรงที่ได้ ใกล้เคียงแรงดันไฟตรงจากแบตเตอรี่จะต้องใส่วงจรฟิลเตอร์เข้าไป วงจรฟิลเตอร์แบบหนึ่งที่ยิยมใช้งานคือ RC-  $\pi$  ฟิลเตอร์



รูปที่ 2.36 วงจรบริดจ์เร็คติไฟเออร์

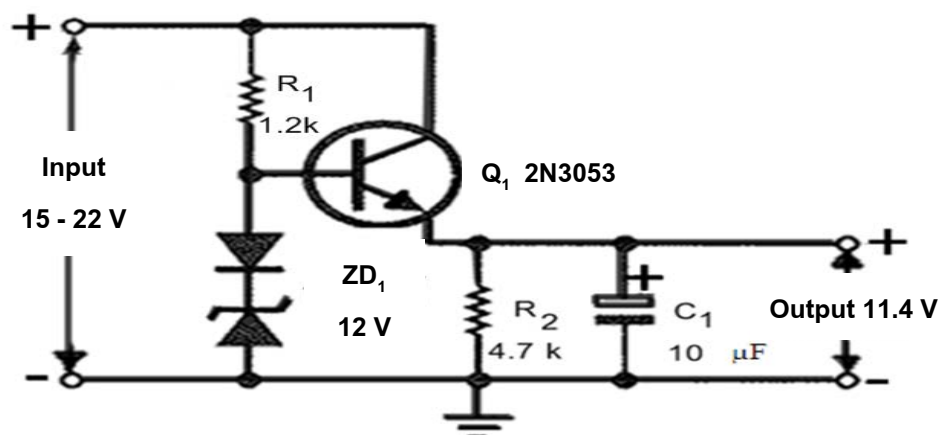
### 2.6.4 วงจรรักษาระดับแรงดัน



รูปที่ 2.37 วงจรรักษาระดับแรงดัน

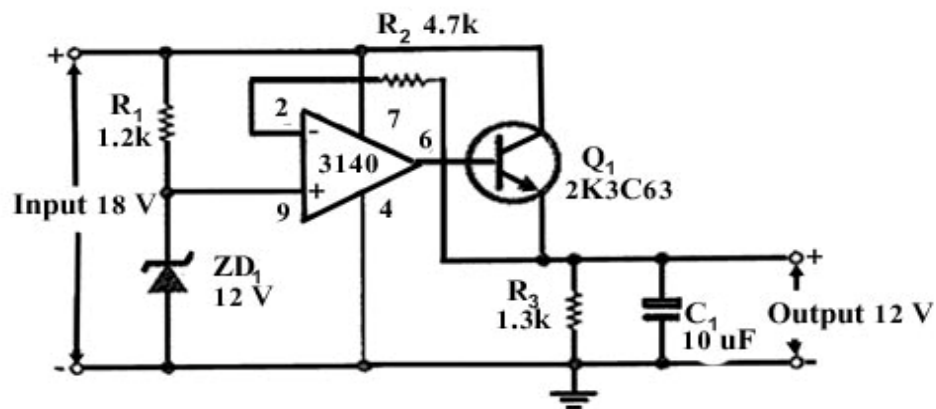
วงจรรักษาระดับแรงดันที่ใช้ทรานซิสเตอร์ช่วยขับกระแส ซึ่งจะให้แรงดันเอาต์พุต 11.4 โวลต์ จากซีเนอร์ไดโอดแรงดัน 12 โวลต์

วงจรรักษาระดับแรงดัน ในรูปที่ 2.37 สามารถจ่ายกระแสให้แก่โหลดได้ไม่สูงนักเพียง 20-30 มิลลิแอมป์เท่านั้น ในกรณีที่ต้องการกระแสเอาต์พุตมากกว่านี้สามารถทำได้โดยใช้ทรานซิสเตอร์ช่วยขับกระแส โดยต่อเป็นวงจรอิมิตเตอร์ฟอลโลเวอร์ (emitter follower) อนุกรมระหว่างเอาต์พุตของซีเนอร์ไดโอด และโหลดดังแสดงใน รูปที่ 2.37 วงจรนี้สามารถจ่ายกระแสให้แก่โหลดได้เพิ่มขึ้นประมาณ 100 เท่า ตามอัตราขยายกระแสของทรานซิสเตอร์ซึ่งขึ้นกับความสามารถในการจ่ายกระแสของทรานซิสเตอร์ด้วยและ จะให้แรงดันเอาต์พุตต่ำกว่าแรงดันของซีเนอร์ไดโอดประมาณ 600 มิลลิโวลต์ (เป็นแรงดันที่ตกคร่อมเบส - อิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์  $Q_1$ ) ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยใช้ซิลิกอนไดโอดต่ออนุกรมกับซีเนอร์ไดโอด  $ZD_1$

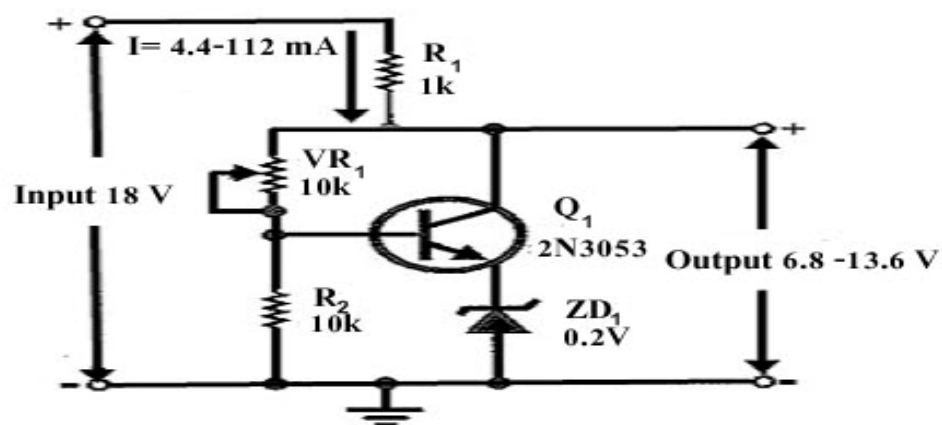


รูปที่ 2.38 วงจรดัดแปลงจากรูป 2.37 เพื่อให้สามารถจ่ายแรงดันเอาต์พุตได้ 12 โวลต์

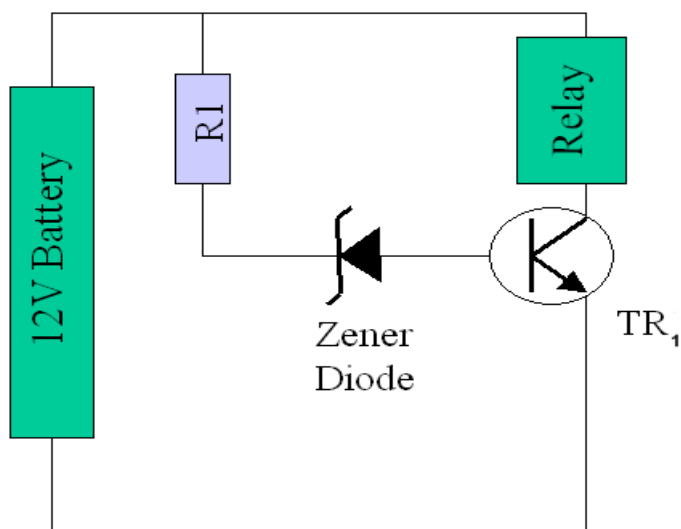
สำหรับกระแสเอาต์พุตของวงจร ตามรูปที่ 2.38 มีค่าประมาณ 100 mA (ขึ้นกับอัตราขยายของทรานซิสเตอร์  $Q_1$  และถ้าต้องการกระแสเอาต์พุต มากกว่านี้ก็ทำได้โดยการนำทรานซิสเตอร์มาต่อกันแบบคาร์ลิงตัน เพื่อเพิ่มอัตราขยายกระแสอ้างอิงได้โดยวงจรในรูปที่ 2.40 จะใช้ทรานซิสเตอร์  $Q_1$  ต่อเป็นวงจรขยายแบบอิมิตเตอร์ร่วม (common emitter) ซึ่งจะทำให้ได้แรงดันเอาต์พุตที่มีค่าเป็นจำนวนเท่าของแรงดันขาเบส และกราวด์ของทรานซิสเตอร์  $Q_1$  ซึ่งแรงดันระหว่างขาเบสและกราวด์ของ  $Q_1$  นี้จะเท่ากับผลรวมของแรงดันระหว่างขาเบสและอิมิตเตอร์ของ  $Q_1$  (600 มิลลิโวลต์) และแรงดันของซีเนอร์ไดโอด  $ZD_1$  (6.2 โวลต์) ซึ่งจะได้เท่ากับ 6.8 โวลต์ วงจรนี้สามารถปรับค่าแรงดันเอาต์พุตได้ตั้งแต่ 6.8 ถึง 13.6 โดยการปรับตัวต้านทาน  $VR_1$  และยังมีสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิ ที่มีค่าเกือบเป็นศูนย์ด้วยเนื่องจากรอยต่อเบส - อิมิตเตอร์ของ  $Q_1$  มีสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิ -2 มิลลิโวลต์ต่อองศาเซลเซียส และ  $ZD_1$  มีสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิ + 2 มิลลิโวลต์ต่อองศาเซลเซียส



รูปที่ 2.39 วงจรตัดแปลง ให้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 12 โวลต์

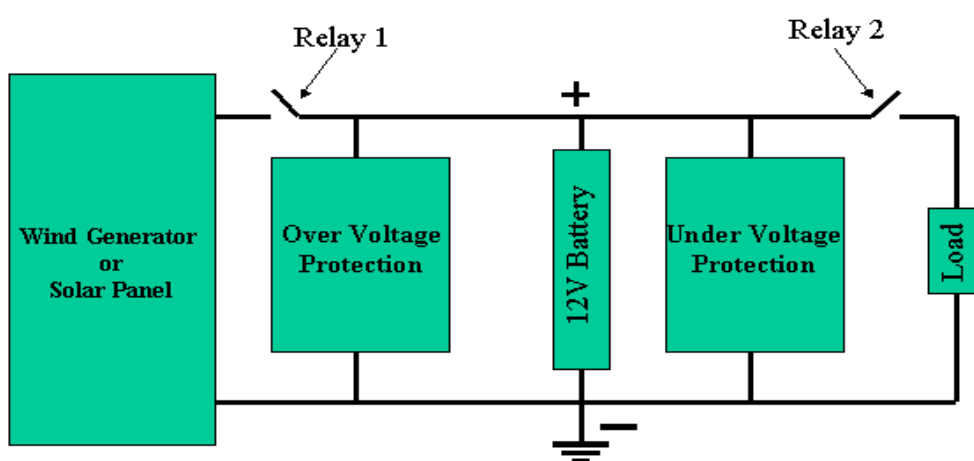


รูปที่ 2.40 วงจรแรงดันอ้างอิงที่ปรับค่าได้



รูปที่ 2.41 วงจรป้องกันแบตเตอรี่ Over Charge & Under Discharge Protection

หลักการทำงานคือ เมื่อไฟแบตเตอรี่มีมากกว่าค่าซีเนอร์ไดโอด, ซีเนอร์ไดโอด จะนำกระแสทำให้  $TR_1$  ทำงาน RELAY ก็ทำงานเมื่อไฟแบตเตอรี่น้อยกว่าค่าซีเนอร์ไดโอด ซีเนอร์ไดโอดจะไม่นำกระแสทำให้  $TR_1$  จะไม่ทำงาน Relay ก็จะไม่ทำงานต่อขา Common ของ Relay เข้ากับไฟบวกของแบตเตอรี่ส่วน Output เลือกเอาขา Normal Connect หรือ Normal Open



รูปที่ 2.42 วงจรป้องกันแบตเตอรี่

## 2.7 แบตเตอรี่



รูปที่ 2.43 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่แบบ "ตะกั่ว-น้ำกรด" หรือ LEAD-ACID BATTERY แบบที่เรายังใช้กันอยู่ในรถปัจจุบัน มีสาเหตุหลักก็คือต้นทุนที่ต่ำกว่าแบตเตอรี่แบบอื่น ความทนทานเพียงพอ ถ้าเป็นของคุณภาพสูงผลิตในประเทศที่มีกฎหมายคุ้มครองผู้บริโภคใช้ประโยชน์ได้จริง อายุของแบตเตอรี่แบบนี้ไม่ต่ำกว่า 4 ปี ความจุพลังงานไฟฟ้าก็สูงเพียงพอ จึงยังไม่มีแนวโน้มว่าจะมีแบตเตอรี่แบบอื่นใดมาทดแทนได้ เพราะลั้วนมีราคาสูงกว่าแบตเตอรี่แบบนี้มาก

แบตเตอรี่แบบ "ตะกั่ว-น้ำกรด" เก็บและคายพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างตะกั่วและน้ำกรด แผ่นที่ให้ประจุบวก ทำจากตะกั่วเพอร์ออกไซด์ (lead peroxide) ส่วนแผ่นลบทำจากตะกั่วเนื้อพรุน เพื่อให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับน้ำกรดได้มาก แลอยู่ในกรดกำมะถันเจือจาง ( $H_2SO_4$ ) เมื่อแบตเตอรี่ถูกใช้ให้ปล่อยกระแสไฟฟ้า กรดกำมะถันเจือจางก็จะแตกตัวเป็นไอออนเพื่อทำปฏิกิริยากับตะกั่ว แผ่นตะกั่วจะกลายเป็นตะกั่วซัลเฟตทั้งด้านขั้วบวกและขั้วลบ ออกซิเจนจากตะกั่วเพอร์ออกไซด์ของแผงขั้วบวก จะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนในกรดกำมะถัน ได้น้ำมาส่วนหนึ่ง ประกอบกับ  $SO_4$  ในน้ำกรด ที่ไปจับแผ่นตะกั่วเป็นตะกั่วซัลเฟต ทำให้กรดกำมะถันเจือจางลงเรื่อยๆ จนกระทั่งเหลือแต่ส่วนที่เป็นน้ำ นั่นหมายความว่าแบตเตอรี่ของเราจ่ายพลังงานไฟฟ้าจนหมดแล้ว ตอนแบตเตอรี่ถูกอัดไฟ ปฏิกิริยาทางเคมีนี้จะย้อนกลับสู่ทิศทางเดิม หมายถึง  $SO_4$  จะแยกตัวกลับมาเป็นกรดกำมะถันที่เข้มข้นขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่เหลือซัลเฟตเกาะอยู่ที่แผ่นตะกั่ว หมายถึงแบตเตอรี่มีประจุไฟฟ้าเต็มที่แล้ว ความเข้มข้นของน้ำกรดกำมะถันในแบตเตอรี่ จึงเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีว่าแบตเตอรี่มีประจุหรือพลังงานไฟฟ้าอยู่มากน้อยเพียงใด ความเข้มข้นของน้ำกรดเราวัดได้โดยใช้การใช้ไฮโดรมิเตอร์แบบลูกลอย วัดความถ่วงจำเพาะของน้ำกรด ความถ่วงจำเพาะสูงสุดของน้ำกรดในแบตเตอรี่ของประเทศโซนร้อน ไม่ควรเกิน 1.24 กรัม/ซีซี ในประเทศอุตสาหกรรมโซนหนาว ก็คือบรรดาประเทศที่ก้าวหน้าพัฒนาและผลิตรถยนต์ได้เอง จะได้เข้มข้นกว่า คือ 1.28 กรัม/ซีซี ถ้าใช้น้ำกรดเข้มข้นที่อุณหภูมิสูง แผ่นตะกั่วจะเสื่อมเร็ว

แต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-น้ำกรด หรือจะเป็นแบตเตอรี่ใช้สารเคมีอื่นๆ ก็ตาม จะมีค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยเฉพาะ สำหรับแบบตะกั่ว-น้ำกรดในรถของพวกเรา จะมีแรงเคลื่อน ไฟฟ้า 2 โวลต์ต่อหนึ่งเซลล์ จากการที่เราเลือกนิยามค่าแรง เคลื่อนไฟฟ้า 1 โวลต์ ไว้เท่าที่ใช้กันอยู่ ทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าของแบตเตอรี่ตะกั่ว-น้ำกรด ตอน "เต็ม" มีค่าราว 2.1 โวลต์ ไม่จำเป็นต้องลงตัวเลข 2 ถ้วนๆ ซึ่งแรกเริ่มเดิมทีที่วิศวกรมรณยนต์สมัยก่อนเลือกใช้เพียง 3 เซลล์ เพราะรถมีอุปกรณ์ไฟฟ้าไม่มาก แบตเตอรี่ในรถยุคก่อนจึงมีค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าประมาณ 6.3 โวลต์ เรียกกันง่ายๆ ว่า 6 โวลต์ ถ้วน ต่อมาอุปกรณ์ไฟฟ้าในรถเพิ่มขึ้นทั้งขนาดและจำนวน ถ้าไม่เพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้า ก็จะต้องเพิ่มขนาดสายไฟให้ใหญ่ขึ้น วิศวกรยานยนต์ก็เลยเลือกเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นเป็น 2 เท่า คือ ใช้แบตเตอรี่แบบ 6 เซลล์ ได้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 12.6 ถึง 12.7 โวลต์

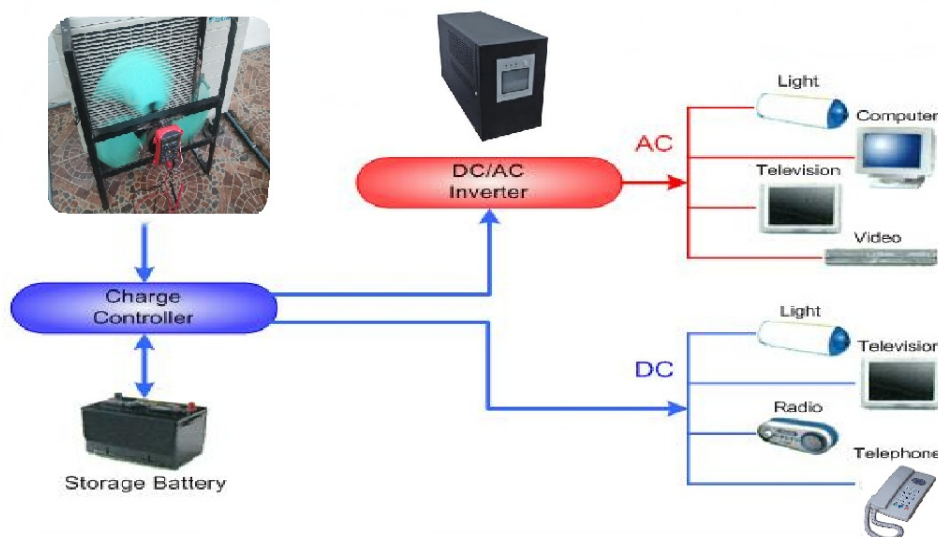
การกำหนดความจุของแบตเตอรี่ ใช้วิธีบอกความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้า แบบดั้งเดิม ใช้วิธีหาค่ากระแสไฟฟ้าคงที่ที่แบตเตอรี่สามารถจ่ายได้ 20 ชม. แล้วประจุไฟฟ้าหมดพอดี คือ เหลือแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อเซลล์เพียง 1.75 โวลต์ ถ้าเป็นแบตเตอรี่แบบ "12 โวลต์" (6 เซลล์) ก็เหลือแรงเคลื่อนไฟฟ้า 10.5 โวลต์ เช่น ถ้าแบตเตอรี่ลูกหนึ่งจ่ายกระแสไฟฟ้าคงที่ 2 A ตลอด 20 ชม. แล้วแรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่างขั้วทั้งสองเหลือ 10.5 โวลต์ พอดี นำกระแสไฟฟ้าคูณด้วยเวลาเป็นชั่วโมง คือ 2 คูณ 20 ได้ 40 แอมแปร์ชั่วโมง หรือ 40 AH ที่ข้างแบตเตอรี่ วิธีวัดมาตรฐานนี้ เป็นแบบจ่ายกระแส น้อยในเวลานานมาก คือ 20 ชม. พอให้มันจ่ายกระแสไฟฟ้าสัก 20 แอมแปร์ มันก็น่าจะจ่ายได้ 2 ชั่วโมงเต็ม (40 AH หารด้วย 20 A) แต่กลับได้ไม่ถึง 2 ชั่วโมง

กลุ่มประเทศอุตสาหกรรมก็เลยใช้มาตรฐานใหม่ในการกำหนดความจุของแบตเตอรี่ โดยให้มันจ่ายกระแสไฟฟ้าค่าคงที่ 25 แอมแปร์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แล้วจับเวลามันจะจ่ายได้นานกี่นาที จนกระทั่งแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อเซลล์เหลือ 1.75 โวลต์ มาตรฐานนี้เรียกว่าการวัดความจุสำรอง หรือ Reserve Capacity (RC) เช่น จ่ายได้ 72 นาที เขาก็จะพิมพ์ไว้ข้างแบตเตอรี่ว่า 72 RC

แบบที่สาม เป็นการเน้นความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่ำมาก ซึ่งก็คือความสามารถในการสตาร์ทเครื่องยนต์ในหน้าหนาวของประเทศอุตสาหกรรมอย่างในทวีปยุโรป หรืออเมริกาเหนือ โดยวัดกระแสไฟฟ้าคงที่สูงที่สุด ที่แบตเตอรี่สามารถจ่ายได้ ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ในเวลา 30 นาที แล้วแรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่างขั้วทั้งสอง เหลือเซลล์ละ 1.4 โวลต์ ใช้ชื่อว่า Cold Cranking Amp (CCA) หรือ Cold Cranking Current (CCC)

## 2.8 ทฤษฎีการทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ

### 2.9.1 เครื่องควบคุมการประจุ



รูปที่ 2.44 การทำงานของเครื่องควบคุมประจุ

เครื่องควบคุมการประจุ ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า charge controller บ้างก็ใช้ charge regulator ทำหน้าที่คือ ประจุไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลงในแบตเตอรี่จนเต็ม และควบคุมไม่ให้ประจุไฟฟ้ามากเกินไปจนเกิดการเปื้อนเบนไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่เมื่อมีการประจุจนเต็ม ถ้าไม่มีเครื่องควบคุมการประจุ แผงเซลล์แสงอาทิตย์อาจประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่มากเกินไป (overcharge) จะทำให้แบตเตอรี่เกิดการสูญเสียอย่างรวดเร็ว ร้อนขึ้นและอาจเกิดความเสียหายได้

ถ้าเป็นระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดประมาณ 1-5 วัตต์หรือจ่ายไฟฟ้าได้ประมาณ 1/60 ของความจุแบตเตอรี่ต่อวันหรือน้อยกว่านั้น ก็ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องควบคุมการประจุ

ปัจจุบันนี้การผลิตเครื่องควบคุมการประจุมักรวมฟังก์ชันพิเศษๆ เข้าไว้มากมาย เพื่อให้การใช้งานมีประสิทธิภาพที่สุด ซึ่งเอื้อประโยชน์ต่อการใช้งานอย่างยิ่ง เช่น Low Voltage Disconnect (LVD) ช่วยป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับแบตเตอรี่และอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยจะปิดสวิตช์อุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ต่อเชื่อม หากแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำลงในระดับที่เป็นอันตรายต่อแบตเตอรี่ Maximum Power Point Tracking (MPPT) เป็นกระบวนการที่ทำให้เครื่องควบคุมการประจุดึงพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้มากที่สุดเพื่อประจุลงแบตเตอรี่ โดยไม่คำนึงถึงแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่รวมถึง Battery Temperature Compensation (BTC) จะปรับอัตราการประจุแบตเตอรี่ตามอุณหภูมิของแบตเตอรี่

## บทที่ 3

### วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการทดลอง

#### 3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

แบบจำลองกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักคือ

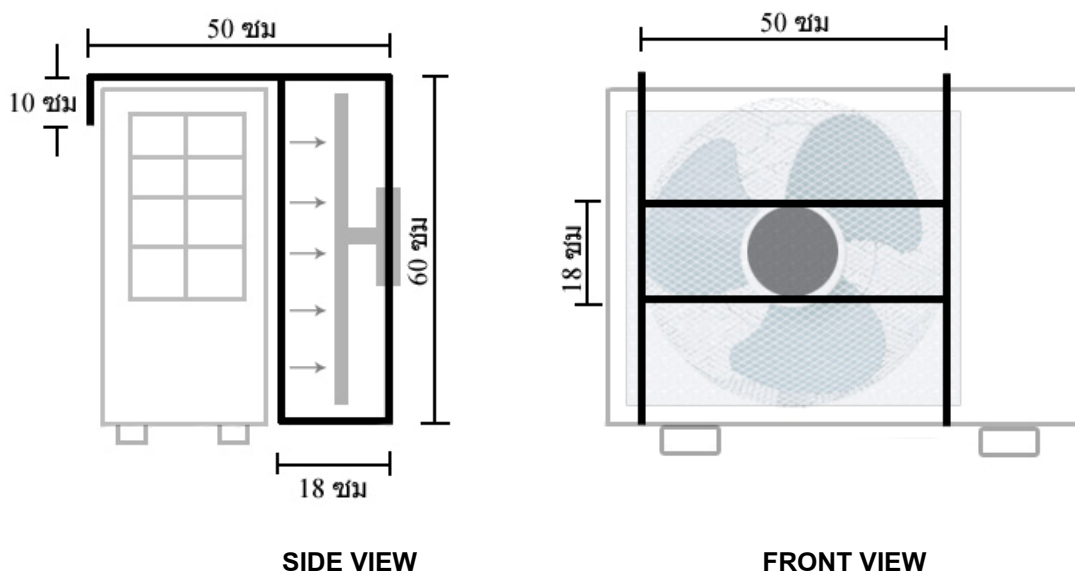
1. คอมเพรสเซอร์แอร์บ้าน
2. มอเตอร์พัดลมของแอร์อินเวอร์เตอร์
3. วงจรรักษาระดับแรงดันแบบปรับค่าได้
4. วงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่
5. ไม้พืดจากท่อ PVC
6. ไม้พืดแบบโลหะ

##### 3.1.1 คอมเพรสเซอร์แอร์บ้าน

ติดตั้งโครงสร้างแบบถอดได้ ดังรูปที่ 3.1 เพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้ายและไม่ทำให้คอมเพรสเซอร์แอร์บ้านเกิดการเสียหายจากการดัดแปลงและติดตั้งตัวยึดมอเตอร์พัดลมของแอร์อินเวอร์เตอร์



รูปที่ 3.1 โครงสร้างสำหรับติดตั้งมอเตอร์พัดลมของแอร์อินเวอร์เตอร์



รูปที่ 3.2 แบบร่างการติดตั้งกังหันลม

### 3.1.2 มอเตอร์พัดลมของแอร์อินเวอร์เตอร์

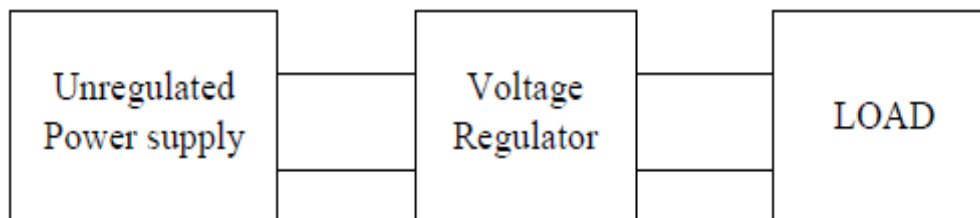
มอเตอร์พัดลมของแอร์อินเวอร์เตอร์มีแรงดันเข้าพุตประมาณ 60.2 V เมื่อติดตั้งไปพัดและใช้แรงลมจากคอมเพรสเซอร์



รูปที่ 3.3 มอเตอร์พัดลมของแอร์อินเวอร์เตอร์

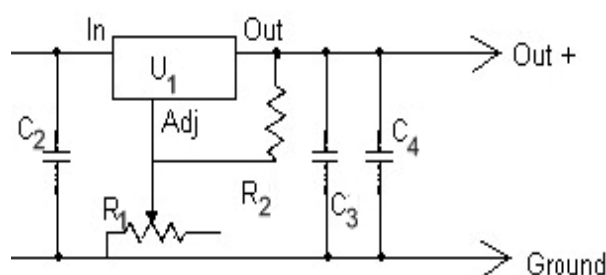
### 3.1.3 วงจรรักษาระดับแรงดันแบบปรับค่าได้

วงจรรักษาระดับแรงดันคือ วงจรที่ต่อระหว่างแหล่งจ่ายไฟตรงที่มีแรงดันเอาต์พุตไม่คงที่กับโหลด มีหน้าที่จ่ายไฟตรงให้กับโหลดและรักษาแรงดันให้คงที่ขณะที่กระแสขาออกเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 3.4 บล็อกไดอะแกรมของแหล่งจ่ายไฟตรงที่มีแรงดันเอาต์พุตไม่คงที่กับโหลด

เนื่องจากมอเตอร์พัดลมของแอร์อินเวอร์เตอร์มีแรงดันสูงถึง 60.2 V มีแรงดันที่สูงเกินไปสำหรับการชาร์จแบตเตอรี่ 12 V ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวงจรรักษาระดับแรงดันที่ 14.0 V



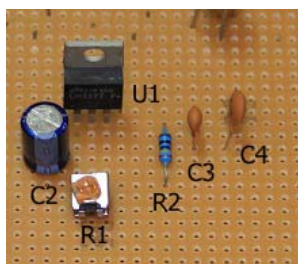
รูปที่ 3.5 วงจรรักษาระดับแรงดันแบบปรับค่าได้

ที่มา <http://www.aaroncake.net/circuits/supply.asp>

อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรรักษาระดับแรงดันแบบปรับค่าได้มีดังนี้

- |                                             |       |
|---------------------------------------------|-------|
| 1. $C_2 = 100\mu\text{F}$ 50 Vdc            | 1 ตัว |
| 2. $C_3 = 0.1\mu\text{F}$ Disc Capacitor    | 1 ตัว |
| 3. $C_4 = 0.01\mu\text{F}$ Disc Capacitor   | 1 ตัว |
| 4. $R_1 = 5\text{k Ohm}$ ปรับค่าได้         | 1 ตัว |
| 5. $R_2 = 240\text{ Ohm}$ ¼ W               | 1 ตัว |
| 6. $U_1 = \text{LM337K}$ 1.2 ถึง 30 Vdc 2 A | 1 ตัว |

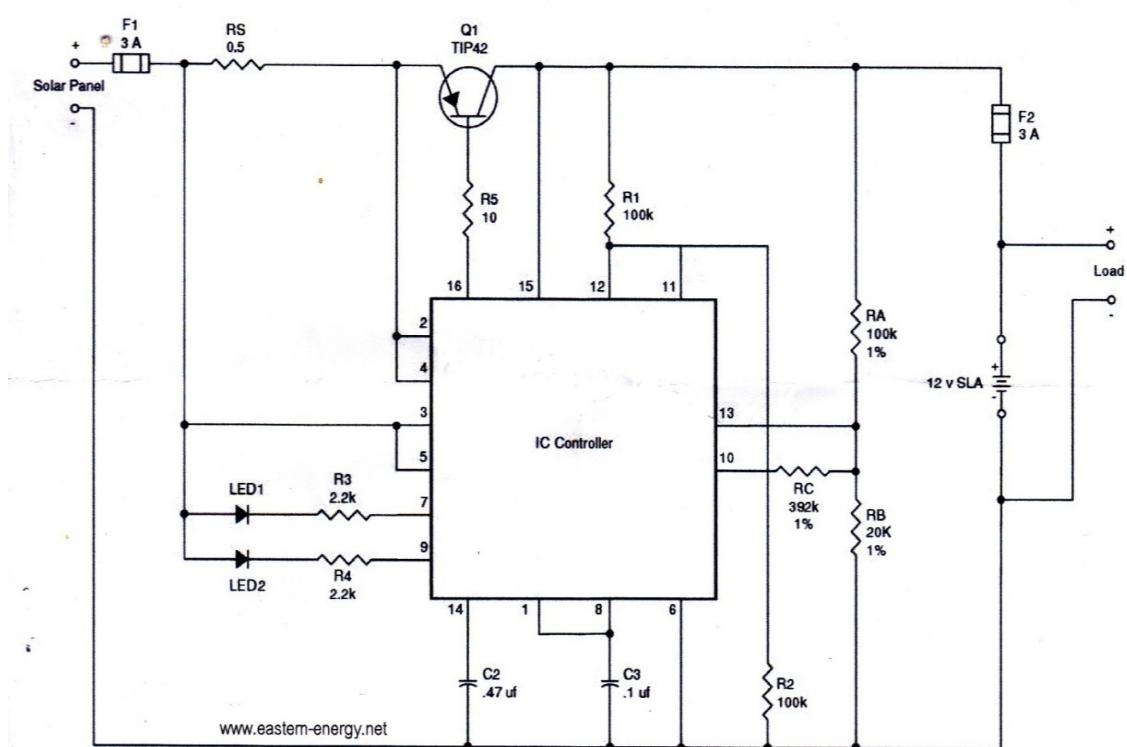
นำอุปกรณ์ทั้งหมดมาต่อวงจรลงในแผ่นวงจรสำเร็จรูป ดังรูปที่ 3.6 เพื่อที่จะต่อเข้ากับวงจรชาร์จแบตเตอรี่



รูปที่ 3.6 นำอุปกรณ์ทั้งหมดมาต่อวงจรลงในแผ่นวงจรสำเร็จรูป

### 3.1.4 วงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่

การทำงานของวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ จะมีวงจรสำหรับตรวจวัดแรงดันของแบตเตอรี่อย่างสม่ำเสมอซึ่งทำงานเป็นสวิตช์ที่เบี่ยงเบนไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เมื่อประจุเต็ม วงจรจะมีการตรวจวัดแรงดันของแบตเตอรี่เพื่อกำหนดสถานการณ์การประจุของแบตเตอรี่เมื่อแบตเตอรี่มีประจุเต็มแรงดันจะสูงขึ้น คือ แบตเตอรี่ 12 V วงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ จะตัดการประจุไฟฟ้าเมื่อแรงดันสูงถึง 14.4 V



รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่

ที่มา <http://www.eastern-energy.net/?lang=th>

หมายเหตุ

1. หลอด LED1 สีแดงจะติดสว่างเมื่อมีแรงดันด้านอินพุตสูงกว่า 4.5 V
2. หลอด LED2 สีเขียวจะติดเมื่อมีการประจุไฟฟ้าเข้าที่แบตเตอรี่

### รายการอุปกรณ์ที่ใช้

|                                                              |       |
|--------------------------------------------------------------|-------|
| 1. $R_1, R_2 = 100k \text{ Ohm } \frac{1}{4} \text{ W } 5\%$ | 2 ตัว |
| 2. $R_3, R_4 = 2.2k \text{ Ohm } \frac{1}{4} \text{ W } 5\%$ | 2 ตัว |
| 3. $R_5 = 10 \text{ Ohm } \frac{1}{4} \text{ W } 5\%$        | 1 ตัว |
| 4. $R_A = 100k \text{ Ohm } \frac{1}{4} \text{ W } 1\%$      | 1 ตัว |
| 5. $R_B = 20k \text{ Ohm } \frac{1}{4} \text{ W } 1\%$       | 1 ตัว |
| 6. $R_C = 392k \text{ Ohm } \frac{1}{4} \text{ W } 1\%$      | 1 ตัว |
| 7. $R_S = 0.5 \text{ Ohm } 1 \text{ W } 5\%$                 | 1 ตัว |
| 8. $C_1 = 0.47\mu\text{F } 35 \text{ V}$ หรือ $50 \text{ V}$ | 1 ตัว |
| 9. $C_2 = 0.1\mu\text{F } 35 \text{ V}$ หรือ $50 \text{ V}$  | 1 ตัว |
| 10. $Q_1 = \text{TIP42C}$                                    | 1 ตัว |
| 11. IC = IC Controller                                       | 1 ตัว |
| 12. $F_1, F_2 = \text{Fuse } 3 \text{ A}$                    | 2 ตัว |
| 13. LED1 = สีแดง                                             | 1 ตัว |
| 14. LED2 = สีเขียว                                           | 1 ตัว |

นำอุปกรณ์ทั้งหมดมาต่อวงจรลงในแผ่นวงจรสำเร็จรูปดังรูปที่ 3.8 เพื่อที่จะต่อเข้ากับแบตเตอรี่

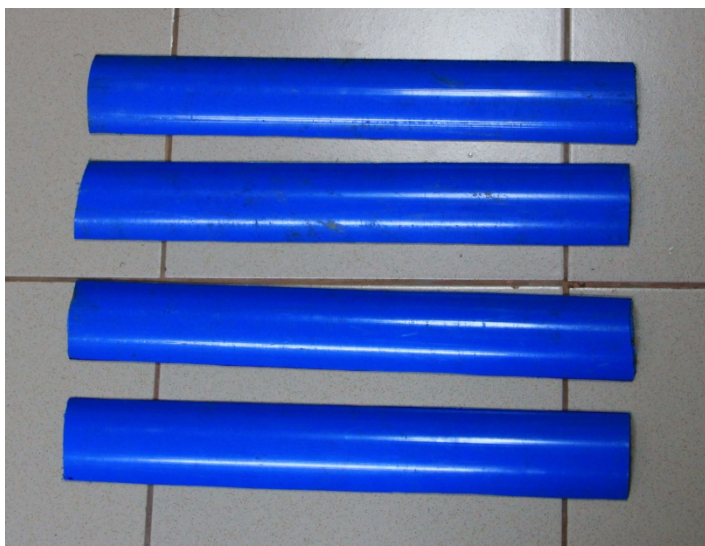


รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่  
ที่มา <http://www.eastern-energy.net/?lang=th>

### 3.1.5 ไบพัตจากท่อ PVC

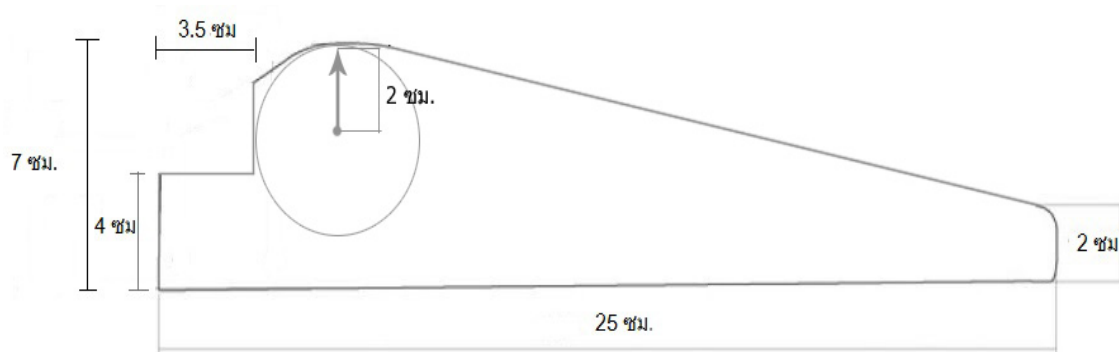
การออกแบบไบพัตนี้ได้ศึกษาการทำไบพัตจากท่อ PVC ขนาดกว้าง 7 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร เมื่อตัดเสร็จแล้วและประกอบเข้ากับมอเตอร์อินเวอร์เตอร์จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับไบพัตของคอมเพรสเซอร์แอร์

1. นำท่อ PVC มาตัดให้ได้ขนาด 7 x 25 cm ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ท่อ PVC ที่ตัดเสร็จแล้ว

2. ตัดท่อPVC ให้ได้ขนาดตามรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ขนาดของท่อ PVC ที่ทำการตัด



รูปที่ 3.11 ขนาดของท่อ PVC ที่ตัดเสร็จเรียบร้อยแล้ว

2. นำใบพัดที่ได้จากท่อ PVC ประกอบเข้ากับดุมใบพัด



รูปที่ 3.12 ใบพัดที่ได้จากท่อ PVC ประกอบเข้ากับดุมใบพัด



รูปที่ 3.13 ดุมใบพัดที่ได้จากใบพัดลมเก่า

### 3.1.6 ใบพัดแบบโลหะ

การเลือกใช้ใบพัดแบบโลหะเพราะว่าลมที่ได้จากคอมเพรสเซอร์แอร์จะมีความร้อน ใบพัดแบบโลหะจะสามารถทนความร้อนได้ดี



รูปที่ 3.14 ใบพัดแบบโลหะ มีการถ่วงสมดุลของใบพัดแล้ว

## บทที่4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 .ใบพัด

##### 4.1.1 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของใบพัด

การทดลองนี้เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของใบพัดว่าใบพัดชนิดที่ทำมาจาก ท่อ PVC และ ใบพัดแบบโลหะ ใบพัดแบบใดที่ให้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่ากันเมื่อนำไปติดตั้งที่คอมเพรสเซอร์แอร์

##### อุปกรณ์

1. ใบพัดที่ทำจากท่อ PVC
2. ใบพัดแบบโลหะ
3. วงจรควบคุมแรงดันเอาต์พุต
4. วงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่
5. มิเตอร์วัดแรงดัน
6. มิเตอร์วัดกระแส



รูปที่ 4.1 ติดตั้งใบพัดเพื่อทดลอง



(ก) แรงดันที่วัดได้จากไบพัตแบบโลหะ



(ข) แรงดันที่วัดได้จากไบพัตแบบท่อ PVC

รูปที่ 4.2 (ก) แสดงแรงดันที่วัดได้ 65.6 V

(ข) แสดงแรงดันที่วัดได้ 51.0 V

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ภายในเวลา 10 นาที

| เวลาที่ทำการวัด<br>(นาที) | แรงดันที่วัดได้จากมอเตอร์อินเวอร์เตอร์ |                     |
|---------------------------|----------------------------------------|---------------------|
|                           | ไบพัตจากโลหะ (V)                       | ไบพัตจากท่อ PVC (V) |
| 1                         | 65.6                                   | 51.2                |
| 2                         | 65.5                                   | 51.0                |
| 3                         | 65.4                                   | 51.3                |
| 4                         | 65.3                                   | 50.9                |
| 5                         | 65.5                                   | 51.1                |
| 6                         | 65.1                                   | 51.1                |
| 7                         | 65.6                                   | 51.2                |
| 8                         | 65.1                                   | 50.9                |
| 9                         | 64.9                                   | 51.0                |
| 10                        | 65.5                                   | 51.1                |
| แรงดันเฉลี่ย              | 65.4                                   | 51.1                |

#### สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองไบพัตจากโลหะและไบพัตที่ทำจากท่อ PVC ไบพัตที่ได้จากไบพัตโลหะ (โลหะ) มีพื้นที่รับลมมากกว่าจึงทำให้หมุนได้เร็วกว่าไบพัตที่ทำจากท่อ PVC ที่มีพื้นที่รับลมน้อยกว่าแรงดันที่วัดได้ไบพัตแบบโลหะจึงมีแรงดันเอาต์พุตมากกว่าไบพัตที่ทำจากท่อ PVC ประมาณ 14.3 V

#### 4.1.2 ทดลองการชาร์จแบตเตอรี่ 12 V

การทดลองนี้เพื่อทดสอบการการชาร์จแบตเตอรี่โดยใช้วงจรควบคุมแรงดัน output เพื่อหาแรงดันที่เหมาะสมในการชาร์จแบตเตอรี่

#### 4.2 การชาร์จแบตเตอรี่



รูปที่ 4.3 กระแสขณะชาร์จแบตเตอรี่ (A)



รูปที่ 4.4 แรงดันจากวงจรควบคุมแรงดัน

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการชาร์จแบตเตอรี่

| เวลาที่ทำการวัด<br>(นาฬิกา) | ความเร็วลม<br>(m/s) | แรงดันที่วัดได้จากมอเตอร์อินเวอร์เตอร์ |                                       |                                     | กระแสขณะชาร์จ<br>แบตเตอรี่<br>(A) |
|-----------------------------|---------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
|                             |                     | แรงดันจาก<br>ใบพัดจาก<br>โลหะ (V)      | แรงดันจาก<br>วงจรควบคุม<br>แรงดัน (V) | แรงดันจาก<br>ใบพัดจากท่อ<br>PVC (V) |                                   |
| 8.00                        | 6                   | 65.6                                   | 14.0                                  | 51.2                                | 0.5                               |
| 9.00                        | 6                   | 65.5                                   | 14.0                                  | 51.0                                | 0.5                               |
| 10.00                       | 6                   | 65.4                                   | 14.0                                  | 51.3                                | 0.5                               |
| 11.00                       | 6                   | 65.3                                   | 14.0                                  | 50.9                                | 0.4                               |
| 12.00                       | 6                   | 65.5                                   | 14.0                                  | 51.1                                | 0.5                               |
| 13.00                       | 6                   | 65.1                                   | 14.0                                  | 51.1                                | 0.4                               |
| 14.00                       | 6                   | 65.6                                   | 14.0                                  | 51.2                                | 0.5                               |
| 15.00                       | 6                   | 65.1                                   | 14.0                                  | 50.9                                | 0.4                               |
| 16.00                       | 6                   | 64.9                                   | 14.0                                  | 51.0                                | 0.4                               |
| 17.00                       | 6                   | 65.5                                   | 14.0                                  | 51.1                                | 0.5                               |

#### สรุปผลการทดลอง

จากตารางที่ 4.2 สรุปได้ว่ากังหันลมเฉลี่ยหมุนที่ความเร็วลมของคอมเพรสเซอร์แอร์ 6 m/s แรงดันจากใบพัดโลหะเป็นแรงดันกระแสตรง มีค่า 65.4 V และ แรงดันจากใบพัดจากท่อ PVC เป็นแรงดันเฉลี่ยกระแสตรง 51.1 V ให้ค่ากระแสที่ประมาณ 0.4 – 0.5 A

#### 4.3 ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้า



รูปที่ 4.5 ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์แอร์ ที่วัดด้วย digital clamp meter



รูปที่ 4.6 ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์แอร์ขณะต่อกับกังหันลม

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์แอร์ภายในเวลา 60 นาที

| เวลาที่ทำการวัด<br>(นาที) | ความเร็วลม<br>(m/s) | ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์แอร์ (A) |                                          |                                             |
|---------------------------|---------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                           |                     | คอมเพรสเซอร์                                  | คอมเพรสเซอร์<br>กังหันลม<br>ใบพัดแบบโลหะ | คอมเพรสเซอร์<br>กังหันลม<br>ใบพัดแบบท่อ PVC |
| 1                         | 6                   | 2.9                                           | 2.9                                      | 2.9                                         |
| 5                         | 6                   | 2.8                                           | 2.9                                      | 2.9                                         |
| 10                        | 6                   | 2.9                                           | 2.9                                      | 3.0                                         |
| 20                        | 6                   | 2.7                                           | 2.9                                      | 2.9                                         |
| 30                        | 6                   | 3.1                                           | 3.3                                      | 3.3                                         |
| 45                        | 6                   | 2.8                                           | 2.5                                      | 2.7                                         |
| 60                        | 6                   | 2.9                                           | 3.1                                      | 3.0                                         |

#### สรุปผลการทดลอง

จากตารางที่ 4.3 สรุปได้ว่ากังหันลมหมุนที่ความเร็วลมของคอมเพรสเซอร์แอร์ 6 m/s ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์แอร์ อยู่ที่ 2.9 A – 3.1 A ปริมาณการใช้กระแสของคอมเพรสเซอร์แอร์ที่มีใบพัดแบบโลหะ อยู่ที่ 2.9 A – 3.3 A ซึ่งบางเวลามีปริมาณการใช้กระแสมากกว่าคอมเพรสเซอร์แอร์ที่ไม่มีกังหันลม และปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์แอร์ที่มีใบพัดแบบ PVC อยู่ที่ 2.9 A – 3.3 A

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์แอร์ในเวลา 10 ชั่วโมง

| เวลาที่ทำการวัด<br>(นาฬิกา) | ความเร็วลม<br>(m/s) | ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์แอร์ (A) |                                          |                                             |
|-----------------------------|---------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                             |                     | คอมเพรสเซอร์                                  | คอมเพรสเซอร์<br>กังหันลม<br>ใบพัดแบบโลหะ | คอมเพรสเซอร์<br>กังหันลม<br>ใบพัดแบบท่อ PVC |
| 8.00 น.                     | 6                   | 2.6                                           | 2.6                                      | 2.7                                         |
| 9.00 น.                     | 6                   | 2.8                                           | 2.8                                      | 2.8                                         |
| 10.00 น.                    | 6                   | 2.9                                           | 2.9                                      | 2.9                                         |
| 11.00 น.                    | 6                   | 2.9                                           | 2.9                                      | 2.9                                         |
| 12.00 น.                    | 6                   | 2.9                                           | 3.0                                      | 3.0                                         |
| 13.00 น.                    | 6                   | 3.1                                           | 3.1                                      | 3.1                                         |
| 14.00 น.                    | 6                   | 3.2                                           | 3.3                                      | 3.3                                         |
| 15.00 น.                    | 6                   | 2.9                                           | 2.9                                      | 2.9                                         |
| 16.00 น.                    | 6                   | 2.8                                           | 2.9                                      | 2.9                                         |
| 17.00 น.                    | 6                   | 2.2                                           | 2.3                                      | 2.4                                         |

#### สรุปผลการทดลอง

จากตารางที่ 4.4 สรุปได้ว่ากังหันลมหมุนที่ความเร็วลมของคอมเพรสเซอร์แอร์ 6 m/s ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์แอร์ ที่ 2.9 A – 3.2 A ช่วงเวลาที่ 12.00 น. – 15.00 น. จะมีปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้ามาก เพราะเป็นช่วงที่มีความร้อนสูง แอร์จึงทำงานหนักคอมเพรสเซอร์ใช้กระแสมาก ปริมาณการใช้กระแสของคอมเพรสเซอร์แอร์ที่มีกังหันลมใบพัดแบบโลหะ ที่ 2.6A – 3.3A ช่วงเวลาที่ 12.00 น. – 15.00 น. จะมีปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้ามาก เพราะเป็นช่วงที่มีความร้อนสูง แอร์จึงทำงานหนักคอมเพรสเซอร์จึงใช้กระแสมาก ซึ่งบางเวลามีปริมาณการใช้กระแสมากกว่าคอมเพรสเซอร์แอร์ที่ไม่มีกังหันลม และปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์แอร์ที่มีกังหันใบพัดแบบท่อ PVC ที่ 2.7 A – 3.3 A ช่วงเวลาที่ 12.00 น. – 15.00 น. จะมีปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้ามาก เพราะเป็นช่วงที่มีความร้อนสูง แอร์จึงทำงานหนักคอมเพรสเซอร์จึงใช้กระแสมาก ซึ่งบางเวลามีปริมาณการใช้กระแสมากกว่าคอมเพรสเซอร์แอร์ที่ไม่มีกังหันลมอยู่เล็กน้อย

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากที่ได้ทำการออกแบบและสร้างกังหันลมผลิตไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ จากลมระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์แอร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ใบพัด เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการประจุแบตเตอรี่ ใบพัดที่ทำการทดลองมี 2 ลักษณะ 1) ใบพัดโลหะจากพัด 2) ใบพัดท่อ PVC ที่มีความยาว 25 เซนติเมตร ใบพัดสามารถทำงานได้ตั้งแต่ความเร็วลม 2 m/s ความเร็วลมของคอมเพรสเซอร์ระบายความร้อน มีความเร็วลม 6 m/s ใบพัดทั้ง 2 สามารถทำงานได้ดี ผลการทดลองของใบพัดโลหะจากพัดลม ทำงานขณะที่มีความเร็วลม 6 m/s สามารถวัดแรงดันกระแสตรง (V) ได้เฉลี่ย 65.1 V และใบพัดที่ทำจากท่อ PVC ทำงานขณะที่มีความเร็วลม 6 m/s สามารถวัดแรงดันกระแสตรง (V) ได้ เฉลี่ย 51.1 V ใบพัดลมโลหะสามารถผลิตแรงดันกระแสตรงได้มากกว่าใบพัดที่ทำจากท่อ PVC ประมาณ 14.3 V เพราะใบพัดโลหะมีเนื้อที่รับลมมากจึงทำให้หมุนเร็วกว่าที่ใบพัดที่ทำจากท่อ PVC ซึ่งมีเนื้อที่ของใบพัดน้อยกว่า จึงทำให้หมุนช้า กระแสที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เฉลี่ย 0.5 A ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ที่ติดตั้งกังหันลมมากกว่าคอมเพรสเซอร์ที่ไม่ติดตั้งกังหันลม อยู่เล็กน้อย

#### 5.2 ปัญหาที่พบในการทำโครงงาน

- 5.2.1 โครงสร้างอุปกรณ์โลหะเกิดสนัสนะเทือนเมื่อคอมเพรสเซอร์ทำงาน
- 5.2.2 ใบพัดหมุนไม่นิ่งและหมุนไม่ได้ศูนย์
- 5.2.3 กระแสที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่าน้อย
- 5.2.4 โครงสร้างอุปกรณ์โลหะมีน้ำหนักรมาก
- 5.2.5 การตั้งความห่างของกังหันลมกับพัดลมคอมเพรสเซอร์แอร์

#### 5.3 ข้อเสนอแนะ

- 5.3.1 เพิ่มจุดยึดและอุปกรณ์การสนัสนะเทือน
- 5.3.2 ปรับสมดุลองศาของใบพัดและจุดต่อระหว่างดุมใบพัดกับแกนมอเตอร์อินเวอร์เตอร์ เพื่อลดการสั่นของมอเตอร์อินเวอร์เตอร์
- 5.3.3 เปลี่ยนใช้ขดลวดหรือมอเตอร์ขนาดอื่นๆ แทนมอเตอร์อินเวอร์เตอร์ขนาดเล็ก ซึ่งจะทำให้ได้กระแสมากขึ้น
- 5.3.4 เปลี่ยนวัสดุจากโลหะที่มีน้ำหนักรมากเปลี่ยนเป็นอลูมิเนียมที่มีน้ำหนักเบากว่า
- 5.3.5 คำนวณความห่างของกังหันลมเพื่อที่จะให้ใบพัดหมุนได้ความเร็ว

## ประวัติผู้จัดทำโครงการ

นายสุรวัช จันทน์บาง จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงจากวิทยาลัยเทคนิคสตึก อ.สตึก จ.บุรีรัมย์ ปัจจุบันกำลังศึกษาที่ภาควิชาไฟฟ้าคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา มีความสนใจทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และไฟฟ้ากำลัง

นายสุทธิ ตั้งแสงพรกุล จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงจากวิทยาลัยเทคนิคสตึก อ.สตึก จ.บุรีรัมย์ ปัจจุบันกำลังศึกษาที่ภาควิชาไฟฟ้าคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา มีความสนใจทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และไฟฟ้ากำลัง

ชื่อโครงงาน : ผลิตไฟฟ้าจากลมระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์

(Wind generator from heat extractor of compressor)

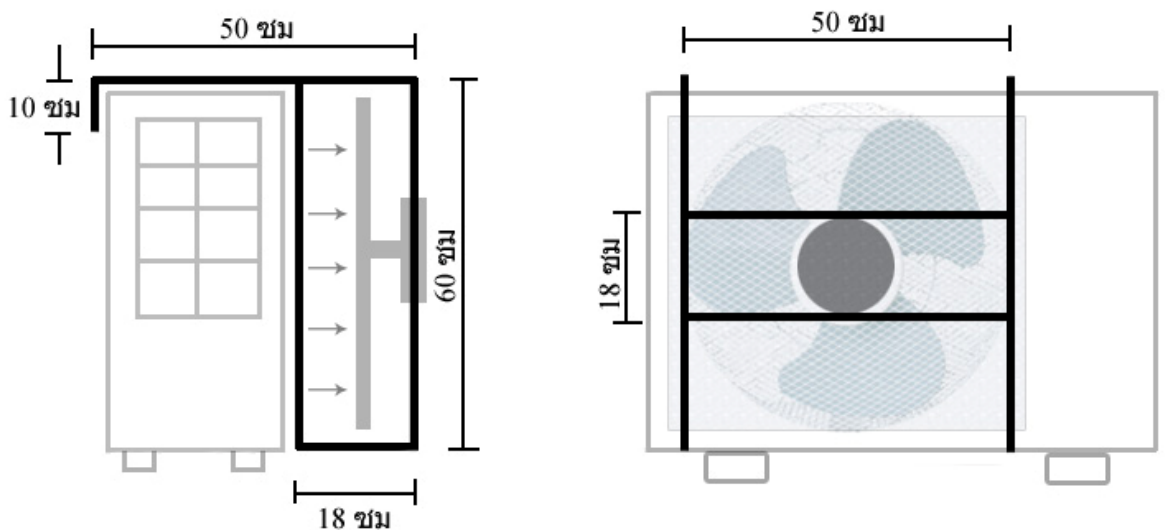
นายสุรวัช จันทร์บาง และ นายสุทธิ ตั้งแสงพรกุล

กลุ่มวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ : อาจารย์ ดร.สมเจต ศุภรังสรรค์

### บทนำ (Introduction)

เนื่องด้วยในปัจจุบันมีการใช้ไฟฟ้าในชีวิตประจำวันเพิ่มขึ้นทุกวัน เพราะไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญต่อความเป็นอยู่ แต่เนื่องจากสภาวะโลกร้อนทำให้อุณหภูมิของประเทศไทยสูงขึ้น ทำให้ประชากรมีการใช้เครื่องทำความเย็นมากขึ้น บ้านที่พักอาศัยหรือโรงงาน สถานประกอบการการณต่างๆ จึงมีการระคายจ่ายไฟฟ้ามากขึ้นทำให้เล็งเห็นการใช้ประโยชน์จากพลังงานลมจากลมระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์จึงทำการสร้างกังหันลมขึ้น เพื่อลดภาระค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นทางกลุ่มจึงประดิษฐ์กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่ให้แรงดัน 12-48 โวลต์ เพื่อให้สอดคล้องกับความเร็วลมของเครื่องระบายความร้อนโดยใช้มอเตอร์พัดลมของแอร์อินเวอเตอร์มาทำเป็นเจนเนอเรเตอร์ซึ่งมีแรงดันเอาต์พุตเป็นแบบแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและต่อวงจรรักษาระดับแรงดันไว้ที่ 14 V ร่วมกับวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่และจะทำงานเมื่อแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำกว่า 12 V วงจรชาร์จแบตเตอรี่จะทำงานและเมื่อแรงดันของแบตเตอรี่สูงเกิน 14 V วงจรจะหยุดทำงานโดยมีโครงสร้างของกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กดัง รูปที่ 1 ที่สามารถเคลื่อนย้ายไปติดตั้งตามสถานที่ที่ต้องการได้



รูปที่ 1 โครงสร้างของกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่ติดตั้งกับโครงสร้างของคอมเพรสเซอร์



### วิธีการศึกษา (Methodology)

ศึกษาโดยการเก็บข้อมูลความเร็วลมของลมระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์เพื่อออกแบบโครงสร้างของกังหันลมให้เหมาะสม มีประสิทธิภาพในการรับลมจากคอมเพรสเซอร์ สามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้และสามารถนำไฟฟ้าที่ได้ไปใช้ประโยชน์ต่อไป

### ผลการศึกษา (Results)

จากการทดลองโดยใช้ใบพัด 2 แบบคือ 1.ใบพัดจากท่อ PVC 2.ใบพัดแบบโลหะเพื่อทดสอบว่าใบพัดชนิดใดให้ความเร็วสูงสุดและสามารถชาร์จประจุแบตเตอรี่ได้ดีที่สุดโดยมีผลการทดลองดังนี้

#### การทดลองที่ 1

ทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของใบพัดในขณะที่ยังไม่ต่อวงจรใดๆพบว่าใบพัดที่ทำจากท่อ PVC มีแรงดันเข้าพุตเฉลี่ยที่ 51.1 V และใบพัดแบบโลหะมีแรงดันเข้าพุตเฉลี่ยที่ 65.4 V ดังนั้นใบพัดจากโลหะจึงมีประสิทธิภาพมากกว่า

#### การทดลองที่ 2

ทดลองการชาร์จแบตเตอรี่ 12.0 V การทดลองนี้เพื่อทดสอบการการชาร์จแบตเตอรี่โดยใช้วงจรควบคุมแรงดันต่อกับวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ สรุปได้ว่ากังหันลมหมุนที่ความเร็วลมของคอมเพรสเซอร์ 6 m/s วงจรรักษาระดับแรงดันที่ 14.0 V และค่ากระแสการชาร์จแบตเตอรี่ 0.4 – 0.5 A

จาก การทดลองที่1 และ การทดลองที่2 พบว่าปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ขณะที่ไม่ได้ติดตั้งกังหันลมมีปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าที่2.2-3.2Aเมื่อติดตั้งกังหันลมใบพัดแบบท่อPVC มีปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าที่2.4-3.2A และติดตั้งกังหันลมใบพัดแบบโลหะมีปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าที่ 2.3-3.3A จึงสรุปได้ว่าการใช้กังหันลมใบพัดแบบท่อ PVCคอมเพรสเซอร์มีปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าน้อยกว่าการใช้กังหันลมใบพัดแบบโลหะเล็กน้อย

### เอกสารอ้างอิง (References):

- 1.การผลิตกังหันลมผลิตไฟฟ้า <http://natee2007.thaiza.com>
- 2.พลังงานลมและการสร้างกังหันลมผลิตไฟฟ้า <http://www.windgen.net/>

**คำสำคัญ (Keywords):** กังหันลม, คอมเพรสเซอร์, ผลิตไฟฟ้า, มอเตอร์อินเวอร์เตอร์, ใบพัด