ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า

ELECTRIC GRASS MOWER

นายพรเทพ แสนติ๊บ รหัส 46380240

นายคมสัน ธูปคำ รหัส 46380310

นายเดชณรงค์ บุญเทพ รหัส 46380321

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 25 / พ.ค. 2553 /
เลขทะเบียน 1 5021352 ล.2
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ฟ242ค
2550

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2550

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน	เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายพรเทพ แสนติ๊บ รหัส 46380240
	นายคมสัน ธูปคำ รหัส 46380310
	นายเดชณรงค์ บุญเทพ รหัส 46380321
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2550

....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาติ แย้มเม่น)

....กรรมการ
(ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช)

....กรรมการ
(อ.ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์)

หัวข้อโครงงาน	เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายพรเทพ แสนติ๊บ รหัส 46380240
	นาคมสัน ธูปคำ รหัส 46380310
	นายเดชณรงค์ บุญเทพ รหัส 46380321
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2550

บทคัดย่อ

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยได้ประสบปัญหาวิกฤตการณ์ด้านพลังงาน พลังงานเชื้อเพลิงที่มีอยู่ตามธรรมชาติลดลงอย่างรวดเร็ว และมีราคาเพิ่มขึ้นทุกวัน ดังนั้นคณะผู้จัดทำโครงงานจึงทำการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานทดแทน โดยการพัฒนาเครื่องตัดหญ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้น

โครงงานนี้ได้พัฒนาเครื่องตัดหญ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้มอเตอร์กระแสตรง 24 V 350 W 2500 RPM แทนเครื่องยนต์, แบตเตอรี่แห้งขนาด 12 V จำนวน 2 ก้อนเป็นแหล่งจ่ายไฟ, โซล่าเซลล์ขนาด 10 W 17 V 0.59 A ติดตั้งบนหมวกเป็นตัวชาร์จประจุแก่แบตเตอรี่และใช้ใบตัดแบบใบเลื่อย

ผลการทดสอบเมื่อนำแบตเตอรี่ที่ชาร์จประจุด้วยแผงโซล่าเซลล์จนเต็มไปใช้งานโดยไม่ต่อแผงโซล่าเซลล์พบว่าเครื่องตัดหญ้าทำงานได้สูงสุด 1 ชั่วโมง 30 นาที วัดผลการประหยัดน้ำมันเบนซินเป็นเงิน 22.50 บาท และหากนำแบตเตอรี่ที่ชาร์จประจุด้วยแผงโซล่าเซลล์จนเต็มไปใช้งานโดยต่อแผงโซล่าเซลล์ร่วมในขณะใช้งานพบว่าเครื่องตัดหญ้าทำงานได้มากขึ้น 1 ชั่วโมง ทำให้เครื่องตัดหญ้าทำงานได้สูงสุด 2 ชั่วโมง 30 นาที วัดผลการประหยัดน้ำมันเบนซินเป็นเงิน 37.50 บาท และนอกจากนี้ยังสามารถลดมลภาวะทางอากาศและทางเสียงด้วย

Project Title	ELECTRIC GRASS MOWER	
Name	Mr. Prontep Santip	ID 46380240
	Mr. Khomsan Thoobkham	ID 46380310
	Mr. Dednarong Boontep	ID 46380321
Project Advisor	Assistant Professor Suchart Yammen, Ph.d.	
Major	Electrical Engineering	
Department	Electrical and Computer Engineering	
Academic Year	2007	

Abstract

At present, Thailand has faced with an energy crisis. Our natural resources such as fuel, or natural gas are rapidly decreased while the cost significantly increased. Therefore, our team has researched about the renewable energy by developing a solar energy grass mower.

The developed grass mower is supplied by solar cells as a charger supplying the electricity to the DC motor size of voltage 24 V, power 350 W and speed 2500 RPM. The motor is used to rotate the sawteeth of the grass mower. The developed grass mower consists of three main parts; that is, (1) the solar cells which have sizes of power 10 W, voltage 17 V and current 0.59 A are mounted on the helmet; (2) a series of two dry batteries supply the electrical energy to the DC motor in case that the sun goes down; and (3) one sawteeth mower.

From the experiment, the grass mower with the solar cells fully charged batteries can run at the longest working hour of 1 hour and 30 minutes. This leads to energy saving in term of buying a gasoline (22.50 baht). Moreover, if the grass mower with the solar cells fully charged batteries working with the solar cells, it can run at the longest working hour of 2 hours and 30 minutes and save the amount of 37.50 baht for buying the gasoline.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้านี้ได้จัดทำขึ้นมาเพื่อเป็นผลงานวิจัยในการที่จะช่วยอนุรักษ์พลังงานน้ำมันที่ใกล้จะหมดในอนาคตอันใกล้โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาทดแทน ซึ่งในการทำโครงงานนี้จะสำเร็จลุล่วงลงมิได้หากขาดบุคคลต่อไปนี้ ทางคณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น ,ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช และอ.ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ให้คำปรึกษาและคำชี้แนะที่มีค่ายิ่ง รวมถึงช่างเล็ก , พี่ประสิทธิ์ และบุคคลท่านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ซึ่งได้ให้การช่วยเหลือในการจัดทำโครงงานนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกๆท่านที่ให้การสนับสนุนในทุกๆด้านและคอยเป็นกำลังใจให้จนสามารถจัดทำโครงงานนี้สำเร็จลงได้

ผู้จัดทำโครงงาน

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... ข
กิตติกรรมประกาศ .... ค
สารบัญ .... ง
สารบัญรูป .... ฉ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง........ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน........ 1
1.3 แนวทางการทำโครงงาน........ 1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ........ 2
1.5 แผนการดำเนินงาน Gantt chart........ 2
1.6 งบประมาณด้านโครงการ........ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ประกอบในการทำโครงงาน

2.1 มอเตอร์กระแสตรง (DC motor)........ 3
2.2 ชุดเฟืองทด (Gear Trains)........ 11
2.3 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)........ 19
2.4 เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า........ 24
2.5 แบตเตอรี่........ 27
2.6 วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง........30

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงานพัฒนาเครื่องตัดหญ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

การประกอบเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า

3.1. เลือกมอเตอร์........ 33
3.2 ออกแบบตัวต่อหัวตัด........34
3.3 ประกอบมอเตอร์เข้ากับตัวต่อหัวตัด........ 34
3.4 เลือกหัวตัดหญ้า........ 35

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.5 ประกอบมอเตอร์ที่ต่อตัวต่อหัวหัวตัดแล้วเข้ากับหัวตัด....... 36
3.6 ประกอบชุดปรับความเร็วมอเตอร์....... 38
3.7 เลือกแบตเตอรี่....... 39
3.8 ออกแบบกล่องใส่แบตเตอรี่แล้วประกอบเข้ากับชุดหัวตัดหญ้า....... 40
3.9 เลือกแผงโซล่าเซลล์และทำการติดตั้งบนหมวก....... 40
3.10 ออกแบบเครื่องควบคุมการประจุแล้วนำไปติดตั้งบนแผงโซล่าเซลล์....... 41
3.11 ต่อสายไฟจากแบตเตอรี่เข้าชุดควบคุมความเร็วและมอเตอร์....... 42
3.12 ต่อแผงโซล่าเซลล์เข้ากับแบตเตอรี่....... 43
3.13 ทดสอบสมรรถนะของเครื่องตัดหญ้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์
โดยการนำไปใช้งานจริงและเก็บข้อมูล....... 44

บทที่ 4 ประสิทธิภาพการทำงานเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า
4.1 ประสิทธิภาพของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า....... 45

บทที่ 5 ข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผล....... 47
5.2 ข้อเสนอแนะเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า....... 47

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิดของดีซีมอเตอร์อนุกรมภายใต้สภาวะโวลท์เตจคงที่	6
2.2	ดีซีมอเตอร์แยกปรับสนามแม่เหล็กได้	7
2.3	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วของชันท์มอเตอร์ภายใต้สภาวะการกระตุ้น สนามแม่เหล็กและอาเมเจอร์คงที่	7
2.4	รูปหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบอาเมเจอร์เป็นแกนเหล็กส่วนฟิลด์เป็นแม่เหล็ก	8
2.5	แสดงรูปหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบมีขดลวดบนพื้นที่ผิวและฟิลด์เป็นแม่เหล็กถาวร	8
2.6	รูปหน้าตัดซึ่งมองด้านข้างของดีซีมอเตอร์	9
2.7	อาเมเจอร์เป็นขดลวดเคลื่อนที่ มีรูปร่างเป็นถ้วยตรงกระบอกและเพลาของอินพุททำด้วยเซรามิคอลูมิเนียมเพื่อทำให้ทนต่อแรงดึงได้สูง	9
2.8	รูปร่างและโครงสร้างแม่เหล็กของมอเตอร์แบบขดลวดเคลื่อนที่	10
2.9	ดีซีมอเตอร์แบบโรเตอร์เป็นขดลวดหมุนแบบรูปร่างเป็นจาน	10
2.10	ดีซีมอเตอร์แบบโรเตอร์เป็นขดลวดเป็นขดลวดชนิดที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม	10
2.11	แสดงทิศทางการหมุนของเฟืองภายนอกและเฟืองภายใน	11
2.12	แสดงลักษณะการขบของเฟือง	12
2.13	ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบเฟืองสุริยะ	13
2.14	แสดงทิศทางการหมุนของเฟืองภายนอกและเฟืองภายใน	14
2.15	แสดงทิศทางการหมุนของเฟืองภายนอกเฟือง 2 กับ 3	14
2.16	แสดงทิศทางการหมุนของเฟืองภายนอกเฟือง 2 กับ 4	15
2.17	แสดงทิศทางการหมุนของเฟืองภายใน	18
2.18	แสดงทิศทางการหมุนของเฟือง	18
2.19	แสดงทิศทางการหมุนของเฟือง	19
2.20	การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	22
2.21	การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	22
2.22	การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	22

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า

2.23 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์ 23
2.24 การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า 25
2.25 เครื่องควบคุมการประจุแบบอนุกรม 25
2.26 เครื่องควบคุมการประจุแบบชันท์ 26
2.27 แบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ 27
2.28 การต่อแบตเตอรี่ขนานกันเพื่อให้ได้กระแสมากขึ้น 28
2.29 การต่อแบตเตอรี่อนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันสูงขึ้น 28
2.30 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมผสมกับแบบขนานเพื่อให้แรงดันและกระแสมากขึ้น 28
2.31 ซ้าย: แบตเตอรี่แบบเซลล์เปิด, ขวา: แบตเตอรี่แบบไม่ต้องดูแลรักษา 29
2.32 วงจรชอปเปอร์เบื้องต้น 30
2.33 วงจรสร้างสัญญาณพัลล์โดยใช้ออฟแอมป์(Op-amp) 31
3.1 มอเตอร์กระแสตรง 33
3.2 ตัวต่อหัวตัด 34
3.3 ประกอบมอเตอร์เข้ากับตัวต่อหัวตัด 34
3.4 หัวตัดหญ้า 35
3.5 หัวตัดที่จะนำมายึดติดมอเตอร์ 36
3.6 ตัวยึดแผ่นครัช 36
3.7 ครัช 37
3.8 นำมาประกอบกัน 37
3.9 ประกอบเข้าด้วยกัน 38
3.10 ประกอบชุดปรับความเร็วมอเตอร์ 38
3.11 แบตเตอรี่ 39
3.12 กล่องใส่แบตเตอรี่ที่ประกอบเข้ากับชุดหัวตัดหญ้าแล้ว 40
3.13 แผงโซล่าเซลล์ 40
3.14 ออกแบบให้ด้านหลังหมวกสามารถปรับเลื่อนได้ 41
3.15 วงจรบริดเรคติฟลายเออร์ 41
3.16 วิธีการต่อสายไฟเข้าอุปกรณ์ต่างๆ 42
3.17 เครื่องตัดหญ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประกอบเสร็จแล้ว 43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.18	การใช้งานเครื่องตัดหญ้าด้วยแสงอาทิตย์	43
4.1	กราฟแสดงการชาร์จประจุโดยใช้โซล่าเซลล์	45
4.2	ขณะทำการตัดหญ้า	46
4.3	หลังจากการตัดหญ้าเสร็จ	46

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 1
เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า
ELECTRIC GRASS MOWER

1. ความเป็นมาของการจัดทำโครงงาน

ด้วยตระหนักถึงคุณค่าของทรัพยากรธรรมชาติ ทั้งน้ำ น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน ฯลฯ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการผลิต และด้วยความมุ่งมั่นที่จะพัฒนาการใช้การอนุรักษ์พลังงาน เพื่อนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังมีปัญหาด้านพลังงาน สาเหตุเกิดจากแหล่งพลังงานทางธรรมชาติไม่เพียงพอทางด้านการผลิตและบริการของภาคอุตสาหกรรม ภาคธุรกิจรวมกระทั่งประชาชน จึงทำให้ต้องพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของน้ำมัน โดยที่น้ำมันเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่เกิดจากการทับถมของซากพืชซากสัตว์ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า พลังงานฟอสซิล จะประกอบไปด้วยน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน ปัจจัยสำคัญคือกำลังจะมีปริมาณลดลงทำให้มีราคาสูงอย่างรวดเร็ว ทุกคนจึงจำเป็นต้องตระหนักถึงเรื่องนี้อย่างจริงจังสามารถนำมาแก้ไขในการดำเนินชีวิต เปลี่ยนพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆ โดยเฉพาะเครื่องอำนวยความสะดวกทั้งหลาย เพื่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุดและทำอย่างต่อเนื่อง เมื่อน้ำมันแพงหลายคนอาจมองหาพลังงานอื่นมาทดแทน

ดังนั้นคณะผู้จัดทำโครงงานจึงได้ทำการพัฒนาเครื่องตัดหญ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้น อันเนื่องมาจากเหตุผลที่กล่าวมาเบื้องต้น

2. วัตถุประสงค์ของโครงงาน

2.1 เพื่อพัฒนาเครื่องตัดหญ้าที่ใช้พลังงานน้ำมันมาเป็นเครื่องตัดหญ้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์

2.2 วิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องตัดหญ้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในส่วนของชั่วโมงการทำงานและการลดค่าใช้จ่ายในเรื่องของน้ำมัน

3. แนวทางการทำโครงงาน

3.1 ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องตัดหญ้า

3.2 ศึกษาหลักการทำงานและคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่จะนำมาทำเครื่องตัดหญ้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์

3.3 จัดหาอุปกรณ์และชิ้นส่วนที่จะนำมาทำเครื่องตัดหญ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์

3.4 ประกอบเครื่องตัดหญ้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์

3.5 วิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องตัดหญ้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์

4. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานน้ำมันลงได้

4.2 ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม

4.3 ลดมลภาวะทางเสียงและอากาศ

5. แผนการดำเนินงาน Gantt chart

กิจกรรม	ระยะเวลาดำเนินงาน(เดือน)							ผู้รับผิดชอบ/ผู้ปฏิบัติ
	1	2	3	4	5	6	7	
1. ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องตัดหญ้า	⟷							นายคมสัน ธูปคำ นายเดชณรงค์ บุญเทพ นายพรเทพ แสนติ๊บ
2. ศึกษาหลักการทำงานและคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่จะนำมาทำเครื่องตัดหญ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์	⟷	⟷						
3. จัดซื้ออุปกรณ์ต่างๆ เช่น หัวเครื่องตัดหญ้า, มอเตอร์กระแสตรง,แบตเตอรี่ , วงจรอิเล็คทรอนิคส์ เป็นต้น		⟷	⟷	⟷				
4. ประกอบเครื่องตัดหญ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์			⟷	⟷	⟷	⟷	⟷	
5. ทดสอบสมรรถนะของเครื่องตัดหญ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์และบันทึกผล				⟷	⟷	⟷	⟷	
6. วิเคราะห์ผลจากการทดสอบ					⟷	⟷	⟷	
7. จัดทำรายงานและเตรียมนำเสนองาน						⟷	⟷	

6. งบประมาณด้านโครงการ

หมวดค่าวัสดุและใช้สอย

- ค่าวัสดุ	2000	บาท
- ค่าใช้จ่ายปลีกย่อย	1000	บาท
รวม	3000	บาท

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ประกอบในการทำโครงงาน

ในการทำโครงงานเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าจะต้องมีการศึกษาทฤษฎีและหลักการของอุปกรณ์ที่จะนำมาประกอบ เพื่อให้สามารถเข้าใจและวิเคราะห์เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าได้แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขให้สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งเนื้อหาในที่นี้จะกล่าวถึงเรื่อง มอเตอร์กระแสตรง ชุดเฟืองทด เซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องควบคุมการประจุ และทฤษฎีต่างๆของแบตเตอรี่

2.1 มอเตอร์กระแสตรง (DC motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ อาเมเจอร์ ขั้วแม่เหล็ก คอมมิวเตเตอร์ และแปรงถ่าน นอกจากนั้นยังมีส่วนประกอบย่อยๆอีกคือ เพลา ตลับลูกปืน ชุดยึดแปรงถ่าน และโครงเครื่อง เป็นต้น

2.1.1 อาเมเจอร์

เป็นส่วนที่หมุนตัดกับสนามแม่เหล็กเพื่อผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้า โครงสร้างของอาเมเจอร์ ประกอบด้วยแกนเหล็กอาเมเจอร์และขดลวดอาเมเจอร์

2.1.1.1 แกนเหล็กอาเมเจอร์

ทำจากแผ่นเหล็กซิลิกอน ผิวทั้งสองข้างจะฉาบด้วยฉนวนวานิช อัดซ้อนกันเป็นรูปทรงกระบอก เพื่อลดการสูญเสียเนื่องจากฮีสเตอร์รีซีส และกระแสไหลวนในแกนเหล็ก ผิวด้านนอกของทรงกระบอกจะทำเป็นร่อง (slot) เรียงตามแนวเส้นรอบวงรอบนอกแกนเหล็กเพื่อใช้พันขดลวดอาเมเจอร์ ลักษณะของร่องจะมี 2 แบบในมอเตอร์ขนาดเล็ก หรือเครื่องมือที่มีความเร็วรอบสูง จะใช้ร่องแบบกึ่งปิด แต่ในเครื่องกลไฟฟ้าขนาดกลางหรือขนาดใหญ่นั้นเนื่องจากขดลวดอาเมเจอร์เป็นขดลวดที่พันล่วงหน้าจึงจำเป็นต้องใช้ร่องแบบปิด

2.1.1.2 ขดลวดอาเมเจอร์

ทำจากเส้นลวดอาบฉนวน กรณีที่มีกระแสไม่มากนักจะใช้ลวดทองแดงพื้นที่หน้าตัดทรงกลม ในกรณีที่มีพิกัดกระแสสูงๆ จะหันมาใช้เส้นลวดทองแดงพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยมแบน ส่วนของขดลวดอาเมเจอร์ที่บรรจุอยู่ในร่องเรียกว่า คอล์ยไซด์ (coil side) และส่วนที่เหลือของขดลวดซึ่งไม่ได้อยู่ในร่อง เรียกว่า คอล์ยเอ็นด์ (coil end) ปกติเมื่อพันขดลวดอาเมเจอร์เสร็จแล้วจะใช้ลิ่มไฟเบอร์สอดไว้ที่ปากร่องเพื่อป้องกันขดลวดอาเมเจอร์หลุดออกจากร่องอันเนื่องมาจากแรงหนีศูนย์กลางในขณะมอเตอร์ทำงาน

2.1.2 ขั้วแม่เหล็ก

เป็นส่วนที่สร้างสนามแม่เหล็กให้ผ่านแกนเหล็กอาเมเจอร์ ขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะยึดติดกับโครงเครื่อง (Fram or york) และประกอบด้วยขดลวดสนามแม่เหล็ก หรือขดลวดฟิลด์ (field coil) แกนของขั้วแม่เหล็ก (pole core) และโพลชู (pole shoe)

2.1.2.1 โครงเครื่อง เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ยึดแกนของขั้วแม่เหล็ก และฝาครอบของเครื่อง นอกจากนั้นยังเป็นทางผ่านของสนามแม่เหล็กเพื่อให้เส้นแรงแม่เหล็กเดินครบวงจร โครงเครื่องอาจทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นที่โค้งงอเป็นรูปทรงกระบอกเพื่อเชื่อมยึดรอยต่อเข้าด้วยกัน

2.1.2.2 แกนของขั้วแม่เหล็ก ทำมาจากแผ่นเหล็กลามิเนท (Laminate sheet steel) ปั๊มเป็นแกนของขั้วแม่เหล็กในแผ่นเดียวกัน แล้วนำมาประกอบเข้าด้วยกัน โดยมีส่วนที่ยื่นออกจากขอบทั้งสองบริเวณด้านหน้าของขั้วแม่เหล็ก และมีลักษณะงอตามความโค้งของแกนแม่เหล็ก

2.1.2.3 ขดลวดสนามแม่เหล็ก คือขดลวดที่พันรอบแกนของขั้วแม่เหล็กทุกขั้ว โดยมากมักจะใช้ขดลวดฟิลด์ที่พันไว้ล่วงหน้าหุ้มฉนวนอาบวานิชละอบแห้งเรียบร้อยแล้ว ไปสวมเข้ากับแกนของขั้วแม่เหล็ก การต่อขดลวดฟิลด์ของแต่ละขั้วเข้าด้วยกันจะต้องทำให้เกิดขั้วเหนือและขั้วใต้สลับกันไป

2.1.3 คอมมิวเตเตอร์

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เรียงกระแสหรือเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับในขดลวดอาเมเจอร์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง คอมมิวเตเตอร์ทำจากแท่งทองแดงมีลักษณะคล้ายรูปลิ่ม เพื่อให้สามารถนำมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอกโดยมีแผ่นไมกาคั่นกลาง ความหนาของแต่ละซี่คอมมิวเตเตอร์ขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องและโวลต์เตจระหว่างซี่คอมมิวเตเตอร์ที่อยู่ติดกัน การต่อปลายสายของขดลวดอาเมเจอร์เข้ากับซี่คอมมิวเตเตอร์ทำได้โดยต่อปลายสายของขดลวดเข้ากับไรเซอร์ (riser) เป็นส่วนที่ยื่นออกมาจากปลายด้านหนึ่งของแต่ละซี่คอมมิวเตเตอร์

2.1.4 แปรงถ่านและชุดยึดแปรงถ่าน

แปรงถ่านจะสัมผัสผิวหน้าของคอมมิวเตเตอร์เพื่อต่อวงจรขดลวดอาเมเจอร์เข้ากับวงจรภายนอก แปรงถ่านส่วนมากจะทำมาจากคาร์บอนและแกรไฟต์ แปรงถ่านคาร์บอนทำมาจากผงถ่านคาร์บอนบริสุทธิ์ ใช้ในเครื่องกลไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีพิกัดกระแสต่ำ แปรงถ่านแกรไฟต์ที่ทำมาจากผงถ่านคาร์บอนบริสุทธิ์ โดยการเพิ่มปริมาณความร้อนจึงเปลี่ยนสภาพเป็นแกรไฟต์ แปลงถ่านหินชนิดนี้มีคุณสมบัติที่ดี นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ชุดยึดแปรงถ่านจะทำหน้าที่ยึดแปรงถ่านให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม มีสปริงที่ทำหน้าที่กดแปรงถ่านให้สัมผัสกับผิวหน้าของคอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลา ปริมาณกระแสต่อพื้นที่ของแปรงถ่านที่ใช้ แปรงถ่านคาร์บอนจะรับกระแสได้ 4-7 แอมป์ต่อตารางซม. แปรงถ่านแกรไฟต์จะรับกระแสได้ 6-12 แอมป์ต่อตารางซม. ดังนั้น ในเครื่องกลไฟฟ้าที่มีพิกัดกระแสสูง จึงจำเป็นต้องเพิ่มจำนวนแปรงถ่านเข้าไปในแต่ละแท่งตัวนำบนแขนของรอคเกอร์

2.1.5 หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์

ดีซีมอเตอร์เป็นทรานสดิวเวอร์แรงบิดที่มีการออกแบบให้มีลักษณะพิเศษ คือ แรงบิดของเพลาของดีซีมอเตอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาเมเจอร์ แรงบิดของเพลาของดีซีมอเตอร์จะได้จากผลระหว่างสนามแม่เหล็กและขดลวดตัวนำ ในที่นี้กระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำจะสร้างฟิลด์ที่ประกอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก (Φ) และขดลวดตัวนำเหล่านั้นอยู่ห่างจากศูนย์กลางการหมุนเท่ากับ (r) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเพลาและกระแสเท่ากับ

$$T = K \Phi I \tag{2.1}$$

เมื่อ T แรงบิดของเพลามีหน่วยเป็นนิวตันเมตร

Φ เส้นแรงแม่เหล็กเป็นเวเบอร์

I กระแสเป็นแอมแปร์

K ค่าคงที่

ดังนั้นแรงบิดของเพลาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของเส้นแรงแม่เหล็กและกระแส เมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กก็จะทำให้เกิดโวลต์เตจตกคร่อมตัวมันเอง โวลต์เตจนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลามอเตอร์และต้านการไหลของกระแส ความสัมพันธ์ระหว่างโวลต์เตจย้อนกลับนี้และความเร็วมอเตอร์คือ

$$E = K \Phi N \tag{2.2}$$

เมื่อ E โวลต์เตจย้อนกลับ emf มีหน่วยเป็นโวลต์

Φ เส้นแรงแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเวเบอร์

N ความเร็วรอบของมอเตอร์มีหน่วยเป็นเรเดียน/วินาที

2.1.6 แรงบิดที่ปลายเพลา (Shaft torque) คือ แรงบิดที่เรานำไปใช้งาน

$$T_{sh} = P_{out} / (2\pi N/60)$$

$$= 9.55\, P_{out} / N \quad \text{นิวตัน-เมตร}$$

เมื่อ T_{sh} แรงบิดที่ปลายเพลาเป็นนิวตัน-เมตร

N ความเร็วเป็นรอบต่อนาที

P_{out} กำลังพุตของมอเตอร์เป็นวัตต์

2.1.7 การแยกประเภทดีซีมอเตอร์

ดีซีมอเตอร์สามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับลักษณะวิธีการสร้างสนามแม่เหล็กของตัวมอเตอร์และขึ้นอยู่กับพื้นฐานการออกแบบโครงสร้างของอาเมเจอร์ การแบ่งประเภทตามลักษณะการจ่ายสนามแม่เหล็กแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ

1. ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้
2. ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กมีค่าคงที่

ถ้าเราพิจารณาประเภทตามลักษณะการออกแบบโครงสร้างอาเมเจอร์สามารถแยกออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1. ดีซีมอเตอร์แบบอาเมเจอร์เป็นแกนเหล็ก
2. ดีซีมอเตอร์แบบอาเมเจอร์ที่มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว
3. ดีซีมอเตอร์แบบอาเมเจอร์เป็นขดลวดหมุน

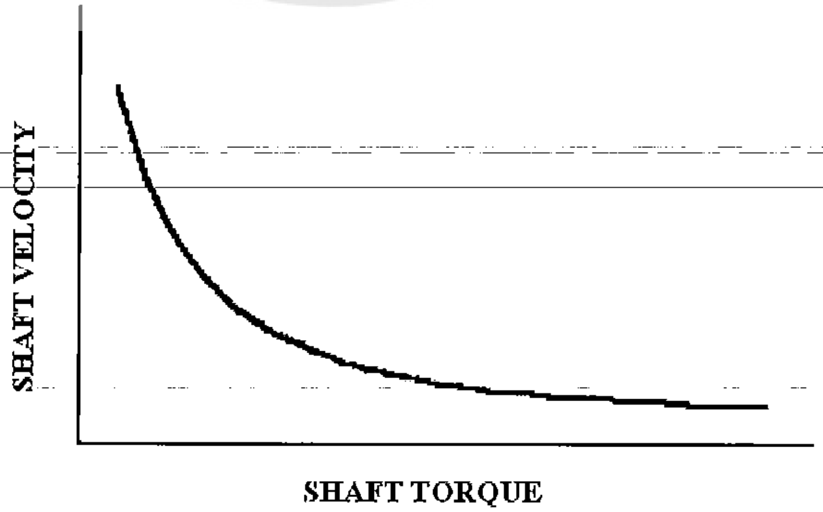
นอกจากนี้ยังมีดีซีมอเตอร์ชนิดพิเศษอีกแบบหนึ่งคือ แบบไม่มีแปรงถ่าน (brushless dc motor) ซึ่งมีหลักการทางเทคโนโลยีเหมือนกับดีซีมอเตอร์ชนิดมีแปรงถ่านยกเว้น การคอมมิวเตชั่น การกระทำโดยเทคนิคทางอิเลคทรอนิคส์แทนที่จะกระทำโดยวิธีการทางกล

2.1.8 ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้

ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

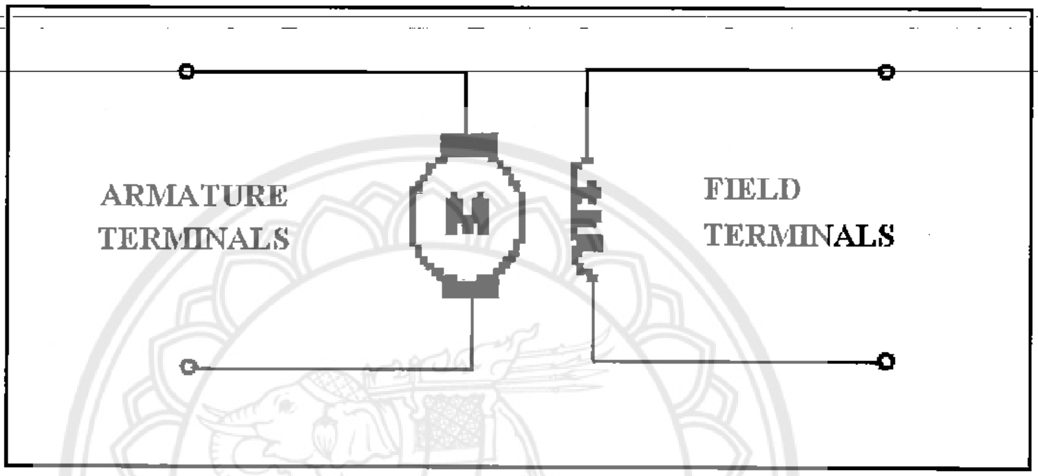
1. แบบขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรมกับขดลวดอาเมเจอร์
2. แบบขดลวดสนามแม่เหล็กกระตุ้น

มอเตอร์แบบนี้จะมีเส้นแรงแม่เหล็กเป็นสัดส่วนกับกระแสดังนั้นเส้นแรงของสนามแม่เหล็กจึงสามารถปรับค่าได้ และเราจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและแรงบิดเป็นนอนลิเนียร์ดังแสดงในรูป 2.1



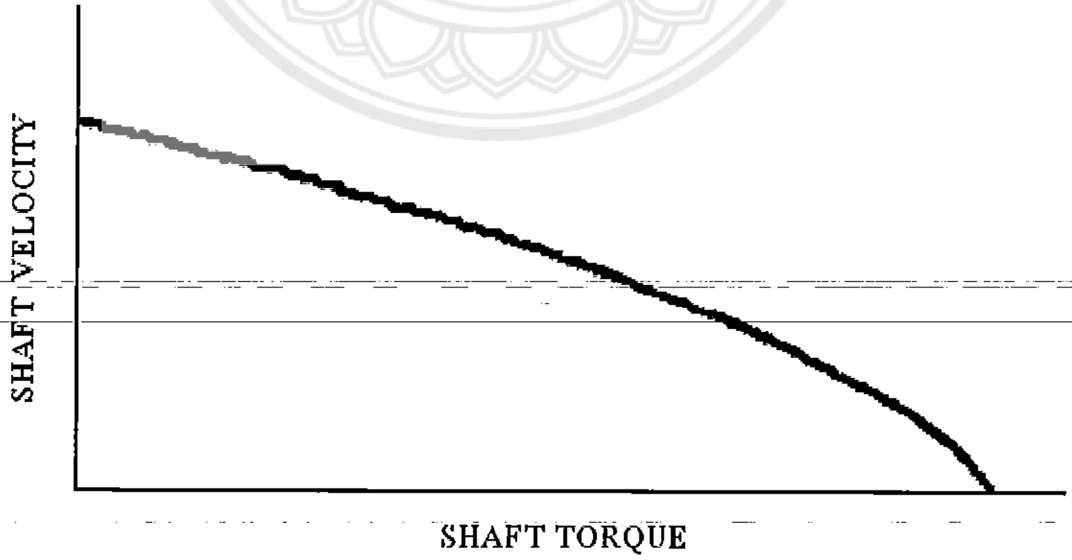
รูปที่ 2.1 คุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิดของดีซีมอเตอร์อนุกรมภายใต้สภาวะโวลท์เตจคงที่

มอเตอร์ดังกล่าวจะใช้งานในสภาวะเมื่อต้องการแรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ เช่นระบบการขับเคลื่อนของรถลาก ตัวอย่างของมอเตอร์แบบขดลวดสนามแม่เหล็กแยกกระตุ้น แสดงในรูป 2.2 ดีซีมอเตอร์แบบนี้มักนิยมเรียกว่ามอเตอร์ขนาน (shunt motor) มอเตอร์แบบนี้สามารถปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้อย่างอิสระต่อกระแสของอามาเจอร์ ยังผลให้สามารถควบคุมพารามิเตอร์ของมอเตอร์ให้มีค่าคงที่ตลอดช่วงพิสัยที่กว้าง มอเตอร์นี้มักจะใช้งานในกรณีระบบบังคับการเคลื่อนที่ที่ต้องการแรงบิดสูง



รูป 2.2 ดีซีมอเตอร์แยกปรับสนามแม่เหล็กได้

ในรูป 2.3 แสดงถึงคุณสมบัติระหว่างแรงบิดกับความเร็วของชันท์มอเตอร์ภายใต้สภาวะการกระตุ้นสนามแม่เหล็กและอาเมเจอร์คงที่



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วของชันท์มอเตอร์ ภายใต้สภาวะการกระตุ้นสนามแม่เหล็กและอาเมเจอร์คงที่

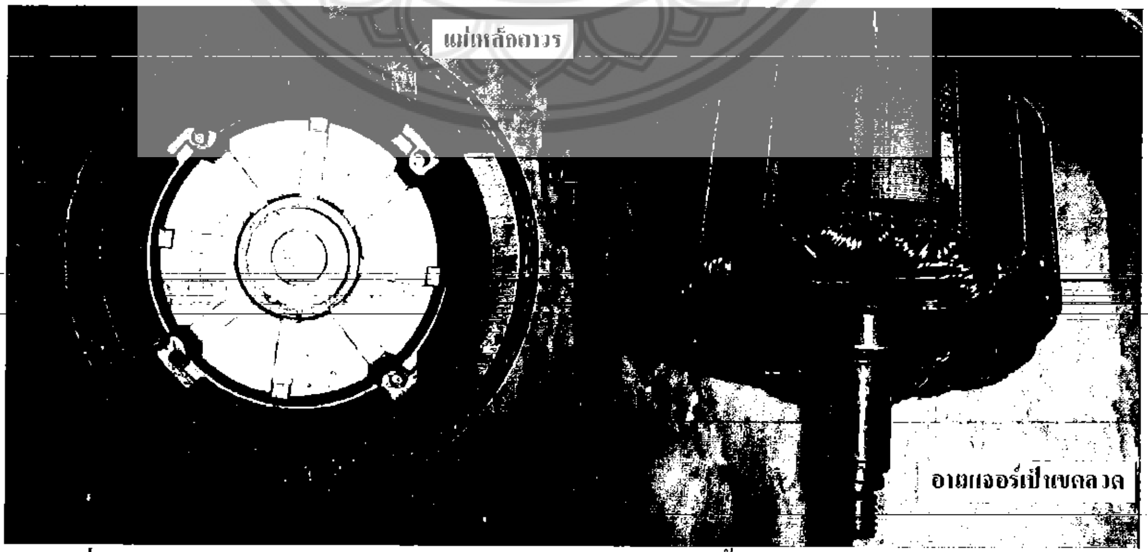
2.1.9 ดีซีมอเตอร์แบบอาเมเจอร์เป็นแกนหลัก

โครงสร้างของโรเตอร์และสเตเตอร์ของมอเตอร์แบบแกนเหล็กแสดงในรูปที่ 2.4 โครงสร้างของมอเตอร์แบบนี้มีโมเมนต์ของแรงเฉื่อยสูงที่สุดและมีค่าอินดักแตนซ์ของโรเตอร์สูงที่สุด ด้วยดังนั้นมอเตอร์นี้จึงมีปริมาณการจุความร้อนได้สูง และสามารถทนโอเวอร์โหลดได้ในระยะเวลาที่ยาวนานโดยไม่ทำให้มอเตอร์เสียหาย

รูปที่ 2.4 รูปหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบอาเมเจอร์เป็นแกนเหล็กส่วนฟิลด์เป็นแม่เหล็ก

2.1.10 ดีซีมอเตอร์แบบอาเมเจอร์มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว

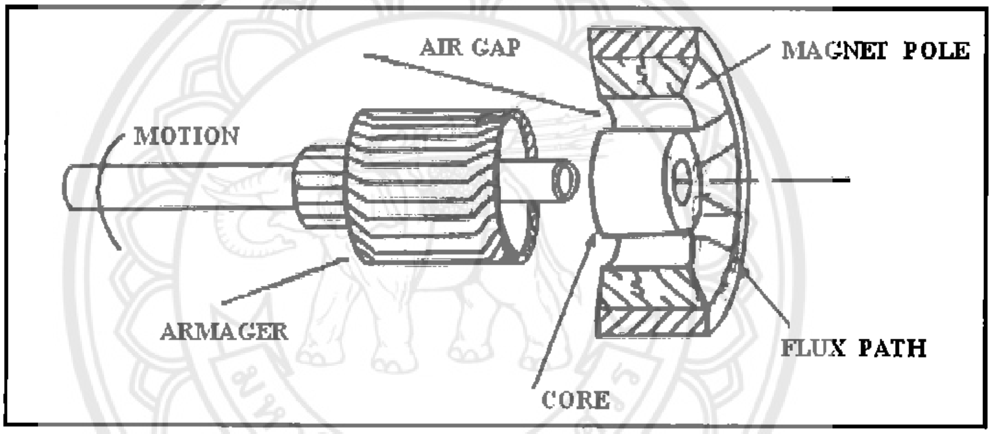
ในรูปที่ 2.5 แสดงถึงการออกแบบของโรเตอร์ที่มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว โดยไม่มีสล็อททำให้ได้อินดักแตนซ์ของโรเตอร์ต่ำกว่าแบบแกนเหล็ก ข้อเสียคือ ทำให้ขนาดของมอเตอร์แบบนี้ใหญ่ขึ้นและราคาแพงกว่าแบบแกนเหล็กด้วย



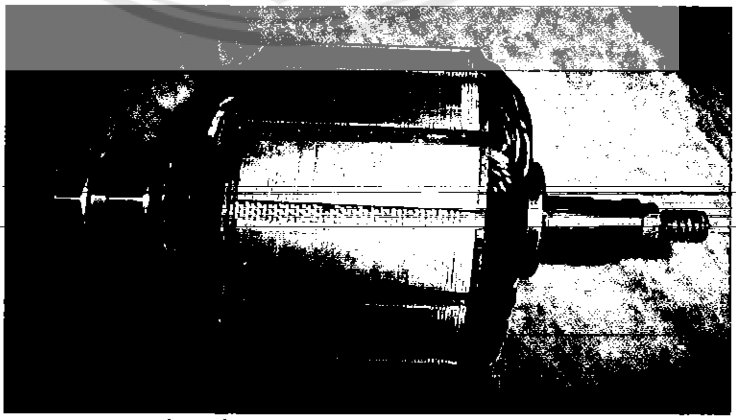
รูปที่ 2.5 แสดงรูปหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบมีขดลวดบนพื้นที่ผิวและฟิลด์เป็นแม่เหล็กถาวร

2.1.11 ดีซีมอเตอร์แบบอาเมเจอร์แบบขดลวดหมุน

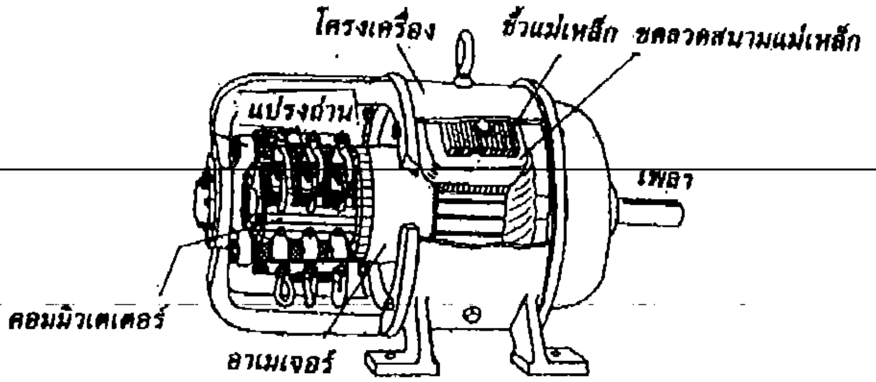
มอเตอร์แบบขดลวดหมุนนี้ได้รับการออกแบบเพื่อให้มีโมเมนต์ของแรงเฉื่อยน้อยมาก ดังแสดงในรูป 2.5 และรูปหน้าตัดซึ่งมองด้านข้างของมอเตอร์ดังกล่าวแสดงในรูป 2.6 นอกจากนั้นในรูป 2.7 และรูป 2.8 เป็นรูปถ่ายของอาเมเจอร์แบบเป็นขดลวดเคลื่อนที่ และรูปลักษณะโครงสร้างภายนอกและโครงสร้างของแม่เหล็กมอเตอร์แบบนี้มีช่องว่างอากาศ (air gap) ระหว่างแม่เหล็กมากกว่ามอเตอร์ทั้งสองแบบที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นจำเป็นต้องออกแบบโครงสร้างของแม่เหล็กให้ใหญ่ขึ้น เพื่อให้ได้ช่องว่างของอากาศระหว่างเส้นแรงแม่เหล็กที่เท่ากันของมอเตอร์ทั้งสองแบบดังกล่าว ดังนั้นราคาของมอเตอร์แบบนี้จึงมีราคาแพง นอกจากนั้นโครงสร้างของโรเตอร์มีประจุความร้อนต่ำมาก หากเกิดโอเวอร์โหลดทำให้มอเตอร์เสียหายได้ง่ายและโรเตอร์ลักษณะนี้จะมีค่าอินดักเตอร์ต่ำมากคือน้อยกว่า 10 ไมโครเฮนรี่ แบบมีโรเตอร์เป็นขดลวดเคลื่อนที่



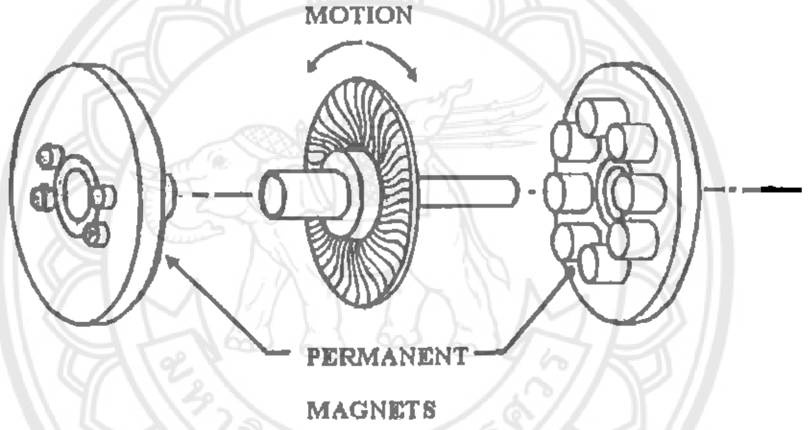
รูปที่ 2.6 รูปหน้าตัดซึ่งมองด้านข้างของดีซีมอเตอร์



รูปที่ 2.7 อาเมเจอร์เป็นขดลวดเคลื่อนที่มีรูปร่างเป็นถ้วยตรงกระบอกและเพลาของอินพุตทำด้วยเซรามิคอลูมิเนียมเพื่อทำให้ทนต่อแรงดึงได้สูง

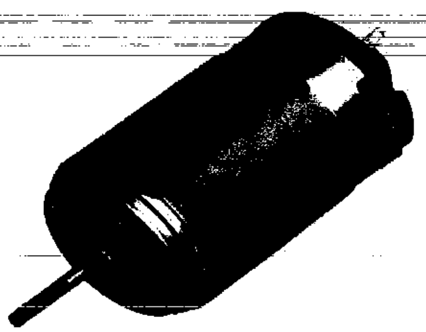


รูปที่ 2.8 รูปร่างและโครงสร้างแม่เหล็กของมอเตอร์แบบขดลวดเคลื่อนที่



รูปที่ 2.9 ดีซีมอเตอร์แบบโรเตอร์เป็นขดลวดหมุนแบบรูปร่างเป็นจาน

ในรูปที่ 2.9 แสดงถึงขดลวดเคลื่อนที่ลักษณะหนึ่งซึ่งมีโครงสร้างของอาเมเจอร์เป็นรูปร่างของจานซึ่งทำขึ้นจากขดลวดตัวนำซ้อนกันหลาย ๆชั้น เรียกว่า "Printed Motor" ตัวอย่างดังรูปที่ 2.10



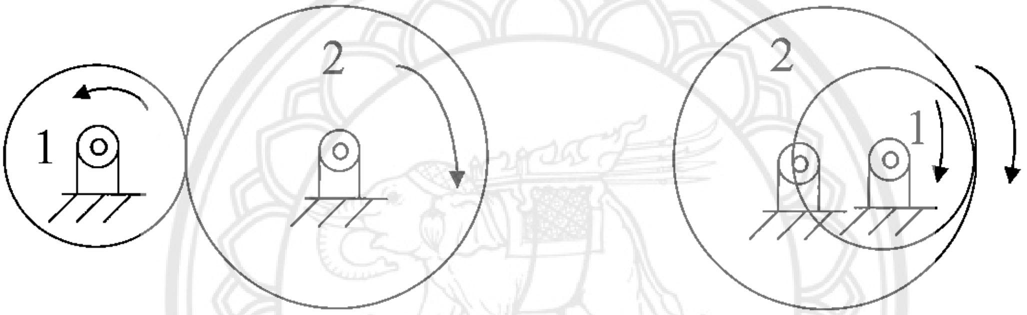
รูปที่ 2.10 ดีซีมอเตอร์แบบโรเตอร์เป็นขดลวดเป็นขดลวดชนิดที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม

2.2 ชุดเฟืองทด (Gear Trains)

เนื้อหาในที่นี้กล่าวถึงเรื่องบทนำเกี่ยวกับชุดเฟืองทด ระบบเฟืองสุริยะหรือเฟืองดาวเคราะห์ (Planetary gear trains) และการคำนวณหาความเร็วเชิงมุม

2.2.1 บทนำเกี่ยวกับชุดเฟืองทด

ชุดเฟืองทดคือการนำเฟืองหลาย ๆ ตัวเข้ามารวมกัน ซึ่งสิ่งที่สำคัญสำหรับชุดเฟืองทดก็คือความสามารถที่จะคำนวณความเร็วเชิงมุมส่งออกได้ง่าย พร้อมทั้งทิศทางการหมุน เมื่อให้ค่าความเร็วเชิงมุมส่งเข้า อัตราส่วนระหว่างความเร็วเชิงมุมส่งเข้ากับความเร็วเชิงมุมส่งออกรู้จักกันในชื่อ "อัตราส่วนความเร็วเชิงมุม" (Angular-velocity ratio, Taux de vitesse angulaire) ซึ่งอัตราส่วนความเร็วเชิงมุมจะแปรผกผันกับจำนวนฟัน



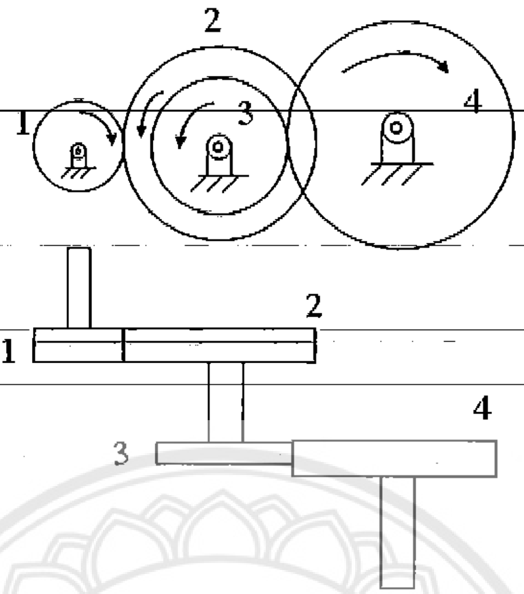
$$\frac{\omega_{in}}{\omega_{out}} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{N_2}{N_1} \qquad \frac{\omega_{in}}{\omega_{out}} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{N_2}{N_1} \tag{2.3}$$

รูปที่ 2.11 แสดงทิศทางการหมุนของเฟืองภายนอกและเฟืองภายใน

เฟืองภายนอกจะหมุนสวนทิศกับพิเนียน ในขณะที่เฟืองภายในจะหมุนในทิศเดียวกันกับพิเนียน เครื่องหมาย (–) สำหรับหมุนทิศตรงข้ามเครื่องหมาย (+) สำหรับหมุนทิศเดียวกันทิศการหมุนมีความจำเป็นอย่างมากในเรื่องของระบบชุดเฟืองทด การเปลี่ยนทิศทางการหมุนโดยไม่เปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความเร็วเชิงมุมสามารถทำได้ โดยเพิ่มเฟืองว่าง (Idler gear) ระหว่างเฟืองขับกับเฟืองตาม เมื่อเฟืองไอเดลอถูกใช้ทิศทาง การหมุนจะเปลี่ยนแต่อัตราส่วนความเร็วเชิงมุมยังคงเท่าเดิม อัตราส่วนความเร็วเชิงมุมของชุดเฟืองทด (มีเฟืองตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป) ที่แกนเพลาของเฟืองแต่ละตัวถูกยึดอยู่กับที่คือ ผลคูณของจำนวนฟันของเฟืองตัวตามทั้งหมดหารด้วยผลคูณของจำนวนฟันของเฟืองตัวขับทั้งหมด ซึ่งสามารถเขียนอยู่ในรูปของสมการได้ดังนี้

$$\frac{\omega_{in}}{\omega_{out}} = \frac{\omega_{driver}}{\omega_{driver}} = \frac{\text{ผลคูณของจำนวนฟันของเฟืองตัวตามทั้งหมด}}{\text{ผลคูณของจำนวนฟันของเฟืองตัวขับทั้งหมด}}$$

ที่มาของสมการ



รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะการขบของเฟือง

จากการขบของเฟืองสองตัวเราจะได้ว่า

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{N_2}{N_1} \quad \text{และ} \quad \frac{\omega_3}{\omega_4} = -\frac{N_4}{N_3}$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} * \frac{\omega_3}{\omega_4} = -\frac{N_2}{N_1} * -\frac{N_4}{N_3}$$

เนื่องจาก $\omega_3 = \omega_2$
ดังนั้น

$$\frac{\omega_1}{\omega_4} = \frac{N_2}{N_1} * \frac{N_4}{N_3} \tag{2.4}$$

เมื่อเฟือง 2 ตัวถูกติดตั้งบนเพลาเดียวกัน เช่น เฟือง 2 และ 3 จะเรียกเฟืองชนิดนั้นว่า เฟืองประกอบ (Compound Gear) โดยทั่วไปความเร็วเชิงมุมของเฟืองขับจะเป็นค่าที่ทราบจากแหล่งกำเนิด เช่นความเร็วรอบจากมอเตอร์ จึงจะเหมาะสมกว่าที่จะใช้อัตราส่วนกลับของอัตราส่วนความเร็วเชิงมุมสำหรับชุดเฟืองทด เพราะความเร็วเชิงมุมส่งออกที่ต้องการจากชุดเฟืองทด คือ ผลคูณระหว่างความเร็วเชิงมุมของเฟืองขับกับอัตราส่วนกลับนี้ สัดส่วนกลับนี้จะถูกเรียกว่า “ค่าทด” (Train value) ซึ่งเขียนได้ดังนี้

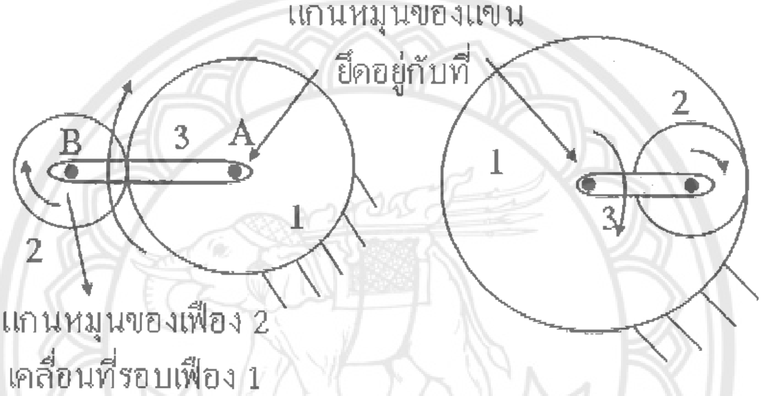
ωตาม = ผลคูณของจำนวนฟันของเฟืองขับทั้งหมด

ωขับ = ผลคูณของจำนวนฟันของเฟืองตามทั้งหมด

สำหรับความเร็วเชิงมุมที่ลดลง ค่าทดจะมีค่าน้อยกว่า 1.00

2.2.2 ระบบเฟืองสุริยะหรือเฟืองดาวเคราะห์ (Planetary gear trains)

เฟืองในระบบนี้จะมีเฟืองอย่างน้อยหนึ่งตัวในชุดเฟืองทดที่มีการเคลื่อนที่แบบดาวเคราะห์กล่าวคือเฟืองตัวหนึ่งที่ถูกขับจะหมุนไม่เฉพาะรอบศูนย์กลางตัวเอง แต่ในเวลาเดียวกันจุดศูนย์กลางของเฟืองนี้ยังหมุนรอบจุดศูนย์กลางเฟืองตัวอื่นซึ่งส่วนประกอบที่สำคัญของระบบเฟืองสุริยะประกอบด้วย 3 ส่วนคือ



รูปที่ 2.13 ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบเฟืองสุริยะ

2.2.2.1 เฟืองสุริยะ (Sun gear) อาจจะอยู่กับที่ก็ได้ ข้อสังเกตจะเป็นเฟืองที่มีเฟืองตัวอื่น เคลื่อนที่รอบ ๆ (เฟือง 1)

2.2.2.2 เฟืองดาวเคราะห์ (Planet gear) จะเป็นเฟืองที่หมุนรอบเฟืองตัวอื่น และขณะเดียวกันก็หมุนรอบตัวเอง (เฟือง 2)

2.2.2.3 แขน จะทำหน้าที่พาเฟืองดาวเคราะห์ให้หมุนรอบเฟืองสุริยะ (แขน 3)

อัตราส่วนความเร็วเชิงมุมของระบบเฟืองสุริยะ (เฟืองดาวเคราะห์จะเป็นความเร็วเชิงมุมส่งออก) จะแตกต่างกับการคำนวณค่าดังกล่าวในระบบเฟืองธรรมดา เนื่องจากการหมุนรอบจุดศูนย์กลาง 2 จุดของเฟืองดาวเคราะห์ (หมุนรอบตัวเองและหมุนรอบเฟืองสุริยะ)

2.2.3 การคำนวณหาความเร็วเชิงมุมส่งออกจะใช้ 2 วิธีเพื่อแก้ปัญหา

2.2.3.1 วิธีการใช้สูตร เป็นวิธีที่เหมาะสมกับการหาค่าความเร็วเชิงมุมส่งออกที่เป็นเฟืองดาวเคราะห์เพียงค่าเดียวในการใช้สูตรแต่ครั้ง

2.2.3.2 วิธีการใช้ตาราง เหมาะสมกับการคำนวณหาค่าความเร็วเชิงมุมของเฟือง ทุกตัวในระบบเฟืองสุริยะ

2.2.3.1วิธีการใช้สูตร

ที่มาของสมการที่ใช้หาค่าความเร็วเชิงมุมส่งออกของระบบเฟืองสุริยะ จะใช้หลักการของความเร็วสัมพัทธ์เป็นสำคัญ โดยทั่วไปเฟืองดาวเคราะห์จะเป็นเฟืองส่งออก ส่วนแขนและเฟืองตัวอื่น ๆ เช่นเฟืองสุริยะจะเป็นตัวส่งกำลังเข้า

เมื่อ

ความเร็วเชิงมุมส่งออกที่ต้องการคือ ω_{21}

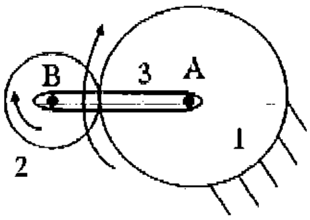
ความเร็วเชิงมุมส่งเข้า คือ ความเร็วเชิงมุมของแขน ω_{31}

จากสมการความเร็วเชิงมุมสัมพัทธ์

$$\omega_{21} = \omega_{31} + \omega_{23} \quad (2.5)$$

รูปที่ 2.14 แสดงทิศทางการหมุนของเฟืองภายนอกและเฟืองภายใน

ความเร็วเชิงมุม ω_{23} คือความเร็วเชิงมุมของเฟืองดาวเคราะห์ 2 เทียบกับแขน ซึ่งหาได้จากการใช้ความรู้เรื่องการสลับกลไกโดยที่ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างชิ้นส่วนทั้งสองจะไม่เปลี่ยนแปลง โดยการสลับแขน 3 ให้ยึดอยู่กับที่แทนเฟือง 1 แขน 3 จะกลายเป็นพื้นแทน ซึ่งทำให้ชุดเฟืองทดนี้กลายเป็นชุดเฟืองทดธรรมดาไป ดังนั้น



รูปที่ 2.15 แสดงทิศทางการหมุนของเฟืองภายนอกเฟือง 2 กับ 3

$$\frac{\omega_{out}}{\omega_{in}} = \frac{\omega_{23}}{\omega_{13}} = -\frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{\omega_{21}}{\omega_{31}} = 1 + \frac{\omega_{23}}{\omega_{31}} = 1 - \frac{\omega_{23}}{\omega_{13}}$$

$$\omega_{21} = \omega_{31}(1 - \frac{\omega_{23}}{\omega_{13}}) \quad (2.6)$$

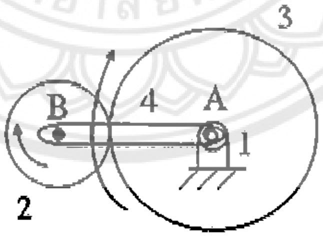
และจากสมการความเร็วสัมพัทธ์ $\omega_{21} = \omega_{31} + \omega_{23}$

ซึ่ง $$\frac{\omega_{23}}{\omega_{13}} = -\frac{N_1}{N_2}$$

ดังนั้น $$\omega_{21} = \omega_{31}(1 + \frac{N_1}{N_2}) \quad (2.7)$$

ในกรณีของเฟืองภายในเราจะได้ว่า $\omega_{21} = \omega_{31}(1 - \frac{N_1}{N_2})$ เนื่องจาก $\frac{\omega_{23}}{\omega_{13}} = +\frac{N_1}{N_2}$

ในกรณีที่เฟืองทั้งหมดรวมทั้งแขนในระบบเฟืองสุริยะหมุนไปด้วย ซึ่งในกรณีนี้ค่าความเร็วเชิงมุมของแขน ω_{41} และของเฟืองสุริยะ ω_{31} จะเป็นค่าที่ทราบค่า (M ระบบ = 2) และความเร็วเชิงมุมของเฟืองดาวเคราะห์ ω_{21} จะเป็นค่าที่ต้องการหา



รูปที่ 2.16 แสดงทิศทางการหมุนของเฟืองภายนอกเฟือง 2 เทียบ 4

จากหลักการของความเร็วเชิงมุมสัมพัทธ์

$$\begin{aligned}\omega_{21} &= \omega_{41} + \omega_{24} \\ \omega_{31} &= \omega_{41} + \omega_{34}\end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned}\omega_{24} &= \omega_{21} - \omega_{41} \\ \omega_{34} &= \omega_{31} - \omega_{41}\end{aligned}$$

ความเร็วเชิงมุมสัมพัทธ์เฟือง 2 เทียบ 4 หาจากหลังการสลับกลไกโดยยึดแขนให้อยู่กับที่ซึ่งเราจะได้ว่า

$$\frac{\omega_{out}}{\omega_{in}} = \frac{\omega_{24}}{\omega_{34}} = -\frac{N_3}{N_2}$$

ดังนั้น

$$\frac{\omega_{24}}{\omega_{34}} = \frac{\omega_{21} - \omega_{41}}{\omega_{31} - \omega_{41}} \quad \Longrightarrow \quad \frac{\omega_{24}}{\omega_{34}}\left(\omega_{31} - \omega_{41}\right) = \omega_{21} - \omega_{41}$$

$$\omega_{21} = \omega_{41} + \frac{\omega_{24}}{\omega_{34}}\left(\omega_{31} - \omega_{41}\right) \Longrightarrow \omega_{21} = \omega_{41}\left(1 + \frac{N_3}{N_2}\right) - \frac{N_3}{N_2}\omega_{31} \tag{2.8}$$

จะเห็นว่าในแต่ละกรณีของระบบเฟืองสุริยะจะได้สมการอัตราส่วนความเร็วเชิงมุมใหม่ โดยที่อัตราส่วนความเร็วเชิงมุมของเฟืองสัมพัทธ์กับแขนจะเป็นค่าที่ต้องหาออกมาก่อนและหลักจากนั้นจึงเขียนสมการความเร็วสัมพัทธ์และผสมร่วมกับอัตราส่วนความเร็วเชิงมุมที่เทียบกับแขน เพื่อหลีกเลี่ยงการทำซ้ำซ้อน จึงเป็นไปได้ที่จะหาสมการทั่วไปที่สามารถนำไปใช้ได้กับทุก ๆ ชุดของระบบเฟืองสุริยะ

จากสมการที่ผ่านมาสำหรับ $\omega_{21} \Rightarrow \frac{\omega_{24}}{\omega_{34}} = \frac{\omega_{21} - \omega_{41}}{\omega_{31} - \omega_{41}}$ ถ้าเฟือง 3 ถูกพิจารณาให้เป็นเฟืองแรก(เฟืองส่งกำลังเข้า)และเฟือง 2 ให้เป็นเฟืองตัวสุดท้าย(เฟืองส่งกำลังออก)จะได้

$$\frac{\omega_{LA}}{\omega_{FA}} = \frac{\omega_L - \omega_A}{\omega_F - \omega_A} \tag{2.9}$$

$\frac{\omega_{LA}}{\omega_{FA}}$ = อัตราส่วนความเร็วเชิงมุมของเฟืองตัวสุดท้ายกับเฟืองตัวแรกซึ่งเทียบกับแขน

ω_L = ความเร็วเชิงมุมของเฟืองตัวสุดท้ายสัมพัทธ์กับก้านต่อหยุดนิ่ง

ω_F = ความเร็วเชิงมุมของเฟืองตัวแรกสัมพัทธ์กับก้านต่อหยุดนิ่ง

ω_A = ความเร็วเชิงมุมของแขนสัมพัทธ์กับก้านต่อหยุดนิ่ง

วิธีการเลือกเฟืองตัวแรกและเฟืองตัวสุดท้ายนั้นมีหลักการคร่าว ๆ ดังนี้

เฟืองตัวแรกและเฟืองตัวสุดท้าย จะต้องเป็นเฟืองที่ขบกันกับเฟืองตัวหนึ่งหรือหลายตัวซึ่งจะมีการเคลื่อนที่แบบดาวเคราะห์ (เฟืองสุริยะ)

เฟืองตัวแรกและเฟืองตัวสุดท้ายนั้นจะต้องอยู่บนเพลาที่ขนานกัน เนื่องจากความเร็วเชิงมุมไม่สามารถบวกลบกันได้ ยกเว้นเวคเตอร์แทนความเร็วจะขนานกัน

2.2.3.2 วิธีใช้ตาราง

วิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ตารางนี้จะเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการคำนวณหาความเร็วเชิงมุมของเฟืองทุกตัวในระบบเฟืองสุริยะ ความเร็วเชิงมุมของเฟือง (เฟืองดาวเคราะห์และเฟืองสุริยะ) จะประกอบไปด้วยความเร็วสองส่วนคือ ความเร็วเชิงมุมที่เกิดขึ้นจากแขนและความเร็วเชิงมุมที่เกิดจากการขบกันระหว่างเฟือง

วิธีการใช้ตารางนี้จะใช้ตัวอย่างต่าง ๆ ที่ผ่านมาเพื่ออธิบาย ซึ่งตารางที่ใช้จะประกอบด้วย 3 แถว และจำนวนเฟืองในระบบเฟืองสุริยะที่ต้องการหาค่าความเร็วเชิงมุม

	เฟือง 1	เฟือง	แขน
การเคลื่อนที่ทั้งหมดยึดติดไปกับแขน			
การเคลื่อนที่ของเฟืองเมื่อเทียบแขน			
การเคลื่อนที่รวมของแต่ละชิ้นส่วน			

จากระบบเฟืองสุริยะดังรูปที่ 2.15 เมื่อได้ตารางของข้อมูลเป็นที่เรียบร้อยแล้ว การหาค่าความเร็วเชิงมุมต่าง ๆ ให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

2.2.3.2.1 ปลดเฟืองทั้งหมดให้เป็นอิสระและยึดติดให้เป็นชิ้นส่วนเดียวกันกับแขน

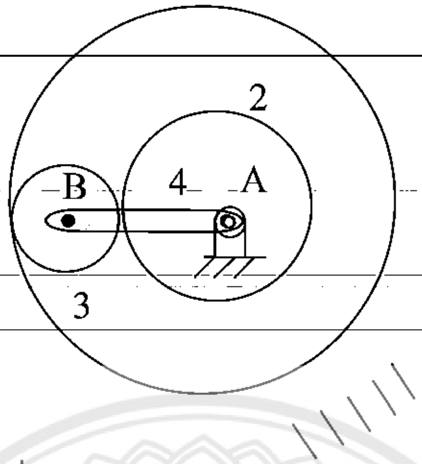
2.2.3.2.2 หมุนแขน 3 (เฟืองทั้งหมดหมุนไปด้วย) ไปด้วยความเร็วเชิงมุม (การเคลื่อนที่) เท่ากับจำนวนที่ต้องการ x rad/s (ในที่นี้คือ 1 หน่วย) โดยทั่วไปจะเป็นค่าที่ทราบค่า การกระทำดังกล่าวคือข้อมูลแถวที่ 1

2.2.3.2.3 ปลดเฟืองทั้งหมดออกจากแขนโดยที่แขนยังคงยึดอยู่กับที่ (จะได้เฟืองทั้งหมดเป็นเฟืองทดธรรมดา) และเราจะต้องมีการหมุนเฟืองตัวใดตัวหนึ่งที่รู้ค่าความเร็วเชิงมุมที่แน่นอนกลับไปยังค่าที่ทราบค่า

2.2.3.2.4 เมื่อหมุนเฟืองตัวที่ทราบค่าไปยังค่าที่เป็นจริงแล้ว เฟืองตัวอื่น ๆ ที่เหลือก็จะถูกหมุนไปโดยอัตโนมัติเนื่องจากเฟืองทั้งหลายขบกัน เมื่อเฟืองตัวหนึ่งหมุนไปเฟืองอีกตัวหนึ่งก็ต้องหมุนตาม

	เฟือง 1	เฟือง 2	แขน 3
การเคลื่อนที่ทั้งหมดยึดติดไปกับแขน	X	X	X
การเคลื่อนที่ของเฟืองเมื่อเทียบแขน	-X	$X*N_1/N_2$	0
การเคลื่อนที่รวมของแต่ละชิ้นส่วน	0	$X+N_1/N_2$	X

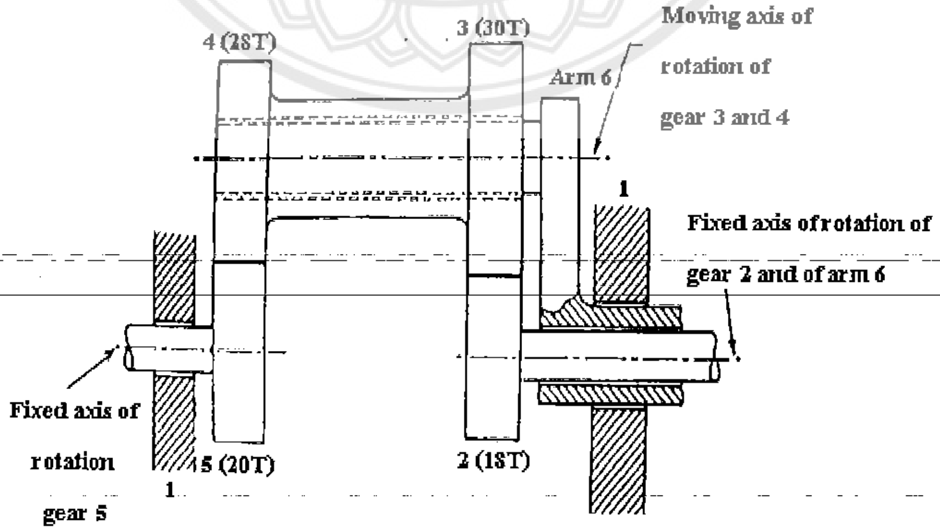
แขน 4 หมุนทวนเข็มด้วยความเร็วเชิงมุม50 rad/s ให้หาค่าความเร็วเชิงมุมของเฟือง 2 พร้อมด้วยทิศทางการหมุน



รูปที่ 2.17 แสดงทิศทางการหมุนของเฟืองภายใน

	เฟือง 1	เฟือง 2	เฟือง 3	แขน 4
การเคลื่อนที่ทั้งหมดยึดติดไปกับแขน	50	50	50	50
การเคลื่อนที่ของเฟืองเมื่อเทียบแขน	-50	$50N_1/N_2$	$-50N_1/N_3$	0
การเคลื่อนที่รวมของแต่ละชิ้นส่วน	0	$50+50N_1/N_2$	$50-50N_1/N_3$	50

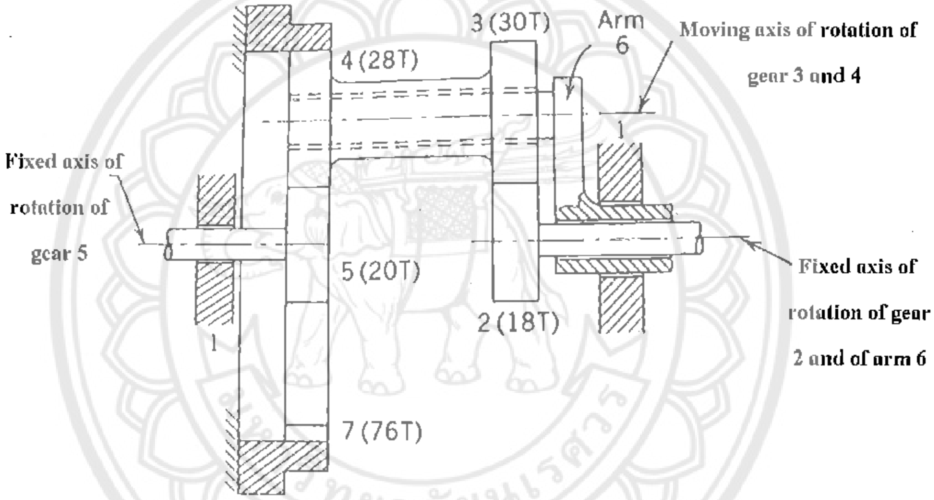
แขน 6 และเฟือง 5 หมุนตามเข็มด้วยความเร็วเชิงมุม 150 rad/s และ 50 rad/s ตามลำดับ จงหาความเร็วเชิงมุมของเฟือง 2 พร้อมทั้งทิศทางของการหมุน



รูปที่ 2.18 แสดงทิศทางการหมุนของเฟือง

	เฟือง 2	เฟือง 3	เฟือง 4	เฟือง 5	แขน 6
การเคลื่อนที่ทั้งหมดยึดติดไปกับแขน	150	150	150	150	150
การเคลื่อนที่ของเฟืองเมื่อเทียบแขน	-100[N_5N_3/ N_4N_2]	100N_1/N_3	100N_5/N_4	-100	0
การเคลื่อนที่รวมของแต่ละชิ้นส่วน	150-100[N_5N_3/ N_4N_2]	150+100[N_5/ N_4]	150+100[N_5/ N_4]	50	150

เฟือง 2 หมุนตามเข็มด้วยความเร็วเชิงมุม 60 rad/s ให้หาความเร็วเชิงมุมของเฟือง 5 พร้อมทั้งทิศทาง



รูปที่ 2.19 แสดงทิศทางการหมุนของเฟือง

2.3. เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

พลังงานแสงอาทิตย์ เกิดจากปฏิกิริยาฟิวชั่นของดวงอาทิตย์ จะปล่อยพลังงานออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่เรียกว่า รังสีแสงอาทิตย์ (Solar Radiation) รังสีนี้จะแพร่กระจายออกทุกทิศทุกทาง โลกของเราก็ได้รับอิทธิพลของรังสีนี้ โดยมีความเข้มของรังสีที่ตกลงบนผิวโลกประมาณ 961-1,191 วัตต์ต่อตารางเมตรหรือคิดเป็นพลังงานประมาณ 2,000-2,500 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี การพัฒนาแหล่งพลังงานที่สะอาดปราศจากมลพิษเพื่อชดเชยการใช้น้ำมัน เป็นงานที่ท้าทายและสำคัญมากของนักวิทยาศาสตร์ ในปัจจุบัน ในจำนวนโครงการผลิตพลังงานทดแทนทั้งหมด กล่าวได้ว่า โครงการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นโครงการที่เหมาะ สมที่สุดอย่างหนึ่ง เพราะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์นั้น ปราศจากมลภาวะเป็นพิษ มีแหล่งพลังงานอยู่ทั่วไปและไม่สิ้นสุด ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานขนาดมหึมา พลังงานที่ดวงอาทิตย์สร้างขึ้นมีประมาณ 3.8×10^{23} กิโลวัตต์ แต่เนื่องจากระยะทาง

ที่ห่างจาก โลกเราถึง 93 ล้านไมล์ ทำให้พลังงานที่ส่งมายังโลกลดน้อยลง พลังงานแสงอาทิตย์เดินทางมาถึงโลกประมาณ 1.8x10^{14} กิโลวัตต์ ถูกดูดซับโดยบรรยากาศและพื้นโลกประมาณ 1.25x10^{14} กิโลวัตต์ ในขณะที่พลังงานที่มนุษย์ใช้รวมกันทั้งโลกประมาณ 1x10^{14} กิโลวัตต์ จะเห็นได้ว่า พลังงานที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์มีมากกว่า พลังงานที่มนุษย์ใช้รวมกันทั้งโลกประมาณ 10,000 เท่า

สำหรับประเทศไทย พื้นที่เกือบทั้งหมดสามารถรับพลังงานจากแสงอาทิตย์เฉลี่ยประมาณ 4.5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร/วัน ดังนั้นในพื้นที่ 1 ตางรางกิโลเมตร สามารถติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 33 เมกะวัตต์ หรือ 165,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร/วัน ในปัจจุบันความต้องการพลังงานไฟฟ้าของประเทศประมาณวันละ 250 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง ถ้าต้องการผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด จำเป็นต้องใช้พื้นที่ประมาณ 1,500 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 0.3% ของประเทศเท่านั้น ในอดีตการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีราคาแพงมาก แต่เนื่องจากปัจจุบันราคาของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ลด ลงมาอย่างมาก และมีแนวโน้มว่าจะลดลงอีกเรื่อย ๆ เพราะประชาชนโดยทั่วไปได้ตระหนักถึงสภาวะแวดล้อมเป็นพิษ เนื่องจากการใช้ เชื้อเพลิงบรรพชีวินในการผลิตพลังงาน จึงหันมาใช้เซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

2.3.1 สารกึ่งตัวนำกับไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

Photovoltaic (PV) หมายถึงขบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงวัสดุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานดังกล่าวคือสารกึ่งตัวนำเมื่อนำ มาผลิตเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เรียกว่า Solar Photovoltaic Cell หรือ Solar Cell นั่นเอง

2.3.2 วัตถุที่ใช้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์

วัสดุสำคัญที่ใช้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบัน คือ ซิลิคอน (Si) ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกับที่ใช้ทำ Chip ในคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ ซิลิคอน (Si) เป็นสารที่ไม่มีพิษราคาถูกและมีมากเป็นอันดับ 2 ในโลกพบอยู่ในรูปสารประกอบ พบมากในทราย หรือหินควอทไซต์ ($SiO2$)

ข้อเสียของ Si การทำให้บริสุทธิ์ และอยู่ในรูปสารที่พร้อมจะทำเซลล์ฯ มีราคาแพง และแตกหักง่ายในขบวนการผลิต

2.3.3 การแบ่งประเภทเซลล์แสงอาทิตย์

ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแบ่งได้ตามวัสดุที่นำมาผลิตเซลล์ โดยแยกออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

2.3.3.1 กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน จะแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้น คือ แบบที่เป็น รูปผลึก (Crystal) และแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก (Amorphous) แบบที่เป็นรูปผลึก จะแบ่งออกเป็น2 ชนิด คือ ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน (Single Crystalline Silicon Solar Cell) และชนิดผลึกรวมซิลิคอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cell) แบบที่ไม่เป็นรูปผลึก คือ ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell)

2.3.3.2 กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบที่ไม่ใช่ซิลิคอน ซึ่งประเภทนี้ จะเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25% ขึ้นไป แต่มีราคาสูงมาก ไม่นิยมนำมาใช้บนพื้นโลก จึงใช้งานสำหรับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่ แต่การพัฒนาขบวนการผลิตสมัยใหม่จะทำให้มีราคาถูกลง และนำมาใช้มากขึ้นในอนาคต (ปัจจุบันนำมาใช้เพียง 7 % ของปริมาณที่มีใช้ทั้งหมด)

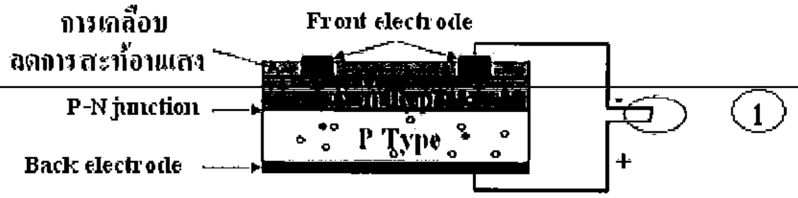
2.3.4 การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่างๆ

2.3.4.1 การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว ขบวนการผลิตเริ่มจากการนำเอาซิลิคอนซึ่งผ่านการทำให้เป็นก้อนที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก(99.999%) ไปหลอมละลายที่อุณหภูมิสูงถึง 1,500 C เพื่อทำการสร้างแท่งผลึกเดี่ยวขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 นิ้ว) จากต้นผลึก (seed crystal) ด้วยการ ดึงผลึก คุณภาพของผลึกเดี่ยวจะสำคัญมากต่อคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ ต่อไปก็จะนำแท่งผลึกเดี่ยวนี้ไปตัดเป็นแผ่นๆ เรียกว่า เวเฟอร์ หนาประมาณ 300 ไมโครเมตร และขัดความเรียบของผิว จาก นั้นก็จะนำไปเจือสารที่จำเป็นในการทำให้เกิดเป็น p-n junction ขึ้นบนแผ่นเวเฟอร์ ด้วยวิธีการ Diffusion ที่อุณหภูมิระดับ 1000 C หลังจากนั้นก็เป็นขั้นตอนการทำขั้วไฟฟ้าเพื่อนำกระแสไฟออกใช้ก็เป็นการเคลือบฟิล์มผิวหน้าเพื่อป้องกันการสะท้อนแสงให้น้อยที่สุดในขั้นตอนนี้จะได้เซลล์ที่พร้อมใช้งานแต่เนื่องจากในการใช้งานจริงเราจะนำเซลล์แต่ละเซลล์มาต่ออนุกรมกันเพื่อเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้ได้ตามต้องการ หลังจากนั้นก็นำไปประกอบเข้าแผงโดยใช้กระจกเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์ และใช้ซิลิโคน และ อีวีเอ (Ethelelc Vinyl Acetate) ช่วยป้องกันความชื้น

2.3.4.2 การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวมได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาต้นทุนสูงของแบบผลึกเดี่ยว ซิลิคอนแบบผลึกรวมก็คือ การนำเอา ซิลิคอนบริสุทธิ์มาหลอมในเบ้าให้เป็นแท่ง แล้วปล่อยให้เย็นตัวลงช้า ๆ หลังจากนั้นนำมาตัดเป็นแผ่นๆ เรียกว่า เวเฟอร์ หนาประมาณ 300-400 ไมโครเมตร แล้วนำไปทำ p-n junction ต่อไป

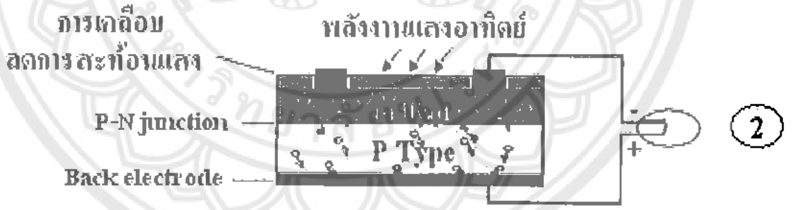
2.3.4.3 การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส มีวิธีการผลิตที่ต่างจากแบบผลึกโดยสิ้นเชิง โดยจะเป็นลักษณะของแผ่นฟิล์มบาง ไม่ใช่เวเฟอร์ โดยเราจะสร้างแผ่นฟิล์มบางของซิลิคอนบนแผ่นฐานรอง โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า CVD (Chemical Vapor Deposition) ซึ่งจะมี ระบบนำก๊าซที่มีซิลิคอนติดอยู่ เช่น ก๊าซไซเรน (SiH4) ผ่านเข้าไปในท่อสูญญากาศ และตรงบริเวณที่วางแผ่นฐานรองก็จะมีการกระตุ้น เช่น โดยพลาสมา เพื่อส่งพลังงานให้ซิลิคอนแยกตัวออกจากก๊าซเข้าไปจับตัวกันบนแผ่นฐานรอง โดยส่วนใหญ่จะเป็น แก้ว สเตนเลส หรือพลาสติก ซึ่งได้ทำการเคลือบชั้นตัวนำโปร่งแสงไว้ก่อน โดยมีอุณหภูมิบนแผ่นฐานรองประมาณ 200-300 C ซิลิคอนจะทับถม สะสมบนแผ่น เกิดเป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอน ในขั้นตอนนี้หากเราใส่ก๊าซที่มี Boron เช่น B2H6 เข้าไปด้วย เราก็จะได้แผ่นฟิล์มที่เป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอนชนิด p และถ้าหากใส่ก๊าซที่มี phosphate เช่น PH3 เราก็จะได้แผ่นฟิล์มที่เป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอนชนิด n ซึ่งจะเห็นได้ ว่า ด้วยวิธีนี้เราสามารถควบคุมการไหลของก๊าซเพื่อสร้างให้เกิดชั้นของ pin อะมอร์ฟัสซิลิคอนขึ้นได้อย่างค่อนข้างง่ายดาย หลังจากได้โครงสร้าง pin แล้ว เราก็จะสร้างส่วนของขั้วไฟฟ้า ให้เสร็จเป็นเซลล์แสงอาทิตย์

2.3.5 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2.20 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

n type ซิลิคอน ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้การโดปปิ้งด้วยสารฟอสฟอรัส มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ n type ซิลิคอน คือสารกึ่งตัวนำที่ได้การโดปปิ้งด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) เมื่อรับพลังงาน จากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำซิลิคอนทั้ง 2 ชนิด มาประกบต่อกันด้วย pn junction จึงทำให้เกิดเป็น เซลล์แสงอาทิตย์ ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด n type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหน้าของ n type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน p type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหลังของเซลล์ โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮล แต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อย ด้านหลังของ p type ซิลิคอนจะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮล



รูปที่ 2.21 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น p type

รูปที่ 2.22 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

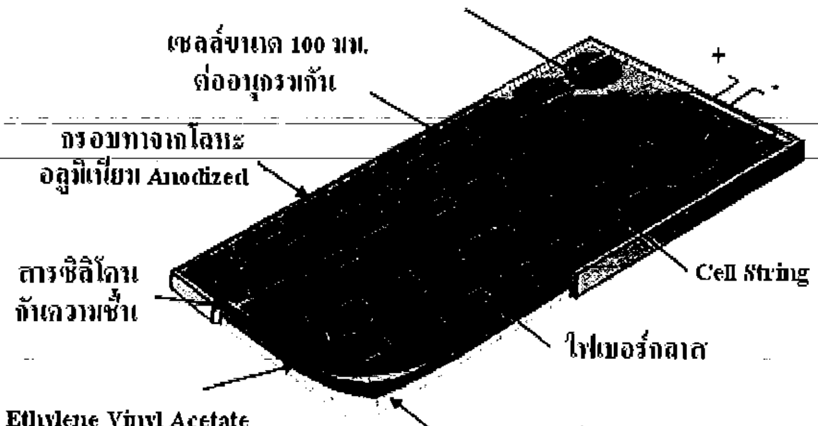
อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจร ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กัน

2.3.6 ความยาวคลื่นแสงที่ใช้กับเซลล์แสงอาทิตย์

สำหรับแสงที่จะใช้กับเซลล์แสงอาทิตย์ได้นั้น ขอให้มีช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสมกับชนิดของสารกึ่งตัวนำที่มาทำเซลล์ ก็จะ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นได้ นั่นก็หมายความว่า ไม่จำเป็นต้องเป็นแสงอาทิตย์อย่างเดียว แสงจากแหล่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันก็สามารถใช้ได้อย่างไรก็ตามนอกจากช่วงพลังงานของแสงแล้ว ความเข้มของแสงก็เป็นสิ่งสำคัญ ถ้าความเข้มไม่พอจำนวนประจุที่เกิดก็จะไม่มากพอที่จะนำมาใช้งานจริงได้ แสงจันทร์นั้นทั้ง ๆที่จริงก็คือแสงสะท้อนจากดวงอาทิตย์ น่าจะใช้งานได้ แต่เพราะความเข้มของแสงจันทร์บนผิวโลกอ่อนมากจึงนำมาใช้งานไม่ได้

เซลล์แสงอาทิตย์แบบ Amorphous Silicon (a-Si) นั้นมีประสิทธิภาพดีในช่วงความยาวคลื่นสั้น(พลังงานสูง) ของแสงอาทิตย์ ส่วนเซลล์แสงอาทิตย์ แบบ Crystaline Silicon (C-Si) นั้นจะตอบสนองแสงในช่วงความยาวคลื่นค่อนข้างกว้าง โดยมีประสิทธิภาพดีในช่วงความยาวคลื่นยาว (พลังงานต่ำ)ของแสงอาทิตย์ นอกจากนี้ขอยกตัวอย่างของแสงจากหลอดไฟนีออนและหลอดไฟทังสเตน สำหรับแสงจากหลอดไฟนีออน จะมีค่าความยาว คลื่นในช่วงคลื่นสั้นของดวงอาทิตย์นั้น ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์แบบ Amorphous Silicon (a-Si) นั้นจะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า Crys- taline Silicon (C-Si) ส่วนในกรณีหลอดไฟทังสเตนนั้น จะมีช่วงความยาวคลื่นค่อนข้างกว้างและค่าความเข้มของ spectrum จะ มีค่าสูงในช่วงที่เซลล์แสงอาทิตย์แบบ Crystaline Silicon สามารถรับได้ ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์แบบ Crystaline Silicon (C-Si) จะใช้งานได้ดีกว่า

2.3.7 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ **2.23** ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลาย ๆ เซลล์ มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสง อาทิตย์ (Solar Module หรือ SolarPanel) การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นแผงก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์ ประกอบด้วย แผ่นกระจกที่ มีส่วนผสมของเหล็กต่ำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงเซลล์จะต้องมีการ ป้องกันความชื้นที่ดีมาก เพราะจะต้องอยู่กลางแดดกลางฝนเป็นเวลายาวนาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้อง กันความชื้นที่ดี เช่น ซิลิโคนและ อีวีเอ (Ethelele Vinyl Acetate) เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์ จึง ต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง แต่บางครั้งก็ไม่มีความจำเป็น ถ้ามีการเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกให้เพียงพอ ซึ่งก็สามารถทดแทนการทำกรอบได้เช่นกัน ดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ (laminate) ซึ่งสะดวกในการติดตั้ง

2.4. เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า

2.4.1 ความหมายของเครื่องควบคุมการประจุ

เครื่องควบคุมการประจุ ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า Charge controller บ้างก็ใช้ Charge regulator หน้าที่คือ ประจุไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลงในแบตเตอรี่จนเต็ม และควบคุมไม่ให้ประจุไฟฟ้ามากเกินด้วยการเบี่ยงเบนไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่เมื่อมีการประจุจนเต็ม ถ้าไม่มีเครื่องควบคุมการประจุ แผงเซลล์แสงอาทิตย์อาจประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่มากเกินไป (Overcharge) จะทำให้แบตเตอรี่เกิดการสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว ร้อนขึ้นและอาจเกิดความเสียหายได้ ถ้าเป็นระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดประมาณ 1-5 วัตต์หรือจ่ายไฟฟ้าได้ประมาณ 1/60 ของความจุแบตเตอรี่ต่อวันหรือน้อยกว่านั้น ก็ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องควบคุมการประจุ ปัจจุบันนี้การผลิตเครื่องควบคุมการประจุมักรวมฟังก์ชั่นพิเศษๆ เข้าไว้มากมาย เพื่อให้การใช้งานมีประสิทธิภาพที่สุด ซึ่งเอื้อประโยชน์ต่อการใช้งานอย่างยิ่ง เช่น Low Voltage Disconnect (LVD) ช่วยป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับแบตเตอรี่และอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยจะปิดสวิตช์อุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ต่อเชื่อม หากแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำลงในระดับที่เป็นอันตรายต่อแบตเตอรี่, Maximum Power Point Tracking (MPPT) เป็นกระบวนการที่ทำให้เครื่องควบคุมการประจุดึงพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้มากที่สุดเพื่อประจุลงแบตเตอรี่ โดยไม่คำนึงถึงแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่รวมถึง Battery Temperature Compensation (BTC) จะปรับอัตราการประจุแบตเตอรี่ตามอุณหภูมิของแบตเตอรี่ ซึ่งเหมาะและจำเป็นอย่างยิ่งต่อประเทศที่สภาพอากาศหนาวเย็น ฯลฯ

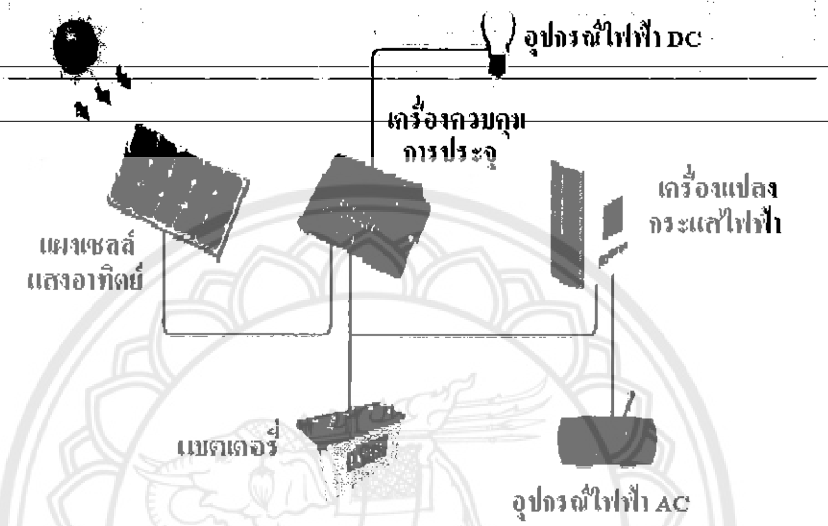
2.4.2 การทำงานของเครื่องควบคุมประจุ

หลักการทำงานของเครื่องควบคุมการประจุคือ มีวงจรสำหรับตรวจวัดแรงดันของแบตเตอรี่อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งทำงานเป็นสวิตช์ที่เบี่ยงเบนไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เมื่อประจุจนเต็ม วิธี

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ใ15021352 e.2 ชร. พ242ค 2550

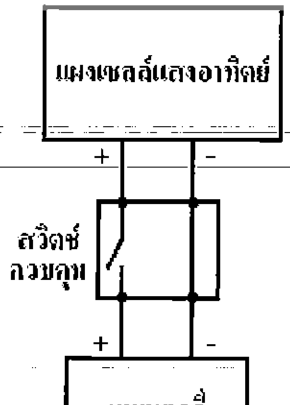
เบี่ยงเบนการไหลของไฟฟ้าที่ไปยังแบตเตอรี่ใช้การลัดวงจรหรือเปิดวงจร โดยที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เกิดความเสียหายเครื่องควบคุมการประจุจะตรวจวัดแรงดันของแบตเตอรี่เพื่อกำหนดสถานะการประจุของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่มีประจุอยู่เต็ม แรงดันจะสูงขึ้น ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ 12 โวลต์ เครื่องควบคุมการประจุจะตัดการประจุไฟฟ้าเมื่อแรงดันสูงถึง 14.4 โวลต์และจะประจุไฟฟ้าใหม่อีกครั้งหลังจากแรงดันลดลงเหลือ 13.4 โวลต์



รูปที่ 2.24 การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า

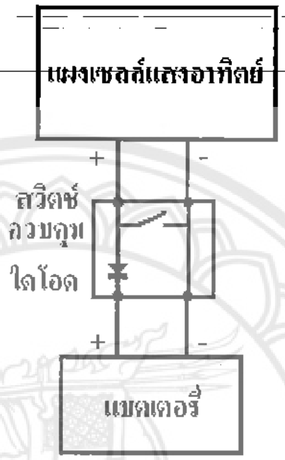
2.4.3 ชนิดของเครื่องควบคุมการประจุ เครื่องควบคุมการประจุแบ่งออกเป็น 2 ชนิดหลักๆ ดังนี้

2.4.3.1 เครื่องควบคุมการประจุแบบอนุกรม (Series charge controller) เป็นการต่อเครื่องควบคุมการประจุกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดการไหลของไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังแบตเตอรี่เมื่อประจุไฟฟ้าเต็ม หรือเป็นการเปิดวงจรระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่เมื่อประจุแบตเตอรี่เต็ม



รูปที่ 2.25 เครื่องควบคุมการประจุแบบอนุกรม

2.4.3.2 เครื่องควบคุมการประจุแบบชันท์ (Shunt charge controller) เป็นการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับสายไฟขาออกแบบขนาน จะทำการเชื่อมวงจรกับสายไฟของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้ไม่มีไฟฟ้าไหลจากแผงไปยังแบตเตอรี่เมื่อประจุไฟฟ้าเต็ม แม้ว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่ได้รับความเสียหายจากการลัดวงจร แต่แบตเตอรี่จะได้รับความเสียหาย จึงต้องมีไดโอด (Diode) ซึ่งเป็นวาล์วทางเดียวติดตั้งระหว่างเครื่องควบคุมการประจุกับแบตเตอรี่ เพื่อป้องกันการลัดวงจรทั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ สวิตช์ควบคุมใช้สวิตช์สารกึ่งตัวนำ



รูปที่ 2.26 เครื่องควบคุมการประจุแบบชันท์

โดยเครื่องควบคุมการประจุทั้งสองชนิดนี้ มีการควบคุมสวิตช์ได้ 2 แบบด้วยกัน คือ แบบ On-Off ที่จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิดและปิดธรรมดาๆ เท่านั้นและแบบ PWM (Pulse Width Modulation) ที่ช่วยให้การประจุแบตเตอรี่มีประสิทธิภาพสูงและยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ซึ่งการควบคุมสวิตช์แบบ PWM มีข้อดีมากกว่าการควบคุมสวิตช์แบบ On-Off

การเลือกขนาดเครื่องควบคุมการประจุนั้น จะถูกกำหนดด้วยแรงดันของระบบที่ถูกออกแบบขึ้นและกระแสสูงสุดที่สามารถควบคุมได้ แรงดันของระบบทั่วไปเท่ากับ 12 โวลต์, 24 โวลต์ หรือ 48 โวลต์ ส่วนกระแสสูงสุดจะถูกกำหนดโดยจำนวนและขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในระบบ ส่วนมากแล้วเครื่องควบคุมการประจุและเครื่องควบคุมการจ่ายประจุจะรวมอยู่ภายในเครื่องเดียวกัน เท่ากับว่าเครื่อง ควบคุมการประจุมีฟังก์ชั่นการทำงานของการควบคุมการจ่ายประจุรวมอยู่ด้วย และเรามีข้อสังเกตที่จะบอกได้ว่าเครื่องควบคุมเป็นแบบใด โดยดูจากการต่อวงจรดังนี้ ถ้ามีการต่อจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังเครื่องควบคุม แสดงว่า เครื่องควบคุมนั้นมีเครื่องควบคุมการประจุรวมอยู่ด้วย ถ้ามีการต่อไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า แสดงว่า เครื่องควบคุมนั้นมีเครื่องควบคุมการจ่ายประจุรวมอยู่ด้วย และเครื่องควบคุมทั้งหมดต้องต่อไปยังแบตเตอรี่

ในขณะที่ระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีเครื่องควบคุมการประจุและจ่ายประจุ เพื่อป้องกันแบตเตอรี่ประจุไฟฟ้ามากเกินไปและยังทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายประจุเพื่อป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่เหลือไฟฟ้าน้อยเกินไป ลองนึกเปรียบเทียบกับระบบกักเก็บน้ำฝน การเก็บน้ำในถังเก็บน้ำจะต้องไม่เต็มเกินไปหรือมีน้ำน้อยเกินไป จึงมีการติดตั้งวาล์วเพื่อปิดน้ำที่เข้าถังเมื่อน้ำเต็มเพื่อไม่ให้น้ำล้นออกมาและมีวาล์วอีกตัวหนึ่งที่ควบคุมการจ่ายน้ำออกจากถังเพื่อไม่ให้น้ำที่เหลืออยู่น้อยเกินไป วาล์วเหล่านี้ก็คือตัวควบคุมปริมาณน้ำในถังเก็บน้ำ เทียบได้กับเครื่องควบคุมการประจุและจ่ายประจุนั่นเอง

2.5 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ (Battery) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานเพื่อไว้ใช้ต่อไป ถือเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานเคมีให้เป็นไฟฟ้าได้โดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก (galvanic cell) ที่ประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบ พร้อมกับสารละลายอิเล็กโตรไลต์ (electrolyte solution) แบตเตอรี่อาจประกอบด้วยเซลล์กัลป์วานิกเพียง 1 เซลล์หรือมากกว่าก็ได้แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บไฟฟ้าเท่านั้น ไม่ได้ผลิตไฟฟ้า สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ (recharge) ได้หลายครั้ง และประสิทธิภาพจะไม่เต็ม 100% จะอยู่ที่ประมาณ 80% เพราะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปความร้อนและปฏิกิริยาเคมีจากการประจุ/จ่ายประจุนั่นเอง แบตเตอรี่จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงและเสียหายได้ง่ายหากดูแลรักษาไม่ดีเพียงพอหรือใช้งานผิดวิธี รวมถึงอายุการใช้งานของแบตเตอรี่แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป เนื่องด้วยวิธีการใช้, การบำรุงรักษา, การประจุและอุณหภูมิ ฯลฯ โดยสามารถจำแนกแบตเตอรี่ออกได้ 2 กลุ่มสำคัญๆ คือ ตามการใช้งานและประเภทของโครงสร้าง

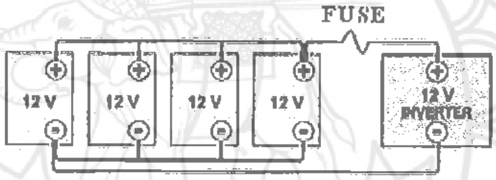
2.5.1 แบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์

ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่มีหน้าที่สะสมพลังงานที่ผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และจัดเก็บไว้ใช้ในเวลาที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ผลิตไฟฟ้าหรือเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์หรือเวลากลางคืน หากเปรียบเทียบกับระบบกักเก็บน้ำฝนก็คือถังเก็บน้ำนั่นเอง ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอิสระ (Stand-alone solar system) ต้องใช้แบตเตอรี่ทั้งสิ้น

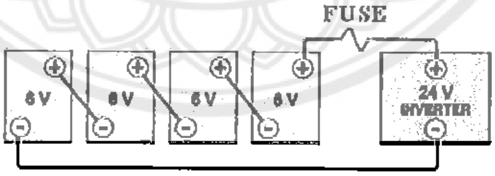
รูปที่ 2.27 แบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์

2.5.2 ชนิดของแบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์

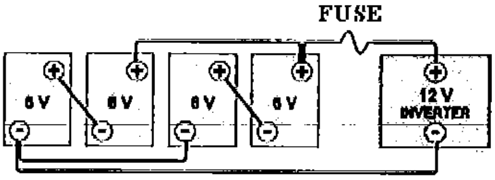
ในทางปฏิบัติแล้วแบตเตอรี่ทุกชนิดสามารถนำมาใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ได้ แต่ที่นิยมใช้มากที่สุดเป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด (Lead-acid battery) ด้วยเหตุผลนานาประการ ไม่ว่าจะเป็นราคาที่ถูกกว่าและหาซื้อได้ง่ายในทุกๆ ที่แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดมีส่วนประกอบสำคัญเป็นแผ่นตะกั่วที่เป็นขั้วบวกและลบจุ่มอยู่ในสารละลายกรดซัลฟุริกหรือเรียกว่าสารละลายอิเล็กโตรไลต์ เมื่อเซลล์มีการจ่ายประจุ โมเลกุลของซัลเฟอร์จากสารละลายอิเล็กโตรไลต์จะติดอยู่กับแผ่นตะกั่วและปล่อยอิเล็กตรอนออกมามากมาย เมื่อเซลล์มีการประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ อิเล็กตรอนจำนวนมากจะกลับเข้าไปในสารละลายอิเล็กโตรไลต์ แบตเตอรี่จึงเกิดแรงดันได้จากปฏิกิริยาเคมีนี้เอง และไฟฟ้าเกิดขึ้นได้จากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนภายในแต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่ให้แรงดัน 2 โวลต์ แบตเตอรี่ 12 โวลต์จึงมี 6 เซลล์ต่อกันแบบอนุกรม เซลล์ทั้งหมดอาจบรรจุอยู่ภายในกล่องเดียวหรือแยกกล่องก็ได้ ถ้าต้องการแรงดันหรือกระแสมากขึ้น ให้นำแบตเตอรี่หลายลูกมาต่อกันเพื่อให้ได้แรงดันหรือกระแสสูงขึ้นตามต้องการ



รูปที่ 2.28 การต่อแบตเตอรี่ขนานกันเพื่อให้ได้กระแสมากขึ้น

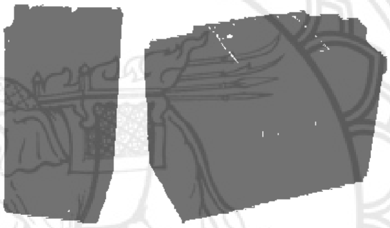


รูปที่ 2.29 การต่อแบตเตอรี่อนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันสูงขึ้น



รูปที่ 2.30 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมผสมกับแบบขนานเพื่อให้แรงดันและกระแสมากขึ้น

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดมีอยู่หลายแบบด้วยกัน แต่ที่เหมาะสำหรับใช้งานกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์มากที่สุดคือ แบตเตอรี่แบบจ่ายประจุสูง (Deep discharge battery) เพราะถูกออกแบบให้สามารถจ่ายพลังงานปริมาณเล็กน้อยได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ โดยไม่เกิดความเสียหาย คุณจะสามารถใช้ไฟฟ้าที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่นี้ได้อย่างต่อเนื่องถึง 80% โดยแบตเตอรี่ไม่ได้รับความเสียหาย (แบตเตอรี่ทั่วไปที่ใช้ในการติดเครื่องยนต์ถูกออกแบบให้จ่ายพลังงานสูงในช่วงเวลาสั้นๆ ถ้าใช้ไฟฟ้ามากกว่า 20-30% ของพลังงานที่เก็บอยู่ จะทำให้อายุการใช้งานสั้นลงได้) ส่วนมากแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะมีลักษณะที่ฝาครอบด้านบนเปิดออกได้ เพื่อให้สามารถตรวจสอบเซลล์และเติมน้ำในเวลาที่จำเป็นได้ เรียกว่า แบตเตอรี่แบบเซลล์เปิด (Open cell หรือ Unsealed หรือ Flooded cell battery) มีบางชนิดที่ถูกปิดแน่นและไม่ต้องการการซ่อมบำรุง เรียกว่า แบตเตอรี่แบบไม่ต้องดูแลรักษา (Maintenance free หรือ Sealed battery)



รูปที่ 2.31 ซ้าย: แบตเตอรี่แบบเซลล์เปิด, ขวา: แบตเตอรี่แบบไม่ต้องดูแลรักษา

การกำหนดขนาดแบตเตอรี่สำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับความจุของแบตเตอรี่ในการจัดเก็บพลังงาน, อัตราการจ่ายประจุสูงสุด, อัตราการประจุสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดที่จะนำแบตเตอรี่ไปใช้งาน (อุณหภูมิที่ได้ผลดีที่สุดของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด คือ 77 F หรือประมาณ 60-80F)

2.5.3 การติดตั้งแบตเตอรี่ใหม่

แบตเตอรี่ใหม่ก่อนที่จะนำไปใช้จะต้องมีน้ำกรดอยู่เต็ม ให้ทำการต่อแบตเตอรี่แล้วปล่อยให้ประจุไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์อย่างน้อย 2 วันที่มีแสงอาทิตย์ ถ้าในแบตเตอรี่ใหม่ไม่มีอิเล็กโตรไลต์ในเซลล์ต่างๆ ให้เติมน้ำกรดสำหรับแบตเตอรี่ลงไปและแบตเตอรี่ที่เติมใหม่นี้ควรนำไปต่อใช้งานกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ทันที แล้วปล่อยให้ทำการประจุไฟฟ้าอย่างน้อย 2 วันที่มีแสงอาทิตย์ก่อนนำไปใช้งาน และห้ามต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าใดๆ เข้ากับแบตเตอรี่ขณะทำการประจุ

2.5.4 ความปลอดภัยเกี่ยวกับแบตเตอรี่

2.5.4.1 ถ้ามีชิ้นโลหะวางพาดขั้วของแบตเตอรี่ที่กำลังทำการประจุ จะทำให้เกิดประกายไฟและเกิดไฟไหม้ได้

2.5.4.2 น้ำกรดในแบตเตอรี่สามารถเป็นอันตรายต่อเสื้อผ้าหรือผิวหนังได้ แต่จะไม่เป็นอันตรายมากนักถ้าล้างออกโดยทันที

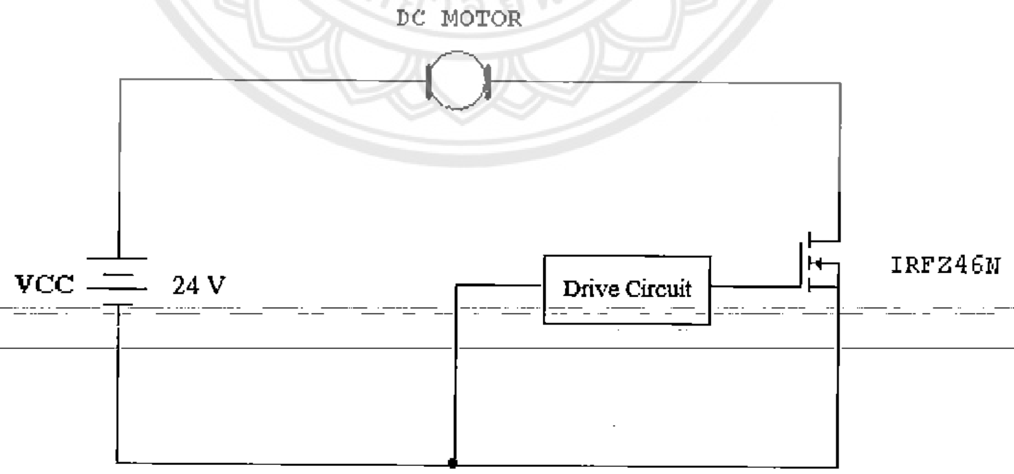
2.5.4.3 น้ำกรดที่เข้าตา สามารถทำให้ตาอักเสบและบอดได้

เมื่อทำการต่อแบตเตอรี่แล้วอาจเกิดก๊าซ ถ้ามีเปลวไฟใกล้ๆ กับแบตเตอรี่จะเกิดระเบิดขึ้นได้ ดังนั้น ห้ามสูบบุหรี่, จุดไม้ขีดไฟหรือใช้ตะเกียงใกล้ๆ กับแบตเตอรี่โดยเฉพาะขณะที่ทำการตรวจสอบหรือเติมเซลล์ในแบตเตอรี่

2.6 วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง

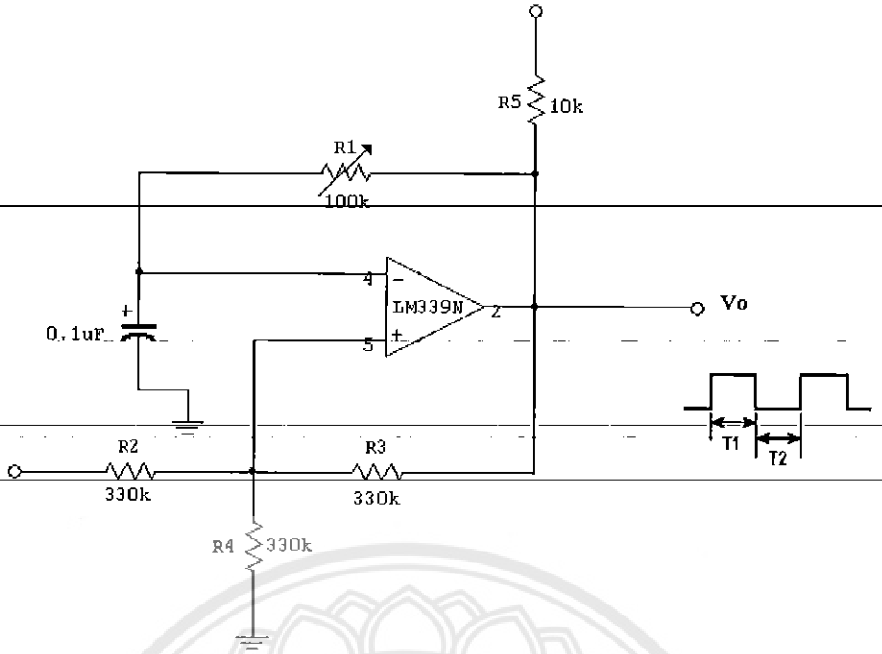
การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งอาจจะใช้วิธีการควบคุมแบบพื้นฐานทั่วไปเช่นการควบคุมด้วยวิธีการใช้ตัวต้านทานปรับค่าโดยต่ออนุกรมกับมอเตอร์ หรือใช้วิธีการการควบคุมโดยการเปลี่ยนค่าของระดับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ แต่การควบคุมในวิธีดังกล่าวถึงแม้ว่าจะควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้คงที่ได้ แต่ที่ความเร็วต่ำจะส่งผลให้แรงบิดต่ำไปด้วย ดังนั้นเราจึงเลือกใช้วิธีการควบคุมโดยการจ่ายกระแสไฟให้กับมอเตอร์เป็นช่วงๆ โดยอาศัยกระแสไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์ให้เป็นค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วง ซึ่งเราเรียกว่า วงจรชอปเปอร์

หลักการเบื้องต้นของวงจรชอปเปอร์ ที่ใช้กับเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า คือวงจรที่ประกอบไปด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง สวิตช์ และโหลดเป็นตัวมอเตอร์ วงจรที่ใช้งานจริงๆ จะใช้ เฟต ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ ในการปรับความเร็วของมอเตอร์ เฟตจะทำหน้าที่แบ่งแรงดันไฟฟ้าให้ตกคร่อมมอเตอร์มากหรือน้อย ขณะที่แรงดันไฟฟ้าให้ตกคร่อมมอเตอร์มากมอเตอร์ก็จะหมุนเร็ว ขณะที่แรงดันไฟฟ้าให้ตกคร่อมมอเตอร์มีน้อยมอเตอร์ก็จะหมุนช้า การควบคุมแรงดันที่ตกคร่อมมอเตอร์จะทำโดยการจ่ายสัญญาณพัลส์ให้กับขาเกตของเฟต



รูปที่ 2.32 วงจรชอปเปอร์เบื้องต้น

การสร้างสัญญาณพัลส์จะสร้างจากออฟแอมป์(Op-amp) ที่อยู่ภายในไอซีเบอร์ LM339N การปรับความถี่ของสัญญาณพัลส์จะทำโดยการปรับค่าความต้านทาน R1 (Drive Circuit) ดังรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33 วงจรสร้างสัญญาณพัลส์โดยใช้ออฟแอมป์(Op-amp)

การหาค่าตัวแปรของออฟแอมป์(Op-amp)

$$T_1 = T_2 = 0.69RC$$

$$\frac{1}{T} = f = \frac{7.2}{C(\mu F)} \quad (2.10)$$

$$R_2 = R_3 = R_4 \quad (2.11)$$

$$R_1 = R_2 // R_3 // R_4 \quad (2.12)$$

การวิเคราะห์เวลาในการชาร์จและการดิสชาร์จตัวเก็บประจุ

เวลาในการชาร์จตัวเก็บประจุ จาก 0 ถึง $V_{cc}/3$ ใช้เวลา t_1

$$V_C(t) = V_{CC}(1 - e^{-t/RC}) \quad (2.13)$$

$$V_{cc}/3 = V_{CC}(1 - e^{-t/RC}) \quad (2.14)$$

$$-t_1/RC = \ln 2/3 = 0.405RC$$

$$t_1 = 0.405RC$$

เวลาในการชาร์จตัวเก็บประจุ จาก 0 ถึง $2/3V_{cc}$ ใช้เวลา t_2

$$2/3V_{CC} = V_{CC}(1 - e^{-t_2/RC})$$

$$t_2/RC = \ln 1/3 = -1.098$$

$$t_2 = 1.098RC$$

$$T_1 = t_2 - t_1$$

$$= (1.098 - 0.405)RC$$

$$T_1 = 0.69RC$$

เวลาในการดิสชาร์จตัวเก็บประจุ จาก $2/3V_{cc}$ ถึง

$$V_C(t) = Ve^{-t/RC}$$

$$V_{CC}/3 = 2/3V_{CC}e^{-t/RC}$$

$$T = -RC\ln 1/3 = 0.69RC$$

$$T_2 = 0.69RC$$

$$T = T_1 = T_2 = 0.69RC$$

จากสมการจะเห็นว่าการเพิ่มลดเวลาค่า T สามารถทำได้โดยการปรับค่า R และ C แต่ในวงจรเครื่องตัดหญ้า ค่าของตัว C จะคงที่ ดังนั้นจึงทำการปรับแค่ค่า R เท่านั้น

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงานพัฒนาเครื่องตัดหญ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

ในการพัฒนาเครื่องตัดหญ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์นี้ทางคณะผู้จัดทำได้แบ่งการศึกษาออกเป็น2ส่วนใหญ่ๆคือ การศึกษาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องทางด้านไฟฟ้าและการศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์ทางด้านเครื่องกลรวมถึงชิ้นส่วนอื่นๆที่ไม่เกี่ยวข้องทางด้านไฟฟ้าด้วย โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงานทั้งหมด 13 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 เลือกมอเตอร์

ในการเลือกมอเตอร์มาแทนที่เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน นั้นควรเลือกมอเตอร์กระแสตรงเพราะต้องใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้า DC จากแบตเตอรี่ ซึ่งไม่ต้องมีอุปกรณ์แปลงแรงดันเป็น AC ในกรณีถ้าเลือกใช้มอเตอร์กระแสสลับซึ่งจะทำให้ยุ่งยากและมีน้ำหนักมากเกินเนื่องจากต้องมีอุปกรณ์แปลงแรงดันเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเลือกมอเตอร์กระแสตรง(DC motor) โดยมีหลักการดังนี้

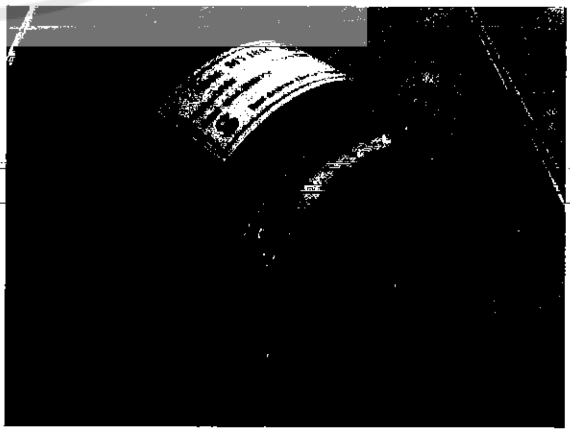
3.1.1 กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ทำงาน ความเร็วรอบต้องมากพอ

3.1.2 ขนาดมอเตอร์น้ำหนักของมอเตอร์

3.1.3 แหล่งจัดซื้อหรือความสามารถในการจัดหามอเตอร์

3.1.4 ราคาและความคงทน

มอเตอร์ที่ได้คือ Model: MY1016 ,Voltage : 24 VDC ,Output: 350 W Rated Speed : 2500 RPM , East Activate Electric Factory ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับที่ต้องการทั้งแรงดันความเร็วรอบ ขนาดของมอเตอร์และยังมีชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรงด้วย



รูปที่ 3.1 มอเตอร์กระแสตรง

3.2 ออกแบบตัวต่อหัวตัด

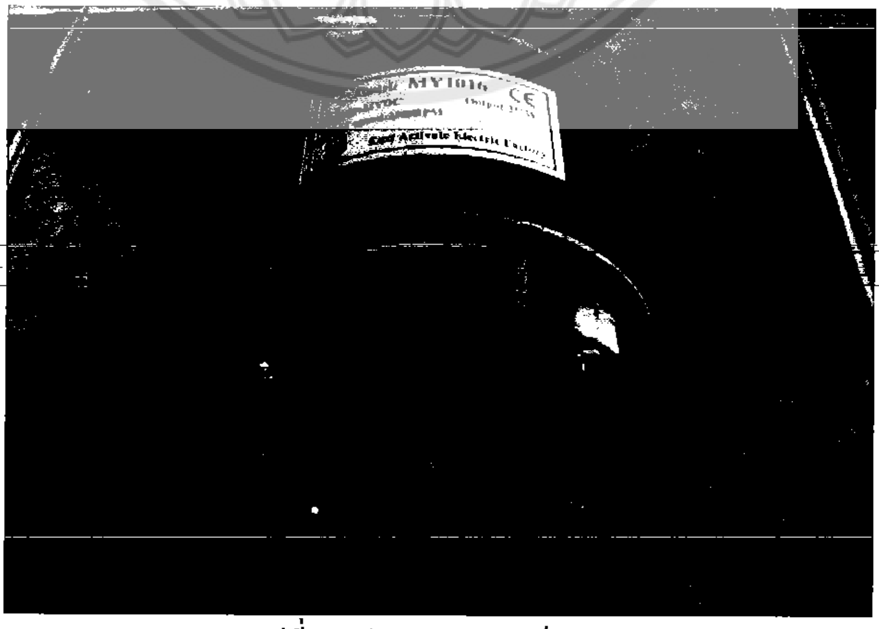
ทำการปรับแต่งชิ้นงานโดยการกลึงให้มีขนาดเท่ากับด้านหน้าของมอเตอร์และทำการเจาะรูให้ตรงกับรูสกรูของมอเตอร์

ด้านหน้า ด้านหลัง

รูปที่ 3.2 ตัวต่อหัวตัด

3.3 ประกอบมอเตอร์เข้ากับตัวต่อหัวตัด

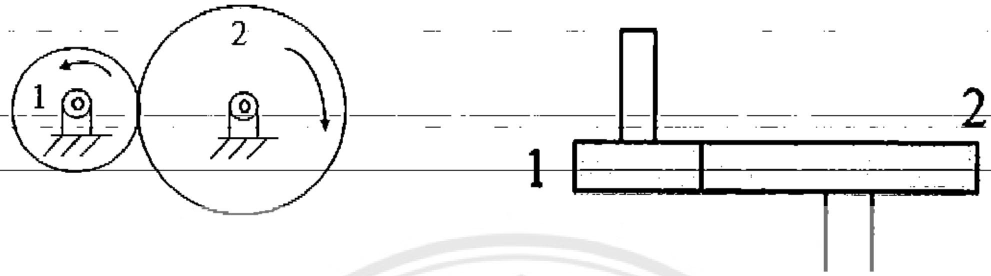
ใช้สกรู 4 ตัวยึดตัวต่อหัวตัดเข้ากับด้านหน้าของมอเตอร์



รูปที่ 3.3 ประกอบมอเตอร์กับตัวต่อหัวตัด

3.4 เลือกหัวตัดหญ้า

เลือกใช้หัวตัวแบบสะพายก้านตรง ซึ่งมีขนาดเกลียวดังนี้ เฟืองที่ 1 = 13 ฟัน เฟืองที่ 2 = 17 ฟัน จะต้องรับความเร็วรอบจากต้นกำลังคือมอเตอร์กระแสตรงที่มีความเร็วรอบ 2500 รอบต่อนาที (Rated Speed : 2500 RPM)



วิธีคำนวณหาความเร็วรอบ

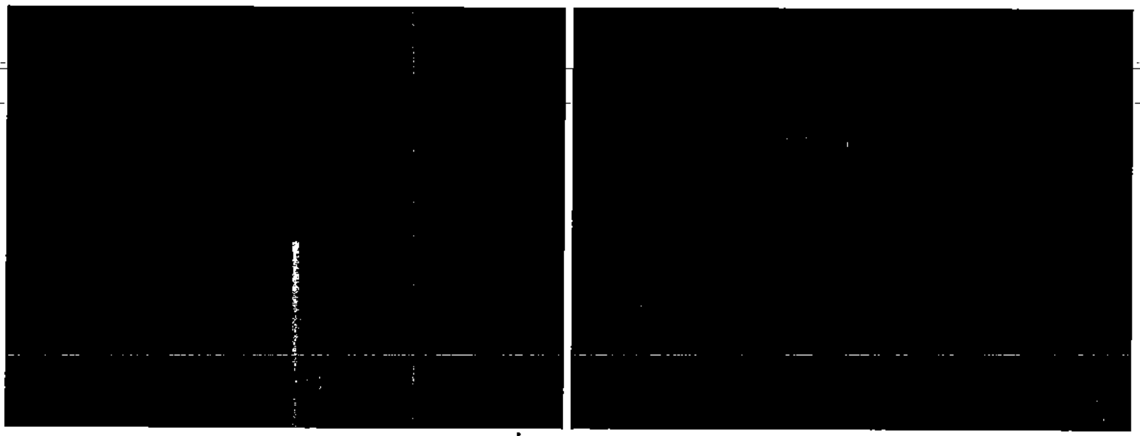
มอเตอร์(ω_{in}) = 2500 rpm , จำนวนฟันเฟืองตัวที่ 1 (N_1) = 13 , จำนวนฟันเฟืองตัวที่ 2 = 17 จะได้ความเร็วที่ใบมีดตัด(ω_{out}) = ω_2

$$\frac{\omega_{in}}{\omega_{out}} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{N_2}{N_1} = \frac{250}{\omega_2} = -\frac{17}{13}$$

$$\omega_2 = \frac{2500 \times 13}{17}$$

$$= 1911.78 \approx 1910 \text{ rpm}$$

ดังนั้น ความเร็วที่ใบมีดตัด (ω_{out}) = ω_2 = 1910 rpm

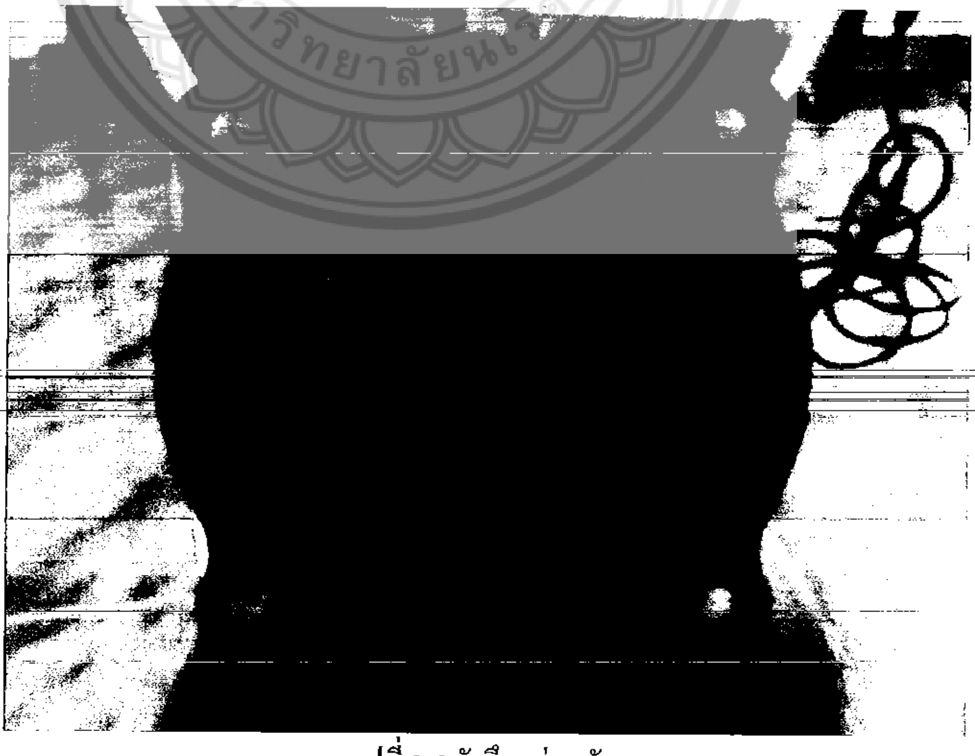


รูปที่ 3.4 หัวตัดหญ้า

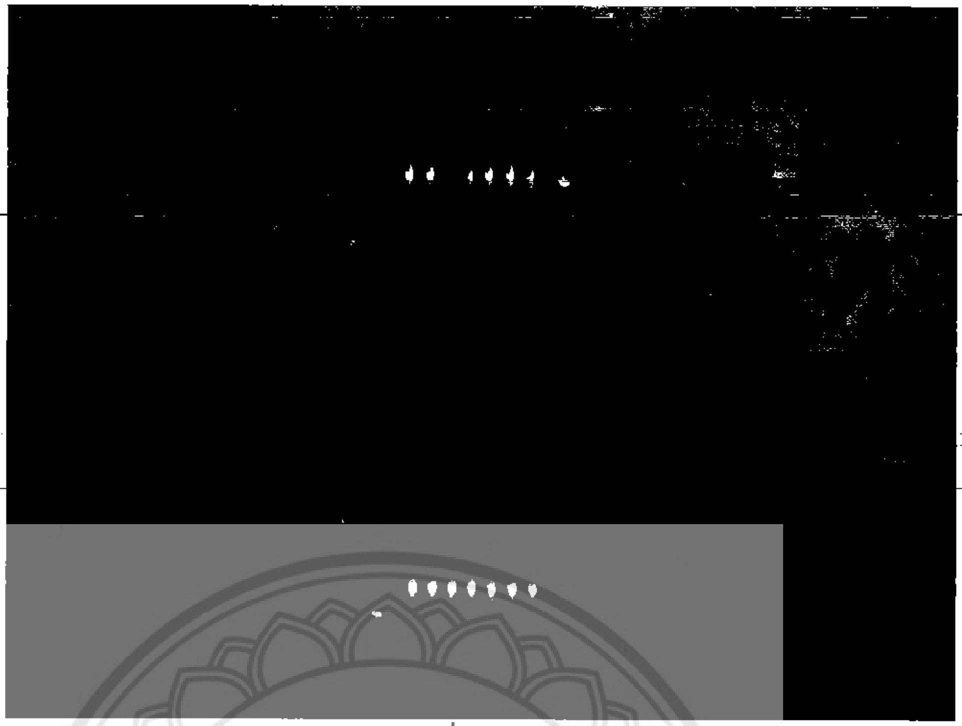
3.5 ประกอบมอเตอร์ที่ต่อตัวต่อหัวตัดแล้วเข้ากับหัวตัด

รูปที่ 3.5 หัวตัดที่จะนำมายึดติดมอเตอร์

รูปด้านท้ายของหัวตัดซึ่งจะต้องนำมาต่อกับมอเตอร์กระแสตรงที่เตรียมไว้โดยหลักการแล้วคือ เมื่อมอเตอร์หมุนจะทำให้เกิดแรงเหวี่ยง ครัชจะขยายตัวออก โดยเอาชนะแรงสปริงทำให้ตัวครัชยึดติดแกนของหัวตัดหมุนด้วยจะเป็นตัวถ่ายทอดกำลังไปยังใบตัดหญ้า



รูปที่ 3.6 ตัวยึดแผ่นครัช



รูปที่ 3.7 ครัช

รูปที่ 3.8 นำมาประกอบกัน

หลังจากนั้นนำมอเตอร์ที่ติดตั้งครัชแล้วมาต่อกับก้านของเครื่องตัดหญ้าดังรูปที่ 3.7 จะได้ดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.9 ประกอบเข้าด้วยกัน

3.6 ประกอบชุดปรับความเร็วมอเตอร์

โดยนำกล่องชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ยึดติดกับด้านข้างของมอเตอร์

รูปที่ 3.10 ประกอบชุดปรับความเร็วมอเตอร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

3.7 เลือกแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ที่เลือกใช้จะใช้แบตเตอรี่ ยี่ห้อ NEW POWER ซึ่งมีลักษณะดังนี้

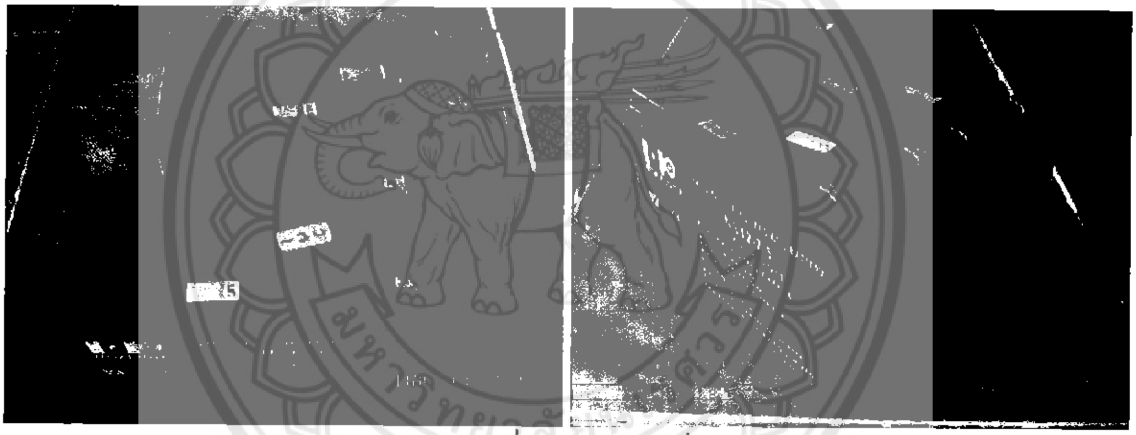
VALVE REGULATED LEAD – ACID BATTERY, NS 12-7.5 (12V 7.5Ah / 20HR(25))

CONSTANT VOLTAGE CHARGE

- CYCLE USE : 14.5 – 14.9V
- STANDBY USE : 13.8-14.0V
- INTIAL CURRENT: LESS THAN 2.25AC AUTION
- AVOID SHORT CIRCUIT
- DO NOT CHARGE IN A SEALED CONTAINER

NEW POWER INDUSTRY CO.,LIMITED MADE IN CHINA

จะได้แบตเตอรี่ดังรูป



รูปที่ 3.11 แบตเตอรี่

ในการใช้แบตเตอรี่จึงต้องใช้แบตเตอรี่ 2 ก้อนขนาด12โวลต์ นำมาต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้แรงดัน 24 โวลต์ ที่จะนำมาจ่ายแรงดันให้กับมอเตอร์กระแสตรง 24 VDC ที่จัดหาไว้

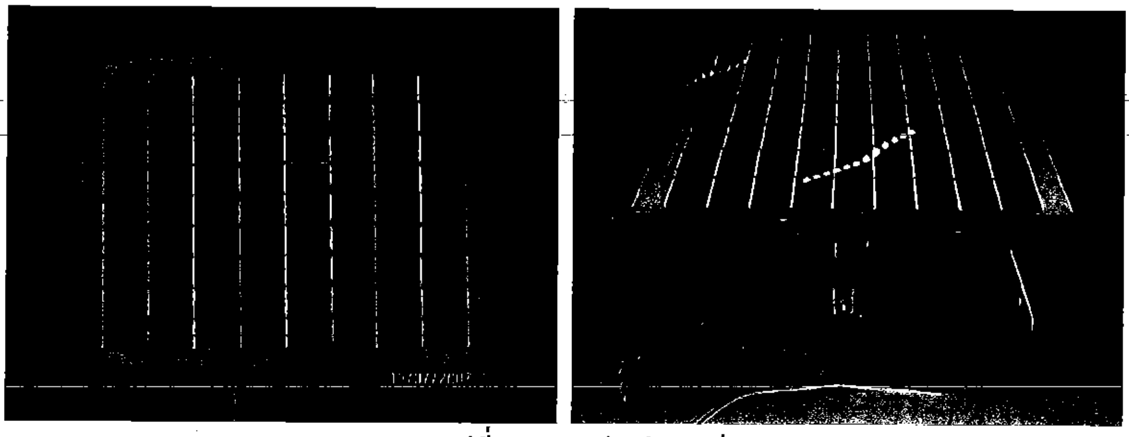
3.8 ออกแบบกล่องใส่แบตเตอรี่แล้วประกอบเข้ากับชุดหัวตัดหญ้า

รูปที่ 3.12 กล่องใส่แบตเตอรี่ที่ประกอบเข้ากับชุดหัวตัดหญ้าแล้ว

3.9 เลือกแผงโซล่าเซลล์และทำการติดตั้งบนหมวก

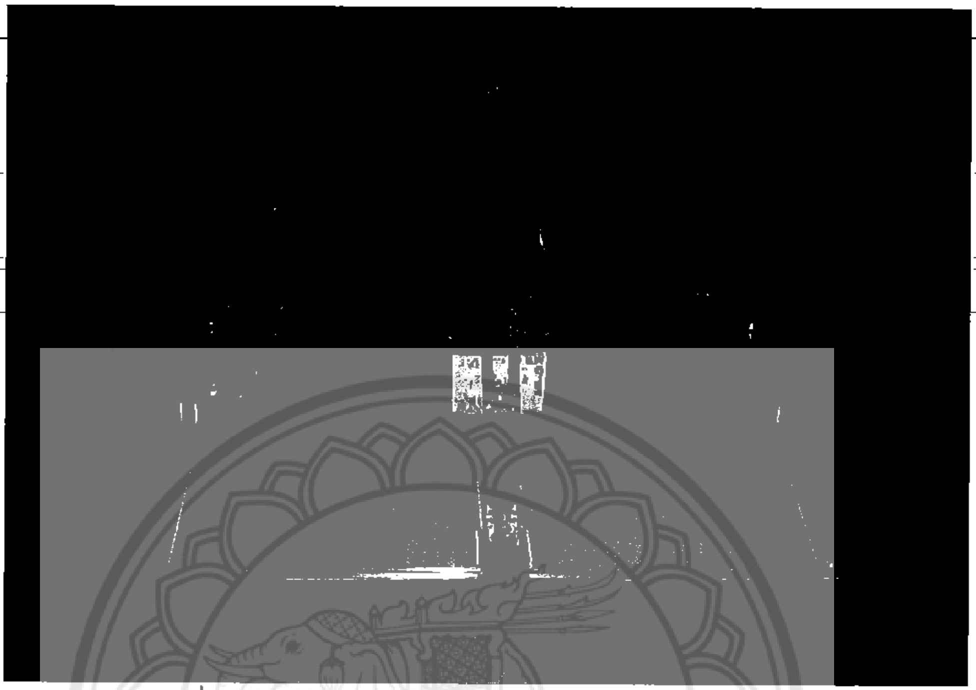
ใช้แผงโซล่าเซลล์แบบ Polycrystalline Silicon PV Module มีคุณสมบัติดังนี้

Rated power 10 W, Rated voltage 17 V, Rated current 0.59 A, Open circuit voltage 21.5 V, Short circuit current 0.65 A, Photovoltaic module rated at 1000W/m^2 solar, Irradiant (AM1.5) and 25 C cell temperature, Maximum series fuse rating : 15 A, Maximum system open circuit voltage:1000V



รูปที่ 3.13 แผงโซล่าเซลล์

ติดตั้งโซล่าเซลล์บนหมวกเพื่อใช้รับแสงอาทิตย์ในขณะใช้ร่วมกับเครื่องตัดหญ้า โดยมีการออกแบบให้ด้านหลังสามารถปรับเลื่อนได้เพื่อให้เกิดความสมดุลขณะสวม

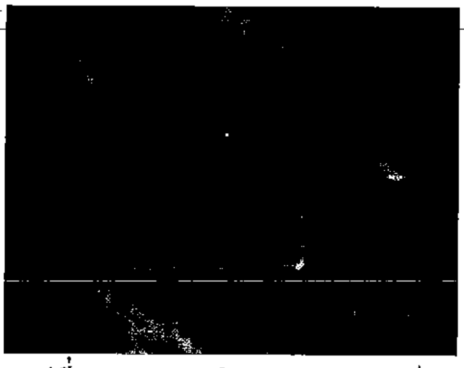


รูปที่ 3.14 ออกแบบให้ด้านหลังหมวกสามารถปรับเลื่อนได้

3.10 ออกแบบเครื่องควบคุมการประจุแล้วนำไปติดตั้งบนแผงโซล่าเซลล์

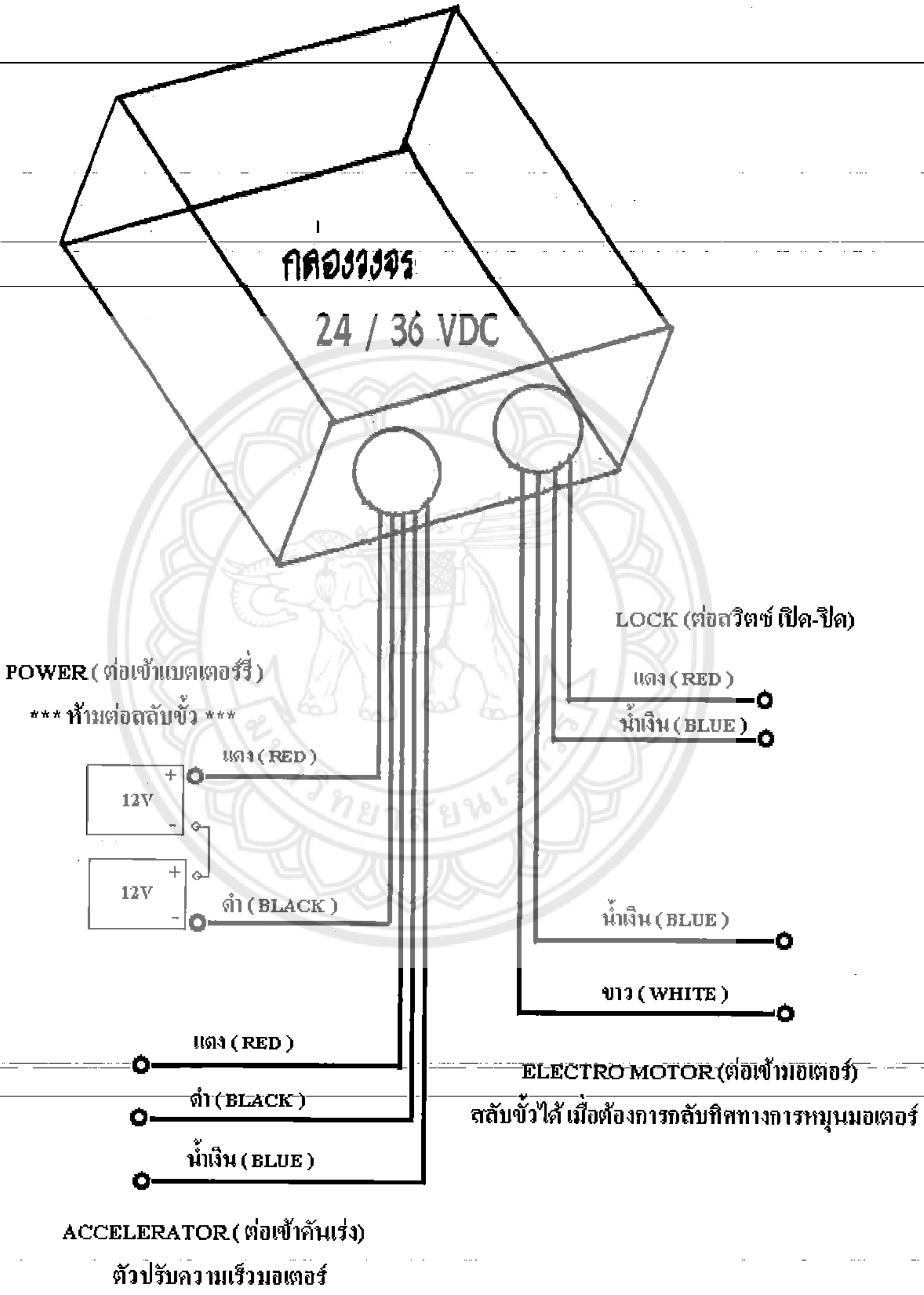
เครื่องควบคุมการประจุ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนมากต้องใช้เครื่องควบคุมประจุและไม่จำเป็นเสมอไปที่ระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องการอุปกรณ์เหล่านี้ครบทั้งหมด ขึ้นอยู่กับว่าจะนำไปใช้งานใด เช่น ต้องการเก็บไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่ ก็ต้องใช้เครื่องควบคุมการประจุ ฯลฯ

หน้าที่คือ ประจุไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลงในแบตเตอรี่จนเต็ม และควบคุมให้กระแสไฟฟ้าไหลราบเรียบยิ่งขึ้นรวมถึงไม่ให้กระแสไหลย้อนกลับไปหาโซล่าเซลด้วยในโครงงานนี้จึงใช้วงจรบริดธรรมดาโดยใช้ไดโอดมาต่อเป็นวงจรบริดในการชาร์จประจุเข้าแบตเตอรี่



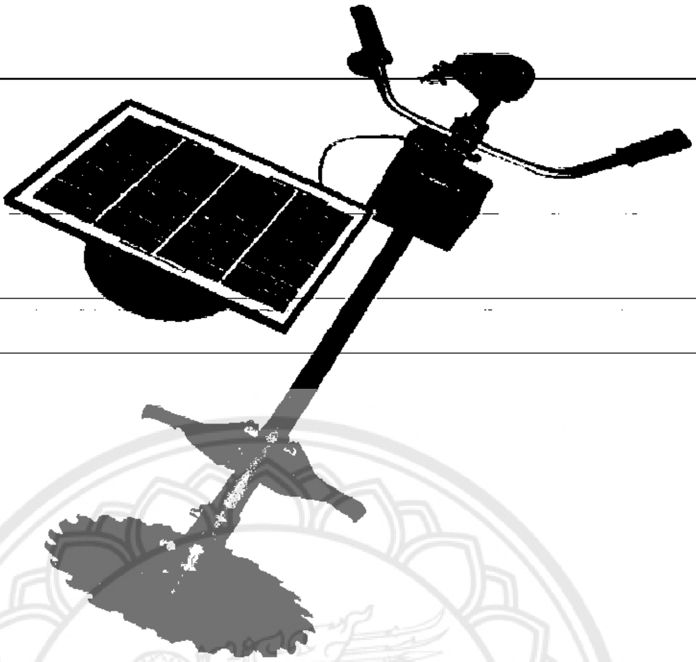
รูปที่ 3.15 วงจรบริดเรคติฟลายเออร์

3.11 ต่อสายไฟจากแบตเตอรี่เข้าชุดควบคุมความเร็วและมอเตอร์



รูปที่ 3.16 วิธีการต่อสายไฟเข้าอุปกรณ์ต่างๆ

3.12 ต่อแผงโซล่าเซลล์เข้ากับแบตเตอรี่



รูปที่ 3.17 เครื่องตัดหญ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประกอบเสร็จแล้ว

รูปที่ 3.18 การใช้งานเครื่องตัดหญ้าด้วยแสงอาทิตย์

3.13 ทดสอบสมรรถนะของเครื่องตัดหญ้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์โดยการนำไปใช้งานจริง และเก็บข้อมูล ดังนี้

3.13.1 จำนวนชั่วโมงการทำงาน

3.13.2 การลดค่าใช้จ่ายในเรื่องน้ำมัน

3.13.3 ประสิทธิภาพในการตัดหญ้าที่มีลักษณะแตกต่างกัน

บทที่ 4
ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

จากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องตัดหญ้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์โดยการนำไปใช้งานจริงและเก็บข้อมูลตามหัวข้อที่ 3.13 ทำให้ได้ผลการทดสอบ ดังนี้

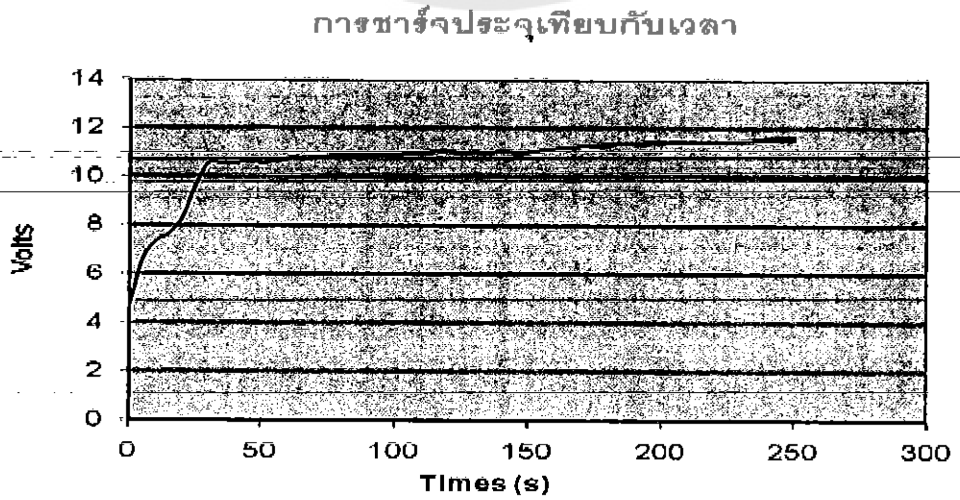
4.1 ประสิทธิภาพของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า

จากการทดสอบเครื่องตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้าสามารถทำงานได้ประมาณ 1ชั่วโมง30นาทีต่อการชาร์จประจุแบตเตอรี่หนึ่งครั้ง ซึ่งคิดเป็นเงินประมาณ 15บาท ส่วนเครื่องตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์ใช้งานเป็นเวลา 1ชั่วโมง30นาทีเท่ากันจะใช้น้ำมันประมาณ 0.75ลิตร คิดเป็นเงิน 22.50บาท(คิดที่ราคาน้ำมันลิตรละ30บาท)

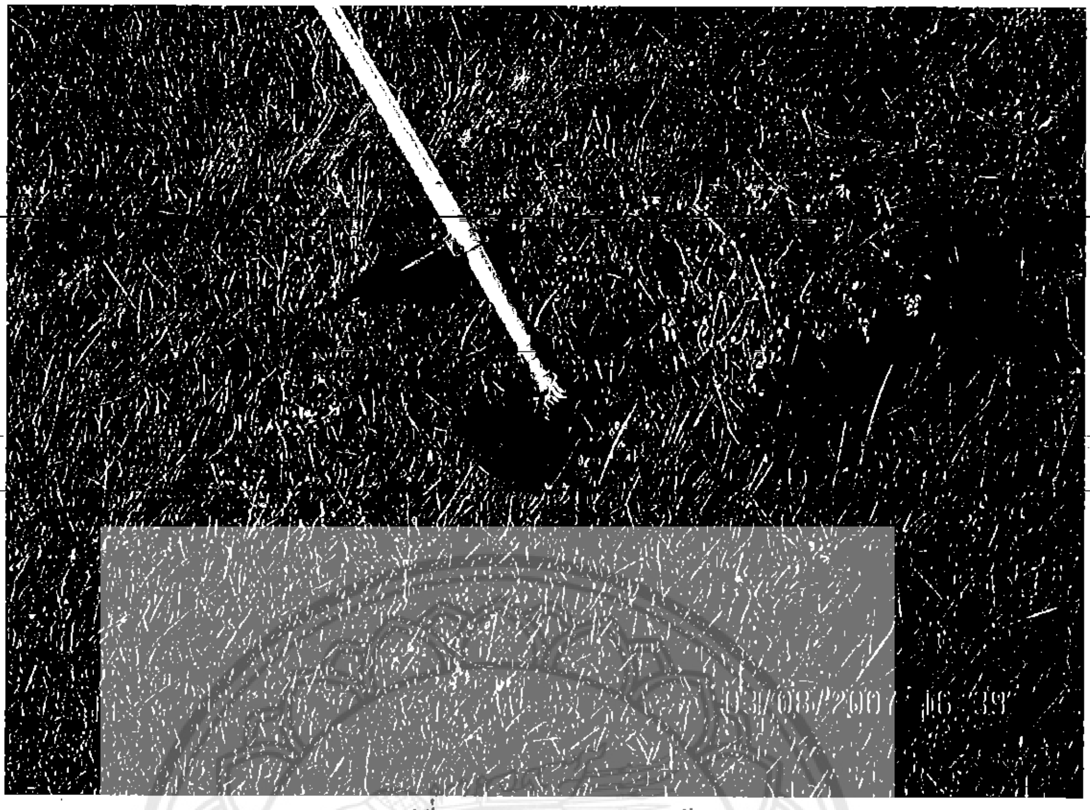
ถ้าต่อแผงโซล่าเซลล์เข้ากับแบตเตอรี่ในขณะใช้งานเครื่องตัดหญ้าและมีแสงอาทิตย์ที่เพียงพอเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าก็จะสามารถทำงานได้ประมาณ 2ชั่วโมง30นาที ซึ่งถ้าเป็นเครื่องตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์ใช้งานเป็นเวลา 2ชั่วโมง30นาทีเท่ากันจะใช้น้ำมันประมาณ 1.25ลิตร คิดเป็นเงิน 37.50บาท (คิดที่ราคาน้ำมันลิตรละ30บาท)

ดังนั้น ในช่วงการทำงานที่1ชั่วโมง30นาทีเท่ากันเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้เป็นเงิน 22.50 - 15.00 = 7.50 บาท และในช่วงการทำงานที่2ชั่วโมง30นาทีเท่ากันเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าที่มีการต่อแผงโซล่าเซลล์สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้เป็นเงิน 37.50 - 15.00 = 22.50 บาท

แต่ถ้าใช้การชาร์จประจุจากแผงโซล่าเซลล์ก็จะไม่มีต้นทุนในการชาร์จประจุทำให้เราสามารถประหยัดเงินได้ 22.50บาทต่อการใช้เครื่องตัดหญ้าเป็นเวลา1ชั่วโมง30นาทีโดยไม่มีการต่อแผงโซล่าเซลล์ควบคู่ในขณะใช้งานเครื่องตัดหญ้า และหากเราต่อแผงโซล่าเซลล์ควบคู่ขณะใช้เครื่องตัดหญ้าเราก็จะสามารถประหยัดเงินได้ 37.50บาท ต่อการตัดหญ้า 2ชั่วโมง30นาที



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการชาร์จประจุโดยใช้โซล่าเซลล์



รูปที่ 4.2 ขณะทำการตัดหญ้า

รูปที่ 4.3 หลังจากการตัดหญ้าเสร็จ

บทที่ 5
ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการทดลองประสิทธิภาพของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าจะเห็นว่าสามารถตัดหญ้าได้ดี แต่หากเป็นหญ้าที่มีความแข็งและเหนียวจะตัดได้ไม่ดีเท่าเครื่องตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์ และจากการเปรียบเทียบการใช้พลังงานจะเห็นว่าเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าจะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าเครื่องตัดหญ้าที่ใช้น้ำมันมากเพราะแหล่งงพลังงานที่ได้มาจากโซล่าเซลล์

5.2 ข้อเสนอแนะเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า

5.1.1 ในการต่อสายไฟเข้ามอเตอร์กระแสตรงของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าจะต้องต่อสลับขั้วคือให้ขั้วบวกของแบตเตอรี่ต่อเข้าขั้วลบของมอเตอร์และขั้วลบของแบตเตอรี่ต่อเข้าขั้วบวกของมอเตอร์ เพื่อให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา เพื่อทำให้มอเตอร์หมุนอัดเกลียวของแผ่นครัชให้แน่น ถ้าทำให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกาจะทำให้เกลียวของแผ่นครัชคลายออกแล้วทำให้ถีบตัวมอเตอร์ออกจากแผ่นครัช มอเตอร์จะเกิดความเสียหาย

5.1.2 ในการสตาร์ทมอเตอร์ควรใช้โหมดปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ก่อน เพราะถ้าใช้โหมดสตาร์ทแบบสวิทช์จะทำให้เกิดแรงกระชากรุนแรง ควรใช้โหมดปรับความเร็วรอบก่อนแล้วใช้โหมดแบบสวิทช์จะทำให้มอเตอร์สตาร์ทนุ่มนวลขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] ไชยชาญ หินเกิด. **เครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง.** สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย – ญี่ปุ่น).

[2] ธวัชชัย อัตถวิบูลย์กุล. **เครื่องกลไฟฟ้า 1.** นนทบุรี : ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ.

[3] พืชมงคล กันทะกอง . เอกฤทธิ์ ศรีคำภา. **แผงรวมแสงอาทิตย์ พลังงานแสงอาทิตย์** ปริญญานิพนธ์(วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า)) มหาวิทยาลัยนเรศวร ,2545.

[4] ร.ศ.สัมพันธ์ หาญชเล. **เครื่องจักรกลไฟฟ้า 1.** ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[5] ศุภชัย สุรินทร์วงศ์. **เครื่องกลไฟฟ้า 1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.** โครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย – ญี่ปุ่น).

[6] สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว. **เทคโนโลยีแสงอาทิตย์.** แก้ไขครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2530.

[7] สุรชาติ แซ่ซื้อ . ผ.ศ. ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล. **“แผงโซล่าเซลล์ระบบติดตามดวงอาทิตย์”** รวมบทความวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร. หน้า 1146-1151.

[8] Chenming Hn. Richard M. White. **SOLAR CELLS From Basics to Advances System.** University of California Berkeley. 1983 by Mekraw-Hill.

[9] James G. Stallcup. **Motors and transformers**. Based on the 1987 NEC.

[10] Jeff Keljik. **Electric Motors and Motor Controls.** An International Thomson Publishing Company.

[11] LARRY D.PARTAIN . Edward L. Ginston. **Solar Cells and Their Applications.** Research Center Palo Alto,California.

[12] Peter F. Ryff . **Electric Mechinery**. Ryerson Polyteenich University.

[13] Yuri V. Pleskov. “A Photo electrochemical Approach” **Solar Energy Conversion.** A.N. Frumkin of Electrochemistry Acadamy of sciences of the USSR.

[14] Http://www.bpcd.net/new_subject/industry/somboon/PIC877_sx/DCMotorControls.pdf

[15] Http://www.dede.go.th/dede

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

[16] Http://board.dserver.org/w/webdoae/00001880.html

[17] Http://www.micro4dev.com/

[18] Http://www.rmutphysics.com/CHARUD/specialnews/mechanical/6/index1.htm

[19] Http://www.vbenginc.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=196176&Ntype=2

ภาคผนวก โปสเตอร์ประกอบการแสดงโครงงาน

เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า

ELECTRIC GRASSCUTTER

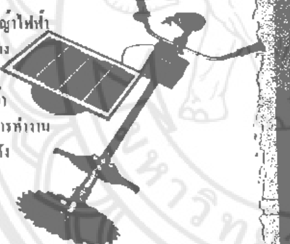
GRASSCUTTER

2. ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์ศักยภาพการใช้งานและประเมินศักยภาพของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า

4. ประยุกต์เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้ามาใช้งานแทนเครื่องตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์ เพื่อไม่เกิดการอนุรักษ์พลังงานและเป็นการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด

การออกแบบ

ในการทำโครงงานเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าจะต้องศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์เหล่านี้มาอย่างละเอียด ทดสอบการเพื่อให้เครื่องตัดหญ้าที่จะทำขึ้นมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุดและไม่เกิดปัญหาภายหลัง ซึ่งประกอบด้วย



มอเตอร์กระแสตรง 24 V. Output 350 W. Rate Speed 2500 RPM.

แบตเตอรี่แห้งกรดตะกั่ว 12 V. 7.5 A. จำนวน 2 ก้อน ต่ออนุกรมกัน

หัวตัดหญ้า

แผงโซล่าเซลล์

วงจรบริดเรคติฟายเออร์ทำหน้าที่ควบคุมให้กระแสไฟไหลผ่านเพียงทิศเดียวและไม่ให้กระแสไหลย้อนกลับ

ผลการทดลอง

จากการทดสอบเครื่องตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้าสามารถทำงานได้ 1ชั่วโมง30นาทีต่อการชาร์จประจุแบตเตอรี่หนึ่งครั้ง ซึ่งคิดเป็นเงินประมาณ 15บาท ส่วนเครื่องตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์ใช้งานเป็นเวลา 1ชั่วโมง30นาทีเท่ากันจะใช้น้ำมันประมาณ 0.75ลิตร คิดเป็นเงิน 22.50บาท (คิดที่ราคาน้ำมันลิตรละ30บาท) ถ้าต่อแผงโซล่าเซลล์เข้ากับแบตเตอรี่ในขณะใช้งานและมีแสงอาทิตย์ที่เพียงพอ เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าก็จะสามารถทำงานได้ประมาณ 2ชั่วโมง30นาที ซึ่งถ้าเป็นเครื่อง ตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์ใช้งานเป็นเวลา 2ชั่วโมง30นาทีเท่ากันจะใช้น้ำมันประมาณ 1.25ลิตร คิดเป็นเงิน 37.50บาท(คิดที่ราคาน้ำมัน ลิตรละ30บาท) ดังนั้น ในช่วงการทำงานที่1ชั่วโมง30นาทีเท่ากันเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้เป็นเงิน 22.50 - 15.00 = 7.50 บาท และในช่วงการทำงานที่2ชั่วโมง30นาทีเท่ากัน เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าที่มีการต่อแผงโซล่าเซลล์สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้เป็นเงิน 37.50 - 15.00 = 22.50 บาท

สรุป

จากการทดลองตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าจะเห็นว่าสามารถตัดหญ้าได้ดี แต่หากเป็นหญ้าที่มีความแข็งและเหนียวจะตัดได้ไม่ดีเท่าเครื่องตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์ จากการเปรียบเทียบการใช้พลังงานจะเห็นว่า เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าจะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าเครื่องตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์และถ้ามีการนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแสงอาทิตย์มาใช้ร่วมด้วยก็จะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายมากยิ่งขึ้นอีกทั้งยังเป็นการช่วยลดมลภาวะอีกด้วย

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร. สุชาติ แย้มเม่น

ผู้จัดทำโครงงาน
นาย คมสัน แปค้ำ
นาย ทรงพล แสนลื้ม
นาย เดชณรงค์ บุญมาพ

ภาควิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ประวัติผู้เขียนโครงงาน

ชื่อ-นามสกุล นายพรเทพ แสนติ๊บ

ภูมิลำเนา 230 ม.6 ต.แม่สิน อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย 64130

ประวัติการศึกษา

- จบมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเมืองเชลียง
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: jaaee_ee@hotmail.com

ชื่อ-นามสกุล นายคมสัน ธูปคำ

ภูมิลำเนา 251 หมู่ 9 ต.วัดโบสถ์ อ.วัดโบสถ์ จ.พิษณุโลก 65160

ประวัติการศึกษา

- ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงจากวิทยาลัยเทคนิคพิษณุโลก
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: khomsan_phet@hotmail.com

ชื่อ-นามสกุล นายเดชณรงค์ บุญเทพ

ภูมิลำเนา 67 หมู่ 6 ต.เวียงชัย อ.เวียงชัย จ.เชียงราย 57210

ประวัติการศึกษา

- จบมัธยมศึกษาจากโรงเรียน ภ.ป.ร.ราชวิทยาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: toodtu_narak@hotmail.com