เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานชิงช้า

SWING GENERATOR

นายสมภพ ทองย้อย

นายอนุภาพ อำตำงาม

นายศราวุธ ชมภูประเภท

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ปีการศึกษา 2552

51EE211

หัวข้อโครงงาน	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานชิงช้า	
โดย	นายสมภพ	ทองย้อย
	นายอนุภาพ	อำตำงาม
	นายศราวุธ	ชมภูประเภท
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าเครื่องกลการผลิต	
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์วิชิต	เครือสุข

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม อนุมัติให้นับโครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

..... หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

(อาจารย์ ดร. นิมิต บุญภิรมย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ วิชิต เครือสุข)

วันที่.....เดือน..... พ.ศ. 2553

โครงงาน 51EE211

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานชิงช้า

SWING GENERATOR

บทคัดย่อ (Abstract)

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการนำเสนอโครงงานเรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานชิงช้า ซึ่งแนวคิดของโครงงานได้นำเอาการเล่นชิงช้าของเด็ก ๆ ในสนามเด็กเล่น มาออกแบบเพื่อนำเอาพลังงานกลที่ได้จากการแกว่างชิงช้ามาขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการผลิตพลังงานไฟฟ้า การออกแบบจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนโครงสร้าง จะทำการสร้างเป็นชิงช้าสำหรับเด็กเล่นที่สามารถนำเอาพลังงานกลจากแกนเพลาของคานชิงช้ามาใช้งาน และส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ได้ออกแบบและสร้างโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดขั้วแม่เหล็กถาวร ที่มีความเร็วรอบต่ำ ในวิธีการทดสอบโครงงานนั้น ได้ทดสอบโดยให้เด็กมาเล่นชิงช้า เพื่อนำค่าเฉลี่ยการละเล่นมาพิจารณา จะได้ว่ามุมในการแกว่งโดยเฉลี่ยอยู่ที่มุม 45 องศา ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถที่จะประจุกระแสไฟฟ้าได้ 1.1 A ในแบตเตอรี่ 12 V ซึ่งผลของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถจ่ายให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งสามารถใช้ได้งานได้เป็น 60% ขึ้นอยู่กับเวลาในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชิงช้า สำหรับชิงช้า 1 ตัว

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากได้ความร่วมมือและได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับการออกแบบในส่วนต่าง ๆ จากอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ รวมทั้งอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า เจ้าหน้าที่และเพื่อน ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะในการทำโครงงานนี้ ถ้ามีข้อผิดพลาดประการใดในโครงงานนี้ ผู้จัดทำจะขอรับไว้แต่เพียงผู้เดียว ส่วนความดีความชอบทั้งหลาย ผู้จัดทำขอมอบให้กับผู้สนับสนุนโครงงานนี้ทุก ๆ ท่านจึงใคร่ขอขอบพระคุณทุก ๆ ท่านเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ของโครงงาน	2
1.5 แผนการดำเนินงานโครงงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ระบบส่งกำลัง	4
2.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	10
2.3 หลักการพื้นฐานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	12
2.4 สมบัติทางแม่เหล็กของวัสดุ	15
2.5 วงจรเรียงกระแสสามเฟสแบบไดโอด	17
2.6 แบตเตอรี่	21
บทที่ 3 การคำนวณและออกแบบ	
3.1 การออกแบบโครงสร้างชิงช้า	24
3.2 การออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	25

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 การทดลอง

4.1 วัตถุประสงค์การทดลอง 30

4.2 อุปกรณ์การทดลอง 30

4.3 ขั้นตอนการทดลอง 30

4.4 ผลการทดลอง 31

4.5 สรุปผลการทดลอง 35

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 36

เอกสารอ้างอิง 37

ภาคผนวก ก 38

ภาคผนวก ข 43

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานโครงงาน 3

ตารางที่ 2.1 วิธีการให้การหล่อลื่นและสารหล่อลื่น 8

ตารางที่ 2.2 แสดงอุณหภูมิซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ 23

ตารางที่ 4.1 แรงดันไฟฟ้า ขณะไม่ต่อโหลดที่ความเร็วรอบต่าง 32

ตารางที่ 4.2 แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ขณะต่อโหลดแบตเตอรี่ 33

ตารางที่ 4.3 แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ขณะต่อโหลดหลอดไฟดีซี 34

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 2.1	การแกว่งชิงช้า	4
ภาพที่ 2.2	แสดงส่วนต่างๆของโซ่	6
ภาพที่ 2.3	อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงความเร็วของโซ่หมุน	7
ภาพที่ 2.4	โรลลิ่งแบริ่ง	9
ภาพที่ 2.5	เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	10
ภาพที่ 2.6	เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	11
ภาพที่ 2.7	ลักษณะการเคลื่อนที่ตัดเส้นแรงแม่เหล็กของขดลวด	12
ภาพที่ 2.8	กฎมือขวาของเฟลมมิ่ง	13
ภาพที่ 2.9	การเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ	14
ภาพที่ 2.10	วงจรเรียงกระแสสามเฟสแบบไดโอด	18
ภาพที่ 2.11	แรงดันไฟฟ้าด้านเข้าและด้านออก	18
ภาพที่ 2.12	กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไดโอดแต่ละตัวและกระแสไฟฟ้าเฟส	18
ภาพที่ 2.13	โครงสร้างของแบตเตอรี่	21
ภาพที่ 3.1	การออกแบบโครงสร้าง	24
ภาพที่ 3.2	การวางขดลวดอาร์เมเจอร์	26
ภาพที่ 3.3	การเทเรซิ่นลงขดลวดทองแดง	26
ภาพที่ 3.4	แบบวางแม่เหล็ก	27
ภาพที่ 3.5	แสดงลักษณะของโรเตอร์	27
ภาพที่ 3.6	เฟืองหมุนฟรีทิศทางเดียว	28
ภาพที่ 3.7	ชุดโรเตอร์	28
ภาพที่ 3.8	ภาพชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์	29
ภาพที่ 4.1	การต่อขดลวดผ่านวงจรเรียงกระแส	31
ภาพที่ 4.2	วงจรเรียงกระแสสามเฟสแบบไดโอด	31
ภาพที่ 4.3	แสดงการวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า	31
ภาพที่ 4.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้ากับความเร็วรอบขณะที่ไม่ต่อโหลด	32
ภาพที่ 4.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้ากับความเร็วรอบขณะต่อโหลดแบตเตอรี่	33
ภาพที่ 4.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้ากับความเร็วรอบขณะต่อโหลดหลอดไฟ	34
ภาพที่ 4.7	รูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ	35
ภาพที่ 4.8	รูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ผ่านวงจรเรียงกระแส	35

บทที่ 1
บทนำ

ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันนับว่ามีความรุนแรงอย่างต่อเนื่อง สาเหตุหนึ่งเนื่องจากความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มนุษย์ผลิตขึ้นมาและมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ในปัจจุบันการผลิตพลังงานไฟฟ้า ส่วนใหญ่จำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรณเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเผาไหม้ต้มน้ำให้เป็นไอเพื่อเป็นต้นกำลังทางกลสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งเชื้อเพลิงดังกล่าวหลังจากเผาไหม้จะส่งผลทำให้เกิดมลพิษต่อสภาพแวดล้อมอย่างมาก แต่ประเด็นปัญหาสำคัญหลักอีกประการหนึ่งของทางคณะผู้ทำโครงการได้เล็งเห็นค่าใช้จ่ายในชุมชน หรือหมู่บ้านจัดสรร ที่ต้องเสียค่าไฟฟ้าในส่วนกลาง เช่น ค่าไฟฟ้าตามถนน ค่าไฟฟ้าในสนามเด็กเล่นหรือสวนสาธารณะ ดังนั้นคณะผู้จัดทำโครงการจึงได้มีความคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยพิจารณานำเอาความสนุกสนานของเด็ก ๆ หรือผู้ใหญ่มาผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับชุมชน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานชิงช้าก็เป็นหนึ่งในความคิดที่คณะผู้จัดทำคิดว่าจะมีประโยชน์สำหรับชุมชน เพื่อบรรเทาหรือลดค่าใช้จ่ายในส่วนกลางได้

1.1 ความสำคัญของปัญหา

1.1.1 ทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้ามีอยู่อย่างจำกัด

1.1.2 เพื่อนำพลังงานที่ได้จากการเล่นชิงช้ามาใช้เป็นพลังงานทดแทน

1.1.3 เพื่อให้ได้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าความเร็วต่ำ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กชนิดแม่เหล็กถาวรที่ใช้พลังงานจากการเคลื่อนที่ของชิงช้าเป็นกำลังขับ

1.2.2 เพื่อให้เกิดทักษะในการคิดออกแบบและสร้าง

1.2.3 เพื่อนำไปพัฒนาต่อและนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.2.4 เพื่อนำความรู้เชิงวิศวกรรมเข้ามาวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดจากโครงงาน

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 สร้างชุดโครงสร้างชิงช้าเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า 1 ชุด

1.3.2 สร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขั้วแม่เหล็กถาวร

1.4 ประโยชน์ของโครงงาน

1.4.1 ทดแทนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดอื่นๆที่มีราคาและต้นทุนการผลิตสูง

1.4.2 เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะกับการเคลื่อนย้าย

1.4.3 เพื่อที่จะสามารถนำพลังงานที่ได้จากการเล่นชิงช้ามาใช้ประโยชน์

1.4.4 ลดมลภาวะที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และลดผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน

1.5 แผนการดำเนินงานโครงงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานโครงงาน

ลำดับ	รายละเอียด	EEG491				EEG492			
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
1	ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับโครงงาน	→	→						
2	ออกแบบโครงสร้างของโครงงาน		→	→					
3	จัดเตรียมอุปกรณ์ในการทำโครงงาน			→	→				
4	ประกอบชุดชิงช้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า				→	→			
5	ทดลองการทำงานและแก้ไขปรับปรุงการทำงาน					→	→		
6	รวบรวมและวิเคราะห์การทดลอง						→	→	
7	สรุปผลการทดลองและนำเสนอผลงาน							→	→

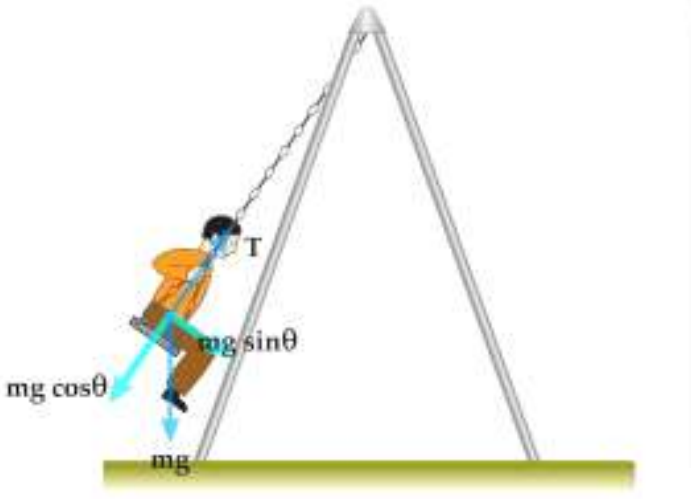
บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบส่งกำลัง [3] [4]

การออกแบบโครงสร้างชิงช้าได้นำเหล็กมาประกอบเป็นโครงสร้างชิงช้าขึ้นมา ในลักษณะเดียวกันกับชิงช้าในสนามเด็กเล่นทั่ว ๆ ไป แต่เนื่องจากต้องการแรงบิดจากการแกว่งของชิงช้าจึงได้ออกแบบให้คานของชิงช้าสามารถหมุนได้ทั้งคาน และได้นำจานของจักรยานไปประกอบติดที่บนคานของชิงช้าเพื่อนำแรงบิดจากการหมุนของคานไปใช้ขับโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้โซ่เป็นตัวถ่ายทอดแรงเพื่อไปขับโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.1.1 การแกว่งของชิงช้า

โดยธรรมชาติวัตถุแขวนห้อยในแนวดิ่งจะอยู่ในตำแหน่งสมดุลเสมอ เมื่อนั่งชิงช้าให้เอียงทำมุมกับแนวดิ่งแล้วปล่อยให้ชิงช้าเคลื่อนที่แกว่งกลับไปมา เมื่อชิงช้ามีการเคลื่อนที่ออกไปจากตำแหน่งสมดุลจะมีแรงที่เรียกว่า แรงดึงกลับ (restoring force) คอยทำหน้าที่ดึงชิงช้าให้เคลื่อนที่กลับมายังตำแหน่งสมดุลอีกครั้งหนึ่งเป็นเช่นนี้เรื่อย ๆ ไป และเมื่อไรก็ตามที่ชิงช้าเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งสมดุลแรงดึงกลับจะเปลี่ยนทิศทางในทันที โดยที่แรงดึงกลับจะมีทิศทางชี้ไปทางจุดสมดุลเสมอ



ภาพที่ 2.1 การแกว่งชิงช้า

ชิงช้าจะมีแรงสองแรงที่กระทำต่อชิงช้า คือ แรงดึงกลับ (F) และแรงตึงเชือก (T) ซึ่งทำมุม θ กับแนวดิ่ง ดังภาพที่ 2.1 ซึ่งสามารถหาแรงดึงกลับและแรงตึงเชือกได้จากสมาการที่ 2.1 และสมการที่ 2.2 ตามลำดับ

$$F = mg \sin\theta \quad (N) \qquad (2.1)$$

โดยที่ F คือ แรงดึงกลับสู่จุดสมดุล (N)
m คือ น้ำหนักของคนนั่งชิงช้า (kg)
g คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)
θ คือ มุมที่ชิงช้าทำกับแนวดิ่ง

$$T = mg \cos\theta \quad (N) \qquad (2.2)$$

โดยที่ T คือ แรงตึงเชือก (N)
m คือ น้ำหนักของคนนั่งชิงช้า (kg)
g คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)
θ คือ ค่ามุมที่ชิงช้าทำกับแนวดิ่ง

2.1.2 โซ่ (Roller Chain)

การขับด้วยโซ่มีอยู่มากทางด้านงานเครื่องจักรกล เนื่องจากมีลักษณะคล้ายกับการขับด้วยสายพาน โซ่จะคล้องอยู่กับล้อโซ่ (Sprocket) ซึ่งติดอยู่กับเพลาขับและเพลาตาม อัตราทดของการขับขึ้นอยู่กับขนาดของเฟืองโซ่ทั้งสอง และการขับด้วยโซ่นี้จะไม่มีการสลิปเกิดขึ้นระหว่างโซ่กับเฟืองโซ่ เนื่องจากการขับด้วยโซ่มีความไว้ใจได้ และถูกต้องตามหลักเศรษฐศาสตร์ จึงนิยมใช้มาก เช่น ในการส่งกำลังในเรือ เครื่องยนต์ เครื่องจักรกลการเกษตร เครื่องทอผ้า เครื่องจักรกลงานไม้ และในการขนส่ง และขนถ่ายวัสดุ

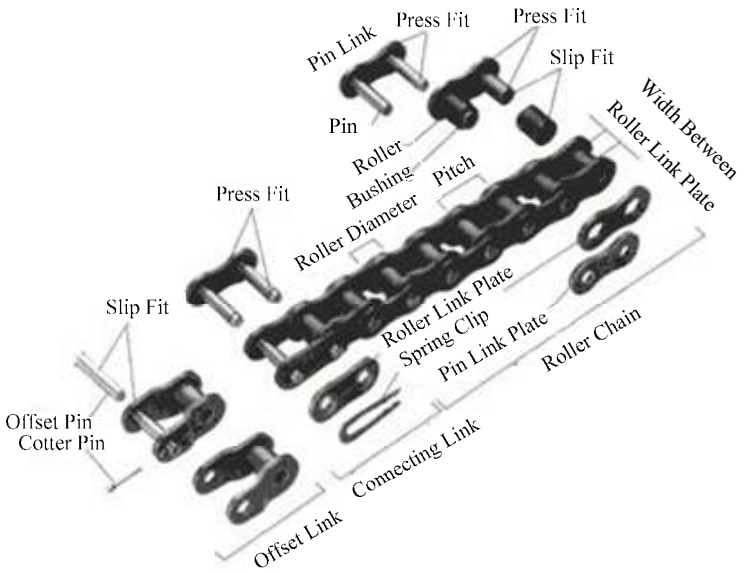
การขับด้วยโซ่มีข้อดีอยู่ระหว่างการขับด้วยสายพานและการขับด้วยเฟือง ทางด้านราคา สมรรถนะในการส่งกำลัง และการบำรุงรักษา โซ่สามารถขับได้ในระยะทางไกลกว่าสายพานและขับได้พร้อมกันหลาย ๆ เพลา ซึ่งมีทิศทางหมุนตามกันหรือสวนกันก็ได้

ข้อดีของการขับด้วยโซ่

1. ในการติดตั้งไม่ต้องการความเที่ยงตรงเท่ากับเฟือง
2. ไม่จำเป็นต้องมีแรงดึงขั้นต้นในโซ่ด้านใน โซ่ด้านตึงเหมือนกับสายพาน ทำให้อายุใช้งานของแบริ่งที่รองรับเพลาเพิ่มมากขึ้น
3. ไม่มีการสลิป ในขณะส่งกำลังเหมือนสายพาน ทำให้ได้อัตราทดที่แน่นอน
4. มีขนาดกะทัดรัดกว่าสายพาน เมื่อใช้งานด้วยอัตราทดเท่ากัน เฟืองและโซ่จะมีขนาดเล็กกว่าล้อสายพาน และถ้าต้องการส่งกำลังเท่ากัน ความกว้างของโซ่จะน้อยกว่าสายพาน
5. ติดตั้งง่ายกว่าสายพานเพราะเพียงแต่คล้องเข้ากับเฟืองโซ่แล้วสอดสลักเท่านั้น
6. ใช้งานได้กับอุณหภูมิสูง บริเวณที่มีความชื้นและฝุ่นละออง

ข้อเสียของการขับด้วยโซ่

1. มีเสียงดัง
2. ไม่มีความอ่อนตัวในการส่งกำลัง
3. ส่งกำลังแบบครอสไดรว์ไม่ได้
4. มีราคาแพงกว่าการขับด้วยสายพาน
5. ต้องมีการหล่อลื่น
6. มีการสั่นสะเทือนในขณะทำงาน เนื่องจากการกระแทก ระหว่างโซ่และบริเวณโคนฟันของจานโซ่



ภาพที่ 2.2 แสดงส่วนต่างๆของโซ่

สรุปหลักเกณฑ์ต่างๆในการเลือกใช้โซ่

1. อัตราส่วนความเร็ว (velocity ratio) คือ อัตราส่วนของความเร็วรอบของเฟืองตัวขับต่อความเร็วรอบของเฟืองตัวตาม

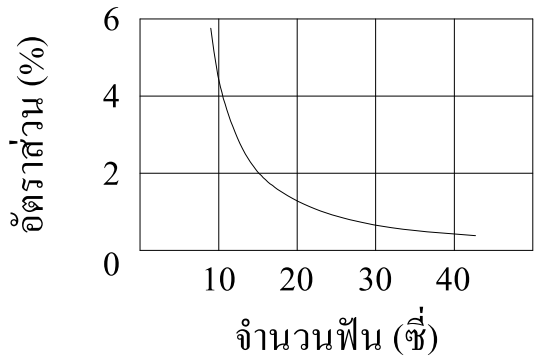
$$\text{โดย} \qquad V = \frac{\text{จำนวนฟันของเฟืองตัวขับ}}{\text{จำนวนฟันของเฟืองตัวตาม}} \qquad (2.3)$$

2. มุมโซ่เริ่มสัมผัสกับฟันของจานโซ่ เรียกว่า มุมข้อต่อลูกโซ่ (angle of articulation) มุมนี้จะขึ้นอยู่กับจำนวนฟันของจานโซ่ ถ้าฟันโซ่มากมุมนี้จะน้อย เมื่อมุมเริ่มสัมผัสน้อยโซ่ก็จะสะบัดขึ้น-ลงน้อย การสึกหรอที่ตามมาก็จะมีน้อยด้วย

3. การเลือกจำนวนฟันของจานโซ่ มักจะนิยมให้เป็นเลขคี่ ส่วนจำนวน pitch บนเส้นโซ่มักจะให้เป็นเลขคู่ทั้งนี้เพราะจะสามารถลดความถี่ในการสัมผัสกันระหว่างฟันของจานโซ่กับข้อต่อให้น้อยลง ทำให้การสึกหรอสม่ำเสมอ หรือที่เรียกว่า การลดอัตราการเกิด hunting tooth

2.1.3 จานโซ่ (Disk Chain)

สำหรับโดยปกติทั่วไปแล้วจะใช้จำนวนฟันของจานโซ่เป็นเลขคี่และจำนวนข้อต่อเป็นเลขคู่ เพื่อช่วยให้ความถี่ในการสัมผัสระหว่างฟันของเฟืองโซ่กับข้อต่อให้น้อยลง ช่วยให้มีการสึกหรอสม่ำเสมอ โซ่หมุนมักจะใช้กับงานที่ต้องการความประหยัดหรือไม่มีข้อจำกัดเรื่องเสียงรบกวนต่าง ๆ และยังอาจจะใช้กับงานที่มีความเร็วสูงถึง 600 เมตร/นาทีได้ปกติแล้ว พวกสลักปลอกรับสลัก และลูกกลิ้งมักจะทำด้วยเหล็กคาร์บอนที่มีการทำผิวให้แข็งโดยการอบในบรรยากาศของคาร์บอนหรือเหล็กผสมโครเมี่ยม โซ่แถวเดียวเป็นแบบที่ได้รับความนิยมมากที่สุด แต่ถ้าต้องการถ่ายทอดแรงมาก ๆ ก็มักจะพิจารณาพวกโซ่หลาย ๆ แถว



ภาพที่ 2.3 อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงความเร็วของโซ่หมุน

การใช้โซ่ขับโดยปกติมักจะพยายามใช้โซ่ทำงานในแนวระดับ โดยการจัดให้จานโซ่ทั้งหมดอยู่ในแนวระดับถ้าจานโซ่อยู่ในแนวดิ่ง โซ่มักจะหลุดออกจากจานโซ่หากโซ่เกิดยืดเพียงเล็กน้อย แต่อาจจะใช้จานโซ่ลอย (idle sprocket) ช่วยแก้ได้ นอกจากนี้การถ่ายทอดกำลังในแนวระดับจะต้องให้ทางด้านล่างเป็นด้านหย่อน และความหย่อนที่ยอมให้มีค่าประมาณ 4% ของช่วงความยาวของโซ่ แต่ภายใต้สภาวะการทำงานเช่นเดียวกันหากเป็นการถ่ายทอดแรงในแนวดิ่งเมื่อระยะระหว่างจุดศูนย์กลางมากกว่า 1 เมตร และมีการเริ่มและหมุนกลับทางอย่างกะทันหันอัตราหย่อนที่ยอมให้จะต้องลดลงมาเหลือ 2%

สำหรับการหล่อลื่น นิยมใช้น้ำมันหล่อลื่นที่มีคุณภาพดี เช่น น้ำมันหล่อลื่นเฟืองซึ่งมีสารเพิ่มคุณภาพทางด้านความดันสูงเติมอยู่ และมักไม่ใช้น้ำมันข้น ๆ หรือจารบี การเลือกชนิดของน้ำมันที่มีความเหนียวหนืดที่เหมาสมและกรรมวิธีหล่อลื่นต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 วิธีการให้การหล่อลื่นและสารหล่อลื่น

วิธีการหล่อลื่น	การหยดน้ำมันเป็นหยดๆจุ่มอยู่ในอ่างแปลงอาบน้ำมัน				การให้น้ำมันโดยใช้ปั๊ม			
อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม / หมายเลขโซ่	-10°C ถึง 0°C	0°C ถึง 40°C	40°C ถึง 50°C	50°C ถึง 60°C	-10°C ถึง 0°C	0°C ถึง 40°C	40°C ถึง 50°C	50°C ถึง 60°C
No.0 ถึง No.50	SAE10	SAE20	SAE30	SAE40				
No.60 ถึง No.80					SAE10	SAE20	SAE30	SAE40
No.100	SAE10	SAE20	SAE30	SAE40				
มากกว่า No.120	SAE30	SAE40	SAE50	SAE60	SAE20	SAE30	SAE40	SAE50

สำหรับการขับความเร็วสูง น้ำมันที่ใช้หล่อลื่นควรใช้น้ำมันที่มีความหนืดต่ำ และกรณีที่อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมสูงน้ำมันที่ใช้ควรจะมีความหนืดสูงไปด้วย หรือถ้าจะกำหนดอย่างหยาบๆ ถ้าใช้งานที่อุณหภูมิปกติควรใช้น้ำมันเกรด SAE 20 – 30 แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 40 องศา น้ำมันที่ใช้ควรจะเป็นเกรด SAE 30 – 40 ถ้าเป็นโซ่ที่มีพิตช์น้อย ๆ น้ำมันที่ใช้ควรจะมีความหนืดต่ำและสูงขึ้นเมื่อพิตช์มากขึ้นตามลำดับ

2.1.4 โรลลิ่งแบริ่ง (Rolling bearings)

แบริ่งชนิดที่รับแรงโดยอาศัยชิ้นส่วนของแบริ่งที่มีลักษณะเป็นผิวสัมผัสแบบกลิ้ง (Rolling contact) แทนที่จะเป็นผิวสัมผัสแบบเลื่อน (siding contact) เนื่องจากแบริ่งชนิดนี้มีค่าความเสียดทานน้อยมาก ดังนั้นจึงมีอีกชื่อหนึ่งที่นิยมใช้กันทั่วไปในวงการอุตสาหกรรมว่า แอ็นทิ-ฟริคชั่นแบริ่ง (antifriction bearing) ตัวอย่าง เช่น บอลแบริ่ง (ball bearing) หรือแบริ่งตลับลูกปืน ซึ่งประกอบไปด้วยวงแหวนสองวงที่แยกออกจากกันด้วยลูกกลิ้งทรงกลม ลูกกลิ้งเหล่านี้รับแรงมาจากวงแหวนหนึ่งแล้วส่งแรงนี้ผ่านไปยังอีกวงแหวนหนึ่งโดยการกลิ้งไปบนวงแหวน

ภาพที่ 2.4 โรลลิ่งแบริ่ง

ข้อดีของโรลลิ่งแบริ่ง

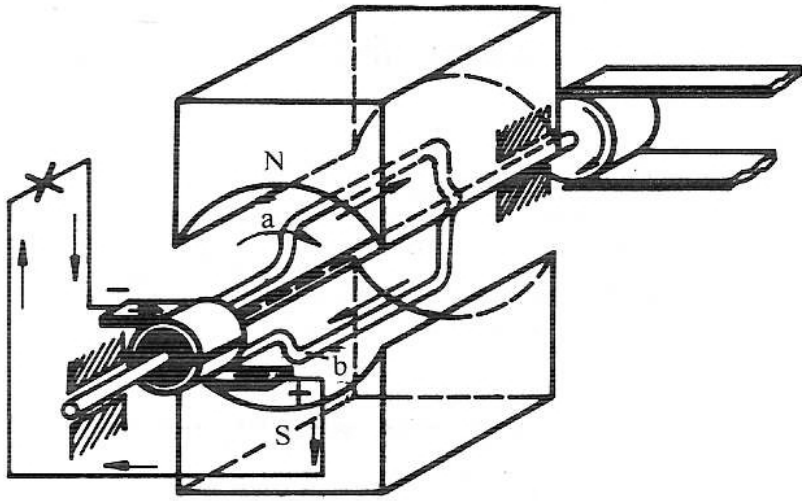
1. มีความเสียดทานขณะสตาร์ทน้อย (low starting friction torque) จึงเหมาะกับเครื่องจักรกลที่มีการเดินเครื่องและหยุดเครื่องบ่อยครั้ง
2. ง่ายต่อการหล่อลื่นและการดูแลรักษา โดยเฉพาะชนิดที่อัดด้วยไขข้นหรือจาระบีมาจากโรงงานแล้วเกือบจะต้องไม่ต้องดูแลเกี่ยวกับการหล่อลื่นอีกเลย
3. ปริมาณสารหล่อลื่นน้อย
4. ใช้เนื้อที่ทางด้านแกน (axial space) น้อย
5. สามารถรับแรงรุน (thrust load) และแรงในแนวรัศมี (radial load) ได้พร้อมกัน
6. สามารถที่จะทราบได้ว่าแบริ่งกำลังเสีย โดยการสังเกตจากเสียงดังซึ่งผิดไปจากปกติ
7. มีเคลียรันซ์น้อยมาก จึงเหมาะที่จะใช้กับเครื่องจักรกลที่ต้องการความละเอียดแม่นยำในการทำงาน เช่น เฟืองและลูกเบี้ยว เป็นต้น
8. สามารถรองรับเพลาในตำแหน่งใด ๆ ได้ เช่น ใช้รองรับเพลา ซึ่งวางเรียงเป็นมุมกับแนวระดับ เป็นต้น

2.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า [2]

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยมีสนามแม่เหล็กเป็นตัวกลาง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบ่งตามกระแสไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (DC Generator) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Generator)

2.2.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

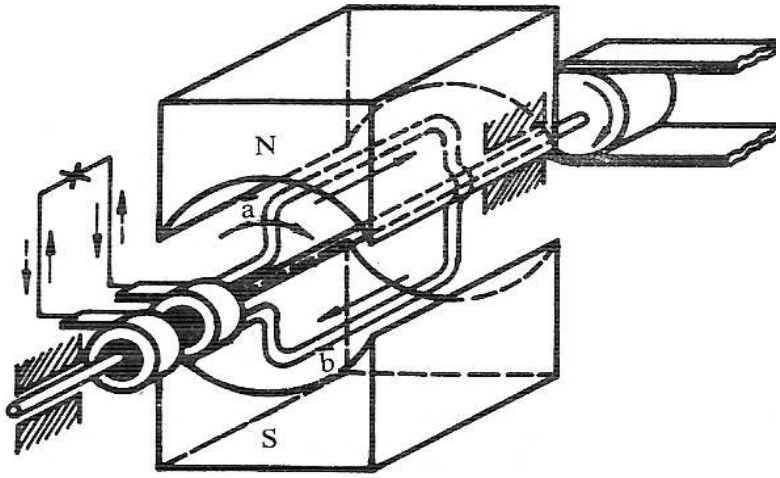
หลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่ประกอบด้วยขดลวดเพียงขดเดียว (2 ตัวนำ) ซึ่งปลายทั้งสองต่อเข้ากับซี่ทองแดงของคอมมิวเตเตอร์ (Commutator) เมื่อทำให้หมุนในสนามแม่เหล็ก N-S จะให้กำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับบนตัวนำทั้งสองของขดลวด และจะเปลี่ยนเป็นกระแสตรงเมื่อเมื่อผ่านซี่ทองแดงของคอมมิวเตเตอร์ ดังนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงต้องนำกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนขดลวดตัวนำไปใช้งานด้วยการผ่านซี่คอมมิวเตเตอร์



ภาพที่ 2.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

2.2.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับจะมีลักษณะเช่นเดียวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง แต่จะแตกต่างกันตรงที่ปลายทั้งสองของขดลวดต่อเข้ากับแหวนทองแดงหรือสลิปริง (Slip Ring) จึงสามารถนำแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับไปใช้ได้โดยตรงด้วยการต่อผ่านสลิปริง ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

2.2.3 โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระสลับและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มีลักษณะคล้าย ๆ กันและต่างก็ทำหน้าที่เหมือนกันคือ ผลิตแรงดันไฟฟ้า แต่มีข้อแตกต่างกันคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ขดลวดอาร์เมเจอร์จะเป็นส่วนหมุน และสนามแม่เหล็กจะอยู่กับที่ ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ จะเป็นแบบขั้วแม่เหล็กหมุน ขดลวดอาร์เมเจอร์จะอยู่กับที่ ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ

1. ส่วนที่อยู่กับที่ สเตเตอร์ (Stator) ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงนั้น สเตเตอร์หรือเปลือกนั้นจะใช้ยึดขั้วแม่เหล็ก ขดลวดสนามแม่เหล็กซึ่งทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก แปลงถ่ายและแบริ่งทำหน้าที่เป็นสะพานไฟจากคอมมิวเตอเตอร์ไปยังวงจรภายนอก และใช้เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก แต่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับไม่ได้ทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก แต่จะทำหน้าที่ยึดแกนเหล็กที่ใช้บรรจุขดลวดอาร์เมเจอร์

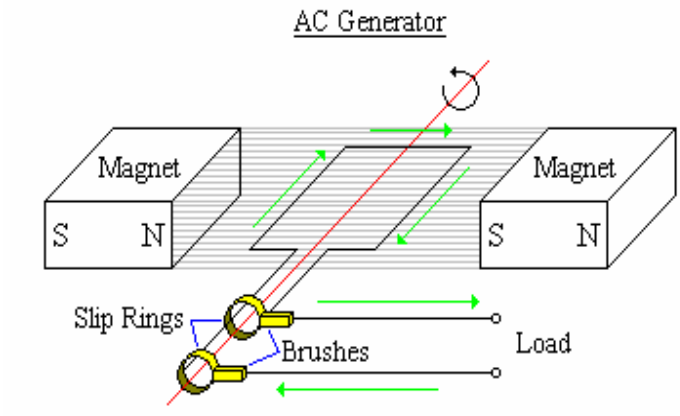
2. ส่วนที่เคลื่อนที่ โรเตอร์ (Rotor) ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโรเตอร์จะประกอบไปด้วยแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ซึ่งเป็นที่สำหรับบรรจุขดลวดอาร์เมเจอร์ และคอมมิวเตเตอร์ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดขึ้นในขดลวดอาร์เมเจอร์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ส่วนโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับจะใช้สำหรับยึดขั้วแม่เหล็ก โรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดมีขั้วแม่เหล็กยื่นออกมา จะนิยมใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีความเร็วรอบต่ำและความเร็วปานกลาง ชนิดขั้วแม่เหล็กเรียบส่วนมากจะใช้กับเทอร์ไบน์ (Turbine) หรือเครื่องกังหันไอน้ำซึ่งเป็นเครื่องที่หมุนด้วยกำลังขับที่ความเร็วรอบสูง

ดังนั้นการเลือกใช้เครื่องกำเนิดที่จะนำไปสู่การผลิตกระแสไฟฟ้า จึงเป็นที่จำเป็นมาก หากใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงจะมีราคาแพง และที่สำคัญคือ การควบคุมจะยุ่งยากกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ การสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในโครงงานนี้จึงจำเป็นอย่างมากที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต้องการ ต้องมีความเร็วรอบในการผลิตไฟฟ้าต่ำแล้วยังหาได้ง่ายและราคาถูกก็คือเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดนี้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้จำนวนมากขณะที่มีความเร็วรอบต่ำ จึงนิยมใช้กันมาก

2.3 หลักการพื้นฐานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า [1] [5]

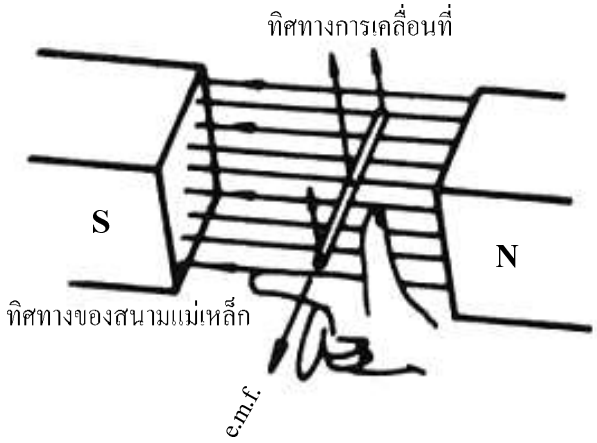
หลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในที่นี้อาศัยหลักการเหนี่ยวนำไฟฟ้าของฟาราเดย์ ซึ่งได้สรุปไว้เป็นกฎของฟาราเดย์ (Faraday's Law) ดังนี้ คือ "เมื่อสนามแม่เหล็กซึ่งตัดกับขดลวดตัวนำเกิดการเปลี่ยนแปลง จะทำให้มีแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในขดลวดตัวนำนั้น" หรือกล่าวได้อีกในหนึ่งว่า "ถ้าเส้นลวดตัวนำเคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็ก จะมีแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในขดลวดตัวนำนั้น" จึงสรุปได้ว่าการเหนี่ยวนำทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าทำได้ 2 วิธี คือ

1. โดยให้ขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก หลักการนี้นำไปใช้ในการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบอาร์เมเจอร์หมุน
2. โดยให้สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดผ่านขดลวดตัวนำ หลักการนี้นำไปใช้ในการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบขั้วแม่เหล็กหมุน ซึ่งเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในโครงงาน



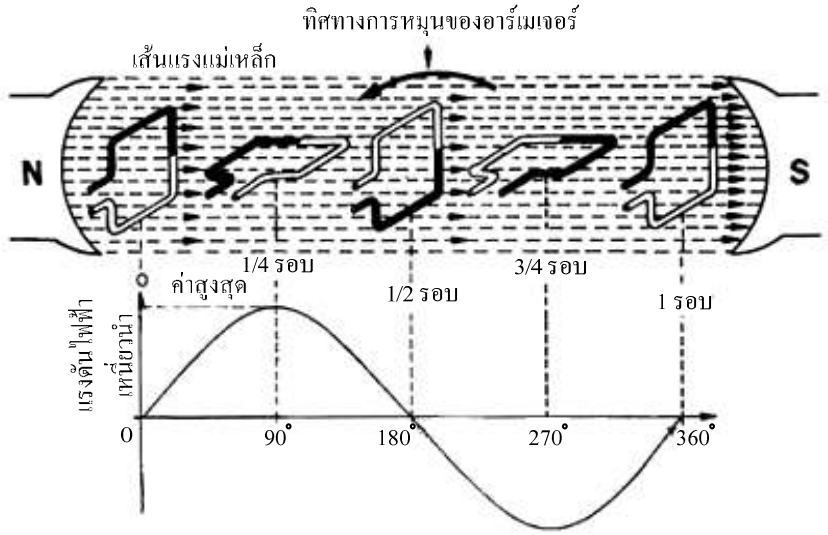
ภาพที่ 2.7 ลักษณะการเคลื่อนที่ตัดเส้นแรงแม่เหล็กของขดลวด

สำหรับการหาทิศของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น จะพิจารณาโดยการใช้กฎมือขวาของเฟลมมิ่ง (Fleming's right hand rule) ซึ่งมีใจความว่า เมื่อกางนิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้และนิ้วกลางของมือขวาออกให้ตั้งฉากซึ่งกันและกัน โดยให้นิ้วหัวแม่มือชี้ทิศการเคลื่อนที่ของตัวนำ นิ้วชี้ชี้ทิศของสนามแม่เหล็ก นิ้วกลางจะชี้ทิศการไหลของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในตัวนำ ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 กฎมือขวาของเฟลมมิ่ง

เมื่อให้ขดลวดตัวนำหมุนตัดกับสนามแม่เหล็ก หรือให้สนามแม่เหล็กหมุนตัดกับขดลวดตัวนำ ก็จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าขึ้นภายในขดลวดนั้น ซึ่งการที่ขดลวดหมุนตัดกับสนามแม่เหล็กคือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง และสนามแม่เหล็กหมุนตัดขดลวดคือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เจนเนอร์เรเตอร์จะประกอบด้วยแม่เหล็กซึ่งมีขั้ว N และขั้ว S และขดลวดตัวนำทางไฟฟ้าหรือขดลวดสเตเตอร์ เมื่อโรเตอร์หมุนตัดขดลวดสเตเตอร์ครบ 1 รอบ จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนกระแสไฟฟ้าในขดลวดสเตเตอร์ซึ่งเกิดจากการเหนี่ยวนำ ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลออกมาสู่วงจรภายนอกของเจนเนอร์เรเตอร์ ขณะที่มีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นทั้งคลื่นบวกและคลื่นลบ กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเรียกว่า "ไฟฟ้ากระแสสลับ" ถ้าตัวนำ (Conductor) ตัวหนึ่งเคลื่อนที่ตัดเส้นแรงแม่เหล็ก 1 รอบ ในจำนวนหนึ่งขั้วแม่เหล็ก เราจะได้รูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับออกมา 1 รอบหรือที่เรียกว่า ไซเกิล (Cycle)



ภาพที่ 2.9 การเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวดตัวนำที่เคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็กสามารถหาได้จากสมการที่ 2.4

$$E = 4.44\ N\ f \varnothing \quad (V) \qquad (2.4)$$

โดยที่ E คือ แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

$\varnothing$ คือ ความหนาแน่นสนามแม่เหล็ก ($Wb.m^{3}$)

f คือ ความถี่ (Hz)

N คือ ความเร็วรอบ (rpm)

ความถี่ (f) ของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นนั้นจะมีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบในการหมุน (N) ของโรเตอร์ และจำนวนขั้วแม่เหล็ก ซึ่งสามารถหาความถี่ได้จากสมการ 2.7

$$N = \frac{P}{2} \quad (\text{รอบ/นาที}) \qquad (2.5)$$

$$Ns = \frac{N}{60} \quad (\text{รอบ/วินาที}) \qquad (2.6)$$

ดังนั้น

$$f = \frac{P.N}{120} \quad (Hz) \qquad (2.7)$$

โดยที่ f คือ ความถี่ (Hz)
P คือ จำนวนขั้วแม่เหล็ก (ขั้ว)
N คือ ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)
Ns คือ ความเร็วรอบ (รอบ/วินาที)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับจะมีแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้น ในขดลวดตัวนำที่สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดผ่าน ก่อนที่จะนำไปชาร์จแบตเตอรี่จะต้องแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงก่อน ซึ่งสามารถหาแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้จากสมการที่ 2.8 และสมการที่ 2.9

$$e = \frac{P\phi ZN}{60a} \quad (V) \qquad (2.8)$$

$$e = \frac{PABZN}{60a} \quad (V) \qquad (2.9)$$

โดยที่ e คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง
P คือ ขั้วแม่เหล็ก (pole)
A คือ พื้นที่ทั้งหมดของแม่เหล็ก (m^2)
B คือ ความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็ก (T)
Z คือ จำนวนรอบของขดลวดที่ต่ออนุกรมกัน (n)
ϕ คือ ฟลักซ์แม่เหล็ก ($Wb.m^{-3}$)
N คือ จำนวนรอบการหมุน (rpm)
a คือ ทางเดินขนาดมีค่าเท่ากับ 1

2.4 สมบัติทางแม่เหล็กของวัสดุ

สมบัติทางแม่เหล็กของวัสดุขึ้นอยู่กับโครงสร้างของอะตอมและลักษณะการจับตัวของอะตอมของธาตุ ที่ประกอบกันขึ้นเป็นวัสดุและวัดกันที่ผลการตอบสนองของวัสดุต่อสนามแม่เหล็กที่มาเหนี่ยวนำวัสดุ วัสดุอาจถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามค่าเพอร์มีบิลิตีสัมพัทธ์ได้ดังนี้

1. กลุ่มไดอาแมกเนติก (Diamagnetic) ได้แก่ วัสดุที่มีเพอร์มีบิลิตีสัมพัทธ์น้อยกว่า 1

2. กลุ่มพาราแมกเนติก (Paramagnetic) ได้แก่ วัสดุที่มีเพอร์มีบิลิตีสัมพัทธ์มากกว่า 1 เล็กน้อย

3. กลุ่มเฟอร์โรแมกเนติค (Ferromagnetic) ได้แก่ วัสดุที่มีเพอร์มีบิลิตีสัมพัทธมากกว่า 1 มาก ๆ เมื่อถูกเหนี่ยวนำด้วยสนามแม่เหล็ก เฟอร์โรแมกเนติกก็จะแสดงอำนาจแม่เหล็กขึ้นมา ทั้งนี้ ธาตุที่เป็นเฟอร์โรแมกเนติก ได้แก่ เหล็ก นิกเกิล โคบอลต์ แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnets) แม่เหล็กถาวรคือเฟอร์โรแมกเนติกที่สามารถรักษาสภาพความเป็นแม่เหล็กไว้ได้ ภายหลังจากที่สนามแม่เหล็กที่มาเหนี่ยวนำได้หมดไปแล้ว แม่เหล็กถาวรมีทั้งพวกที่เป็นโลหะผสมและพวกที่เป็นเซรามิคพวกหลังนี้มีชื่อว่า แม่เหล็กเซรามิค (Ceramic magnets) แม่เหล็กอ่อน (Soft magnets)

แม่เหล็กอ่อน ได้แก่ เฟอร์โรแมกเนติที่ไม่สามารถรักษาสภาพความเป็นแม่เหล็กไว้ได้ ภายหลังที่สนามแม่เหล็กที่มาเหนี่ยวนำหมดไป ตัวอย่างแม่เหล็กอ่อนที่สำคัญได้แก่ เหล็กกล้าผสมซิลิคอน เหล็กกล้าผสมนิกเกิล แม่เหล็กทุกชนิดมีสนามแม่เหล็กรอบ ๆ แท่ง และมีแรงแม่เหล็กกระทำกันระหว่างแม่เหล็ก 2 แท่ง เนื่องจากแรงปฏิกิริยาภายในสนามแม่เหล็กวัตถุใด ๆ ที่ถูกทำให้เป็นแม่เหล็กได้ก็จะกลายเป็นแม่เหล็ก และจะกลายเป็นแม่เหล็กเมื่อวางไว้ในสนามแม่เหล็ก ซึ่งในแม่เหล็กจะประกอบไปด้วย

1. Pole : ขั้วแม่เหล็ก เป็นจุดบนแท่งแม่เหล็ก ซึ่งแรงแม่เหล็กจะปรากฏอย่างเข้มที่นั่น แม่เหล็กมี 2 ขั้วคือ ขั้วเหนือ และขั้วใต้ (ระบุได้โดยให้แท่งแม่เหล็กวางตัว ในสนามแม่เหล็กโลก) แท่งแม่เหล็กทั้งหมดมีขั้วแต่ละชนิดเท่ากัน กฎข้อแรกของแม่เหล็กกล่าวว่า ขั้วต่างกันดูดกัน และขั้วเหมือนกันผลักกัน

2. Magnetic axis : แกนแม่เหล็กเป็นเส้นที่ลากผ่านขั้วเหนือและขั้วใต้ ของแท่งแม่เหล็กแบ่งให้เห็นความสมดุลของสนามแม่เหล็ก

3. Ferromagnetic : สารแม่เหล็กหมายถึงวัตถุที่เป็นแม่เหล็กอย่างแรง (ทำให้เป็นแม่เหล็กได้ง่าย) ได้แก่ เหล็กนิเกิล โคบอลต์ และสารประกอบของโลหะเหล่านี้แบ่งเป็นสารแม่เหล็กถาวรและสารแม่เหล็กชั่วคราว แม่เหล็กผสมทำด้วยสารแม่เหล็กหลายชนิดดังกล่าว ทำให้เป็นของแข็งด้วยความร้อน สามารถทำให้เป็นสารแม่เหล็กถาวรมากขึ้น หรือสารแม่เหล็กชั่วคราว โดยการเปลี่ยนส่วนผสมของสารที่ใช้

4. Hard : สารแม่เหล็กถาวร เป็นสารแม่เหล็กที่ไม่เสียอำนาจแม่เหล็กง่าย หลังจากถูกทำให้เป็นแม่เหล็กแล้ว เช่น เหล็กกล้า แม่เหล็กที่ทำด้วยสารเหล่านี้เรียกว่า แม่เหล็กถาวร

5. Soft : สารแม่เหล็กชั่วคราว เป็นสารแม่เหล็กที่ไม่สามารถรักษาอำนาจแม่เหล็กได้นานหลังจากถูกทำเป็นแม่เหล็กแล้ว เช่น เหล็กธรรมดา แม่เหล็กที่ทำด้วยสารแม่เหล็กประเภทนี้เรียกว่าแม่เหล็กชั่วคราว สภาพแม่เหล็กที่หลงเหลือในสารแม่เหล็กชั่วคราวเรียกว่า แม่เหล็กตกค้าง

2.4.1 ความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดตัวนำ จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นรอบๆ เส้นลวดตัวนำนั้น แต่อำนาจแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีเพียงจำนวนเล็กน้อย การที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้จะต้องมีการเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็กขึ้น ความเข้มของสนามแม่เหล็กจะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

1. จำนวนรอบของการพันเส้นลวดตัวนำ การพันจำนวนรอบของเส้นลวดตัวนำมากจะเกิดสนามแม่เหล็กมาก ในทางกลับกันถ้าพันจำนวนรอบน้อยการเกิดสนามแม่เหล็กก็น้อยตาม

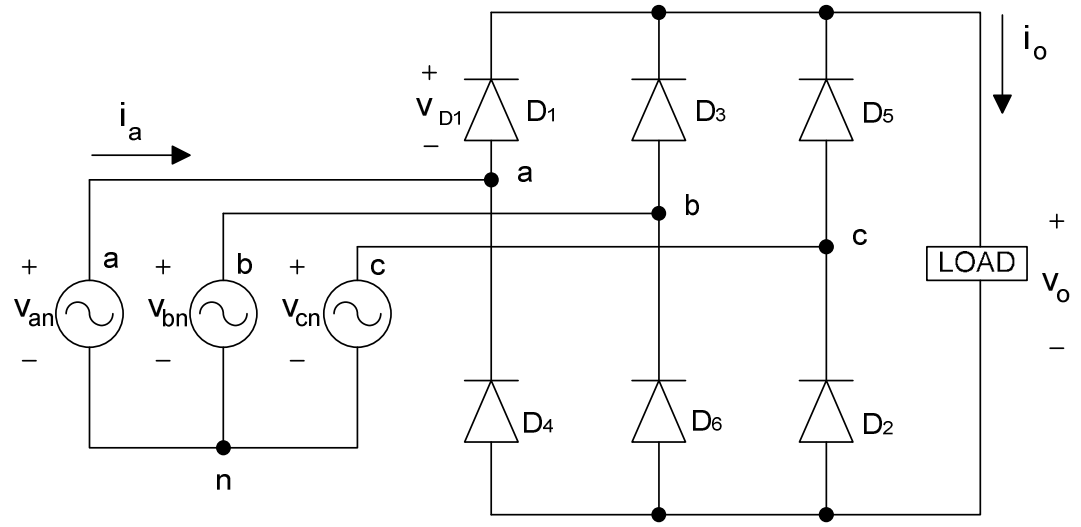
2. ปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ กระไฟฟ้าไหลผ่านมากสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นมาก และถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านน้อยสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นก็น้อยตามไปด้วย

3. ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำแกนของแท่งแม่เหล็กไฟฟ้า วัสดุต่างชนิดกันจะให้ความเข็มของสนามแม่เหล็กต่างกัน เช่น แกนอากาศจะให้ความเข็มของสนามแม่เหล็กน้อยกว่าแกนที่ทำจากสารเฟอโรแมกเนติก หรือสารที่สามารถเกิดอำนาจแม่เหล็กได้

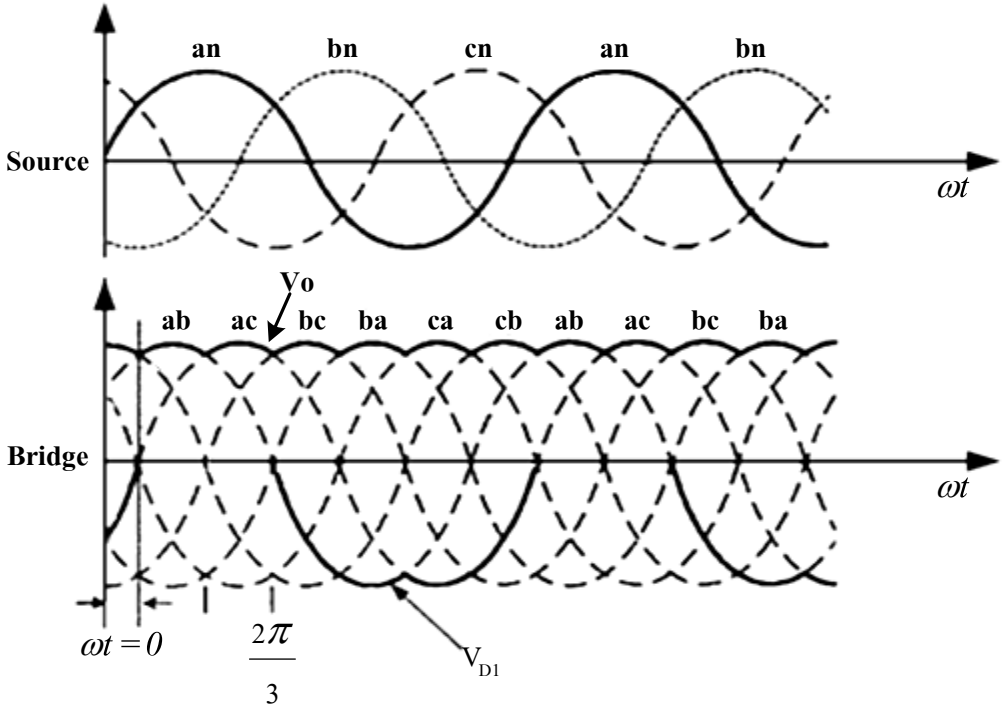
4. ขนาดของแกนแท่งแม่เหล็กไฟฟ้า แกนที่มีขนาดใหญ่จะให้สนามแม่เหล็กมาก ส่วนแกนที่มีขนาดเล็กจะให้สนามแม่เหล็กน้อย

2.5 วงจรเรียงกระแส 3 เฟสแบบไดโอด [6]

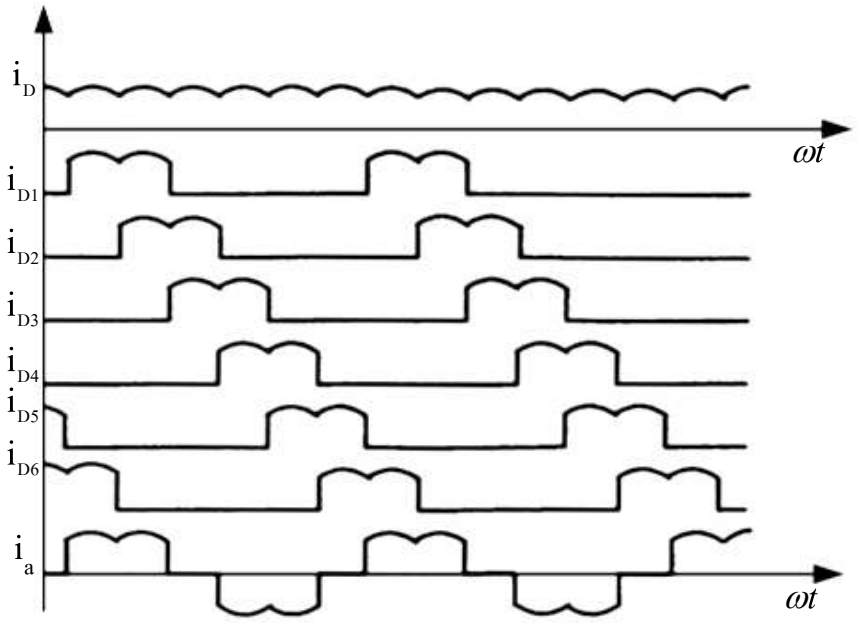
วงเรียงกระแสเป็นวงจรที่ใช้ไดโอดกำลังมาเป็นสวิตช์ ทำการแปลงผันกำลังจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับทั้งชนิด 1 เฟสและ 3 เฟส มาเป็นไฟฟ้ากระแสตรง หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า วงจรแปลงผันไฟสลับเป็นไฟตรง ในที่นี่จะกล่าวถึงเฉพาะวงจรเรียงกระแส 3 เฟส วงจรเรียงกระแสสามเฟสแบ่งออกเป็น 2 วงจร คือวงจรเรียงกระแส 3 เฟสครึ่งคลื่น และวงจรเรียงกระแส 3 เฟสเต็มคลื่น วงจรเรียงกระแส 3 เฟสครึ่งคลื่น คือวงจรที่ประกอบไปด้วยไดโอด 3 ตัว ไดโอดแต่ละตัวทำหน้าที่แปลงไฟสลับครึ่งวัฏจักรบวกของแหล่งจ่ายไฟ 3 เฟส มาเรียงเป็นไฟตรง ดังนั้นจึงเกิดรูปคลื่นแรงดันไฟตรงจำนวน 3 ลูกคลื่นใน 1 วัฏจักร ไดโอดแต่ละตัวนั้นจะนำกระแสเพียง 120 องศา ส่วนวงจรเรียงกระแส 3 เฟสเต็มคลื่น คือวงจรแปลงผันไฟสลับเป็นไฟตรงชนิด 3 เฟสที่ต่อไดโอด 6 ตัวแบบบริดจ์ เพื่อเรียงกระไฟสลับทั้งครึ่งบวกและครึ่งลบแต่ละเฟสให้เป็นแรงดันไฟตรง ทำให้ได้คลื่นไฟตรงจำนวน 6 คลื่นใน 1 วัฏจักร ไดโอดแต่ละตัวนั้นจะนำกระแสตัวละ 120 องศา ลักษณะของวงจรบริดจ์ 3 เฟสเต็มคลื่น และลักษณะของรูปคลื่นแรงดันตกคร่อมโหลด รวมทั้งกระแสที่ไหลผ่านไดโอดแต่ละตัว แสดงในภาพที่ 2.10 ภาพที่ 2.11 และ ภาพที่ 2.12 ตามลำดับ



ภาพที่ 2.10 วงจรเรียงกระแสสามเฟสแบบไดโอด



ภาพที่ 2.11 แรงดันไฟฟ้าด้านเข้าและด้านออก



ภาพที่ 2.12 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไดโอดแต่ละตัวและกระแสไฟฟ้าเฟส

การวิเคราะห์หาแรงดันด้านออกวิเคราะห์ได้ตามขั้นตอนดังนี้

1. จากกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ รอบเส้นทางใดๆ จะพบว่ามีไดโอดของวงจรบริดจ์ซีกบนเพียงตัวเดียว ที่นำกระแสไฟฟ้าในเวลาหนึ่ง ๆ (D1, D3, หรือ D5) โดยไดโอดที่นำกระแสไฟฟ้าจะมีด้านแอโนดต่ออยู่กับแรงดันไฟฟ้าเฟส ซึ่งมีค่าแรงดันสูงสุดในเวลาหนึ่งๆ

2. กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ยังแสดงว่า รอบเส้นทางใดๆ จะพบว่ามีไดโอดของวงจรบริดจ์ซีกล่างเพียงตัวเดียว ที่นำกระแสไฟฟ้าในเวลาหนึ่ง ๆ (D2, D4, หรือ D6) โดยไดโอดที่นำกระแสไฟฟ้าจะมีด้านแคโธดต่ออยู่กับแรงดันไฟฟ้าเฟส ซึ่งมีค่าแรงดันสูงสุดในเวลาหนึ่งๆ

3. ดังที่กล่าวมาแล้วจากข้อ 1 และข้อ 2 จะเห็นได้ว่าไดโอด D1 กับ D4 ไม่สามารถนำกระแสไฟฟ้าพร้อมกันได้ เช่นเดียวกันกับ D3 กับ D6 รวมทั้ง D5 กับ D2

4. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมโหลดคือแรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสของแหล่งจ่าย เช่น เมื่อ D1 กับ D2 นำกระแสไฟฟ้า ในช่วงเวลานี้แรงดันไฟฟ้าด้านออกคือ Vac และมีข้อสังเกตคือ ไดโอดคู่ใดนำกระแสไฟฟ้าก็จะเป็นไดโอดที่ต่อระหว่างแรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสมีค่าสูงสุดในเวลานั้น เช่น Vac แรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสมีค่าสูงสุด แรงดันไฟฟ้าด้านออกก็คือ Vac โดยไดโอด D1 กับ D2 นำกระแสไฟฟ้าเป็นต้น

5. แรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสมีความเป็นไปได้อยู่ 6 รูปแบบ ช่วงแรงดันไฟฟ้าสูงสุดระหว่างเฟสจะเป็นช่วง 60 องศา ดังนั้นจึงเรียกวงจรนี้ว่าวงจรเรียงกระแสแบบหกพัลส์ ซึ่งนับจากจำนวนครั้งการเปลี่ยนค่าสูงสุดในหนึ่งคาบ

6. ความถี่หลักมูลของแรงดันไฟฟ้าด้านออกเป็นหกเท่าของความถี่ของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า

ค่าแรงดันไฟฟ้าไบอัสย้อนกลับสูงสุดที่ตกคร่อมไดโอดจะเท่ากับที่ค่าแรงดันไฟฟ้ายอดระหว่างเฟส รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมไดโอด D1 แสดงไว้ตามภาพที่ 2.11 เมื่อไดโอด D1 นำกระแส ค่าแรงดันตกคร่อมจะมีค่าประมาณศูนย์ ในขณะที่หยุดนำกระแสจะมีค่าเท่ากับ Vab เมื่อไดโอด D3 นำกระแส และจะมีค่าเท่ากับ Vac เมื่อไดโอด D5 นำกระแส สัญญาณรายคาบของแรงดันไฟฟ้าด้านออกจะนิยามได้ว่ามีค่าเท่ากับ

$$\text{Vo}(\omega t) = \text{V}_{\text{m,L-L}} \sin(\omega t) \quad \text{for } \frac{\pi}{3} \le \omega t \le \frac{2\pi}{3} \qquad (2.10)$$

ทำให้คาบเวลาในการหาสัมประสิทธิ์ของอนุกรมฟูเรียร์มีค่าเท่ากับ (π/3) และเนื่องจากเป็นรูปคลื่นแบบสมมาตรทำให้สัมประสิทธิ์ของฟังก์ไซน์จะมีค่าเท่ากับศูนย์ จะได้อนุกรมฟูเรียร์ของแรงดันไฟฟ้าด้านออกจะมีค่าเท่ากับ

$$\text{Vo (t)} = \text{Vo} + \sum_{n=6,12,18}^{\infty} V_n \cos(n\omega_o t + \pi) \qquad (2.11)$$

ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยด้านออกหรือค่าองประกอบไฟฟ้ากระแสตรงจะมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} \text{Vo} &= \frac{1}{\pi/3} \int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}} \text{V}_{\text{m,L-L}} \sin(\omega t)\, \text{d}(\omega t) \\ &= \frac{3\text{V}_{\text{m,L-L}}}{\pi} \\ &= 0.955\text{V}_{\text{m,L-L}} \quad \text{(V)} \end{aligned} \qquad (2.12)$$

โดยที่ $\text{V}_{\text{m,L-L}}$ หมายถึง ค่าแรงดันไฟฟ้ายอดระหว่างสายซึ่งจะมีค่าเท่ากับ $\sqrt{2}\,\text{V}_{\text{m,L-L,rms}}$

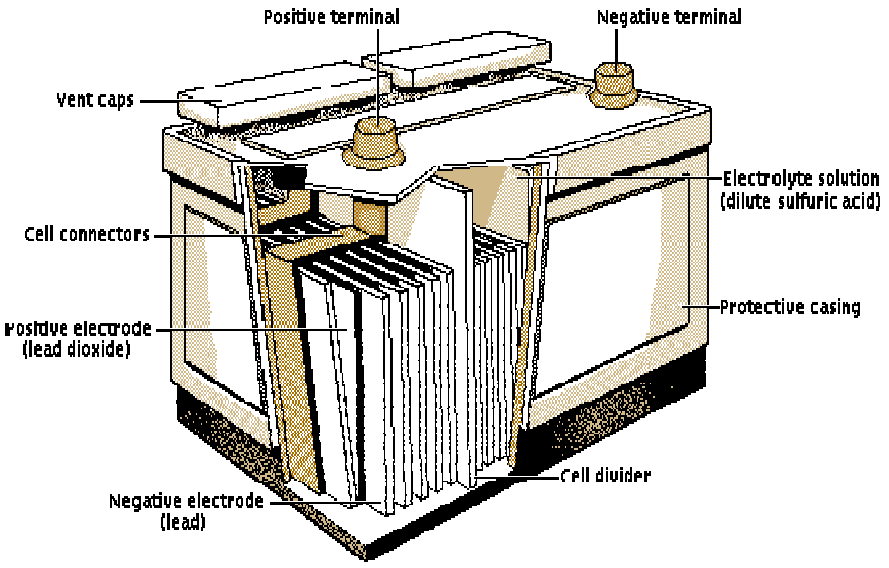
ในการคำนวณเพื่อหาค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยด้านออกจะได้จากการอินทิเกรตแรงดันไลน์ ($\text{V}_{\text{m,L-L}}$) โดยจะคำนวณจากคาบ (π/3) ที่คิดจากช่วงยอดที่สูงที่สุดคือมุม (π/3) ถึง (2π/3) ของรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าระหว่างสาย

2.6 แบตเตอรี่

เซลล์ของแบตเตอรี่ ประกอบด้วยแผ่นธาตุบวก แผ่นธาตุลบ และสารละลายที่เป็นของเหลวหรือวุ้นที่เรียกว่า “อิเล็กโทรไลท์” เซลล์เหล่านี้อาจมีการหุ้มปิดสนิท หรือมีช่องให้สารละลายระเหยได้ แผ่นธาตุบวก และ แผ่นธาตุลบหลาย ๆ ชุดวางขนานกันเป็นคู่ ๆ เพื่อให้กระแสไฟฟ้าที่จ่ายได้สูงขึ้น แผ่นธาตุบวก และแผ่นธาตุลบเหล่านี้จะถูกแผ่นป้องกันไม่ให้มีส่วนสัมผัสกันได้ แต่ไอออนสามารถวิ่งจากแผ่นธาตุหนึ่ง ผ่านสารละลายไปยังแผ่นธาตุอีกแผ่นหนึ่ง ทำให้เกิดกระแสฟ้าขึ้น

2.6.1 โครงสร้างของแบตเตอรี่น้ำ

โครงสร้างของแบตเตอรี่น้ำ มีส่วนประกอบคือเปลือกนอกซึ่งทำด้วยพลาสติกหรือยางแข็ง ฝาครอบส่วนบนของแบตเตอรี่ ขั้วของแบตเตอรี่ สะพานไฟ แผ่นธาตุบวก และแผ่นธาตุลบ แผ่นกั้นซึ่งทำจากไฟเบอร์กลาสที่เจาะรูพรุน ปัจจุบันแบตเตอรี่รถยนต์มี 2 แบบคือ แบบที่ต้องคอยตรวจดูระดับน้ำกรดในแบตเตอรี่ กับแบบที่ไม่ต้องตรวจดูระดับน้ำกรดเลยตลอดอายุการใช้งาน



ภาพที่ 2.13 โครงสร้างของแบตเตอรี่น้ำ

- แผ่นธาตุ (Plates) ในแบตเตอรี่มี 2 ชนิด คือ แผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ แผ่นธาตุบวกทำจากตะกั่วเปอร์ออกไซด์ (PbO_2) และแผ่นธาตุลบทำจากตะกั่ว (Pb) วางเรียงสลับกัน จนเต็มพอดี ในแต่ละเซลล์ แล้วกั้นไม่ให้แตะกัน ด้วยแผ่นกั้น

- แผ่นกั้น (Separaters) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แผ่นธาตุบวก และแผ่นธาตุลบแตะกัน ซึ่งจะทำให้เกิดการลัดวงจรขึ้น ซึ่งแผ่นกั้นนี้ทำจากไฟเบอร์กลาสหรือยางแข็ง เจาะรูพรุนเพื่อให้น้ำกรด สามารถไหลถ่ายเทไปมาได้ และมีขนาดความกว้างยาวเท่ากับแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ

- น้ำกรดหรือน้ำยาอิเล็กโตรไลต์ (Electrolyte) น้ำกรดในแบตเตอรี่รถยนต์เป็นน้ำกรดกำมะถันเจือจางคือจะมีกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ประมาณ 38 เปอร์เซ็นต์ ความถ่วงจำเพาะของน้ำกรด 1.260-1.280 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสน้ำกรดในแบตเตอรี่เป็นตัวที่ทำให้แผ่นธาตุลบเกิดปฏิกิริยาทางเคมีจนเกิดกระแสไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นมาได้

- เซลล์ (Cell) คือช่องที่บรรจุแผ่นธาตุบวก แผ่นธาตุลบ ที่วางสลับกัน กั้นด้วยแผ่นกั้นแล้วจุ่มในน้ำกรด ในช่องหนึ่งจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 2.1 โวลต์ แบตเตอรี่12โวลต์ก็จะมีเซลล์ 6 เซลล์ และในแต่ละเซลล์ก็จะมีส่วนบนเป็นที่เติมน้ำกรดและมีฝาปิดป้องกันน้ำกรดกระเด็นออกมา และที่ฝาปิดก็จะมีรูระบายก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีให้ระบายออกไปได้

- ฝาปิดเซลล์ (Battery Cell Plug) หรือฝาปิดช่องเติมน้ำกรด ฝานี้จะมีรูระบายก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีภายในแบตเตอรี่ให้สามารถระบายออกไปได้ ถ้าไม่มีฝาระบายนี้ เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีก๊าซไฮโดรเจนจะไม่สามารถระบายออกไปได้ ทำให้เกิดแรงดัน ดันจนแบตเตอรี่เกิดระเบิดขึ้นได้

- แบตเตอรี่ใหม่ๆ ที่ยังไม่มีน้ำกรด ที่ฝาปิดจะมีกระดาษกาวปิดไว้เพื่อป้องกันความชื้นเข้าไปในแบตเตอรี่ ซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ เมื่อเติมน้ำกรดเข้าไปแล้วทำการประจุไฟนำมาใช้งาน กระดาษกาวที่ปิดนี้จะต้องแกะออกให้หมด เพื่อไม่ให้แบตเตอรี่เกิดระเบิดขึ้นได้

2.6.2 การต่อเซลล์แบตเตอรี่

การต่อเซลล์แบตเตอรี่เพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟที่ถูกต้องและมาตรฐานจะนิยมต่อกัน 2 แบบ คือ

- การต่อแบบอนุกรม การต่อแบบนี้เพื่อจะเพิ่มระดับโวลต์เตจ รวมให้สูงขึ้น โดยการนำเอาขั้วลบของเซลล์ที่ 1 ต่อกับขั้วบวกของเซลล์ที่ 2 ไปเรื่อยๆ จนมีระดับโวลต์เตจสูงพอตามที่ต้องการ และสุดท้ายจะเลือกขั้วบวกของเซลล์ที่ 1 และขั้วลบของเซลล์สุดท้าย ซึ่งทั้งสองขั้วนี้จะเป็นขั้วที่นำพลังงานของแบตเตอรี่ไปใช้งาน

- การต่อแบบขนาน การต่อแบบนี้เพื่อจะเพิ่มอัตราในการจ่ายกระแสในชุดของแบตเตอรี่นั้นให้มีการจ่ายกระแสสูงขึ้น โดยการต่อแบบนำเอาเซลล์แบตเตอรี่ตั้งแต่จำนวน 2 เซลล์ขึ้นไปมาต่อในลักษณะขนานกันคือ ขั้วบวกต่อขั้วบวก ขั้วลบต่อขั้วลบ

2.6.3 ค่าความจุของแบตเตอรี่ (Capacity of Battery)

ค่าความจุของแบตเตอรี่คือ อัตราการจ่ายกระแสสูงสุดชั่วระยะเวลาหนึ่งจนแบตเตอรี่ในชุดนั้นไม่สามารถที่จะจ่ายกระแสอีกต่อไป ค่าความจุของแบตเตอรี่จะมีหน่วยแอมแปร์ต่อชั่วโมง ค่าความจุของแบตเตอรี่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่อไปนี้

- ปริมาณของแผ่นเพลทบวก ปริมาณของแผ่นเพลทคือ ความกว้างและความยาวของแผ่นเพลท โดยเฉพาะแผ่นเพลทที่มีความกว้างและความยาวมาก จะให้การประจุและคายประจุที่สูงกว่าแผ่นเพลท ที่มีความกว้างและความยาวที่ต่ำกว่า

- จำนวนแผ่นเพลทบวก จำนวนแผ่นเพลทบวกที่นำมาต่อรวมกันเพื่อจัดเป็นกรุ๊ปของแผ่นเพลทของแบตเตอรี่ หากนำแผ่นเพลทมาเรียงต่อกันได้มากเท่าไร จะส่งผลให้แบตเตอรี่นั้นๆมีอัตราการเก็บประจุและคายประจุสูงเป็นเท่าตัว

- น้ำหนักของเซลล์ในการซื้อเซลล์แบตเตอรี่ เราจะซื้อปริมาณของเนื้อตะกั่วหรือจำนวนน้ำหนักของผงตะกั่วที่นำมาทำเป็นแผ่นเพลทกรดบวกโดยเฉพาะ ดังนั้นหากเซลล์ของแบตเตอรี่ที่มีน้ำหนักมาก จะมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าแบตเตอรี่ที่มีน้ำหนักของเซลล์น้อย

2.6.4 ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่

ความสามารถในการส่งกระแสออก จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ การจ่ายไฟออก และอัตราจ่ายไฟออกคุณสมบัติประจำตัวของแบตเตอรี่ดังกล่าวนี้เรียกว่า ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่

ตารางที่ 2.2 แสดงอุณหภูมิซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของแบตเตอรี่

ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่	อุณหภูมิของแบตเตอรี่	
	องศาฟาเรนไฮต์	องศาเซลเซียส
100	80	26.7
65	32	0
50	0	-17.8
10	-45	-42.8

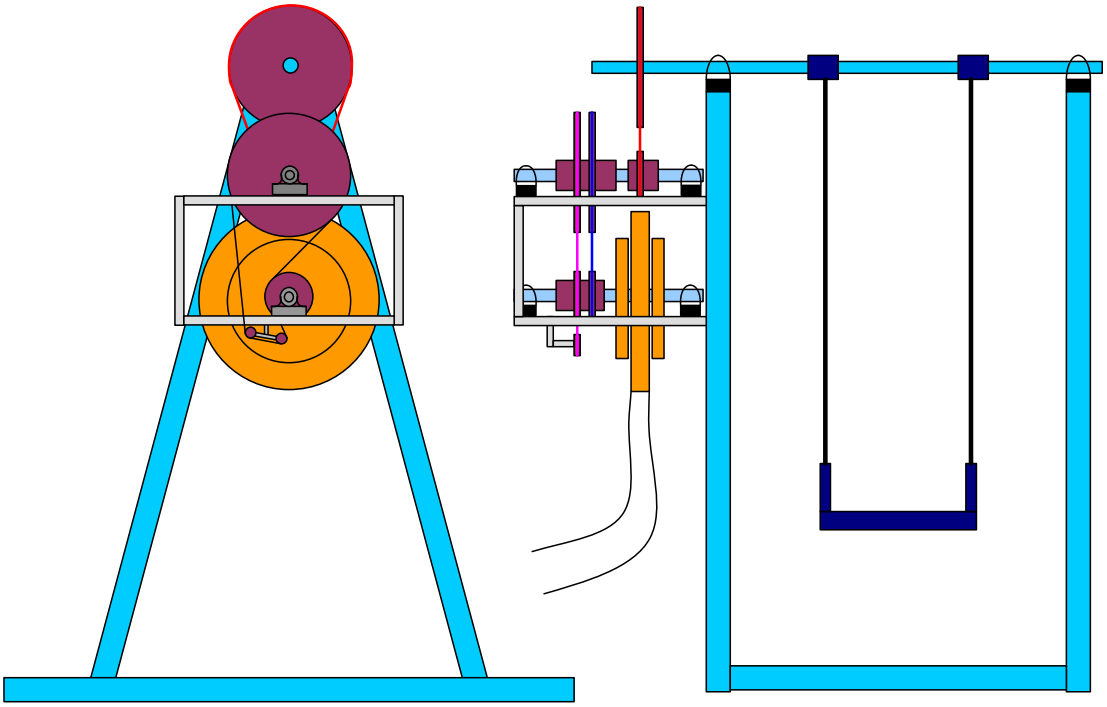
จากตารางที่ 2.2 แสดงว่าผลของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง จะทำให้ความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าของ แบตเตอรี่ที่จ่ายให้กับโหลดต่ำลง ไม่ได้ตามที่กำหนดไว้อีก ทั้งยังเป็นค่าจำกัดของค่าที่จ่ายออกมาดังนั้นแบตเตอรี่ที่ดีจะต้องทำงานในช่วงอุณหภูมิที่กำหนดได้เป็นอย่างดี

บทที่ 3

การออกแบบโครงงาน

3.1 การออกแบบโครงสร้างชิงช้า

การออกแบบโครงสร้างได้นำเหล็กมาประกอบเป็นโครงสร้างชิงช้าขึ้นมาในลักษณะเดียวกันกับชิงช้าในสนามเด็กเล่นทั่วๆไป แต่เนื่องจากในการทดลองต้องการแรงบิดจากการแกว่งของชิงช้าจึงได้ออกแบบให้คานของชิงช้าสามารถหมุนได้ทั้งคานและได้นำจานของจักรยานไปประกอบติดที่คานบนเพื่อนำแรงบิดจากการหมุนของคานไปใช้ขับโรเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้โซ่เป็นตัวถ่ายทอดแรงเพื่อไปขับโรเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 การออกแบบโครงสร้าง

3.2 การออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่ออกแบบเป็นชนิดขั้วแม่เหล็กถาวร การพันคอยล์ขดลวดเป็นแบบ Full Pitch เพราะไม่มีช่องสล็อท ให้ตัวโรเตอร์เป็นตัวทำสนามแม่เหล็กหมุนและให้ตัวสเตเตอร์ทำหน้าที่ผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้เรซิ่นเป็นตัวจับยึดคอยล์ขดลวดอาร์เมเจอร์

3.2.1 การคำนวณหาจำนวนรอบของขดลวด

การออกแบบกำหนดให้แรงดันเท่ากับ 15 V. และความเร็ว 50 rpm จำนวนขั้วแม่เหล็ก 24 ขั้ว พื้นที่ของแม่เหล็กเหล็กขนาด 10×25×40 mm จะสามารถคำนวณหาจำนวนรอบของขดลวดได้จากสมาการที่ 2.6

จากสูตร $$e = \frac{PABZN}{60a}$$

$$15 = \frac{12 \times 0.04 \times 0.025 \times 0.4 \times Z \times 50}{60}$$

$$Z = 3750 \text{ รอบ}$$

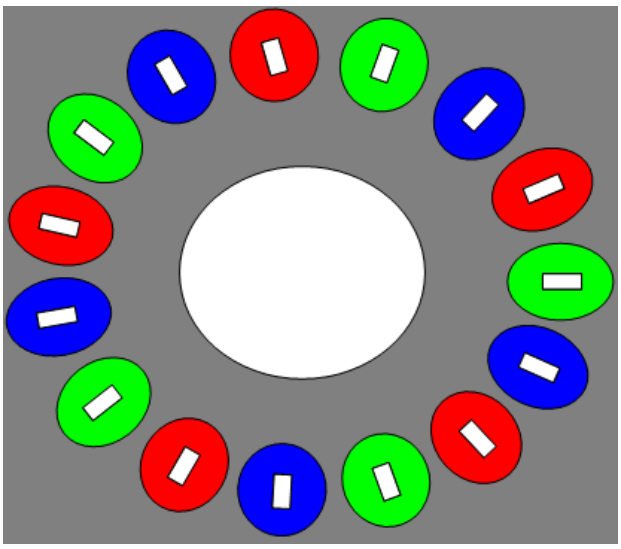
จะได้จำนวนรอบของขดลวดต่อ 1 ขด $N1 = \frac{3750}{15}$

$$= 250 \text{ รอบ/ชุด}$$

เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด 20 เปอร์เซ็นต์ $N1 = 300$ รอบ/ชุด

3.2.2 การออกแบบตัวสเตเตอร์

การพันขดลวดจำนวน 15 ขด การพันต้องพันให้เหมือนกันทั้งชุดๆละ 300 รอบ โดยพันรอบแกนไม้ที่สร้างเป็นแบบเท่ากับตัวแม่เหล็กถาวร เวลาวางขดลวดต้องวางเหมือนกัน หงายหรือคว่ำก็ได้ไปในทิศทางเดียวกัน โดยให้ขดลวดแต่ละคอยล์จะวางอยู่ในพื้นที่ 360 /15 = 24 องศา ใช้ขดลวดตัวนำที่มีขนาดเบอร์ 23 SWG (0.297 mm^2) ขดลวดจะวางเรียงกันดังภาพที่ 3.2 จะต่อผ่านไดโอดหรือวงจรเรียงกะแสเสียก่อนจะเหลือสายออกมาจากวงจรเรียงกระแสเพียงสองเส้นเป็นไฟ DC ออกไปใช้งาน



ภาพที่ 3.2 การวางขดลวดอาร์เมเจอร์

3.2.3 การเทเรซิ่น

นำเรซิ่นมาเทใส่ภาชนะแล้วทำการชั่งบนตาชั่งดูปริมาณของแบบที่เตรียมเอาไว้ว่าจะใช้กี่กรัม ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา (โคบอลท์) ผสมกับเรซิ่นในอัตรา 0.2- 0.5% ใส่แม่สีลงไป เช่น สีส้ม เป็นต้น กวนให้เข้ากันจากนั้นใส่สารเร่งแข็งลงไปในเรซิ่น 1-2 % หรือ เรซิ่น 20-30 กรัมใช้สารเร่งแข็ง 20-30 หยด แล้วเทลงบนแบบที่เตรียมเอาไว้โดยมีขดลวดวางในทิศทางตามขั้วแม่เหล็กจนเต็มแบบแล้วปิดฝาแบบ ใช้คีมก้ามปูหนีบแต่ละจุดให้แน่นทิ้งไว้ 1-2 วัน

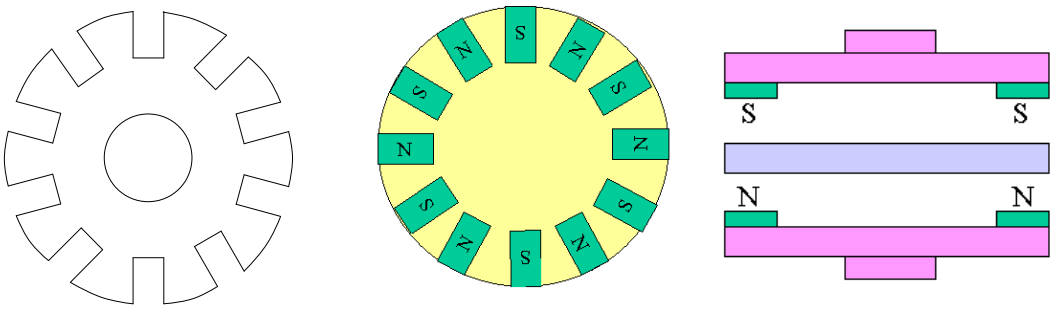
ภาพที่ 3.3 การเทเรซิ่นลงขดลวดทองแดง

3.2.4 การออกแบบตัวโรเตอร์

ขนาดที่ได้กำหนด จำนวนขั้วแม่เหล็กจำนวน 12 ขั้วแม่เหล็ก แต่ละขั้วใช้แม่เหล็กถาวร ขนาด 40×25×10 มิลลิเมตร รัศมีโรเตอร์ 162.5 mm จะได้ขั้วแม่เหล็กวางห่างกัน

ระยะการวางขั้วแม่เหล็ก = 360/12

= 30 องศา



ภาพที่ 3.4 แบบวางแม่เหล็ก 12 ขั้ว

การยึดแม่เหล็กนั้นจะต้องทำความสะอาดแผ่นเหล็กโดยการขัดด้านที่จะวางแม่เหล็กให้สะอาดแล้วใช้ Super glue ติดแม่เหล็กถาวรกับแผ่นเหล็กตามแบบที่วางเอาไว้โดยให้เรียงแม่เหล็กถาวรสลับขั้ว และใช้เรซิ่นเททับให้เสมอกับแม่เล็กถาวรเพื่อความแข็งแรงทนทาน ควรระมัดระวังในการติดตั้งแม่เหล็กถาวร แม่เหล็กถาวรนี้มีแรงดึงดูดสูงมาก

ภาพที่ 3.5 แสดงลักษณะของโรเตอร์

เพื่อให้โรเตอร์หมุนไปในทิศทางเดียวกัน ได้นำเอาสเตอร์ของจักรยาน 2 ตัว มาประกอบรวมกัน ซึ่งไม่ว่าชิงช้าจะหมุนไปในทิศทางใดก็ตามโรเตอร์ก็จะหมุนไปในทิศทางเดียวตลอดดังแสดงในภาพที่ 3.6

ภาพที่ 3.6 เฟืองหมุนฟรีทิศทางเดียว

ภาพที่ 3.7 ชุดโรเตอร์

เมื่อทำการหล่อเรซิ่นที่ตัวสเตเตอร์และที่ตัวโรเตอร์เสร็จแล้ว จึงนำมาประกอบเข้ากับโครงสร้างชิงช้าซึ่งจะได้ชิงช้าผลิตพลังงานไฟฟ้าดังรูปที่ 3.8

ภาพที่ 3.8 ภาพชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าว่าสามารถผลิตไฟฟ้าได้จริงหรือไม่
2. เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
3. เพื่อศึกษาแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต

4.2 อุปกรณ์การทดลอง

1. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์
2. แคลมป์มิเตอร์
3. ออสซิลโลสโคปดิจิตอล
4. เครื่องมือวัดความเร็วรอบ

4.3 ขั้นตอนการทดลอง

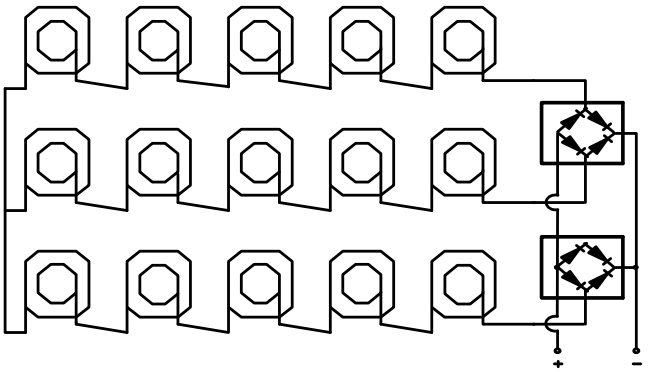
1. แกว่งชิงช้าที่ความเร็วรอบต่างๆ แล้วบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (Vac) และแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (Vdc) ที่ความเร็วรอบต่างๆ ขณะยังไม่ต่อโหลด

2. ต่อโหลดแบตเตอรี่ 12 V 35 Ah แกว่งชิงช้าที่ความเร็วรอบต่างๆ แล้วบันทึกค่า แรงดัน (Vdc) กระแส (Adc) กำลังไฟฟ้า (Watt)

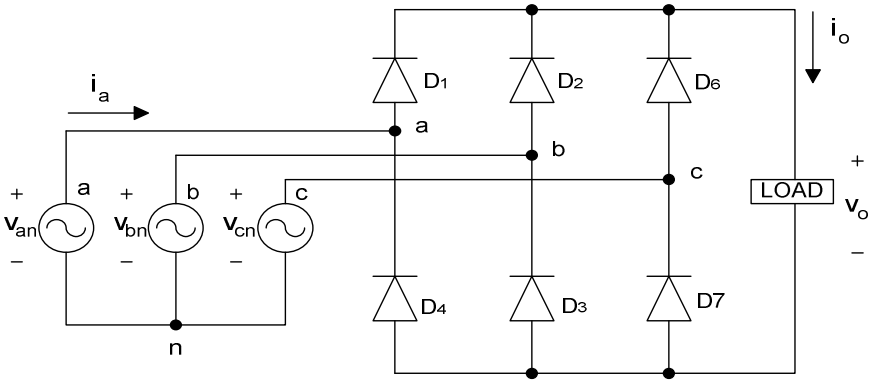
3. ต่อโหลดหลอดไฟ DC ขนาด 10 W แกว่งชิงช้าที่ความเร็วรอบต่างๆ แล้วบันทึกค่าแรงดัน (Vdc) กระแส (Adc) กำลังไฟฟ้า (Watt)

4. ต่อโหลดแบตเตอรี่ 12 V 35 Ah แกว่งชิงช้าที่ความเร็ว 50 รอบ แล้วบันทึกรูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (Vac) รูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ที่ผ่านวงจร Rectifier

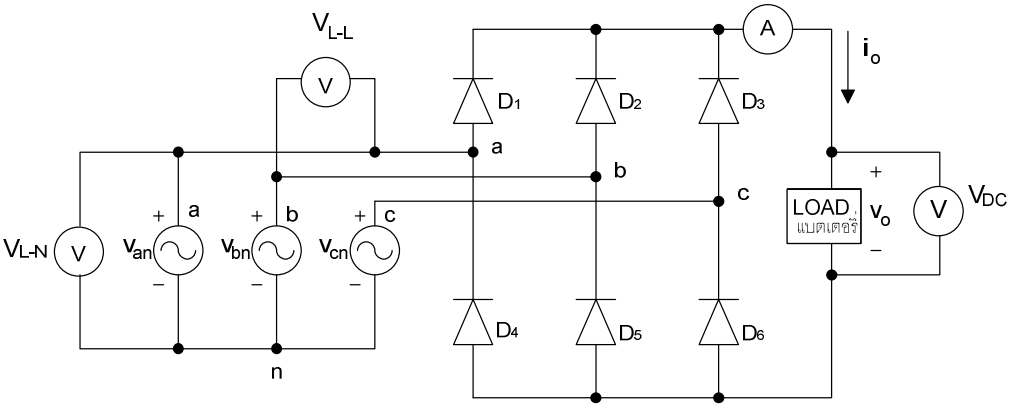
4.4 ผลการทดลอง



ภาพที่ 4.1 การต่อขดลวดผ่านวงจรเรียงกระแส



ภาพที่ 4.2 วงจรเรียงกระแสสามเฟสแบบไดโอด



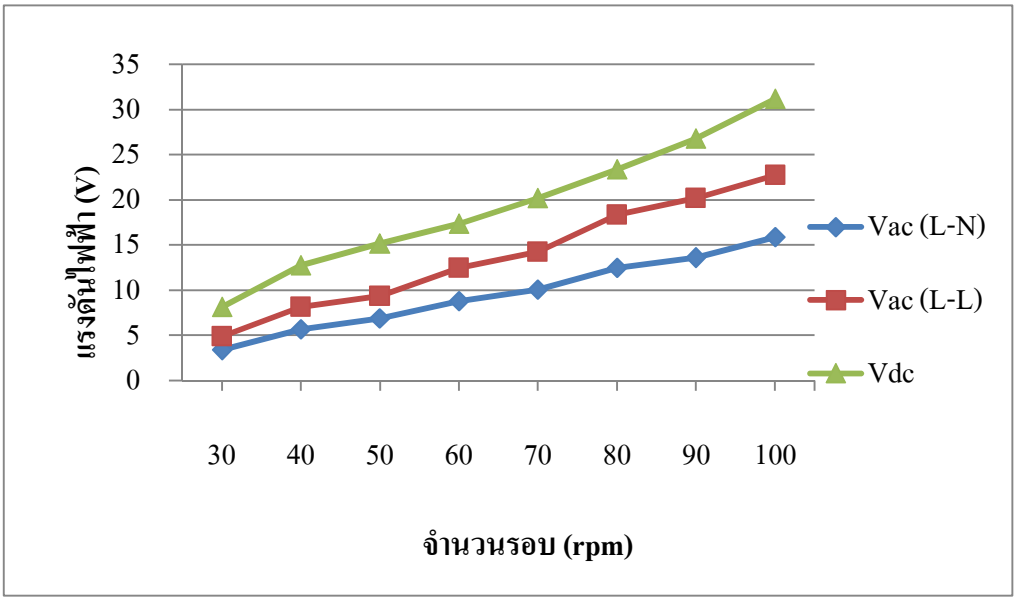
ภาพที่ 4.3 การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ V_{L-N} V_{L-L} แรงดันไฟฟ้ากระตรง V_{DC} กระแสไฟฟ้า Adc

การวัดแรงดันไฟฟ้า ขณะที่ไม่ต่อโหลดที่ความเร็วรอบต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การทดลองวัดแรงดันไฟฟ้า ขณะที่ไม่ต่อโหลดที่ความเร็วรอบต่างๆ

ความเร็วรอบ (rpm)	แรงดันที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า		แรงดันที่ผ่าน rectifier
	Vac (L-N)	Vac (L-L)	Vdc (V)
30	3.4	4.9	8.2
40	5.7	8.2	12.8
50	6.9	9.4	15.2
60	8.8	12.5	17.4
70	10.1	14.3	20.2
80	12.5	18.4	23.4
90	13.6	20.2	26.8
100	15.9	22.8	31.2

กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้า ขณะที่ไม่ต่อโหลดที่ความเร็วรอบต่างๆ



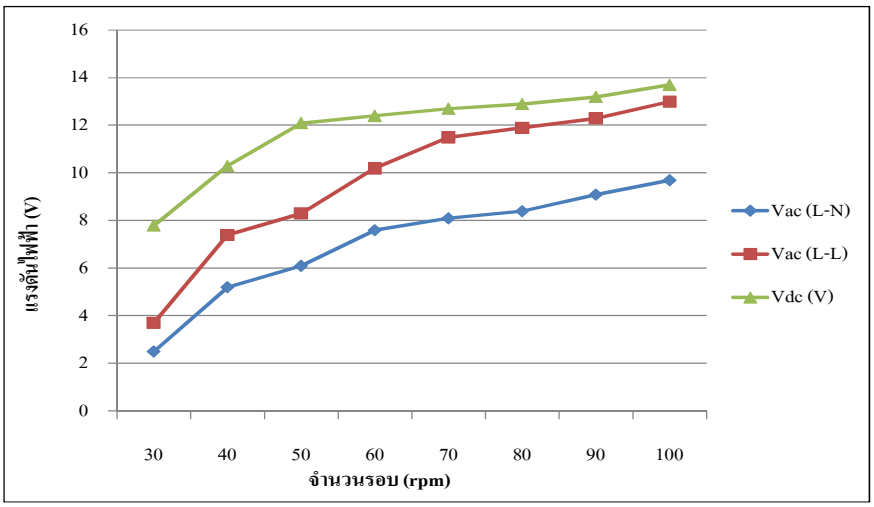
ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้า ขณะที่ไม่ต่อโหลดที่ความเร็วรอบต่างๆ

การวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังงานไฟฟ้า ขณะต่อโหลดแบตเตอรี่ขนาด 35 Ah แรงดันของแบตเตอรี่ขณะทดลอง 11 V ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การทดลองวัด แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังงานไฟฟ้า ขณะต่อโหลดแบตเตอรี่ขนาด 35 Ah แรงดันของแบตเตอรี่ขณะทดลอง 11 V ที่ความเร็วรอบต่างๆ

ความเร็วรอบ	แรงดันที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า		ผลการทดลองที่ผ่าน rectifier		
(rpm)	Vac (L-N)	Vac (L-L)	Vdc (V)	Idc (A)	watt
30	2.5	3.7	7.8	0.35	2.73
40	5.2	7.4	10.3	0.4	4.12
50	6.1	8.3	12.1	0.47	5.69
60	7.6	10.2	12.4	0.52	6.45
70	8.1	11.5	12.7	0.63	8
80	8.4	11.9	12.9	0.7	9.03
90	9.1	12.3	13.2	0.9	11.88
100	9.7	13	13.7	1.1	15.07

กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้าขณะต่อโหลดแบตเตอรี่ ที่ความเร็วรอบต่างๆ



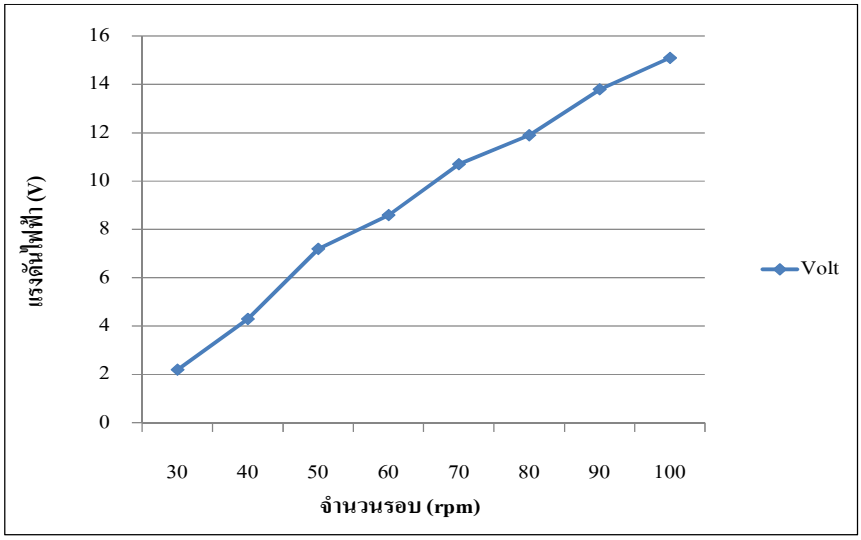
ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้าขณะต่อโหลดแบตเตอรี่ ที่ความเร็วรอบต่างๆ

การวัดแรงดันไฟฟ้า (Vdc) กระแสไฟฟ้า (Adc) กำลังงานไฟฟ้า (Watt) ขณะต่อโหลดหลอดไฟ DC ขนาด 10 W ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การทดลองวัด แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังงานไฟฟ้า ขณะต่อโหลดหลอดไฟ DC ขนาด 10 W ที่ความเร็วรอบต่างๆ

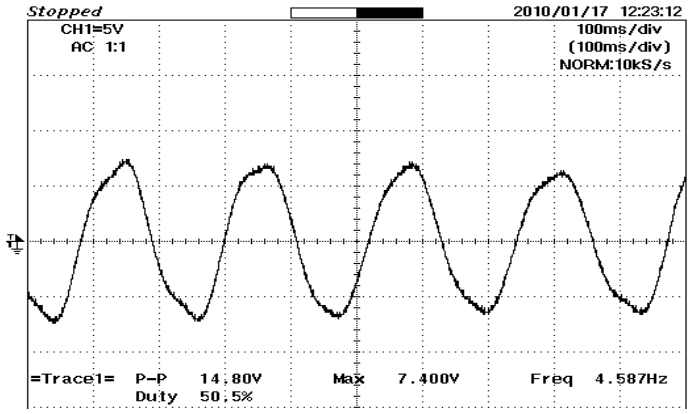
ความเร็วรอบ (rpm)	ผลการทดลองที่ผ่าน rectifier		
	Volt	Amp	watt
30	2.2	0.28	0.62
40	4.3	0.29	1.25
50	7.2	0.31	2.23
60	8.6	0.35	3.01
70	10.7	0.39	4.17
80	11.9	0.41	4.88
90	13.8	0.42	5.8
100	15.1	0.47	7.1

กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้าขณะต่อโหลดหลอดไฟ DC ที่ความเร็วรอบต่างๆ

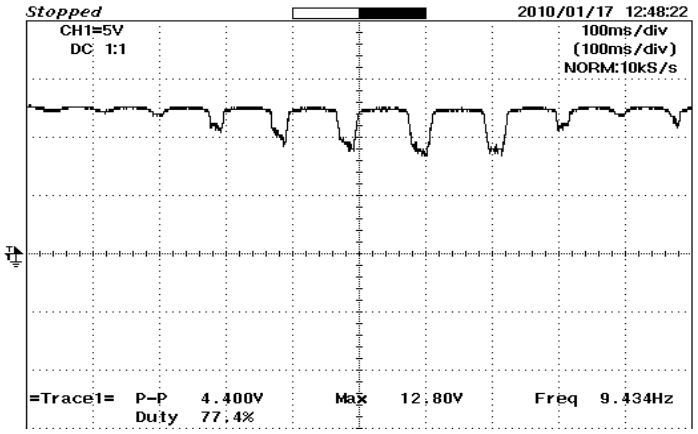


ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้าขณะต่อโหลดแบตเตอรี่ ที่ความเร็วรอบต่างๆ

การวัดรูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (Vac) รูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ผ่านวงจร Rectifier ที่ความเร็ว 50 รอบขณะต่อโหลดแบตเตอรี่



ภาพที่ 4.7 รูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



ภาพที่ 4.8 รูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ผ่านวงจร Rectifier

4.5 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อเราแกว่งชิงช้าให้มีความเร็วรอบสูงขึ้น จะได้แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้ามากขึ้น ซึ่งในการแกว่งชิงช้านั้น ขณะที่ไม่ต่อโหลดจะได้แรงดันไฟฟ้า และความเร็วรอบสูง ขณะที่ต่อโหลดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความเร็วรอบจะลดลง ซึ่งในการชาร์จแบตเตอรี่นั้น แรงดันไฟฟ้าที่ชาร์จต้องมากกว่า 12 V จึงจะสามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อแกว่งชิงช้าขณะยังไม่ต่อโหลดแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีค่าสูง แต่เมื่อต่อโหลดแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีค่าตกลงมาในขณะที่ความเร็วรอบเท่ากัน ในการทดลองการควบคุมความเร็วรอบจะทำได้ยากทำให้ค่าผลการทดลองอาจมีการผิดพลาดเนื่องจากความเร็วรอบไม่คงที่ และค่าของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น

- ข้อเสนอแนะ

1. ควรออกแบบให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีน้ำหนักเบามากที่สุด
2. ในการออกแบบโครงสร้างชิงช้า ควรออกแบบให้โครงสร้างมีความมั่นคง แข็งแรง
3. ในการผสมสารเร่งแข็งกับเรซิ่นควรศึกษาวิธีการผสมก่อนที่จะทำการเทเรซิ่น

4 ต้องมีการวางแผนการทำงานและดำเนินงามตามแผนที่ได้วางไว้เพื่อจะให้โครงงานนั้นสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] ณรงค์ นันทวรรธนะ “เครื่องกลไฟฟ้า 1” พิมพ์ครั้งที่ 4 สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ 2536

[2] ผศ. ศุภชัย สุรินทร์วงศ์ “เครื่องกลไฟฟ้า 1 ตอน 1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง” พิมพ์ครั้งที่ 6 จัดพิมพ์โดยสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) 2538

[3] คณาจารย์ภาคฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย “ฟิสิกส์ 1” สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2541

[4] รศ.จำรูญ ตันติพิศาลกุล “การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล 2” พิมพ์ครั้งที่ 2 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 2547

[5] ไชยชาญ หินเกิด “เครื่องกลไฟฟ้า 2” พิมพ์ครั้งที่ 5 สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) 2547

[6] รศ.ดร. วีระเชษฐ์ ขันเงิน, วุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์ “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง” สำนักพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ. พริ้นติ้ง 2551

ภาคผนวก ก

ตารางขนาดลวดเบอร์ต่างๆ

ตารางขนาดลวดเบอร์ต่างๆ

เบอร์ S.W.G.	เส้นผ่าศูนย์กลาง		พื้นที่หน้าตัด		เบอร์ A.W.G
	นิ้ว	มิลลิเมตร	เซอร์คูล่ามิล	ตาราง มิลลิเมตร	
0	0.324	8.23	108,372.64	54.186	
1	0.3	7.62	90,000.00	64.451	0
2	0.276	7.06	79,749.76	39.874	1
3	0.252	6.4	65,536.00	32.763	2
4	0.232	5.39	52.630.0	27.763	3
5	0.212	5.3	44,944.0	23.151	4
6	0.192	4.88	38,103	18.251	5
7	0.176	4.46	30,976	15.913	-
8	0.16	4.06	25,600	13.026	6
9	0.144	3.66	21,432.96	10.716	7
10	0.128	3.24	16,384	8.398	8
11	0.116	2.94	13,456	6.914	9
12	0.104	2.642	10,816	5.584	10
13	0.092	2.333	8,464	5.5	11
14	0.09	2.03	8,100	3.296	12
15	0.072	1.828	5,346	2.673	13
16	0.064	1.625	4,096	2.112	14
17	0.056	1.422	3,257	1.617	15
-	0.05	1.270	2,583	-	16
18	0.0452	1.131	2,048	1.231	17
19	0.04	1.061	1,801	0.625	18
20	0.036	0.934	1,296	0.338	19
21	0.032	0.9	1,269	0.527	20
22	0.028	0.711	784	0.404	21

ตารางขนาดลวดเบอร์ต่างๆ (ต่อ)

เบอร์ S.W.G.	เส้นผ่าศูนย์กลาง		พื้นที่หน้าตัด		เบอร์ A.W.G
	นิ้ว	มิลลิเมตร	เซอร์คูล่ามิล	ตาราง มิลลิเมตร	
23	0.024	0.61	576	0.297	22
24	0.021	0.558	498	0.249	23
25	0.02	0.508	404	0.206	24
26	0.018	0.457	320.4	0.176	25
27	0.014	0.406	254.1	0.131	26
28	0.0148	0.376	210.5	0.113	27
29	0.0136	0.345	181.9	0.095	-
30	0.012	0.302	159.8	0.067	28
31	0.010	0.29	126.7	0.06	29
32	0.0102	0.274	116.6	0.057	-
33	0.010	0.245	100.5	0.047	30
34	0.0092	0.228	81.5	0.041	-
35	0.008	0.203	79.7	0.033	31
-	-	-	63.21	-	32
36	0.0076	0.193	50.18	0.029	33
37	0.0068	0.172	39.75	0.023	34
38	0.006	0.155	31.52	0.018	35
39	0.0052	0.132	25.0	0.013	36
40	0.0048	0.122	-	0.001	-
41	0.0044	0.111	19.8	0.0098	37
42	0.004	0.1	15.72	0.008	38
43	0.0036	0.0914	12.47	0.0066	39
44	0.0032	0.0812	9.89	0.0052	40
45	0.0028			-	-

ตารางขนาดลวดเบอร์ต่างๆ เทียบกับกระแส

AWG gauge	Diameter Inches	Diameter mm	Ohms per 1000 ft	Ohms per km	Maximum amps for chassis wiring	Maximum amps for power transmission
OOOO	0.46	11.684	0.049	0.16072	380	302
OOO	0.4096	10.4038	0.0618	0.202704	328	239
OO	0.3648	9.26592	0.0779	0.255512	283	190
0	0.3249	8.25246	0.0983	0.322424	245	150
1	0.2893	7.34822	0.1239	0.406392	211	119
2	0.2576	6.54304	0.1563	0.512664	181	94
3	0.2294	5.82676	0.197	0.64616	158	75
4	0.2043	5.18922	0.2485	0.81508	135	60
5	0.1819	4.62026	0.3133	1.027624	118	47
6	0.162	4.1148	0.3951	1.295928	101	37
7	0.1443	3.66522	0.4982	1.634096	89	30
8	0.1285	3.2639	0.6282	2.060496	73	24
9	0.1144	2.90576	0.7921	2.598088	64	19
10	0.1019	2.58826	0.9989	3.276392	55	15
11	0.0907	2.30378	1.26	4.1328	47	12
12	0.0808	2.05232	1.588	5.20864	41	9.3
13	0.072	1.8288	2.003	6.56984	35	7.4
14	0.0641	1.62814	2.525	8.282	32	5.9
15	0.0571	1.45034	3.184	10.44352	28	4.7
16	0.0508	1.29032	4.016	13.17248	22	3.7
17	0.0453	1.15062	5.064	16.60992	19	2.9
18	0.0403	1.02362	6.385	20.9428	16	2.3
19	0.0359	0.91186	8.051	26.40728	14	1.8
20	0.032	0.8128	10.15	33.292	11	1.5
21	0.0285	0.7239	12.8	41.984	9	1.2
22	0.0254	0.64516	16.14	52.9392	7	0.92
23	0.0226	0.57404	20.36	66.7808	4.7	0.729

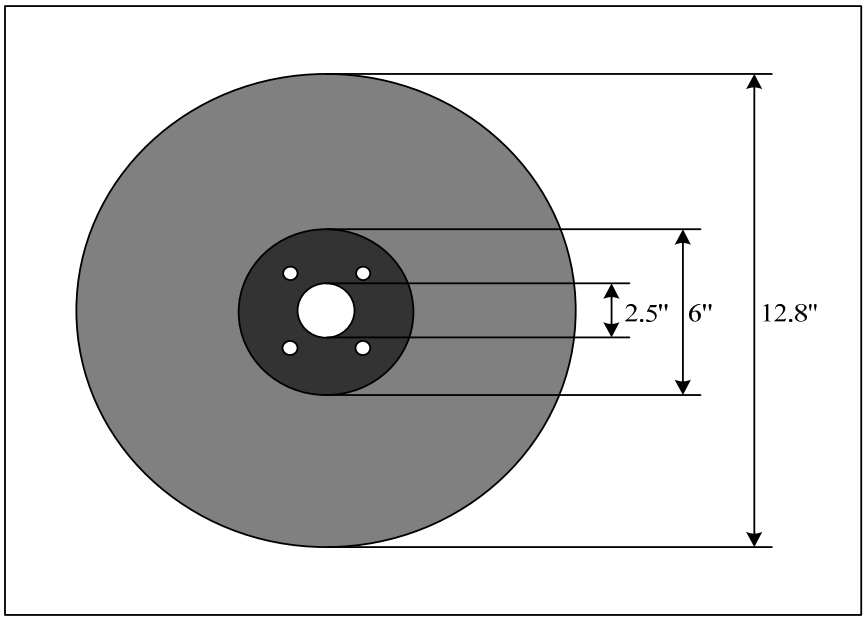
ตารางขนาดลวดเบอร์ต่างๆ เทียบกับกระแส (ต่อ)

AWG gauge	Diameter Inches	Diameter mm	Ohms per 1000 ft	Ohms per km	Maximum amps for chassis wiring	Maximum amps for power transmission
24	0.0201	0.51054	25.67	84.1976	3.5	0.577
25	0.0179	0.45466	32.37	106.1736	2.7	0.457
26	0.0159	0.40386	40.81	133.8568	2.2	0.361
27	0.0142	0.36068	51.47	168.8216	1.7	0.288
28	0.0126	0.32004	64.9	212.872	1.4	0.226
29	0.0113	0.28702	81.83	268.4024	1.2	0.182
30	0.01	0.254	103.2	338.496	0.86	0.142
31	0.0089	0.22606	130.1	426.728	0.7	0.113
32	0.008	0.2032	164.1	538.248	0.53	0.091
Metric 2.0	0.00787	0.2	169.39	555.61	0.51	0.088
33	0.0071	0.18034	206.9	678.632	0.43	0.072
Metric 1.8	0.00709	0.18	207.5	680.55	0.43	0.072
34	0.0063	0.16002	260.9	855.752	0.33	0.056
Metric 1.6	0.0063	0.16002	260.9	855.752	0.33	0.056
35	0.0056	0.14224	329	1079.12	0.27	0.044
Metric 1.4	0.00551	0.14	339	1114	0.26	0.043
36	0.005	0.127	414.8	1360	0.21	0.035
Metric 1.25	0.00492	0.125	428.2	1404	0.2	0.034
37	0.0045	0.1143	523.1	1715	0.17	0.0289
Metric 1.12	0.00441	0.112	533.8	1750	0.163	0.0277
38	0.004	0.1016	659.6	2163	0.13	0.0228
Metric 1	0.00394	0.1	670.2	2198	0.126	0.0225
39	0.0035	0.0889	831.8	2728	0.11	0.0175
40	0.0031	0.07874	1049	3440	0.09	0.0137

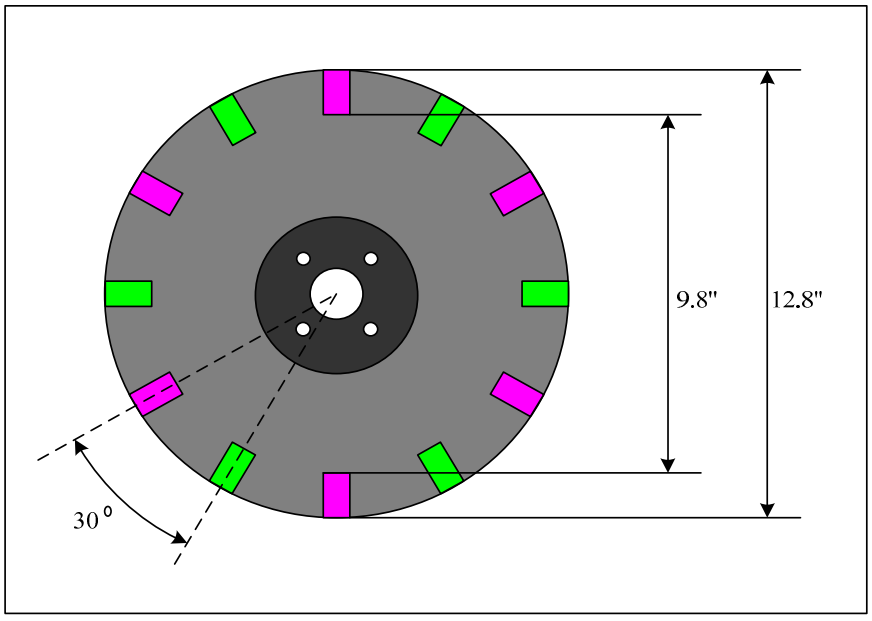
ภาคผนวก ข

ภาพการออกแบบแผ่นเหล็กที่ใช้ติดแม่เหล็กและเบ้าหล่อเรซิ่น

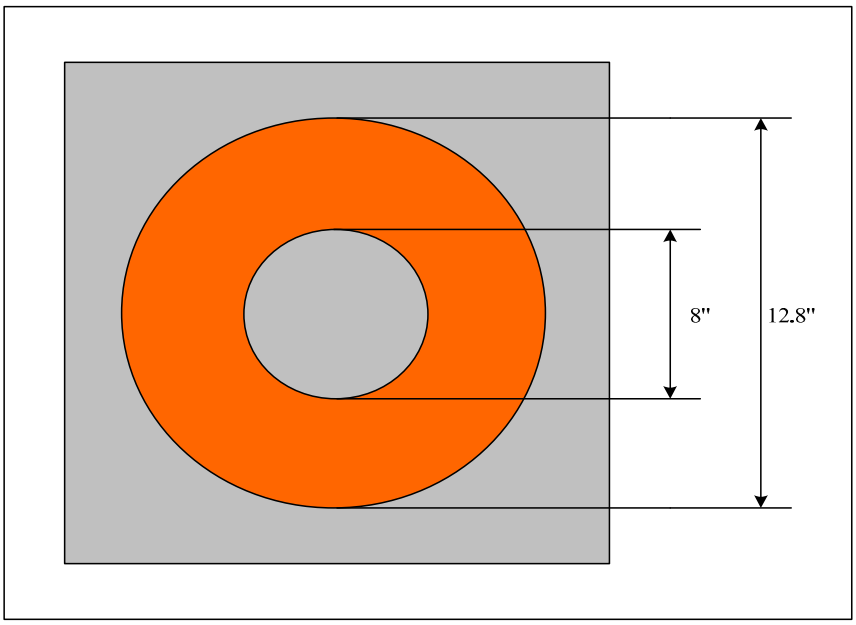
ภาพการออกแบบแผ่นเหล็กที่ใช้ติดแม่เหล็ก



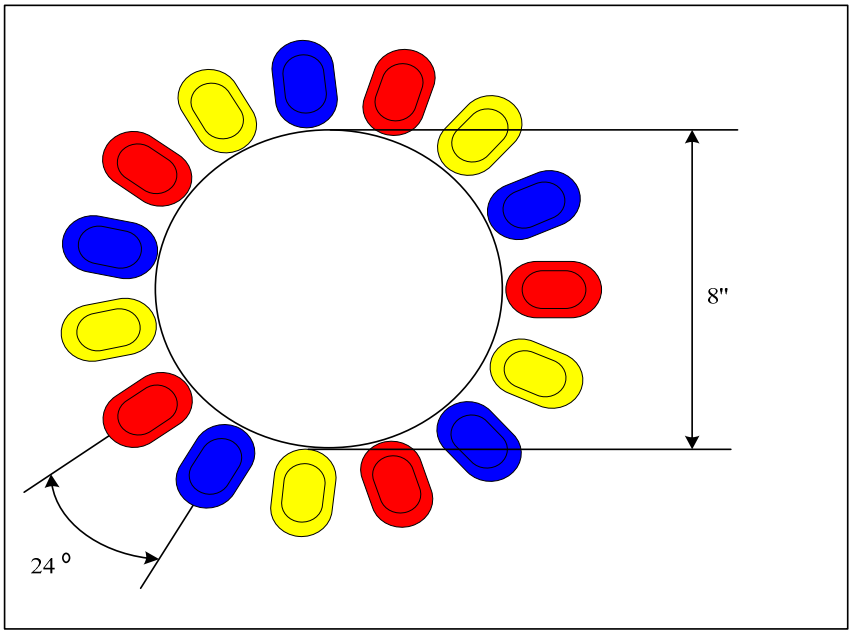
ภาพการออกแบบการวางแม่เหล็ก



ภาพการออกแบบเบ้าหล่อเรซิ่นแม่เหล็ก



ภาพการออกแบบการวางขดลวด



ภาพการออกแบบเบ้าหล่อเรซิ่นของขดลวด