จักรยานออกกำลังกายผลิตไฟแบบ ON-GRID

Exercise Bike Generate Electricity for ON-GRID

นายนัฐวีย์ ประภาศรีวรกุล

นายธีระ ทองคต

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนเพื่อการวิจัย

ภายใต้โครงการเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อโครงการ จักรยานออกกำลังกายผลิตไฟแบบ ON-GRID

ชื่อนักศึกษา นายนัฐวีย์ ประภาศรีวรกุล

นายธีระ ทองคต

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงกการ ผศ.ดร.พูนศรี วรรณการ

สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย วิศวกรรมไฟฟ้า

วิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ปีพ.ศ. 2564

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอจักรยานผลิตไฟฟ้าลักษณะโครงสร้างคือการนำจักรยานมาทำการดัดแปลงตามที่ออกแบบไว้เพื่อมาปั่นชุดโรเตอร์ของชุดเครื่องกำเนิดแบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแกนเพลา 5 เฟสมาปั่นทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าหลักการทำงานของจักรยานผลิตไฟฟ้าจะอาศัยพลังงานกลที่ได้จากการปั่นจักรยานทำให้โรเตอร์หมุนประกอบไปด้วยชุดขั้วแม่เหล็กถาวรหมุนตัดกับขดลวดสเตเตอร์ที่ประกอบไปด้วยชุดขดลวดตัวนำทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นมาแล้วแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงโดยผ่านไดโอดบริดจ์เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อนำไปต่อเข้ากับวงจรเพิ่มแรงดันไฟตรงเพื่อเพิ่มระดับแรงดันด้านเอาต์พุตเพื่อให้ได้แรงดันที่เหมาะสมเพื่อนำไป ชาร์จแบตเตอรี่ขนาดแรงดัน 12 โวลต์ จากที่ได้ทำการปั่นจักรยานผลิตไฟฟ้าด้วยความเร็วรอบที่ 400 รอบขณะที่ไม่มีโหลดได้แรงดันเท่ากับ 23.3 โวลต์ และขณะที่มีโหลดต่ออยู่และความเร็วรอบที่ 400 รอบ จะได้แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 12.1 โวลต์ ถ้าปั่นจักรยานในความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นแรงดันและกระแสจะเพิ่มขึ้นอีก โดยในการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าไปยังระบบไฟฟ้า 1 เฟส จะใช้ตัวอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อระบบไฟฟ้า 1 เฟส ทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าไปยังกริดไฟฟ้า 1 เฟส

Project Title Exercise Bike Generate Electeicty for ON-GRID

Author Mr.Nuttavee Prapasrivorakul

Mr.Theera Thongkot

Project Abvisor Asst. Dr.Poonsri Wannakarn

Major Field/Faculty/University Electrical Engineer

Engineering

Rajamangala University of Technology

Phra Nakhon

Year 2021

Abstract

This Project presents electric bicycle. The structural feature is the use of the bicycle to be modified as it is designed to spin the rotor of the 5-phase magnetic line generator set and test the voltage distribution. The principle of operation of electric bicycles relies on the mechanical energy gained from cycling. The rotor consists of a series of permanent magnetic poles, intersecting with a stator consisting of a set of conductor coils, generating an AC voltage and converting it from AC to DC through a diode bridge to obtain DC voltage. To be connected to the boost converter to increase the output side pressure level to get the right voltage to charge a 12 volt battery. batteries. The test has been tested for cycling to generate electricity at a speed of 400

rpm while no-load has a voltage of 23.3 volt, and with a load per load and at a speed of 400 rpm, the voltage is 12.1 volt If the bicycle is cycled at an increased speed, the voltage and current will increase. In order to transmit electric power to the single-phase power system, an inverter is used to connect the single-phase power system to transmit to the single-phase power grid.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ชื่อโครงการ “จักรยานออกกำลังกายผลิตไฟแบบ ON-GRID” จัดทำขึ้นเพื่อให้เป็นไปตามสัญญาในการได้รับทุนสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนเพื่อการวิจัยภายใต้โครงงานส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปี พ.ศ.2564 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้กำหนดให้ส่งรายงานการดำเนินงานฉบับสมบูรณ์ นับแต่วันสิ้นสุดระยะเวลาการดำเนินงานโครงงานตามสัญญา โดยทางผู้วิจัยได้ส่งรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 1 เล่ม และซีดีบรรจุไฟล์รางงานวิจัยฉบับสมบูรณ์จำนวน 1 แผ่น ในชื่อโครงการ “จักรยานออกกำลังกายผลิตไฟแบบ ON-GRID” ไปยังผู้ให้ทุนเพื่อรับการประเมินจากผู้ให้ทุน

สุดท้ายนี้ทีมวิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่สนับสนุนในการทำวิจัย และขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูนศรี วรรณการ ที่ช่วยให้คำแนะนำในด้านวิชาการต่างๆ และขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามที่มีส่วนช่วยเหลือในด้านการทดสอบและข้อมูลต่างๆ ให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในด้านสถานที่ เครื่องมือต่างๆ เพื่อใช้ในการดำเนินโครงการดังกล่าวสำเร็จลุล่วง

นายนัฐวีย์ ประภาศรีวรกุล หัวหน้าโครงการ

นายธีระ ทองคต ผู้ร่วมโครงการ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อไทย	ก
บทคัดย่ออังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 กรอบแนวคิด	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 บทนำ	4
2.2 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทบทวนวรรณกรรม	4
2.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า Generator AFPM	4
2.4 แบตเตอรี่	26
2.5 DC-DC CONVERTER	30
2.6 ไดโอดบริดจ์	38
2.7 ตัวเก็บประจุ	39
2.8 DC 12V – AC 220V Converter	41
2.9 AC 220V – DC 310V Converter	42
2.10 อินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริด	43
2.11 บทสรุป	44
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	45
3.1 บทนำ	45
3.2 การคำนวณหาจำนวนรอบของขดลวดและฟลักซ์แม่เหล็ก	45

สารบัญเรื่อง(ต่อ)

3.3 การออกแบบขดลวด 45

3.4 ออกแบบฐานรองรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 48

3.5 ออกแบบแท่งเหล็กเพื่อติดตั้งกับโรเตอร์ของเครื่องกำเนิด 50

3.6 ออกแบบวงจร boost converter 51

3.7 ออกแบบวงจร Auto Cut off battery charger 51

3.8 โครงสร้างจักรยานชาร์จแบตเตอรี่เมื่อเสร็จสมบูรณ์ 52

3.9 อินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริด 1 เฟส 52

บทที่ 4 การทดสอบและการวิเคราะห์ผล 53

4.1 บทนำ 53

4.2 จุดประสงค์การทดสอบ 53

4.3 ผลการทดสอบขณะไม่มีโหลด 55

4.4 ผลการทดสอบขณะมีโหลด 56

4.5 ผลการทดสอบขณะไม่มีโหลดผ่านวงจร boost converter 57

4.6 ผลการทดสอบขณะมีโหลดผ่านวงจร boost converter 58

4.7 ผลการจำลอง 59

4.8 การทดสอบอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริด 1 เฟส 63

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 64

5.1 บทนำ 64

5.2 สรุปผลการดำเนินงาน 64

5.3 ข้อเสนอแนะ 64

ภาคผนวก ก. 65

ตาราง ก.1 ขดลวดทองแดงตามมาตราฐาน 66

เอกสารอ้างอิง 68

ประวัติผู้จัดทำ 69

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบAxial Rotor Motor	5
รูปที่ 2.2 Axial Rotor Motor	6
รูปที่ 2.3 The design creates five phases.	7
รูปที่ 2.4 การทดลองหาแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	8
รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	8
รูปที่ 2.6 การเกิดกระแสไฟฟ้าสลับ	9
รูปที่ 2.7 กฎของฟาราเดย์	10
รูปที่ 2.8 ขดลวดตัวนำหมุนตัดกับสนามแม่เหล็ก	12
รูปที่ 2.9 การเกิดองศาไฟฟ้าเทียบกับองศาทางกล	12
รูปที่ 2.10 โครงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	13
รูปที่ 2.11 สลอตสำหรับบรรจุขดลวดอาร์เมเจอร์ (แบบเปิดกว้าง)	13
รูปที่ 2.12 สลอตสำหรับบรรจุขดลวดอาร์เมเจอร์ (แบบกึ่งปิด)	14
รูปที่ 2.13 สลอตสำหรับบรรจุขดลวดอาร์เมเจอร์ (แบบปิด)	14
รูปที่ 2.14 โรเตอร์ชนิดขั้วแม่เหล็กยื่นออกมา	15
รูปที่ 2.15 โรเตอร์แบบนันเซเลียนโพล	15
รูปที่ 2.16 รูที่ปลายขั้วสำหรับใส่ขดลวดแดมเปอร์	16
รูปที่ 2.17 เอ็กไซเตอร์	17
รูปที่ 2.18 ระยะขั้วแม่เหล็ก	17
รูปที่ 2.19 ขดลวดอาร์เมเจอร์แบบเคลื่อนที่	19
รูปที่ 2.20 ขดลวดอาร์เมเจอร์แบบอยู่กับที่	19
รูปที่ 2.21 แสดงแผนภาพการพันขดลวดอาร์เมเจอร์แบบเต็มระยะชั้นเดียว	20
รูปที่ 2.22 แผนภาพการพันขดลวดอาร์เมเจอร์แบบสองชั้น	20
รูปที่ 2.23 รูปแสดงเส้นแรงแม่เหล็กมีทิศออกจากขั้ว N เข้าหาขั้ว S	22
รูปที่ 2.24 เส้นแรงแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็ก	22
รูปที่ 2.25 เส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนา	23
รูปที่ 2.26 รูปฟลักซ์แม่เหล็ก	25
รูปที่ 2.27 รูปแสดงการต่อแบบขนาน	27
รูปที่ 2.28 รูปแสดงการต่อแบบอนุกรม	27
รูปที่ 2.29 รูปแสดงการต่อแบบอนุกรมผสมกับแบบขนาน	28

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.30 ตัวแปลงบัค	33
รูปที่ 2.31 Boost converter	33
รูปที่ 2.32 ตัวแปลง Buck-boost	34
รูปที่ 2.33 ตัวแปลง SEPIC	34
รูปที่ 2.34 การใช้ตวแปลง DC-DC แบบแยกเพื่อสร้างแรงดันเอาต์พุตบวกและลบ	34
รูปที่ 2.35 หลักการของวงจร DC-DC converter	35
รูปที่ 2.36 วงจรchopper ชนิด A	36
รูปที่ 2.37 วงจรchopper ชนิด B	36
รูปที่ 2.38 วงจรchopper ชนิด C	37
รูปที่ 2.39 วงจร chopper ชนิด D	37
รูปที่ 2.40 หลักการ chopper ชนิด E	38
รูปที่ 2.41 การต่อไดโอดบริดจ์	38
รูปที่ 2.42 การทำงานของบริดจ์ไดโอด	39
รูปที่ 2.43 ตัวเก็บประจุ	39
รูปที่ 2.44 ลักษณะโครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ	40
รูปที่ 2.45 แสดงแผนภาพวงจรของอินเวอร์เตอร์	41
รูปที่ 2.46 การควบคุมกระแสแบบติดตามขอบเขตฮีสเตอริ์ซีสในวงจรอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส	43
รูปที่ 2.47 รูปคลื่นกระแสอ้างอิงและกระแสจริงในการกำเนิดสัญญาณพัลส์	44
รูปที่ 3.1 ขดลวดต่อเข้าแต่ละเฟสต่อเข้าไดโอดบริดจ์	46
รูปที่ 3.2 วงจรการต่อชุดขดลวดสเตเตอร์เข้าไดโอดบริดจ์	47
รูปที่ 3.3 การออกแบบวางแม่เหล็ก	47
รูปที่ 3.4 การวางระยะห่างของแม่เหล็ก	48
รูปที่ 3.5 วัดขนาดของฐาน	49
รูปที่ 3.6 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับฐาน	49
รูปที่ 3.7 ขนาดและรูปทรงของแท่งเหล็ก	50
รูปที่ 3.8 ขนาดและรูปทรงของแท่งเหล็ก	50
รูปที่ 3.9 วงจร boost converter	51
รูปที่ 3.10 วงจร Auto Cut off battery charger	51

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3.11 อินเวอร์เตอร์เชื่อต่อกริด	52
รูปที่ 3.12 โครงสร้างจักรยานชาร์จแบตเตอรี่เมื่อเสร็จสมบูรณ์	52
รูปที่ 4.1 วงจรการทดลองขณะไม่ต่อเข้ากับโหลด	54
รูปที่ 4.2 วงจรการทดลองขณะมีโหลด	54
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงแรงดันไฟฟ้าที่ความเร็วรอบต่างๆ	55
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ ความเร็วรอบต่างๆ	56
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงแรงดันไฟฟ้าที่ความเร็วรอบต่างๆ ขณะไม่มีโหลดผ่านวงจรboost converter	57
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ความเร็วรอบ ต่างๆขณะมีโหลดแบตเตอรี่ผ่านวงจร boost converter	58
รูปที่ 4.7 สัญญาณควบคุมการทำงานของวงจรแปลงไฟตรงที่ออก จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลา เป็นไฟสลับ (DC to AC Converter)	59
รูปที่ 4.8 สัญญาณแรงดันอินพุตและกระแสอินพุตของหม้อแปลง ไฟฟ้าด้านแรงดันต่ำ	60
รูปที่ 4.9 สัญญาณแรงดันอินพุตและกระแสอินพุตของหม้อแปลง ไฟฟ้าด้านแรงดันสูง	60
รูปที่ 4.10 สัญญาณแรงดันเอาต์พุตและกระแสเอาต์พุตของวงจร แปลงไฟสลับเป็นไฟตรงที่ออกจากหม้อแปลงไฟฟ้า	61
รูปที่ 4.11 สัญญาณแรงดันอินพุตและกระแสอินพุตด้านเข้าของ วงจรอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริด	61
รูปที่ 4.12 สัญญาณควบคุมการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์ เชื่อมต่อกริด 1 เฟส	62
รูปที่ 4.13 สัญญาณแรงดันกริด 1 เฟส(Vs) , กระแสกริด 1 เฟส(Is) กระแสคอนเวอร์เตอร์ (Ic)	62

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยการนำพลังงานไฟฟ้า จากพลังงานทดแทนไม่ว่าจะเป็น โซล่าเซลล์ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลม สามารถนำมาผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นพลังงานที่ไม่เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมโดยปัจจุบันมีการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ เกี่ยวกับพลังงานทดแทนมาแทนที่การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้มามาจากการไฟฟ้า โดยเฉพาะแหล่งชุมชนที่ห่างไกลทำให้ไฟฟ้าไม่สามารถเข้าถึงโดยทีมวิจัยตระหนักถึงเรื่องนี้จึงได้คิดค้นสิ่งประดิษฐ์ที่สามารถทดแทนพลังงานไฟฟ้ามาใช้ในชีวิตประจำวันนั้นคือ จักรยานผลิตไฟฟ้าชาร์จแบตเตอรี่ 12vdc

จักรยานผลิตไฟฟ้าชาร์จแบตเตอรี่ 12vdc โดยใช้หลักการผลิตไฟฟ้าโดยเครื่องกำเนิดแบบเส้นแรงแม่เหล็ก พุ่งตามแนวแกนเพลา 5 เฟส ซึ่งใช้จักรยานในการขับเคลื่อนโรเตอร์ในเครื่องกำเนิดทำให้เกิดการหมุนที่เปลี่ยนจากพลังงานจลน์เป็นพลังงานกลโดยมีขั้วแม่เหล็กหมุนตัดกับขดลวดซึ่งมีชุดขดลวดตัวนำทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะได้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและนำไปต่อผ่านไดโอดบริดจ์เพื่อแปลง เป็นไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อนำมาชาร์จแบตเตอรี่ 12 vdc โครงการนี้จึงได้นำพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการปั่นจักรยานออกกำลังกายไปชาร์จแบตเตอรี่และนำไปป้อนเข้าวงจรแปลงไฟตรงแรงดันต่ำเป็นแรงดันไฟตรงแรงดันสูง เพื่อนำไปป้อนเข้าวงจรอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริดในการจ่ายกำลังไฟฟ้าคืนสู่กริดไฟฟ้า 1 เฟส ทำให้สามารถผลิตไฟฟ้าคืนสู่กริด 1 เฟสได้ เป็นการลดค่าไฟฟ้าที่จ่ายให้กับการไฟฟ้าอีกทั้งเป็นการออกกำลังกายที่ได้ประโยชน์ในการผลิตไฟฟ้าได้ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาการทำงานของระบบจักรยานพลังงานไฟฟ้าที่นำอุปกรณ์ไฟฟ้ามาประกอบเข้าด้วยกัน

1.2.2 เพื่อสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้งานได้จริงในชีวิตประจำวัน

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ออกแบบสร้างจักรยานออกกำลังกายผลิตไฟฟ้า 1 ชุด

1.3.2 ออกแบบอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริดไฟฟ้า 1 เฟส 1 ชุด

1.4 กรอบแนวคิด

1.4.1 ในการออกกำลังกายสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อมาใช้งานได้

1.4.2 พัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลามาใช้ประโยชน์สูงสุด

1.4.3 ออกกำลังกายแล้วสามารถเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่และทำให้สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าคืนสู่กริดไฟฟ้า 1 เฟสได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เข้าใจหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟส แบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลา

1.5.2 นำความรู้ที่เรียนมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.5.3 ได้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่ 12 Vdc

1.5.4 ได้ออกกำลังกายและได้พลังงานไฟฟ้าใช้

1.6 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

ตารางที่1.1 ระยะเวลาการดำเนินงาน

ลำดับ	รายละเอียด	ก.พ.-มี.ค.	เม.ษ.-พ.ค.	มิ.ย.-ก.ค.	ส.ค.-ก.ย.
1	ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน	→			
2	ออกแบบโครงสร้างจักรยาน	→			
3	สร้างโครงสร้างจักรยาน	→			
4	ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า		→		
5	ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับจักรยาน		→		
6	ติดตั้งไดโอดบริดจ์และคาปาซิเตอร์		→		
7	วัดค่าแรงดันที่จากการปั่นจักรยาน		→		
8	ออกแบบและสร้างวงจรเพิ่มแรงดัน			→	
9	ออกแบบวงจรชาร์จวงจรชาร์จแบตเตอรี่			→	→
10	ทดสอบปั่นจักรยานเพื่อชาร์จแบตเตอรี่				→
11	ออกแบบอินเวอร์เตอร์				→
12	ทดสอบการเชื่อมต่อกริด				→
13	รวบรวมผลการทดลองและสรุปผล				→

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

การศึกษาและค้นคว้าทฤษฎีนี้ เพื่อสร้างจักรยานผลิตไฟฟ้าโดยใช้เครื่องกำเนิดแบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลา (Five Phase AFPM GEN) หมุนด้วยแรงปั่นของจักรยาน เส้นแรงของแม่เหล็กตัดกับขดลวดที่ขั้ว N และขั้ว S ทำให้เกิดแรงดันโดยมีขั้วแม่เหล็กหมุนตัดกับสเตเตอร์ซึ่งมีชุดขดลวดตัวนำทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำกระแสตรง ใช้ไดโอดบริดจ์และคาปาซิเตอร์เพื่อให้แรงดันเสถียรเพื่อนำแรงดันไปชาร์ตแบตเตอรี่ 12 Vdc ประกอบไปด้วยทฤษีที่เกี่ยวข้องในการทำโครงงานมีหัวข้อดังต่อไปนี้

2.2 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทบทวนวรรณกรรม

ในบทความที่เกี่ยวข้องกับการสร้างจักรยานออกกำลังกานผลิตไฟแบบ ON-GRID

ในบทความเอกสารอ้างอิง **[1]** ได้กล่าวถึง การเก็บประจุไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่ และในบทความเอกสารอ้างอิง **[3]** ได้กล่าวถึงอุปกรณ์แปลงแรงดันซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท

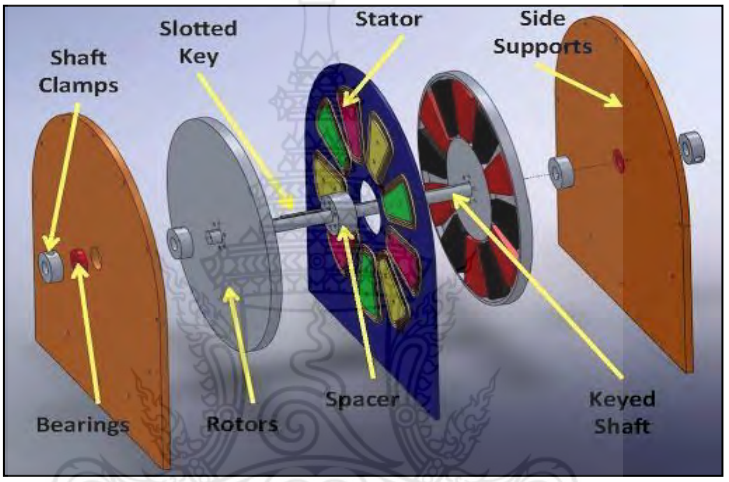
- DC to AC Converter
- AC to DC Converter

ในบทความที่ **[8] [9]** ได้กล่าวถึงวงจรอินเวอร์เตอร์เชื่อต่อกริด 1 เฟส ในบทความที่ **[4]** ได้กล่าวถึงแม่เหล็กถาวรฟลักซ์แนวแกนห้าเฟสและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า Generator AFPM

เทคโนโลยีหลายเฟสโดยทั่วไปแล้วเทคโนโลยีเครื่องหลายเฟสหมายถึงเครื่องที่มีหมายเลขเฟสมากกว่าสามเฟสขึ้นไปพลังงานไฟฟ้าถูกสร้างขึ้นโดยสถานีไฟฟ้าขนาดใหญ่โดยใช้ซิงโครนัสสามเฟสเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประโยชน์รวมถึงกระแสเฟสต่ำสูงกว่าความหนาแน่นของกำลังขับและแรงบิดต่ำนอกจากนี้ยังสามารถยังได้รับการออกแบบให้มีขดลวดแหลมบางส่วน
ตัวขับเคลื่อนสำหรับการนำเทคโนโลยีห้าเฟสมาใช้ก็ว่าได้ควบคุมผลประโยชน์เฉพาะและสำคัญบางประการที่ไม่ได้จัดทำโดยระบบสามเฟสแบบดั้งเดิมโดยเฉพาะสำหรับการใช้พลังงานหมุนเวียนเช่น กังหันเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งรวมถึงความหนาแน่นของแรงบิดที่ดีขึ้นประสิทธิภาพและความทนทานต่อความ ผิดพลาดการกระเพื่อมของแรงบิดที่ลดลงและการจัดเก็บพลังงาน นอกจากนี้ยังสามารถออกแบบให้ ขดลวดแหลมบางส่วนทำให้ได้ระดับการสร้างรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าการรวมกันของเทคโนโลยีหลายเฟสแม่เหล็กถาวรและบางส่วนขดลวดเสียงแหลม ช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพและการออกแบบที่ปรับให้ เหมาะสมเพื่อให้เหมาะสำหรับ ใช้กับไดโอดวงจรเรียงกระแสซึ่งมีอำนาจเหนือกว่าในขนาดเล็กและ ขนาดกลางการสร้างขนาดระบบดังกล่าวเหมาะอย่างยิ่งกับจักยานผลิตไฟฟ้าที่ใช้แรงปั่นจากจักรยานไปขับเจนเนอร์เรเตอร์
เครื่องกำเนิดแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet Generator)

มอเตอร์แบบไม่มีแปรงมีโรเตอร์แม่เหล็กถาวรแบบเดี่ยวหรือขดลวดสเตเตอร์หลายเฟสเซ็นเซอร์เพื่อกำหนดโรเตอร์ตำแหน่งและอินเวอร์เตอร์ที่ป้อนกระแสสลับให้ขดลวดสเตเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้กับกังหันลมมีหลากหลายเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ซิงโครนัสเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบไม่เต็มใจและแม่เหล็กถาวรมีการเสนอเครื่องปั่นไฟทั้งหมดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัสต้องการการบำรุงรักษาแปรงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้งานที่ระดับความสูงหรือบริเวณที่มีฝุ่นละอองและลมแรงอาจทำให้แปรงเสียหายได้ แม่เหล็กถาวรเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นเครื่องจักรที่เลือกใช้ในกังหันลมขนาดเล็กเสนอการก่อสร้างที่เรียบง่ายตนทุนการบำรุงรักษาต่ำ

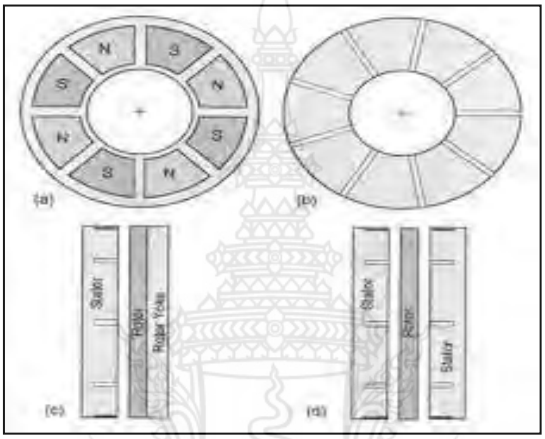


รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบAxial Rotor Motor

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าถาวรที่เป็นเอกลักษณ์ของโรเตอร์และสเตเตอร์ของเครื่องจักรทำให้เป็นไปได้สร้างการออกแบบที่หลากหลายและเปลี่ยนกันได้ AFPMเครื่องสามารถออกแบบให้เป็นช่องว่างอากาศเดียวหรือหลายอากาศช่องว่างของเครื่องจักรที่มีช่องเสียบช่องน้อยหรือไม่มีเหล็กเลยกระดองเนื่องจากเสาจำนวนมากสามารถเครื่องเหล่านี้เหมาะสำหรับความเร็วต่ำการใช้งานเช่นกังหันลมในประเทศฟลักซ์ตามแนวแกนการกำหนดค่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสนับสนุนการใช้ระบบเกียร์เนื่องจากอนุญาตให้ใช้หมายเลขเสาที่สูงขึ้น เรเดียลฟลักซ์เครื่องจักรจะทำงานด้วยความเร็วปานกลางและสูงแอปพลิเคชันการรวมกันของ เทคโนโลยีหลายเฟสและแม่เหล็กถาวรช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพ

เครื่อง Axial Flux การเคลื่อนที่แบบหมุนสามารถรับได้โดยการสลับไฟล์การวางแนวของขดลวดและสนามแม่เหล็ก ในเรเดียลฟลักซ์ เครื่องจักรขดลวดจะเน้นตามแนวแกนทิศทางและฟลกซ์ไหลไปในทิศทางรัศมี ในแนวแกน เครื่องฟลักซ์ฟลักซ์ไหลตามแนวแกนและ ขดลวดจะวางแนวตามแนวรัศมีดังที่แสดงในภาพที่ 2.2 เนื่องจากลักษณะแบนของมอเตอร์ฟลักซ์ตามแนวแกนเรียกอย่าง

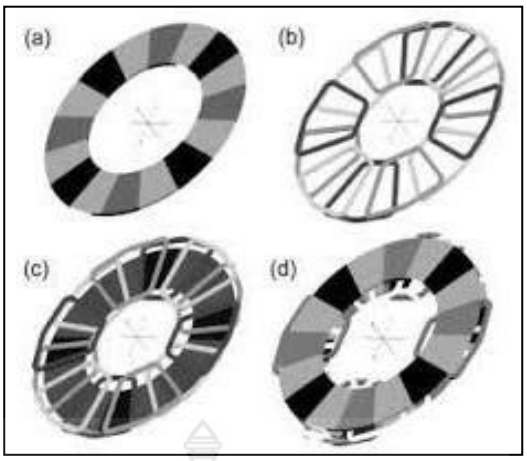
ไม่เป็นทางการว่ามอเตอร์แพนเค้ก ภาพที่ 2-a แสดงไฟล์ มุมมองของโรเตอร์ที่มีแม่เหล็กสลับขั้วเหล่านี้ แม่เหล็กผลิตฟลักซ์ตามแนวแกนที่ทำปฏิกิริยากับขดลวดใน ช่องรัศมีเช่นที่แสดงในภาพที่ 2-b ในหลาย ๆ แอปพลิเคชั่นโรเตอร์หนึ่งตัวถูกจับคู่กับสเตเตอร์หนึ่งตัวดังที่แสดงในภาพที่ 2-c การกำหนดค่านี้เรียบง่าย แต่ไม่สมดุลในนอกจากแรงบิดแล้วการกำหนดค่านี้ยังแสดงแนวแกนที่สูงมากแรงเนื่องจากแม่เหล็กของใบพัดพยายามปิดช่องว่างของอากาศ โดยการแปลงแอกโรเตอร์เป็นสเต เตอร์ตัวที่สองดังรูป ในภาพที่ 2 มิติแรงของโรเตอร์จะสมดุลการกำหนดค่านี้โรเตอร์ระหว่างสองสเตเตอร์และด้วยเหตุนี้ปรับปรุงประสิทธิภาพของมอเตอร์



รูปที่ 2.2 Axial Rotor Motor

นอกเหนือจากการใช้งานพิเศษเช่นแกนหมุนฟล็อปปี้ดิสก์ไดรฟ์มอเตอร์แกนไม่พบการใช้งานอย่างแพร่หลาย

เหตุผลหลักคือการสร้างสเตเตอร์ เพราะฟลักซ์ไหลตามแนวแกนสเตเตอร์จะต้องเคลือบตามแนวเส้นรอบวงคือมักจะสร้างสเตเตอร์โดยการคดเคี้ยวแม่เหล็กไฟฟ้าริบบิ้นเป็นศูนย์กลางโครงสร้างนี้มีระยะทางเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆจากกันและกัน เป็นผลให้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเวลาและต้นทุนในการผลิตสเตเตอร์นี้แตกต่างกันมากกว่าการเคลือบสำหรับมอเตอร์ฟลักซ์เรเดียลโดยที่ช่อง ถูกตัดเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการปั๊มเคลือบ พบว่ามอเตอร์แกนฟลักซ์ใช้เป็นมอเตอร์แกนหมุน สำหรับไดรฟ์คอมพิวเตอร์สื่อแบบถอดได้เนื่องจากมีพื้นที่ว่างข้อจำกัด ในการใช้งานเหล่านี้ขดลวด สเตเตอร์คือติดตั้งโดยตรงบนแผงวงจรพิมพ์ช่วยขจัดไฟล์สเตเตอร์เคลือบลำบากมอเตอร์ที่สร้างขึ้นใน สิ่งนี้ทางมักเรียกว่าแผงวงจรพิมพ์มอเตอร์



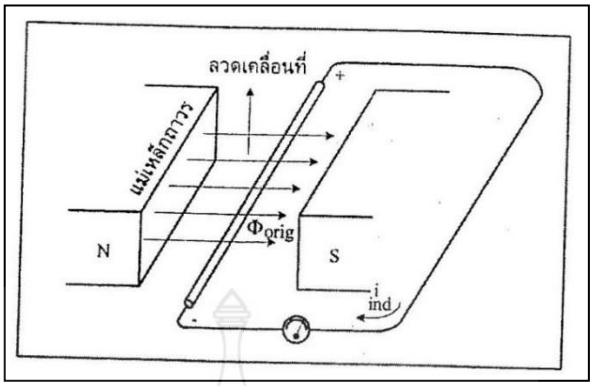
รูปที่ 2.3 The design creates five phases.

ถ้าความเร็วต่ำต้องใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า PM ก็ควรที่จะพิจารณาการออกแบบโรเตอร์ตามแนวแกน โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าต้องการแรงบิด cogging เป็นศูนย์นอกจากนี้ยังมีแกนถาวรเครื่องแม่เหล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกขนาดใหญ่ซึ่งไม่มีเหมาะกับกังหันลมเสมอ ถ้าแรงบิดสูงความเร็วต่ำจำเป็นต้องใช้เครื่องจักรจากนั้นการออกแบบโรเตอร์ภายในจะเป็นเหมาะสม นอกจากนี้ยังมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่ามากกะทัดรัดและสามารถเชื่อมต่อโดยตรงกับลมกังหันหรือผ่านกล่องเกียร์

หลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เมื่อให้ขดลวดตัวนำหมุนตัดกับสนามแม่เหล็กหรือให้สนามแม่เหล็กหมุนตัดกับขดลวดก็จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าขึ้นภายในขดลวดนั้นซึ่งการที่ขดลวดหมุนตัดกับสนามแม่เหล็กคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและสนามแม่เหล็กหมุนตัดขดลวดคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

การนำขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็กทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวด การทดลองหาแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการเคลื่อนที่โดยให้ความ หนาแน่นสนามแม่เหล็กและความยาวของขดลวดตัวนำคงที่



รูปที่ 2.4 การทดลองหาแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

จากความสัมพันธ์ ทั้ง 3 อย่างนี้ นำมาเขียนสมการได้ดังนี้

$$e = B * l * v \qquad (2.1)$$

e = แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (v)

B = ความหนาแน่นสนามแม่เหล็ก (wb/m2)

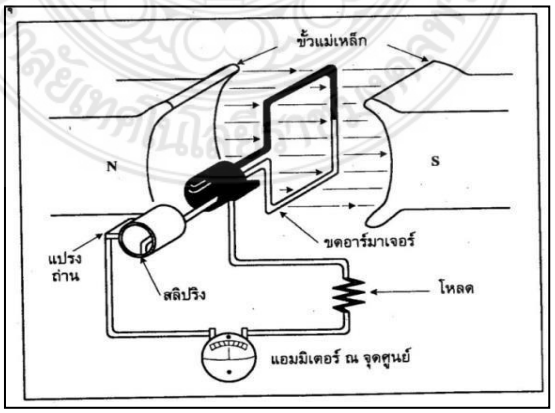
l = ความยาวขดลวด (m)

v = ความเร็วในการเคลื่อนที่ของขดลวด (m/s)

เมื่อตัวนำเคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็กในทิศทางเป็นวงกลม (หมุนรอบตัวเอง) ซึ่งเป็นหลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ Generator

ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

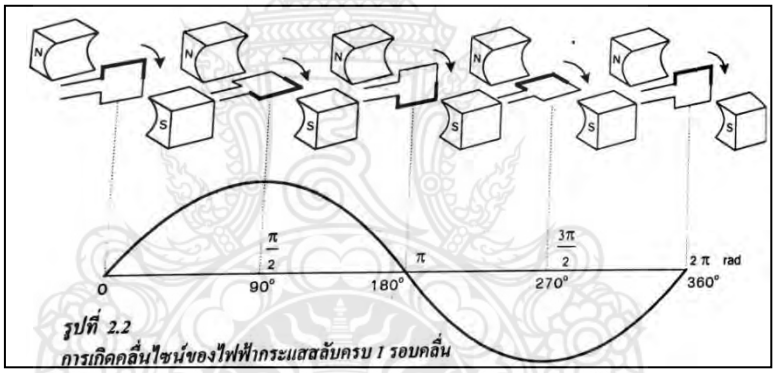
1. ขั้วแม่เหล็ก ขั้วเหนือ(N) ขั้วใต้(S) เส้นแรงแม่เหล็กจะมีทิศทางไหลจากขั้วเหนือ ไป ขั้วใต้
2. ขดลวดตัวนำ เรียกว่า อาร์เมเจอร์ (Armature) ปลายของอาร์เมเจอร์จะต่ออยู่กับ สลิปริง 2 วง ซึ่งจะหมุนไปพร้อมกับขดลวด เพื่อนำกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นส่งไปยังวงจร ภายนอก



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เมื่อโรเตอร์หมุน หรือสนามแม่เหล็กอยู่ภายในขดลวดตัวนำหรือสเตเตอร์จะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กของโรเตอร์ผ่าน ขดลวดสเตเตอร์ทำให้เกิดแรงเคลื่อนกระแสไฟฟ้า ในขดลวดสเตเตอร์ซึ่งเกิดจากการเหนี่ยวนำทำให้กระแสไฟฟ้าไหล ออกมาสู่วงจรภายนอกของเจนเนอร์เรเตอร์ดังภาพที่ 2.5 หลักการกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดย วิธีการของขดลวดตัดผ่าสนามแม่เหล็ก มีหลักการดังนี้ให้ขั้วแม่เหล็กอยู่กับที่แล้วนำขดลวด ตัวนำมาวางระหว่างขั้วแม่เหล็กแล้วหาพลังงานมาหมุนขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็กทำให้ได้แรงเคลื่อนไฟฟ้า เหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดตัวนำนี้และหลักการกำเนิด แรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยวิธีการของสนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวดมีหลักการดังนี้ ให้ขดลวดลวดตัวนำอยู่ กับที่แล้วหาพลังงานกลมาขับให้สนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวดตัวนำทำให้ได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เกิดขึ้นที่ขดลวดตัวนำนี้

เจนเนอร์เรเตอร์จะประกอบด้วยขั้ว N และ ขั้ว S และขดลวดสเตเตอร์ตัวนำทางไฟฟ้าหรือ ขดลวดสเตเตอร์ เมื่อโรเตอร์หมุนตัดขดลวดสเตเตอร์ครบ1รอบขณะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้นทั้งคลื่น บวก และคลื่นลบ กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเรียกว่ากระแสไฟฟ้าสลับ



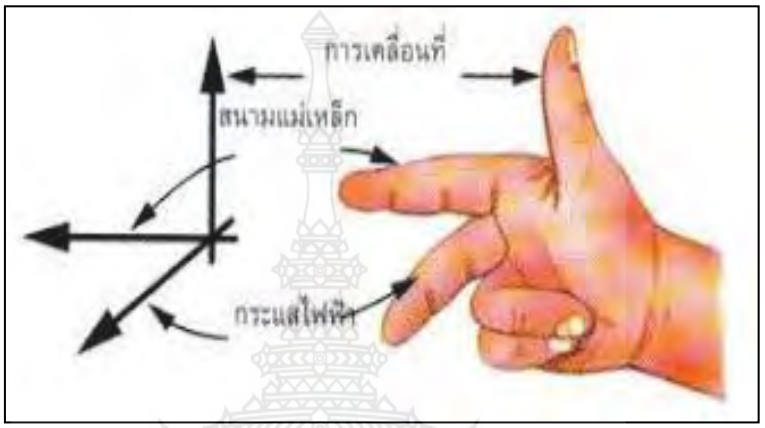
รูปที่ 2.6 การเกิดกระแสไฟฟ้าสลับ

ที่มุม 0° แรงดันจะมีค่าเป็นศูนย์ เนื่องจากทิศทางการเคลื่อนที่ของขดลวด จะขนานกับเส้นแรง แม่เหล็ก การเกิดคลื่นไซน์ของไฟฟ้ากระแสสลับ 1 ลูกคลื่น คือการหมุนของขดลวดตัวนำรอบตัวเองครบ 1 รอบ หรือ 360°

หลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในที่นี้อาศัยหลักการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า ของฟาราเดย์ ซึ่งได้สรุปไว้เป็นกฎของฟาราเดย์ (Faraday's law) ดังนี้คือ เมื่อสนามแม่เหล็กซึ่งตัด กับขดลวดตัวนำเกิดการเปลี่ยนแปลง จะทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในขดลวดตัวนำ นั้น หรือกล่าวได้อีกในหนึ่งว่าถ้าเส้นลวดตัวนำเคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็กจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า เหนี่ยวนำเกิดขึ้นใน ขดลวด ตัวนำนั้นจึงสรุปได้ว่าการเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าทำได้ 2 วิธีคือ

1.โดยให้ขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก หลักการนี้นำไปใช้ในการออกแบบ เครื่องกำเนิด ไฟฟ้ากระแสตรง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบอาร์เมเจอร์หมุน

2. โดยให้สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดขดลวดตัวนำ หลักการนี้นำไปใช้ในการออกแบบ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบขั้วแม่เหล็กหมุน ซึ่งเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในโครงงาน



รูปที่ 2.7 กฎของฟาราเดย์

แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวดตัวนำที่เคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็กสามารถหาได้จากสมการ

เมื่อ $E = 4.44 \text{Ø} N f$ V. (2.2)

e = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (V)

N = จำนวนรอบขดลวด

Ø = เส้นแรงแม่เหล็ก (wb)

t = เวลา (วินาที, s)

ดังนั้นความถี่ f ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนแปลงไปตามจำนวน ขั้วแม่เหล็ก P และความเร็วในการหมุนตัดผ่าน N สามารถหาได้จากสมการ

เมื่อ $f = (N.P) / 120$ (2.3)

f = ความถี่ (Hz)

P= จำนวนขั้วแม่เหล็ก (pole)

N= ความเร็ว (rpm)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternator) ทำหน้าที่ผลิตพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้พลังงานกลจากต้นกำลัง (Prime Mover) มาหมุนขับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับใช้

หลักการเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง โดยอาศัยหลักการตัวนำในอาร์เมเจอร์หมุนตัด สนามแม่เหล็กที่ ขั้วแม่เหล็ก หรือสนามแม่เหล็กหมุนตัดตัวนำในอาร์เมเจอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระแสสลับแตกต่าง จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง คือเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงขดลวดอาร์ เมเจอร์เป็นส่วนหมุน และขดลวดสนามแม่เหล็กอยู่กับที่ สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับนั้นอาจ ให้ขดลวดอาร์เมเจอร์อยู่กับที่ หรือหมุนก็ได้ ขึ้นอยู่กับขนาดกำลังเอาต์พุตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องกำาเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขนาดใหญ่ ส่วนมากจะเป็นแบบสนามแม่เหล็กหมุน(Rotating Field)

ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

การแบ่งชนิดตามโครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับจะแบ่งตามหลักการทำางานออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. สนามแม่เหล็กหมุนตัดกับชุดขดลวดอาร์เมเจอร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขนาดใหญ่ที่ นำมาใช้งานจะเป็นแบบขดลวดอาร์เมเจอร์อยู่กับที่และสนามแม่เหล็กหมุนด้วยเหตุผลคือ

1.1 กระแสไฟฟ้าสลับออกมาใช้งานได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านสลิปริง (Slipring) และแปรงถ่าน ตัดปัญหาการอาร์กที่หน้าสัมผัสระหว่างสลิปริงกับแปรงถ่านทำให้สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงและไม่ มีประกายไฟ

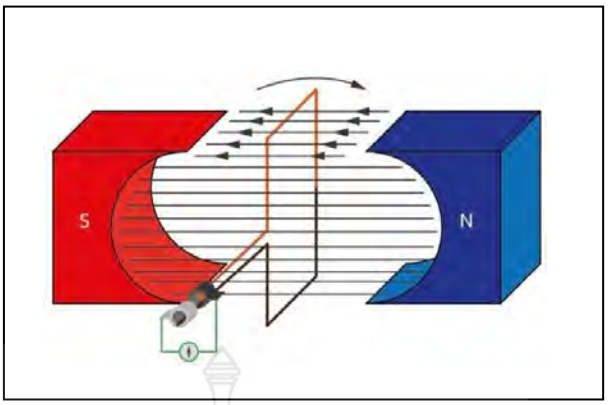
1.2 ขดลวดอาร์เมเจอร์สามารถใช้ลวดตัวนำเส้นโตและพันมากรอบทำให้ผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูง

1.3 แปรงถ่านและสลิปริงที่เป็นทางผ่านของแรงดันไฟฟ้าและกระแสตรงเพื่อจ่ายให้กับขดลวดสนามแม่เหล็กใช้กับแรงดันต่ำ

1.4 ขดลวดอาร์เมเจอร์อยู่กับที่สามารถที่จะยึดให้แข็งแรงได้ง่ายไม่ต้องคำนึงถึง แรงเหวี่ยงหนี ศูนย์กลาง (Centrifugal) เนื่องจากการหมุนและระบายความร้อนได้ง่าย

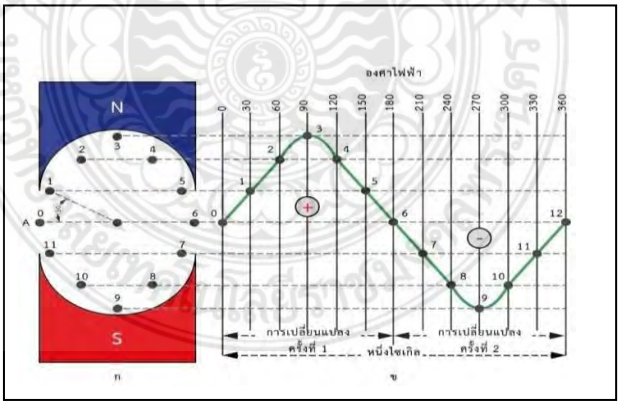
2. ขดลวดอาร์เมเจอร์หมุนตัดกับชุดสนามแม่เหล็กส่วนมากจะเป็นเครื่องกำเนิดขนาดเล็กและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

1.1.2 การเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจากหลักการพื้นฐานของการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะต้องมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือสนามแม่เหล็กขั้วเหนือขั้วใต้กับลวดตัวนำดังภาพที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ขดลวดตัวนำหมุนตัดกับสนามแม่เหล็ก

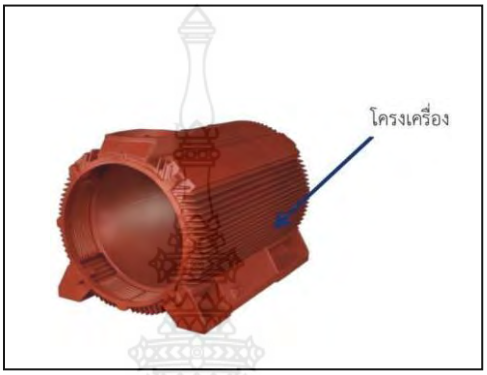
จากภาพที่2.8 เมื่อตัวนำเคลื่อนที่ (หมุนตามเข็มนาฬิกา) ตัดกับสนามแม่เหล็กโดยการเริ่มต้นที่ ศูนย์องศาขณะนี้จะยังไม่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้น แต่เมื่อตัวนำหมุนไปได้ 30 องศา 60 องศา ก็จะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้นและมีค่าสูงสุดที่มุม 90 องศา ณ. ตำแหน่งนี้สนามแม่เหล็กจะมีความเข้มมาก ที่สุด ซึ่งตัวนำจะอยู่ที่ตำแหน่งตรงกลางระหว่างขั้วเหนือกับขั้วใต้พอดี และตัวนำจะหมุนต่อไปเรื่อย ๆ จนครบ 360 องศาจะได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำรูปคลื่นไซน์ 1 รูปคลื่นดังภาพที่ 9 โดยรูปคลื่นไซน์ ที่เกิดขึ้นจากจำนวนขั้วแม่เหล็กสองขั้วจำนวนองศาทางไฟฟ้าจะเท่ากับ องศาทางกล แต่ถ้ามีจำนวน ขั้วแม่เหล็กสี่ขั้วหกขั้วหรือแปดขั้ว จำนวนองศาทางไฟฟ้าก็จะมีค่าเป็นสองเท่า สี่เท่าและแปดเท่า ตามลำดับ จากภาพที่ 9 ก. ขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ทีละสเต็ป ๆ ละ 30 องศา แล้วหมุนครบ 360 องศา จะได้รูปคลื่นทั้งด้านบวกและด้านลบดังภาพที่ 2.9 ข.



รูปที่ 2.9 การเกิดองศาไฟฟ้าเทียบกับองศาทางกล

ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

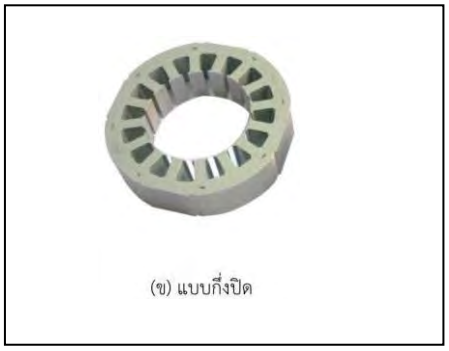
1 โครงเครื่อง (Stator Frame) โครงเครื่อง เป็นส่วนที่รองรับส่วนประกอบอื่น ๆ ของเครื่อง กำเนิดทั้งหมด และเป็นทาง เดินเส้นแรงแม่เหล็ก ทำด้วยเหล็กหล่อ (Cast Iron) จะมีเส้นผ่าน ศูนย์กลางขนาดใหญ่เหมาะสม สำหรับเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความเร็วรอบต่ำโดย ออกแบบให้มีช่องว่างสำหรับช่วย ระบายความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับอีก ด้วย ดังแสดงในภาพที่2.10



รูปที่ 2.10 โครงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

แกนเหล็กสเตเตอร์ (Stator core) เป็นส่วนที่ใช้พันขดลวดตัวนำทำด้วยเหล็กแผ่นบาง ๆ ผสม ซิลิกอนเพื่อลดการสูญเสียจากฮีสเตอริซีส โดยปั๊มเป็นร่อง (Slot)แล้วนำมาอัดติดกัน (Laminated Sheet Steel) เคลือบด้วยฉนวนเพื่อลดการสูญเสียเนื่องจากกระแสไหลวน (Eddy Current Loss) และจะถูกยึดเข้าด้วยกัน ด้วยวงแหวน สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขนาดเล็ก หรือถูกยึดเข้า ด้วยกันเป็นท่อน ๆ สำหรับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขนาดใหญ่ และออกแบบให้มีอากาศผ่านได้ เพื่อช่วยในการระบายความร้อน ลักษณะสลอตสำหรับบรรจุขดลวดอาร์เมเจอร์ ดังภาพที่ 2.11, 2.12,
2.13

รูปที่ 2.11 สลอตสำหรับบรรจุขดลวดอาร์เมเจอร์ (แบบเปิดกว้าง)



รูปที่ 2.12 สลอตสำหรับบรรจุขดลวดอาร์เมเจอร์ (แบบกึ่งปิด)

รูปที่ 2.13 สลอตสำหรับบรรจุขดลวดอาร์เมเจอร์ (แบบปิด)

(ก) เป็นร่องสลอตแบบเปิดกว้าง (Wide Open Type Slot) สลอตแบบนี้จะนิยมใน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั่วไปข้อดี คือสามารถวางฉนวนลงสลอตและพันขดลวดอาร์เมเจอร์ได้ง่ายรวดเร็วข้อเสีย คือช่องว่างเส้นแรงแม่เหล็ก (Air Gap Flux) จะทำให้รูปคลื่นไซน์ของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวดอาร์เมเจอร์เกิดการกระเพื่อม (Ripple)

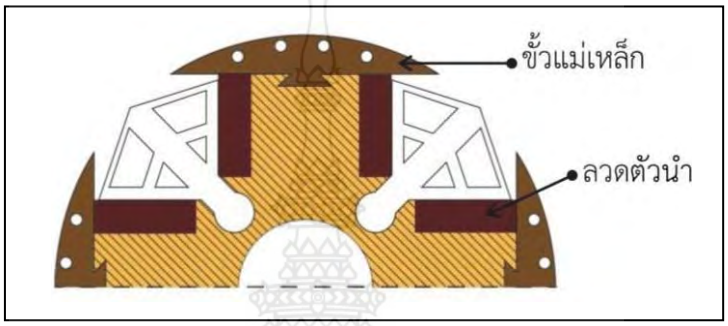
(ข) เป็นร่องสลอตแบบกึ่งปิด (Semi Closed Type Slot) สลอตแบบนี้ทำให้ช่องว่างเส้นแรง แม่เหล็กมีความต้านทานแม่เหล็กลดลงทำให้รูปคลื่นไซน์ของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นใน ขดลวดอาร์เมเจอร์เกิดการกระเพื่อม (Ripple) น้อยลงและง่ายต่อการบรรจุและรื้อขดลวดอาร์เมเจอร์ เพื่อซ่อมแซมเช่นเดียวกัน

(ค) เป็นร่องสลอตแบบปิด (Closed Type Slot) ซึ่งสลอตแบบนี้จะทำเป็นอุโมงค์และจะ ก่อให้เกิดผลดังนี้ ค่าอินดักทีฟรีแอกแตนซ์ของขดลวดอาร์เมเจอร์มีค่าเพิ่มขึ้น การพันและการต่อ ขดลวดตัวนำที่อาร์เมเจอร์ยุ่งยากจะต้องใช้วิธีร้อยสอดสายทำให้ ต้นทุนราคาสูงดังนั้นเครื่องกำเนิด ไฟฟ้ากระแสสลับแบบนี้จึงไม่เป็นที่นิยม

โรเตอร์ (Rotor)

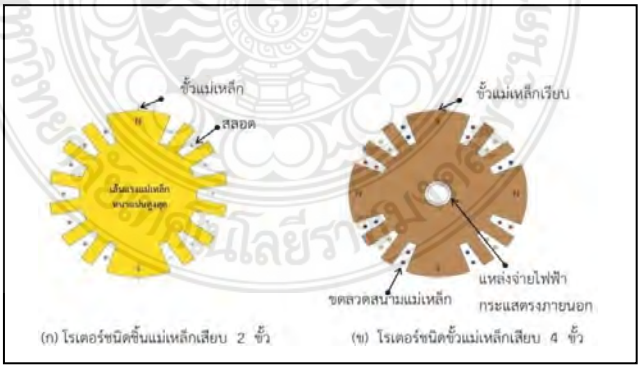
โรเตอร์หรือส่วนที่หมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับนั้นแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. โรเตอร์แบบเซเลี้ยน โพล (Salient-Pole Type) เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบนี้ขั้วแม่เหล็กที่ยื่นออกมาจะมีขนาดใหญ่ จำนวนขั้วตั้งแต่ 4 ขั้วขึ้นไปนิยมใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความเร็วรอบต่ำและความเร็วปานกลาง ที่ใช้ขับได้แก่เครื่องยนต์ดีเซล (Diesel Engine) และกังหันน้ำ (Water Turbine) มีลักษณะดังในภาพที2.14



รูปที่ 2.14 โรเตอร์ชนิดขั้วแม่เหล็กยื่นออกมา

2. โรเตอร์แบบนันเซเลี้ยน โพล (Non–Salient Pole Rotor) นิยมใช้กับเครื่อง กำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความเร็วรอบสูง เช่นได้แก่กังหันไอน้ำ (Steam turbine) มีขั้วแม่เหล็ก 2 ขั้วหรือ 4 ขั้ว ดังนั้นโครงสร้างจึงออกแบบให้เรียบเพื่อเลี่ยงแรง เหวี่ยงหนีศูนย์กลาง และลดการสูญเสียเนื่องจาก แรงต้านของลม (Windage Loss) บริเวณ ขั้วแม่เหล็กจะไม่มีร่องสลอตโรเตอร์ประกอบด้วยแท่งเหล็ก ทรงกระบอกและทำ เป็นร่องสลอตเพื่อบรรจุขดลวด

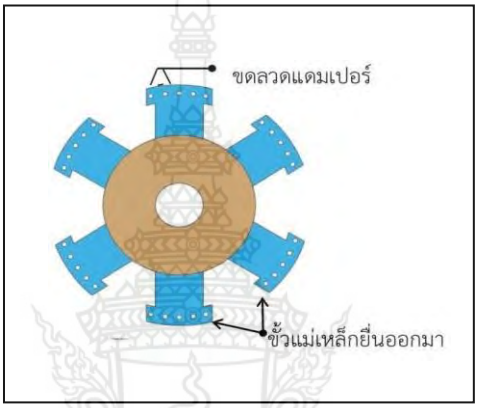


รูปที่ 2.15 โรเตอร์แบบนันเซเลียนโพล

ขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าจะอยู่บริเวณกึ่งกลางและมีความหนาแน่นของสนามแม่เหล็กจะมากที่สุด โดยมีขดลวดสนามแม่เหล็กพันล้อมรอบโรเตอร์ชนิดนี้จะไม่มีขั้วยื่นออกมา (Non Salient Pole) ส่วนมาก

จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เมตร ซึ่งถือว่ามีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็ก แต่จะมี แกนยาวเป็น รูปทรงกระบอก โครงสร้างแบบนี้จะทำให้เกิดการสมดุลดีกว่าชนิดมีขั้วแม่เหล็กยื่นออกมาจึงสามารถ หมุนด้วยความเร็วสูงได้การสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานน้อย

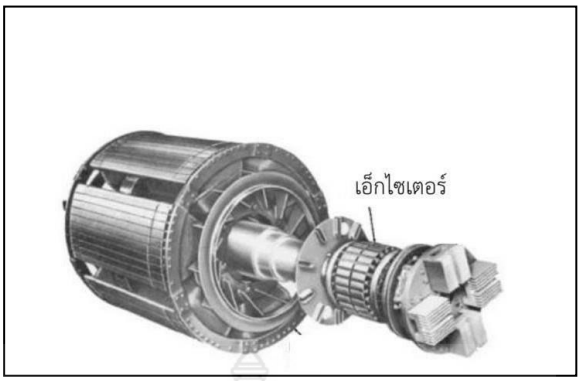
ขดลวดแดมเปอร์ (Damper Winding) จะมีลักษณะเป็นแท่งทองแดงถูกต่อ ลัดวงจรเข้าด้วยกันด้วยวงแหวนทองแดงทั้ง 2 ด้านของโรเตอร์และฝังอยู่ในโรเตอร์เหมือนกรง กระรอก (Squirrel Cage) ขดลวดแดมเปอร์มีประโยชน์ในการป้องกันการสั่นหรือการแกว่งของโรเตอร์ เมื่อความเร็ว ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ



รูปที่ 2.16 รูที่ปลายขั้วสำหรับใส่ขดลวดแดมเปอร์

เอ็กไซเตอร์ (Exciter)

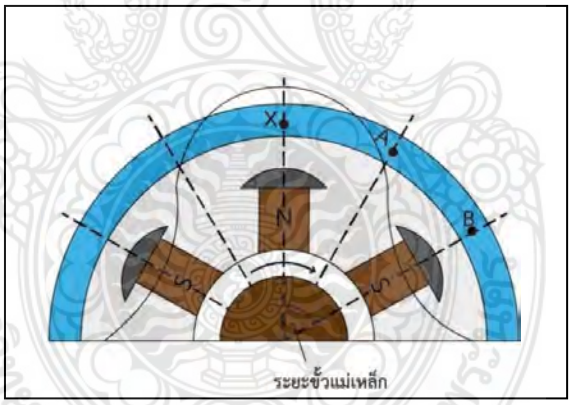
คือเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบสนามแม่เหล็กกระตุ้นด้วยตัวเอง ซึ่งติดตั้งอยู่ที่เพลาเดียวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเอ็กไซเตอร์นี้จะต้องเป็นเครื่อง กำเนิดไฟตรงแบบ Flat Compound-Wound เพราะว่าแบบนี้เมื่อกระแสเกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดันค่อนข้างคงที่ทำหน้าที่ ผลิตกระแสไฟตรงให้กับขดลวดสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระแสสลับขนาดใหญ่มักจะเลือกใช้วิธีการ Excitation ด้วยชุด เรียงกระแสสลับไร้แปรงถ่านเพราะ การบำรุงรักษาน้อยกว่าที่ใช้แบบสลิปริงและแปรงถ่าน



รูปที่ 2.17 เอ็กไซเตอร์

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (N) ความถี่ (f) และจำนวนโพล (P)

โดยปกติสนามแม่เหล็กหมุนตัดกับตัวนำจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำกระแสสลับที่มีความถี่ไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบในการหมุน (Rotational Speed ; N) ของโรเตอร์และ จำนวนขั้วแม่เหล็ก (Number of Poles ; P) ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังต่อไปนี้ จากภาพที่ 2.18 ให้ทิศ ทางการหมุนของสนามแม่เหล็กหมุนตามเข็มนาฬิกา (Clockwise) ณ ที่ตำแหน่ง X ซึ่งเป็นตำแหน่ง กึ่งกลางของขั้วเหนือ โดยจะมีความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กสูงสุด (Maximum Flux Density) จึง ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำสูงสุด โดยมีทิศทางเป็นไปตามกฎมือขวาของเฟลมมิ่ง



รูปที่ 2.18 ระยะขั้วแม่เหล็ก

จากภาพที่ 16 ที่ตำแหน่ง A จะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำต่ำที่สุด (Minimum E.M.F.) เพราะว่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กมีค่าต่ำสุด และที่ตำแหน่ง B ตัวนำอยู่ที่ตำแหน่ง กึ่งกลางของ ขั้วแม่เหล็กขั้วใต้ แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะมีค่าสูงสุดอีกครั้งหนึ่งเพราะว่าความหนาแน่น ของเส้นแรง แม่เหล็กที่ตำแหน่ง B นั้นมีค่าสูงสุด แต่ทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นที่ ขั้วใต้จะตรงกันข้ามกับแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจากขั้วเหนือ (ที่ตำแหน่ง X) จะเห็นได้ว่า

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดใน 1 ไซเคิลเมื่อตัวนำเคลื่อนที่ผ่านขั้วแม่เหล็ก 1 คู่ขั้ว คือ เหนือและ ใต้ ดังนั้น ถ้าจะให้

P คือ จำนวนขั้วแม่เหล็กทั้งหมด มีหน่วยเป็น ขั้ว (Pole)

N คือ ความเร็วรอบของการหมุนของโรเตอร์ มีหน่วยเป็น รอบต่อนาที (rpm.)

F คือ ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hz)

เมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 ไซเคิล ตัวนำจะหมุนผ่านขั้วแม่เหล็ก 1 คู่ขั้ว

ดังนั้น จำนวนไซเคิลต่อรอบการหมุน $= \frac{P}{2}$

จากรอบการหมุนต่อวินาที $= \frac{N}{60}$

ดังนั้น ความถี่ $f = \frac{P}{2} \times \frac{N}{60}$

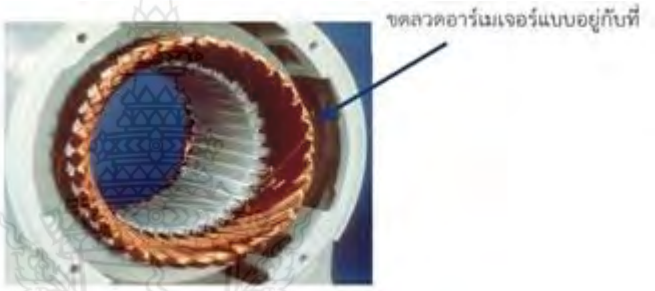
$$f = \frac{PN}{120} \text{ Hz}$$

หรือ $$N = \frac{120f}{P} \text{ rpm.}$$

ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding)

การพันขดลวดอาร์เมเจอร์ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับจะมีวิธีการพันอยู่ 2 แบบ คือการ พันแบบรวม (Concentrated Winding) เป็นการพันที่ด้านของคอยล์ อยู่ตรงกับ ขั้วแม่เหล็กพอดีการเกิแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะเกิดพร้อมกัน เป็นผลรวมทางเลขคณิตอีกแบบคือการพันแบบกระจาย (Distribution Winding) เป็นการพันที่ด้านของคอยล์ไม่ลงอยู่ระหว่างคู่ ขั้วแม่เหล็กการเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจึง เกิดขึ้นไม่พร้อมกันเป็นผลรวมทางเวกเตอร์ของแรงดันลักษณะของขดลวด อาร์เมเจอร์แบบเคลื่อนที่และแบบอยู่กับที่ดังภาพที่2.19

รูปที่ 2.19 ขดลวดอาร์เมเจอร์แบบเคลื่อนที่

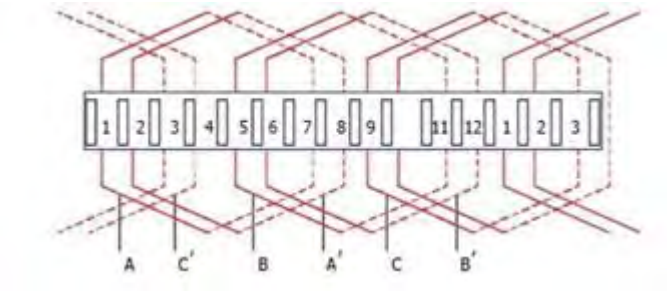


รูปที่ 2.20 ขดลวดอาร์เมเจอร์แบบอยู่กับที่

ชนิดการพันขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) การพันขดลวดอาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งออกเป็น 2 แบบคือการพันขดลวดชนเดียวและการพันขดลวดสองชั้นแต่ละแบบสามารถแบ่งย่อยตามวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน

(1) การพันขดลวดชั้นเดียว (Single Layer Winding) การพันขดลวดอาร์เมเจอร์ชั้นเดียว จำนวนร่องสลอตจะมีจำนวนเป็น 2 เท่าของจำนวนขดลวดที่ใช้ในการพัน ทั้งนี้เพราะว่าในแต่ละสลอต จะมีด้านข้างของขดลวด (Coil Side) เพียงด้านเดียวซึ่งอาจพันขดลวดแบบเต็มระยะหรือแบบไม่เต็มระยะก็ได้

วิธีคำนวณหามุมระหว่างสลอต (B) = $180° \times \frac{1}{\text{จำนวนขั้วแม่เหล็ก}}$ องศา



รูปที่ 2.21 แสดงแผนภาพการพันขดลวดอาร์เมเจอร์แบบเต็มระยะชั้นเดียว

(2) การพันขดลวดแบบสองชั้น (Double Layer Winding) การแบ่งชนิดการพันขดลวดอาร์เมเจอร์แบบสองชั้นแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดสลอตลงตัว (Integral Slot Winding) และชนิด สลอตไม่ลงตัว (Fractional Slot Winding) การพันขดลวดอาร์เมเจอร์ชนิดสลอตลงตัว หมายถึง การพันขดลวดอาร์เมเจอร์ที่มีจำนวนสลอตต่อขั้วต่อเฟสเป็นจำนวนเต็ม เช่น 2,3,4,6 เป็นต้น การพัน ขดลวดแบบนี้อาจเป็นไปได้ทั้งแบบเต็มระยะหรือไม่เต็มระยะ

รูปที่ 2.22 แผนภาพการพันขดลวดอาร์เมเจอร์แบบสองชั้น

ข้อดีของการพันขดลวดแบบสองชั้น คือ

1) รูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีลักษณะใกล้เคียงกับรูปคลื่นไซน์ (Sinusoidal) มากกว่า เนื่องจาก ฮาร์มอนิกลดลงโดยการเลือกช่วงของการพันขดลวดที่เหมาะสม

2) ประหยัดขดลวดทองแดง ถ้าเป็นการพันแบบขดลวดไม่เต็มระยะ

ข้อเสียของการพันขดลวดแบบสองชั้น คือ

1) การซ่อมแซมทำได้ยากกว่าการพันขดลวดแบบชั้นเดียว

2) การพันขดลวดชุดท้าย ๆ สลอตค่อนข้างยุ่งยากเพราะต้องยกขดลวดที่อยู่ด้านล่างทั้งสองข้างออกก่อนแล้วจึงใส่กลับเข้าไปทีหลังเพื่อให้ด้านข้างขดลวดอยู่ด้านบนข้างหนึ่งและอยู่ ด้านล่างข้างหนึ่ง

แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก

แม่เหล็กคือสารแม่เหล็กที่มีโมเลกุลเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ สามารถมีแรงกระทำต่อ สาร แม่เหล็กด้วยกันได้ เมื่อแขวนแม่เหล็กอย่างอิสระขั้วเหนือ (N) จะชี้ทิศขั้วโลกเหนือ ขั้วใต้ (S) จะชี้ทิศ ขั้วโลกใต้ ทำให้เชื่อว่าโลกมีอำนาจแม่เหล็ก โดยขั้วเหนือ (N) ของแม่เหล็ก อยู่ทางขั้วโลกใต้ทาง ภูมิศาสตร์ และมีขั้วใต้ (S) ของแม่เหล็กอยู่ทางขั้วเหนือทางภูมิศาสตร์ โดยมีการทำมุมกันเล็กน้อย

แม่เหล็ก คือ สารที่สามารถดูดเหล็กหรือเหนี่ยวนำให้เหล็กหรือสารแม่เหล็กเป็นแม่เหล็กแบ่งได้

2 ชนิด

1.แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnetic) คือแม่เหล็กที่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กตลอดไปซึ่งได้มาจากการนำเอาลวดทองแดงอาบน้ำยาพันรอบแท่งเหล็กกล้าแล้วปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในขดลวด ทำให้เกิดสนานแม่เหล็กไปดูดเหล็กผลักโมเลกุลภายในแท่งเหล็กกล้าให้มีการเรียงตัวของโมเลกุลอย่างเป็นระเบียบตลอดไปเหล็กกล้าดังกล่าวก็จะคงสภาพเป็นแม่เหล็กถาวรต่อไป

2. แม่เหล็กไฟฟ้า Electromagnets หมายถึง อำนาจแม่เหล็กที่เกิดจากการที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านในวัตถุตัวนำหมายความว่าถ้าปล่อยใหกระแสไฟฟ้าไหลในวัตถุตัวนำจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบๆ ตัวนำนั้นเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดตัวนำจะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นรอบๆเส้นลวดตัวนำนั้น แต่อำนาจแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีเพียงจำนวนเล็กน้อยซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้การจะเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็กทำได้โดยการนำเส้นลวดตัวนำมาพันเป็นขดลวดเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดในแต่ละส่วนของเส้นลวดตัวนำจะเสริมอำนาจกันทำให้มีความเข้มของสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้น

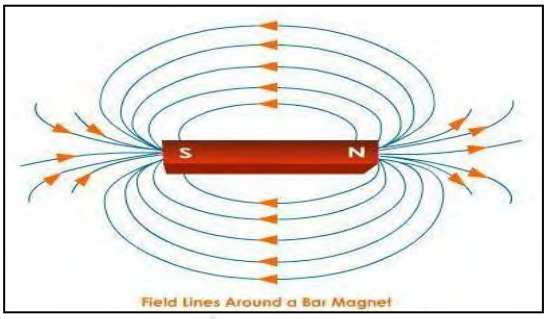
เมื่อนำแท่งแม่เหล็กไปดูดผงตะไบเหล็กผงตะไบเหล็กจะถูกดูดติดกับส่วนต่างๆของแท่งแม่เหล็กและอยู่ใกล้ปลายแท่งแม่เหล็กบริเวณดังกล่าวเรียกว่าขั้วแม่เหล็กถ้าใช้เชือกผูกกึ่งกลางแท่งแม่เหล็กแล้วแขวนแท่งแม่เหล็กนี้ให้อยู่ในแนวราบจะพบว่าแท่งแม่เหล็กจะวางตัวอยู่ในแนวทิศเหนือและทิศใต้ เราเรียขั้วแม่เหล็กที่ชี้ไปทิศเหนือว่า ขั้วเหนือ

ขั้วแม่เหล็กมีแรงกระทำซึ่งกันและกัน ดังนี้

– ขั้วต่างกันออกแรงดึงดูดกัน

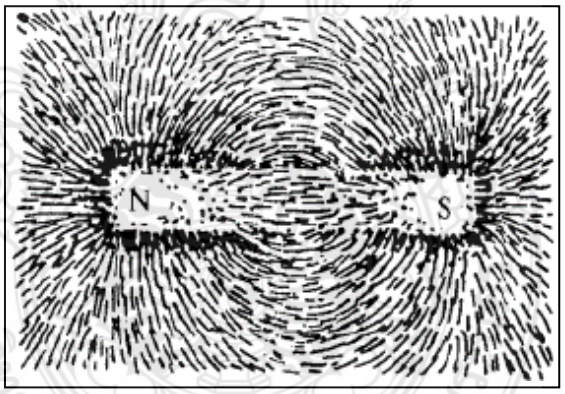
– ขั้วเหมือนกันออกแรงผลักกัน

สนามแม่เหล็ก เมื่อมีแม่เหล็กวางอยู่ ณ ที่ใดก็ตาม แม่เหล็กนั้นจะส่งอำนาจแม่เหล็กออกไป รอบตัวในบริเวรนั้นถ้าเอาแม่เหล็กอื่นหรือวัตถุที่เป็นเหล็กเข้าไปในบริเวณนั้นจะเกิดแรงแม่เหล็กส่งมากระทำทันทีจากแม่เหล็กที่วางอยู่ก่อนนั้นอย่างนี้เราถือว่าแม่เหล็กหรือสารแม่เหล็กที่เรานำเข้าไปทีหลังไปอยู่ ในบริเวณซึ่งเป็นสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กอันแรกถ้าเราถอยแม่เหล็กหรือสารแม่เหล็กนั้นออกมาให้ห่างมากๆแรงแม่เหล็กที่เคยเกิดขึ้นดังกล่าวจะหมดไป หมายความว่า แม่เหล็กอันแรกส่งแรงไปกระทำไม่ถึงจึงเห็นได้ว่าสนามแม่เหล็กคือบริเวณรอบๆแม่เหล็กซึ่งแท่งแม่เหล็กนั้นสามารถส่งอำนาจแม่เหล็กไปถึง



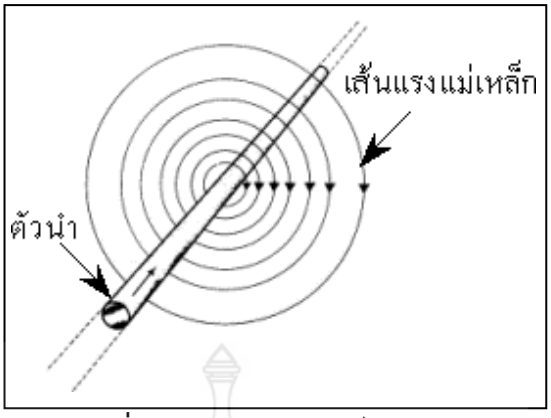
รูปที่ 2.23 รูปแสดงเส้นแรงแม่เหล็กมีทิศออกจากขั้ว N เข้าหาขั้ว S

เส้นแรงแม่เหล็ก เป็นเส้นที่แสดงทิศของสนามแม่เหล็กรอบๆ แท่งแม่เหล็ก นอกจากนั้นยังแสดงความเข้มของสนามแม่เหล็กด้วย ทิศของสนามคือ ทิศของแรงนี้กระทำกับขั้วเหนือ ในสนามแม่เหล็กเส้นแรงแม่เหล็กแสดงให้เห็นได้โดยใช้ผงเหล็กโรยรอบๆ แท่งแม่เหล็ก หรือการระบุตำแหน่งของเข็มทิศ เล็กๆ ณ จุดต่างๆ รอบๆ แท่งแม่เหล็ก การวัดความเข้มของสนามแม่เหล็กที่จุด ๆ หนึ่ง แสดงได้โดย เส้นแรงแม่เหล็กที่อยู่ชิดกัน เส้นแรงแม่เหล็กที่อยู่ภายนอกแท่งแม่เหล็กจะทิศทางออกจากขั้ว N และ วนเข้าหาขั้ว S ส่วนเส้นแรงภายในแท่งแม่เหล็กเอง มีทิศพุ่งจากขั้ว S ไปยังขั้ว N



รูปที่ 2.24 เส้นแรงแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็ก

เมื่อนากระดาษแข็งวางบนแท่งแม่เหล็กโรยเศษผงเหล็กละเอียดบนกระดาษแล้วค่อยๆเคาะด้วยนิ้ว เบาๆ ผงเหล็กจะเรียงตัวตามเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้ว N ไปขั้ว S อย่างสวยงามดังรูปด้านบน โดยในที่ ที่มีเส้นแรงแม่เหล็กเราเรียกว่ามี สนามแม่เหล็ก



รูปที่ 2.25 เส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนา

รูปด้านบนแสดงเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบตัวนาที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปวงกลมโดยเส้นแรงแม่เหล็กมีทิศทางไปในทิศของการขันสกรูเกลียวขวาเมื่อกระแสมีทิศทางพุ่งเข้าและจะไปในทิศการขันสกรูเกลียวซ้ายเมื่อกระแสพุ่งออก

ความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

- จำนวน รอบของการพันเส้นลวดตัวนำ การพันจำนวนรอบของเส้นลวดตัวนำมักเกิด สนามแม่เหล็กมาก ในทางกลับกันถ้าพันจานวนรอบน้อยการเกิดสนามแม่เหล็กก็น้อยตามไปด้วย
- ปริมาณ การไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำกระไฟฟ้าไหลผ่านสนามแม่เหล็กเกิดขึ้น มาก และถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านน้อยสนามแม่เหล็กเกิดน้อย
- ชนิด ของวัสดุที่ใช้ทาแกนของแท่งแม่เหล็กไฟฟ้า วัสดุต่างชนิดกันจะให้ความเข็มของ สนามแม่เหล็กต่างกัน เช่น แกนอากาศจะให้ความเข็มของสนามแม่เหล็กน้อยกว่าแกนที่ทำจากสาร เฟอโรแมกเนติก Ferromagnetic หรือสารที่สามารถเกิดอำนาจแม่เหล็กได้ เช่น เหล็ก เฟอร์ไรท์ เป็นต้น สารเหล่านี้จะช่วยเสริมอำนาจแม่เหล็กในขดลวดทำให้มีความเข็มของสนามแม่เหล็กมากขึ้น
- ขนาดของแกนแท่งแม่เหล็กไฟฟ้า แกนที่มีขนาดใหญ่จะให้สนามแม่เหล็กมากส่วนแกนที่มีขนาดเล็กจะให้สนามแม่เหล็กน้อย

สมบัติทางแม่เหล็กของวัสดุ

สมบัติทางแม่เหล็กของวัสดุขึ้นอยู่กับโครงสร้างของอะตอมและลักษณะการจับตัวของ อะตอม ของธาตุที่ประกอบกันขึ้นเป็นวัสดุและวัดกันที่ผลการตอบสนองของวัสดุต่อสนามแม่เหล็กที่มา เหนี่ยวนำวัสดุ วัสดุอาจถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามค่าเพอร์มีบิลิตีสัมพัทธ์ได้ดังนี้

1. กลุ่มไดอาแมกเนติก (Diamagnetic) ได้แก่วัสดุที่มีเพอร์มีบิลิตีสัมพัทธ์น้อยกว่า1เป็นวัตถุที่แสดงคุณสมบัติแม่เหล็กในเชิงด้านกับสนามแม่เหล็กภายนอกไม่มีโมเมนต์แม่เหล็กถาวรในโครงสร้าง อะตอมโดยที่เมื่อมีสนามแม่เหล็กภายนอกกระทำต่ออะตอมของวัตถุจะทำให้อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ เป็นวงโคจรรอบนิวเคลียสของอะตอมเสียสมดุลเกิดขั้วแม่เหล็กขนาดเล็กขึ้นในอะตอมขั้วแม่เหล็กจะต้านกับสนามแม่เหล็กภายนอก ทำให้เกิดผลในเชิงลบวัตถุจำพวกนี้มีคุณสมบัติค่าสภาพรับไว้ในเชิง แม่เหล็กของวัตถุมีค่าเป็นลบ ตัวอย่างแร่ที่มีคุณสมบัติแม่เหล็กประเภทนี้ได้แก่ ควอตซ์ เกลือหิน แคล ไซ เป็นต้น

2. กลุ่มพาราแมกเนติก (Paramagnetic) ได้แก่ วัสดุที่มีเพอร์มีบิลิตีสัมพัทธ์มากกว่า 1 เล็กน้อย เป็นวัตถุที่เมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กภายนอก วัตถุจะถูกเหนียวนำให้มีสภาพเป็นแม่เหล็กนั่นคือ ใน โครงสร้างอะตอมของวัตถุจำพวกนี้มีโมเมนต์แม่เหล็กถาวรประกอบอยู่แต่การเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ ดังนั้นเมื่อถูกเหนียวนำจึงมีการเรียงตัวของโมเมนต์แม่เหล็กไปตามสนามแม่เหล็กที่มีห้องนำการเรียง ตัวจะไม่เป็นระเบียบอย่างสมบูรณ์และเมื่อนำสนามแม่เหล็กออกไปวัตถุนั้นก็จะไม่มีความเป็น แม่เหล็กอีกต่อไปวัตถุจำพวกนี้มีคุณสมบัติของสภาพรับไว้เชิงแม่เหล็กของวัตถุเป็นค่าบวกและมีค่าอยู่ ระหว่างวัตถุที่มีคุณสมบัติแม่เหล็กจำพวกนี้ได้แก่วัตถุทุกชนิดที่ไม่ใช่วัตถุจำพวกไดอะแมกเนติก

3. กลุ่มเฟอร์โรแมกเนติค (Ferromagnetic) ได้แก่วัสดุที่มีเพอร์มีบิลิตีสัมพัทธ์มากกว่า 1 มาก ๆ เมื่อถูกเหนี่ยวนำด้วยสนามแม่เหล็ก เฟอร์โรแมกเนติกก็จะแสดงอำนาจแม่เหล็กขึ้นมาทั้งนี้ธาตุที่เป็น เฟอร์โรแมกเนติกได้แก่ เหล็ก นิกเกิล โคบอลต์ แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnets) แม่เหล็กถาวรคือเฟอร์โรแมกเนติกที่สามารถรักษาสภาพความเป็นแม่เหล็กไว้ได้ภายหลังจากที่ สนามแม่เหล็กที่มาเหนี่ยวนำได้หมดไปแล้วแม่เหล็กถาวรมีทั้งพวกที่เป็นโลหะผสมและพวกที่เป็น เซรามิคพวกหลังนี้ มีชื่อว่าแม่เหล็กเซรามิค (Ceramic magnets) แม่เหล็กอ่อน (Soft magnets)

แม่เหล็กอ่อน ได้แก่ เฟอร์โรแมกเนติที่ไม่สามารถรักษาสภาพความเป็นแม่เหล็กไว้ได้ ภายหลังที่สนามแม่เหล็กที่มาเหนี่ยวนำหมดไป ตัวอย่างแม่เหล็กอ่อนที่สำคัญได้แก่ เหล็กกล้าผสม ซิลิคอนเหล็กกล้าผสมนิกเกิลหรือที่เรียก เป็นชื่อทางการค้าว่า เพอร์มาลลอย (Permalloy) แม่เหล็กทุกชนิดมีสนามแม่เหล็กรอบ ๆ แท่งและมีแรงแม่เหล็กระทำกันระหว่างแม่เหล็ก 2 แท่งเนื่องจาก แรงปฏิกิริยาภายในสนามแม่เหล็กวัตถุใด ๆ ที่ถูกทำให้เป็นแม่เหล็กได้ก็จะกลายเป็นแม่เหล็กและจะกลายเป็นแม่เหล็กเมื่อวางไว้ในสนามแม่เหล็กการเคลื่อนที่ของประจุ (ปกติคืออิเล็กตรอน) ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กเช่นเดียวกัน

1. Pole: ขั้วแม่เหล็ก เป็นจุดบนแท่งแม่เหล็ก ซึ่งแรงแม่เหล็กจะปรากฏอย่างเข้มที่นั่นแม่เหล็กมี 2 ขั้ว ขั้วเหนือ และขั้วใต้ (ระบุได้โดยให้แท่งแม่เหล็กวางตัว ในสนามแม่เหล็กโลก) แท่งแม่เหล็กทั้งหมดมีขั้วแต่ละชนิดเท่ากัน กฎข้อแรกของแม่เหล็กกล่าว ขั้วต่างกันดูดกัน และขั้ว เหมือนกันผลัก กัน

2. Magnetic axis: แกนแม่เหล็กเป็น เส้นที่ลากผ่านขั้วเหนือและขั้วใต้ ของแท่งแม่เหล็ก แบ่งให้เห็นความสมดุลของสนามแม่เหล็ก

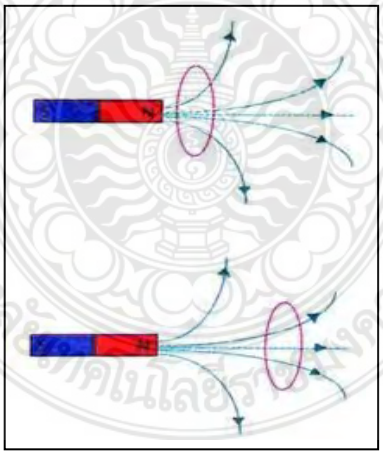
3. Ferromagnetic: สารแม่เหล็กหมายถึงวัตถุที่เป็นแม่เหล็กอย่างแรง (ทำให้เป็นแม่เหล็กได้ ง่าย) ได้แก่ เหล็กนิเกิลโคบอลต์และสารประกอบของโลหะเหล่านี้แบ่งเป็นสารแม่เหล็กถาวรและสาร แม่เหล็กชั่วคราว แม่เหล็กผสมทำด้วยสารแม่เหล็กหลายชนิดดังกล่าว ทำให้เป็นของแข็ง ด้วยความ ร้อนและความกดดันสามารถทำให้เป็นสารแม่เหล็กถาวรมากขึ้น หรือสารแม่เหล็ก ชั่วคราว โดยการ เปลี่ยนส่วนผสมของสารที่ใช้

4. Hard สารแม่เหล็กถาวร เป็นสารแม่เหล็กที่ไม่เสียอำนาจแม่เหล็กง่ายหลังจากถูกทำให้เป็น แม่เหล็กแล้ว เช่น เหล็กกล้า แม่เหล็กที่ทำด้วยสารเหล่านี้เรียกว่า แม่เหล็กถาวร

5. Soft สารแม่เหล็กชั่วคราว เป็นสารแม่เหล็กที่ไม่สามารถรักษาอำนาจแม่เหล็กได้นานหลังจากถูกทำเป็นแม่เหล็กแล้ว เช่น เหล็กธรรมดา แม่เหล็กที่ทำด้วยสารแม่เหล็กประเภทนี้เรียกว่า แม่เหล็ก ชั่วคราว สภาพแม่เหล็กที่หลงเหลือในสารแม่เหล็กชั่วคราวเรียกว่า แม่เหล็กตกค้าง

ฟลักซ์แม่เหล็ก

การศึกษาสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็ก พบว่าเส้นสนามแม่เหล็กแผ่ออกจากขั้วเหนือเป็น บริเวณสามมิติ บริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กทั้งสองจะมีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่นยิ่งกว่าบริเวณอื่น ถ้า พิจารณาพื้นที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก เรียกเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่นี้ว่าฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux) พบว่าบริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กจะมีฟลักซ์แม่เหล็กหนาแน่นและฟลักซ์แม่เหล็กจะ หนาแน่นน้อยลงเมื่อบริเวณอยู่ห่างขั้วแม่เหล็ก ดังภาพที่2.26



รูปที่ 2.26 รูปฟลักซ์แม่เหล็ก

อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ตั้งฉากกับสนามหนึ่งตารางห น่วย เรียกว่า ขนาดของ สนามแม่เหล็ก หรือ ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก magnetic flux density

ถ้าให้ Φ เป็นขนาฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ มีหน่วยเวเบอร์ weber หรือ Wb A เป็นพื้น ที่ที่ตั้งฉากกับฟลักซ์แม่เหล็กมีหน่วยตารางเมตร

B เป็นความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก หรือขนาดของสนามแม่เหล็ก

จะได้ความสัมพันธ์ ดังนี้ $B = \frac{\Phi}{A}$

สนามแม่เหล็กมีหน่วยเวเบอร์ต่อตารางเมตร หรือเทสลา tesla หรือ T

2.4 แบตเตอรี่ (Battery)

คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานเพื่อไว้ใช้ต่อไป ถือเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงาน เคมีให้เป็นไฟฟ้าได้โดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก galvaniccell ที่ประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบ พร้อมกัสารละลายอิเล็กโตรไลต์(electrolyte solution แบตเตอรี่อาจประกอบด้วยเซลล์กัลวานิก เพียง1เซลล์หรือมากกว่าก็ได้แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บไฟฟ้าเท่านั้นไม่ได้ผลิตไฟฟ้าสามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ (recharge)ได้หลายครั้งและประสิทธิภาพจะไม่เต็ม 100% จะอยู่ที่ประมาณ 80% เพราะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปความร้อนและปฏิกิริยาเคมีจากการประจุ/จ่าย ประจุนั่นเอง แบตเตอรี่จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงและเสียหายได้ง่ายหากดูแลรักษาไม่ดีเพียงพอหรือ ใช้งานผิดวิธีรวมถึงอายุการใช้งานของแบตเตอรี่แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปเนื่องด้วยวิธีการใช้ ,การ บำรุงรักษา ,การประจุและอุณหภูมิฯลฯแบตเตอรี่ที่เหมาะสำหรับใช้งานกับระบบไฟฟ้าพลังงาน แสงอาทิตย์มากที่สุดคือแบตเตอรี่แบบจ่ายประจุสูง (Deep discharge battery) เพราะถูกออกแบบให้สามารถจ่ายพลังงานปริมาณมากหรือน้อยได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ โดยไม่เกิดความเสียหาย เราจะสามารถใช้ไฟฟ้าที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่นี้ได้อย่างต่อเนื่องถึง80%โดยแบตเตอรี่ไม่ได้รับความเสียหายซึ่งต่างจากแบตเตอรี่รถยนต์ที่ถูกออกแบบให้จ่ายพลังงานสูงในช่วงเวลาสั้ นๆถ้าใช้ไฟฟ้า มากกว่า20-30%ของพลังงานที่เก็บอยู่จะทำให้อายุการใช้งานสั้นลงได้ส่วนมากแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบ โซลาร์เซลล์จะมีลักษณะที่ฝาครอบด้านบนเปิดออกได้เพื่อให้สามารถตรวจสอบเซลล์และเติมน้ำใน เวลา ที่จำเป็นได้ เรียกว่าแบตเตอรี่แบบเซลล์เปิด (Open cell หรือ Unsealed หรือ Flooded cell battery) มีบางชนิดที่ถูกปิดแน่นและไม่ต้องการการซ่อมบำรุง เรียกว่าแบตเตอรี่แบบไม่ต้องดูแล รักษา (Maintenance free หรือ Sealed battery) ซึ่งทั้ง2ชนิดที่ว่ามานั้นหายากและราคาสูงมาก

แบตเตอรี่แบ่งออกเป็น2ประเภท

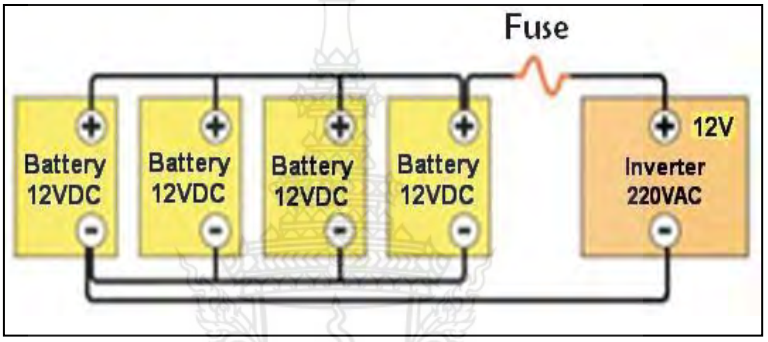
1.ชนิดแห้ง Dry Cell คือพวกถ่านไฟฉาย

2.ชนิดน้ำ Wet Cell มี2ชนิดคือ

2.1แบตเตอรี่ด่างเช่นแบตเตอรี่ในมือถือ,วิทยุสื่อสาร

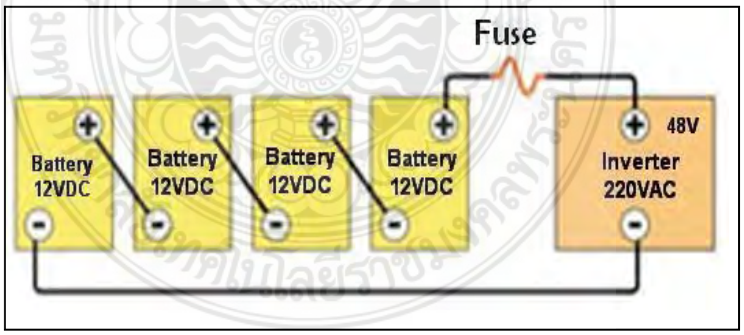
2.2 แบตเตอรี่ตะกั่ว–กรด Lead –Acid Battery คือ แบตเตอรี่ที่ใช้ในรถยนต์ทั่วไป, Traction Battery ใช้ในรถยกไฟฟ้า เป็นต้น

ถ้าต้องการกระแสให้สูงมากขึ้น ให้นำแบตเตอรี่หลายลูกมาต่อกันแบบขนานเพื่อให้ได้กระแสสูงขึ้นตามต้องการให้ใช้งานได้ยาวนานขึ้น



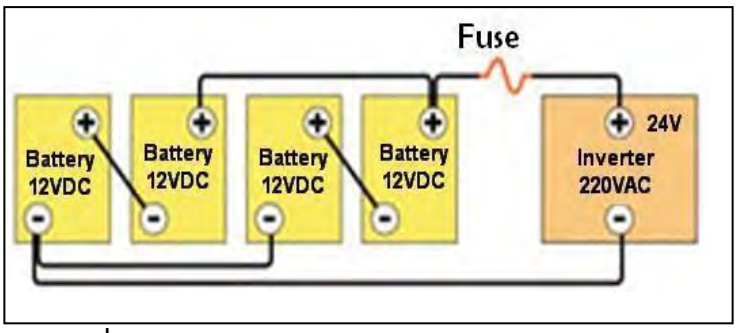
รูปที่ 2.27 รูปแสดงการต่อแบบขนาน

ถ้าต้องการแรงดันมากขึ้น ให้นำแบตเตอรี่หลายลูกมาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันสูงขึ้นตาม ต้องการ



รูปที่ 2.28 รูปแสดงการต่อแบบอนุกรม

ถ้าต้องการแรงดันและกระแสมากขึ้น ให้นำแบตเตอรี่มาต่อกันแบบอนุกรมผสมกับแบบขนาน



รูปที่ 2.29 รูปแสดงการต่อแบบอนุกรมผสมกับแบบขนาน

แบตเตอรี่ทำงานอย่างไร

แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด ประกอบด้วยเซลล์หรือหมู่ของเซลล์ต่อเข้าด้วยกัน ในหมู่ของเซลล์ประกอบขึ้นด้วยกลุ่มของแผ่นธาตุทั้งแผ่นบวกและแผ่นลบ ซึ่งแผ่นธาตุทั้งบวกและลบทำจากโลหะต่างชนิดกันกั้นด้วยฉนวน เรียกว่า แผ่นกั้น โดยนำมาจุ่มไว้ใน ELECTROLYTE หรือที่เรียกว่า น้ำกรดผสม (Sulfuric Acid) น้ำกรดผสมจะทำปฏิกิริยากับแผ่นธาตุในเชิงเคมี เพื่อเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็น พลังงานไฟฟ้า และแต่ละเซลล์สามารถจ่ายประจุไฟฟ้าได้ประมาณ 2 โวลต์ เซลล์ของแบตเตอรี่ ส่วนมากจะถูกนำมาต่อเข้ากับ แบบอนุกรม (Series) ซึ่งจะเพิ่มโวลต์หรือแรงดันขึ้นเรื่อย ๆ เช่น แบตเตอรี่ 12 โวลต์ จะต้องใช้จำนวนเซลล์ 6 เซลล์ มาต่อกันแบบอนุกรมแบตเตอรี่ 24 โวลต์ ใช้ 12 เซลล์ เป็นต้น

การเกิดพลังงานไฟฟ้า แผ่นธาตุสองชนิด แผ่นบวก คือ LEAD DIOXIDE และ “แผ่นลบ” คือ SPONGE LEAD ถูกนำมาจุ่มลงในกรดผสม แรงดัน (Volt) ก็จะเกิดขึ้นที่ขั้วทั้งสอง เมื่อระบบ แบตเตอรี่ครบวงจร กระแสก็จะไหลทันทีเพื่อเปลี่ยนพลังงานเคมีออกมาเป็นพลังงานไฟฟ้า ในกรณีนี้ เรียกว่า “การคายประจุไฟ” (Discharge) ซึ่งตัวกรดในน้ำกรดผสมจะวิ่งเข้าทาปฏิกิริยาต่อแผ่นธาตุทั้ง ทางบวกและลบโดยจะค่อยๆ เปลี่ยนสภาพของแผ่นธาตุทั้งสองชนิดให้กลายเป็นตะกั่วซัลเฟรต (Lead Sulfate) เมื่อแผ่นธาตุทั้งบวกและลบเปลี่ยนสภาพไปเป็นโลหะชนิดเดียวกัน คือ ตะกั่วซัลเฟรต แบตเตอรี่ก็จะไม่มีสภาพของความแตกต่างทางแรงดันกระแสก็จะทำให้กระแสหยุดไหลหรือไฟหมด

ความสามารถในการจัดเก็บพลังงาน

ความจุของแบตเตอรี่ในการบรรจุพลังงานมีหน่วยเป็น แอมแปร์-ชั่วโมง Ampere-Hour; Ah พลังงานในแบตเตอรี่ 12 V 100 Ah เท่ากับ 12V x 100Ah หรือ 12V x 100A x 3600s จะได้เท่ากับ 4.32 MJ ถ้าแบตเตอรี่ 100 Ah เท่ากับว่าแบตเตอรี่จะจ่ายกระแส 1 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา
100 ชั่วโมง หรือ แบตเตอรี่ จ่ายกระแส 10 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เช่นเดียวกับแบตเตอรี่จ่ายกระแส 5 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 20 ชั่วโมง ซึ่งทั้งหมดนี้จ่าย กระแส เท่ากับ
100 Ah ทั้งสิ้น จะเห็นได้ว่า แบตเตอรี่ที่มีความจุเท่ากันอาจมีความเร็วในการจ่ายกระแสต่างกันได้ ดังนั้นการจะทราบความจุของแบตเตอรี่ต้องทราบถึง อัตรา การจ่ายกระแสด้วย มักกำหนดเป็น จำนวนชั่วโมงของการจ่ายกระแสเต็มที่การกำหนดขนาดของแบตเตอรี่สำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ นั้น ขึ้นอยู่กับความจุของ แบตเตอรี่ในการจัดเก็บพลังงาน, อัตราการจ่ายประจุสูงสุด, อัตราการประจุ สูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดที่จะนำแบตเตอรี่ไปใช้งาน

(อุณหภูมิที่ได้ผลดีที่สุดของแบ ตเตอรี่ตะกั่ว-กรด คือ 77 F หรือประมาณ 60-80 F)

ข้อควรระวังเกี่ยวกับแบตเตอรี่

1. อย่าให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟเกินความสามารถ (Over Discharge) เพราะทำให้แบตเตอรี่มี อายุการใช้งานสั้นลงกว่าปกติ
2. อย่าประจุไฟแบตเตอรี่มากเกินไป ควรประจุไฟให้ถูกต้องเหมาะสม มิเช่นนั้นแบตเตอรี่จะ เสื่อมสภาพเร็วขึ้น
3. อย่าให้อุณหภูมิของ Electrolyte สูงเกินกว่า 50 °C
4. รักษาแบตเตอรี่ให้แห้ง สะอาดอยู่เสมอ เพื่อป้องกันการรั่วซึมและผุกร่อน
5. อย่านำโลหะหรือเครื่องมือ เช่น ประแจหรือไขควงวางบนสะพานไฟ (Connector) เพราะ อาจเกิดการ Spark สะเก็ดไฟ ทำให้แบตเตอรี่ชารุดเสียหาย
6. อย่าสูบบุหรี่บริเวณที่มีการประจุไฟแบตเตอรี่
7. ตรวจสอบทุกครั้งเมื่อมีการเชื่อมต่อ Plug ของแบตเตอรี่เข้ากับ Plug ของ Charger หรือ Truck ต้องเป็นขนาดเดียวกัน และขั้วบวก ลบ ถูกต้อง
8. อย่าถอดหรือขยับ Plug เมื่อมีการ On Charger หรือ On Key Switch ของ Truck
9. ถอด Plug ออกทุกครั้งเมื่อเลิกใช้ Truck หรือ เลิกการประจุไฟแบตเตอรี่

ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่

ความสามารถในการส่งกระแสออก จะขึ้นอยู่กับอุณภูมิ การจ่ายไฟออกและอัตราจ่ายไฟออก คุณสมบัติประจำตัวของแบตเตอรี่ดังกล่าวนี้รียกว่า ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่

ตารางที่ 2.1 แสดงอุณภูมิซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของแบตเตอรี่

ประสิทธิภาพแบตเตอรี่	อุณภูมิของแบตเตอรี่	
	องฟาเรนไฮด์	องศาเซลเซียส
100	80	26.7
65	32	0
50	0	-17.8
10	-45	-42.8

จากตารางที่2.2 แสดงว่าผลอุณภูมิที่เปลี่ยนแปลง จะทำให้ความสามารถในการจ่าย กระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่จ่ายให้กับโหลดต่ำลงไม่ได้ตามที่กำหนดเอาไว้ทั้งยังเป็นค่าจำกัดของค่าที่ จ่ายออกมาดังนั้นแบตเตอรี่ที่ดีจะต้องทำงานในช่วงอุณภูมิที่กำหนดได้เป็นอย่างดี

2.5 DC-DC CONVERTER

ตัวแปลง DC-to-DC ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพาเช่นโทรศัพท์มือถือและคอมแลพ ท็อป ซึ่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่เป็นหลัก อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าวมักประกอบด้วยวงจรย่อยหลาย วงจรซึ่งแต่ละวงจรมีความต้องการระดับแรงดันไฟฟ้าของตัวเองแตกต่างจากที่แบตเตอรี่หรือ แหล่งจ่ายภายนอก (บางครั้งสูงหรือต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้า) นอกจากนี้แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่จะ ลดลงเมื่อพลังงานที่เก็บไว้หมดลง ตัวแปลง DC เป็น DC ที่เปลี่ยนเป็นวิธีการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าจาก แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ ที่ลดลงบางส่วนจึงช่วยประหยัดพื้นที่แทนที่จะใช้แบตเตอรี่หลายก้อนเพื่อ ทำสิ่งเดียวกันให้สำเร็จวงจรแปลง DC-to-DC ส่วนใหญ่จะควบคุมแรงดันไฟฟ้าขาออกด้วย ข้อยกเว้นบางประการรวมถึงแหล่งจ่ายไฟ LED ที่มีประสิทธิภาพ สูงซึ่งเป็นตัวแปลง DC เป็น DC ชนิดหนึ่งที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าผ่าน LED และปั๊มประจุแบบธรรมดา ที่ให้แรงดันไฟฟ้าขาออกเป็นสองหรือสาม เท่าแปลง DC-DC ไปซึ่งได้รับการออกแบบมาเพื่อเพิ่มการเก็บเกี่ยว พลังงานสำหรับระบบเซลล์ แสงอาทิตย์และกังหันลมจะเรียกว่าเพิ่มประสิทธิภาพ การใช้พลังงานหม้อแปลง ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการ แปลงแรงดันไฟฟ้าที่ความถี่ไฟหลัก 50–60 Hz ต้องมีขนาดใหญ่ และหนัก สำหรับกำลังไฟฟ้าที่เกินไม่กี่ วัตต์ สิ่งนี้ทำให้มีราคาแพงและอาจสูญเสีย พลังงานในขดลวดและ เนื่องจากกระแสน้ำวนในแกนของ พวกเขา เทคนิค DC-to-DC ที่ใช้หม้อแปลงหรือ ตัวเหนี่ยวนำทำงานที่ความถี่สูงกว่ามากโดยต้องการ ส่วนประกอบของแผลที่ เล็กกว่าเบากว่า และถูกกว่ามาก ดังนั้นจึง มีการใช้เทคนิคเหล่านี้แม้ว่าจะใช้ หม้อแปลงไฟฟ้า ตัวอย่างเช่นสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้า ในบ้านนิยมที่จะแก้ไข แรงดันไฟเมนเป็น DC ใช้ เทคนิคโหมดสวิตช์เพื่อแปลงเป็น AC ความถี่สูงที่แรงดันไฟฟ้าที่ต้องการจากนั้นโดย ปกติจะแก้ไขเป็น

DC วงจรที่ซับซ้อนทั้งหมดมีราคาถูกกว่าและมีประสิทธิภาพมากกว่าวงจรหม้อแปลงเมนธรรมดาที่มี เอาต์พุตเดียวกัน

การแปลงทางอิเล็กทรอนิกส์

ตัวแปลงอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ได้จริงใช้เทคนิคการสลับ ตัวแปลง DC-to-DC โหมดสวิทช์จะแปลง ระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงหนึ่งไปเป็นอีกระดับหนึ่งซึ่งอาจสูงกว่าหรือต่ำกว่าโดยเก็บพลังงานอินพุตไว้ชั่วคราวแล้วปล่อย พลังงานนั้นไปยังเอาต์พุตที่แรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ที่เก็บข้อมูลอาจอยู่ ในส่วนประกอบเก็บสนามแม่เหล็ก (ตัวเหนี่ยวนำหม้อแปลง) หรือส่วนประกอบเก็บสนามไฟฟ้า (ตัว เก็บประจุ) วิธีการแปลงนี้สามารถเพิ่มหรือลดแรงดันไฟฟ้าได้ การแปลงแบบสวิตชิ่งมักจะประหยัด พลังงานมากกว่า (ประสิทธิภาพโดยทั่วไปคือ 75% ถึง 98%) มากกว่าการควบคุมแรงดันไฟฟ้าเชิงเส้น ซึ่งจะกระจายพลังงานที่ไม่ต้องการเป็นความร้อน อุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ที่เร็วขึ้นและลงเป็น สิ่งจำเป็นเพื่อประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนที่รวดเร็วเหล่านี้รวมกับเอฟเฟกต์กาฝากเลย์เอาต์ เพื่อให้การออกแบบวงจรมีความท้าทาย [5]ประสิทธิภาพที่สูงขึ้นของตัวแปลงโหมดสวิทช์ช่วยลดความ จำเป็นในการใช้ฮีทซิงค์และเพิ่มความทนทานของแบตเตอรี่ของอุปกรณ์พกพา ประสิทธิภาพได้รับการ ปรับปรุงตั้งแต่ปลายทศวรรษที่ 1980 เนื่องจากการใช้พลังงานFETซึ่งสามารถเปลี่ยนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยลดการสูญเสียการสลับที่ความถี่สูงกว่าทรานซิสเตอร์สองขั้วกำลังและใช้วงจรไดรฟ์ที่ซับซ้อนน้อยกว่า การปรับปรุงที่สำคัญอีกประการหนึ่งในตัวแปลง DC-DC คือการเปลี่ยนไดโอดมู่เล่โดยการแก้ไขแบบซิงโครนัสโดยใช้ Power FET ซึ่ง "ความต้านทาน" ต่ำกว่ามากช่วยลดการ สูญเสียการสลับก่อนที่จะมีเซมิคอนดักเตอร์กำลังที่มีอยู่อย่างกว้างขวางตัวแปลงซิงโครนัส DC-to-DC พลังงานต่ำประกอบด้วยเครื่องสั่นไฟฟ้าเชิงกลตามด้วยหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนหลอด สูญญากาศหรือวงจรเรียงกระแสเซมิคอนดักเตอร์หรือหน้าสัมผัสวงจรเรียงกระแสแบบซิงโครนัสบน เครื่องสั่น

ตัวแปลง DC-to-DC ส่วนใหญ่ได้รับการออกแบบให้เคลื่อนย้ายพลังงานไปในทิศทางเดียวเท่านั้นจากอินพุตเฉพาะไปยังเอาต์พุต แต่ทุกยีสลับควบคุมสามารถทำแบบสองทิศทางและสามารถที่จะย้ายอำนาจในทิศทางใดโดยการเปลี่ยนไดโอดทั้งหมดที่มีการควบคุมได้อย่างอิสระมีการปรับปรุงแก้ไขการ ใช้งานแปลงแบบสองทิศทางจะเป็นประโยชน์ตัวอย่างเช่นในการใช้งานที่ต้องการปฏิรูปการเบรคของ ยานพาหนะที่ใช้พลังงานจะถูกส่งไปยังล้อในขณะขับรถ แต่ที่จัดทำโดยล้อเมื่อเบรกแม้ว่าจะต้องการ ส่วนประกอบเพียงเล็กน้อย แต่ตัวแปลงสวิตชิ่งก็มีความซับซ้อนทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่นเดียวกับวงจร ความถี่สูงส่วนประกอบต่างๆจะต้องได้รับการระบุอย่างรอบคอบและจัดเรียงทางกายภาพเพื่อให้ได้ การทำงานที่มั่นคงและเพื่อให้สัญญาณรบกวน

(EMI / RFI) อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ค่าใช้จ่ายของพวกเขาสูงกว่าตัวควบคุมเชิงเส้นในแอพพลิเคชั่น ลดแรงดันไฟฟ้าแต่ต้นทุนของพวกมันลดลงตามความก้าวหน้าในการออกแบบชิป

ตัวแปลง DC เป็น DC มีจำหน่ายในรูปแบบวงจรรวม (ICs) ที่ต้องการส่วนประกอบเพิ่มเติม บางส่วนนอกจากนี้ยังมีตัวแปลงเป็นโมดูลวงจรไฮบริดที่สมบูรณ์พร้อมใช้งานภายในชุดประกอบ อิเล็กทรอนิกส์
ตัวควบคุมเชิงเส้นซึ่งใช้ในการส่งออก DC ที่เสถียรโดยไม่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าอินพุตและโหลดเอาต์พุตจากอินพุตที่สูงกว่า แต่มีเสถียรภาพน้อยกว่าโดยการกระจายโวลต์ - แอมแปร์ส่วนเกินเป็นความร้อน สามารถอธิบายได้ว่าเป็นตัวแปลง DC-to-DC แต่นี่ไม่ใช่เรื่องปกติ การใช้งาน. (อาจกล่าวได้เช่นเดียวกันกับตัวต้านทานแบบหยดแรงดันไฟฟ้าแบบธรรมดาไม่ว่าจะเสถียรโดยตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้าต่อไปนี้หรือซีเนอร์ไดโอด)
นอกจากนี้ยังมีวงจรคูณแรงดันไฟฟ้าแบบ capacitive doubler และวงจรตัวคูณ Dicksonโดยใช้ไดโอดและตัวเก็บประจุเพื่อคูณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้วยค่าจำนวนเต็มโดยทั่วไปจะส่งกระแสไฟฟ้า เพียงเล็กน้อย

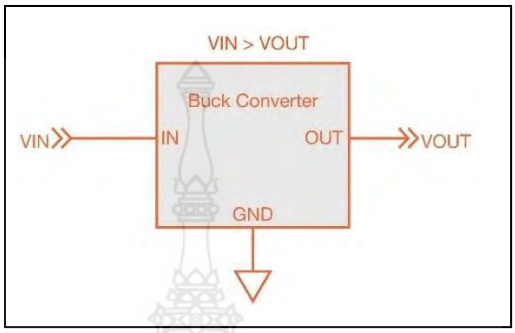
ในตัวแปลง DC-to-DC เหล่านี้พลังงานจะถูกเก็บไว้เป็นระยะ ๆ ภายในและปล่อยออกมาจากสนามแม่เหล็กในตัวเหนี่ยวนำหรือหม้อแปลงโดยปกติจะอยู่ในช่วงความถี่ 300 kHz ถึง 10 MHz ด้วยการปรับรอบการทำงานของแรงดันไฟฟ้าในการชาร์จ (นั่นคืออัตราส่วนของเวลาเปิด / ปิด) ปริมาณพลังงานที่ถ่ายโอนไปยังโหลดสามารถควบคุมได้ง่ายขึ้นแม้ว่าจะสามารถใช้การควบคุมนี้กับกระแส อินพุตได้ก็ตามกระแสไฟขาออกหรือเพื่อรักษากำลังคงที่ ตัวแปลงที่ใช้หม้อแปลงอาจให้การแยก ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตโดยทั่วไปคำว่าตัวแปลง DC-to-DCหมายถึงหนึ่งในตัวแปลงสวิตชิ่ง เหล่านี้

การประยุกต์ใช้ตัวแปลง DC-DC

ตัวแปลง DC-DC ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อผลิตแรงดันไฟฟ้าที่มีการควบคุมอย่างมีประสิทธิภาพจากแหล่งที่มาซึ่งอาจมีหรือไม่สามารถควบคุมได้ดีไปยังโหลดที่อาจจะคงที่หรือไม่ คงที่ บทความนี้จะแนะนำตัวแปลง DC-DC โดยย่อบันทึกตัวอย่างทั่วไปและกล่าวถึงพารามิเตอร์แผ่นข้อมูลที่สำคัญและการประยุกต์ใช้ตัวแปลง DC-DC

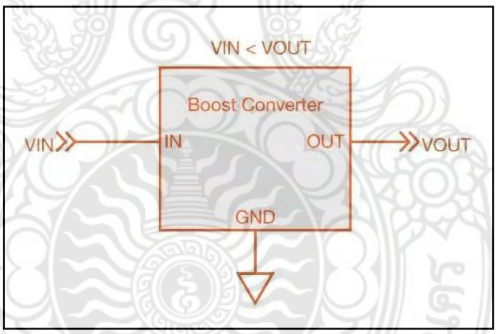
ตัวแปลง DC-DC เป็นวงจรแปลงกำลังความถี่สูงที่ใช้การสลับความถี่สูงและตัวเหนี่ยวนำหม้อแปลงและตัวเก็บประจุเพื่อลดเสียงรบกวนในการเปลี่ยนเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการ ควบคุม ลูปป้อนกลับแบบปิดจะรักษาเอาต์พุตแรงดันไฟฟ้าให้คงที่แม้ว่าจะเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าอินพุต และกระแสเอาต์พุตที่ประสิทธิภาพ 90% โดยทั่วไปมีประสิทธิภาพมากกว่าและมีขนาดเล็กกว่าตัว ควบคุมเชิงเส้น ข้อเสียของพวกเขาคือเสียงรบกวนและความซับซ้อน

ตัวแปลง DC-DC มาในพันธุ์ที่ไม่แยกและแยกต่างหาก การแยกจะพิจารณาจากว่ากราวด์อินพุตเชื่อมต่อกับกราวด์เอาท์พุทหรือไม่สี่โทโพโลยีทั่วไปที่ผู้ผลิตอาจพบว่ามีประโยชน์ ได้แก่ บัคบูสต์ บัคบูสต์และตัวแปลง SEPICตัวแปลงบั๊กลดแรงดันไฟฟ้าลงทำให้แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าขา เข้าสามารถใช้ตัวแปลงบัคเพื่อชาร์จแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนเป็น 4.2 V จากแหล่ง USB 5 V



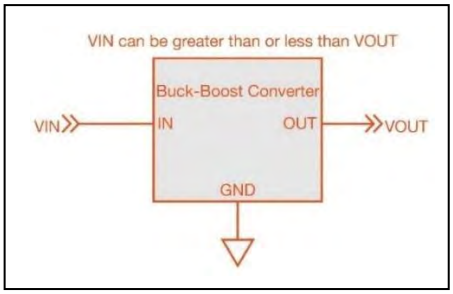
รูปที่ 2.30 ตัวแปลงบัค

ตัวแปลงบูสต์เพิ่มแรงดันไฟฟ้าขึ้นทำให้แรงดันไฟฟ้าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าขาเข้า สามารถใช้ตัว แปลงบูสต์เพื่อขับสตริง LED จากเซลล์ลิเธียมหรือให้เอาต์พุต USB 5 V จากเซลล์ลิเธียม



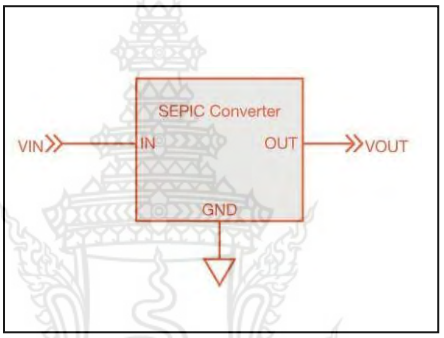
รูปที่ 2.31 Boost converter

ตัวแปลงบั๊กเพิ่มแรงดันไฟฟ้าขึ้นหรือลงทำให้มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับหรือสูงกว่าหรือต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้า ขาเข้าสามารถใช้บัคบูสต์เพื่อให้เอาต์พุต 12 V จากแบตเตอรี่ 12 V แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ 12V อาจแตกต่างกันไประหว่าง 10 V ถึง 14.7 V การเพิ่มบั๊กสามารถจ่ายไฟ LED จากเซลล์เดียวได้ การ ลดลงของ LED ไปข้างหน้าสูงถึง 3 V. เซลล์แบตเตอรี่ลิเธียมอาจแตกต่างกันระหว่าง 2.5 ถึง 4.2 V มีบัคบูสต์ที่ให้แรงดันไฟฟ้าบวกและลบ



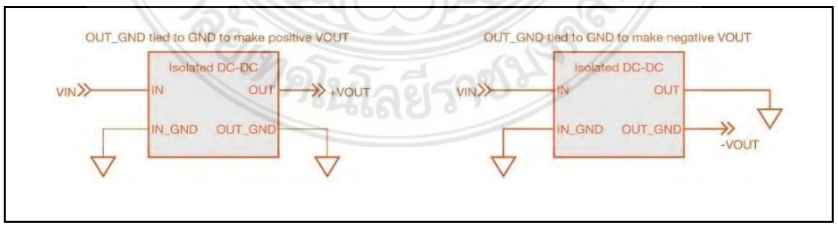
รูปที่ 2.32 ตัวแปลง Buck-boost

ตัวแปลง SEPIC ยังเพิ่มแรงดันไฟฟ้าขึ้นหรือลงทำให้มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับหรือสูงกว่าหรือต่ำกว่า แรงดันไฟฟ้าขาเข้า SEPIC ใช้สำหรับแอพพลิเคชั่นที่คล้ายกันเช่น Buck-Boost แต่มีข้อดีบาง ประการในบางแอปพลิเคชัน



รูปที่ 2.33 ตัวแปลง SEPIC

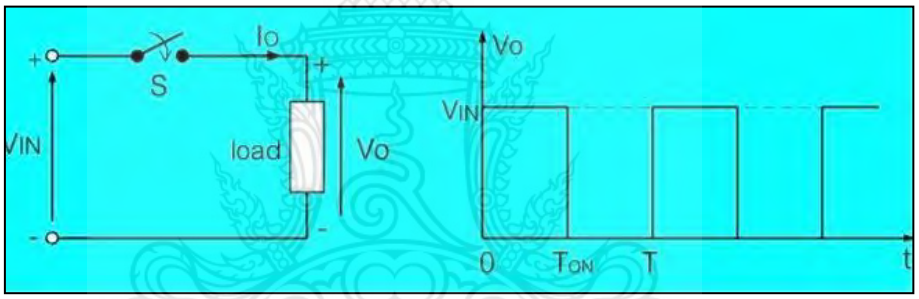
ตัวอย่างที่สำคัญของตัวแปลง DC-DC ที่แยกได้คือตัวแปลงฟอร์เวิร์ดและฟลายแบ็ค ตัวแปลงไปข้างหน้าเป็นตัวแปลงบั๊กแยก ฟลายแบ็คเป็นตัวแปลงเพิ่มที่แยกได้ ตัวแปลงไฟแบบแยกคืออุปกรณ์ที่ไม่ได้เชื่อมต่อกราวด์อินพุตและกราวด์เอาต์พุต สามารถใช้เพื่อสร้างแรงดันไฟฟ้าบวกและลบขึ้นอยู่กับว่าคุณเชื่อมต่อขั้วเอาต์พุตอย่างไร ดูรูปด้านล่าง สำหรับตัวอย่างการสร้างแรงดันเอาต์พุตบวกและลบ ด้วยตัวแปลง DC-DC แบบแยก



รูปที่ 2.34 การใช้ตัวแปลง DC-DC แบบแยกเพื่อสร้างแรงดันเอาต์พุตที่เป็นบวกและลบ

ประสิทธิภาพคือเศษส่วนของกำลังอินพุตที่มาถึงโหลด ตัวแปลง DC-DC บางตัวมีประสิทธิภาพสูงถึง 90% เมื่อใช้ตัวแปลง DC-DC ควรตรวจสอบให้แน่ใจว่าแหล่งจ่ายไฟให้กับตัวแปลง DC-DC สามารถให้พลังงานเพียงพอที่จะอธิบายถึงความไม่มีประสิทธิภาพ กฎง่ายๆคือสมมติว่าตัวแปลง DC-DC มี ประสิทธิภาพ 80% จากนั้นใช้แหล่งที่มีกำลังโหลด 125% ตัวอย่างเช่นหากต้องการโหลด 4 W ให้ใช้ DC-DC 4 W ขับเคลื่อนด้วยแหล่งจ่ายไฟ 5W โดยทั่วไปประสิทธิภาพของตัวแปลง DC-DC จะระบุเป็นเส้นโค้งโดยมีประสิทธิภาพสูงสุดที่กระแสโหลดบางกระแส ประสิทธิภาพอาจต่ำกว่าที่เอาต์พุตกำลังไฟฟ้าต่ำกว่าซึ่งปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในการจ่ายไฟให้กับวงจรนั้นเทียบได้กับกำลังโหลด

DC-DC Converter หรือ DC chopper เป็นวงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้า DC จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่มีค่าคงที่ ให้ได้แรงดันเอาท์พุท DC ที่สามารถปรับค่าได้ตามที่ต้องการ โดยใช้ หลักการ ON และ OFF อิเล็กทรอนิกส์สวิตซ์ หรือ chopping DC voltage โดยทั่วไปจะ นำไปใช้ใน งานต่อไปนี้ รถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าจาก battery รถ forklift hoist ใน เรือสินค้า DC Voltage regulator ประสิทธิภาพสูง เป็นต้น การ ON และ OFF อิเล็กทรอนิกส์ สวิตซ์มีวิธีการ 2 แบบคือ



รูปที่ 2.35 หลักการของวงจร DC-DC converter

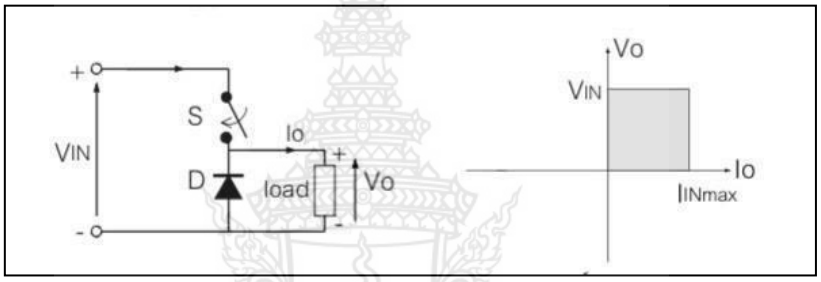
1.แบบ Constant - frequency เป็นวงจร chopper ที่ควบคุมให้ time period (T)
คงที่ แล้วปรับเวลา ON time (Taw) การควบคุมในลักษณะนี้เรียกว่า pulse - width- modulation (PWM)
2.แบบ Variable - frequency เป็นวงจร chopper ที่ปรับ time period โดยการปรับON time หรือ OFF time (T-Tox) การควบคุมแบบนี้เรียกว่า frequency - modulation แต่เนื่องจากการควบคุมในลักษณะนี้ความถี่มีการเปลี่ยนแปลงในย่าน กว้างทำให้ยากในการ filterอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ ที่ใช้ในวงจรมีอยู่ 2 แบบคือ
1. แบบที่ทำให้กระแสหยุดไหลด้วยการบีบบังคับ (forced commutation) คือ SCR จะนำมาใช้ใน งานความถี่ต่ำ

2. แบบที่ทำให้กระแสหยุดไหลได้ด้วยตัวเอง self commutation คือ Power TransistorPower MOSFET GTO และ IGBT จะนำมาใช้ในงานความถี่สูงDC-DC Converter Drives

เนื่องจากอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์และdiodeที่ใช้ในวงจรเป็นอุปกรณ์ที่ให้กระแสไฟฟ้าไหล ผ่านได้ ทางเดียว ดังนั้นทิศทางการไหลของกระแสและpolarityของเอาท์พุต voltage จะถูกกำหนด ด้วย ชนิดของวงจร chopper ที่นำมาใช้ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

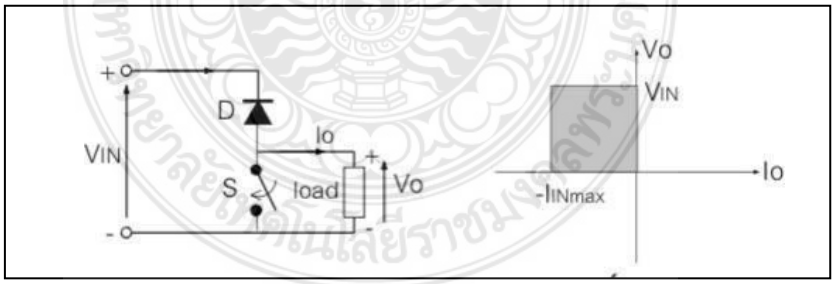
1 Single Quadrant Chopper ในกรณีนี้การทำงานของวงจรจะให้กระแสและ แรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงอยู่ในquadrantเดียว มีการต่อวงจรอยู่ 2 แบบคือ

- ชนิด A เป็นวงจรที่มีการทำงานอยู่ใน quadrant / กำลังไฟฟ้าจะไหลจากแหล่งจ่าย ไฟฟ้าไป ยัง load



รูปที่ 2.36 วงจรchopper ชนิด A

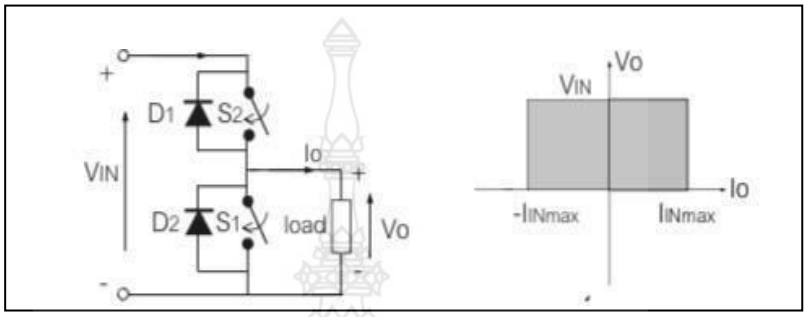
- ชนิด B เป็นวงจรที่มีการทำงานอยู่ใน quadrant II วงจรชนิดนี้กำลังไฟฟ้าจะไหล ออกจาก load จะ เกิดใน active load เช่นการสร้าง regenerative braking ของ dc drives



รูปที่ 2.37 วงจรchopper ชนิด B

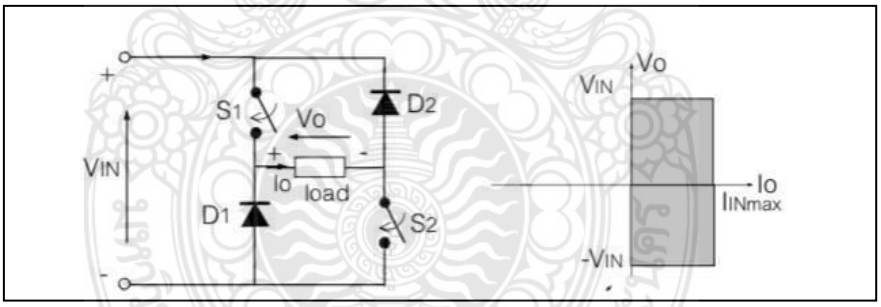
2. Two Quadrant Chopper ในกรณีนี้การทำงานของวงจรจะให้กระแสและ แรงดันไฟฟ้า เปลี่ยนแปลงอยู่ใน 2 quadrant มีการต่อวงจรอยู่ 2 แบบคือ

-ชนิด C เป็นวงจรที่ทิศทางการไหลของกระแส lo สามารถเป็นบวกหรือลบได้ เมื่อ S1 หรือ D1 นำกระแส loจะเป็นลบ แต่ถ้า S2 หรือ D2 นำกระแส จะเป็นบวก ซึ่งจะมีการทำงานอยู่ ใน quadrant I และ II แต่วงจรนี้ถ้า S1 และ S2 ทำงานพร้อมกันจะเกิดการลัดวงจร



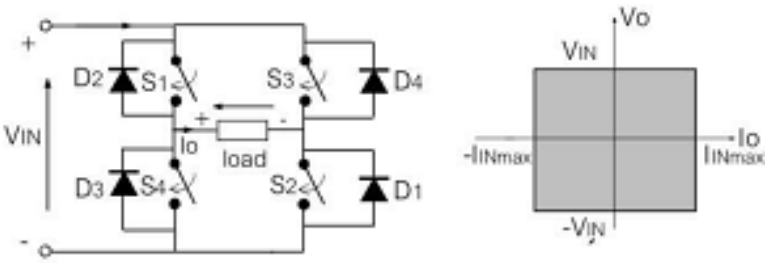
รูปที่ 2.38 วงจรchopper ชนิด C

ชนิด D เป็นวงจรที่กระแส | ไหลได้ทิศทางเดียว แต่แรงดันเอาท์พุทสามารถมี polarity เป็นบวกหรือ ลบได้ วงจรชนิดนี้จะมีการทำงานอยู่ในquadrant และ IV



รูปที่ 2.39 วงจร chopper ชนิด D

3. Four Quadrant Chopper (ชนิด E) ในกรณีนี้การทำงานของวงจรจะให้กระแสและ แรงดัน เปลี่ยนแปลงอยู่ใน 4 Quadrant โดยที่ ถ้า s1 และ S2 ทำงานทิศทางของกระแสและ polarityของ แรงดันจะเป็นบวก (quadrant I) ในขณะที่ถ้า S3 และ S4 ทำงานทิศทางของกระแส และpolarity ของแรงดันจะเป็นลบ (quadrant II) ส่วนquadrant II และ IV จะเป็นการทำงาน แบบ regenerative ด้วย D1 กับ D2 และ D3 กับ D4

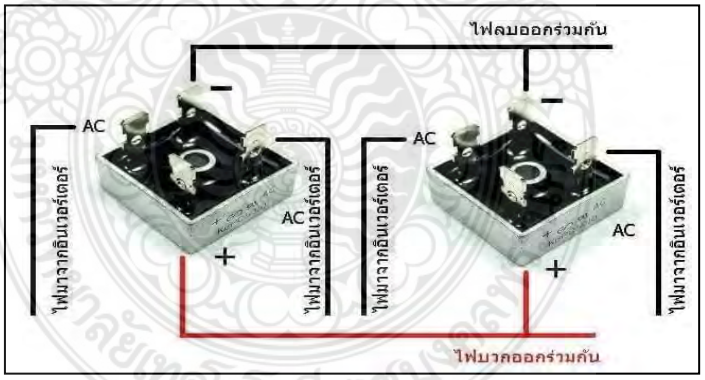


รูปที่ 2.40 หลักการ chopper ชนิด E

2.6 ไดโอดบริดจ์

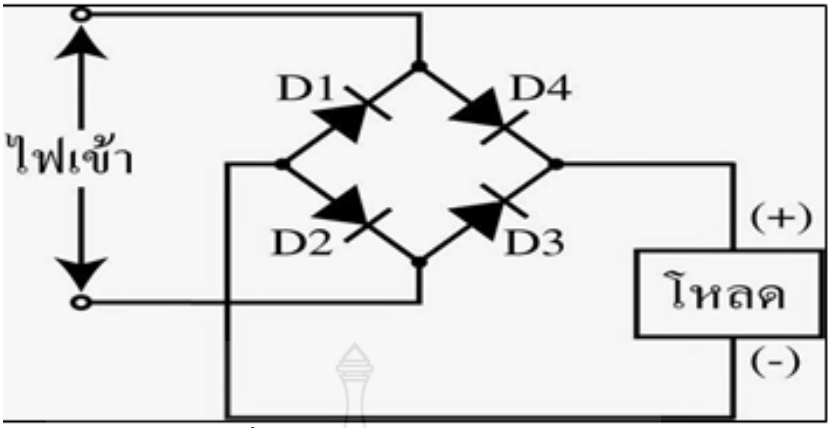
ไดโอดกันไฟย้อน ด้วยคุณสมบัติของไดโอด ที่ ยอมให้กระแสไฟไหลผ่านได้ทิศทางเดียวจึงเหมาะสำหรับการนำมาใช้ในงานโซล่าเซลล์ เพื่อป้องกัน กระแสไฟฟ้าย้อนกลับไปสู่แผงโซล่าเซลล์ ถ้า เป็นการต่ออนุกรมแผงจำนวนไม่มาก กระแสรวม ในวงจรไม่เกินกว่าที่ไดโอดทนได้ ก็ใช้ไดโอดตัว เดียวก็ พอ แต่หากต่อแผงอนุกรมมากกว่าสองแผ่น กระแสใน วงจรจะสูง ควรต่อไดโอดแผงล่ะตัว เพื่อให้ ไดโอดทนกระแสไฟได้นานๆ แต่ถ้าหากต่อกับคอนโทรล ชาร์จไม่จำเป็นต้องมีไดโอดกันไฟย้อนกลับ เนื่องจากในตัวชาร์จเจอร์มีอยู่แล้ว

วิธีการต่อไดโอดบริดจ์ขนานกัน



รูปที่ 2.41 การต่อไดโอดบริดจ์

บริดจ์ไดโอด คือไดโอดสำเร็จรูปที่ต่อกันเป็นแบบแบ่งทางเข้าและทางออกให้เป็นขั่วที่แตกต่าง กัน กล่าวคือเราจะป้อนไฟเข้าทางใหนไม่ว่าจะเป็นไฟกระแสสลับ(AC)หรือไฟกระแสตรง(DC)ภายในบริดจ์ไดโอดจะบังคับให้ไฟนั้นออกไปเป็นไฟบวกและไฟลบเสมอ



รูปที่ 2.42 การทำงานของบริดจ์ไดโอด

ตามรูปแสดงให้เห็นการทำงานของบริดจ์ไดโอด ซึ่งถึงแม้ว่าเราจะต่อไฟทางเข้าเป็นอย่างไร แต่ไฟทางออกก็เหมือนเดิมตลอด ดังนั้นเราสามารถต่อขนานกันได้โดยเอาขั่วที่เหมือนกันมารวมกัน ซึ่งหมายความว่าเราเอาแหล่งผลิตไฟที่เป็นไฮโวลท์จากแผงโซล่าเซลล์หรือจากอินเวอร์เตอร์จีนราคาถูกมาต่อร่วมกันหลายตัวเพื่อให้ได้ไฟไฮโวลท์ออกมามีกระแสมากขึ้นพอที่จะขับปั้มน้ำหรืออินเวอร์เตอร์แบบไฮโวลท์ไปใช้งานต่อไปครับ.

ไดโอดบริดที่มีขายตามท้องตลาดที่ช่างโหน่งเห็นอย่างมากไม่เกิน80แอมป์ครับ ดังนั้นการจ่ายกระแส อาจไม่ดีพอทางออกก็คือเราต้องขนานบริดไดโอดเพิ่มอีกครับ จะสังเกตุเห็นว่าในระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์หากเราต่อไฟจากแผงโดยตรงไฟจะแรงกว่าที่เราต่อผ่านบริดจ์ไดโอดครับ. หากเราต้องการกระแสมากขึ้นทางออกอีกทางหนึ่งคือเราต้องใช้ได้โอดที่มีกระแสสูงมาต่อกันตามรูปแบบบริดจ์เช่นไดโอดขันน็อตที่ทนกระแสได้สูงๆแทนได้อีกทางเลือกหนึ่ง

2.7 ตัวเก็บประจุ

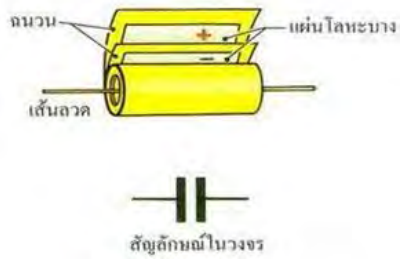
รูปที่ 2.43 ตัวเก็บประจุ

คาปาซิเตอร์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ในการเก็บสะสมประจุไฟฟ้า (Charge) หรือคายประจุไฟฟ้า(discharge) ดังนั้นคาปาซิเตอร์จึงค่อนข้างมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่พิเศษไปจากอุปกรณ์อื่นตรงที่ว่าคาปาซิเตอร์จะต่อต้านไว้ แรงเคลื่อนไฟฟ้าไม่สามารถตกคร่อมคาปาซิเตอร์ได้ใน ทันทีทันใด หากแต่ต้องใช้เวลาให้มันค่อยๆเปลี่ยนแปลงประจุไฟฟ้า ตัวอย่างเช่น เราจ่ายรงเคลื่อนไฟฟ้าให้คาปาซิเตอร์ขนาดแรงเคลื่อนสัก 6 โวลต์ คาปาซิเตอร์จะค่อย ๆ ชาร์จประจุเรื่อย ๆ จาก 0 โวลท์จนถึง 6 โวลต์ เมื่อแรงเคลื่อนถึงจุดสูงสุดแล้วกระแสไฟฟ้าจะไม่สามารถเข้าไปประจุใน คาปาซิเตอร์ได้อีกต่อไป ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรงไหลเข้าไปประจุในคาปาซิเอตร์ ในเวลาสะสมประจุเท่านั้น เมื่อมันรับประจุเต็มแล้วมันจะไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวมันอีก ต่อไปกลายเป็นการกั้นกระแสไปในเวลาเดียวกัน การเก็บประจุของคาปาซิเตอร์ไม่ได้ออกมาใน ลักษณะลิเนียร์(Nonlinear) แต่จะมีคุณสมบัติการเก็บประจุแบบสมการเอกซ์โพเนนเชียล

คาปาซิเตอร์มีหน้าที่ในการ เก็บประจุไฟฟ้า โดยจะสามารถเก็บประจุได้ชั่วขณะภายหลังที่ แหล่งจ่ายกำลังถูกตัดออกไปแล้ว คาปาซิเตอร์อย่างง่ายประกอบด้วยตัวนำ 2 แผ่น กั้นด้วยฉนวนที่ เรียกว่าไดอิเลคตริก ซึ่งอาจเป็นกระดาษ (paper) ฟิล์มพลาสติก (Plastic film) ไมก้า (Mica) แก้ว (Glass) เซรามิก (Ceramic) หรือสูญญากาศ (Vacuum) ก็ได้ แผ่นตัวนำเป็นจานอลูมิเนียมหรือ แผ่นฟิล์มโลหะอย่างบาง (Thin film of metal) ประกบทั้งสองด้านของไดอิเลคตริกในรูปของ ตัวนำ- ไดอิเลคตริก-ตัวนำ เป็นแซนด์วิชแล้วม้วนเป็นรูปทรงกระบอก หรือทิ้งไว้เป็นแผ่นบาง ๆ เช่นเดิม โครงสร้างของตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่รู้จักทั่วไปว่าสามารถเก็บประจุได้ บางทีเรียกว่า คาปาซิเตอร์ ใช้สัญลักษณ์ย่อว่า C มีหน่วยเป็น ฟารัด (F) เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ มีคุณสมบัติในการทำงานเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าไว้ในตัวได้ โดยอาศัยคุณสมบัติของประจุไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าที่ว่าศักย์ไฟฟ้าต่างกันและดูดกันเมื่อนำแผ่นโลหะบาง 2 แผ่นมาวางใกล้กัน พร้อมกับจ่ายศักย์ไฟฟ้าให้แผ่นโลหะทั้ง 2 ต่างศักย์กันจะเกิดเส้นแรงไฟฟ้าจากศักย์ไฟฟ้าทั้ง 2 แผ่น
โลหะดึงดูดกันการดึงดูดของศักย์ไฟฟ้าจากแผ่นโลหะทั้ง 2 แผ่นยังคงมีต่อเนื่องถึงแม้งดจ่ายศักย์ไฟฟ้า
ให้แผ่นโลหะทั้ง 2 แผ่นแล้วก็ตามคุณสมบัติดังกล่าวจึงเรียกแผ่นโลหะทั้ง 2 แผ่นที่อยู่ใกล้กันนี้ว่าตัว เก็บประจุ

ตัวเก็บประจุประกอบด้วยแผ่นโลหะบาง 2 แผ่น ซึ่งอาจเรียกว่าแผ่นตัวนำ (ConductivePlate) วางขนานชิดกันมีฉนวนไฟฟ้าที่เรียกว่าไดอิเล็กตริก (Dielectric) วางคั่นกลางแผ่นโลหะทั้ง

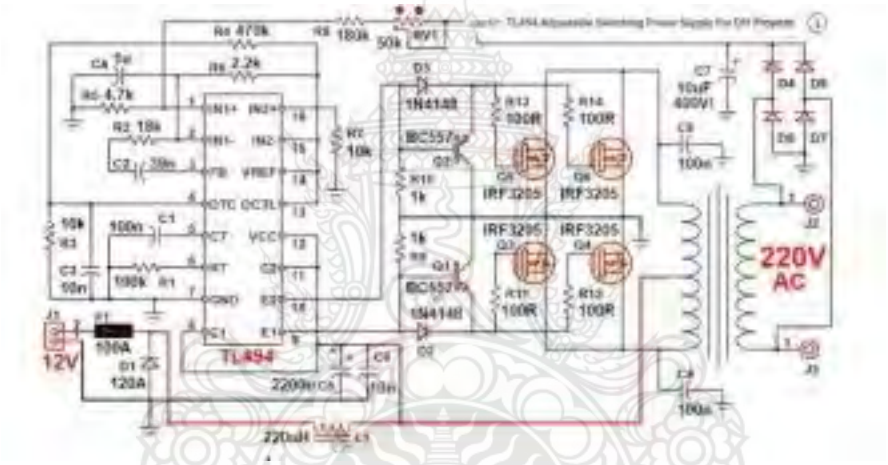


รูปที่ 2.44 ลักษณะโครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุประกอบด้วยแผ่นโลหะบาง 2 แผ่น ซึ่งอาจเรียกว่าแผ่นตัวนำ (Conductive Plate) วาง ขนานชิดกัน มีฉนวนไฟฟ้าที่เรียกว่าไดอิเล็กตริก (Dielectric) วางคั่นกลางแผ่นโลหะทั้ง 2 แผ่น ที่ แผ่นโลหะทั้ง 2 มีลวดตัวนำติดไว้แผ่นละเส้นใช้เป็นขั้วต่อใช้งาน ลักษณะโครงสร้างและสัญลักษณ์ ของตัวเก็บประจุ

2.8 DC – AC Converter

เนื่องจากเรากำลังออกแบบพาวเวอร์ซัพพลายแบบพกพาสำหรับการใช้งานในบ้านและนอกบ้าน เราตอ้งออกแบบที่ไม่เหมือนกนัการใช้งานในบ้านและนอกบ้าน เราต้องออกแบบที่ไม่เหมือนกนั บ้านและการ ใชง้านกลางแจง้เราตอ้งออกแบบที่ไม่มากเกินไป ราคาแพงหรือซับซ้อนเกินไป หลงัจากที่พิจารณามาอย่างถี่ถ้วนแล้วเราตัดสินใจที่จะใช้อินเวอร์เตอร์คลื่นสี่เหลี่ยมเพราะมันไม่ใช่ซับซ้อนเกินกว่าจะออกแบบได้ราคาถูกและสามารถต้านทานไฟฟ้าได้โหลดเหมือน หลอดไฟจึงเหมาะสำหรับความเรียบง่ายการใช้งานที่บ้านและกลางแจ้ง รูปที่5แสดงแผนภาพวงจรของอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.45 แสดงแผนภาพวงจรของอินเวอร์เตอร์

วงจรอินเวอร์เตอร์1000W 12V to 220V DC เป็ น AC TL494 เพื่อเพิ่มระดับ 12V เป็ น 220V โดยมีความเป็นไปได้ในการปรับช่วงที่จำกัดวงจร นี้ใช้IC ไดรเวอร์PWM วัตถุประสงค์ทั่วไป TL494 ด้วยวิธีนี้ยังสามารถ เปลี่ยนรูปร่างของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับเอาท์พุตและเปลี่ยนแปลง เวลาเพื่อให้ได้คลื่นไซน์ AC ที่แก้ไขแล้วของค่า RMS ที่แตกต่างกัน สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าใช้ไฟกระแสสลับ 12-0-12V ถึง 220V AC ให้เก็บขดลวดหลักเดิมไว้หากไม่ได้รับความเสียหาย จากนั้นจึงทำเกลียวศูนย์รอง (จะเป็นขดลวดหลักในภายหลัง) ท าประมาณ 10 รอบและต่อ สายไฟหลักเดิมเข้ากับ สายไฟหลักวัดแรงดัน ไฟบนขดลวดที่กำหนดเองและด้วยการเชื่อมโยงแรงดันไฟหลักแรงดันไฟขาออกและการหมุนของ ขดลวดแบบกำหนดเอง

2.9 AC – DC Converter

การแปลงพลังงานเป็นกระบวนการของการแปลงพลังงานไฟฟ้าจากรูปแบบหนึ่งไปยังอีก แปลงไฟเป็นไฟหรือกลไฟฟ้าอุปกรณ์สำหรับการแปลงพลังงานไฟฟ้า เครื่องแปลงไฟสามารถแปลงกระแสสลับ (AC) เป็นกระแสตรง (DC) และ

ในทางกลับกัน เปลี่ยนแรงดันหรือความถี่ของกระแสหรือทำหลายอย่างรวมกัน ตัวแปลงพลังงานสามารถทำได้ง่าย เหมือนหม้อแปลงไฟฟ้าหรืออาจเป็นระบบที่ซับซ้อนกว่ามาก เช่นตัวแปลงเรโซแนนซ์. คำนี้ยังสามารถอ้างถึงคลาสของเครื่องจักรไฟฟ้าที่ใช้ในการแปลงความถี่หนึ่งของกระแสสลับเป็นอีกความถี่หนึ่ง ระบบแปลงกำลังมักจะรวมเอาความซ้ำซ้อนและการควบคุมแรงดันไฟเข้าไว้ด้วยกัน

ตัวแปลงพลังงานถูกจำแนกตามประเภทของการแปลงพลังงานที่ทำ วิธีหนึ่งในการจำแนกระบบการแปลงกำลังไฟฟ้าขึ้นอยู่กับว่าอินพุตและเอาต์พุตเป็นกระแสสลับหรือกระแสตรง ในที่สุดงานทุกแปลงไฟคือการ ประมวลผลและควบคุมการไหลของพลังงานไฟฟ้าโดยการจัดหาแรงดันไฟฟ้าและกระแสในรูปแบบที่มีความเหมาะสมดีที่สุดสำหรับการโหลดของผู้ใช้ นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์และวิธีการแปลงระหว่างระบบไฟฟ้าที่ออกแบบมาสำหรับการทำงานแบบเฟสเดียวและสามเฟส แรงดันไฟมาตรฐานและความถี่แตกต่างกันไปในแต่ละประเทศและบางครั้งภายในประเทศ ในอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ตอนเหนือ ปกติจะอยู่ที่ 120 โวลต์ 60 เฮิรตซ์ (Hz) แต่ในยุโรป เอเชีย แอฟริกา และส่วนอื่นๆ ของโลก มักจะเป็น 230 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ เครื่องบินมักใช้พลังงาน 400 Hz ภายใน ดังนั้นจึงต้องมีการแปลงความถี่ 50 Hz หรือ 60 Hz เป็น 400 Hz เพื่อใช้ในหน่วยพลังงานภาคพื้นดินที่ใช้ในการจ่ายพลังงานให้กับเครื่องบินขณะที่อยู่บนพื้นดิน ในทางกลับกัน พลังงานภายใน 400 Hz ภายในอาจถูกแปลงเป็น 50 Hz หรือ 60 Hz สำหรับปลั๊กไฟที่สะดวกสำหรับผู้โดยสารระหว่างเที่ยวบินวงจรพิเศษบางวงจรสามารถพิจารณาได้ว่าเป็นตัวแปลงกำลังไฟฟ้า เช่นระบบย่อยของหม้อแปลงฟลายแบ็คที่ให้พลังงานกับCRTซึ่งสร้างไฟฟ้าแรงสูงที่ประมาณ 15 kHz

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้บริโภคมักจะมีอะแดปเตอร์ AC (แหล่งจ่ายไฟชนิดหนึ่ง) เพื่อแปลงกระแสไฟ AC แรงดันไฟหลักเป็น DC แรงดันต่ำที่เหมาะสำหรับการบริโภคด้วยไมโครชิป ตัวแปลงแรงดันไฟฟ้าสำหรับผู้บริโภค(หรือที่เรียกว่า "ตัวแปลงสำหรับการเดินทาง") จะใช้เมื่อเดินทางระหว่างประเทศที่ใช้ไฟหลัก ~120 V กับ ~240 V AC (นอกจากนี้ยังมี "อะแดปเตอร์" สำหรับผู้บริโภคซึ่งสร้างการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าระหว่างปลั๊กไฟและซ็อกเก็ตไฟฟ้ากระแสสลับสองรูปทรงที่แตกต่างกันแต่สิ่งเหล่านี้ไม่ได้เปลี่ยนทั้งแรงดันและความถี่)

วงจรทุติยภูมิลอยตัว เมื่อคุณสัมผัสวงจรทุติยภูมิ คุณเพียงแค่ลากศักยภาพของมันไปที่ศักย์ร่างกายหรือศักย์ดิน จะไม่มีกระแสไหลผ่านร่างกายของคุณ นั่นคือเหตุผลที่คุณสามารถใช้โทรศัพท์มือถือของคุณได้อย่างปลอดภัยเมื่อชาร์จ แม้ว่าโทรศัพท์มือถือของคุณจะมีเปลือกโลหะและเชื่อมต่อกับวงจรทุติยภูมิก็ตาม

การทำงานที่ความถี่สูงและการจ่ายพลังงานต่ำ ตัวแปลงกำลังมีหม้อแปลงขนาดเล็กกว่ามาก เมื่อเทียบกับความถี่พื้นฐาน การใช้งานกำลังสูง โดยปกติในระบบไฟฟ้า หม้อแปลงส่งกำลังพร้อมกัน ไม่มีค่าใช้จ่าย กระแสในขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงมีบทบาทสองประการ:

- มันตั้งค่าฟลักซ์ซึ่งกันและกันตามกฎของแอมแปร์
- มันปรับสมดุลเอฟเฟกต์ล้างอำนาจแม่เหล็กของกระแสโหลดในขดลวดทุติยภูมิ

หม้อแปลงของฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ทำงานต่างกันเหมือนตัวเหนี่ยวนำ ในแต่ละรอบ หม้อแปลงของตัวแปลงฟลายแบ็คจะถูกชาร์จก่อน แล้วจึงปล่อยพลังงานออกสู่โหลด ดังนั้นช่องว่างอากาศของหม้อแปลงของตัวแปลงฟลายแบ็คจึงมีสองหน้าที่ ไม่เพียงแต่เป็นตัวกำหนดความเหนี่ยวนำเท่านั้น แต่ยังเก็บพลังงานไว้ด้วย สำหรับตัวแปลงฟลายแบ็ค ช่องว่างของหม้อแปลงไฟฟ้าสามารถทำหน้าที่ส่งพลังงานผ่านรอบการชาร์จและการคายประจุ

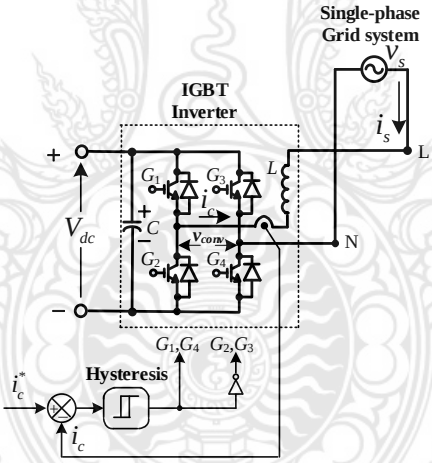
$$W_e = \frac{1}{2}BH = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu}$$

2.10 อินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริด

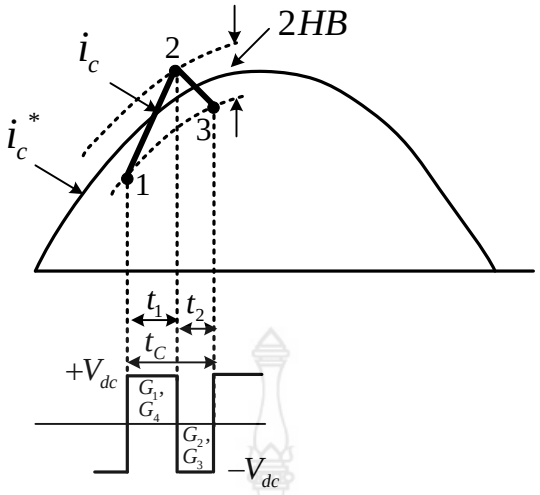
หลักการควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริด 1 เฟส ในบทนี้จะกล่าวถึงเทคนิคการควบคุมกระแสแบบฮีสเตอร์รีซิส เทคนิคของการกรองกำลังแบบแอกตีฟในการคำนวณหากระแสอ้างอิง เทคนิคการสวิตชิ่งแบบโพลาร์พีดับบลิวเอ็ม(Polar PWM) ในการควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริด 1 เฟส เทคนิคการสวิตชิ่งแบบยูนิโพลาร์พีดับบลิวเอ็ม(Unipolar PWM) ในการลดความสูญเสียเนื่องจากการสวิตชิ่ง และสมการกำลังไฟฟ้าในการลดความสูญเสียเนื่องจากการสวิตชิ่ง โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

1.เทคนิคการควบคุมกระแสแบบฮีสเตอร์รีซิส

การนำเทคนิคการควบคุมกระแสแบบติดตามขอบเขตฮีสเตอร์ริซีสมาใช้ในการควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสในการจ่ายกระแสไปยังระบบกริดไฟฟ้า 1 เฟส[33] ที่ไม่มีโหลดเชิงเส้นต่อร่วมกริด แสดงดังภาพที่ 2.46 และภาพที่ 2.47 แสดงกระแสจริงติดตามกระแสอ้างอิงภายในขอบเขตฮีสเตอร์ริซีส



รูปที่ 2.46 การควบคุมกระแสแบบติดตามขอบเขตฮีสเตอร์ริซีสในวงจรอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส



รูปที่ 2.47 รูปคลื่นกระแสอ้างอิง (i_c^*) และกระแสจริง (i_s) ในการกำเนิดสัญญาณพัลส์

การวิเคราะห์หลักการควบคุมกระแสแบบติดตามขอบเขตฮีสเตอร์ริซีส[33] มีหลักการวิเคราะห์การทำงานอยู่ 2 สถานะ คือ เมื่อกระแสจริงของแหล่งจ่ายไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ i_c เดินทางจากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 2 โดยกระแสจริงเคลื่อนที่จากขอบเขตล่างไปยังขอบเขตบนทำให้ความชันของกระแสเพิ่มขึ้น และจากจุดที่ 2 ไปยังจุดที่ 3 กระแสจริงเคลื่อนที่จากขอบเขตบนมายังขอบเขตล่างทำให้ความชันของกระแสจริงลดลง ดังนั้น
G1, G4 และ G2, G3 จะทำงานสลับกัน

2.12 บทสรุป

หลักการนำเทคนิคการควบคุมกระแสแบบติดตามขอบเขตฮีสเตอร์ริซีส *(HB)* มาใช้ในการควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส ในการจ่ายกระแสไปยังระบบกริดไฟฟ้า 1 เฟส โดยสามารถเพิ่มหรือลดที่กระแสอ้างอิง (i_S^*) ในตัวควบคุมดังรูปที่ 2.46

บทที่ 3
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.1 บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันทรัพยากรพลังงานในโลกไม่เพียงพอต่อจำนวน ความต้องการของมนุษย์จึงต้องมีการคิดค้นอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ที่ ประหยัดพลังงานและเป็นพลังงานที่หาได้ง่ายและทุกคนสามารถเข้าถึงได้ ขึ้นมาใช้เพื่อให้มีพลังงานเพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์และช่วยลดความสิ้นเปลืองจากการสูญเสียทรัพยากรพลังงานในแต่ละปี เพื่อให้เพียงพอ ต่อความต้องการใช้พลังงานที่สามารถผลิตเองได้

3.2 การคำนวณหาจำนวนรอบของขดลวดและฟลักซ์แม่เหล็ก

การออกแบบที่ความเร็วรอบ 400 rpm ได้แรงดัน 12 โวลต์ จะสามารถคำนวณหาความถี่และฟลักซ์แม่เหล็กจากสมการที่ 3.1,3.2 และ 3.3

$$f = \frac{N.P}{120} \qquad \text{——— (3.1)}$$

$$= \frac{400\times10}{120}$$

$$= 33 \text{ Hz}$$

จะได้จำนวนฟลักซ์แม่เหล็ก

$$E = 4.44\ \emptyset\ N\ f \qquad \text{——— (3.2)}$$

$$12 = 4.44\ \emptyset\ (360)\ (33)$$

$$\emptyset = \frac{12}{4.44\times33\times360}$$

$$= 0.227 \text{ mWB.}$$

แรงดันที่ต้องใช้ 12 V.ฟลักซ์แม่เหล็ก 0.227 mWB. ความถี่ 33 Hz สามารถหาจำนวนรอบของ ขดลวดได้ดังนี้

$$E = 4.44\ \emptyset\ N\ f \qquad \text{——— (3.3)}$$

$$12 = 4.44\ (0.227 \text{ mWB.})\ (N)\ (33)$$

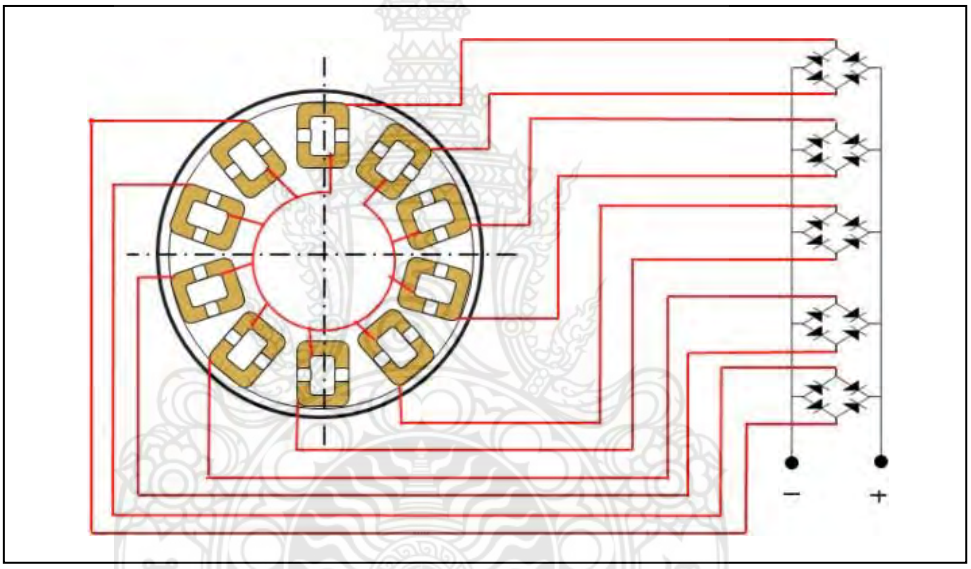
$$N = 360 \text{ รอบ/ชุด}$$

3.3 การออกแบบขดลวด

ออกแบบและคำนวณหาขนาดของขดลวดและระยะห่างในการวางขดลวดที่แผ่นไม้ ขดลวดทั้งหมดที่ใช้งานมีทั้งหมด 10 ชุด ขนาดขดลวดที่อยู่ตรงข้ามกัน (ห่างกัน 180 องศา) จะเป็นเฟส เดียวกันทั้งหมด 5 เฟสต่อแบบสตาร์โดยต้นของขดลวดทั้งหมดจะต่อถึงกันเหลือปลายแต่ละขด ออกมาจากเครื่องกำเนิด 10 เส้นไฟ AC เฟสเดียวกันจะต่อขนานกันแต่ปลายของแต่ละเฟสไม่ได้ต่อถึง กันโดยตรงจะต้องผ่านไดโอดบริดจ์เสียก่อนไม่ต้องคำนึงถึงเฟส เพราะปลายทุกขดต่อผ่านชุดไดโอด บริดจ์อยู่แล้วด้านออกต่อรวมกันเป็นขั้วบวกและขั้วลบจะเหลือสายออกมาจากไดโอดบริดจ์เพียงสอง เส้นเป็นไฟ DC ออกไปใช้งาน

3.2.1 การวางขดลวด

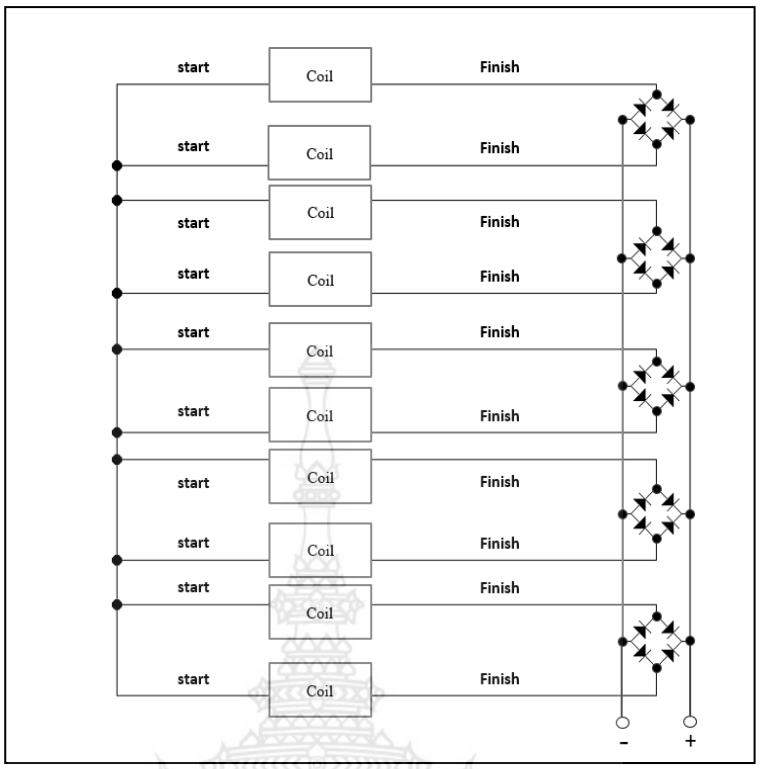
ขดลวดจำนวน 10 ชุดจำนวนพันขดลวด 360 รอบต่อ 1 ชุด โดยต่อเป็น 2 ชุดต่อเฟส ทั้งหมดรวมกันให้ได้ 5 เฟส ในการวางขดลวดในแผ่นไม้วางทำมุมกันแต่ละชุดเท่ากับ 36 องศา



รูปที่ 3.1 ขดลวดต่อเข้าแต่ละเฟสต่อเข้าไดโอดบริดจ์

3.2.2 วงจรการต่อชุดขดลวด

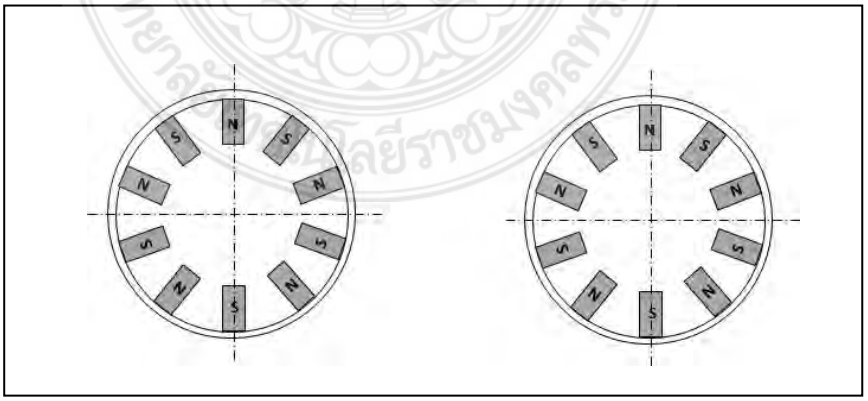
การต่อขดลวดทั้ง 10 ชุด ต้นของขดลวดทั้ง 10 ชุดจะต่อถึงกันทั้งหมดและปลายทั้ง 10 ชุด จะจับกันเป็นคู่ ๆ ต่อเข้ากับวงจรบริดจ์ทำหน้าที่แปลงไฟสลับ (AC) เป็นไฟตรง (DC) โดยใช้ไดโอด บริดจ์จำนวน 5 ตัว 1000V 50A ในการใช้งานต่อขนานกันของแต่ละเฟสซึ่งเอาท์พุตที่ได้จากไดโอดบริดจ์ออกมาเป็นไฟตรงซึ่งจะนำออกไปใช้งานในการชาร์ตแบตเตอร์รี่ขนาด 12 โวลต์



รูปที่ 3.2 วงจรการต่อชุดขดลวดสเตเตอร์เข้าไดโอดบริดจ์

3.3.3 การออกแบบวางแม่เหล็ก

การติดตั้งแม่เหล็ก แม่เหล็กที่ใช้งานมีทั้งหมด 20 แท่งแบ่งเป็น 2 ชุด วางลงในแผ่นจานหมุน ชุดละ 10 แท่งทำการติดตั้งแม่เหล็กโดยการวางแต่ละช่องจะห่างกัน 36 องศา จากนั้นวางแม่เหล็ก สลับระหว่างขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) โดยวางแม่เหล็กตัวแรกลงในแผ่นที่ได้ออกแบบไว้และตัวที่ สองวางถัดไป อย่าให้ขั้วดูดต่อกันการวางแต่ละตัวขั้วแม่เหล็กต้องผลักกัน ทำการวางให้ครบ 10 แท่ง โดยทำให้ครบทั้งหมด 2 ชุด

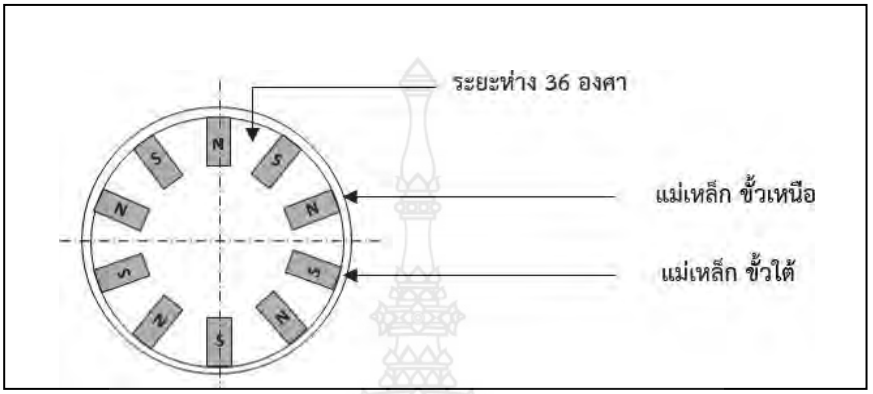


รูปที่ 3.3 การออกแบบวางแม่เหล็ก

3.3.1 การคำนวณหาระยะห่างในการวางของแม่เหล็ก

สูตร $$\frac{\text{จำนวนหนึ่งรอบวงกลม}}{\text{จำนวนของแม่เหล็ก}} = \frac{360}{10}$$

$$= \quad 36 \quad \text{องศา}$$



รูปที่ 3.4 การวางระยะห่างของแม่เหล็ก

จากรูปที่ 3.3 การวางแม่เหล็กนั้นจะต้องทำความสะอาดแผ่นเหล็กโดยการขัดด้านที่จะวางแม่เหล็กให้สะอาดขัดให้เป็นเงาหรือให้เห็นเนื้อเหล็กสีเงินยิ่งและไม่ควรไปแตะต้องแผ่นเหล็กที่ขัดแล้วเพื่อแม่เหล็กนั้นเกาะติดกับจานหมุนการยึดแม่เหล็กโดยแต่ละช่องจะห่างกัน 36 องศา การวางให้ สลับขั้วเหนือและขั้วใต้ทั้ง 10 แท่ง สังเกตโดยการวางแม่เหล็กอันแรกลงในแบบวางที่ยึดติดกับแผ่นเหล็กทำเครื่องหมายไว้ที่แบบที่ต้องการจะวางให้ตรงกันในช่องแล้วนำแม่เหล็กแท่งที่สองจับให้แน่น เคลื่อนแม่เหล็กที่อยู่ในมือ มาที่ด้านบนของแม่เหล็กตัวแรก ถ้าดูดกันแสดงว่าเป็นขั้วเดียวกัน ห้ามวาง ถ้าผลักกันแสดงว่าขั้ว
ต่างกันให้วางแม่เหล็กตัวนั้นในช่องที่อยู่ใกล้แม่เหล็กตัวแรกด้านซ้ายหรือขวาก็ได้โดยอย่ากลับด้านแม่เหล็กทำแบบนี้จนครบทั้ง 10 แท่งแผ่นที่สองก็วางเช่นเดียวกัน แต่ให้สลับขั้วสังเกตจากแม่เหล็กตัวแรกในแผ่นแรกที่ทำเครื่องหมายไว้การวางตัวแรกของแผ่นที่สองแม่เหล็กตัวแรกของแผ่นที่สองจะต้อง ผลักกันกับแม่เหล็กตัวแรก

3.4 ออกแบบฐานรองรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

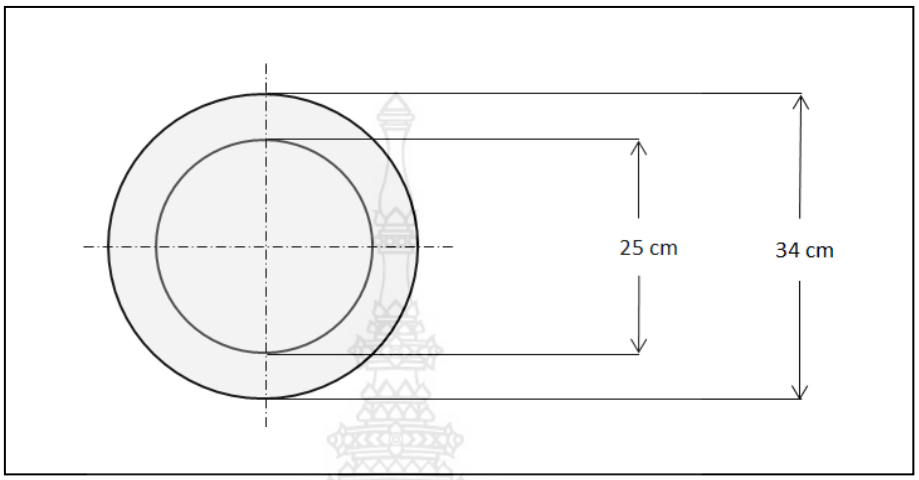
ออกแบบและวัดขนาดฐานเพื่อรองรับขนาดและน้ำหนักของเครื่องกำเนิดแบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลา 5 เฟส วัดขนาดโดยใช้ตลับเมตรและวัสดุที่ใช้ในการทำคือเหล็กกล่องเมื่อวัดขนาดเสร็จแล้วจากนั้นใช้สว่านในการเจาะรูเพื่อยึดเข้ากับตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

รูปที่ 3.5 วัดขนาดของฐาน

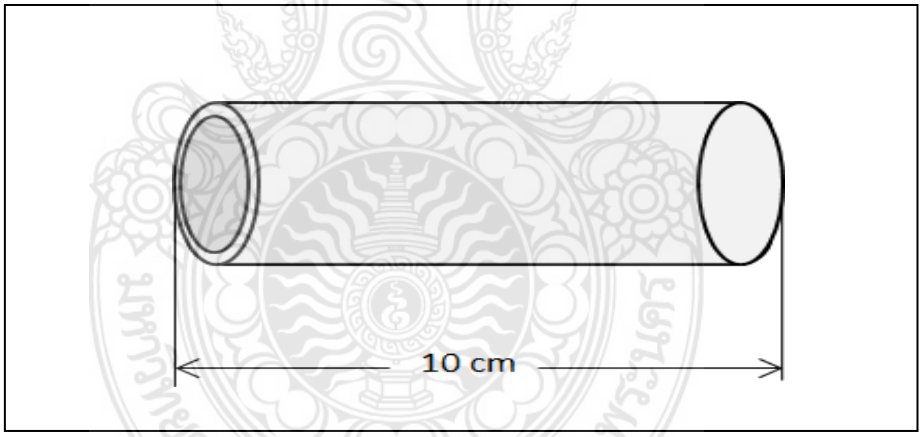
รูปที่ 3.6 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับฐาน

3.5 ออกแบบแท่งเหล็กเพื่อติดตั้งกับโรเตอร์ของเครื่องกำเนิด

ทำการออกแบบและวัดขนาดของแท่งเหล็กสำหรับการยึดโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดแบบเส้นแรง แม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลา 5 เฟส ส่วนหัวของแท่งเหล็ก ส่วนท้ายทำการยึดเข้ากับสเตอร์ของจักรยานสำหรับใส่โซ่จักรยานที่สเตอร์เพื่อใช้แรงปั่นให้โรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนไปตามการปั่นของจักรยาน



รูปที่ 3.7 ขนาดและรูปทรงของแท่งเหล็ก



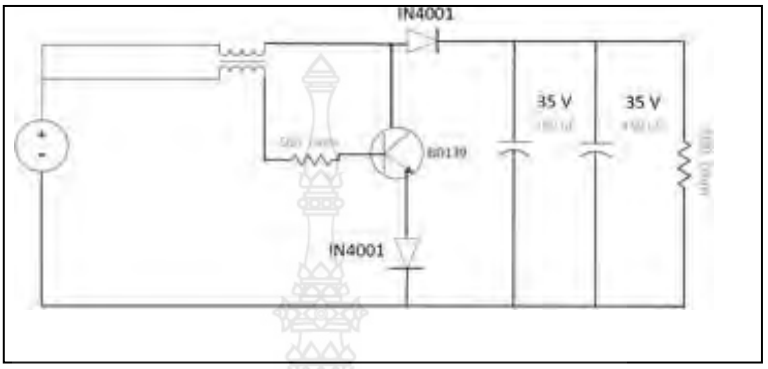
รูปที่ 3.8 ขนาดและรูปทรงของแท่งเหล็ก

3.5.1 ขนาดของแท่งเหล็ก

1. ความยาวของแท่งเหล็ก 10 เซนติเมตร
2. ขนาดของวงกลมภายใน 25 เซนติเมตร
3. ขนาดของวงกลมภายนอก 34 เซนติเมตร

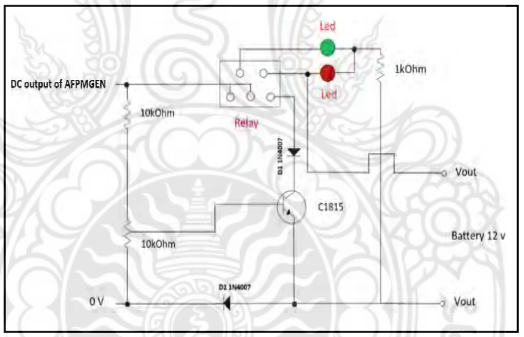
3.6 ออกแบบวงจร boost converter

กำหนดค่าแรงดัน อินพุตเพื่อเพิ่มแรงดันฝั่งเอาต์พุตให้เพิ่มสูงขึ้นโดยใช้การหลักการทำงานวงจร boost converter โดยการจ่ายกระแสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านตัวเหนี่ยวนำและผ่านวงจรสวิตซ์ชิ่งขณะนำกระแสจะทำให้ไดโอดถูกไบอัสกลับจึงไม่สามารถนำกระแสได้ทำให้ไม่มีกระแสจ่ายไปยังโหลดส่วนวงจรสวิตซ์ขณะไม่นำกระแสไดโอดจะถูกไบอัสตรงจึงนำกระแสไปยังโหลดโดยมีตัวเก็บประจุทำให้แรงดันด้านออกมีค่าคงที่



รูปที่ 3.9 วงจร boost converter

3.7 ออกแบบวงจร Auto Cut off battery charger



รูปที่ 3.10 วงจร Auto Cut off battery charger

หลักการทำงานของวงจรชาร์จแบตเตอรี่

เมื่อจ่ายแรงดันให้กับวงจรชาร์จแบตเตอรี่วงจรจะจ่ายแรงดันชาร์จแบตเตอรี่ไปเรื่อย ๆสังเกตุการทำงานของวงจรจากหลอด LED สีแดงติด เมื่อชาร์จแบตเตอรี่ไปจนถึงแรงดันที่ได้ปรับค่า เอาไว้ วงจรชาร์จแบตเตอรี่จะทำการตัดวงจรทันทีสังเกตได้จากหลอด LED สีแดงดับลงและ LED สี เขียวติด เมื่อแรงดันลดลงต่ำ วงจรจะจ่ายแรงดันเพื่อชาร์จแบตเตอรี่อีกครั้ง หลอด LED สีแดงติดและ จะทำงานแบบนี้ไปเรื่อย ๆ โดยใช้รีเลย์ในการตัดต่อแหล่งจ่ายแบตเตอรี่เมื่อแรงดันเกินหรือต่ำกว่าที่ กำหนดไว้ โดยปรับแรงดันผ่านตัวต้านทานปรับค่าได้เพื่อไปกระตุ้นขาเกตของทรานซิสเตอร์เพื่อไปสั่ง ให้รีเลย์ต่อวงจรเมื่อได้แรงดันที่กำหนดเอาไว้ที่และเมื่อแรงดันเกินค่าที่ปรับเอาไว้วงจรจะตัด แหล่งจ่ายไฟที่จ่ายไปยังแบตเตอรี่ทันที

3.8 โครงสร้างจักรยานชาร์จแบตเตอรี่เมื่อเสร็จสมบูรณ์

รูปที่ 3.11 โครงสร้างจักรยานชาร์จแบตเตอรี่เมื่อเสร็จสมบูรณ์

3.9 อินเวอร์เอตร์เชื่อมต่อกริด 1 เฟส

รูปที่ 3.12 อินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริด 1 เฟส

Solax ได้พัฒนาอินเวอร์เตอร์แบบเฟสเดียวที่ไม่มีใครเทียบได้ในอุตสาหกรรมในด้านคุณภาพ ความน่าเชื่อถือและประสิทธิภาพ อินเวอร์เตอร์ solax เฟสเดียวมีช่วงแรงดันไฟฟ้า MPPT ที่กว้างเพื่อให้คุณเก็บเกี่ยวพลังงานจากรบบ PV ของคุณได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และมีแรงดันไฟฟ้าอินพุตสูงสุด 600 โดยมีประสิทธิภาพ สูงสุดถึง 97.8%

บทที่ 4
การทดสอบและการวิเคราะห์ผล

4.1 บทนำ

ในบทนี้กล่าวเกี่ยวกับการทดสอบหาค่าแรงดันเมื่อปั่นจักรยานขณะไม่ต่อเข้ากับโหลดและขณะต่อเข้ากับโหลด (แบตเตอรี่) ว่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ออกมาสามารถนำมาชาร์จแบตเตอรี่ได้หรือไม่โดยการกำหนดความเร็วรอบไว้ที่ค่าต่าง ๆ แล้วทำการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบที่กำหนดแล้วใช้เครื่องวัดความเร็วรอบในการวัดรอบ หลักการควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริด 1 เฟส ในบทนี้จะกล่าวถึงเทคนิคการควบคุมกระแสแบบฮีสเตอร์รีซิส เทคนิคของการกรองกำลังแบบแอกตีฟในการคำนวณหากระแสอ้างอิง เทคนิคการสวิตชิ่งแบบโพลาร์พีดับบลิวเอ็ม(Polar PWM) ในการควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริด 1 เฟส เทคนิคการสวิตชิ่งแบบยูนิโพลาร์พีดับบลิวเอ็ม(Unipolar PWM) ในการลดความสูญเสียเนื่องจากการสวิตชิ่ง และสมการกำลังไฟฟ้าในการลดความสูญเสียเนื่องจากการสวิตชิ่ง

4.2 วิธีการทดสอบ

1. ปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบต่าง ๆ แล้วบันทึกค่าแรงดัน (Vdc) ที่ความเร็วรอบต่างขณะยังไม่มี โหลด (แบตเตอรี่)
2. ปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบที่กำหนดไว้ตามค่าต่าง ๆ แล้วบันทึกค่าแรงดันที่ได้ (Vdc) ที่ความเร็วรอบต่างๆขณะต่อโหลดแบตเตอรี่

รูปที่ 4.1 วงจรการทดลองขณะไม่ต่อเข้ากับโหลด

รูปที่ 4.2 วงจรการทดลองขณะมีโหลด

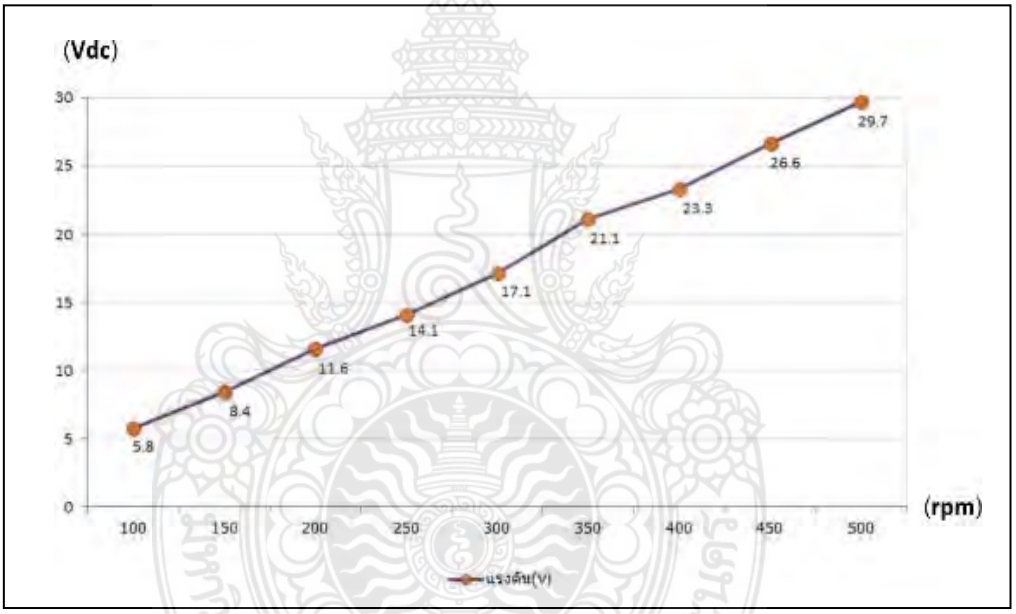
4.3 ผลการทดสอบขณะไม่มีโหลด

การวัดแรงดันไฟฟ้า Vdc โดยการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ที่กำหนดไว้แล้วบันทึกค่าแรงดันVdcที่ความเร็วรอบต่างๆขณะไม่ต่อกับโหลด แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ขณะไม่มีโหลด

ความเร็วรอบ (rpm)	100	150	200	250	300	350	400	450	500
แรงดันไฟฟ้า (Vdc)	5.8	8.4	11.6	14.1	17.1	21.1	23.3	26.6	29.7

ขณะไม่มีโหลด



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงแรงดันไฟฟ้าที่ความเร็วรอบต่างๆ

จากการทดลองเมื่อทำการปั่นจักรยานด้วยความเร็วรอบเริ่มต้นที่ 100 rpm จะได้แรงดันเท่ากับ 5.8 Vdc และเมื่อปั่นที่ความเร็วรอบที่สูงขึ้นแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาก็จะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบที่สูงขึ้นด้วย

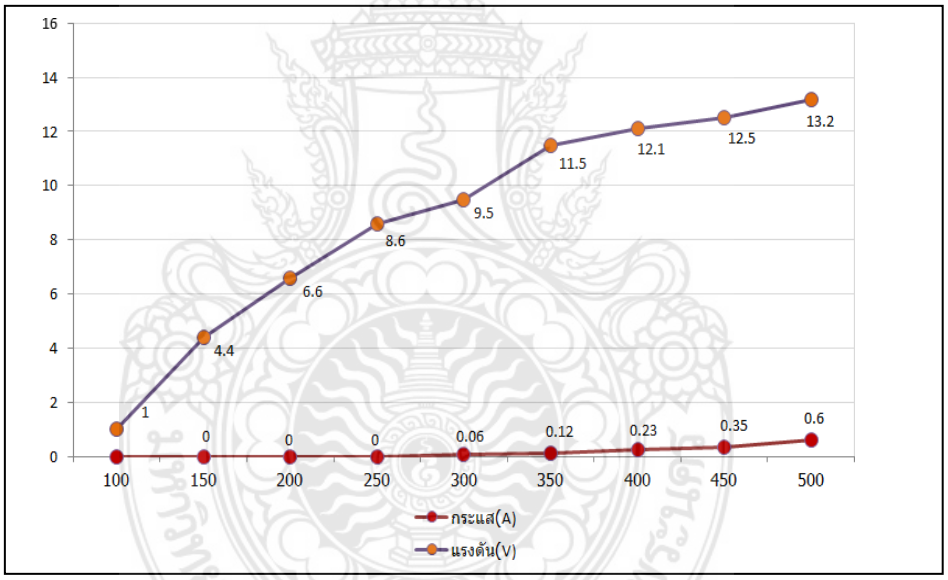
4.4 ผลการทดสอบขณะมีโหลด

การวัดแรงดันไฟฟ้า Vdc กระแสไฟฟ้า Adc ขณะต่อกับโหลดแบตเตอรี่ 12Vdc 5A ที่ความเร็วรอบต่างๆได้แรงดันและกระแสดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ขณะมีโหลด

ความเร็วรอบ (rpm)	100	150	200	250	300	350	400	450	500
แรงดันไฟฟ้า (Vdc)	1	4.4	6.6	8.6	9.5	11.5	12.1	12.5	13.2
กระแสไฟฟ้า (Adc)	0	0	0	0	0.06	0.12	0.23	0.35	0.6

ขณะมีโหลด



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ความเร็วรอบต่างๆขณะมีโหลดแบตเตอรี่

จากการทดลองขณะต่อโหลดเมื่อทำการปั่นจักรยานด้วยความเร็วรอบเริ่มต้นจาก 100 rpm แรงดันไฟฟ้าที่ได้จะเท่ากับ 1 vdc. กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 0 A. และเมื่อทำการปั่นจักรยานด้วยความเร็วรอบที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

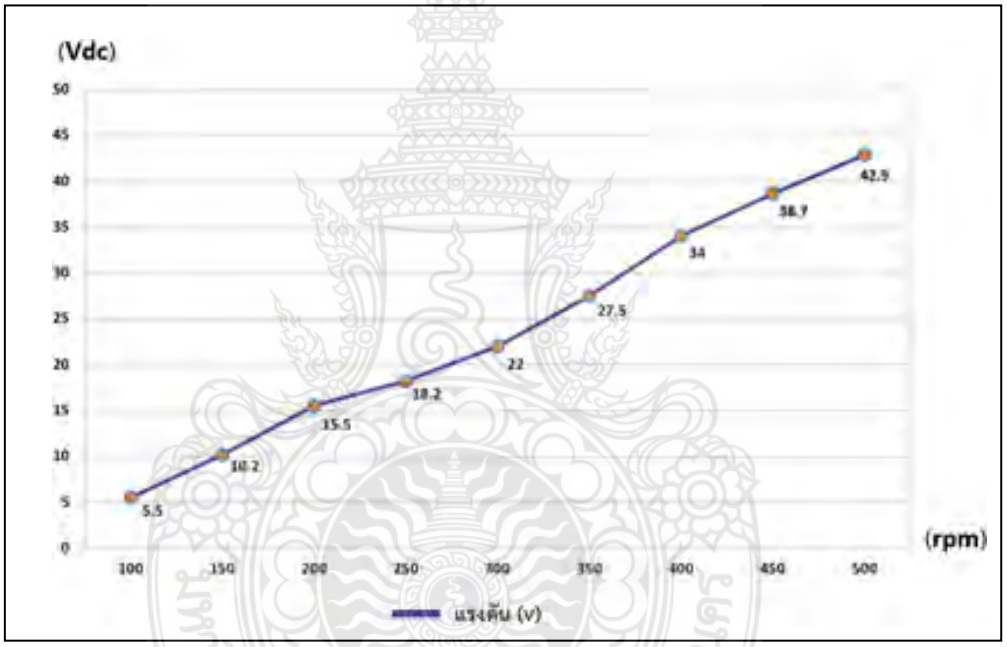
4.5 ผลการทดสอบขณะไม่มีโหลดผ่านวงจร boost converter

การวัดแรงดันไฟฟ้า Vdc โดยการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ที่กำหนดไว้แล้วบันทึกค่า แรงดันVdc ที่ความเร็วรอบต่างๆขณะไม่ต่อกับโหลดโดยผ่านวงจร boost converter แสดงดังตาราง ที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การวดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ขณะไม่มีโหลด

ความเร็วรอบ (rpm)	100	150	200	250	300	350	400	450	500
แรงดันไฟฟ้า (Vdc)	5.5	10.2	15.5	18.2	22	27.5	34	38.7	42

ขณะไม่มีโหลดผ่านวงจร boost converter



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงแรงดันไฟฟ้าที่ความเร็วรอบต่างๆขณะไม่มีโหลดผ่านวงจร boost converter

จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการปั่นจักรยานด้วยความเร็วรอบเริ่มต้นที่ 100 rpm ผ่านวงจร boost converter จะได้แรงดันเท่ากับ 5.5 Vdc และเมื่อปั่นที่ความเร็วรอบที่สูงขึ้นแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาก็จะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบที่สูงขึ้นกว่าตอนปั่นจักรยานโดยที่ไม่ผ่านวงจร boost converter

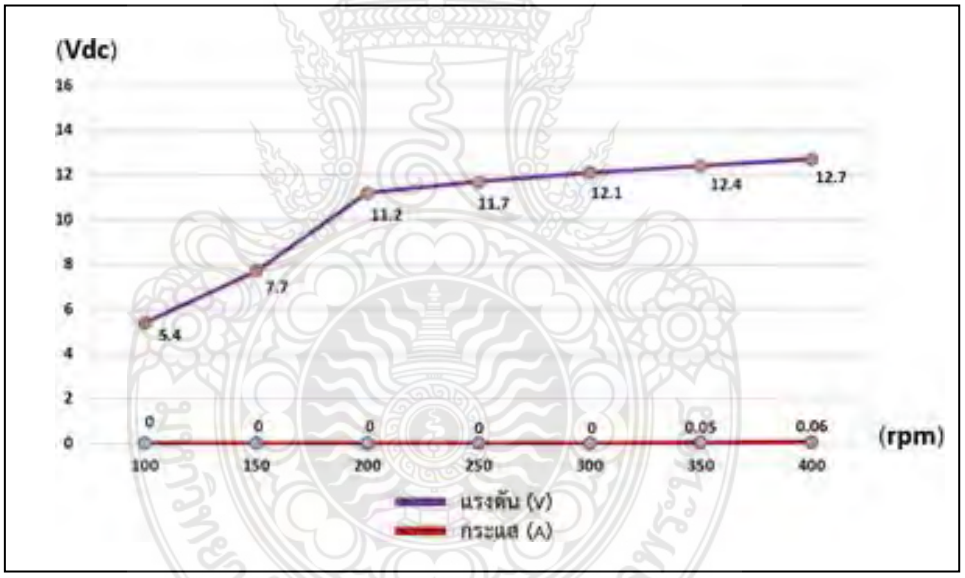
4.6 ผลการทดสอบขณะมีโหลดผ่านวงจร boost converter

การวัดแรงดันไฟฟ้า Vdc กระแสไฟฟ้า Adc ขณะต่อกับโหลดแบตเตอรี่ 12Vdc 5A ที่ความเร็วรอบต่างๆได้แรงดันและกระแสดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.4 การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ขณะมีโหลด

ความเร็วรอบ (rpm)	100	150	200	250	300	350	400	450	500
แรงดันไฟฟ้า (Vdc)	1	4.4	6.6	8.6	9.5	11.5	12.1	12.5	13.2
กระแสไฟฟ้า (Adc)	0	0	0	0	0.	0	0	0.05	0.06

ขณะมีโหลดผ่านวงจร boost converter



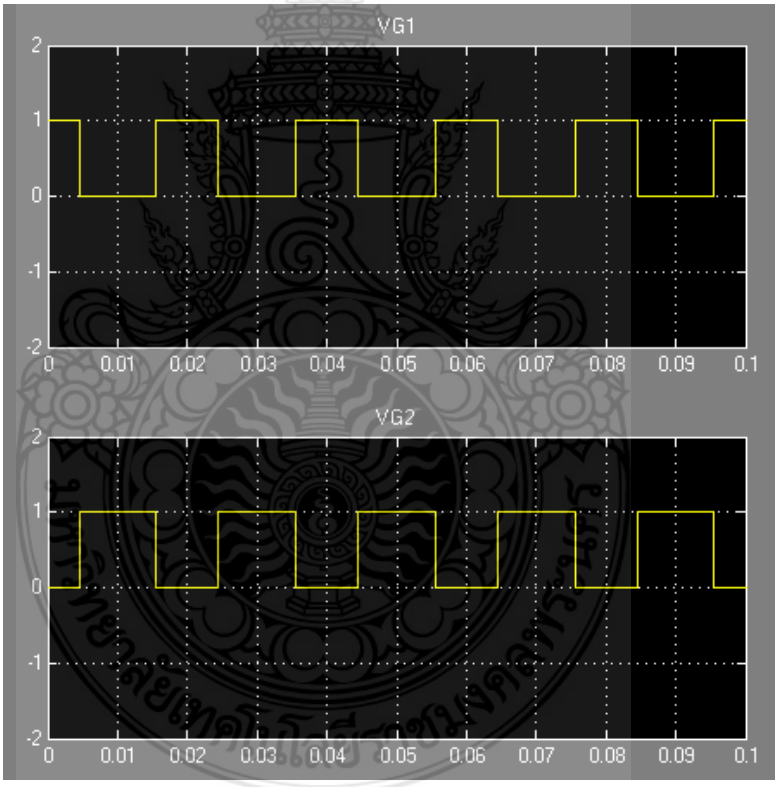
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ความเร็วรอบต่างๆขณะมีโหลดแบตเตอรี่ผ่าน วงจร boost converter

จากการทดลองขณะต่อโหลดเมื่อทำการปั่นจักรยานด้วยความเร็วรอบเริ่มต้นจาก 100 rpm แรงดันไฟฟ้าที่ได้จะเท่ากับ 5.4 vdc. กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 0 A. และเมื่อทำการปั่นจักรยานด้วยความเร็วรอบที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยแต่จะได้กระแสที่ออกไปชาร์จแบตเตอรี่น้อยเนื่องจากแรงดันจากแหล่งจ่ายกับแรงดันของแบตเตอรี่มีค่าต่างกันน้อย

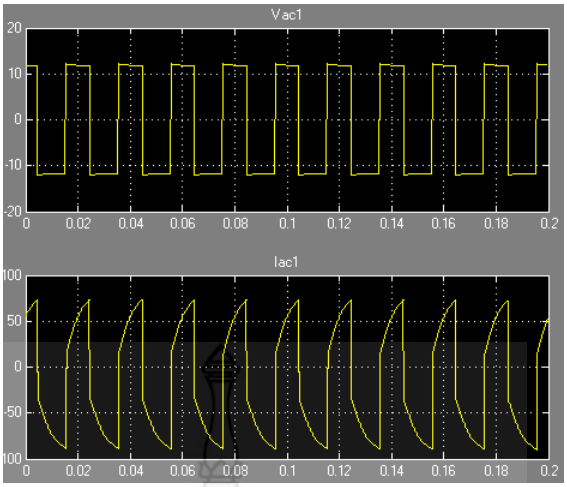
ก่อนการทดลองวัดแรงดันไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ได้ 10 โวลต์ เมื่อทำการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบต่ำๆแรงดันไฟฟ้าที่ออกไปจะต่ำกว่าแบตเตอร์รี่จึงไม่มีการชาร์จประจุไฟเข้าแบตเตอรี่และเมื่อทำการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบสูงขึ้นแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงกว่าแบตเตอรี่ทำให้เกิดการชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่และถ้ายิ่งปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบสูงขึ้นอีกจะทำให้แรงดันไฟฟ้าผลิตได้สูงขึ้นเรื่อยๆซึ่งถ้าหากแรงดันมากเกินไปอาจทำให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานที่ลดลงจึงต้องมีวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ซึ่งจะควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ไม่ให้เกินค่าที่กำหนดเอาไว้

จากการทดลองปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบ 400 rpm แรงดันไฟฟ้าที่ได้ขณะไม่มีโหลดวัดได้ เท่ากับ 23.3 Vdc ตามตารางที่ 4.1 และแรงดันไฟฟ้าที่ได้ขณะมีโหลดวัดได้ 12.1 Vdc ตามตารางที่ 4.2 เมื่อใสวงจร boost converter จะเห็นได้ว่าในวงจรจะมีแรงดันเพิ่มขึ้นมาเพื่อใช้ชาร์จแบตเตอรี่ ดังตารางที่ 4.3 และ 4.4

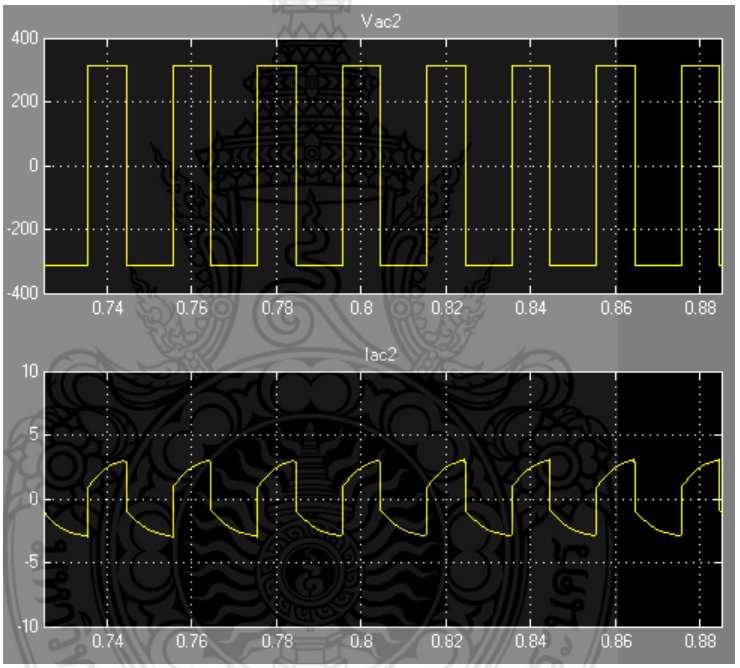
4.7 ผลการจำลอง



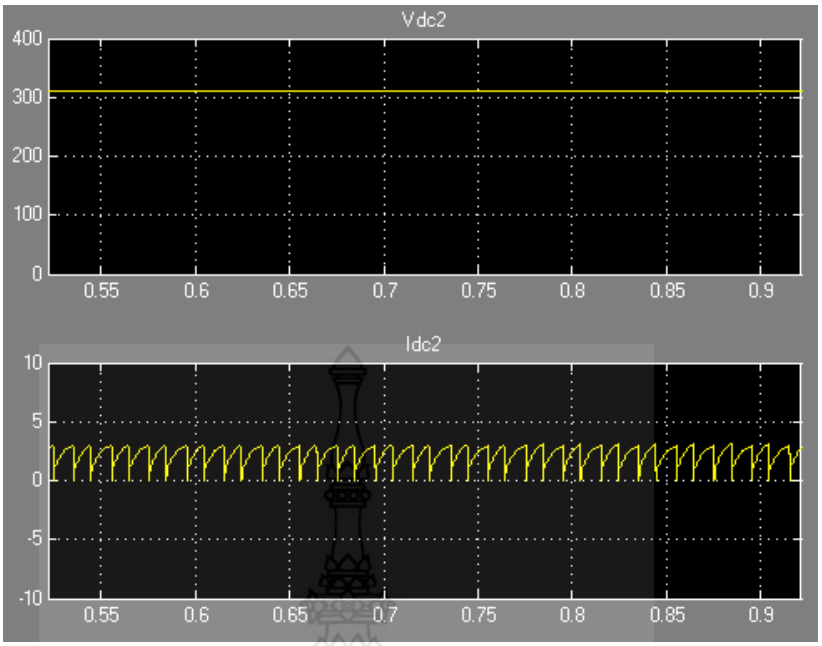
รูปที่ 4.7 สัญญาณควบคุมการทำงานของวงจรแปลงไฟตรงที่ออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลาเป็นไฟสลับ (DC to AC Converter)



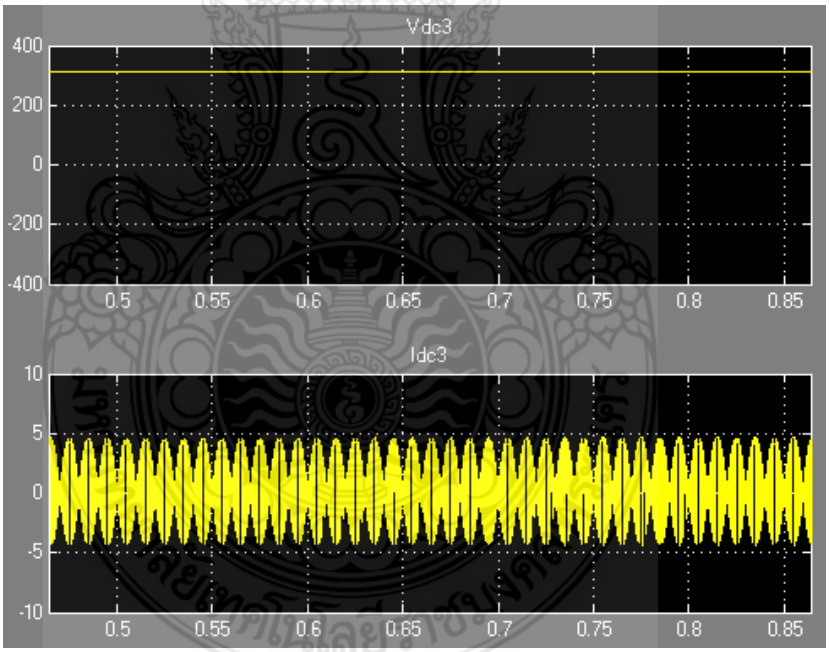
รูปที่ 4.8 สัญญาณแรงดันอินพุตและกระแสอินพุตของหม้อแปลงไฟฟ้าด้านแรงดันต่ำ



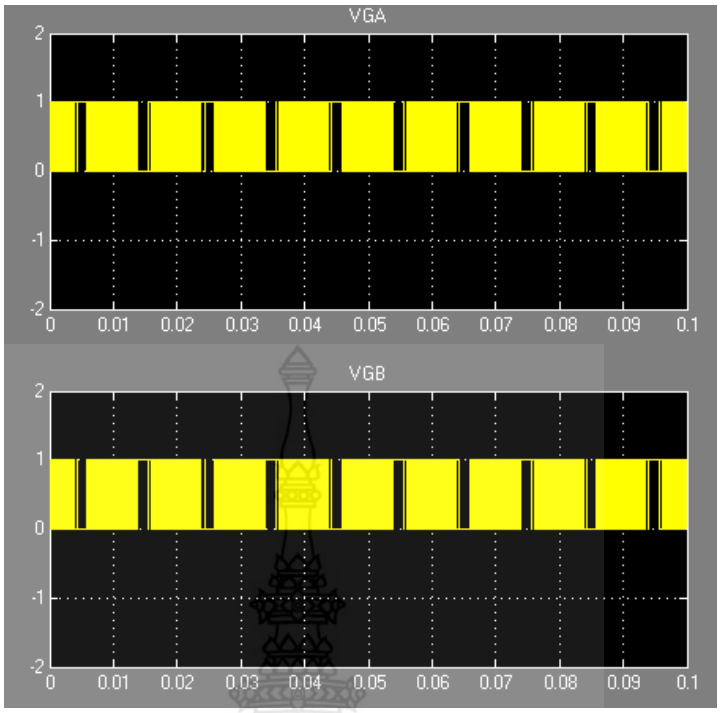
รูปที่ 4.9 สัญญาณแรงดันอินพุตและกระแสอินพุตของหม้อแปลงไฟฟ้าด้านแรงดันสูง



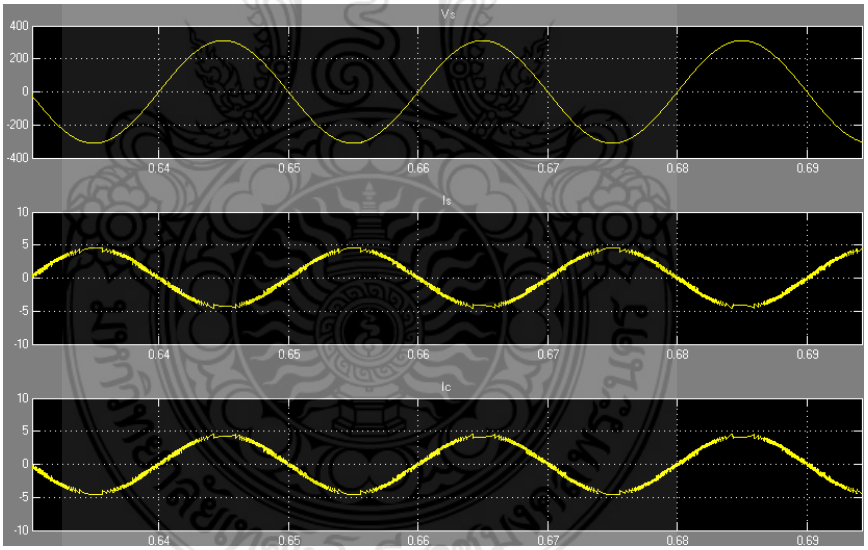
รูปที่ 4.10 สัญญาณแรงดันเอาต์พุตและกระแสเอาต์พุตของวงจรแปลงไฟสลับเป็นไฟตรงที่ออกจากหม้อแปลงไฟฟ้า



รูปที่ 4.11 สัญญาณแรงดันอินพุตและกระแสอินพุตด้านเข้าของวงจรอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริด



รูปที่ 4.12 สัญญาณควบคุมการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริด 1 เฟส

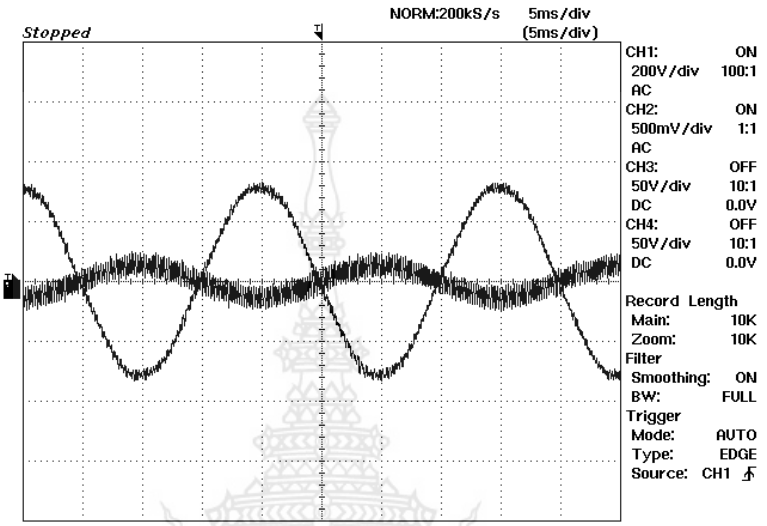


รูปที่ 4.13 สัญญาณแรงดันกริด 1 เฟส(Vs) , กระแสกริด 1 เฟส(Is) , กระแสคอนเวอร์เตอร์ (Ic)

จากรูปจะเห็นได้ว่ารูปคลื่นกระแสกริด มีมุมเฟสแตกต่างจากรูปคลื่นแรงดันกริด(Vs)ของระบบไฟฟ้า 1 เฟส อยู่ 180 องศาไฟฟ้า กระแสกริด(Is) มีมุมเฟสแตกต่างจากรูปคลื่นกระแสคอนเวอร์เตอร์(Ic) อยู่ 180 องศาไฟฟ้า แสดงว่าอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริดทำงานส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟตรงที่มาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลาที่อาศัยพลังงานกลจากการปั่นจักรยานเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ได้ โดยขนาดกระแสที่จ่ายคืนสู่กริดไฟฟ้า 1 เฟสขึ้นอยู่กับขนาดแบตเตอรี่และขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่อาศัยพลังงานกลจากแรงคนปั่นจักรยาน หากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่ทำงานขนาดกระแสที่จ่ายคืนสู่กริดไฟฟ้าก็จะขึ้นอยู่กับขนาดความ

จุของแบตเตอรี่เพียงอย่างเดียว ดังนั้นการเลือกขนาดความจุของแบตเตอรี่และขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจึงมีผลต่อปริมาณกระแสที่จ่ายคืนกริดไฟฟ้า

4.8 การทดสอบอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริด 1 เฟส



รูปที่ 4.14 รูปคลื่นแรงดันกริดและแระแสกริด 1 เฟส สเกลแรงดัน 200 V/ช่อง สเกลกระแส 0.5 V/ช่อง และสเกลเวลา 5 ms/ช่อง

จากรูปที่ 4.14 จะเห็นได้ว่าแรงดันกริดมีรูปคลื่นใกล้เคียงชายน์ มีค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 310 โวลต์ ส่วนกระแสกริดมีรูปคลื่นใกล้เคียงชายน์มีมุมเฟสแตกต่างกับรูปคลื่นแรงดันกริดอยู่ 180 องศา ไฟฟ้ามีค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 0.25 แอมป์ แสดงถึงการทำงานของอินเวอร์แตอร์ที่มีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจ่ายคืนไปยังกริดไฟฟ้า 1 เฟส อยู่ที่ประมาณ 40 วัตต์ เนื่องจากควบคุมให้กระแสจ่ายคืนสู่กริดมีค่า 40 วัตต์

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 บทนำ

จากการทดสอบปั่นจักรยานเพื่อชาร์จแบตเตอรี่ 12 โดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟสแบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลาเป็นเครื่องกำเนิดในการผลิตไฟฟ้าโดยปั่นไฟจากจักรยานเพื่อไปขับโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยผ่านไดโอดบริจด์เพื่อแปลงไฟฟ้าจากกระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อจ่ายไฟพอที่จะเข้าอินเวอร์เตอร์เชื่อมกริด 1 เฟส

5.2 สรุปผลการดำเนินงาน

ในโครงงานวิศวกรรมนี้ได้ออกแบบและสร้างจักรยานผลิตไฟฟ้าชาร์จแบตเตอรี่ 12 Vdc. โดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟสแบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลาเป็นเครื่องกำเนิดในการผลิตไฟฟ้าโดยใช้จักรยานไปปั่นแกนโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตไฟฟ้าออกมาได้โดยการปั่นจักรยานขณะที่ไม่ต่อเข้ากับโหลดแรงดันไฟฟ้าที่ได้จะมีค่าสูงตามความเร็วรอบที่สูงขึ้นแต่เมื่อต่อเข้า กับโหลด (แบตเตอรี่) แรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีค่าลดลงมาในขณะที่ความเร็วรอบเท่ากันในการทดลองการควบคุมความเร็วรอบนั่นทำได้ยากทำให้ผลการทดลองอาจมีการคลาดเคลื่อนไปบ้างเนื่องจากการปั่นจักรยานด้วยความเร็วรอบได้ไม่คงที่และค่าของแรงดันและกระแสอาจจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นส่วนการใช้จักรยานในการปั่นไฟฟ้าเข้าไปชาร์จแบตเตอรี่นั้นสามารถใช่ชาร์จแบตเตอรี่ 12 Vdc. 5 A. ได้โดยการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบสูงๆ ในการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าไปยังระบบไฟฟ้า 1 เฟส จะใช้ตัวอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อระบบไฟฟ้า 1 เฟส ทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าไปยังกริดไฟฟ้า 1 เฟส

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรใช้แม่เหล็กถาวรที่มีความเข้มของสนามแม่เหล็กสูง เพื่อให้ได้แรงดันที่สูงขึ้นตามความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟส

5.3.2 หากสามารถสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลาได้ควรนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนทำให้ประหยัดพลังงานได้อย่างมาก

5.3.3 ควรออกแบบให้การปั่นจักรยานมีการสูญกำลังน้อยที่สุดเพื่อให้การปั่นความเร็วที่สูงขึ้น

5.3.4 ควรปรับปรุงให้วงจร boost converter ปรับค่าแรงออกได้ตามที่ต้องการ

ภาคผนวก ก.

ตาราง ก.1 ขดลวดทองแดงตามมาตรฐาน

เบอร์ลวดทองแดง มาตรฐาน S.W.G	เส้นผ่าศูนย์กลาง (Diameter)	พื้นที่หน้าตัด (Area)	ทนกระแสได้ (A)
	mm	mm^2	
0000	10.2	81.71	270.11
000	9.5	70.88	233.62
00	8.8	60.82	199.77
0	8.2	52.81	177.22
1	7.6	45.36	151.94
2	7.0	38.48	128.60
3	6.4	32.17	107.21
4	5.9	27.34	90.86
5	5.4	22.90	75.87
6	4.9	18.86	62.23
7	4.5	15.90	52.29
8	4.1	13.20	43.22
9	3.7	10.75	35.01
10	3.3	8.55	27.66
11	2.9	6.61	22.72
12	2.6	5.31	18.26
13	2.3	4.15	14.29
14	2.0	3.14	10.80
15	1.9	2.54	8.751
16	1.8	2.01	6.915
17	1.4	1.54	5.294
18	1.2	1.15	3.890
19	1.0	0.79	2.701
20	0.91	0.65	2.188
21	0.81	0.51	1.729
22	0.72	0.41	1.324
23	0.61	0.2922	0.972

ตาราง ก.1 ขดลวดทองแดงตามมาตรฐาน (ต่อ)

24	0.56	0.2463	0.817
25	0.51	0.2047	0.675
26	0.45	0.1624	0.547
27	0.40	0.1288	0.432
28	0.38	0.1134	0.370
29	0.36	0.1021	0.312
30	0.31	0.0755	0.243
31	0.29	0.0661	0.204
32	0.28	0.0616	0.176
33	0.25	0.0510	0.169
34	0.23	0.0451	0.137
35	0.21	0.0346	0.108
36	0.19	0.0285	0.098
37	0.17	0.0227	0.078
38	0.15	0.0177	0.063
39	0.13	0.0133	0.046
40	0.12	0.0114	0.039
41	0.11	0.0101	0.033
42	0.10	0.0081	0.027
43	0.091	0.0065	0.022
44	0.081	0.0052	0.017
45	0.071	0.0040	0.013
46	0.061	0.0029	0.0097
47	0.051	0.0020	0.0068
48	0.041	0.0013	0.0047
49	0.030	0.0007	0.0024
50	0.025	0.0005	0.0017

เอกสารอ้างอิง

[1] Anan Promsensa. 13 มิถุนายน 2561. ตัวเก็บประจุ. สืบค้น 10 มกราคม 2564, จาก https://sites.google.com/site/computersecoundary/capacitor

[2] Anuwat Janmano. 14 มิถุนายน 2560. สนามแม่เหล็ก. สืบค้น 20 ธันวาคม 2563, จาก https://www.scimath.org/

[3] อาจารย์ วิโรจน์ เพชรพันธุ์ศรี. 02 พฤษภาคม 2007. DC-DC CONVERTER. สืบค้น 15 มกราคม 2564,จาก http://samraeng.com/lab_power/dc-dc%20con-1.pdf

[4] R. Shanmugarajan P. Prabakaran A. Ariventhan. September 2017. A Five Phase Axial Flux Permanent Magnet Generator for Wind Turbine Application. สืบค้น 6 ธันวาคม 2563, จาก https://www.ijsr.net/archive/v6i9/ART20176578.pdf

[5] ไชยชาญ หินเกิด. (2562). เครื่องกลไฟฟ้า2 (พิมครั้งที่1). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ซีเอ็ด ยูเคชั่น

[6] ณรงค์ ชอนตะวัน. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ 2535

[7] ผศ. ศุภชัย สุรินทร์วงศ์. เครื่องกลไฟฟ้า1 สมาคนส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) 2538

[8] Bimal K. Bose, Fellow “An Adaptive Hysteresis-Band Current Control Technique of a Voltage-Fed PWM Inverter for Machine Drive System”, IEEE Transactions on Industrial Electronics,Volume: 37, Issus: 5, Oct 1990.

[9] P. Wannakarn and V. Kinnares “Single-Phase Grid Connected Axial Flux Permanent Magnet Generator System with Reactive Power Compensation Functionality”, 10th International Power and Energy Conference, IPEC 2012.

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ-นามสกุล นายนัฐวีย์ ประภาศรีวรกุล

ชื่อเล่น อาร์ม

เกิดเมื่อ 4 สิงหาคม 2541

อายุ 23 ปี

ที่อยู่ 126/202 ถ.รามอินทรา ต.นวลจันทร อ.บึงกุ ม จ.กรุงเทพมหานคร 10230

เบอร์โทร 085136xxxx

E-mail nuttavee.pra@gmail.com

ประวัติการศึกษา

-พ.ศ.2560 สำเร็จการศึกษาระดับวิชาชีพ (ปวช.) แผนกไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยการอาชีพนวมินทราชูทิศ

-พ.ศ.2561 เริ่มเข้าศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ-นามสกุล	นายธีระ ทองคต
ชื่อเล่น	ดิว
เกิดเมื่อ	15 กันยายน 2542
อายุ	22 ปี
ที่อยู่	750/86 หมู่ 9 ต.ส าโรงเหนือ อ.เมือง จ.สมุทรปราการ 10270
เบอร์โทร	086994xxxx
E-mail	theera-t@rmutp.ac.th
ประวัติการศึกษา	-พ.ศ.2560 สำเร็จการศึกษาระดับวิชาชีพ (ปวช.) แผนกไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคสมุทรปราการ -พ.ศ.2561 เริ่มเข้าศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร