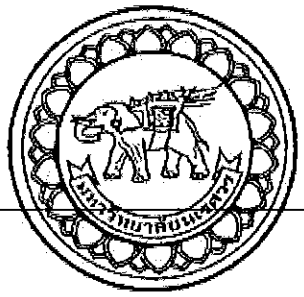


พลังงานไฟฟ้าโดยตนเอง

Electrical Energy By Myself

นายจันทร์ เศษสูงเนิน รหัส 46380311

นายชาตรี เจริญพันธุ์ รหัส 46380312

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 25/ W.A. 2553/
เลขทะเบียน 15009935
เลขเรียกหนังสือ จร. ส251ป 2549
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2549

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน	พลังงานไฟฟ้าโดยตนเอง
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายจันทร์ เศษสูงเนิน รหัส 46380311
	นายชาตรี เจริญพันธุ์ รหัส 46380312
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2549

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาติ แย้มเม่น)

.....กรรมการ

(ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช)

.....กรรมการ

(ดร.สมยศ เกียรติวนิชวิไล)

หัวข้อโครงงาน	พลังงานไฟฟ้าโดยตนเอง			
ผู้ดำเนินงาน	นายจันทร์	เศษสูงเนิน	รหัส	46380311
	นายชาตรี	เจริญพันธุ์	รหัส	46380312
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ	แย้มเม่น		
สาขา	วิศวกรรมไฟฟ้า			
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์			
ปีการศึกษา	2549			

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงงานนี้ เพื่อพัฒนาจักรยานถีบสำหรับผลิตไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 26 แอมแปร์ โดยมีส่วนประกอบ 5 ส่วน คือ 1. จักรยานเสือภูเขา 2. ไดนาโมยี่ห้อนิปปอน 3. เฟืองทดใช้จานหน้าขนาด 60 เฟือง 1 จาน 4. จานหลังใช้ระบบเกียร์ 6 ระดับ 5. สายพานเชื่อมต่อกับไดนาโม

จากผลการทดลองสมรรถนะการผลิตพลังงานไฟฟ้า พบว่าสามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้สูงสุดถึง 12โวลต์ 5 แอมแปร์

Project Title Electrical Energy By Myself

Name Mr. Chan Sedsoongnern ID. 46380311

Mr. Chatree Charcanpun ID. 46380312

Project Advisor Assistant. Professer. Dr. Suchart Yammen, Ph.D.

Department 2006

ABSTRACT

The objective of this project is to develop a bicycle for generating an electricity in order to charge a 12 volts 26 amperes battery. This bicycle consisted of 5 main parts as following : 1. a mountain bike 2. A Nippon brand dynamo 3. 1 plate of No. 60 cogwheel 4. a 6 levels gear system a back disc 5. a machine belt connected to a dynamo.

From this study , it can be seen that it possessed the ability to produce electricity for highest power charging to the 5 amperes 12 volts battery.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สามารถดำเนินงานมาถึงจุดนี้ได้เนื่องด้วยได้รับคำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และข้อคิดเห็นตลอดจนแก้ไขข้อคิดเห็นต่างๆจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาติ แย้มเม่น ที่เสียสละเวลาและมอบความรู้ต่างๆ ในการทำโครงงานนี้

ขอกราบขอบคุณ อาจารย์ รุจิรัตน์ ชัยแสง ที่กรุณาตรวจบทคัดย่อภาษาอังกฤษ และขอขอบพระคุณทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ทำโครงการนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คณะผู้จัดทำโครงงาน จึงขอขอบพระคุณผู้ที่ให้การสนับสนุนเป็นอย่างสูง

คณะผู้จัดทำโครงงาน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข

กิตติกรรมประกาศ.....ค

สารบัญ.....ง

สารบัญตาราง.....จ

สารบัญรูป.....ฉ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1

1.3 แนวทางการทำโครงงาน.....1

1.4 หลักการและเหตุผล.....2

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....2

1.6 งบประมาณด้านโครงการ.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในอุปกรณ์

2.1 เจนเนอร์เรเตอร์ (Generator).....3

2.2 ไดนาโม (Dynamo).....9

2.3 กฎต่างๆที่เกี่ยวกับไดนาโม.....17

2.4 วงจรแรงดันอ้างอิง.....23

2.5 วงจรเรกูเลเตอร์ใช้ไอซีออปแอมป์.....25

2.6 วงจรเปรียบเทียบ.....25

2.7 ไอซีเรกูเรเตอร์สามขา.....35

2.8 วงจรตรวจจับระดับแรงดัน.....36

2.9 อินเวอร์เตอร์.....38

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบเครื่องพลังงานไฟฟ้าโดยตนเอง

3.1 ศึกษาการสร้างเจนเนอร์เรเตอร์.....40

3.2 ระบบเฟืองทด.....41

3.3 คุณสมบัติของแบตเตอรี่.....42

3.4 การติดตั้ง เจนเนอร์เรเตอร์และแบตเตอรี่เข้ากับตัวรถ.....43

3.5 การออกแบบวงจรรวม.....44

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

4.1 การคำนวณรอบจากการทดเฟือง.....45

4.2 กราฟความสัมพันธ์ต่างๆ.....46

4.3 การทดลองชาร์จแบตเตอรี่ขณะจ่ายโหลด.....49

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปปัญหา.....52

5.2 ข้อเสนอแนะ.....52

เอกสารอ้างอิง.....53

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน.....54

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ความแตกต่างของการพันอาร์เมเจอร์ที่โรเตอร์แบบ แลป และ เวฟ..... 16

2.2 การหาค่าแรงดันออฟเซทที่อินพุท.....29

4.1 ผลการทดลองโวลต์เตจกับกระแสความเร็วรอบ(rpm).....46

4.2 ผลการทดลองโวลต์เตจกับกระแสต่อเวลา(s).....47

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง....4
2.2 ชิ้นส่วนต่างๆที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของเจนเนอร์เรเตอร์....5
2.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า....6
2.4 ขดลวดหมุนในสนามแม่เหล็ก....7
2.5 หลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง....8
2.6 สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปมาในขดลวด จะให้กำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ....8
2.7 ไดนาโมคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและมอเตอร์....9
2.8 เปลือกหุ้มหรือโครงของไดนาโม....10
2.9 รูปร่างลักษณะของแผ่นเหล็กแกนขั้วแม่เหล็กและแกนอาเมเจอร์ของไดนาโม....10
2.10 แกนขั้วแม่เหล็ก....11
2.11 วงจรแม่เหล็กของไดนาโม....11
2.12 ขดลวดสนามแม่เหล็กของไดนาโม....12
2.13 แผ่นเหล็กของแกนอาเมเจอร์ของไดนาโม....12
2.14 ขดลวดอาร์เมเจอร์....13
2.15 คอมมิวเตเตอร์....13
2.16 แปรงถ่านพร้อมด้วยสปริงกดแปรงถ่านให้แน่น....14
2.17 ขดลวดอาร์เมเจอร์ของเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง....14
2.18 ขดลวดอาร์เมเจอร์ Lap Wound Winding ของไดนาโม ชนิด 4 ขั้ว 120 V 40 A....15
2.19 การลงปลายสายบนขดลวดอาร์เมเจอร์ แบบ Wave Wound Winding....16
2.20 กฎมือขวาของสกรู....17
2.21 สนามแม่เหล็กของตัวนำเส้นตรง....18
2.22 กฎมือขวาของเฟลมมิ่ง....19
2.23 แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนตัวในสนามแม่เหล็ก....20
2.24 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงเคลื่อนที่ เส้นแรงแม่ เหล็ก และแรงเคลื่อนไฟฟ้าตามกฎมือขวา ของเฟลมมิ่ง....21
2.25 กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง....22
2.26 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรง เส้นแรงแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้า ตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง...23

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้าที่
2.28 วงจรสร้างแรงดันอ้างอิง	24
2.29 วงจรแรงดันอ้างอิง	25
2.30 วงจรจ่ายไฟตรงแบบเรกูเลทที่ใช้ไอซีแบบออปแอมป์	26
2.31 วงจรเปรียบเทียบเบื้องต้น	28
2.32 การวัดอัตราขยายแรงดันออฟเซทของไอเบอร์ 710	29
2.33 ลักษณะเอาท์พุทของวงจรเปรียบเทียบ	31
2.34 ลักษณะขาของไอซีในกลุ่มวงจรเปรียบเทียบ	33
2.35 วงจรภายในไอซีเบอร์ SN72811	33
2.36 การจัดขาไอซีเบอร์ SN52406/SN72306 และ SN72506	34
2.37 วงจรภายในไอซีเบอร์ SN52111 และ SN 72311 และแผนผังแสดงวงจรจัดขา	35
2.38 วงจรหลักของ LM340	36
2.39 วงจรสมบูรณ์ของ LM340	36
2.40 การวัดวงจรความต้านทานเพื่อใช้ในวงจรตรวจจับ ขนาดและขั้นของแรงดันอินพุทเทียบv	37
2.41 เมื่อใช้แรงดันอินพุทกับแรงดันไฟเลี้ยงเป็นตัวเดียวกัน	38
2.42 อินเวอร์เตอร์	39
3.1 เจนเนอร์เรเตอร์	40
3.2 ระบบเฟืองทด	41
3.3 แบตเตอรี่	42
3.4 การติดตั้งเจนเนอร์เรเตอร์และแบตเตอรี่	43
3.5 เครื่องพลังงานไฟฟ้าโดยตนเอง	43
3.6 วงจรรวม	44
3.7 วงจรVoltage regulator	44
4.1 กราฟโวลต์เตจและกระแสต่อความเร็วรอบ	46
4.2 กราฟกำลังไฟฟ้าต่อความเร็วรอบ	47
4.3 กราฟโวลต์เตจและกระแสต่อเวลา(s)	48
4.4 กราฟกำลังไฟฟ้าต่อเวลา(s)	48

บทที่ 1
โครงงาน พลังงานไฟฟ้าโดยตนเอง

Electrical Energy by myself

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ ปัจจุบันประเทศไทยกำลังมีปัญหาด้านพลังงาน สาเหตุเกิดจากแหล่งพลังงานทางธรรมชาติไม่เพียงพอทางด้านการผลิตและบริการของภาคอุตสาหกรรม ภาคธุรกิจรวมกระทั่งประชาชน จึงทำให้ต้องพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของน้ำมัน โดยที่น้ำมันเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่เกิดจากการทับทมของซากพืชซากสัตว์ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า พลังงานฟอซซิลจะประกอบไปด้วยน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน

ปัจจัยสำคัญกำลังจะมีปริมาณลดลงทำให้มีราคาสูงอย่างรวดเร็ว ในการผลิตเมื่อพูดถึงว่าราคาน้ำมันจะสูงขึ้นในเวลาอันใกล้นี้หลายคนตื่นเต้นและเป็นกังวล แต่อาการตื่นเต้นและเป็นกังวลนี้จะส่งผลมาถึงพฤติกรรมการใช้พลังงานกันบ้างหรือเปล่า เราจำเป็นต้องตระหนักถึงเรื่องนี้อย่างจริงจังสามารถนำมาแก้ไขในการดำเนินชีวิต เปลี่ยนพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆโดยเฉพาะเครื่องอำนวยความสะดวกทั้งหลาย เพื่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุดและทำอย่างต่อเนื่อง เมื่อน้ำมันแพงหลายคนอาจมองหาพลังงานอื่นมาทดแทน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานให้คุ่มค่า

1.2.2 เพื่อการกระจายพลังงานไฟฟ้าสู่ชุมชนห่างไกล

1.2.3 ส่งเสริมการออกกำลังกายเพิ่มมากขึ้น

1.2.4 ส่งเสริมเศรษฐกิจของประเทศชาติให้ดีขึ้น

1.3 แนวทางการทำโครงงาน

1.3.1 ศึกษาการทำงานของ Generator

1.3.2 ศึกษาการทำงานของแบตเตอรี่

1.3.3 ศึกษาการทำงานของ Inverter

1.3.4 นำความรู้จาก 1.3.1,1.3.2,1.3.3 มาประยุกต์เป็นเครื่องออกกำลังกายกำเนิดไฟฟ้า

1.4 หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันพลังงานไฟฟ้ามีบทบาทมากกับการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ถือว่าเป็นปัจจัยที่ 5 เลยก็ได้และมีโอกาสที่จะไม่เพียงพอต่อความต้องการในอนาคต และพลังงานไฟฟ้ายังกระจายไม่ทั่วถึงในสถานที่ห่างไกล ต้องใช้งบประมาณมากในการกระจายพลังงานไฟฟ้าไปสู่ชุมชนห่างไกลหรือตามเกาะที่ต้องการพลังงานไฟฟ้า ซึ่งปัจจัยต่างๆเหล่านี้ส่งผลให้เกิดการศึกษาในโครงงานนี้ขึ้น

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 นิสิตได้รับความรู้และประสบการณ์จริง ในการทำโครงการและเข้าใจอย่างจริงจัง

1.5.2 ได้ผลงานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการอนุรักษ์พลังงานตามความเหมาะสมของ โครงงานนั้นๆ

1.5.3 ผลงานมีโอกาสให้ผู้อื่นได้นำโครงงานไปขยายผลการใช้ต่อชุมชนต่อไปหรือหน่วยงานขนาดใหญ่ต่อไป

1.5.4 สามารถพัฒนานักศึกษาให้มีความเข้าใจงานวิจัย นำไปพัฒนาเพื่อประเทศชาติได้

1.6 งบประมาณด้านโครงการ

หมวดค่าวัสดุและใช้สอย

- ค่าวัสดุ	5,000	บาท
- ค่าใช้สอย	1,000	บาท

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในอุปกรณ์

เนื้อหาในที่นี้กล่าวถึงเรื่อง เจนเนอร์เรเตอร์ วงจรชาร์จแบตเตอรี่ หลักการทำงานของเจนเนอร์เรเตอร์ อินเวอร์เตอร์ และทฤษฎีการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆในวงจรชาร์จแบตเตอรี่

2.1 เจนเนอร์เรเตอร์ (Generator)[1]

2.1.1 เครื่องกลกระแสตรง ชนิดของเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.1.1.1 เครื่องกลไฟฟ้าทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เครื่องกลไฟฟ้าชนิดนี้เรียกว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือ ไดนาโม

2.1.1.2 เครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล เครื่องกลชนิดนี้เรียกว่า มอเตอร์

โครงสร้างของเครื่องกลไฟฟ้า กระแสตรง เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง และมอเตอร์กระแสตรง มีโครงสร้างและหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งโครงสร้างประกอบด้วยส่วนใหญ่ๆ 2 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่กับที่ (stator part) และ ส่วนที่เคลื่อนที่ (rotor part)

2.1.2 ส่วนที่อยู่กับที่ประกอบด้วย

2.1.2.1 เปลือกหรือโครง ทำด้วยเหล็กหล่อ หรือสารแม่เหล็กทำหน้าที่ คือ

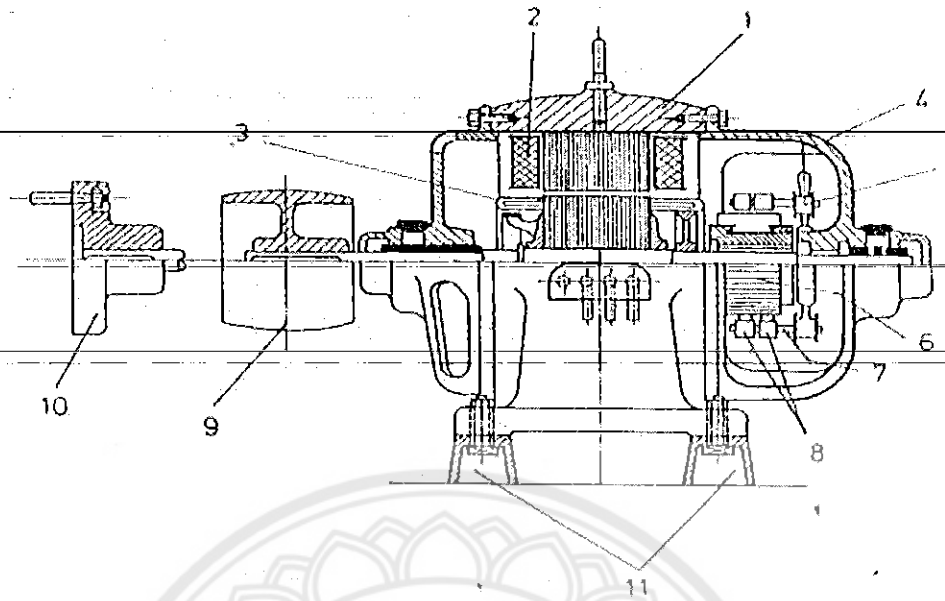
ก. ยึดขั้วแม่เหล็กและส่วนประกอบทั้งหมด

ข. เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก

2.1.2.2 ขั้วแม่เหล็ก ทำมาจากแผ่นเหล็กบางๆ อัดซ้อนกัน โดยแต่ละแผ่นจะเคลือบไว้ด้วยฉนวนขั้วแม่เหล็กนี้จะนำไปยึดเข้ากับโครงสร้างด้วยสกรู

2.1.2.3 ขดลวดสนามแม่เหล็ก หรือเรียกว่าขดลวดฟิลด์คอยล์ เป็นลวดตัวนำพันไว้รอบขั้วแม่เหล็ก ทำหน้าที่สร้างเส้นแรงแม่เหล็ก ขดลวดฟิวด์มี 2 ชนิด คือขดลวดชั้นฟิวด์ จะพันด้วยเส้นลวดเล็ก ความต้านทานสูงขดลวดซีรีสฟิวด์ จะพันด้วยลวดเส้นโต ความต้านทานต่ำ

2.1.2.4 แปลงถ่าน และแบริ่ง ทำหน้าที่เป็นสะพานจาก คอมมิวเตเตอร์ ไปยังวงจรภายนอกแปลงถ่านทำมาจากบอนอัดแน่น จะมีลักษณะ เป็นแท่งฝืนผ้าบรรจุในซองถ่าน และถูกกดด้วยสปริงสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลา และซองถ่านจะถูกยึดติดกับฝาครอบส่วนแบริ่งหรือลูกปืนนั้น จะเป็นตัวรับน้ำหนักทั้งหมดที่ได้รับจากตัวหมุน และช่วยลดแรงเสียดทานที่เพลาขณะที่อาร์เมเจอร์หมุน ปกติแล้วแบริ่งจะยึดติดอยู่ที่ฝาครอบทั้งสองด้านของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแปรงถ่านและซองถ่าน



รูปที่ 2.1 ลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

1. เปลือกหุ้ม(วงจรแม่เหล็ก)
2. ขดลวดสนามแม่เหล็ก
3. ขดลวดอาร์เมเจอร์
4. ฝาครอบหัวท้าย
5. กล่องใส่แปลงถ่าน
6. คอมมิวเตเตอร์
7. แปลงถ่าน
8. สปริงกดแปลงถ่านให้แน่น
9. ล้อสายพาน
10. อุปกรณ์ต่อแกนโดยตรง หรือคัปปลิง
11. สกรู (นัด) ยึดโครงไดนาโมกับฐานให้แน่น

2.1.2.5 ฝาปิดหัวท้าย หรือ ฝาครอบ ทำจากเหล็กหล่อเช่นเดียวกับโครง ทำหน้าที่รับเพลาของส่วนหมุนและยึดซองถ่าน

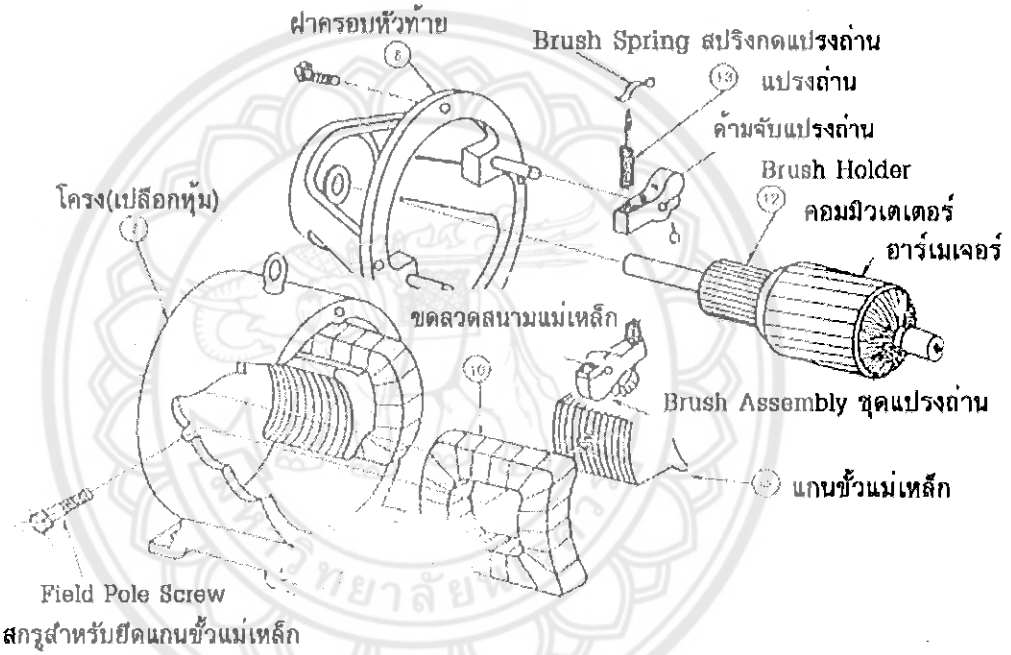
2.1.3 ส่วนเคลื่อนที่ประกอบไปด้วย

2.1.3.1 แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ แกนเหล็กอาร์เมเจอร์เป็นที่สำหรับบรรจุขดลวดอาร์เมเจอร์ แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ทำมาจากแผ่นเหล็กบางๆ ที่ด้านหนึ่งฉาบด้วยฉนวนอัดซ้อนเข้าด้วยกัน เป็น

รูปทรงกระบอก และทำเป็นช่องสล็อทไว้ และที่แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ นี้จะเจาะรูไว้ด้วยเพื่อช่วยในการระบายความร้อนอันเนื่องมาจาก loss

2.1.3.2 ขดลวดอาร์เมเจอร์ คือ ขดลวดที่บรรจุลงในช่องสล็อทของแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ ซึ่ง จะมีการพันเป็นแบบแลป หรือ เวป ปลายของขดลวดจะถูกนำไปต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์

2.1.3.3 คอมมิวเตเตอร์ ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดขึ้นในขดลวดอาร์เมเจอร์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง คอมมิวเตเตอร์ ประกอบด้วยซี่ทองแดงหลายๆซี่ อัดเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอกและระหว่างซี่ทองแดงแต่ละซี่จะคั่นด้วย ฉนวนที่หนาแข็งแรง และยึดไว้บนเพลาอันเดียวกันกับแกนเหล็กอาร์เมเจอร์



รูปที่ 2.2 ชิ้นส่วนต่างๆที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของเจนเนอร์เรเตอร์

เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงมักมีการทำงานคล้ายกัน คือ การให้ตัวนำหมุนตัดฟลักซ์แม่เหล็กเมื่อตัวนำยังไม่เคลื่อนที่ตัดกับฟลักซ์แม่เหล็ก หรือตัวนำเคลื่อนที่ขนานกับฟลักซ์แม่เหล็กตามจะไม่เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ แต่ถ้าตัวนำเคลื่อนที่ตัดกับฟลักซ์แม่เหล็กตามแนวตั้งหรือเฉียงแล้ว จะเกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นในตัวนำ จะได้สูตร

$$e = Blv(\sin\phi) \qquad (2.1)$$

เมื่อ

e = แรงดันไฟฟ้า

B = ความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็ก (เวเบอร์/ตารางเมตร

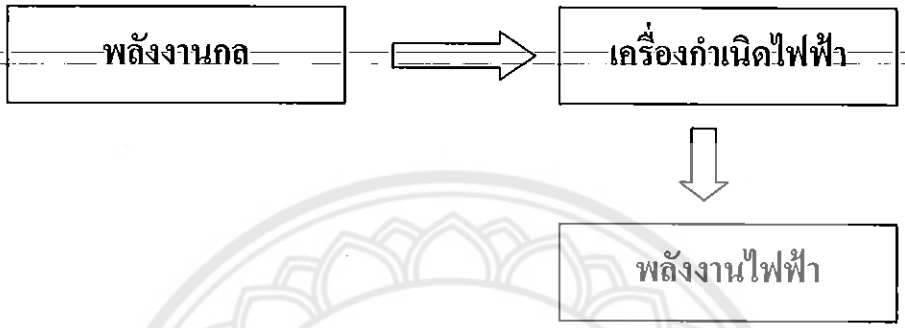
L = ความยาวของตัวนำที่วางตัวตัดกับฟลักซ์แม่เหล็ก

V = ความเร็วในการเคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็ก

ϕ = มุมที่ตัวนำเคลื่อนที่ตัวฟลักซ์แม่เหล็ก

2.1.4 หลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานกล เป็นพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 2.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า

2.1.5 แรงเคลื่อนไฟฟ้า

แรงเคลื่อนไฟฟ้า คือ แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ที่เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยการทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดการเปลี่ยนค่าในหนึ่งหน่วยเวลาตามสมการต่อไปนี้

$$e = Nd\phi / dt \qquad (2.2)$$

เมื่อ

e = แรงเคลื่อนไฟฟ้าหน่วยโวลต์

N = จำนวนรอบของขดลวด หน่วย รอบ

ϕ = เส้นแรงแม่เหล็ก หน่วย เวเบอร์

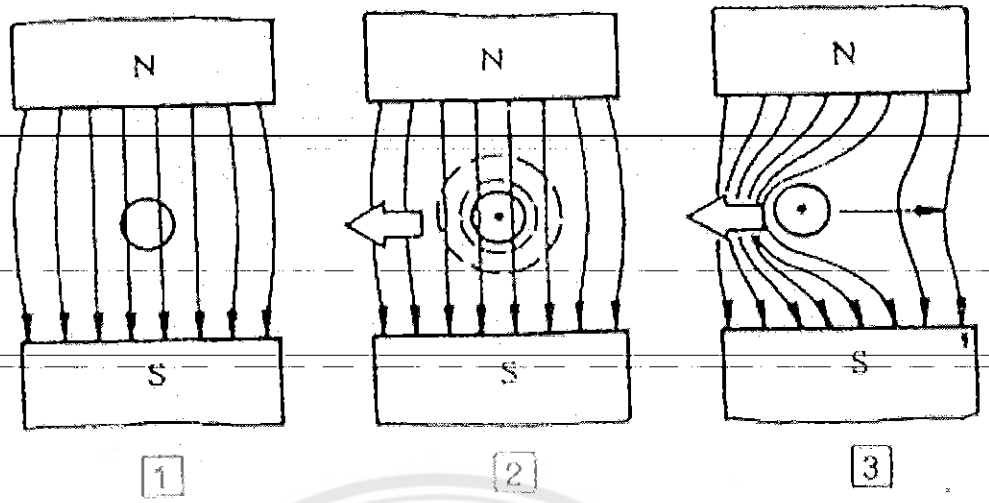
t = เวลาหน่วยวินาที

$d\phi / dt$ = อัตราการเปลี่ยนค่าเส้นแรงแม่เหล็ก หน่วย เวเบอร์/วินาที

ดังนั้นถ้าทำให้เส้นแรงแม่เหล็ก จำนวน 1 เวเบอร์ เกิดการเปลี่ยนค่าใน 1 วินาที จะให้กำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า 1 โวลต์

$$1\ (V) = 1\ (Wbs^{-1}) \qquad (2.3)$$

การเปลี่ยนแปลงค่าสนามแม่เหล็กด้วยการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้านั้น กระทำได้ 2 วิธีคือ ให้ขดลวดหมุนในสนามแม่เหล็ก และสนามแม่เหล็กหมุนในขดลวดดังนี้



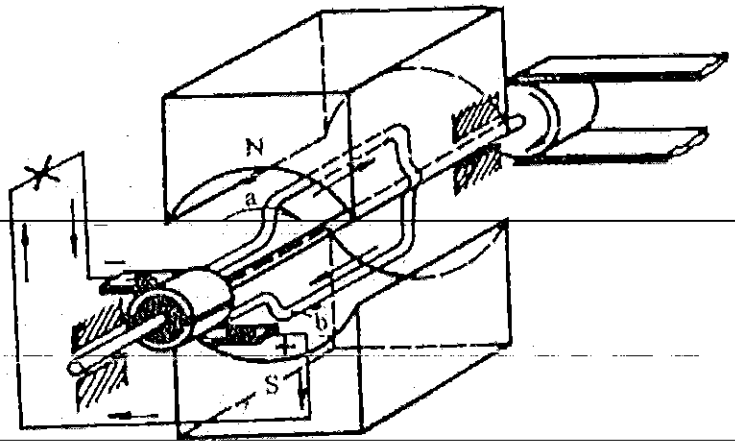
รูปที่ 2.4 ขดลวดหมุนในสนามแม่เหล็ก

ตามรูปที่ 2.4 (1) วางตัวนำในสนามแม่เหล็ก N – S (2) ทำให้ตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจะให้กำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าบนตัวนำมีทิศทางเป็นไปตามกฎมือขวาของเฟลมมิ่ง และ (3) แสดงให้เห็นถึงการให้กำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าบนตัวนำ เมื่อทำให้ตัวนำเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็ก ขณะเดียวกันจะให้กำเนิดแรงผลักตัวนำเล็กน้อย ตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่งในทิศทางตรงกันข้าม

การเหนี่ยวนำไฟฟ้าลักษณะนี้ เป็นหลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งกระแสตรงและ กระแสสลับ ขนาดเล็กให้กำเนิดแรงดันและกำลังค่อนข้างน้อย

2.1.6 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

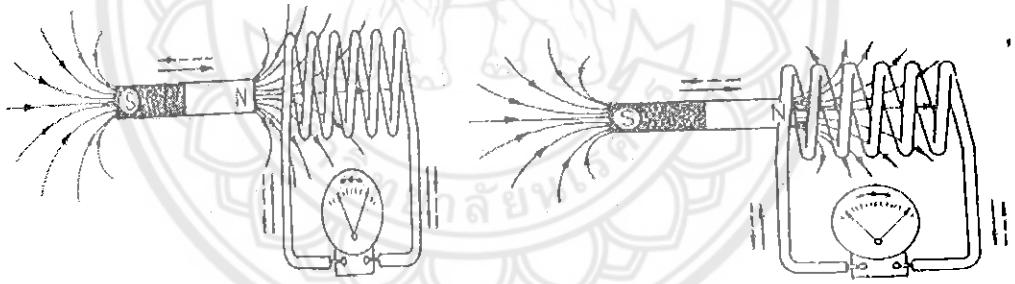
ตามรูปที่ 2.5 เป็นหลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่ประกอบไปด้วยขดลวดเพียงขดเดียว (2 – ตัวนำ) ซึ่งปลายทั้งสองต่อเข้ากับซี่ทองแดงของคอมมิวเตเตอร์ เมื่อทำให้หมุนในสนามแม่เหล็ก N – S จะให้กำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับบนตัวนำทั้งสองข้างของขดลวด ตามกฎมือขวาของเฟลมมิ่งและจะเปลี่ยนเป็นกระแสตรงเมื่อต่อผ่านซี่ทองแดงของคอมมิวเตเตอร์



รูปที่ 2.5 หลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

2.1.7 สนามแม่เหล็กหมุนในขดลวด

ให้ขดลวดอยู่กับที่ ต่อปลายทั้งสองเข้ากับกัลวานอมิเตอร์ เมื่อทำให้แท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่กลับไปกลับมาภายในขดลวด จะพบว่าเข็มของกัลวานอมิเตอร์แกว่ง กลับไปกลับมาเช่นเดียวกัน แสดงว่ามีกระแสสลับเกิดขึ้นบนขดลวด



รูปที่ 2.6 สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปมาในขดลวด จะให้กำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ

การเหนี่ยวนำแม่เหล็กด้วยวิธีนี้ตรงกันข้ามกับวิธีแรก คือขดลวดอยู่กับที่ให้สนามแม่เหล็กเป็นตัวหมุนตัดสนามขดลวด แรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับจะเกิดขึ้นบนขดลวดซึ่งอยู่กับที่ การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าลักษณะเช่นนี้เป็นหลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขนาดใหญ่ที่ให้กำเนิดแรงดัน และกำลังไฟฟ้าสูง

พลังงานไฟฟ้าที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในโลกปัจจุบัน ให้กำเนิดมาจากการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ด้วยวิธีสนามแม่เหล็กหมุนในขดลวด วินี้ทั้งสิ้น

การเหนี่ยวนำแม่เหล็กด้วยวิธีนี้ตรงกันข้ามกับวิธีแรก คือขดลวดอยู่กับที่ให้สนามแม่เหล็กเป็นตัวหมุนตัดสนามขดลวด แรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับจะเกิดขึ้นบนขดลวดซึ่งอยู่กับที่ การ

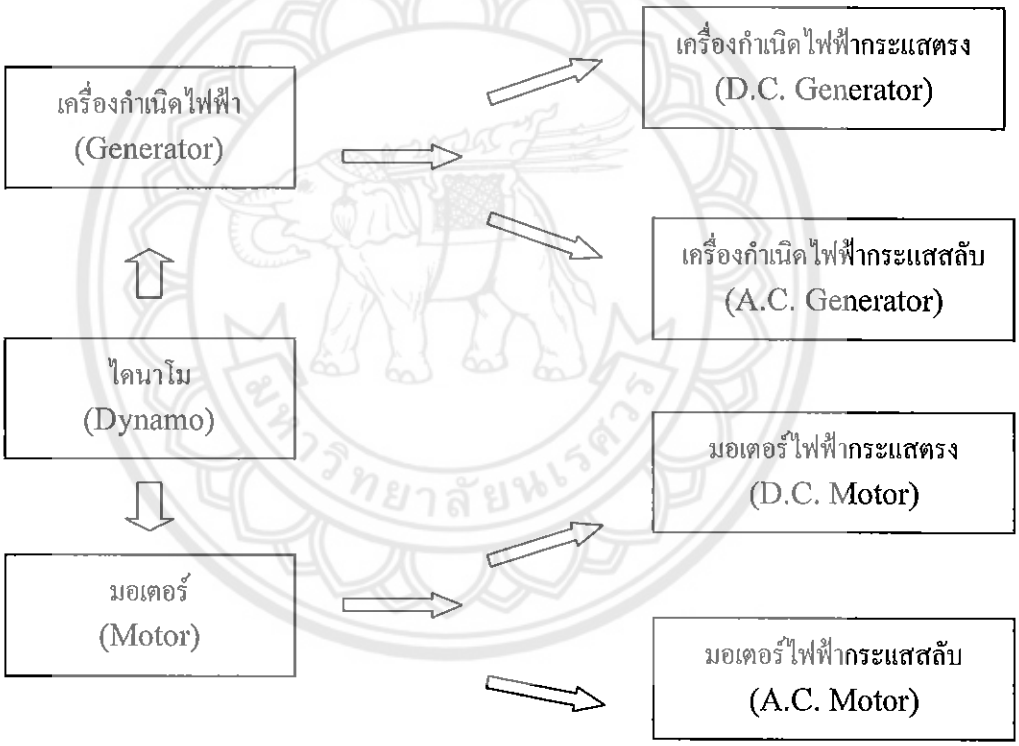
เหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าลักษณะเช่นนี้เป็นหลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขนาดใหญ่ที่ให้กำเนิดแรงดัน และกำลังไฟฟ้าสูง

พลังงานไฟฟ้าที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในโลกปัจจุบัน ให้กำเนิดมาจากการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ด้วยวิธีสนามแม่เหล็กหมุนในขดลวด วิธีนี้ทั้งสิ้น

2.2 ไดนาโม (Dynamo)

ไดนาโม (Dynamo) คือเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานกล เป็นพลังงานไฟฟ้าหรือเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล

เครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานกล เป็นพลังงานไฟฟ้า เรียกว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) หรือเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เรียกว่ามอเตอร์ (Motor)



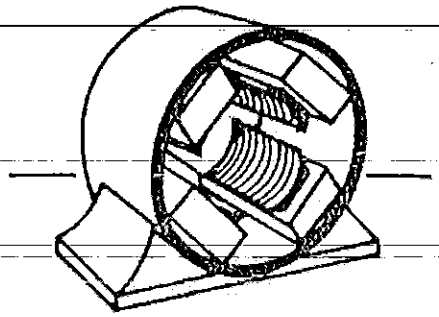
รูปที่ 2.7 ไดนาโมคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและมอเตอร์

2.2.1 ส่วนประกอบของไดนาโม

2.2.1.1 เปลือกหุ้มหรือโครง(Field Frame หรือ Yoke)

มีรูปร่างทรงกระบอกกลวง ทำด้วยเหล็กหล่อให้มีขนาดและรูปร่างตามที่ต้องการ เป็นส่วนที่ห่อหุ้มไดนาโมทั้งหมด ภายนอกมีฉลากแผ่นป้ายบอกรายละเอียดต่างๆ ส่วนภายในมี

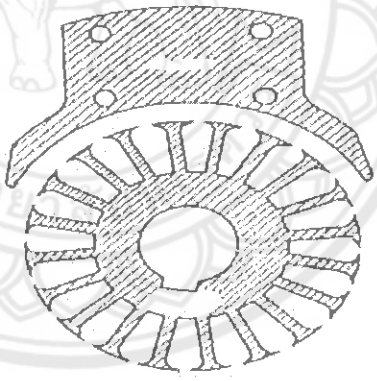
แกนขั้วแม่เหล็กยึดติดอยู่ หน้าที่หลักของเปลือกหุ้มหรือโครง คือ เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก หรือให้เป็นส่วนหนึ่งของวงจรแม่เหล็ก



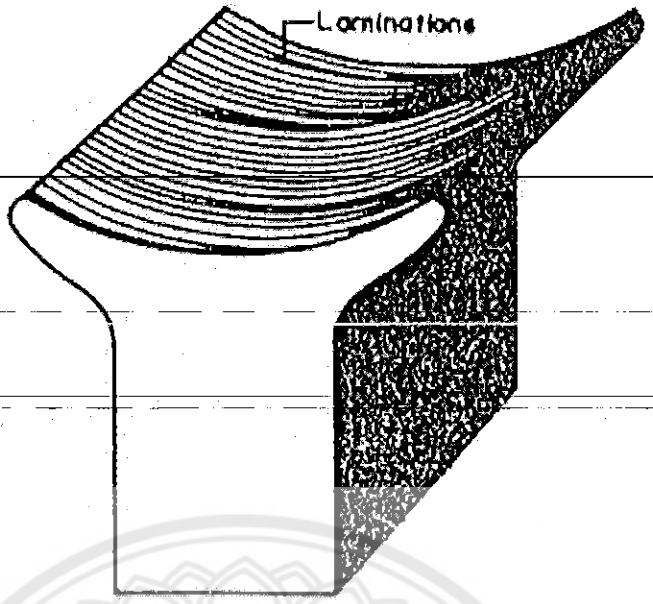
รูปที่ 2.8 เปลือกหุ้มหรือโครงของไดนาโม

2.2.1.2 แกนขั้วแม่เหล็ก(Pole Core)

ทำด้วยแผ่นเหล็กแผ่นบางๆ ชนิดที่เคลือบผิวทั้งสองหน้าด้วยวัสดุฉนวน แต่ละแผ่นปั๊มใส่เป็นรูปร่าง และมีขนาดตามต้องการ ใช้หลายๆแผ่นมาเรียงซ้อนกัน(เพื่อลดกำลังสูญเสียบนแกนเหล็กให้น้อยลง)ให้ได้ขนาดตามต้องการ

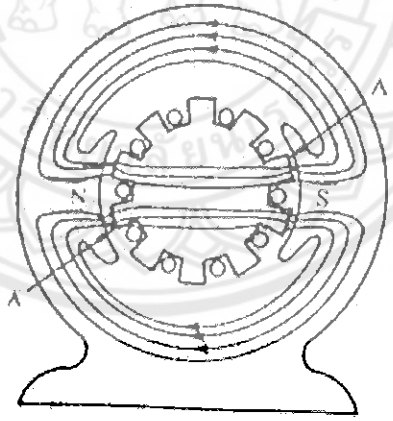


รูปที่ 2.9 รูปร่างลักษณะของแผ่นเหล็กแกนขั้วแม่เหล็กและแกนอาเมเจอร์ของไดนาโม



รูปที่ 2.10 แกนขั้วแม่เหล็ก

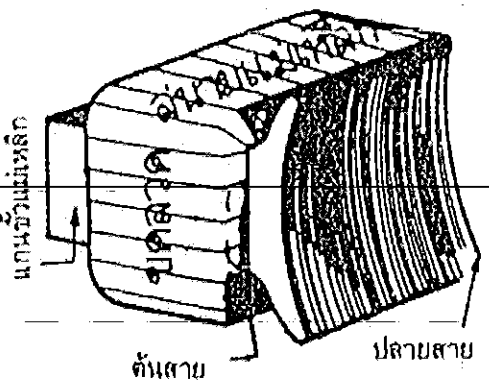
หน้าที่หลักของแกนขั้วแม่เหล็กให้กำเนิดเส้นแรงแม่เหล็ก ไหลออกจากขั้วเหนือผ่านช่องอากาศไปยังขั้วใต้ ผ่านเปลือกหุ้มหรือโครงแล้วย้อนกลับมายังขั้วเหนือ



รูปที่2.11 วงจรแม่เหล็กของไดนาโม

2.2.1.3 ขดลวดสนามแม่เหล็ก

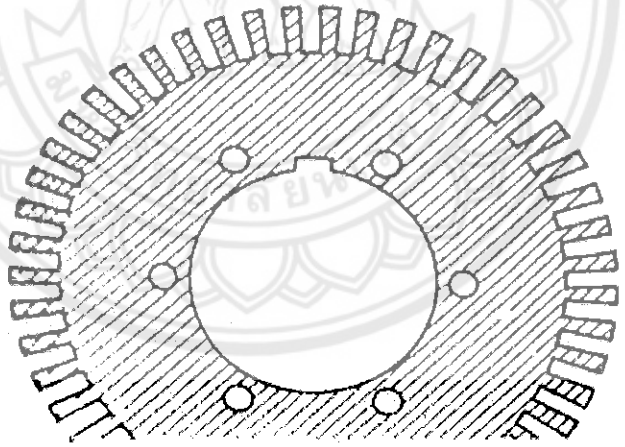
เป็นทองแดง ที่พันบนแกนขั้วแม่เหล็ก เมื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จะสร้างขั้วแม่เหล็กให้เกิดขึ้นบนแกนขั้วแม่เหล็ก มีขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) เพื่อให้เส้นแรงแม่เหล็กออกจากขั้วเหนือผ่านช่องว่างอากาศไปยังขั้วใต้ผ่านเปลือกหุ้มโครงแล้วย้อนกลับมายังขั้วเหนือ



รูปที่ 2.12 ขดลวดสนามแม่เหล็กของไดนาโม

2.2.1.4 แกนอาร์เมเจอร์ (Armature Core)

ทำด้วยเหล็กแผ่นบางๆ วางวางเรียงซ้อนๆ กันเช่นเดียวกับแกนขั้วแม่เหล็ก มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกตัน รอบๆ เซาะเป็นร่องสล็อต สำหรับใส่ตัวนำที่ต้องการให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้า เมื่อให้อาเมเจอร์หมุนในสนามแม่เหล็ก รูปที่2.13 เป็นอาร์เมเจอร์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ที่เรียกกันว่า ดรัมอาร์เมเจอร์ หรืออาเมเจอร์แบบกลอง หรือ “Drum Armature”



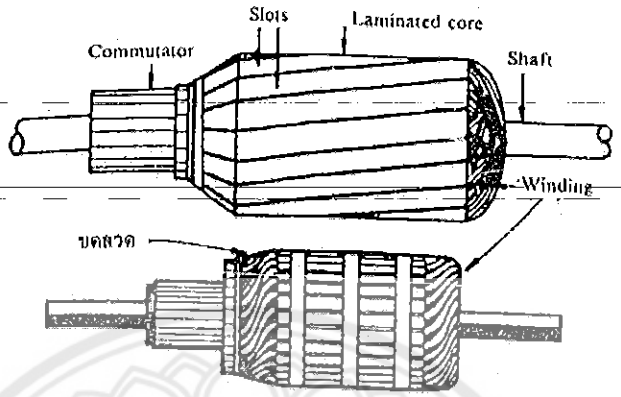
รูปที่ 2.13 แผ่นเหล็กของแกนอาเมเจอร์ของไดนาโม

2.2.1.5 ขดลวดอาร์เมเจอร์(Armature Winding)

เป็นขดลวดทองแดงที่ต้องการให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้า ด้วยการใส่ไว้ในสล็อต ของแกนอาร์เมเจอร์ ขณะที่อาร์เมเจอร์หมุนขดลวดที่ใส่ไว้ในสล็อตจะตัดสนามแม่เหล็กให้กำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าตาสมการ

$$E_{av} = B.l.V.Z / A \quad (2.4)$$

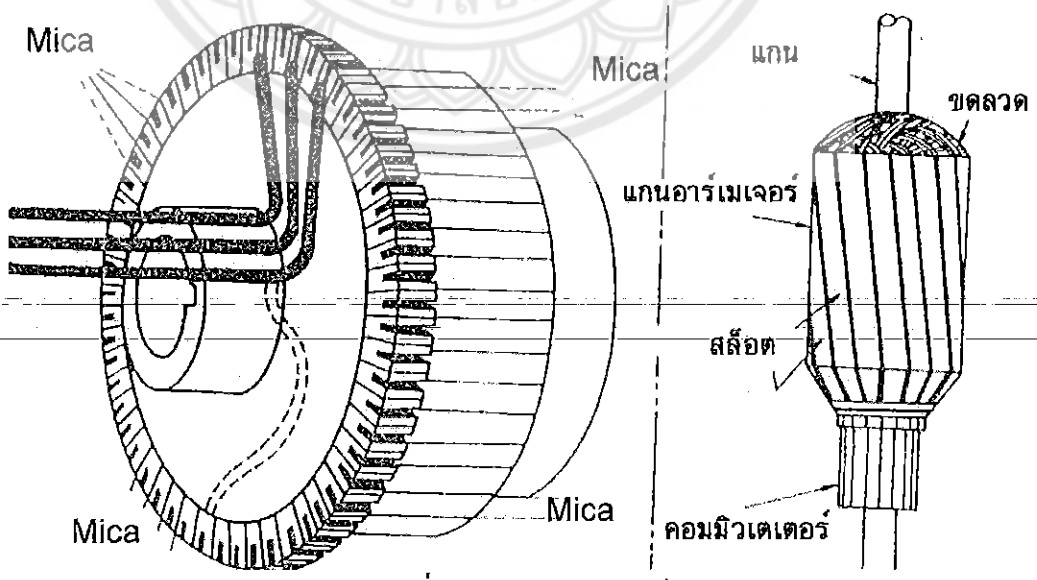
$$E_{av} = [\phi.p.n/60].Z / A \quad (2.5)$$



รูปที่ 2.14 ขดลวดอาร์เมเจอร์

2.2.1.6 คอมมิวเตเตอร์ (Commutator)

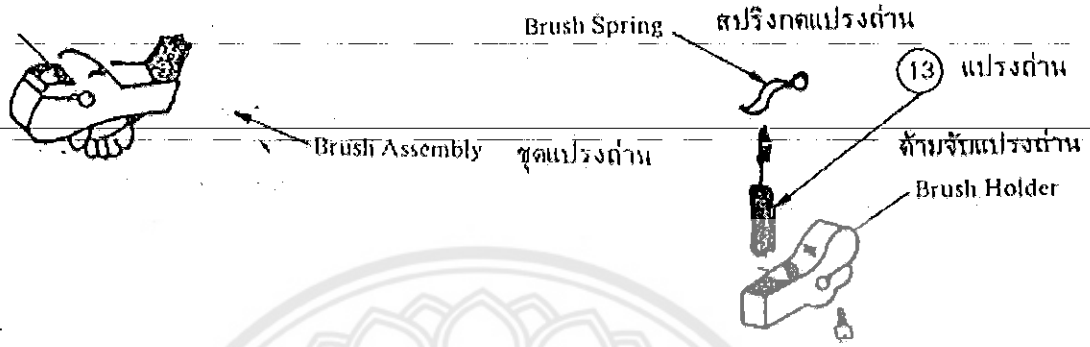
เป็นส่วนรองรับปลายทั้งหมดของขดลวดอาร์เมเจอร์และมีหน้าที่หลักเปลี่ยนกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current) เกิดขึ้นบนขดลวดอาร์เมเจอร์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current)



รูปที่ 2.15 คอมมิวเตเตอร์

2.2.1.7 แปรงถ่าน (Brush)

ทำด้วยแท่งคาร์บอนปกติวางให้สัมผัสอยู่กับซี่ทองแดงของคอมมิวเตเตอร์ หรือหน้าสัมผัสของสปิง เพื่อนำกระแสออกไปจากโหลด หรือนำกลับเข้ามายังขดลวดอาเมเจอร์ปกติหน้าสัมผัสระหว่างแปรงถ่านและคอมมิวเตเตอร์ หรือ สปริงต้องเรียบและสนิทจริงๆ จึงต้องกดแปรงถ่าน

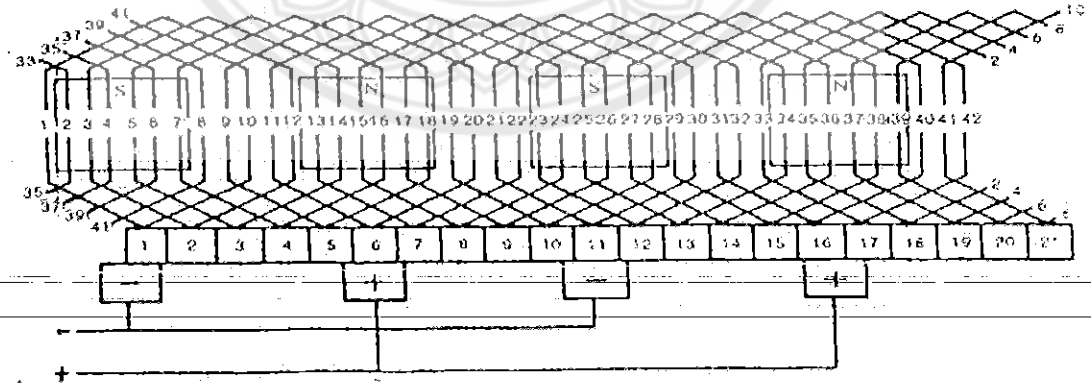


รูปที่ 2.16 แปรงถ่านพร้อมด้วยสปริงกดแปรงถ่านให้แน่น

2.2.2 การพันขดลวดอาร์เมเจอร์

2.2.2.1 ขดลวดอาร์เมเจอร์ของเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง

ขดลวดต่ออนุกรมบนซี่ทองแดงของคอมมิวเตเตอร์ เมื่อพิจารณาวงจรแล้วจะพบว่าขดลวดเป็นวงจรไม่รู้จบ และวงจรครบรอบเป็นวงจรปิดอยู่บนซี่ทองแดง ดังนั้นว่าขดลวดของเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงเป็น “ขดลวดวงจรปิด”

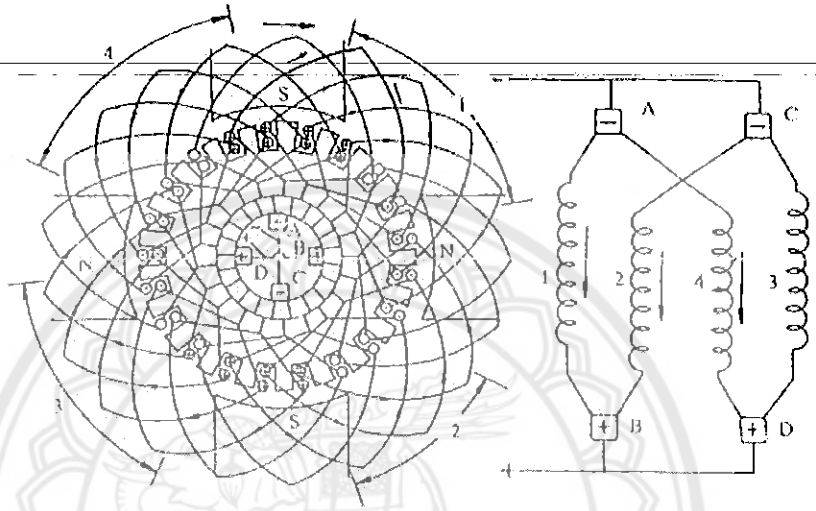


รูปที่2.17 ขดลวดอาร์เมเจอร์ของเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง

2.2.3 ชนิดของขดลวดอาร์เมเจอร์

2.2.3.1 ขดลวดแบบ Lap Wound Winding

เป็นการลงปลายสายบนซี่ทองแดงของคอมมิวเตเตอร์เพื่อ ทำให้วงจรไฟฟ้าคู่ขนาน บนอาเมเจอร์มีจำนวนเท่ากับจำนวนขั้วแม่เหล็ก เช่น ไดนาโม 4,8ขั้ว จะหัววงจรไฟฟ้าคู่ขนานเท่ากับ 4 และ 8 วงจรตามลำดับ ด้วยเหตุนี้การลงขดลวดแบบ Lab Winding จึงเรียกว่า Multiple Circuit หรือ Parellel Winding



รูปที่ 2.18 ขดลวดอาร์เมเจอร์ Lap Wound Winding ของไดนาโม ชนิด 4 ขั้ว 120 V 40 A

2.2.3.2 ขดลวดอาร์เมเจอร์แบบ Wave Wound Winding

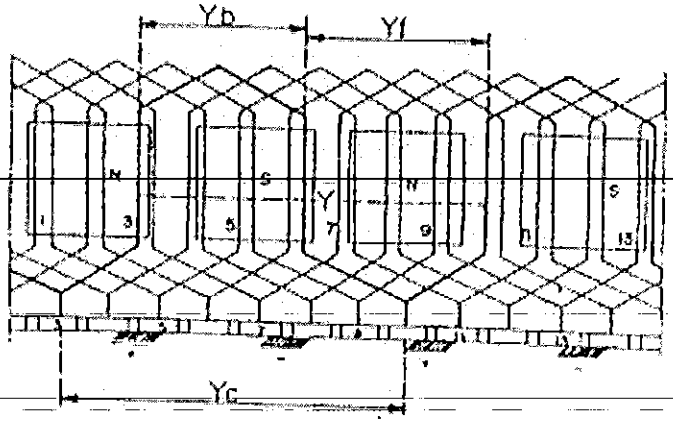
เป็นการลงปลายสายของขดลวดอาร์เมเจอร์บนซี่ทองแดงของคอมมิวเตเตอร์เพื่อ ทำให้มีวงจรไฟฟ้าคู่ขนาน บนอาร์เมเจอร์เท่ากับเพียง 2 วงจรเท่านั้น ไม่ว่าจะมีขั้วแม่เหล็กกี่ขั้วก็ตาม ด้วยเหตุนี้ขดลวดแบบ Wave จึงเรียกว่า "2-Circuit Winding หรือ Series Winding"

$$a = p = 2 \tag{2.6}$$

เมื่อ

a = จำนวนวงจรไฟฟ้าคู่ขนานบนอาร์เมเจอร์

p = จำนวนขั้วแม่เหล็กของไดนาโม



รูปที่ 2.19 การลงปลายสายบนขดลวดอาร์เมเจอร์ แบบ Wave Wound Winding

ตารางที่ 2.1 ความแตกต่างของการพันอาร์เมเจอร์ที่โลเตอร์แบบ แลป และ เวฟ

การพันแบบแลป	การพันแบบเวฟ
1.มีกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์สูงแต่แรงดันต่ำ	1.มีกระแสไฟฟ้าต่ำแต่แรงดันสูงกว่าโดยกำลังไฟฟ้าที่ได้เท่ากันแบบแลป
2.ทางขนานในการพัน Simplex lap a = p Duplex lap a = 2p Triplex lap a = 3p	2.ทางขนานในการพัน Simplex lap a = 5 Duplex lap a = 4 Triplex lap a = 6
3.การพันแบบแลป $Y_c = 1$ เสมอ	3.การพันแบบเวฟมีระยะ $Y_c > 1$ เสมอ
	4.ขดลวดตัวนำที่มีขั้วแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเหมือนกันจะต่อกับแปรงถ่านอันเดียวกัน ดั้งนั้นการพันแบบเวฟจึงมีแปรงถ่าน 2อันก็พอ

2.2.4 ชนิดการพันขดลวดอาร์เมเจอร์ที่คณะผู้ศึกษาเลือกพัน

ในการทำโครงงานนี้ ผู้ศึกษา ได้ทำการศึกษาแล้วว่าความต้องการในการทำโครงงานนี้มาใช้เป็นเจนเนอร์เรเตอร์เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับวงจรชาร์จแบตเตอรี่ เนื่องจากในการชาร์จแบตเตอรี่ต้องการกระแสชาร์จที่สูงพอสมควร เพื่อให้สามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้ในระยะเวลาอันรวดเร็ว ดั้งนั้นจากการศึกษาเกี่ยวกับการพันเจนเนอร์เรเตอร์แบบต่างๆคณะผู้จัดทำจึงเห็นว่าการพันขดลวดอาร์เมเจอร์นั้นควรพันแบบแลป เพื่อให้กระแสเพียงพอในการชาร์จแบตเตอรี่

การหาแรงดันแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในตัวนำอาร์เมเจอร์

$$E_g = \left(z\phi p\omega\right)/\left(2\Pi a\right) \quad (2.7)$$

$$E_g = \left(z\phi ps*10^{-8}\right)/\left(60a\right) \quad (2.8)$$

เมื่อ

E_g = แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเฉลี่ยของอาร์เมเจอร์

z = จำนวนตัวนำ

p = จำนวนขั้ว

a = จำนวนทางขนาน

ω = ความเร็ว (เรเดียน/วินาที)

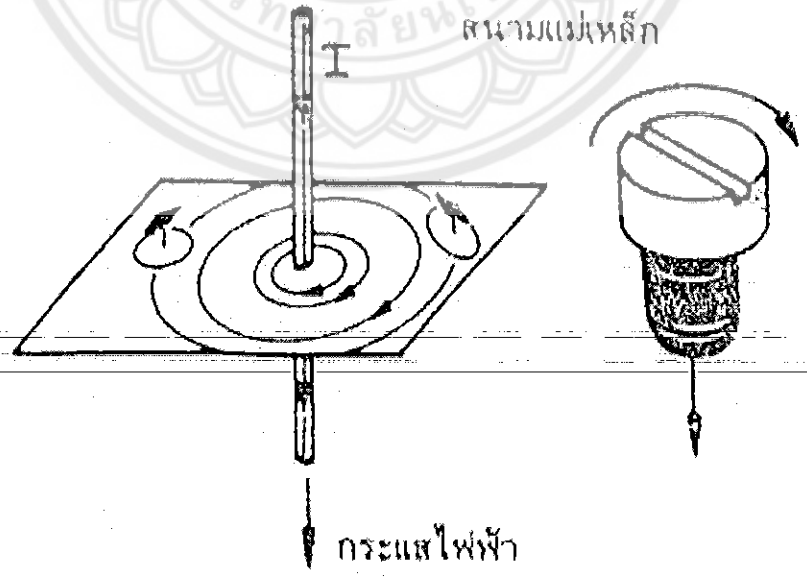
ϕ = ฟลักซ์แม่เหล็ก

s = ความเร็ว (รอบ/นาที)

2.3 กฎต่างๆที่เกี่ยวกับไดนาโม [2]

2.3.1 กฎมือขวาของสกรู (Right hand screw)

ให้กระแสไฟฟ้า : I ไหลไปตามทิศทางการเคลื่อนที่ของสกรูที่มีเกลียวหมุนขวา ทิศทางการหมุนของเกลียวจะมีทิศทางของสนามแม่เหล็ก ตามรูปที่ 2.20

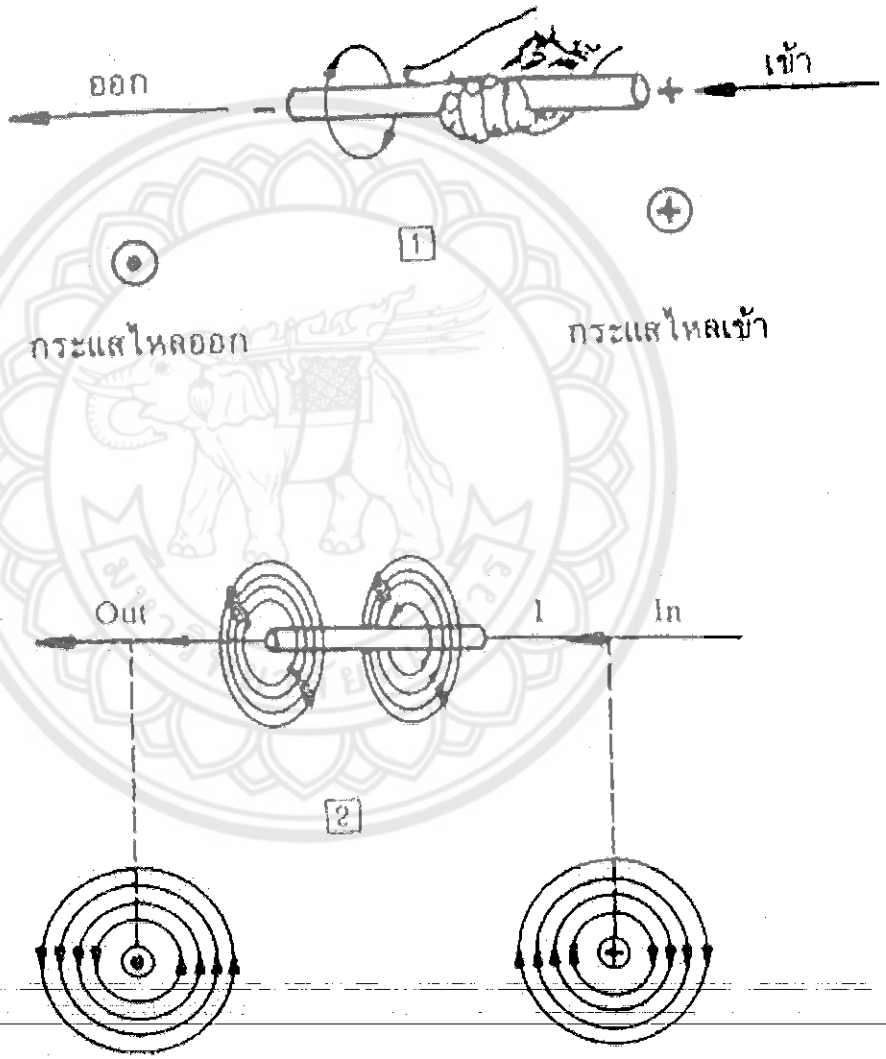


รูปที่ 2.20 กฎมือขวาของสกรู

2.3.2 สนามแม่เหล็กของตัวนำเส้นตรง

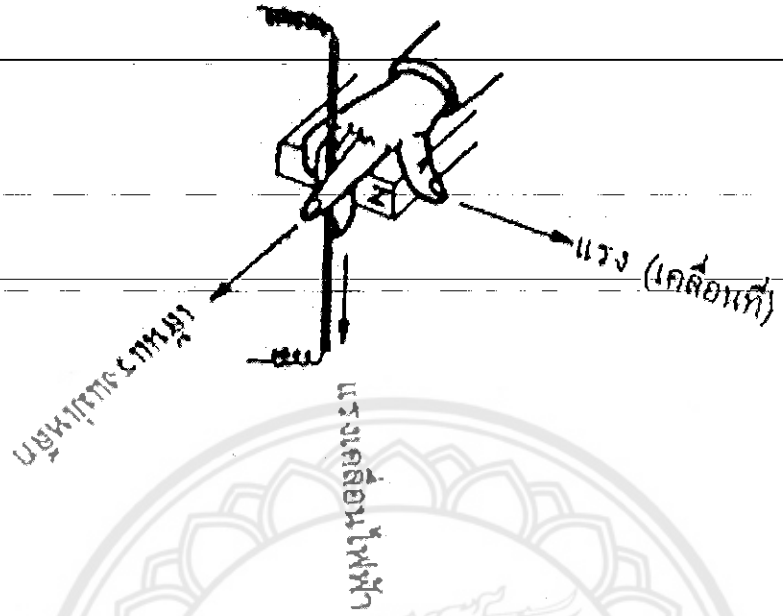
เมื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำที่เป็นเส้นตรง จะมีเส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้นล้อมรอบตัวนำในลักษณะตั้งฉากกับกระแสไฟฟ้านั้น

ทิศทางของสนามแม่เหล็ก สามารถหาได้โดยใช้กฎมือขวา (THUMB RULE) ตามรูปที่ 2.21 (1) ให้กับตัวนำที่เป็นเส้นตรงด้วยมือขวานิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า นิ้วทั้งสี่ที่เหลือจะแทนทิศทางของสนามแม่เหล็ก และ (2) กฎมือขวาของสกรู



รูปที่ 2.21 สนามแม่เหล็กของตัวนำเส้นตรง

2.2.3 กฎมือขวาของเฟลมมิ่ง (FLEMING"S RIGHT HAND RULE)



รูปที่ 2.22 กฎมือขวาของเฟลมมิ่ง

ใช้สำหรับหาทิศทางของแรงเคลื่อนขับไฟฟ้า (แรงดันเหนี่ยวนำ) ที่เกิดขึ้นบนตัวนำในสนามแม่เหล็กกรณีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หาทิศทางแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนตัวนำของอาร์เมเจอร์โดยเฉพาะดังนี้

ให้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลางของมือขวา วางตั้งฉากซึ่งกันและกัน ตามรูปที่ 2.22 กำหนดเหล็ก (FLUX) นิ้วกลางจะแทนทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้า (INDUCED EMF)

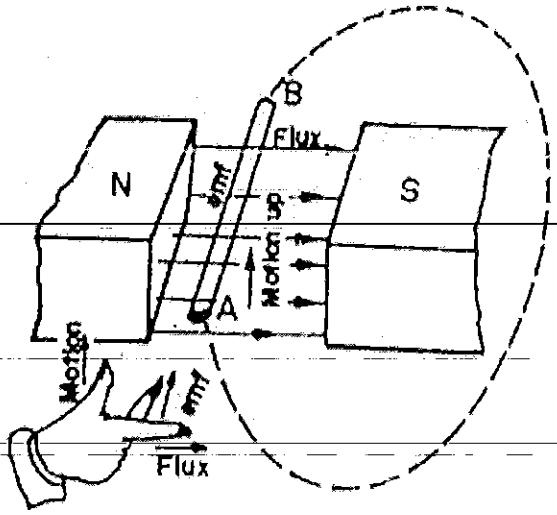
ตามรูปที่ 2.22 แสดงการหาทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนตัวนำ AB ใสนามแม่เหล็กโดยใช้กฎมือขวาของเฟลมมิ่ง

ถ้าให้ F = แรงเคลื่อนที่

ϕ = เส้นแรงแม่เหล็ก

$+$ = กระแสไฟฟ้า

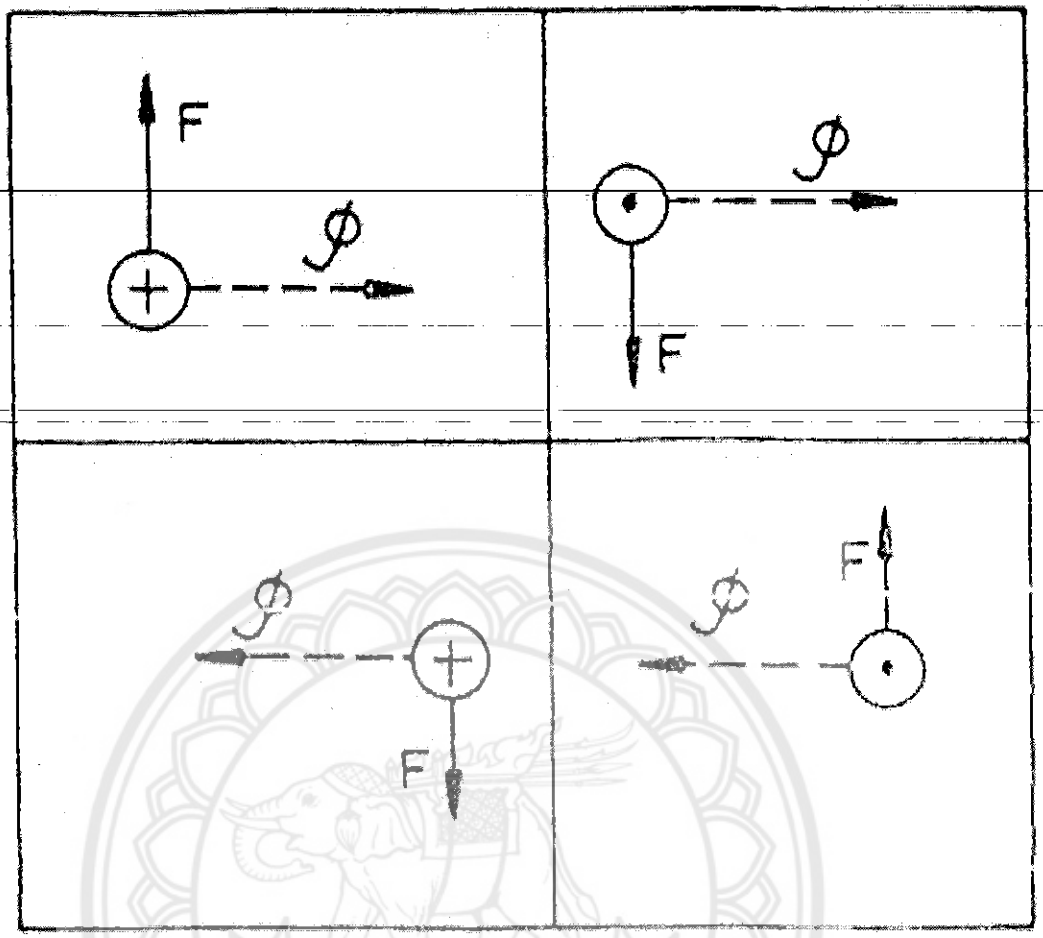
$\odot$ = กระแสไหลออก



รูปที่ 2.23 แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนตัวในสนามแม่เหล็ก

ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงเคลื่อนที่ (Motion) เส้นแรงแม่เหล็ก (Flux) และแรงเคลื่อนไฟฟ้า (แรงดันเหนียวนำ Induced Emf) ตามกฎมือขวาของเฟลมมิ่ง สามารถแสดงให้เห็นจริงด้วยสัญลักษณ์ตามรูปที่2.24 ต่อไปนี้

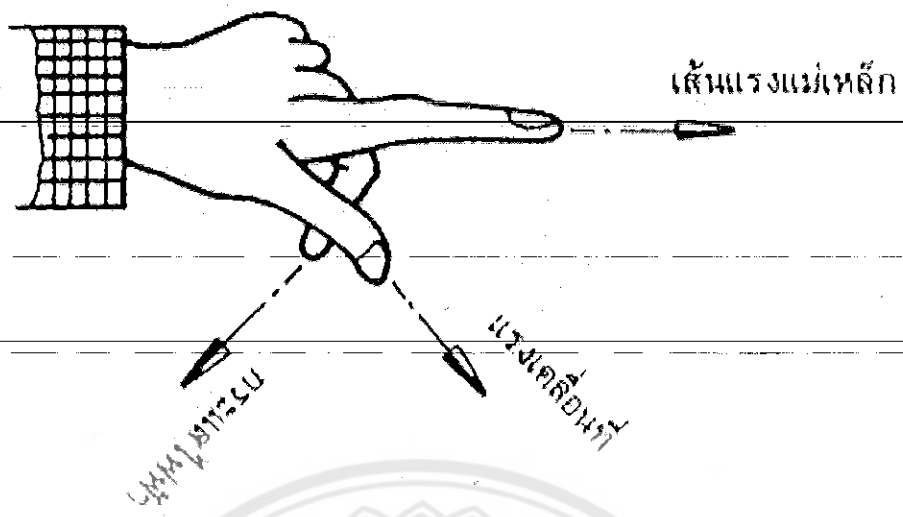
แรงเคลื่อนที่ F แทนด้วยหัวแม่มือ เส้นแรงแม่เหล็ก แทนด้วยนิ้วชี้ แรงเคลื่อนไฟฟ้า + หรือ แทนด้วยนิ้วกลาง



รูปที่ 2.24 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงเคลื่อนที่ เส้นแรงแม่ เหล็ก และแรงเคลื่อนไฟฟ้าตามกฎมือขวาของเฟลมมิ่ง

2.3.4 กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming'Left Hand Rule)

ใช้สำหรับหาทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำในสนามแม่เหล็ก กรณีของมอเตอร์หาทิศทางการหมุนของอาร์เมเจอร์โดยเพราะดังนี้ให้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลางของมือซ้ายวางตั้งฉากซึ่งกันและกันตามรูปที่ 2.25 กำหนดให้นิ้วชี้แทนทิศทางของสนามแม่เหล็ก นิ้วกลางแทนทิศทางของกระแสไฟฟ้า นิ้วหัวแม่มือจะเป็นทิศทางของแรง(ทิศทางการหมุนของอาร์เมเจอร์)



รูปที่ 2.25 กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง

เมื่อ

ϕ แทนสนามแม่เหล็ก(เส้นแรงแม่เหล็ก)

$+$ แทนกระแสไฟฟ้าไหลเข้าและไหลออกตามลำดับ

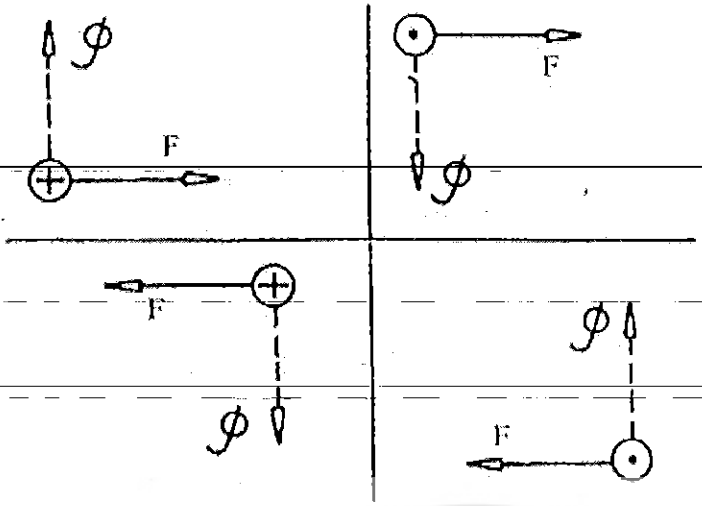
F แทนทิศทางการหมุน

ความสัมพันธ์ระหว่าง แรง เส้นแรงแม่เหล็ก และกระแสไฟฟ้า ตามกระแสไฟฟ้า ตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง สามารถแสดงให้เห็นจริงได้ด้วยรูปสัญลักษณ์ตามรูปที่ 2.26 ต่อไปนี้

ϕ เส้นแรงแม่เหล็กแทนด้วยนิ้วชี้

$+$ หรือ o แทนกระแสไฟฟ้าไหลเข้าหรือไหลออก แทนด้วยนิ้วกลาง

F แรง หรือทิศทางการหมุนของอาร์เมเจอร์ แทนด้วยนิ้วหัวแม่มือ



รูปที่ 2.26 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรง
เส้นแรงแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้า ตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง

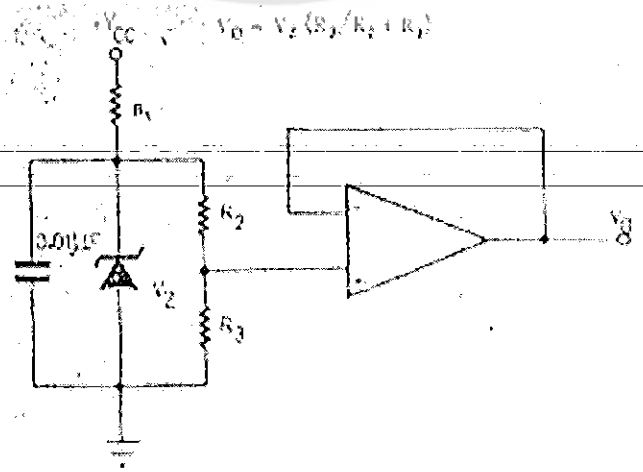
2.4 วงจรแรงดันอ้างอิง [3]

วงจรแรงดันอ้างอิงแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.27 ตัวออปแอมป์ จะให้ค่าแรงดันคงที่กับโหลดไม่ว่าจะเป็นค่าเท่าไร โดยค่าแรงดันเอาท์พุทที่ให้ขึ้นอยู่กับค่า แรงดันซีเนอร์ไดโอดทางด้านอินพุท ค่าแรงดัน V_{ref} จะคงที่แม้ว่าค่าแรงดันไฟเลี้ยงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้วก็ตาม

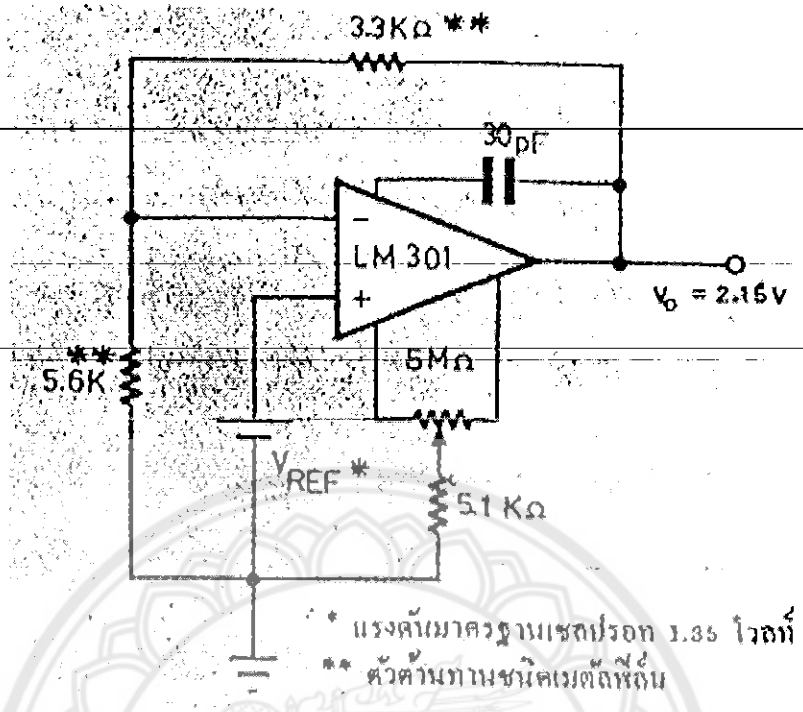
การเลือกค่า V_O ทำได้แบบต่อเนื่องตั้งแต่แรงดัน 0 โวลต์ จนถึงค่าแรงดัน V_Z ด้วยการต่อแบ่งแรงดันที่ R_2, R_3 โดยค่าแรงดันเอาท์พุทที่ได้จะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของ V_Z และ R_2, R_3 หรือเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Vo=Vz\ (R3/R2+R3) \tag{2.9}$$

ค่าแรงดันอ้างอิงที่ได้จะมีค่าเป็นบวก หรือเป็นลบอย่างใดก็ได้ขึ้นอยู่กับค่าการแบ่งแรงดันให้ทางด้านอินพุทถ้าให้แรงดันลบ เอาท์พุทก็จะได้ค่าแรงดันอ้างอิงเป็นลบด้วย



รูปที่ 2.27 วงจรสร้างแรงดันอ้างอิง

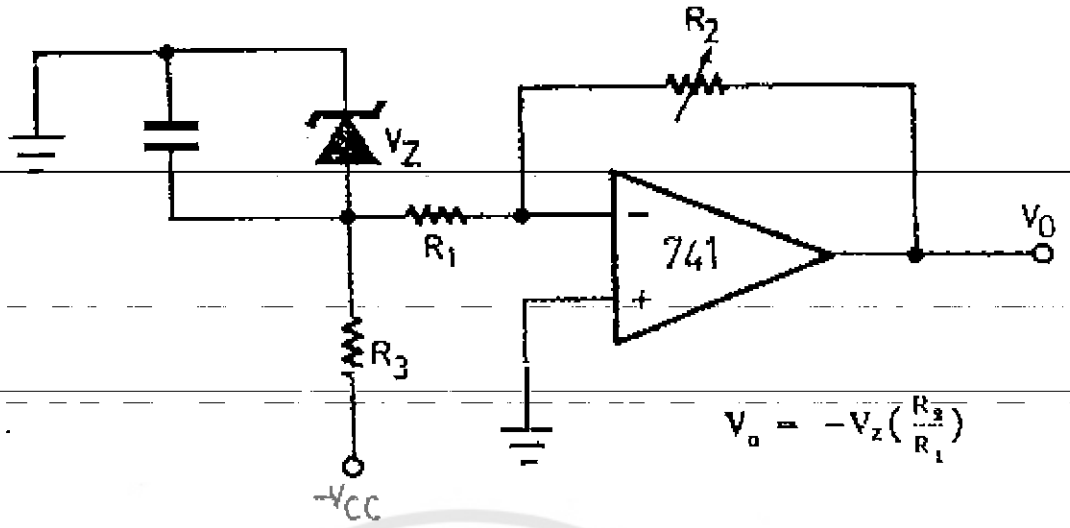


รูปที่ 2.28 วงจรสร้างแรงดันอ้างอิง

2.4.1 แรงดันอ้างอิงที่ได้สูงกว่า V_{ref}

ในกรณีที่ต้องการแรงดันอ้างอิงที่สูงกว่าแรงดัน V_Z ตัววงจรออปแอมป์จำเป็นที่จะต้องมีอัตราขยายดังวงจร รูปที่ 2.28 โดยปกติ ถ้าต้องการให้แรงดันเอาท์พุทเป็นแรงดันที่มีเสถียรภาพ ไม่เปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิเราจึงต้องใช้ V_{ref} ที่เสถียรภาพ ในที่นี้เราจะใช้เซลล์ปรอทซึ่งเสถียรภาพกับอุณหภูมิดีมาก โดยวงจรจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า +- 0.2 % เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงระหว่าง 0-70 องศา

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ 2.29 วงจรแรงดันอ้างอิง

2.4.2 แรงดันอ้างอิงที่มีค่าตรงข้ามกับ V_z

วงจรแรงดันอ้างอิงที่แสดง รูปที่ 2.29 ให้เอาท์พุทมีค่าตรงข้ามกับ V_z นั่นคือสามารถสร้างแรงดันอ้างอิงที่มีค่าเป็นลบได้หรือบวกก็ได้ ข้อดีของวงจรนี้คือสามารถปรับระดับแรงดันเอาท์พุทได้ง่ายโดยการปรับที่ตัวต้านทาน R_2 และจากวงจรสามารถหาค่าแรงดันเอาท์พุทได้

2.5 วงจรเรกูเลเตอร์ใช้ไอซีออปแอมป์[3]

เราใช้ออปแอมป์ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายความแตกต่าง อินพุทขั้วบวกของออปแอมป์ ต่อกับแรงดันอ้างอิงที่ได้จากซีเนอร์ไดโอด D_1 โดยมี R_2 เป็นตัวไบแอส D_1 แรงดันตัวอย่าง V_O จาก R_2+R_1 ต่อเข้ากับอินพุทขั้วลบของ ออปแอมป์ เอาท์พุทต่อที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ ตามรูปที่ 2.30 ตัวต้านทานที่สำคัญ คือค่า R_2 และ R_1 จะเป็นตัวกำหนดแรงดันเอาท์พุท

จากรูปที่ 2.30

$$V'_O = A_V(V_R - \beta V_O)$$

$$V_O = V'_O + 0.7$$

V'_O เมื่อ V'_O มากกว่า0.7มากๆ

$$V_O = A_V V_R - \beta V_O A_V$$

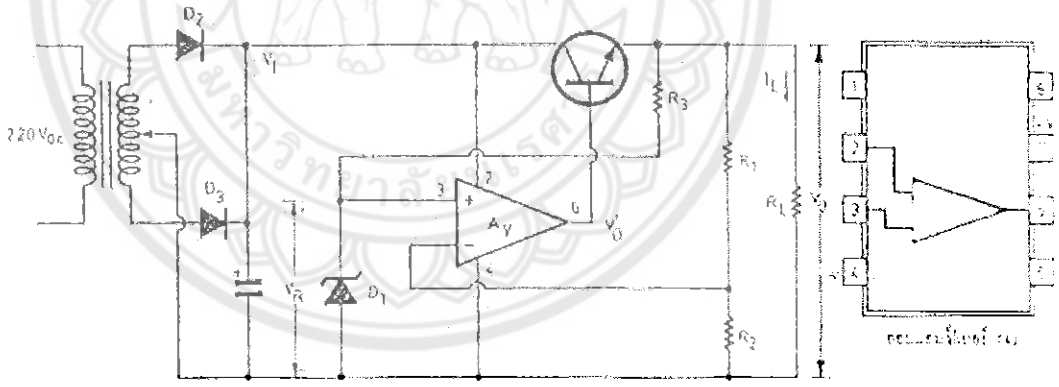
$$V_O = A_V V_R / 1 + \beta A_V$$

$$= V_R / (1/A_V + \beta) \qquad A_V \text{ มากกว่า 1 มากๆ}$$

$$= V_R / \beta$$

$$\beta = R_2 / R_1 + R_2$$

$$V_O = (1 + R_1 / R_2) V_R$$



รูปที่ 2.30 วงจรจ่ายไฟตรงแบบเรกูเลทที่ใช้ไอซีแบบออปแอมป์

2.6 วงจรเปรียบเทียบ [3]

โดยปกติแรงดันไฟเลี้ยงที่ให้กับออปแอมป์จะเป็นแรงดัน +Vcc และ –Vcc ที่มีค่าตั้งแต่ ± 3 โวลต์ จนถึง ± 18 โวลต์เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นเอาท์พุทของออปแอมป์เมื่อเป็นวงจรขยายเปิดลูป จะอิ่มตัวอยู่ที่ +Vcc หรือ –Vcc เท่านั้น นั้นคือถ้าแรงดันที่ขาอินเวอร์สติ้งของออปแอมป์มีค่ามากกว่า

ขานอนอินเวอร์สติ้งเพียงเล็กน้อย แรงดันเอาท์พุทก็จะอิ่มตัวอยู่ที่ $-V_{cc}$ และถ้าแรงดันขาอินเวอร์สติ้งมีค่าน้อยกว่าขานอนอินเวอร์สติ้งแรงดันเอาท์พุทก็จะอยู่ที่ $+V_{cc}$

จะเห็นว่าลักษณะของออปแอมป์จึงเป็นวงจรเปรียบเทียบที่ให้ค่าแรงดัน เอาท์พุท $+V_{cc}$ และ $-V_{cc}$ ซึ่งไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในวงจรทางด้านดิจิตอลหรือวงจรอินเตอร์เฟสระหว่างวงจรอนาลอก กับวงจรดิจิตอล เพราะแรงดันเอาท์พุทอาจทำให้ภาควงจรดิจิตอลเกิดการเสียหายได้ บริษัทผู้ผลิตไอซี จึงหันมาผลิตออปแอมป์ที่ได้ ระดับแรงดันอยู่ 2 ระดับเช่น 0 โวลต์กับ 5 โวลต์ เพื่อใช้กับวงจรทีทีแอลหรือซีมอสและให้ชื่อออปแอมป์ที่ใช้งานเฉพาะอย่างนี้ว่าวงจรเปรียบเทียบ Comparator

สรุปให้เห็นชัดได้คือ วงจรเปรียบเทียบก็เป็นวงจรออปแอมป์ที่ได้ออกแบบมาพิเศษให้ระดับเอาท์พุทอิ่มตัวที่สองระดับแรงดันไม่ใช่ $+V_{cc}$ และ $-V_{cc}$ โดยใช้ในขณะเป็นวงจรขยายเปิดลูปหรือออกแบบให้มีขาควบคุมเพิ่มขึ้น เช่นขาสโตรป หรือขาอินฮิบิท เพิ่มเติม

2.6.1 ไอซีวงจรเปรียบเทียบ

ไอซีวงจรเปรียบเทียบมีลักษณะเป็นวงจร ขยายความแตกต่าง(Differential Amp) ในลักษณะวงจรขยายเปิดลูปหรือไม่มีการป้อนกลับ ดังนั้นวงจรขยายนี้จึงมีอัตราการขยายค่อนข้างสูงมาก และเอาท์พุท ก็จะอิ่มตัวอยู่ที่ระดับแรงดันสองระดับ คือ สูง หรือต่ำ ขึ้นอยู่กับค่าระดับแรงดันอินพุทที่ขาทั้งสองวงจรเปรียบเทียบในอุดมคติก็คือ วงจรออปแอมป์ในอุดมคตินั่นเอง และควรจะคุณสมบัติของวงจรดังต่อไปนี้

-อัตราขยายแรงดันของผลต่างที่อินพุทมีค่าเป็นอนันต์
-อัตราขยายแรงดันเมื่ออินพุททั้งสองมีเฟสร่วมหรืออยู่ในโหมดเดียวกันเป็นศูนย์
-อินพุทมีอิมพีแดนซ์เป็นอนันต์
-เอาท์พุทมีอิมพีแดนซ์เป็นศูนย์
-แถบขยายทางด้านความถี่เป็นอนันต์
-แรงดันและกระแสออฟเซทเป็นศูนย์

สิ่งที่ได้ปรับปรุงขึ้นในวงจรเปรียบเทียบก็คือ การปรับปรุงผลของการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันกับการเปลี่ยนโหมด หรือเรียกว่า ช่วงเวลารีโคฟเวอรี (Recovery Time) ช่วงเวลาการสวิทซ์ และระดับแรงดันเอาท์พุท เพราะหน้าที่หลักของวงจรเปรียบเทียบ คือใช้เป็นวงจรอินเตอร์เฟสระหว่างสัญญาณอานาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล ดังนั้นระดับสัญญาณเอาท์พุทซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลต้องมีระดับสัญญาณที่พอเหมาะเป็นระดับของสัญญาณลอจิกได้ การใช้งานของวงจรเปรียบเทียบเบื้องต้นแสดงให้ดูดังรูปที่ 2.3.1

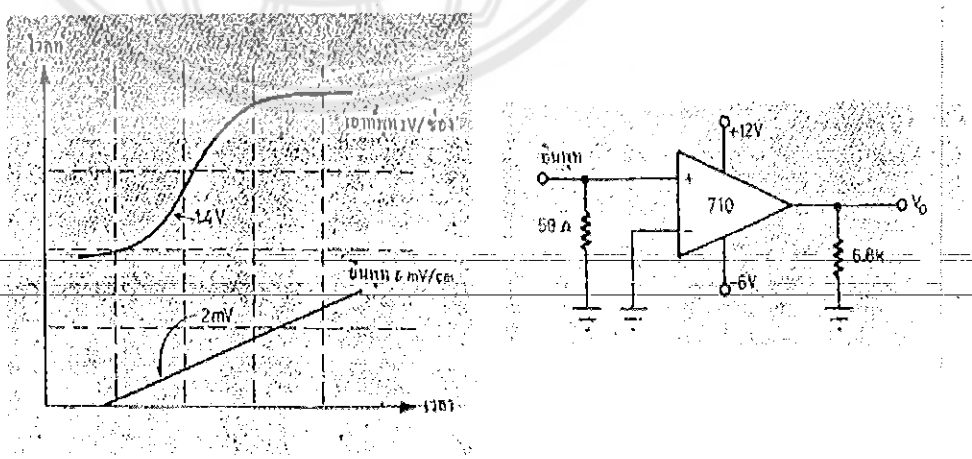
2.3.2.2 แรงดันออฟเซทที่อินพุท

แรงดันออฟเซทที่อินพุท คือแรงดันที่ให้ระหว่างอินพุท เพื่อที่จะทำให้เอาท์พุทมีค่า ค่าหนึ่ง ซึ่งผู้ผลิตจะเป็นผู้กำหนดโดยคิดเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิที่ใช้งานด้วย แรงดันออฟเซทที่บริษัทเทกซัสอินสตรูเมนต์กำหนดไว้ที่มาตรฐานที่อุณหภูมิและแรงดันเอาท์พุทดัง ตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.2 การหาค่าแรงดันออฟเซทที่อินพุท

อุณหภูมิ (C)	ระดับแรงดันเอาท์พุท (V)
-55	1.8
0	1.5
25	1.4
70	1.2
125	1.0

รูปที่ 2.32 นี้แสดงรูปคลื่นความสัมพันธ์ของแรงดันอินพุทและแรงดันเอาท์พุทโดยให้ระดับแรงดันเอาท์พุทค่อยๆ ชันขึ้น และไอซีที่ใช้ในการทดสอบนี้เป็นไอซีเบอร์ 710 ซึ่งมีขั้วอินพุทลบต่อกราวนด์และขั้วบวกที่อินพุทต่อกับสัญญาณลาด เมื่อระดับแรงดันที่เอาท์พุทมีค่า 1.4 โวลต์จะเป็นจุดที่ใช้หาค่าแรงดันออฟเซทที่อินพุท จาก รูปที่ 2.32 แสดงเราจะได้ค่าแรงดันออฟเซทที่อินพุทมีค่า -2mV และเมื่อคิดหาความไวหรืออัตราขยายแรงดันเอราจะได้ค่าอัตราชองแรงดันประมาณ 1150 โวลต์



รูปที่ 2.32 การวัดอัตราขยายแรงดันออฟเซทของไอเบอร์ 710

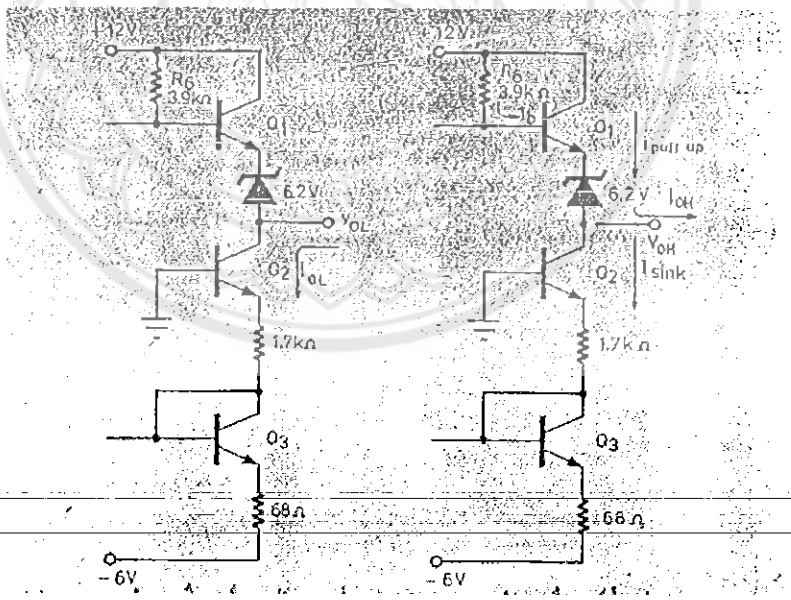
2.6.2.3 ลักษณะสมบัติทางด้านเอาท์พุท

วงจรเปรียบเทียบส่วนมากจะมีค่าแฟนเอาท์เมื่อ ต่อวงจรทีทีแอลได้เพียงหนึ่งเท่านั้นแต่ก็มีไอซีบางตัวที่มีแฟนเอาท์ได้ถึง 10 หรือมากกว่านั้น ลักษณะของวงจรเอาท์พุทจะแสดงข้อจำกัดต่างๆ ของวงจรเปรียบเทียบ ลักษณะของวงจรเอาท์พุทของวงจรเปรียบเทียบแสดงให้เห็นในรูป 2.33 และจากรูปที่ 2.33ก เป็นวงจรที่เรียกว่าแอคตีฟพลูดาวน์ หรือการดึงลงขณะที่เอาท์พุทอยู่ในสภาวะระดับต่ำดังนั้นจึงมีกระแสซิงค์ไหลเข้าวงจร ขีดจำกัดของกระแสซิงซ์หรี I_{OL} จะจำกัดด้วยตัวต้านทานที่มีอิมิตเตอร์1.7 กิโลโอห์ม และ 68 โอห์ม และจากวงจรจะเห็นว่าเบสของ Q2 ต่อกับกราวน์ ดังนั้นที่อิมิตเตอร์ของ Q2 จะมีค่าแรงดัน $-V_{be}$ หรือประมาณ -0.7 โวลต์ และ Q3 ทำตัวเสมือนเป็นไดโอดจึงมีแรงดันตกคร่อมอีก 1 V_{be} ดังนั้นกระแส I_{OL} สามารถคำนวณได้จาก

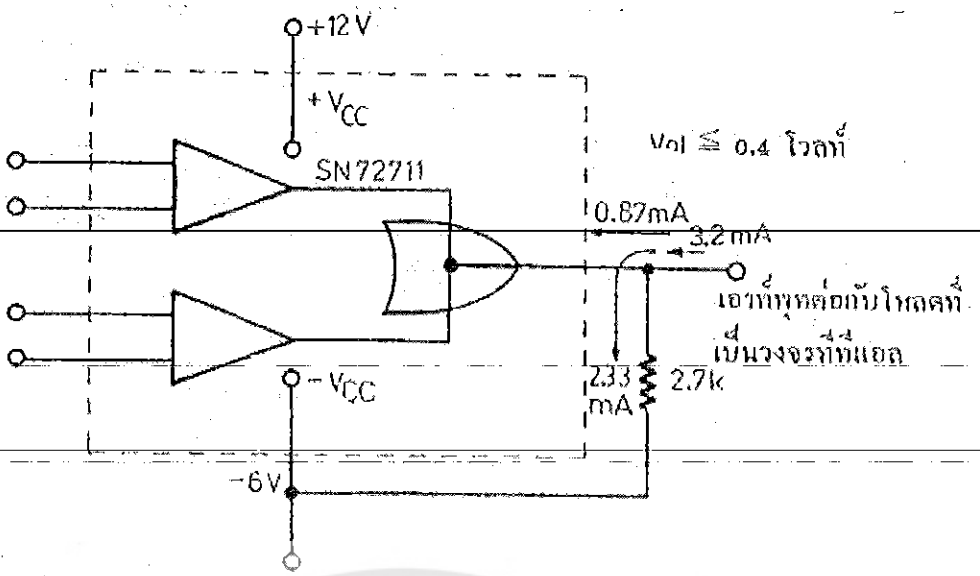
$$\begin{aligned} I_{OL} &= -V_{cc} + 2V_{BE} / 1.77k \\ &= -6 + 1.4 / 1.77k \\ &= -2.6mA \end{aligned}$$

จากการคำนวณดังกล่าวเราสามารถคำนวณหาค่าแรงดันเอาท์พุทเมื่ออยู่ในสภาวะต่ำได้จากสมการนี้

$$\begin{aligned} V_{OL} &= V_E(Q_2) + V_{CE}(\text{อิ่มตัว})\ (Q_2) \\ &= -0.7 + 0.2 \\ &= -0.5 \end{aligned}$$



รูปที่ 2.34 ลักษณะขาของไอซีในกลุ่มวงจรเปรียบเทียบ



รูปที่ 2.33 ลักษณะเอาท์พุทของวงจรเปรียบเทียบ

ในขณะที่เอาท์พุทอยู่สภาวะต่ำและต่อโหลดเป็นวงจรทีทีแอล โดยกระแสที่ดึงจากวงจรทีทีแอลจะมีค่าได้ สูงสุดประมาณ -16 mA จะเห็นได้ว่าเราไม่สามารถจะต่อกับทีทีแอลได้สองตัวแต่ในบางโอกาสเราอาจจะสร้างให้วงจรมีแฟนเอาท์ได้มากกว่าหนึ่งได้ โดยการต่อความต้านทานระหว่างเอาท์พุทของวงจรเปรียบเทียบกับแหล่งจ่ายไฟลบ เพื่อเป็นการแบ่งกระแสไฟลบในช่วงขณะที่เอาท์พุทอยู่ในสภาวะสูงหรือแรงดันเอาท์พุทเป็น V_{OH} โดยปกติค่าแรงดัน V_{OH} เราเริ่มตั้งแต่ 3.2 โวลต์ค่าแรงดันที่เบสของ Q_1 สามารถคำนวนได้จาก

$$V_B[Q_1] = V_{OH} + V_{Z+V_{BE}}[Q_1]$$

(2.11)

ค่า V_Z จะมีค่าประมาณ 6.2 โวลต์และ $V_{BE}[Q_1]$ ก็จะมีค่าประมาณ 0.7 โวลต์ ดังนั้น

$$V_B[Q_1] = 10.1 \text{ โวลต์}$$

นั้นคือกระเบส I_B สามารถหาได้จาก

$$I_B = V_{cc} - V_B / R_B$$
$$= 12 - 10.1/3.9k$$
$$= 0.48mA$$

สมมุติว่า h_{fe} ของทรานซิสเตอร์มีค่า 12 ดังนั้นค่ากระแสคอลเลคเตอร์ที่ได้ จะเป็น $0.48 * 12 = 5.8mA$ กระแสส่วนนี้มีบางส่วนเท่านั้นที่ไหลเป็นกระแสเอาท์พุท โดยจะมีบางส่วนไหลลงด้านล่างเนื่องจากขณะที่เอาท์พุทเป็นลอจิก 1 จะยังไม่ทำให้ทรานซิสเตอร์ออฟ ดังนั้น

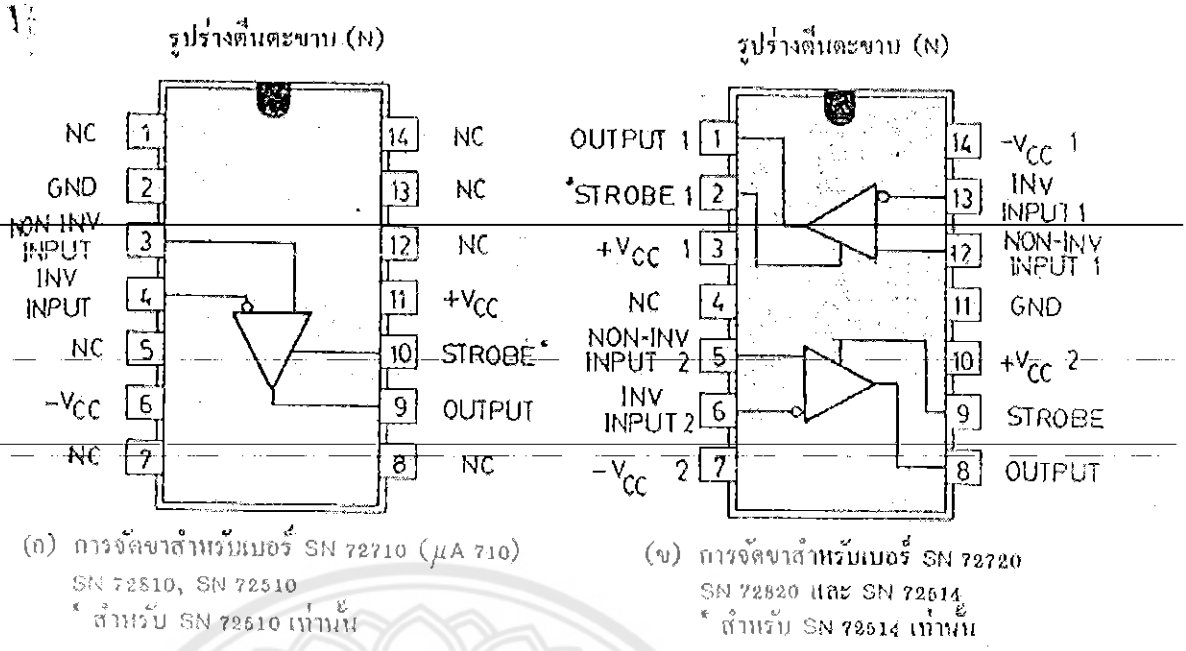
กระแส I_{OH} ที่จะขับวงจรเอาท์พุทภายนอกคือ $5.8-2.6$ เท่ากับ $3.2mA$ ซึ่งมากพอเพราะว่า I_{OH} ที่ต้องการประมาณ $40\mu A$ ต่อโหลดที่เป็นทีทีแอล 1 เกทเท่านั้น

โดยอาศัยการคำนวณเช่นเดียวกันสำหรับไอซีเบอร์ 711 $I_{OH}=0.87mA$ $I_{OH}=0.43mA$ สำหรับไอซีเบอร์ 710 และ 711 นั้นการเพิ่มแฟนเอาท์ได้โดยการใช้ตัวต้านทาน $2.7k$ ต่อระหว่างเอาท์พุทกับไฟลบที่เลี้ยงวงจรเพื่อให้ได้ $I_{OL}=3.2mA$ กรณีที่เกทสองเกทเป็นโหลดผลรวมกระแส $3.2mA$ นี้จะไหลผ่านตัวต้านทาน $2.7k$

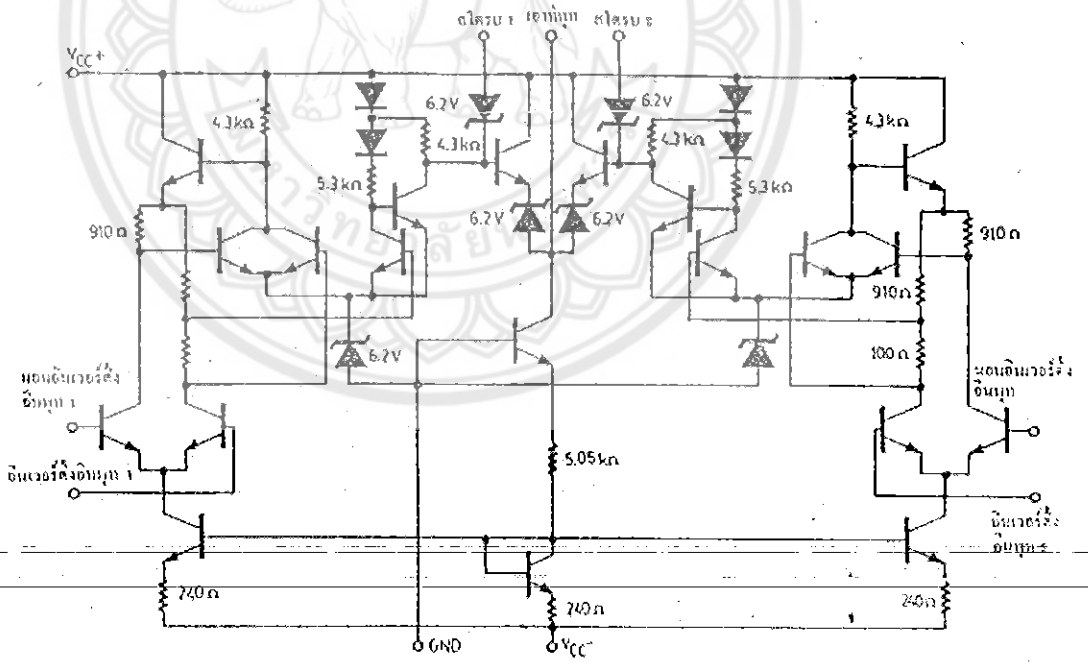
2.6.2.4 ตัวอย่างไอซีวงจรเปรียบเทียบ

วงจรเปรียบเทียบหลายบริษัทที่ผลิตกันและใช้เบอร์ที่แตกต่างกันแต่บางเบอร์ ก็มีลักษณะคุณสมบัติทางวงจรคล้ายๆกัน ในที่นี้ได้รวบรวมวงจรเปรียบเทียบเบอร์ต่างๆ และอธิบายการทำงานและวงจรภายในอย่างคร่าวๆ พอรู้เป็นสังเขป uA710, LM710, SN7210 วงจรเปรียบเทียบดังนี้เป็นแบบพื้นฐานเบื้องต้น ใช้งานง่ายและส่วนมากจะใช้กับสัญญาณทีทีแอลได้ โดยไม่ต้องใช้องค์ประกอบภายนอกเลยหรือใช้ก็น้อย กำลังขยายแรงดันที่ต่ำที่สุด 500 จะมีผลทำให้ความแม่นยำแน่นอนน้อยกว่าวงจรเปรียบเทียบตัวอื่นๆ สำหรับไอซีเบอร์ 710 จะให้ระดับสัญญาณทีทีแอลที่แน่นอน โดยมีผลต่างของสัญญาณอินพุท ± 5 mV

ตัววงจรเปรียบเทียบ เบอร์ 710 แสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.35 ส่วนรูปที่ 2.34 เป็นการแสดงการต่อขาของไอซี และจากลักษณะของวงจรจะเห็นว่าที่ภาคอินพุทของวงจรจะจัดตัวเป็นวงจรขยายสัญญาณความแตกต่างสองภาคต่อคัปปิ้งโดยตรง SN72810 ไอซีเบอร์นี้มีขาเหมือนกับเบอร์ 710 ได้ปรับปรุงเกี่ยวกับความเร็วและกำลังขยาย กำลังขยายของแรงดันอย่างต่ำมีค่า ถึง 8000 ทำให้ไวต่อสัญญาณต่ำๆ และมีช่วงเทรสโฮลที่แน่นอนมาก จากวงจรรูปที่ 2.36 จะเห็นว่าการจัดวงจรอินพุทจะทำให้ความไวหรืออัตราขยายสูงยิ่งขึ้น SN72510 บางครั้งเราต้องการให้เอาท์พุทของวงจรเปรียบเทียบคงอยู่ที่สถานะ โดยไม่พิจารณาเงื่อนไขทางอินพุท SN72510 เป็นไอซีที่มีคุณสมบัติเหมือนกับ SN72810 และมีอินพุทที่ใช้สำหรับโตรบซึ่งเมื่ออยู่ที่ภาวะต่ำ และจำให้ภาวะต่ำที่เอาท์พุท ของวงจรเปรียบเทียบ SN72720 ตัวไอซีประกอบด้วยวงจรเปรียบเทียบ แบบความเร็วสูงสองตัวในไอซีตัวเดียว แต่ละตัวเหมือนกับเบอร์ 710 แต่ V_{cc} ที่แยกออกสำหรับแต่ละตัว ก็เพื่อจะแยกวงจรเปรียบเทียบทั้งสองตัวออกจากกัน และลดกำลังสูญเสียโดยให้วงจรเปรียบเทียบตัวหนึ่งสำรองไว้เมื่อไม่ใช้ถ้าทั้งสองสโตรบเป็นลอจิกศูนย์ เอาท์พุทก็จะได้ลอจิกศูนย์ด้วย



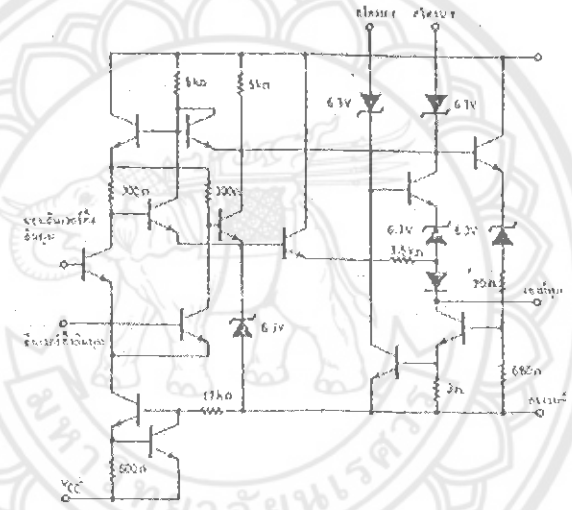
รูปที่ 2.34 ลักษณะขาของไอซีในกลุ่มวงจรเปรียบเทียบ



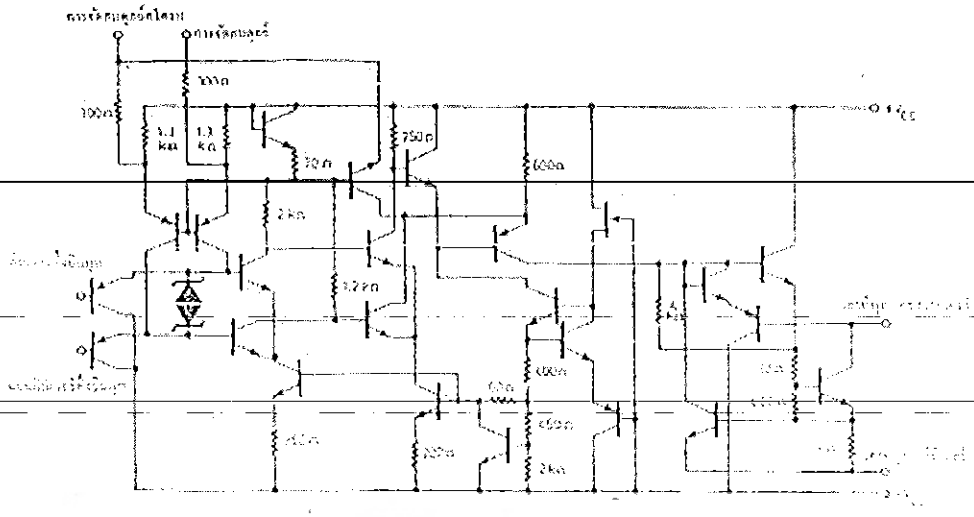
รูปที่ 2.35 วงจรภายในไอซีเบอร์ SN72811

SN52106/SN72306 ตามรูปที่ 2.36 เป็นวงจรเปรียบเทียบที่มีอินพุทสองอินพุท และให้เอาท์พุทอิมพีแดนซ์ค่าต่ำ โดยมีกระแสซิงค์สูง (100mA) และอินพุทสำหรับสโตรบสองอันซึ่งนี้ถูก

ออกแบบมาสำหรับเป็นตัวขับวงจรลอจิกได้จำนวนมาก หรือใช้ขับโหลด เช่นหลอดไฟรีเลย์ และตัวภาคแสดงอื่นๆ ได้โดยตรง ตัววงจรมีวงจรป้องกันการลัดวงจรและป้องกันกระแสสูง สัญญาณระดับต่ำและสโตรบจะทำให้เอาท์พุทอยู่ภาวะสูงถ้าสโตรบเป็นแรงดันระดับสูงแรงดันเอาท์พุทจุถูกควบคุมด้วยแรงดันเข้าวงจรนี้ทำงานได้กับไฟบวก 12 โวลต์ และไฟลบ -3 ถึง -12 โวลต์ SN72506 ไอซีตัวนี้เป็นไอซีที่มีวงจรเปรียบเทียบของเบอร์ SN72306 จำนวนสองตัว SN 72511/SN 72311 เป็นไอซีมีกำลังขยายสูงมาก ปกติมีประมาณ 200,000 ซึ่งได้รับการออกแบบมาสำหรับใช้กับแหล่งจ่ายไฟในช่วงที่กว้างมากรวมทั้งไฟ ±5 โวลต์ สำหรับออปแอมป์ และ ±5 โวลต์สำหรับตลอดวงจรนี้ค่อนข้างจะช้าเมื่อเทียบกับวงจรเปรียบเทียบอื่นๆ มีช่วงเวลาการตอบสนองประมาณ 168ns



รูปที่ 2.36 การจัดขาไอซีเบอร์ SN52406/SN72306 และ SN72506



รูปที่ 2.37 วงจรภายในไอซีเบอร์ SN52111 และ SN 72311 และแผนผังแสดงวงจรจัดขา

วงจรนี้สามารถ Drive หลอดไฟหรือรีเลย์ และสามารถสวิทซ์แรงดันได้ถึง 50 volt ที่ระดับกระแสสูงสุด 20 mA ใช้ได้ทั้งเอาท์พุททางคอลเลคเตอร์หรือเอาท์พุททางด้านอิมิตเตอร์ และสามารถแยกกราวนด์ เอาท์พุทอาจจะเทียบกับกราวน์ $V_{cc}+$ หรือ $V_{cc}-$ ก็ได้มีขาสโตรบ และขาควบคุมออฟเซท ทำให้มีความแน่นอนขึ้นสามารถต่อกับเอาท์พุทของอุปกรณ์อื่น จำนวนมากได้

2.7 ไอซีเรกูเรเตอร์สามขา [3]

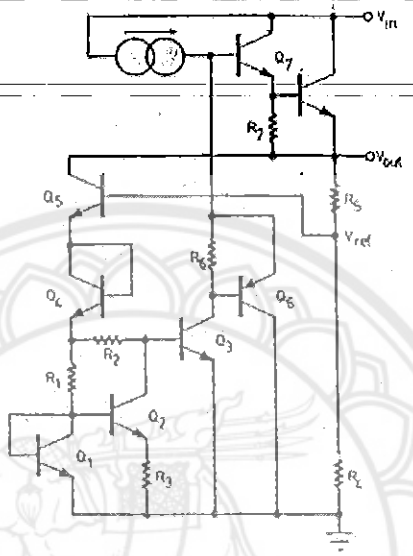
วงจรเรกูเรเตอร์ที่ใช้กันอยู่ด้วยวงจรลิเนียร์ส่วนใหญ่พอแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ 2 กลุ่ม คือ วงจรเรกูเลเตอร์แบบขนาน และวงจรเรกูเลเตอร์แบบอนุกรม

2.7.1 LM340

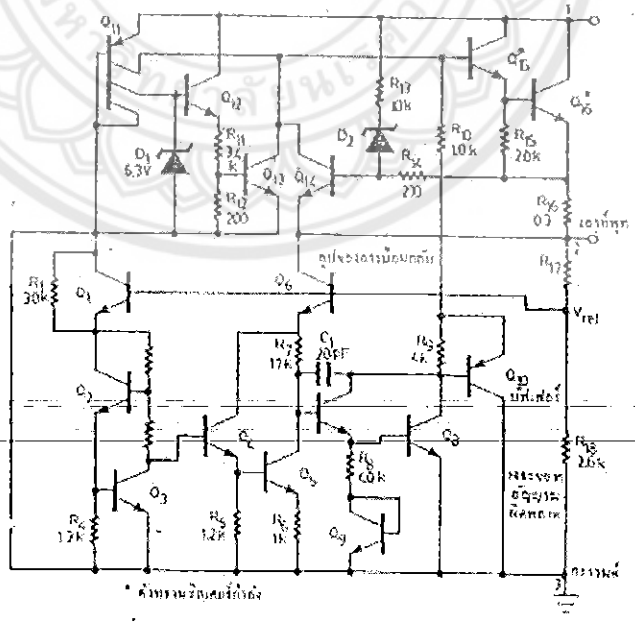
ตัวไอซี LM340 เป็นไอซีเรกูเรเตอร์สามขาที่จ่ายกระแสได้สูงถึง 1 A ที่แรงดันเอาท์พุท 5,6,8,12,15,18,24 Volt ตามที่ผู้ผลิตโปรแกรมไว้ โดยจะใส่รหัสต่อท้าย เช่น LM340-T ให้เอาท์พุท 15 โวลต์ นอกจากนี้เรายังสามารถดัดแปลงวงจรอีกเพียบเล็กน้อยให้ไอซีเป็นวงจรเรกูเลเตอร์ที่แรงดันต่างๆ ที่มากกว่า 2 โวลต์อีกด้วย ตัว LM340 เป็นไอซีที่มีรูปร่างได้หลายแบบ เช่นเป็นแบบ TO3 ซึ่งเป็นแบบกระป๋องโลหะเหมือนทรานซิสเตอร์กำลังเบอร์ 2N3055 หรือ แบบ พลาสติก TO220 เป็นต้น

ส่วนของวงจรแรงดันอ้างอิงประกอบด้วยตัวต้านทาน R_1 และ R_3 และ Q_1 และ Q_2 จะเห็นได้ว่า วงจรที่ใช้งานจริง จะแตกต่างจากวงจรพื้นฐานเบื้องต้น แต่ก็มีส่วนคล้ายกันมากโดย ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_1 สร้างค่าแรงดัน ΔV_{BE} ให้กับตัวต้านทาน R_3 ดังนั้นค่าแรงดันอ้างอิงจึงปรากฏที่ขาอิมิตเตอร์ของ Q_4 ซึ่งมีค่าโดยประมาณเท่ากับ $(RT/q \ln R_2/R_1)R_2/R_3+V_{BEQ}$

และเนื่องจาก Q_4 ทำตัวเสมือนไดโอดดังนั้นจุดแรงดันอ้างอิง V_{ref} ที่จุดต่อระหว่าง R_5 และ R_4 จึงมีค่าเป็น $(RT/q \ln R_2/R_1)R_2/R_3+V_{BEQ}+V_{BEQ4}+V_{BEQ5}$ ที่ขาเบสของ Q_3 เสมือนกับเป็นอินพุทของวงจรออปแอมป์โดยมี Q_6 เป็นตัวบัฟเฟอร์ระหว่าง Q_3 กับตัวจ่ายกระแส ในกรณีที่เอาท์พุทให้แรงดันมีค่าลดลงค่าแรงดันนี้จะป้อนผ่าน R_4R_5 และ Q_4Q_5 ไปยังเบสของ Q_3 ทำให้ Q_7 นำกระแสได้มากยิ่งขึ้น ค่าแรงดันเอาท์พุทสามารถคำนวณหาได้จาก



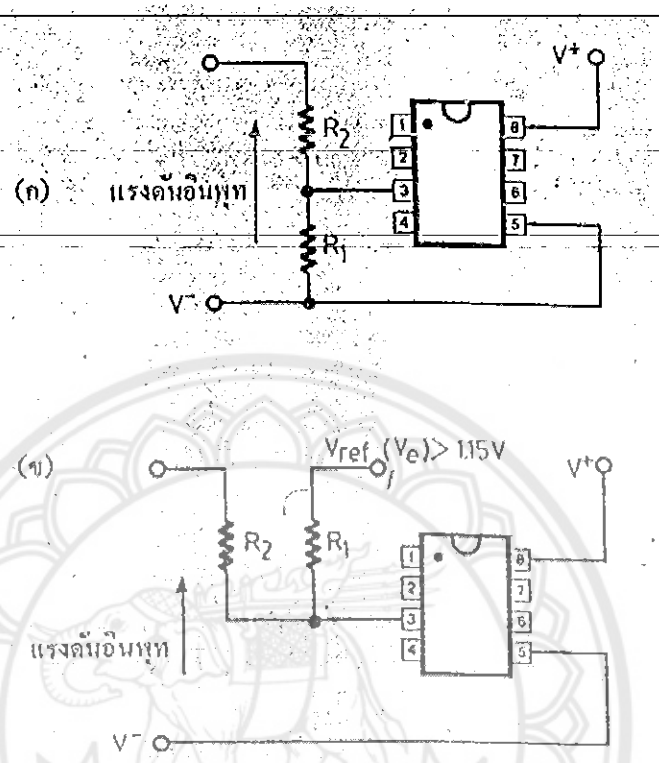
รูปที่ 2.38 วงจรหลักของ LM340



รูปที่ 2.39 วงจรสมบูรณ์ของ LM340

2.8 วงจรตรวจจับระดับแรงดัน

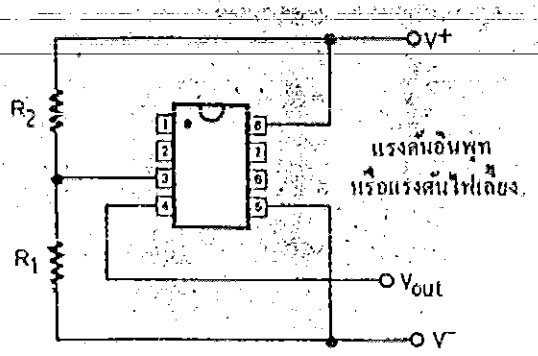
2.8.1 วงจรตรวจจับระดับแรงดันที่ไม่มีฮีสเทอร์เรซีส



รูปที่ 2.40 การวัดวงจรความต้านทานเพื่อใช้ในวงจรตรวจจับ ขนาดและขั้นของแรงดันอินพุทเทียบ V

รูปที่ 2.40 (ก) เมื่อแรงดันอินพุทมีค่ามากกว่า +1.15 โวลต์ เมื่อเทียบกับ V-แรงดันอินพุทที่ทำให้เอาท์พุทเปลี่ยนสภาวะ $= (R_1+R_2)R_1*1.15$ โวลต์

รูปที่ 2.40 (ข) เมื่อแรงดันอินพุทมีค่าน้อยกว่า +1.15 โวลต์ เมื่อเทียบกับ V- แรงดันอินพุทที่ต้องการให้ตรวจจับหรือเปลี่ยนภาวะที่เอาท์พุท $=(R_1+R_2)/R_1*1.15-R_2V_{ref}/R_1$



รูปที่ 2.41 เมื่อใช้แรงดันอินพุทกับแรงดันไฟเลี้ยงเป็นตัวเดียวกัน

1. ICL 8211

   1.8 Volt < แรงดันไฟเลี้ยง < 30 โวลต์

2. ICL 8212

   0 Volt < แรงดันไฟเลี้ยง < 30 โวลต์

2.9 อินเวอร์เตอร์

การแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ นิยมเรียกกันว่าอินเวอร์เตอร์ (Inverters) ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลง หรือควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้า และความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับได้ อินเวอร์เตอร์ได้นำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้ เช่น

2.9.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับสำรอง

เมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลักเกิดขัดข้องขึ้น ที่เรียกกันว่า Stand-by Power supplies หรือ Uninteruptible Power Supplies โดยเรียกย่อๆ ว่า UPS ใช้เป็นระบบไฟฟ้าสำรองสำหรับอุปกรณ์ที่สำคัญๆ เช่น คอมพิวเตอร์ เมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลักเกิดขัดข้อง Transfer Switch ซึ่งทำงานด้วยความเร็วถึง 1/1000 วินาที จะต่ออุปกรณ์เข้ากับอินเวอร์เตอร์จ่ายไฟกระแสสลับให้แทน โดยแปลงจากแบตเตอรี่ซึ่งประจุไว้ ขณะที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลัก

2.9.2 ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสสลับ

โดยการเปลี่ยนความถี่ เมื่อความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลง ความเร็วของมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงตามสมการ $N=120f/N$ โดยที่ N = ความเร็วรอบต่อนาที, f = ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าต่อวินาที และ P = จำนวนขั้วของมอเตอร์ ในการควบคุมนี้ถ้าต้องการแรงบิดคงที่จะต้องรักษาให้อัตราส่วนของแรงดันต่อความถี่ที่จ่ายเข้ามอเตอร์คงที่ด้วย

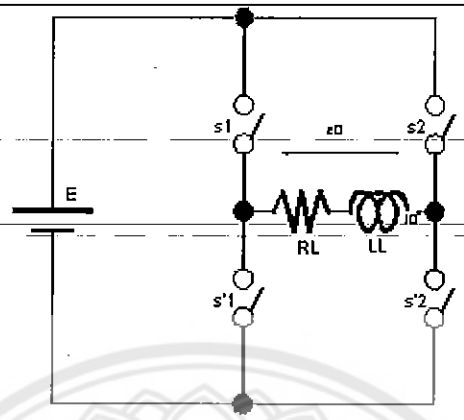
2.9.3 ใช้แปลงไฟฟ้าจากระบบส่งกำลังไฟฟ้าแรงสูงชนิดกระแสตรง

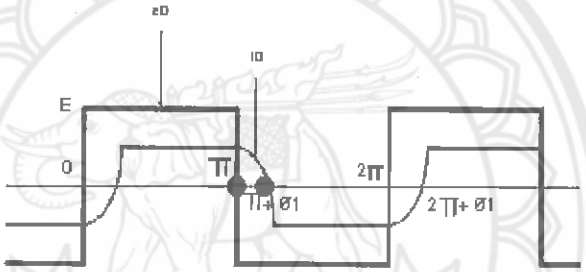
ให้เป็นชนิดกระแสสลับ เพื่อจ่ายให้กับผู้ใช้

2.9.4 ใช้ในเตาถลุงเหล็กที่ใช้ความถี่สูง

ซึ่งใช้หลักการเหนี่ยวนำด้วยสนามแม่เหล็กทำให้ร้อน (Induction Heating)

การแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ





รูปที่ 2.42 อินเวอร์เตอร์

ในรูปที่ 2.42ถ้าให้สวิตซ์ (S1, S'2) และ (S2, S'1) ทำหน้าที่ปิดและเปิดสลับกันไป จะได้รูปคลื่นของเอาต์พุทโวลต์เตจ e0 และ กระแสโหลด i0 ดังรูปที่ 2.42 ดังนั้นวงจรในรูป 2.42จึงจัดเป็นสแควร์เวฟอินเวอร์เตอร์ชนิดหนึ่งในทางปฏิบัติสำหรับวงจรอินเวอร์เตอร์นั้น จะใช้ไทริสเตอร์สวิตซ์แทนสวิตซ์ทางกล

บทที่ 3
การออกแบบเครื่องพลังงานไฟฟ้าโดยตนเอง

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างโครงสร้างของเจนเนอร์เรเตอร์ และการออกแบบวงจรชาร์จแบตเตอรี่ ศึกษาคุณสมบัติของแบตเตอรี่เปียก

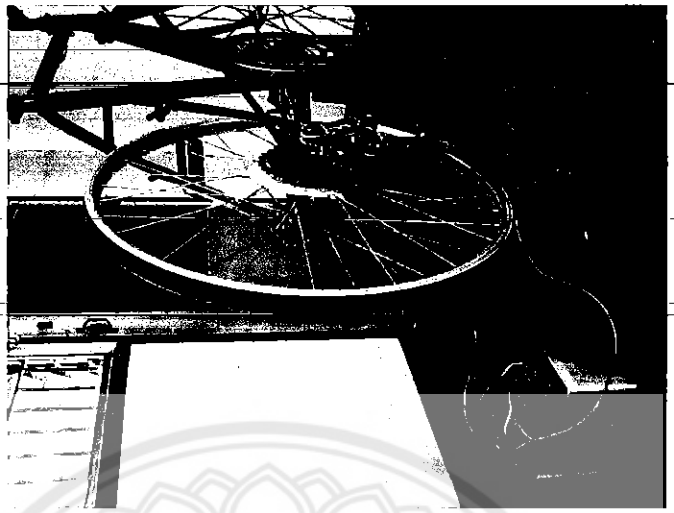
3.1 ศึกษาการสร้างเจนเนอร์เรเตอร์

เจนเนอร์เรเตอร์ที่ใช้เป็นการนำเอาไดชาร์จยี่ห้อนิปปอนของรถยนต์

รูปที่ 3.1 เจนเนอร์เรเตอร์

เจนเนอร์เรเตอร์ที่ใช้ การพันจะใช้การพันแบบ Duplex lap จากคุณสมบัติดังตารางที่ 2.1

3.2 ระบบเฟืองทด



รูปที่3.2 ระบบเฟืองทด

จากระบบเฟืองเราได้ออกแบบให้มีการทดเฟืองเมื่อปั่น 1 รอบสามารถได้รอบดังการต้องการ

-ขนาดจานหน้า 60 เฟือง

-ขนาดจานหลังมีขนาดปรับได้ 5 ระดับ ตั้งแต่ 28 24 21 18 16 และ 8 เฟือง

-ขนาดวงล้อ 54 ซ.ม.

-ขนาดมู่เล่ไดนาโม 6.6 ซ.ม.

3.3 คุณสมบัติของแบตเตอรี่

แบตเตอร์รี่ที่เลือกใช้เป็นแบตเตอร์รี่เปียกยี่ห้อ 3K 12 V 26 A

รูปที่ 3.3 แบตเตอรี่

3.3.1 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่

3.3.1.1 แผ่นธาตุลบ (Negative Plates) เป็นแผ่นตะกั่วที่มีรูพรุน เป็นส่วนสำคัญช่วยเก็บไฟเหมือนแผ่นธาตุบวก

3.3.1.2 แผ่นกั้น (Separators & Glass mat ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน เช่น กระดาษสังเคราะห์ ยาง พลาสติก ด้านหนึ่งเป็นลูกคลื่น เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำกรด และ ทำให้น้ำยากระจายทั่วแผ่น ป้องกันไม่ให้แผ่นธาตุบวก และลบแตะกัน เพื่อป้องกันการลัดวงจร

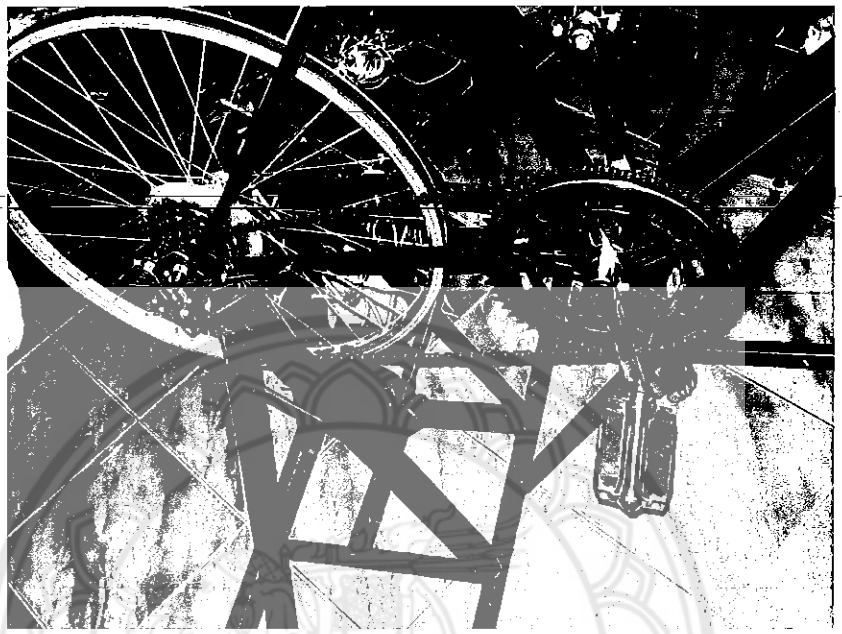
3.3.1.3 แผ่นธาตุบวก (Positive Plate) สารเลดเปอร์ออกไซด์สีน้ำตาลแก่ เป็นส่วนสำคัญช่วยเก็บประจุไฟแผ่นธาตุบวกที่ดี ควรมีรูพรุนมาก เพื่อให้น้ำกรดเข้าทำปฏิกิริยาได้มาก

3.3.1.4 จุกปิด (Vent plugs) จุกปิดทำหน้าที่ระบายความร้อน และแก๊สที่เกิดขึ้นในขณะใช้งานทำด้วยยางแข็ง หรือพลาสติกเช่นเดียวกับเปลือกหม้อของแบตเตอรี่

3.3.1.5 เปลือกหม้อและฝาหม้อ (Container & Lid) ทำด้วยยางหรือพลาสติก มีความต้านทานต่อการดูดซึมของน้ำกรดสูง เป็นฉนวนและมีความทนทานต่อความร้อนเย็น ส่วนล่างของหม้อมียางเป็นซี่ ป้องกันการลัดวงจรเมื่อมีขี้ตะกั่วตกลงไปด้านล่างของหม้อ

3.4 การติดตั้ง เจนเนอร์เรเตอร์และแบตเตอรี่เข้ากับตัวรถ

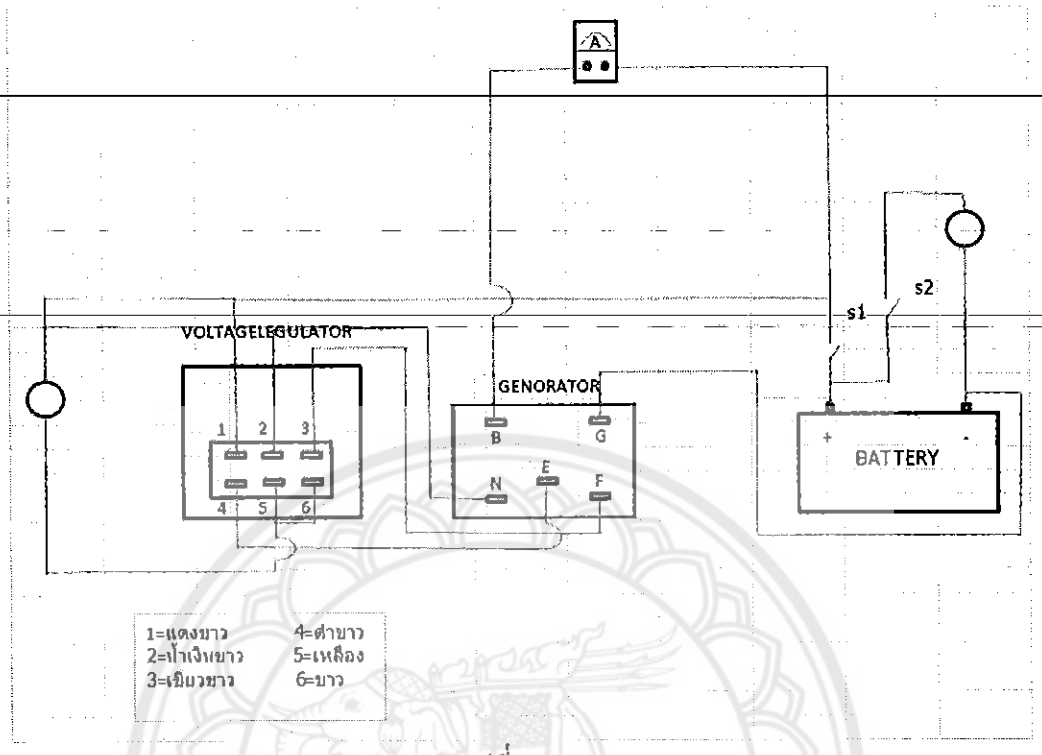
การติดตั้งนั้น จะติดตั้งเจนเนอร์เรเตอร์บริเวณท้ายรถส่วนการติดตั้งวงจรชาร์จแบตเตอรี่จะติดตั้ง บริเวณกลางตัวรถ ดังรูปที่ 3.4



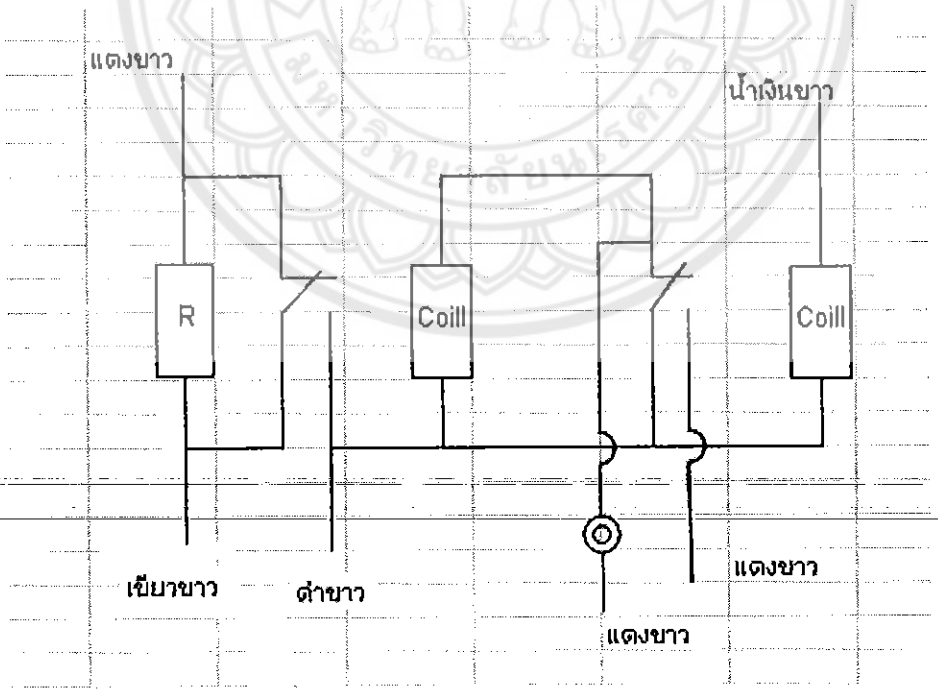
รูปที่ 3.4 การติดตั้งเจนเนอร์เรเตอร์และแบตเตอรี่

รูปที่ 3.5 เครื่องพลังงานไฟฟ้าโดยตนเอง

3.5 การออกแบบวงจงรวม



รูปที่ 3.6 วงจรรวม



รูปที่ 3.7 วงจร Voltage regulator

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

การทดสอบการทำงานของ เครื่องพลังงานไฟฟ้าโดยตนเอง โดยวัดกระแสที่ไหลจากไดนาโม มาชาร์จแบตเตอร์รี่ เนื่องจากโวลต์ไม่คงที่แต่เฉลี่ยประมาณ 5 A เพราะฉะนั้นการชาร์จจะใช้เวลาการชาร์จเต็มภายในเวลา 5 ชั่วโมง 12 นาที

4.1 การคำนวณรอบจากการทดเฟือง

จากสูตร เมื่อกำหนดให้ $N_1 = 1$ รอบ

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\therefore N_2 = \frac{N_1 \times T_1}{T_2}$$

$$N_2 = \frac{1 \times 60}{8} = 7.5 \text{ รอบ}$$

$$N_2 = N_3 = 7.5$$

$$\frac{N_3}{N_4} = \frac{T_4}{T_3}$$

$$\therefore N_4 = \frac{N_3 \times T_3}{T_4}$$

$$\therefore N_4 = \frac{7.5 \times 54}{6.6} = 67.5 \text{ รอบ}$$

N_1 = จำนวนรอบ T_1

N_2 = จำนวนรอบ T_2

N_3 = จำนวนรอบ T_3

N_4 = จำนวนรอบ T_4

T_1 = ขนาดจานหน้า 60 เฟือง

T_2 = ขนาดจานหลังมีขนาดปรับได้ 5 ระดับ ตั้งแต่ 28 24 21 18 16 และ 8 เฟือง

T_3 = ขนาดวงล้อ 54 ซ.ม.

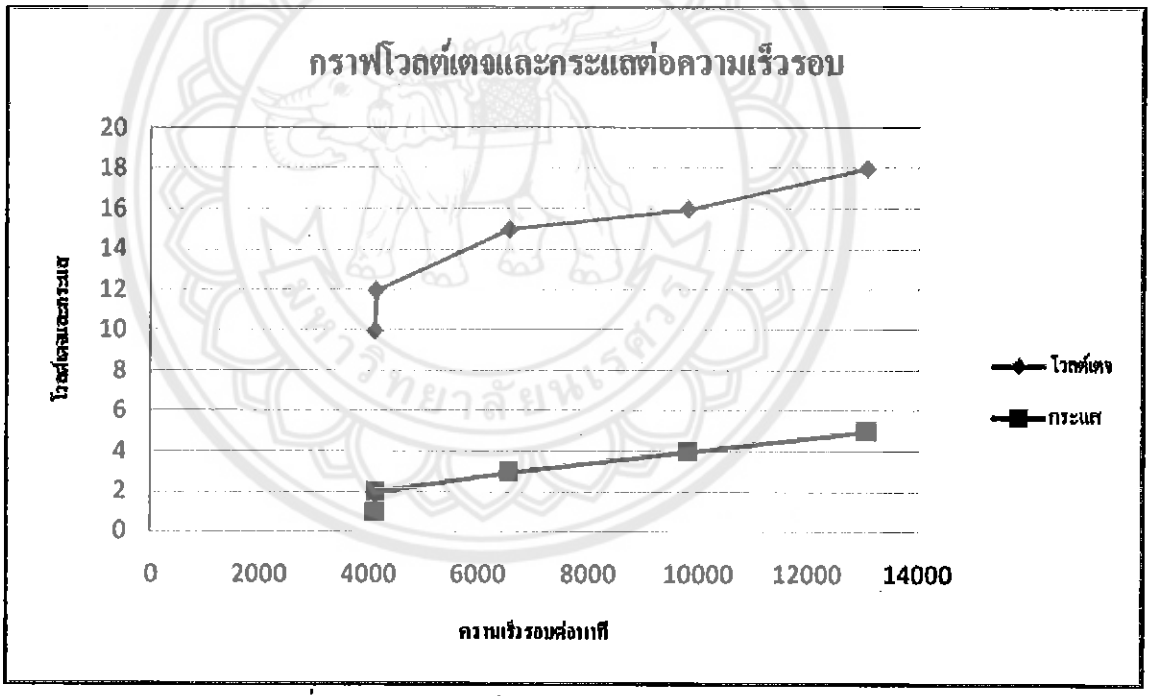
T_4 = ขนาดมู่เล่ไดนาโม 6.6 ซ.ม.

ดังนั้นการปั่น 1 รอบจะได้ 67.5 รอบของไดนาโม แต่ต้องการ 1200 รอบต่อนาทีเราจึงต้องปั่น1200/67.5 = 17.78 รอบต่อนาทีหรือประมาณ 18 รอบต่อนาที จึงเริ่มชาร์จ

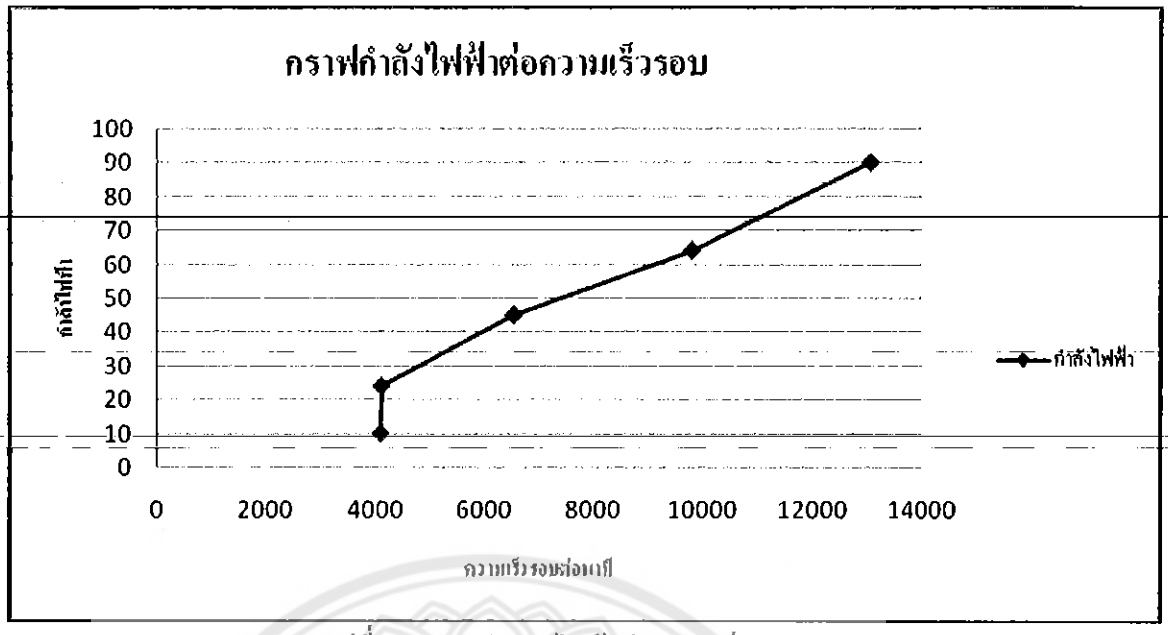
4.2 กราฟความสัมพันธ์ต่างๆ

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองโวลต์เตจกับกระแสความเร็วรอบ(rpm)

โวลต์เตจ (v)	กระแส (A)	ความเร็วรอบ (rpm)
10	1	4080
12	2	4096
15	3	6528
16	4	9792
18	5	13056



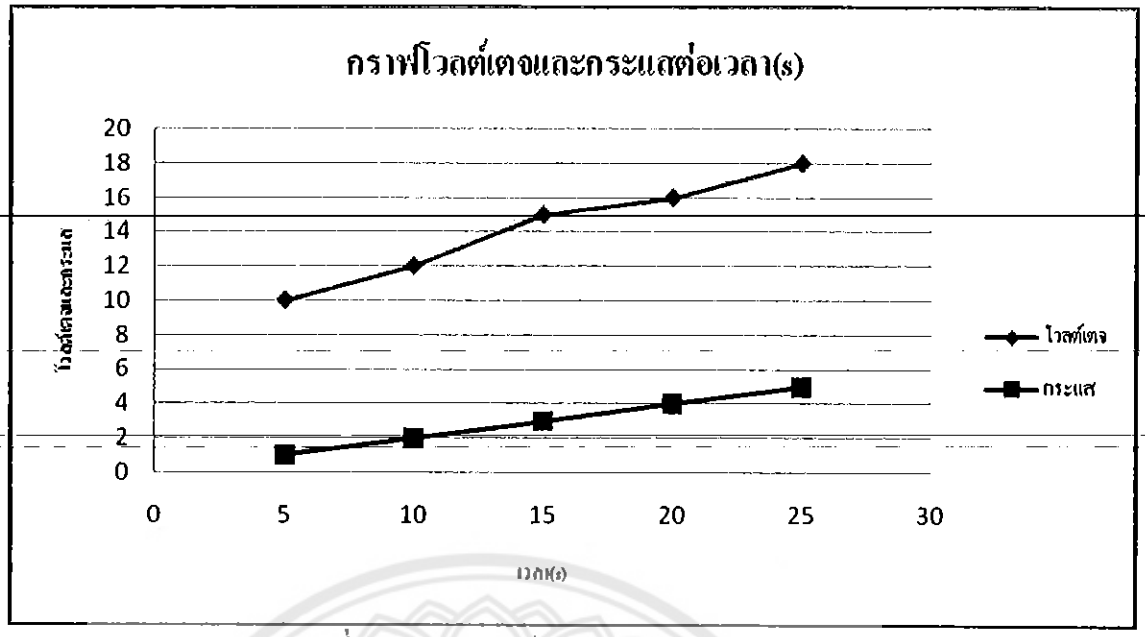
รูปที่ 4.1 กราฟโวลต์เตจและกระแสต่อความเร็วรอบ



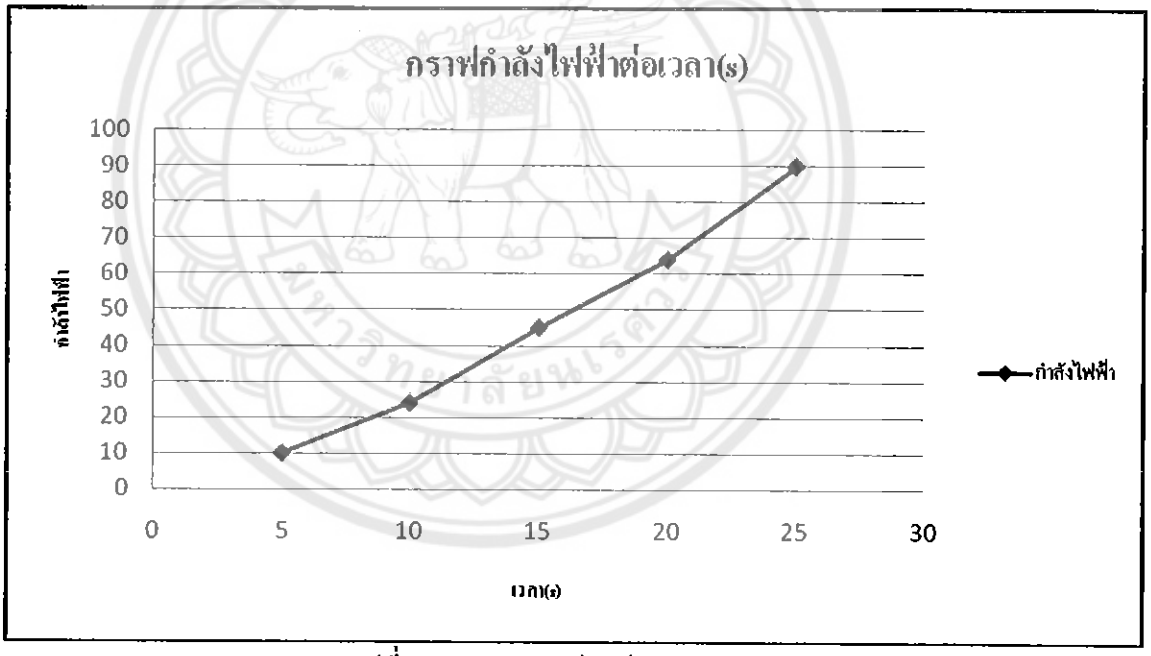
รูปที่ 4.2 กราฟกำลังไฟฟ้าต่อความเร็วรอบ

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองโวลต์เตจกับกระแสต่อเวลา(S)

โวลต์เตจ (V)	กระแส (A)	เวลา (s)
10	1	5
12	2	10
15	3	15
16	4	20
18	5	25



รูปที่ 4.3 กราฟโวลต์เตจและกระแสต่อเวลา(S)



รูปที่ 4.4 กราฟกำลังไฟฟ้าต่อเวลา(S)

จากกราฟกำลังไฟฟ้าต่อเวลาสามารถคำนวณหาพลังงานและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยได้ดังนี้

$$A_1 = \frac{1}{2}(10+25)\times 5$$
$$= \frac{175}{2}$$
$$= 87.5 \ [J]$$

$$A_2 = \frac{1}{2}(25+45)\times 5$$
$$= 35\times 5$$
$$= 175 \ [J]$$

$$A_3 = \frac{1}{2}(45+65)\times 5$$
$$= 55\times 5$$
$$= 275 \ [J]$$

$$A_4 = \frac{1}{2}(65+90)\times 5$$
$$= \frac{775}{2}$$
$$= 387.5 \ [J]$$

พลังงานไฟฟ้าหาได้จาก

$$work = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$
$$= 87.5 + 175 + 275 + 387.5$$
$$= 925 \ [J]$$

ดังนั้นพลังงานไฟฟ้า $= 925 \ [J]$

$$\Delta t = 25 - 5$$
$$= 20 \ [\text{s}]$$

พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยหาได้จาก

$$P_{av} = \frac{work}{\Delta t}$$
$$= \frac{925}{20}$$
$$= 46.25 \ [w]$$

$$= 46.25 \times \frac{1}{1000}$$
$$= 0.04625 \ [kw]$$

$$= 0.04625 \times \left(\frac{1}{3600}\right)$$
$$= 1.284722 \times 10^{-5} \ [kwH]$$

ดังนั้นกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย $= 1.284722 \times 10^{-5} \ [kwH]$

จากกราฟสามารถบอกได้ว่ากระแสที่ชาร์จแบตเตอรี่นั้นขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของการปั่น แต่เนื่องจากการปั่นนั้นเป็นการใช้แรงคนหากมีการนำเครื่องพลังงานไฟฟ้าโดยตนเองไปพัฒนาต่อก็จะผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ตามความต้อง

4.3 การทดลองชาร์จแบตเตอรี่ขณะจ่ายโหลด

การทดลองชาร์จแบตเตอรี่ขณะจ่ายโหลดทำให้กระแสตกลงตามขนาดที่เสียไปกับโหลดถ้าโหลดมากเกินเครื่องก็จะไม่ชาร์จแบตเตอรี่ เนื่องจากกระแสที่ชาร์จได้จะนำไปจ่ายโหลดทั้งหมดและอาจทำให้แบตเตอรี่เสียพลังงานตามไปด้วย

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปปัญหา

จากการทดลองของเครื่องพลังงานไฟฟ้าโดยตนเองนั้น อัตราการชาร์จแบตเตอรี่มากพอสมควรแต่การชาร์จแบตเตอรี่ไม่สม่ำเสมอเนื่องจากการชาร์จแบตเตอรี่นั้น เราได้นำแบตเตอรี่ที่จ่ายกระแสฟิลด์ เมื่อชาร์จแบตเตอรี่ไฟฟ้าเข้าเมื่อแบตเตอรี่ใกล้เต็มอัตราการชาร์จก็จะลดลงอีก ปัญหาเนื่องจากการปั่นนั้นความเร็วไม่สม่ำเสมอทำให้ส่งผลถึงการชาร์จแบตเตอรี่เช่นกัน

ส่วนการออกกำลังกายนั้นจะได้รับประโยชน์มาก เนื่องการผลิตกะแสไฟฟ้านั้นจำเป็นต้องใช้เวลามากแล้วแต่กำลังของแต่ละบุคคล ว่าจะสามารถปั่นไฟฟ้าได้เวลามากเท่าไรการชาร์จแบตเตอรี่ก็จะได้มากตามไปด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในรูปแบตเตอรี่นั้น การใช้พลังงานไฟฟ้านั้นจะเป็นกระแสตรงเท่านั้นควรปรับปรุงโดยการต่ออินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงจาก DCเป็น AC เป็นการใช้พลังงานได้หลายรูปแบบ

การปั่นนั้นยังอาจใช้พลังงานคนแนวทางการพัฒนาอาจใช้พลังงานอื่นแทน เช่น พลังงานลม ซึ่งทำให้ได้พลังงานไฟฟ้าได้โดยใช้พลังงานธรรมชาติและมีความคงที่มากกว่า

เอกสารอ้างอิง

[1] วิฑูลย์ กล้าเกษตรวิทย์,ศราวุธ สมยา.รถจักรยานชาร์จเจอร์.พิษณุโลก:ห้องสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร, 2544.

[2] เฉลิมพล น้ำค้าง.ทฤษฎี สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก.กรุงเทพมหานคร:ศูนย์ส่งเสริมกรุงเทพ.2543.

[3] รศ.ดร.เอก ไชยสวัสดิ์.การวัดและเครื่องวัดไฟฟ้า.กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.2546

ประวัติผู้เขียนโครงงาน

ชื่อ นายจันทร์ เศษสูงเนิน
ภูมิลำเนา 41 หมู่ 2 ต. ชมพู อ. เนินมะปราง จ. พิษณุโลก 65190
ประวัติการศึกษา
- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเนินสะอาดวิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร
E-mail : parichat_np@hotmail.com

ชื่อ นายชาตรี เจริญพันธุ์
ภูมิลำเนา 58 หมู่ 10 ต. ไทรใหญ่ อ. ไทรน้อย จ. นนทบุรี 11150
ประวัติการศึกษา
- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนราษฎร์นิยม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร
E-mail : naychatree_tai@hotmail.com