สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

AUTOMATIC SOLARCELL MOVING CONTROL SYSTEM

วีระยุทธ เพ็ชรวงศ์
สรไกร ใจนวล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 66694
วันที่ลงรับ - 8 มิ.ย. 2549

ข 11660105
.....

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

Automatic Solarcell Moving Control System

ชื่อนักศึกษา 1. นายวีระยุทธ เพ็ชรวงศ์ รหัสประจำตัว 47035286

2. นายสรไกร ใจนวล รหัสประจำตัว 47035290

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.พรพิมล ฉายรัศมี

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. อ.สุระชัย พิมพ์สาลี	
2. อ.พรพิมล ฉายรัศมี	
3. รศ.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์	
4. ผศ.กิติพงศ์ มะโน	
5. อ.ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 27 เดือนเมษายน พ.ศ. 2549 เวลา 14.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.สุรสิทธิ์ ราตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 1 เดือน พ.ค. พ.ศ 2549

<BT482252>

ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

Automatic Solarcell Moving Control System

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาโปรแกรมและโครงสร้างของระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ
2. เพื่อออกแบบระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ
3. เพื่อสร้างระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ
4. เพื่อทดลองการทำงานของระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ
5. เพื่อนำระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติไปใช้งานจริง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
2. ได้แบบชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ
3. ได้ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ
4. ได้ผลการทดลองการทำงานของชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ
5. ได้ระบบการควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ	
นักศึกษา	นายวีระยุทธ	เพ็ชรวงศ์
	นายสรไกร	ใจนวล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.พรพิมล	ฉายรัศมี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์วิสุทธ์	สุนทรกนกพงศ์
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ปีการศึกษา	2548	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการสร้างระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เคลื่อนที่ตามแนวโคจรของดวงอาทิตย์ โดยอาศัยการเปรียบเทียบความเข้มของแสงที่วัดได้จาก 2 ตำแหน่งและใช้มอเตอร์กระแสตรงในการขับเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เคลื่อนตามแนววงโคจรของดวงอาทิตย์ ทำให้สามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายและช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระดับหนึ่ง ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำไปประยุกต์ใช้งานเป็นแหล่งจ่ายไฟสำรอง 12 โวลต์ดีซีขนาด 70 แอมป์แปร์และต่อใช้งานกับโหลดซึ่งเป็นหลอด LED SUPER BRIGHT จำนวน 3 ชุด ชุดละ 20 ดวงเพื่อให้แสงสว่างซึ่งสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Automatic Solarcell Moving Control System	
Students	Mr. Weerayut	Phetwong
	Mr. Sorakrai	Jainual
Advisor	Dr. Pornpimon	Chayratsami
Co-Advisor	Assoc.Prof. Wisuit	Sunthonkanokpong
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Telecommunication Engineering	
Academic Year	2005	

ABSTRACT

The thesis presents construction of Automatic Solarcell Moving Control System. A microcontroller is used to control solarcell panel to move following to the sun by the light intensity between two positions and direct current motor is used to move solarcell panel to receive fully light energy. The results of this project shows that the energy can be safe and so can electrical power. Also, it can be applied to an LED super bright at 60 tube by storing energy in battery of 12 volts 70 Ah.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ดีนั้น เนื่องจากความร่วมมือร่วมใจของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ดร.พรพิมล ฉายรัศมี รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ และอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านเป็นอย่างมากที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนถึงข้อมูลและอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการทดลองโครงงานและการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ และสำนักหอสมุดกลางที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูล

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้มีพระคุณสำหรับพวกเราที่ได้ให้การสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่างทางด้านการศึกษาตลอดมาจนถึงปัจจุบันและสุดท้ายนี้ต้องขอขอบคุณเพื่อนๆที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้เสมอมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 จุดมุ่งหมายของโครงงาน	1
1.3 สมมุติฐานของการจัดทำโครงงาน	1
1.4 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.5 ขั้นตอนการทำโครงงาน	2
1.6 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 ทฤษฎีพื้นฐานของมอเตอร์กระแสตรง	3
2.2.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	4
2.2.2 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	7
2.3 เซลล์แสงอาทิตย์	7
2.3.1 ลักษณะคุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์	8
2.3.2 ตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์	9
2.3.3 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์	11
2.3.4 ข้อจำกัดบางประการของการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์	14
2.3.5 ข้อควรระวัง	15
2.3.6 การดูแลรักษา	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.4 แบตเตอรี่	15
2.4.1 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่	16
2.4.2 แรงเคลื่อนของเซลล์	17
2.4.3 ปฏิกิริยาทางเคมีในเซลล์แบตเตอรี่	17
2.4.4 ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า	17
2.4.5 แรงดันกับความต้านทาน	18
2.4.6 กำลังงานต่อชั่วโมง	18
2.4.7 การประจุไฟใหม่ให้กับแบตเตอรี่	19
2.4.8 เซลล์แบบตะกั่ว-กรด	21
2.5 ออปแอมป์	23
2.5.1 คุณสมบัติทั่วไป	23
2.5.2 ลักษณะการทำงาน	24
2.5.3 คุณสมบัติและพารามิเตอร์บางชนิดของออปแอมป์	26
2.5.4 ค่าใช้งานต่างๆ ที่ควรเข้าใจ	31
2.5.5 ชนิดและรูปแบบต่างๆ ของออปแอมป์	31
2.6 ทฤษฎีหลักการของไมโครคอนโทรลเลอร์	32
2.6.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	32
2.6.2 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	33
2.6.3 โครงสร้างภายนอกของ MCS-51 เบอร์ AT89C2051	35
2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับดวงอาทิตย์	36
2.7.1 โครงสร้างของดวงอาทิตย์	36
2.7.2 พลังงานแสงอาทิตย์ที่แผ่รังสีมายังโลก	37
2.7.3 พลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นโลก	38
2.7.4 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์	39
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	41
3.1 กล่าวนำ	41
3.2 การออกแบบและสร้างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.4 การออกแบบและสร้างแผงวงจรขับมอเตอร์	47
3.5 การออกแบบและสร้างแผงวงจรตัดต่อมอเตอร์	49
3.6 การออกแบบและสร้างแผงวงจรตรวจสอบระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่	50
3.7 การออกแบบและสร้างแผงวงจรเร็กติไฟเออร์	52
3.8 การออกแบบและสร้างโครงเหล็กติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์	53
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	57
4.1 กล่าวนำ	57
4.2 การทดลองการประจุแบตเตอรี่	57
4.3 การทดลองใช้งานกับหลอด LED SUPER BRIGHT	62
บทที่ 5 บทสรุป	67
5.1 บทสรุป	67
5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข	67
5.3 แนวทางการพัฒนา	69
บรรณานุกรม	70
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	71
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	76
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	79
ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	84
ภาคผนวก จ ผังงาน	102
ภาคผนวก ฉ รหัสต้นฉบับของโปรแกรม	104
ภาคผนวก ช คู่มือการใช้งาน	108
ประวัติผู้แต่ง	114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การแบ่งชนิดของออปแอมป์ออกเป็นกลุ่มหรือตระกูล	31
2.2 หน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต 3	36
4.1 ผลการวัดกระแสครั้งที่ 1 วันที่ 4 พฤษภาคม 2549	57
4.2 ผลการวัดกระแสครั้งที่ 2 วันที่ 7 พฤษภาคม 2549	58
4.3 ผลการวัดกระแสครั้งที่ 3 วันที่ 8 พฤษภาคม 2549	59
4.4 ผลการทดลองวัดกระแสเฉลี่ยรวม	60
4.5 ผลการทดลองวัดอุณหภูมิเฉลี่ยรวม	61
4.6 ผลการทดลองที่จำนวน LED SUPER BRIGHT เท่ากับ 20 ดวง	63
4.7 ผลการทดลองที่จำนวน LED SUPER BRIGHT เท่ากับ 40 ดวง	63
4.8 ผลการทดลองที่จำนวน LED SUPER BRIGHT เท่ากับ 60 ดวง	63
ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	80
ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรวัอซด็อก	80
ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรตรวจจับระดับความเข้มแสง	80
ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรขับมอเตอร์	81
ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรตัดต่อมอเตอร์	81
ค.6 รายการอุปกรณ์ของวงจรตรวจสอบระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่	82
ค.7 รายการอุปกรณ์ของวงจรเร็กติไฟเออร์	82
ช.1 แสดงระดับแรงดัน	111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ	4
2.2 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึง และความเร็วรอบกับกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน	5
2.3 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความเร็วรอบกับกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม	6
2.4 กราฟลักษณะสมบัติกระแส – แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์	8
2.5 ความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันไฟฟ้าเทียบกับความเข้มของแสง	9
2.6 ความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันไฟฟ้าเทียบกับอุณหภูมิ	9
2.7 กราฟลักษณะสมบัติกระแส - แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์	10
2.8 กราฟลักษณะสมบัติกระแส - แรงดันที่อุณหภูมิต่างๆ	11
2.9 ผลของอุณหภูมิ	11
2.10 การต่อเรียงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีขนาดแรงดันและกระแสตามต้องการแบบขนานและอนุกรม	12
2.11 บล็อกกิ้งไดโอด	13
2.12 การต่อบายพาสไดโอดและการทำงาน	14
2.13 กราฟการเปรียบเทียบความจุของเซลล์แบบต่างๆ เมื่อพิจารณาน้ำหนักด้วย	19
2.14 การต่อแบตเตอรี่	20
2.15 ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างแผ่นบวกกับแผ่นลบระหว่างการจ่ายไฟออก	20
2.16 ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างแผ่นบวกกับแผ่นลบขณะที่ได้รับการประจุ	20
2.17 โครงสร้างของเซลล์แบบตะกั่ว-กรด	21
2.18 ไอออนบวกของตะกั่วจะออกจากคาโถด	22
2.19 แผนผังการทำงานของวงจรภายในภาคต่างๆ ของออปแอมป์	23
2.20 สัญลักษณ์ทั่วไปของออปแอมป์	24
2.21 ลักษณะของวงจรในอุดมคติของออปแอมป์	25
2.22 ความสัมพันธ์ของขั้วต่างๆระหว่างอินพุตและเอาต์พุตของออปแอมป์	26
2.23 วงจรที่ใช้ในการตั้งค่าศูนย์ให้แก่ออปแอมป์	27
2.24 อัตราสลูว์มีผลต่อการตอบสนองของสัญญาณเอาต์พุต	29
2.25 อัตราการขยายของออปแอมป์เทียบกับความถี่	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.26 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	33
2.27 ลักษณะขาภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ Pin	35
2.28 แสดงขนาดของดวงอาทิตย์เปรียบเทียบระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์	37
2.29 พลังงานแสงอาทิตย์ที่แผ่รังสีมายังโลก	38
2.30 ค่าจำกัดความของแอร์แมส	39
2.31 การพิจารณามุมต่างๆเพื่อหาค่ามุมเดคลิเนชั่น	39
2.32 ตำแหน่งมุมที่ดวงอาทิตย์กระทำกับโลกในรอบ 1 ปี	40
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ	42
3.2 แผนผังการทำงานของโปรแกรม	43
3.3 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	44
3.4 วงจรว็อชด็อก	45
3.5 วงจรตรวจจับระดับความเข้มแสง	46
3.6 วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง	48
3.7 วงจรกลับทางหมุนของมอเตอร์กระแสตรง	48
3.8 วงจรตัดต่อไฟเลี้ยงมอเตอร์	49
3.9 วงจรตรวจจับระดับรงดันและประจุแบตเตอรี่	50
3.10 วงจรเร็กติไฟเออร์	52
3.11 โครงสร้างระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ	53
3.12 โครงสร้างด้านหน้า	54
3.13 โครงสร้างด้านข้าง	54
3.14 แสดงรายละเอียดของส่วนที่ 2	55
3.15 แสดงรายละเอียดของส่วนที่ 3	55
3.16 โคมไฟหลอด LED SUPER BRIGHT	56
4.1 กราฟเปรียบเทียบการวัดกระแสครั้งที่ 1	58
4.2 กราฟเปรียบเทียบการวัดกระแสครั้งที่ 2	59
4.3 กราฟเปรียบเทียบการวัดกระแสครั้งที่ 3	60
4.4 กราฟเปรียบเทียบการวัดกระแสเฉลี่ยรวม	61
4.5 กราฟการวัดอุณหภูมิเฉลี่ยรวม	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 กราฟเปรียบเทียบการใช้งานของแบตเตอรี่ที่จำนวน LED SUPER BRIGHT เท่ากับ 20 ดวง	64
4.7 กราฟเปรียบเทียบการใช้งานของแบตเตอรี่ที่จำนวน LED SUPER BRIGHT เท่ากับ 40 ดวง	65
4.8 กราฟเปรียบเทียบการใช้งานของแบตเตอรี่ที่จำนวน LED SUPER BRIGHT เท่ากับ 60 ดวง	65
ก.1 ด้านหน้าเครื่องระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ	72
ก.2 ด้านข้างเครื่องระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ	72
ก.3 ช่องเก็บแบตเตอร์รี่ของเครื่องระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ	73
ก.4 ตำแหน่งการติดตั้งมอเตอร์	73
ก.5 ตำแหน่งการติดตั้งตัวตรวจจับแสงกลางวัน-กลางคืน	74
ก.6 กล่องสำหรับใส่ตัวตรวจจับแสงพร้อมกับฉากที่ใช้บังแสง	74
ก.7 โคมไฟหลอด LED SUPER BRIGTH	75
ก.8 วงจรเครื่องระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ	75
ข.1 วงจรรวม	77
ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรรวม	78
ข.3 ตำแหน่งการลงอุปกรณ์รวม	78
จ.1 ผังงานของโปรแกรมระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ	103
ช.1 ส่วนประกอบต่างๆบนหน้าปัทม์	110
ช.2 ส่วนประกอบต่างๆ ด้านหลังกล่อง	112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งานตามบ้านเรือนทั่วๆ ไปจะติดตั้งอยู่กับที่แต่ในขณะเดียวกันดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ตลอดเวลาทำให้แสงที่ตกกระทบที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอทำให้ได้พลังงานไฟฟ้าไม่เต็มที่เพราะแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะให้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดก็ต่อเมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ ดังนั้นเพื่อที่จะให้เซลล์แสงอาทิตย์สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและเพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าอย่างสูงสุดในการนำไปใช้งานจริงโดยการสร้างชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์

1.2 จุดมุ่งหมายของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาโปรแกรมและโครงสร้างของระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ
2. เพื่อออกแบบระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ
3. เพื่อสร้างระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ
4. เพื่อทดลองการทำงานของระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ
5. เพื่อนำระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติไปใช้งานจริง

1.3 สมมติฐานของการจัดทำโครงงาน

เมื่อนำระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติไปใช้งาน โดยควบคุมให้เซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ตลอดเวลาซึ่งทำให้แสงอาทิตย์มาตกกระทบตั้งฉากกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์อย่างเต็มที่ทำให้ได้พลังงานเต็มประสิทธิภาพมากขึ้น

1.4 ขีดความสามารถของโครงงาน

1. สามารถใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติเพื่อหาตำแหน่งที่ให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด
2. สามารถให้กำลังงานไฟฟ้าสูงสุดได้ 45 วัตต์ ณ ความเข้มของแสงอาทิตย์สูงสุด
3. สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรอง 12 โวลต์ดีซี ขนาด 70 แอมแปร์
4. สามารถติดตั้งในบริเวณที่มีแสงอาทิตย์และสะดวกในการเคลื่อนย้าย
5. ใช้งานกับโหลดซึ่งเป็นหลอด LED SUPER BRIGHT จำนวน 3 ชุด ชุดละ 20 ดวง
6. ใช้งานกับแผงโซล่าร์เซลล์ขนาดความกว้าง 33 เซนติเมตร ยาว 128 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนการทำโครงงาน

โครงงานนี้ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ซึ่งการทำงานในระยะแรกจะเริ่มต้นจากการทำฮาร์ดแวร์หลังจากนั้นเมื่อสร้างฮาร์ดแวร์ได้ระดับหนึ่งที่เพียงพอสำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุมได้ก็จะเริ่มเขียนโปรแกรมทดสอบพร้อมกับการทำฮาร์ดแวร์ส่วนอื่นเพิ่มในขณะเดียวกันนี้ก็จัดทำปริญญานิพนธ์ควบคู่กันไปด้วย และเมื่อทำโครงงานเสร็จเรียบร้อยแล้วจะให้ผู้ทรงคุณวุฒิทำการประเมินประสิทธิภาพของโครงงานต่อไป

1.6 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆเพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ จุดมุ่งหมายของโครงงาน สมมติฐานของการจัดทำโครงงาน ขีดความสามารถของโครงงาน ขั้นตอนการทำงาน และเนื้อหาโดยสังเขป

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ ประกอบด้วยเนื้อหาทางทฤษฎีพื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หลักการของเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ ออปแอมป์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และทฤษฎีเกี่ยวกับดวงอาทิตย์

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาเกี่ยวกับแผนผังการทำงานของโครงงาน ผังวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโครงงานตลอดจนการออกแบบและสร้างส่วนประกอบต่างๆ เช่น วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรตรวจจับระดับความเข้มของแสง วงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง วงจรตรวจสอบระดับแรงดันและวงจรประจุแบตเตอรี่ และโครงสร้างชุดขับเคลื่อนเซลล์แสงอาทิตย์

บทที่ 4 ประกอบด้วยการทดลองและผลการทดลอง ประกอบด้วยขั้นตอนการทดลอง แสดงการเปรียบเทียบผลระหว่างการประจุกระแสโดยใช้โครงงานนี้กับการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแนวขนานกับพื้นว่ามีผลการทดลองแตกต่างกันอย่างไร และการประยุกต์ใช้งานกับหลอด LED SUPER BRIGHT จำนวน 3 ชุด ชุดละ 20 ดวง ว่าสามารถให้แสงสว่างตลอดการใช้งาน 24 ชั่วโมงได้จริงหรือไม่

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงงาน ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข รวมทั้งแนวทางการพัฒนา

ภาคผนวก ก แสดงภาพเครื่องต้นแบบ การติดตั้ง การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ขณะใช้งานจริง

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยผังรายละเอียดวงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้ในแต่ละวงจร

ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

ภาคผนวก จ แสดงแผนผังการทำงาน

ภาคผนวก ฉ รหัสต้นฉบับโปรแกรม

ภาคผนวก ช คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

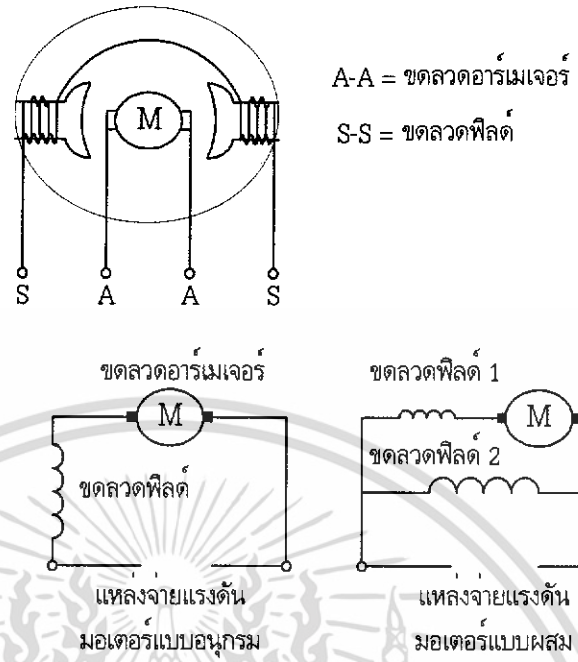
เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้เป็นทฤษฎีและหลักการที่นำไปใช้ประกอบการสร้างโครงงาน ประกอบด้วย ทฤษฎีพื้นฐานของมอเตอร์กระแสตรง การควบคุมการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง เซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ หลอด LED SUPER BRIGTH ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับออปแอมป์ ทฤษฎีหลักการของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะได้กล่าวดังต่อไปนี้

2.2 ทฤษฎีพื้นฐานของมอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการดูดและผลักของสนามแม่เหล็ก มอเตอร์ได้เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องต่อการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมโดยตรง มอเตอร์เป็นแหล่งต้นกำลังที่สามารถได้รับการควบคุมได้โดยง่ายด้วยขบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์จึงทำให้มอเตอร์แพร่หลาย ภายในโรงงานจะมีมอเตอร์มากมายหลายแบบตั้งแต่แบบเล็กๆ ที่ใช้ในงาน ควบคุมจนถึงมอเตอร์ต้นกำลังขนาดใหญ่โตหลายร้อยแรงม้า

อุปกรณ์ทางด้านโซลิดสเตทโดยเฉพาะอย่างยิ่งไทริสเตอร์ได้มีบทบาทที่สำคัญในการควบคุมมอเตอร์ สามารถควบคุมการเริ่มต้นของมอเตอร์ การหมุนเดินหน้า ถอยหลัง การปรับตัวเร็ว ควบคุมความเร็วให้คงที่ ควบคุมแรงบิด เป็นต้น ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะมีขั้วแม่เหล็กอยู่ ส่วนตรงข้ามจะเป็นขั้วที่ต่างกัน เรียกว่า โพล (Pole) ซึ่งจะให้สนามแม่เหล็กออกมาเรียกว่า ฟิลด์ฟลักซ์ (Field Flux) ส่วนแท่งเหล็กที่พันรอบด้วยเส้นลวดอาบฉนวน ที่ติดอยู่กับแกนหมุน หรือทุ่นอาร์เมเจอร์ (Armature) จะให้สนามแม่เหล็กออกมา เรียกว่า อาร์เมเจอร์ฟลักซ์ (Armature Flux) เมื่อเราต่อมอเตอร์ในลักษณะของขดลวดเหล่านี้ผสมกันแล้วจะได้ชนิดของมอเตอร์ไฟตรงเป็น 3 ชนิดคือ มอเตอร์แบบขนาน (Shunt Motor) มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor) และมอเตอร์แบบผสม (Compound Motor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่างๆ

สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้น มีข้อดีในแง่ของการควบคุม ซึ่งเราสามารถควบคุมความเร็วได้โดยง่าย แต่ปัญหาในแง่แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง และราคาของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นข้อจำกัดที่ทำให้มอเตอร์ชนิดนี้มีผู้ใช้งานน้อยลง

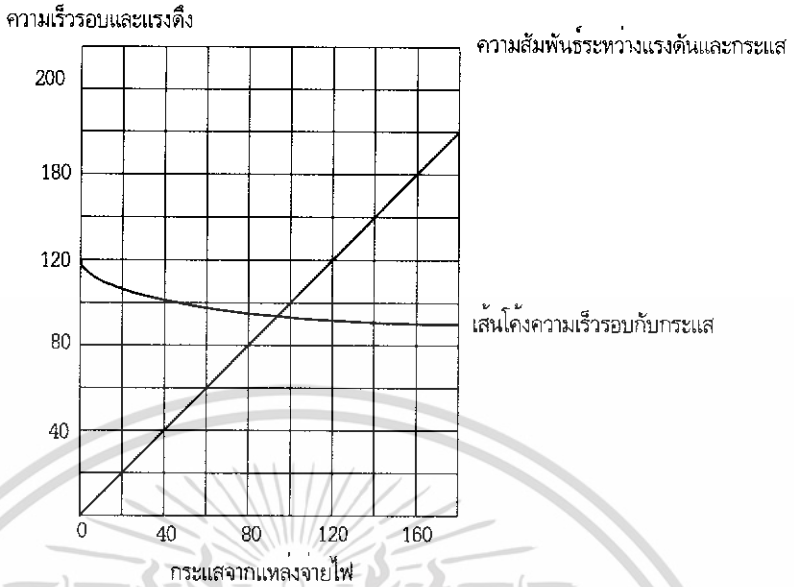
2.2.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.2.1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor)

สำหรับกรณีของมอเตอร์แบบขนาน เนื่องจากวงจรขนาน และวงจรอาร์เมเจอร์ซึ่งต่อขนานกันได้รับไฟกระแสตรงจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าชุดเดียวกัน เมื่อแรงดันของแหล่งจ่ายและความต้านทานสนามไฟฟ้าที่ค่าคงที่ ถึงแม้ว่าโหลดจะมีค่าที่เปลี่ยนแปลงก็ตามจะได้ฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าคงที่ เส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและกระแสจะมีลักษณะเป็นเส้นตรงดังรูปที่ 2.2

ขณะมอเตอร์ทำงานถ้าทำการลดโหลดให้มีค่าต่ำลง กระแสจะมีค่าต่ำลงด้วย แต่เนื่องจาก ฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าเกือบคงที่ เมื่อแรงดันคงที่ ดังนั้นความเร็วรอบจะมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ตรงกันข้ามถ้าให้โหลดหรือกระแส มีค่าลดลงความเร็วรอบจะลดลงน้อยมาก นั่นคือ การรักษาระดับความเร็ว (Speed Regulation) มีค่าน้อยมากดังแสดงด้วยเส้นโค้งในรูปที่ 2.2 และเส้นโค้งนี้เรียกว่า เส้นโค้งความเร็วรอบกับกระแสซึ่งมีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรงในระดับแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึง และความเร็วรอบกับกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

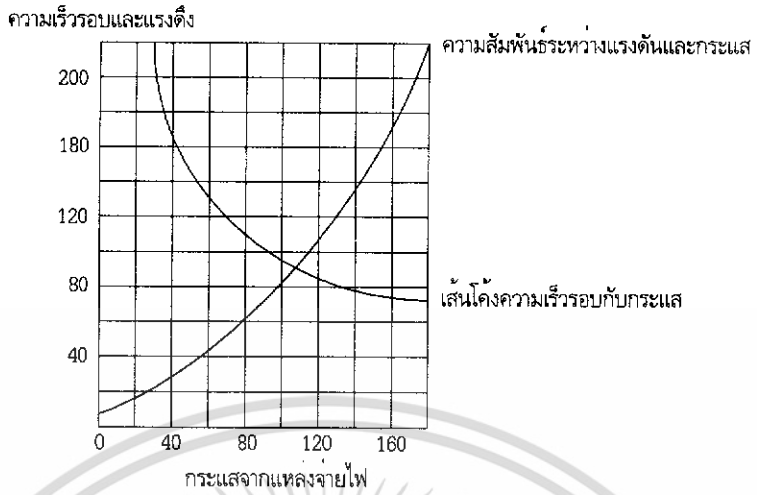
ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วนั้น เป็นกรณีที่ไม่ได้คำนึงถึงเรื่องปฏิกิริยาของขดลวด อาร์เมเจอร์ (Amateur Reaction) ถ้าคำนึงถึงเรื่องปฏิกิริยาของขดลวดอาร์เมเจอร์ด้วยแล้ว สำหรับกรณีที่ กระแสมีค่าน้อยๆ ฟลักซ์แม่เหล็กจะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยกรณีที่ กระแสมีค่ามากๆ ฟลักซ์แม่เหล็กจะมีค่าลดลงบ้างเล็กน้อยทำให้การรักษาระดับ ความเร็วในสภาวะการเปลี่ยนแปลงของโหลด มีค่าน้อยกว่ากรณีที่ไม่ได้คำนึงถึงเรื่องปฏิกิริยาของขดลวดอาร์เมเจอร์ จากคุณสมบัติอันนี้จะเห็นว่ามอเตอร์แบบขนานจะเหมาะกับงานที่ต้องการลักษณะการรักษาระดับความเร็วน้อยๆ เป็นอย่างยิ่ง เช่น งานด้านเครื่องมือเครื่องจักร เป็นต้น แต่ไม่เหมาะกับงานที่ต้องการแรงดึงสูงๆ

2.2.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม (Series Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมจะต่างกับแบบขนานตรงที่ว่า ฟลักซ์แม่เหล็กจะไม่คงที่ แต่จะมีค่าเพิ่มลดตามกระแส และในบริเวณเส้นตรง ที่อยู่ต่ำกว่าส่วนโค้งงอของเส้นโค้ง แมกเนไตเซชั่น (Magnatrization) ลงมา

โดยทั่วไปมอเตอร์จะใช้กระแส 1.3-1.7 เท่าของกระแสพิกัด ในการขับเคลื่อนให้หมุน ดังนั้น แรงดึงที่ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ให้หมุนจะมีค่ามากกว่าแรงดึงที่กระแสพิกัดมาก ยิ่งให้กระแสขับเคลื่อนมีค่ามาก แรงดึงขับเคลื่อนจะยิ่งมีค่ามากขึ้นเช่นกัน นั่นคือ ถ้าใช้กระแสขับเคลื่อนในอัตราส่วนที่เท่าๆ กันมอเตอร์อนุกรมจะใช้แรงดึงขับเคลื่อนได้มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความเร็วรอบกับกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

มอเตอร์แบบขนานจัดอยู่ในประเภทความเร็วรอบคงที่ ขณะที่มอเตอร์แบบอนุกรมจัดอยู่ในประเภทที่สามารถเปลี่ยนค่าความเร็วรอบได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 จากเส้นโค้ง ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกระแสไฟฟ้า มอเตอร์แบบอนุกรมนี้ จะเห็นว่าไม่ว่าจะทำการขับเคลื่อนมอเตอร์ขณะที่ไม่มีโหลดหรือมีโหลดต่ออยู่น้อยมาก โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าที่แรงดันพิกัดหรือจะทำการปลดโหลดออกหมด หรือเพียงบางส่วนในขณะมอเตอร์ทำงานก็ตาม ความเร็วรอบของมอเตอร์จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากอย่างรวดเร็ว ซึ่งลักษณะเช่นนี้เรียกว่า รันอะเวย์ (Run Away) และจำเป็นที่จะต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดขึ้น ดังนั้นในกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบอนุกรมจึงตั้งเป็นกฎห้าม ไม่ให้ใช้สายพานในการหมุนขับเคลื่อนระหว่างตัวมอเตอร์กับโหลด ทั้งนี้เพราะถ้าสายพานขาด หรือ หลวมคลายตัวออกจะทำให้มอเตอร์เกิดการรันอะเวย์ได้

2.2.1.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ที่อาศัยคุณสมบัติการทำงานร่วมกันของขดลวดอนุกรม (ให้แรงดึงขณะเริ่มเดินเครื่องสูง) และขดลวดแบบขนาน (ให้ความเร็วรอบเกือบคงที่) ในอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมมอเตอร์ชนิดนี้จะให้กระแสจำนวนมากไหลผ่านขดลวดอนุกรมในช่วงเริ่มเดินเครื่องจึงให้คุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมในช่วงนี้กล่าวคือให้แรงดึงขณะเริ่มเดินเครื่องที่สูงกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานในปริมาณของกระแสเริ่มเดินเดียวกัน หลังจากนั้นมีความเร็วรอบ n สูงขึ้นเรื่อยๆ กระแสซึ่งไหลผ่านขดลวดอนุกรมจะน้อยลงเรื่อยๆ ทำให้คุณสมบัติของขดลวดอนุกรมที่แสดงออกลดน้อยลงช่วงการทำงานของมอเตอร์ชนิดนี้จะแสดงคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานคือให้ความเร็วรอบที่เกือบคงที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนี้เหมาะที่จะนำไปขับเคลื่อนโหลดในลักษณะเช่น ลิฟต์ เป็นอย่างยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอุตสาหกรรมการผลิตบางชนิด ต้องการความเร็วรอบคงที่ตลอดไม่ว่าโหลดจะเปลี่ยนแปลงอย่างไรก็ตามนั้น แม้จะเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานก็ไม่สามารถตอบสนองความต้องการได้ทั้งหมด ทั้งนี้เพราะจากคุณสมบัติทางด้านความเร็วรอบของมอเตอร์แบบขนานนี้จะเห็นว่า เมื่อโหลดมีค่าเปลี่ยนแปลงไปอัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเศษและส่วนความเร็วรอบจะมีค่าไม่เท่ากัน

2.2.2 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำได้ 2 วิธี คือ

1. การควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของอาร์เมเจอร์

เนื่องจากความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะแปรผันตรงกับแรงดันที่ใส่ให้กับขดลวดอาร์เมเจอร์ ดังนั้นเราจึงสามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยการควบคุมแรงดันของอาร์เมเจอร์ วิธีการนี้จะใช้ในช่วงความเร็วที่ต่ำกว่าความเร็วที่กำหนด (Base Speed) หรือ n base การควบคุมแบบนี้จะทำให้แรงบิดสูงสุดส่วนกำลังออกของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นตามความเร็วเป็นเส้นตรงโดยจะมีกำลังออกสูงสุด การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงโดยทั่วไปจะใช้วิธีนี้เพราะให้แรงบิดสูง

2. การควบคุมความเข้มของสนามแม่เหล็ก

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงในย่านความเร็วที่สูงกว่าความเร็วที่กำหนดจะทำได้โดยการควบคุมกระแสของขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ เมื่อต้องการเพิ่มความเร็วจะต้องลดขนาดของกระแสของขดลวดลง การลดความเข้มของสนามแม่เหล็กของมอเตอร์จะมีผลทำให้แรงบิดสูงสุดของมอเตอร์ลดลง ขณะที่กำลังออกสูงสุดของมอเตอร์จะไม่เปลี่ยนแปลง วิธีนี้จะใช้กับโหลดที่ต้องการความเร็วสูงโดยที่แรงบิดของโหลดจะต้องลดลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ไม่เช่นนั้นจะเป็นการเกินกำลังของมอเตอร์

2.3 เซลล์แสงอาทิตย์

ทุกๆ วินาทีดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนไฮโดรเจนปริมาณ 600 ล้านตัน เป็นฮีเลียม ในขณะเดียวกันจะปล่อยพลังงานออกมามหาศาลชนิดที่โลกเรานำมาใช้ได้นับล้านๆ ปีแต่พลังงานที่ดวงอาทิตย์ปล่อยออกมาถึงโลกมนุษย์จริงๆ จำนวนเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากโลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ประมาณ 150 ล้านกิโลเมตร พลังงานของดวงอาทิตย์จะมาถึงโลกในเวลา 8 นาที ปล่อยมาในรูปของรังสีออกไปในเนื้อที่ถึง 3×10^7 ตารางกิโลเมตร ผิวโลกได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ปริมาณ 113×10^6 ตารางกิโลเมตรเท่านั้น จำนวนนี้เท่ากับ 4 ในพันล้านส่วน

เราเปลี่ยนพลังงานที่ดวงอาทิตย์ส่งมานี้ให้เป็นความร้อน หรือไฟฟ้าได้ด้วยการใช้ตัวเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ ตัวแมกนีโตไฮโดรไดนามิก และเซลล์สร้างไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์

ขณะนี้การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ประสบปัญหาสำคัญประการหนึ่ง คือ ต้นทุนสูงแต่มีข้อดีหลายประการเช่น

1. มีความสามารถในการใช้งานที่ถาวร (อายุการใช้งานมากกว่า 20 ปีขึ้นไป)

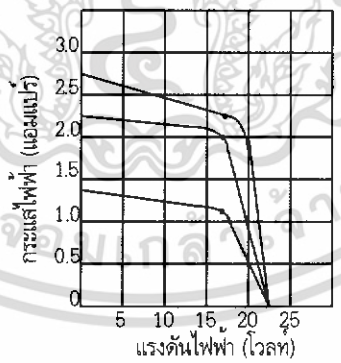
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เซลล์แสงอาทิตย์เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สามารถให้อัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าต่อน้ำหนักสูงที่สุดเมื่อเทียบกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าอื่น
3. มีตามธรรมชาติ และจำนวนมหาศาล
4. นำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง หรือทางอ้อม ทำให้หมดปัญหาเรื่องระบบส่งกำลัง
5. เครื่องกำเนิดพลังงานโดยใช้แสงอาทิตย์ไม่ต้องมีอุปกรณ์ส่วนใดเคลื่อนไหว หรือโยกย้าย ทำให้บำรุงรักษาและดูแลสะดวก
6. ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษ
7. ปลอดภัยต่อชีวิต และทรัพย์สินในระหว่างใช้งาน เช่น ไม่ก่อให้เกิดปัญหาไฟไหม้ ไม่เป็นอันตรายต่อเด็กเหมือนกับการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป
8. ใช้งานได้ทุกสภาพพื้นที่และภูมิอากาศ เช่น กลางทะเล หุบเขา ทะเลทราย หรืออวกาศ เป็นต้น
9. มีความเชื่อถือได้สูง
10. ไม่ต้องเสียค่าเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า

2.3.1 ลักษณะคุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์

ลักษณะคุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งแบ่งออกได้ 3 ประการ คือ

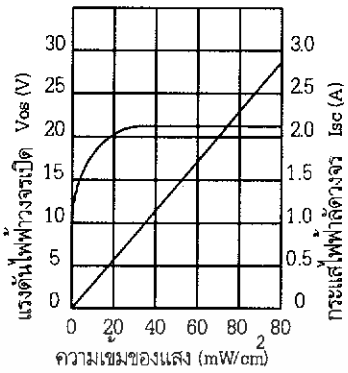
1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะให้กระแสคงที่ ทั้งกระแสและแรงดันไฟฟ้าจะมีความสัมพันธ์กัน จากกราฟลักษณะสมบัติกระแส – แรงดัน โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีจุดให้พลังงานสูงสุด ณ ตำแหน่งที่วงกลมในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 กราฟลักษณะสมบัติกระแส – แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์

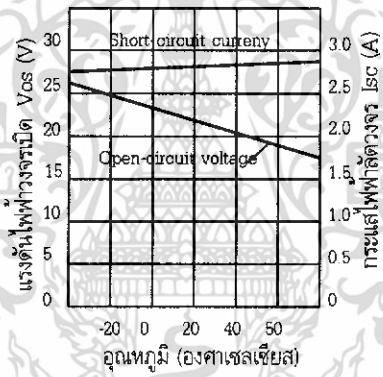
2. กระแสจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าแทบจะไม่แปรเปลี่ยนตามความเข้มของแสงเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันไฟฟ้าเทียบกับความเข้มของแสง

3. กระแสจะไม่แปรตามอุณหภูมิ ที่เปลี่ยนแปลงในขณะที่แรงดันไฟฟ้าจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

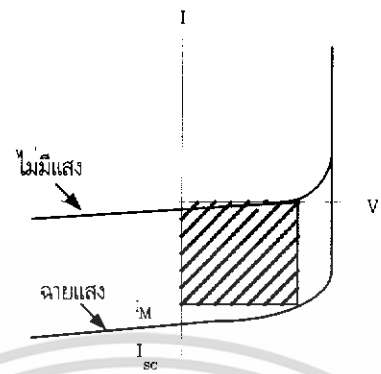


รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันไฟฟ้าเทียบกับอุณหภูมิ

2.3.2 ตัวแปรที่สำคัญของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างหลักของเซลล์แสงอาทิตย์ ได้แก่ รอยต่อพี – เอ็น ซึ่งมีลักษณะทางไฟฟ้าเช่นเดียวกับไดโอดโดยทั่วไป ดังนั้น เซลล์แสงอาทิตย์จึงมีคุณสมบัติของกระแสและแรงดันดังเส้นประในรูปที่ 2.7 ในสภาพไม่ถูกแสง และเมื่อมีการฉายแสงมาตกกระทบรอยต่อจะเกิดปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิกขึ้น ลักษณะคุณสมบัติของกระแสและแรงดันไฟฟ้าจะเปลี่ยนเป็นเส้นเต็มในรูปที่ 2.7 พื้นที่ภายใต้เส้นที่แรเงา คือ กำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์นั้นผลิตได้ แต่กำลังไฟฟ้าที่จะนำมาใช้งานจริงๆนั้นจะถูกกำหนดได้จากการต่อโหลดที่เหมะสม เพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าค่าสูงสุดในรูปที่ 2.7 จุด I_M ซึ่งค่าของกระแสและแรงดันนี้ยังมีเงื่อนไขอื่นๆที่ทำให้เปลี่ยนแปลงได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 กราฟลักษณะคุณสมบัติของกระแส – แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์

1. ค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (Open circuit voltage = V_{OC}) เป็นแรงดันที่วัดได้เมื่อเปิดวงจร (ไม่ได้ต่อใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า)

2. ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Voltage = V_M) เป็นแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เมื่อต่อโหลดที่มีค่าถูกต้อง ในการนำเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้งานจริงเซลล์ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วย ดังนั้น อุณหภูมิของเซลล์จึงเพิ่มขึ้น ผลที่ตามมา คือ คุณสมบัติของเซลล์จะเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งพอสรุปได้ว่าค่าแรงดันไฟฟ้าจะมีค่าลดลงดังรูปที่ 2.8

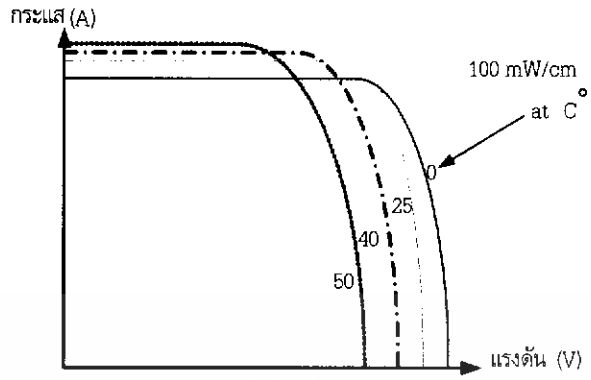
3. ค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Short Circuit = I_{sc}) เป็นกระแสไฟฟ้าที่วัดได้เมื่อลัดวงจรแผงเซลล์แสงอาทิตย์

4. ปริมาณของกระแสฟ้าสูงสุด (Maximum Current = I_M) เป็นปริมาณที่วัดได้เมื่อต่อโหลดที่มีค่าถูกต้อง เนื่องจากขณะทำงานเซลล์แสงอาทิตย์จำเป็นต้องมีพลังงานมากระตุ้นให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระและโฮลสูงขึ้นด้วย

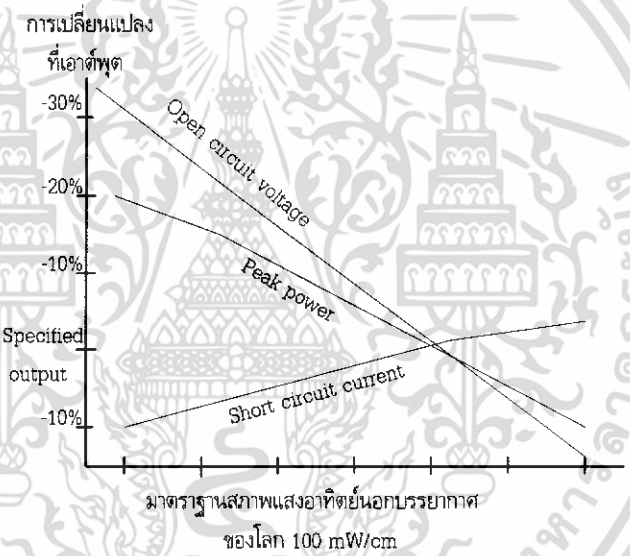
อุณหภูมิของเซลล์เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่จะทำให้กระแสไฟฟ้าสูงขึ้น แต่จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อเทียบกับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลง ซึ่งผลก็คือ จะทำให้พลังงานลดลง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นดังรูปที่ 2.9

5. AM (Air Mass) ความเข้มของแสงวัดที่ AM = 0 (สภาพของแสงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกเป็นมาตรฐานที่กำหนดโดย NASA) จะได้ค่า mW/cm^2 ส่วนความเข้มของแสงอาทิตย์วัดที่ AM = 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 กราฟลักษณะคุณสมบัติของกระแส – แรงดันที่อุณหภูมิต่างๆ



รูปที่ 2.9 ผลของอุณหภูมิ

(สภาพของแสงอาทิตย์บนพื้นโลก เมื่อดวงอาทิตย์ทำมุม 60° กับพื้นโลก) จะมีค่าประมาณ 72 – 75 mW/cm^2 AM = 1.5 ซึ่งนิยมใช้กันในการกำหนดสมรรถนะของเซลล์แสงอาทิตย์ ได้แก่ แสงอาทิตย์ที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่งปราศจากเมฆหมอก และวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลกจะได้ความเข้มแสงมีค่าเท่ากับ 100 mW/cm^2

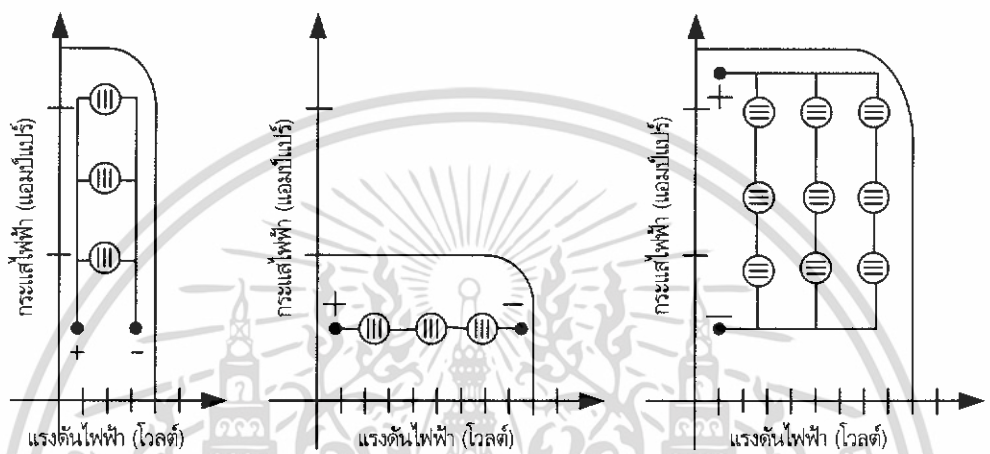
2.3.3 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์กำเนิดพลังงานไฟฟ้า ซึ่งประกอบไปด้วยอุปกรณ์ส่วนต่างๆ ดังนี้

1. เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลล์แสงอาทิตย์มีรูปร่างลักษณะที่แตกต่างๆ กันแต่ที่นิยมใช้กันมากมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบสี่เหลี่ยม (100 mm ×100 mm) และแบบวงกลม (เส้นผ่าศูนย์กลาง 100 mm) ซึ่งอาจถูกตัดเป็นชิ้นเล็กๆย่อยออกไปอีก เซลล์แสงอาทิตย์ไม่ว่าจะชิ้นใหญ่หรือว่าชิ้นเล็กจะมีแรงดันคงที่ประมาณ 0.5 โวลต์ แต่กระแสจะเปลี่ยนไปตามพื้นที่หน้าตัดของชิ้นเซลล์ ซึ่งโดยเฉลี่ยจะให้กระแสลัดวงจรประมาณ 3 A/ 100 cm^2



รูปที่ 2.10 การต่อเรียงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีขนาดแรงดันและกระแสตามต้องการแบบขนานและอนุกรม

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกออกแบบโดยอาศัยการนำชิ้นเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อกันแบบอนุกรม หรือแบบขนานตามต้องการ ดังรูปที่ 2.10 โดยปกติแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกออกแบบให้ใช้กับระบบไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ จึงต้องนำเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อกันแบบอนุกรมจำนวน 32 ถึง 36 ชิ้น ก็จะได้แรงดัน 16 ถึง 18 โวลต์ เพื่อที่จะประจุไฟลงในแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ได้

2. กระจกนิรภัย

สามารถให้แสงผ่านได้สูง (Tempered Low Iron , High Transmission Glass) โดยให้แสงผ่านได้ถึง 92%

3. EVA (Ethylene – Vinyl Acytate)

สามารถเคลือบป้องกันไม่ให้ความชื้นและฝุ่นละอองถูกเซลล์แสงอาทิตย์

4. กรอบ (Frame)

ใช้อลูมิเนียมชุบแข็ง (Anodised Aluminium) เพื่อทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศในประเทศไทยได้ดี หรือใช้วัสดุอื่นที่ออกแบบให้เหมะสมกับการใช้งานในแต่ละสภาพแวดล้อม

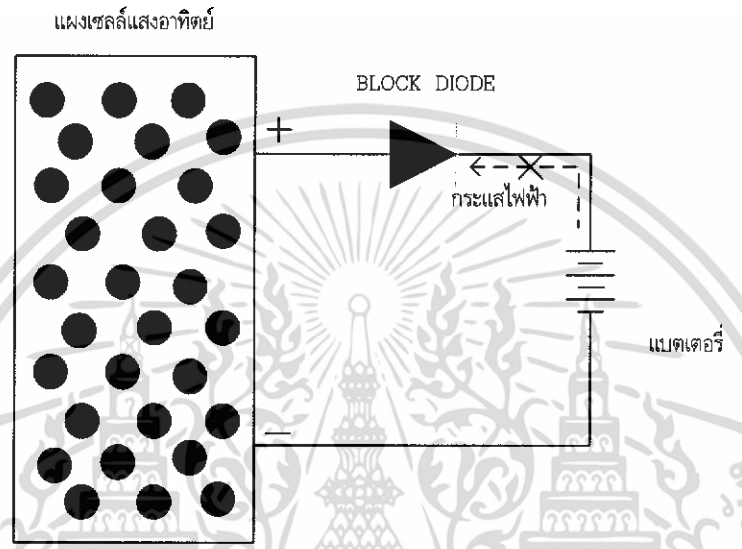
5. แผ่นยึดด้านหลัง (Back Cover)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้สารโพลีเมอร์ที่มีชื่อทางการว่า Tedllar ซึ่งมีแผ่นอลูมิเนียมบางๆ แทรกอยู่ตรงกลาง

6. บล็อกกิ้งไดโอด (Blocking Diode)

เป็นไดโอดที่ต่อไว้เพื่อป้องกันไม่ให้กระแสจากแบตเตอรี่ไหลกลับไปสู่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ไม่มีแสงแดด ดังรูปที่ 2.11

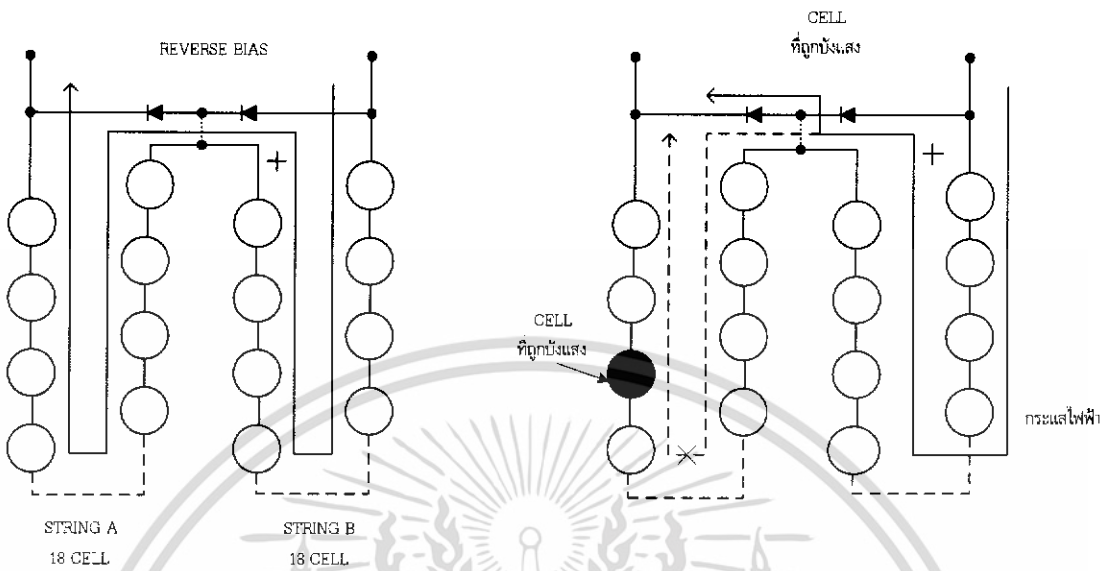


รูปที่ 2.11 บล็อกกิ้งไดโอด

7. บายพาสไดโอด

เป็นไดโอดที่ต่อคร่อมระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์ 2 แถว เพื่อป้องกันไม่ให้กระแสขาดวงจรและทำให้เกิดจุดไหม้บนเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อมีเงามาบังเซลล์ ในขณะที่ใช้งานปกติ บายพาสไดโอดจะถูกต่อแบบรีเวอร์สไบอัส กระแสในแต่ละแถวก็จะไหลปกติ แต่เมื่อเซลล์ตัวใดตัวหนึ่งถูกเงาบังหรือขาดวงจร บายพาสไดโอดก็จะถูกต่อแบบฟอร์เวอร์ส กระแสจะไหลผ่านตัวไดโอดโดยไม่ผ่านเซลล์แถวนั้นๆ ดังรูปที่2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 การต่อบายพาสไดโอดและการทำงาน

2.3.4 ข้อจำกัดบางประการของการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่จากเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่ใช้แผงเซลล์ใหญ่เพียงอันเดียว แต่จะใช้โมดูลย่อยซึ่งมีระดับแรงดันมาตรฐานมาต่ออนุกรมหรือขนาน เพื่อให้ได้แรงดันและกำลังไฟฟ้าตามระบบที่ต้องการซึ่งมีข้อควรจำในการต่อเซลล์โดยสังเขปดังนี้

1. เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าและแรงดันสูงๆ จะต้องนำเซลล์จำนวนหนึ่งมาต่ออนุกรมและขนานอยู่ในแผง

2. การเลือกเซลล์ให้เหมาะสมกัน ควรมีแรงดันวงจรเปิดเท่ากันทุกตัว และที่สำคัญที่สุดคือ เซลล์ทุกตัวจะต้องมีแรงดันที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดเหมือนกัน หรือใกล้เคียงกันมากที่สุด ส่วนเซลล์ที่นำมาต่ออนุกรมควรมีกระแสลัดวงจรเหมือนกัน และมีกระแสที่จุดกำลังไฟสูงสุดเท่ากัน ถ้าหากใช้เซลล์ที่คู่ควรกัน ผลก็คือจะได้แผงที่ไม่มีประสิทธิภาพเพราะเซลล์ที่มีแรงดันและกระแสที่สูงกว่าจะเกิดการส่งผ่านกำลังมากเกินไป ทำให้สิ้นเปลืองกำลังไฟในเซลล์ที่ไม่มีประสิทธิภาพ ผลลัพธ์ก็คือ การทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อันนี้กำลังไฟจะเปลี่ยนไปตามเซลล์ที่ไม่มีประสิทธิภาพ เมื่อเกิดกำลังสิ้นเปลืองในเซลล์ก็ทำให้กำลังไฟที่ออกจากแผงลดลงโยงกันเป็นลูกโซ่

3. การป้องกันการเกิดปัญหา “จุดร้อน” ให้ใช้เซลล์ต่อขนานจำนวนมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ แล้วจึงต่ออนุกรมเป็นสตริง มีเซลล์ชำรุด 1 ตัว กำลังไฟจะตกไม่มาก ถ้าการต่อเซลล์ขนานจำนวนมากๆ เป็นไปได้ยากอาจมีปัญหา โดยการแก้ไขปัญหา โดยการต่อไดโอดเบี่ยงคร่อมเซลล์ขนานในสตริง (คร่อมทุกๆซับโมดูล) มันจะให้กระแสกลับจำนวนมากผ่านที่แรงดันกลับต่ำ เมื่อเซลล์ 1 ตัวชำรุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 ข้อควรระวัง

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีคุณสมบัติในการรับแสงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นในระหว่างการติดตั้งถ้านำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อขนานจำนวนมากกว่า 2 แผงขึ้นไป จะให้แรงดันไฟฟ้าขาออกสูงขึ้นจึงควรใช้วัสดุทึบแสงมาปิดทับบริเวณผิวด้านหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า

2. ในระหว่างการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งแต่ 2 แผงขึ้นไป ไม่ควรให้ส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายสัมผัสขั้วบวก – ลบ ที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์เพราะอาจเกิดอันตรายจากไฟฟ้าได้

3. ไม่ควรให้เด็กเล็กๆอยู่ใกล้บริเวณที่กำลังติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

4. โปรดระมัดระวังไม่ให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับการกระทบกระเทือนอย่างรุนแรง หรือขึ้นไปยืนด้านบนแผง เพราะอาจทำให้กระจกแตก

5. โปรดอย่าทำการถอด แก้ไขอุปกรณ์ต่างๆในแผงโดยมิได้รับคำแนะนำจากบริษัท

6. ในระหว่างการติดตั้งอาจเกิดปัญหาการต่อขั้วผิดซึ่งอาจทำให้เกิดประกายไฟ ดังนั้นไม่ควรติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ใกล้กับวัสดุที่ติดไฟง่าย เช่น แอลกอฮอล์ ก๊าซไวไฟ เป็นต้น

7. ในกรณีที่ใช้แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สะสมพลังงาน ควรหมั่นตรวจสอบคุณภาพและประสิทธิภาพของแบตเตอรี่โดยสม่ำเสมอ เช่น ตรวจสอบน้ำกลั่น แรงดันไฟที่แบตเตอรี่

2.3.6 การดูแลรักษา

1. ควรตรวจสอบสายไฟให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้เป็นอย่างดี

2. แผงที่ได้รับความเสียหาย เช่น กระจกแตกควรจะเปลี่ยนทันทีเพื่อป้องกันอันตรายทางไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้น

3. ในกรณีที่ต้องการทำความสะอาดแผง ให้ใช้ผ้าชุบน้ำสะอาดบิดหมาดๆ เช็ดบริเวณผิวหน้าของเซลล์แสงอาทิตย์ห้ามใช้น้ำยาเคมีทุกชนิด

2.4 แบตเตอรี่ (The Storage Battery)

แบตเตอรี่ คือ กลุ่มของเซลล์หรือเซลล์เคมีทางไฟฟ้า (Electrochemical Cells) ที่ต่อเรียงกันในเปลือกหม้อ โดยเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า เมื่อต่อแบตเตอรี่เข้ากับอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ไฟฟ้า เช่น หลอดไฟ วิทยุ เป็นต้น จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีในแบตเตอรี่ระหว่างแผ่นธาตุ (Plates) และน้ำยานี้ประกอบด้วยน้ำกรดและกำมะถัน ปฏิกิริยาทางเคมีนี้ทำให้อิเลคตรอนไหลจากแบตเตอรี่เมื่อวงจรภายนอกระหว่างขั้วของแบตเตอรี่ครบวงจร

ความจุของแบตเตอรี่ในการประจุกระแสไฟนี้มีข้อจำกัด ตามปกติขึ้นอยู่กับเนื้อที่ของผิวหน้าธาตุที่ถูกกับกรด จำนวนแผ่นธาตุต่อเซลล์ และความเข้มของกรดในน้ำยา หลังจากแผ่นธาตุได้ทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถันหมดแล้ว แบตเตอรี่จะไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไปได้ นั่นคือ แบตเตอรี่อยู่ในสภาพไม่มีไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือคายประจุ (Discharged) ดังนั้นการที่จะนำใช้ไปใช้งานใหม่อีก จะต้องทำการประจุใหม่ (Recharged) ในการประจุนี้ทำได้โดยใช้กระแสตรงจากแหล่งกำเนิดภายนอกให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านแบตเตอรี่ในทิศทางตรงกันข้ามกับที่จ่ายออก การประจุนี้ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีขึ้นภายในหม้อแบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์เคมีไฟฟ้า (Electrochmical Device) สำหรับเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า เมื่อแบตเตอรี่กำลังจ่ายกระแสไฟฟ้า ปฏิกิริยาเคมีนี้หมดไป แบตเตอรี่จะไม่หมดไฟ

2.4.1 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่

1. เซลล์ (Cell) ดังได้กล่าวแล้วว่าเซลล์ประกอบด้วยน้ำยาและแผ่นธาตุอยู่ในเปลือกหม้อ แต่ละเซลล์มีฝาปิด (Vent Plug or Filler Cap) ซึ่งจะมีรูระบาย (Air Vent) เพื่อระบายแก๊สซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีและไฟฟ้า การเติมน้ำกลั่นทำได้โดยเปิดฝาปิดนี้ออกแล้วเติมให้ท่วมแผ่นธาตุ การต่อกันเป็นอันดับ (ขั้วบวกของเซลล์หนึ่งต่อกับขั้วลบของเซลล์ถัดไป) ของแบตเตอรี่จะทำให้กับแรงเคลื่อนเท่ากับผลบวกของแรงเคลื่อนแต่ละเซลล์ ก็คือ จำนวน ขนาด และการจัดลำดับของเซลล์เป็นตัวกำหนดแรงเคลื่อนแบตเตอรี่

2. แผ่นธาตุ (Element) แต่ละเซลล์ประกอบด้วยแผ่นธาตุ แผ่นธาตุทำด้วยตะกั่วหล่อเป็นตะแกรง (Grids) ใช้ผงตะกั่วซึ่งผสมด้วยกาวยึด (Binding Material) อยู่ตะแกรงซึ่งทำด้วยตะกั่วบริสุทธิ์ แผ่นธาตุมีสองชนิด คือ ชนิดแผ่นบวกและแผ่นลบสอดเข้าด้วยกัน ตามปกติแผ่นลบจะมีมากกว่าแผ่นบวกอยู่ 1 แผ่น เช่น เซลล์หนึ่งมี 17 แผ่น จะมีแผ่นลบ 9 แผ่น แผ่นบวก 8 แผ่น นั่นคือแผ่นบวกทุกแผ่นจะมีแผ่นลบอยู่ทั้งสองข้างของตัวมันเพราะว่าปฏิกิริยาทางเคมีเกิดขึ้นกับแผ่นบวกมากกว่าแผ่นลบ แผ่นบวกจึงมีน้อยกว่าแผ่นลบได้ ระหว่างแผ่นธาตุแต่ละแผ่นจะมีฉนวนกั้น (Insurator) คั่นอยู่ ฉนวนกั้นนี้ทำด้วย ไม้ ยาง แก้ว เซลลูโลส (Cellulose) โดยกรรมวิธีทางเคมี

3. ฉนวนกั้น (Insurator) มีแผ่นฉนวนกั้นอยู่ระหว่างแผ่นบวกแผ่นลบ ฉนวนกั้นจะอยู่ด้านข้างแต่ละด้านของแผ่นบวก เพื่อป้องกันแผ่นบวกและลบสัมผัสกันจริงๆ แต่ฉนวนกั้นมีขนาดเล็กมากๆ ดังนั้นของเหลวในเซลล์ (น้ำยา) รั่วซึมได้จึงสามารถวนเวียนระหว่างแผ่นธาตุได้ง่าย การหมุนเวียนของน้ำยาเป็นสิ่งจำเป็นเพราะน้ำยาต้องสามารถเข้าไปยังผิวหน้าแผ่นธาตุทุกแผ่นเพื่อการเกิดปฏิกิริยาของแบตเตอรี่ แบตเตอรี่บางแบบอาจจะใช้ฉนวนกั้นมากกว่าหนึ่งชนิด เช่น ใช้ทั้งแบบแก้ว และไม้ ตามปกติตามแนวฉนวนกั้นจะทำเป็นลูกฟูกในการประกอบแบตเตอรี่ใช้ทางที่เป็นลูกฟูกหันไปทางแผ่นบวก เพื่อเพิ่มบริเวณ หรือเนื้อที่สำหรับน้ำยาในการหมุนเวียนรอบแผ่นบวก

4. สะพานไฟ (Cell Connectors) หรือเครื่องต่อระหว่างเซลล์ แต่ละเซลล์ในแบตเตอรี่ต่ออันดับกัน ดังนั้นแรงเคลื่อนจะเพิ่มขึ้น สะพานไฟเป็นแท่งตะกั่วหนายึดอยู่กับขั้วของเซลล์แบตเตอรี่ แบตเตอรี่แบบสะพานไฟติดตั้งอยู่ข้างบนหรือในฝาครอบเซลล์ ถ้าอยู่ในฝาครอบเซลล์จะมีสารผสมกั้นป้องกันอยู่ด้วย การสร้างแบบนี้เป็นการลดการรั่วไหลของกระแสข้ามผ่านด้านบนของฝาครอบเซลล์ ตำแหน่งที่ขั้วของเซลล์โผล่ขึ้นมาโดยไม่มีอะไรป้องกันฝุ่นผงและความชื้นพยายามทำให้เกิดทางเดินขึ้นระหว่างขั้ว ทำให้เกิดการรั่วของกระแสไฟขึ้นช้าๆ และในช่วงระยะเวลาหนึ่งจะทำให้แบตเตอรี่ไม่มีไฟฟ้าหรือเก็บไฟฟ้าไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

5. เปลือกหม้อ ทำด้วยยางแข็ง (Hard Rubber) หล่อขึ้นรูปเปลือกหม้อเป็นตัวรองรับอุปกรณ์อื่นๆ ของแบตเตอรี่ไว้ทั้งหมด

2.4.2 แรงเคลื่อนของเซลล์ (Cell Voltage)

เมื่อวัตถุทั้งสอง คือ PbO_2 (Lead Dioxide) และ Pb (Lead) จุ่มอยู่ในส่วนผสมของกรดกำมะถัน (Sulfuricacid = H_2SO_4) และน้ำ (Water = H_2O) ย่อมทำให้เกิดกำลังดันไฟฟ้า หรือแรงเคลื่อนไฟฟ้าประมาณ 2 โวลต์ ระหว่างวัตถุทั้งสอง แม้ว่าจะมีแผ่นบวก 1 แผ่น และแผ่นลบ 1 แผ่นก็จะมีค่า 2 โวลต์เช่นเดียวกัน

การต่อเซลล์เป็นอนุกรม การต่อเซลล์แบตเตอรี่ 3 เซลล์อนุกรมกัน เป็นการรวมแรงเคลื่อนของแต่ละเซลล์เข้าด้วยกันจะได้ 6 โวลต์ และถ้าต่อ 6 เซลล์อันดับกันจะได้ 12 โวลต์ แต่ผลรวมของกระแสจะไม่เพิ่มขึ้น โดยการต่อแบบนี้ ในการเพิ่มผลรวมของแรงเคลื่อนจากการต่ออันดับกันนี้ กระแสจะถูกผลักดันเป็นจำนวน 3 – 6 เท่า ในวงจรที่มีความต้านทานซึ่งได้จัดไว้สำหรับเซลล์เพื่อส่งกระแสจำนวนมากนั้น

2.4.3 ปฏิกิริยาทางเคมีในเซลล์แบตเตอรี่ (Chemical Action in The Battery Cell)

กระแสที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างวัตถุในแผ่นธาตุและกรดกำมะถันในน้ำยาวัตถุที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาในแผ่นบวกคือ PbO_2 และในแผ่นลบคือ Pb

เมื่อแบตเตอรี่จ่ายไฟออก นั่นคือ ให้กระแสไฟ ปฏิกิริยาทางเคมีเกิดขึ้นดังรูปที่ 2.32 เมื่อเริ่มปฏิกิริยา โมเลกุลของกรดกำมะถันแยกออกเป็น H_2 (Hydrogen) และ SO_4 (Sulphate) SO_4 อันหนึ่งรวมกับ Pb ในแผ่นลบ ส่วน SO_4 อีกอันหนึ่งรวมกับ Pb ในแผ่นบวกเกิดเป็น $PbSO_4$หรือตะกั่วซัลเฟต (Lead Sulphate) ในแผ่นธาตุแต่ละแผ่นปฏิกิริยานี้ทำให้ออกซิเจน (O_2) 2 อะตอมเป็นอิสระจากแผ่นบวกจึงเข้ารวมกับไฮโดรเจน ซึ่งเหลือภายหลังจาก SO_4 โดยเข้าไปรวมกับแผ่นธาตุออกซิเจนและไฮโดรเจนรวมกันเข้าเป็นโมเลกุล (H_2O) ซึ่งก็คือน้ำธรรมดา ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในระหว่างที่จ่ายไฟออกตะกั่วซัลเฟต ($PbSO_4$) เกิดขึ้นที่แผ่นธาตุทั้งสอง ในขณะที่กรดกำมะถันในน้ำยาถูกน้ำ (H_2O) เข้ามาแทนที่ $PbO_4 + Pb + 2PbSO_4 + 2H_2O$ จากที่แสดงนี้เป็นเพียงไม่กี่โมเลกุล จริงๆแล้วมีเป็นพันล้านโมเลกุลเป็นแผ่นธาตุและน้ำยา แต่ก็ไม่ใช้ทั้งหมดที่แยกตัวออกและรวมกันใหม่เมื่อแบตเตอรี่จ่ายไฟ

2.4.4 ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า (Direction of Current Flow)

กระแสหรือการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอนเกิดจากการเคลื่อนย้ายของ SO_4 และ O_2 ไปมาจากแผ่นธาตุ ในส่วนต่างๆของโมเลกุลที่เรียกว่า ไอออนซ์ (Ions) นำอิเลคตรอนจากแผ่นบวกไปยังแผ่นลบจากผลอันนี้ทำให้ขั้วลบมีอิเลคตรอนเป็นจำนวนมาก ซึ่งในขณะที่ขั้วบวกทำการสร้างอิเลคตรอนที่ขาดแคลนไปเมื่อวงจรภายนอกทั้งสองครบวงจร อิเลคตรอนจะเคลื่อนที่จากขั้วลบไปยังวงจรภายนอกและเข้าไปยังขั้วบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
66694

ปฏิกิริยานี้สามารถเกิดขึ้นนานเท่าที่มีจำนวนโมเลกุลของ PbO_2 และ HSO_4 อยู่เพื่อแยกตัวและรวมตัวใหม่เป็นโมเลกุลของ $PbSO^4$ และ H^2O เมื่อโมเลกุลทั้งหมดนี้หมดไปไม่สามารถแยกตัวและรวมตัวกันใหม่ได้ แบตเตอรี่นั้นจะไม่มีไฟฟ้าซึ่งต้องนำไปประจุไฟใหม่

2.4.5 แรงดันกับความต้านทาน

ความต่างศักย์ภายนอกของเซลล์นั้นเรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้า (Eletromotive Force หรือเรียกย่อๆ ว่า EMF)ค่าที่แน่นอนนั้น (โดยปกติจะอยู่ประมาณ 1.5โวลต์) จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่นำมาเป็นอาโนดและคาโถดและชนิดของสารอิเลคทรอไลท์ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและอายุของเซลล์นั้นสำหรับเซลล์ใหม่แรงเคลื่อนไฟฟ้าจะสูงกว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงสุดอยู่เล็กน้อย คือ ประมาณ 1.6 โวลต์และจะตกลงมาเป็นค่าต่ำประมาณ 1.2 โวลต์เมื่อเซลล์เก่าและคายประจุหมด

เซลล์ไฟฟ้าซึ่งมีตัวกำเนิดแรงดันค่า 1.5 โวลต์ และมีค่าความต้านทานภายใน (R_1) ค่า 10 โอห์มต่ออยู่กับความต้านทานซึ่งเป็นวงจรภายนอกมีค่า 1.5 โวลต์ต่อกิโลโอห์มเราสามารถคำนวณค่าของกระแสที่ไหลผ่านวงจรโดยใช้กฎของโอห์มได้ คือ

$$I = 1.5/150 = 1 \text{ มิลิแอมป์แปร์}$$

อย่างไรก็ตามค่าความต้านทานภายในเซลล์ที่ต่ออนุกรมอยู่ก็มีผลต่อค่ากระแสและต้องนำมาคิดด้วย เราจะเห็นตัวต้านทาน 2 ตัวต่อกันอยู่ในวงจรแบ่งแรงดัน ซึ่งแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานภายนอกมีค่า 1.5 โอห์ม นั้นเท่ากับ

$$\begin{aligned} V_{R2} &= (R_2/R_1) + (R_2 \times 1.5) \\ &= (1{,}500/10) + (1{,}500 \times 1.5) \\ &= 1.49\text{V} \end{aligned}$$

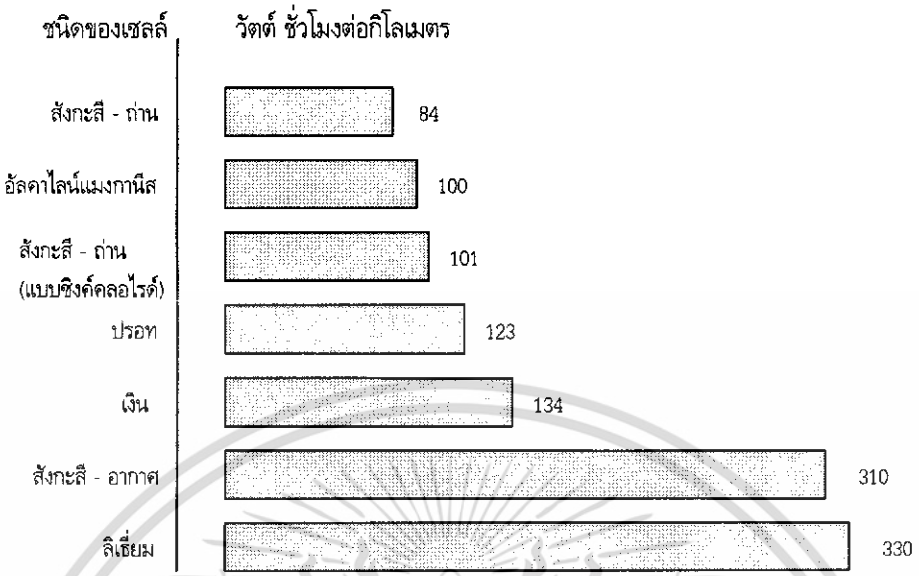
ซึ่งต่ำกว่าที่คาดไว้และค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานภายนอกเท่ากับ

$$I = 1.49/1{,}500 = 0.99 \text{ มิลลิแอมป์แปร์}$$

2.4.6 กำลังงานต่อชั่วโมง

คุณลักษณะที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของเซลล์ไฟฟ้า ซึ่งเราจำเป็นที่ต้องศึกษาเพื่อจะทราบชนิดของเซลล์แบบต่างๆ นั้นก็ คือ ความจุของเซลล์ ซึ่งคือปริมาณของกระแสไฟฟ้าซึ่งเซลล์หนึ่งสามารถจ่ายออกไปได้ภายในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ยกตัวอย่าง เช่น เซลล์ไฟฟ้าเซลล์หนึ่งมีความจุ 1,000 มิลลิแอมป์แปร์ต่อชั่วโมง หมายความว่า (โดยการไม่คิดถึงค่าความต้านทานภายในเซลล์) เซลล์นี้สามารถจ่ายกระแสได้1,000มิลลิแอมป์แปร์เป็นระยะเวลาหนึ่งชั่วโมงหรือจ่ายกระแสได้ 100 มิลลิแอมป์แปร์เป็นเวลา 10 ชั่งโมงหรือจ่ายกระแสได้ 20 มิลลิแอมป์แปร์เป็นเวลา 50 ชั่วโมงเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



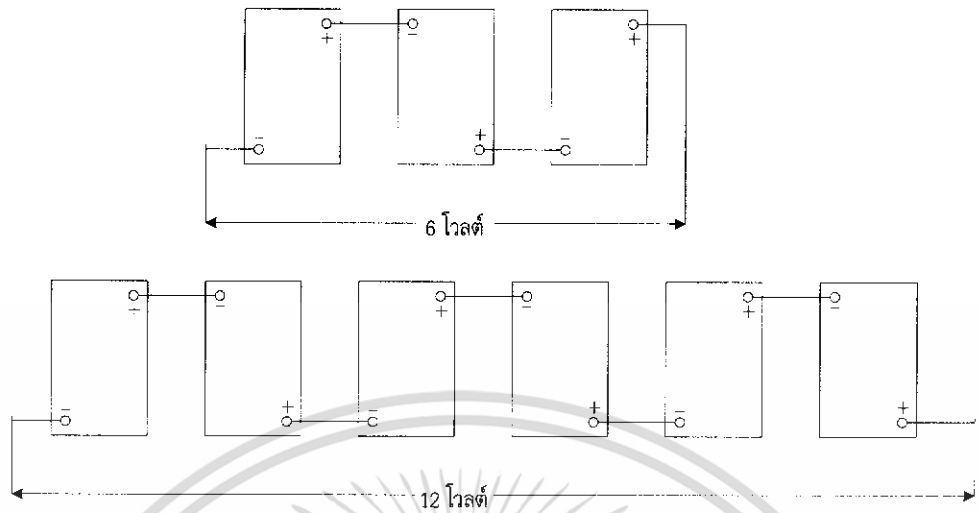
รูปที่ 2.13 กราฟการเปรียบเทียบความจุของเซลล์แบบต่างๆ

2.4.7 การประจุไฟใหม่ให้กับแบตเตอรี่ (Recharging The Battery)

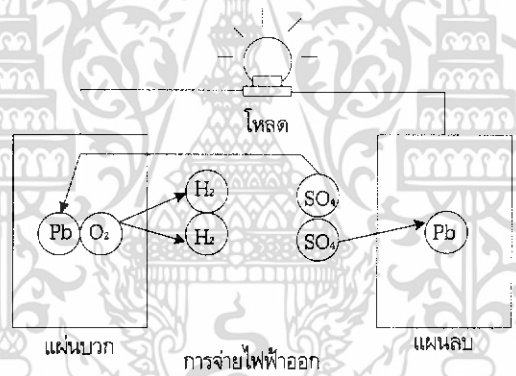
การประจุไฟใหม่ให้กับแบตเตอรี่จะต้องใช้แรงดันอิเลคตรอนเข้าไปในแผ่นลบและกำจัดมันออกจากแผ่นบวกหรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าใช้กระแสไฟฟ้าดันผ่านแบตเตอรี่กระแสฟ้านี้จะต้องไหลผ่านแบตเตอรี่ในทิศทางตรงกันข้ามกับที่กระแสไหลในระหว่างแบตเตอรี่จ่ายไฟออกในระหว่างการประจุไฟใหม่ รูปที่ 2.16 น้ำ (H_2O) จะแตกตัวเป็นไฮโดรเจน (H_2) และออกซิเจน (O) ส่วน SO_4 เคลื่อนจากแผ่นธาตุกลับไปยังน้ำยารวมตัวกับไฮโดรเจนเกิดเป็นกำมะถัน (H_2SO_4) อีกครั้งหนึ่ง ในขณะเดียวกันอะตอมของออกซิเจนจะกับไปยังแผ่นบวกเป็นตะกั่วเปอร์ออไซด์อีกครั้งหนึ่งพร้อมกันนั้นกรดกำมะถันปรากฏแทนน้ำ ส่วนตะกั่วซัลเฟตที่หายไปจากแผ่นธาตุทั้งสองจะทำให้แผ่นบวกกลายเป็นตะกั่วเปอร์ออไซด์แผ่นลบเป็นตะกั่วธรรมดา เมื่อตะกั่วซัลเฟตหายไปจากแผ่นธาตุหมดก็กล่าวได้ว่าแบตเตอรี่ได้รับการประจุใหม่ สูตรทางเคมีเมื่อแบตเตอรี่ได้รับการประจุคือ

$$2PbSO_4 + 2H_2O = PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4$$

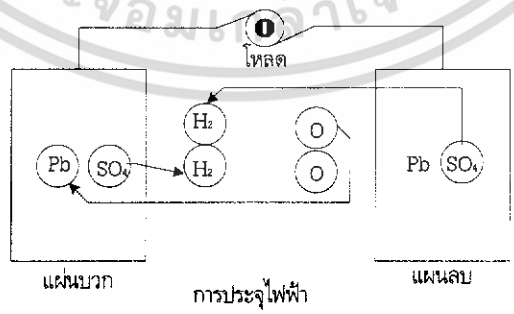
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 การต่อแบตเตอรี่



รูปที่ 2.15 ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างแผ่นบวกกับแผ่นลบระหว่างการจ่ายไฟออก

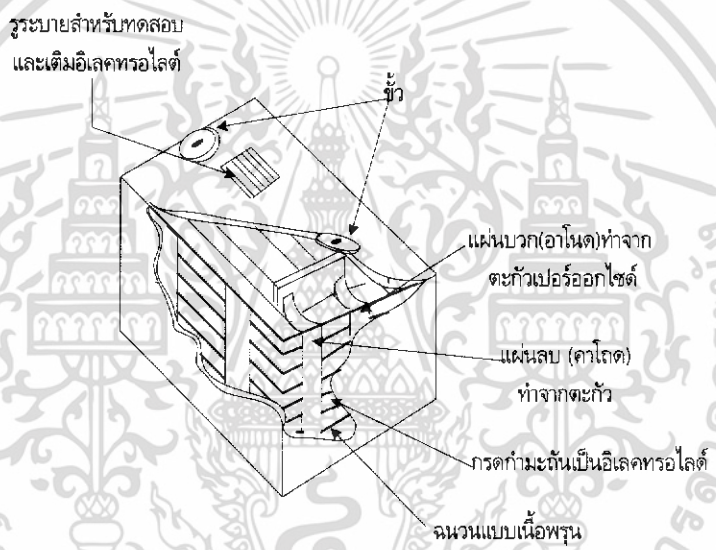


รูปที่ 2.16 ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างแผ่นบวกกับแผ่นลบขณะที่ได้รับการประจุไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.8 เซลล์แบบตะกั่ว – กรด (Lead Acid)

เซลล์แบบทุติยภูมิชนิดหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้กันมากคือ เซลล์แบบตะกั่ว – กรด ซึ่งใช้กันทั่วไปในรถยนต์ ตัวอย่างเซลล์ชนิดนี้แสดงในรูปที่ 2.17 ซึ่งเราจะประกอบด้วยแผ่นคาโถดและแผ่นอาโนดวางสลับกันจุ่มอยู่ในอิเลคทรอไลต์ที่ทำจากสารละลายกรดกำมะถัน แผ่นเพลทจะวางสลับกันเพื่อจะได้มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอิเลคทรอไลต์ได้มากในขณะที่รักษาปริมาตรให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นได้ การที่มีพื้นที่สัมผัสระหว่างอิเลคโทรดและอิเลคทรอไลต์เท่าไร ปฏิกิริยาเคมีก็จะเกิดขึ้นมากเท่านั้น นอกจากนี้ค่าความต้านทานภายในเซลล์ยิ่งมีค่าน้อยลงด้วย ดังนั้นในการค้นคว้าจึงมุ่งทางด้านเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส วิธีที่นิยมใช้ก็คือ ใช้แผ่นเพลทบางๆคั่นด้วยฉนวนแบบมีรูพรุน

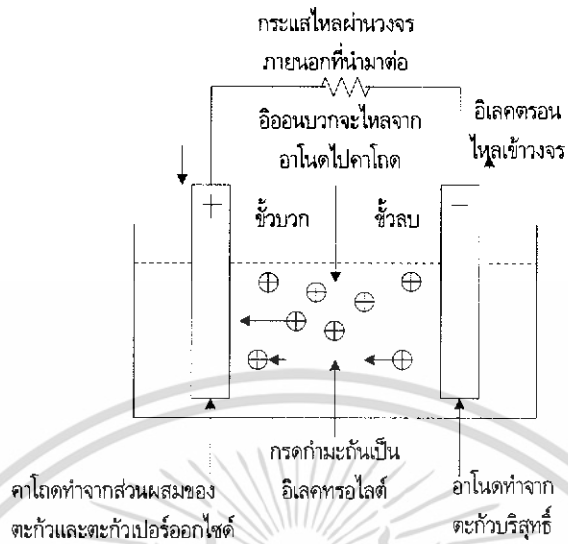


รูปที่ 2.17 โครงสร้างของเซลล์แบบตะกั่ว – กรด

อิเลคโทรดที่เป็นอาโนดจะสร้างขึ้นมาจากตะกั่วบริสุทธิ์ ในขณะที่คาโถดจะสร้างจากส่วนผสมของตะกั่วและตะกั่วเปอร์ออกไซด์ ในขณะที่เซลล์คายประจุให้กระแสไฟฟ้าออกมานั้นอะตอมของตะกั่วจากแผ่นอาโนดจะแตกตัวเป็นไอออนที่เป็นประจุบวกและจะเข้าไปอยู่ในอิเลคทรอไลต์และอิเลคตรอนให้ไหลเข้าสู่วงจรที่ต่อภายนอกดังรูป 2.18

ที่คาโถดตะกั่วเปอร์ออดไซด์จะแตกตัวเป็นไอออนของตะกั่วที่มีประจุบวกสูงและเป็นไอออนที่มีประจุลบสูง ไอออนของตะกั่วที่มีประจุบวกสูงจะดึงเอาอิเลคตรอนจากวงจรที่ต่ออยู่ภายนอกเพื่อรวมตัวกลายเป็นอิออนตะกั่วที่มีประจุบวกซึ่งเป็นชนิดเดียวกับที่อาโนดทำให้เกิดกระแสไหลจากคาโถดผ่านไปยังวงจรภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 ไอออนบวกของตะกั่วจะออกจากอาโนด

การประจุกลับเข้าไปใหม่ของตะกั่วกรด

การประจุเซลล์แบบตะกั่ว – กรด นั้นสามารถทำได้อย่างง่ายๆ โดยการป้อนกลับทาง เข้าไปในแบตเตอรี่เพื่อบังคับให้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เกิดจากทางขวามือไปทางซ้ายมือซึ่งจะเปลี่ยนตะกั่วซัลเฟตให้กลับเป็นตะกั่วและกรดกำมะถันตามเดิม วิธีที่ง่ายที่สุดในการป้อนกระแสกลับทางก็โดยการต่อขั้วคาโถด (ขั้วบวก) และขั้วอาโนด (ขั้วลบ) เข้ากับขั้วบวกและขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟออก แรงดันของแหล่งจ่ายไฟออก แรงดันของแหล่งจ่ายไฟออกจะอยู่ในช่วง 1.1 ถึง 1.25 เท่าของแรงดันของเซลล์ปกติ ดังนั้นเซลล์แบบนี้เป็นเซลล์เดียวซึ่งมีแรงดันปกติ 2 โวลต์ สามารถที่จะประจุเข้าไปด้วยแรงดันระหว่าง 2.2 โวลต์ ถึง 2.5 โวลต์

เห็นได้ชัดว่า กระแสที่ป้อนเข้าไปไม่มีประจุไฟใหม่นั้นขึ้นอยู่กับแรงดันที่ป้อนเข้าไป นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับสถานะของเซลล์ว่าคายประจุหมดเต็มที่หรือไม่ ถ้าแรงดันที่ป้อนเข้าประจุไฟมีค่าสูงและเซลล์ประจุเต็มที่แล้วจะทำให้กระแสที่ไหลเข้าประจุเซลล์จะมีค่ามากตามไปด้วยหรือถ้าเซลล์ถูกใช้แบบเป็นวงรอบ (Cyclic) คือจากสถานะประจุเต็มไปสู่สถานะหมดประจุเต็มที่แล้วจึงค่อยประจุใหม่อีกครั้งจะใช้กระแสในการประจุมากตามไปด้วย

เราสามารถให้ประจุอย่างเร็วแก่แบตเตอรี่ชนิดนี้ได้โดยใช้แรงดันคงที่ขนาด 1.25 เท่าของระดับแรงดันปกติของแบตเตอรี่ โดยคอยสังเกตระดับที่ประจุไว้และการประจุจะสิ้นสุดเมื่อระดับกระแสที่ประจุตกลงมาถึงค่ากระแสสุดท้ายในการประจุซึ่งจะบ่งบอกโดยผู้ผลิตแบตเตอรี่ชนิดนั้น ภายใต้เงื่อนไขนี้การประจุเต็ม (จากตอนที่แบตเตอรี่หมดประจุเต็มที่จนถึงประจุโดยสมบูรณ์) ภายในเวลา 5 ชั่งโมงถ้าเราไม่สามารถรักษาระดับแรงดันในการประจุให้คงที่อยู่ได้ก็ไม่สมควรที่จะใช้ประจุอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากจะทำความเสียหายแก่เซลล์จนไม่สามารถแก้ไขได้ ในกรณีนี้จึงควรใช้แรงดันในการประจุน้อยลงเป็นประมาณ 1.1 ถึง 1.2 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแรงดันปกติของแบตเตอรี่ที่ดีที่สุด โดยใช้เวลาในการประจุเกินกว่า 20 ชั่วโมงขึ้นไป

2.5 ออปแอมป์

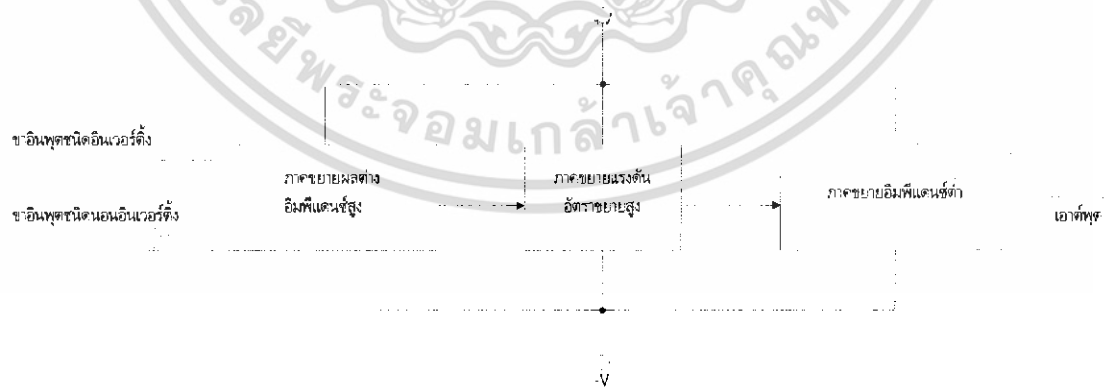
ออปแอมป์ คือ อุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ถูกออกแบบมาให้สามารถทำงานได้หลายรูปแบบและยังเน้นความสะดวกในการนำไปใช้งานอีกด้วย โดยสามารถประกอบเป็นวงจรได้โดยการต่อร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกเพียงไม่กี่ตัวเท่านั้น ในอดีตออปแอมป์จะประกอบขึ้นจากอุปกรณ์หลายตัวที่ถูกนำมาบรรจุไว้ในภาชนะชิ้นเดียวกัน ซึ่งนอกจากจะทำให้ออปแอมป์มีขนาดใหญ่แล้วยังอาจมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำด้วย แต่ปัจจุบันสามารถซื้อออปแอมป์ในรูปของวงจรรวมได้ตามท้องตลาดและจากคุณสมบัติไอซีออปแอมป์ที่ได้พัฒนาขึ้นทำให้อุปกรณ์ชนิดนี้เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย

2.5.1 คุณสมบัติทั่วไป

โดยทั่วไปแล้วเราสามารถได้ว่าไอซีออปแอมป์ คืออุปกรณ์โซลิดเสตท (Solid state) ชนิดหนึ่งซึ่งสามารถตรวจวัดระดับสัญญาณไฟตรงและไฟสลับได้และยังสามารถนำไปใช้ขยายสัญญาณได้อีกด้วย ไอซีออปแอมป์พื้นฐานจะประกอบด้วยวงจรภายในภาคต่างๆดังนี้คือ

1. ดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์หรือวงจรขยายผลต่างที่มีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงมาก
2. วงจรขยายแรงดันที่มีอัตราขยายสูง
3. วงจรขยายภาคเอาต์พุตที่มีเอาท์พุตอิมพีแดนซ์ต่ำมาก

ดังแสดงในรูปที่ 2.19 แสดงแผนผังการทำงานของวงจรภายในต่างๆ ของออปแอมป์ ดังกล่าวและจากรูปจะสังเกตว่าแรงดันไฟตรงที่จ่ายให้แก่ออปแอมป์มักประกอบด้วยไฟบวกและไฟลบเพื่อให้เอาต์พุตสามารถเปลี่ยนแปลงได้ทั้งชีกบวกและลบเทียบกับกราวด์



รูปที่ 2.19 แผนผังการทำงานของวงจรภายในภาคต่างๆ ของออปแอมป์

จากคุณสมบัติของออปแอมป์ที่กล่าวมาทำให้เราสามารถสรุปคุณสมบัติที่สำคัญบางประการของออปแอมป์ในอุดมคติดังนี้

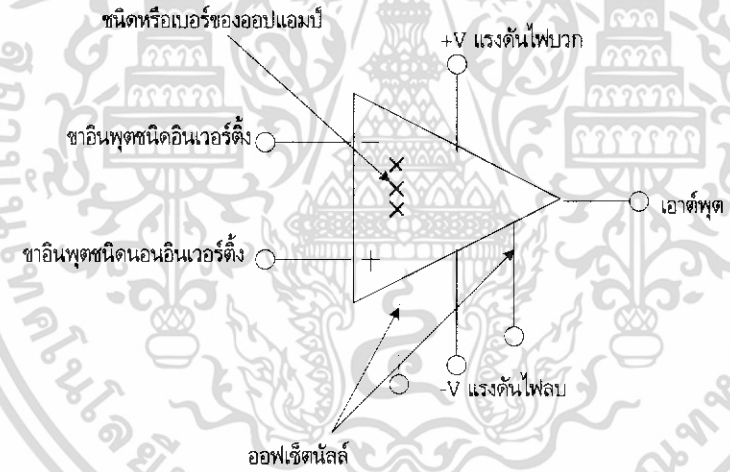
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เนื่องจากอินพุตอิมพีแดนซ์ของออปแอมป์มีค่าสูงเป็นอนันต์กระแสเข้าที่อินพุตจะต่ำจนเกือบเท่ากับศูนย์หรืออีกนัยหนึ่งไม่มีกระแสอินพุตเข้าสู่ออปแอมป์เลย

2. อัตราขยายขณะเปิดลูป A (ขณะยังไม่มีการป้อนกลับ) จะมีค่าสูงมากซึ่งหมายความว่า แรงดันระหว่างขั้วอินพุตควรมีค่าใกล้ศูนย์ (เนื่องจาก $\frac{V_{out}}{A} = V_{in}$)

3. เอาท์พุตอิมพีแดนซ์มีค่าต่ำมากจนไม่ทำตัวเป็นโหลดต่อภาคเอาต์พุตของวงจรขยาย

รูปที่ 2.20 แสดงสัญลักษณ์ทั่วไปของออปแอมป์ซึ่งประกอบด้วยขั้วอินพุต 2 ขั้วสำหรับแหล่งจ่ายไฟ 2 ขั้ว ขั้วเอาท์พุต 1 ขั้วและขั้วสำหรับปรับออฟเซ็ตหรือการชดเชยความถี่อีก 2 ขั้ว ขั้วอินพุตทั้งสองของออปแอมป์มีลักษณะต่างกันดังนี้ คือสำหรับขั้วลบเมื่อป้อนไฟตรงหรือไฟสลับเข้าไปในขณะที่ขั้วบวกต่อกับจุดอ้างอิงจุดหนึ่งสัญญาณที่ออกมาที่เอาต์พุตจะกลับเฟสกับอินพุต180°ส่วนการป้อนสัญญาณที่ขั้วบวกเอาต์พุตจะมีเฟสตรงกับอินพุตดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าเครื่องหมายที่อินพุตคือการแสดงเฟสที่เอาต์พุตเทียบกับอินพุตส่วนขั้วสำหรับปรับออฟเซ็ตหรือชดเชยความถี่นั้นโดยมากมักจะไม่ถูกแสดงในวงจรทั่วไป



รูปที่ 2.20 สัญลักษณ์ทั่วไปของออปแอมป์

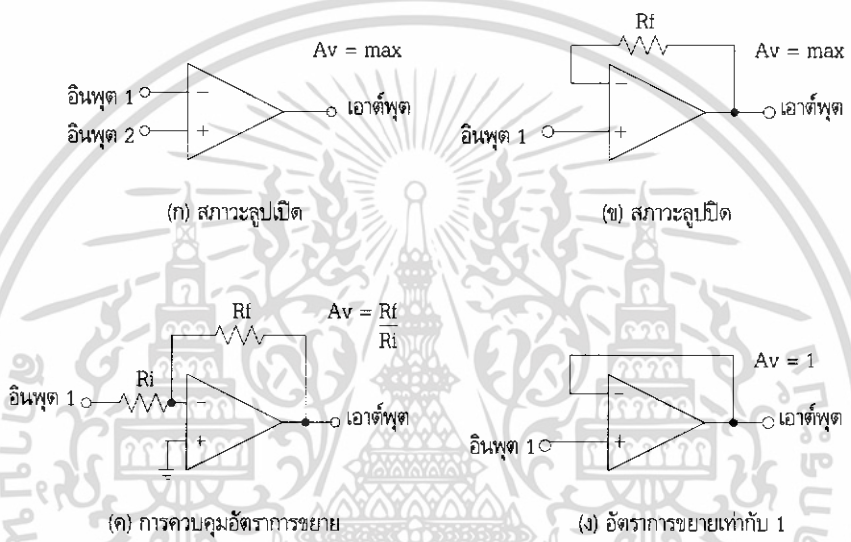
2.5.2 ลักษณะการทำงาน

ออปแอมป์ในอุดมคติจะมีอัตราขยายเป็นอนันต์ แต่ในทางปฏิบัติอัตราขยายจะสูงสุดเพียง 10,000 หรือ 100,000 เท่านั้นซึ่งเรียกว่าอัตราขยายขณะเปิดลูป (Av) ดังแสดงในรูปที่ 2.21 (ก) ในขณะที่เกิดความแตกต่างของแรงดันเพียงเล็กน้อยระหว่างขั้วอินพุตทั้งสอง เอาท์พุตจะสามารถให้สัญญาณสูงขึ้นหลายเท่า (ตามค่าของอัตราขยาย Av) หากจะถูกจำกัดด้วยแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงที่เราป้อนให้แก่ออปแอมป์ด้วยแต่ถึงเช่นนั้นเอาต์พุตก็สามารถมีค่าสูงสุดเท่ากับแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงได้จริงทำให้แรงดันเอาต์พุตสูงสุดประมาณ 90% ของแรงดันแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากคุณสมบัติข้างต้นสามารถนำออปแอมป์ในขณะเปิดลูปใช้งานเป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดันโดยเอาต์พุตจะเปลี่ยนทันทีเมื่อมีความแตกต่างของแรงดันเกิดขึ้นระหว่างขั้วอินพุตของออปแอมป์

การทำงานของออปแอมป์ยังไม่สิ้นสุดเพียงเท่านั้นนอกจากนี้จะพบว่าการใช้งานของออปแอมป์ในลักษณะของลูปปิด (มีการป้อนกลับ) จะทำให้ออปแอมป์มีประโยชน์สูงมากขึ้นดังรูปที่ 2.21 (ข) การป้อนกลับในรูปใช้ตัวต้านทาน RF เพียงตัวเดียวซึ่งมีผลให้วงจรมีเสถียรภาพสูงขึ้นและมีสัญญาณรบกวนน้อยลงในขณะเดียวกันอัตราขยายจะลดลงด้วย



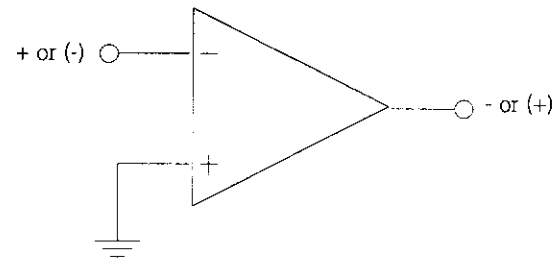
รูปที่ 2.21 ลักษณะของวงจรในอุดมคติของออปแอมป์

จากวงจากวงจรในรูป 2.21 (ค) แสดงการใช้ออปแอมป์โดยมีการป้อนสัญญาณเอาต์พุตกลับมายังอินพุตนอกจากนี้ยังควบคุมอัตราขยายรงดันได้ (ในขณะเปิดลูป) โดยอาศัยตัวต้านทาน 2 ตัวเท่านั้นทำให้อัตราขยายแรงดัน Av มีค่าดังสมการ

$$A_v = \frac{R_f}{R_i} \qquad (2.1)$$

โดยที่เครื่องหมายแสดงถึงการกลับเฟสของเอาต์พุตเมื่อทำการเปรียบเทียบกับอินพุต ส่วนวงจรในรูปที่ 2.21 (ง) แสดงการป้อนกลับในกรณีที่ $A_v = 1$ คุณสมบัติที่กล่าวมาทั้งหมดนี้คือ คุณสมบัติทั่วไปของออปแอมป์ที่จะนำไปใช้ต่อๆไปและนอกจากนี้คุณสมบัติอีกประการหนึ่งที่ควรศึกษาคือเรื่องความสัมพันธ์ของขั้วต่างๆระหว่างอินพุตและเอาต์พุตของออปแอมป์ซึ่งสรุปไว้ในรูปที่ 2.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 ความสัมพันธ์ของขั้วต่างๆ ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตของออปแอมป์

1. ถ้าขั้ว – มีศักดาเป็นบวกสูงกว่าขั้ว + เอาต์พุตเป็น -

2. ถ้าขั้ว + มีศักดาเป็นบวกต่ำกว่าขั้ว – เอาต์พุตเป็น +

2.5.3 คุณสมบัติและพารามิเตอร์บางชนิดของออปแอมป์

1. อินพุตอิมพีแดนซ์

ในทางอุดมคติควรมีค่าเท่ากับอนันต์แต่ในความเป็นจริงอินพุตอิมพีแดนซ์จะมีค่าประมาณ 1 เมกกะโอห์ม ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์นี้ยิ่งมีค่ามากเท่าใดออปแอมป์ตัวนั้นจะทำงานได้ดียิ่งขึ้นนอกจากนี้เมื่อนำออปแอมป์ไปใช้งานในย่านความถี่สูงควรระวังผลจากอินพุตคาปาซิแตนซ์ของวงจรด้วยซึ่งมีค่าประมาณ 2 พิโคฟารัด เมื่อขั้วอินพุตขั้วหนึ่งต่อกับกราวด์

2. เอาท์พุตอิมพีแดนซ์

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าออปแอมป์ในทางอุดมคติจะมีเอาท์พุตอิมพีแดนซ์เป็นศูนย์แต่ในความเป็นจริงค่านี้อาจมีได้ตั้งแต่ 25 ถึงหลายพันโอห์มขึ้นไปแต่อย่างไรก็ตามเรามักสมมติให้เอาต์พุตอิมพีแดนซ์ในวงจรมีค่าเท่ากับศูนย์เพื่อง่ายต่อการคำนวณและวิเคราะห์

จากคุณสมบัติของออปแอมป์ที่มีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงและมีเอาท์พุตอิมพีแดนซ์ต่ำออปแอมป์จึงเปรียบเสมือนอุปกรณ์ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นอิมพีแดนซ์แมทชิง (Impedance Matching) ที่ดีตัวหนึ่ง

3. กระแสไบอัสด้านอินพุต

เนื่องจากอินพุตอิมพีแดนซ์ของออปแอมป์ไม่เป็นอนันต์ดังนั้นจึงมีกระแสค่าน้อยๆ (มีหน่วยเป็นนาโนแอมป์แปร์ถึงไมโครแอมป์แปร์) ไหลผ่านขั้วอินพุตทั้งสองซึ่งค่าเฉลี่ยของกระแสดังกล่าวถูกเรียกว่าเป็น "กระแสไบอัสด้านอินพุต" กระแสจะก่อให้เกิดความไม่สมดุลย์ในวงจรภายในซึ่งเป็นผลกระทบต่อภาคเอาต์พุตด้วยดังนั้นกระแสนี้ควรถูกจำกัดให้มีค่าต่ำสุด (อาจทำได้โดยการใช้ออปแอมป์ที่มีอินพุตเป็นเฟต)

4. แรงดันออฟเซ็ต (Offset)

แรงดันออฟเซ็ตที่เอาต์พุตเกิดขึ้นที่กระแสไบอัสด้านอินพุตซึ่งในทางอุดมคติเมื่อเกิดแรงดันอินพุตระหว่างขั้วทั้งสองมีค่าเท่ากันแรงดันที่เอาต์พุตควรเป็นศูนย์แต่โดยทั่วไปมักไม่เป็นเช่นนั้น คือมักมีแรงค่าหนึ่งปรากฏที่เอาต์พุตขณะที่อินพุตเป็นศูนย์ซึ่งเราสามารถแก้ไขได้โดยการป้อนแรงดันหรือกระแสออฟเซ็ตที่อินพุตแล้วปรับจนได้ $V_{out} = 0$ โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

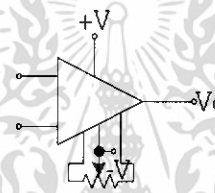
5. กระแสออฟเซ็ตที่อินพุต

ในการปรับแรงดันออฟเซ็ตที่เอาต์พุตให้มีค่าเป็นศูนย์ กระแสอินพุตทั้งสองขั้วควรมีค่าเท่ากันแต่ในทางปฏิบัติจะพบว่าต้องจ่ายกระแสให้แก่อินพุตขั้วหนึ่งมากกว่าอีกขั้วหนึ่งเสมอเพื่อทำให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าเป็นศูนย์ซึ่งจะทำให้กระแสออฟเซ็ตนี้อาจมีค่าประมาณ 20 มิลลิแอมป์แปร์

6. แรงดันออฟเซ็ตที่อินพุต

ในทางอุดมคติแรงดันเอาต์พุตเท่ากับศูนย์เมื่อแรงดันระหว่างขั้วอินพุตมีค่าเป็นศูนย์เช่นกันแต่ในทางปฏิบัติความไม่สมดุลย์ภายในวงจรมักทำให้เราต้องป้อนแรงดันค่าหนึ่งแก่อินพุตใดๆ เสมอเพื่อทำให้แรงดันเอาต์พุตเป็นศูนย์

7. การปรับออฟเซ็ตให้เป็นศูนย์ (Offset Nulling)



รูปที่ 2.23 วงจรที่ใช้ในการตั้งค่าศูนย์ให้แก่ออปแอมป์

ในการปรับแรงดันเอาต์พุตให้เป็นศูนย์หรือปรับแรงดันออฟเซ็ตที่อินพุตให้เป็นศูนย์นั้นเราอาจใช้ขั้ว Offset Nulling ที่ผู้ผลิตได้เตรียมไว้ให้แล้วโดยให้ศึกษาข้อมูลรายละเอียดของออปแอมป์เบอร์นั้นๆ รูปที่ 2.23 แสดงวงจรที่ใช้ในการตั้งค่าศูนย์ให้แก่ออปแอมป์โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ตรวจสอบวงจรให้เรียบร้อยและเช็คอุปกรณ์ที่ต้องนำมาต่อ
2. ลดระดับสัญญาณอินพุตจนเหลือศูนย์ถ้ามีตัวต้านทานต่ออนุกรมกับอินพุตอยู่ให้ตรวจสอบดังนี้
   ก) ถ้าตัวต้านทานนั้นมีค่าสูงกว่าอิมพีแดนซ์ของแหล่งกำเนิดสัญญาณอินพุตตั้งแต่ 1%ขึ้นไป ปล่อยตัวต้านทานไว้เช่นเดิม
   ข) หากตัวต้านทานดังกล่าวมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากันให้นำแหล่งกำเนิดสัญญาณอินพุตนั้นออกแล้วต่อตัวต้านทานที่มีขนาดเท่ากับอินพุตอิมพีแดนซ์ของแหล่งกำเนิดอินพุตเข้าแทน
   ค) ต่อโหลดเข้ายังขั้วเอาต์พุต
   ง) ป้อนไฟตรงให้วงจร
   จ) วัดแรงดันที่เอาต์พุตด้วยโวลต์มิเตอร์หรือออสซิลโลสโคป (แรงดันเอาต์พุตอาจมีค่าต่ำเพียงไม่กี่มิลลิโวลต์ดังนั้นควรใช้อุปกรณ์สำหรับวัดที่เหมาะสม)
   ฉ) ปรับตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้จน V_{out} มีค่าเป็นศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช) ถอดอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้าไปแล้วต่อวงจรดังเดิมแต่ห้ามแตะต้องตัวต้านทานปรับค่าได้

8. ผลของอุณหภูมิ

อุณหภูมิมีผลต่ออุปกรณ์โซลิดสเตททุกชนิดรวมทั้งออปแอมป์ดังนั้นผลกระทบจากอุณหภูมิจะทำให้กระแสและแรงดันออฟเซ็ตเปลี่ยนแปลงไปซึ่งเราอาจเรียกการเปลี่ยนแปลงอันเกิดขึ้นจากอุณหภูมิว่า" ดริฟท์ " ดังนั้นในขณะทำงานควรตรวจสอบด้วยว่าออปแอมป์จะมีเปอร์เซ็นต์การผิดพลาดมากน้อยเพียงใดหากอุณหภูมิเปลี่ยนไป

9. การชดเชยความถี่

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับออปแอมป์ที่ใช้ในย่านความถี่สูงก็คือ การออสซิลเลต (Oscillation) ซึ่งเกิดจากอัตราการขยายที่มีค่าค่อนข้างสูงของออปแอมป์เองและยังเกิดการเลื่อนเฟส (Phase Shift) ณ จุดต่างๆ ภายในวงจรเป็นผลให้เราไม่สามารถควบคุมอัตราขยายของสัญญาณป้อนกลับได้ วิธีแก้ปัญหา คือต่อตัวเก็บประจุชดเชยให้แก่วงจรซึ่งจะทำให้อัตราขยายของออปแอมป์มีขนาดลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้น

10. อัตราสลูว์ (Slew Rate)

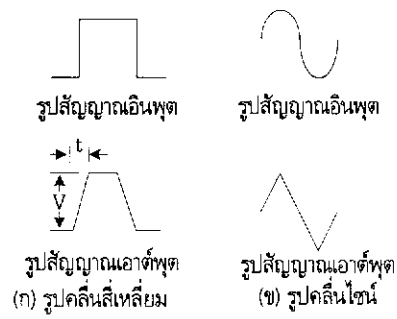
อัตราสลูว์ คืออัตราการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของแรงดันเอาต์พุตเทียบกับเวลาดังสมการ

$$\text{อัตราสลูว์} = \frac{\text{การเปลี่ยนแปลงสูงสุดของแรงดันเอาต์พุต}}{\text{การเปลี่ยนแปลงเวลา}}$$

$$= \frac{V_{out(max)}}{\Delta t}$$

ตัวอย่างเช่น ออปแอมป์เบอร์ 741 ซึ่งเป็นอัตราสลูว์เท่ากับ 0.5 โวลต์ต่อไมโครวินาทีแสดงว่าการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของแรงดันเอาต์พุตสำหรับออปแอมป์ตัวนี้มีค่า 0.5 โวลต์ภายในเวลา 1×10^{-6} วินาที โดยมีค่าคาปาซิแตนซ์ของตัวเก็บประจุเป็นตัวจำกัดอัตราสลูว์ของออปแอมป์ (ตัวเก็บประจุที่ว่านี้อาจเป็นชนิดที่ต่อจากภายนอกหรือตัวเก็บประจุภายในไอซีเองก็ได้) อัตราสลูว์ที่มีค่าต่ำอาจจะเป็นผลให้แรงดันที่เอาต์พุตมีการตอบสนองเปลี่ยนแปลงช้าลงเมื่อเทียบกับอินพุตดังแสดงในรูปที่ 2.24 เมื่อสัญญาณอินพุตมีความถี่สูงขึ้นเท่าใดอัตราสลูว์จะมีบทบาทการตอบสนอง ณ เอาต์พุตอย่างเด่นชัดยิ่งขึ้นซึ่งสามารถสังเกตได้จากเอาต์พุตที่เพี้ยนมากขึ้นหากอัตราสลูว์มีค่าน้อยหรืออีกนัยหนึ่งออปแอมป์ที่มีอัตราสลูว์สูงจะมีแบนด์วิดธ์กว้างกว่าเท่านั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



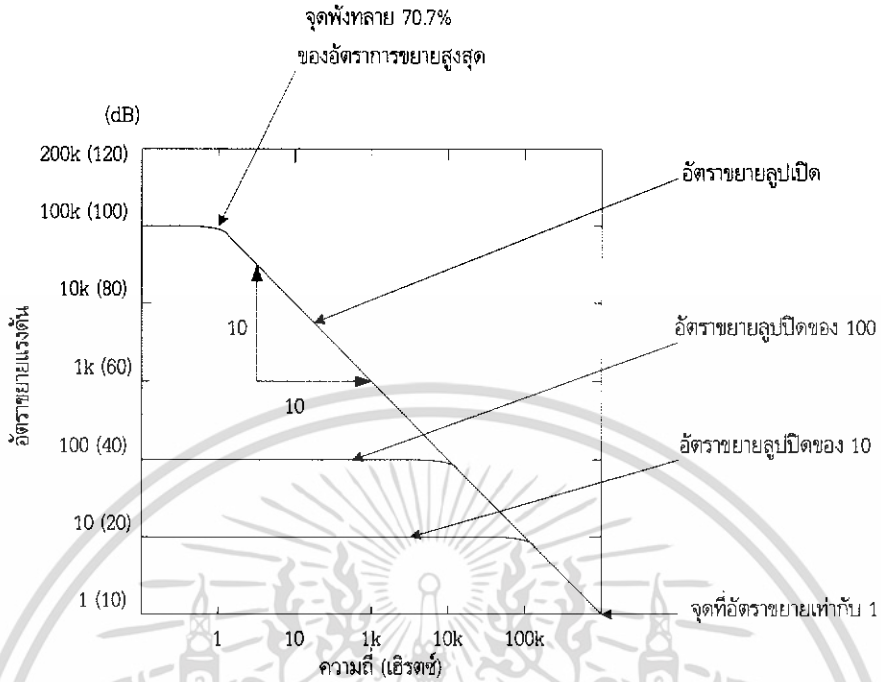
รูปที่ 2.24 อัตราสลูว์มีผลต่อการตอบสนองของสัญญาณเอาต์พุต

11. การตอบสนองต่อความถี่

อัตราขยายของออปแอมป์จะลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.25 จะพบว่าอัตราขยายที่ผู้ผลิตแสดงไว้ในดาต้าชีทจะเป็นอัตราขยายที่ความถี่ 0 เฮิรตซ์หรือไฟตรง (ซึ่งแสดงให้เห็นความสูงสุดของออปแอมป์) ในการทำงานแบบลูปเปิดจะเห็นได้ว่าวงจรมีเสถียรภาพต่ำมากนั่นคือ เมื่อความถี่เพิ่มขึ้นสิบเท่าอัตราขยายจะลดลง 10 เท่าทันที

โดยทั่วไปแบนด์วิดธ์ของวงจรจะหมายถึงช่วงความถี่ที่อัตราขยายมีค่า 70.7% ของอัตราขยายสูงสุด จากตัวอย่างในรูปแบนด์วิดธ์ของออปแอมป์ขณะเปิดลูปจะมีค่าประมาณ 10 เฮิรตซ์ดังนั้นหากต้องการให้วงจรที่ออกแบบขึ้นสามารถทำงานได้ที่ความถี่สูงๆ จะต้องป้อนสัญญาณจากเอาต์พุต (การป้อนกลับแบบลบ) ซึ่งจะทำให้อัตราขยายของลูปปิดลงแต่ในขณะเดียวกันความถี่อัตราขยายเท่ากับ 70.7% ของอัตราขยายสูงสุดก็จะเพิ่มขึ้นด้วยอัตราเท่ากันส่วนจุดที่อัตราขยายเท่ากับหนึ่ง (Unity-Gain Point) จะแสดงความถี่สูงสุดของออปแอมป์เมื่ออัตราขยายมีค่าเป็นหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 อัตราการขยายของออปแอมป์เทียบกับความถี่

12. ผลคูณของอัตราขยายและแบนด์วิดธ์

เมื่ออัตราขยายลดลงเท่าใดความถี่ก็จะสูงขึ้นด้วยจำนวนเท่ากับค่านั้นด้วยซึ่งแสดงว่าผลคูณระหว่างอัตราขยายและแบนด์วิดธ์จะมีค่าคงที่เสมอไปและสามารถหาค่านั้นได้จากจุดซึ่งมีอัตราขยายเท่ากับหนึ่ง (ค่าจะหาได้จากรายละเอียดข้อมูลและคุณสมบัติของอุปกรณ์) ผลคูณนี้มีประโยชน์อย่างมากในการประมาณความถี่สูงสุดที่วงจรสามารถทำงานได้ ตัวอย่างเช่น หากเราพบว่าความถี่ที่มีอัตราขยายมีค่าเท่ากับหนึ่ง (หาจากรายละเอียดข้อมูลและคุณสมบัติอุปกรณ์) มีค่าเท่ากับหนึ่งเมกกะเฮิรตซ์ (ดังแสดงในรูปที่ 2.25) และอัตราขยายของวงจรที่ออกแบบมีค่าเท่ากับ 100 ดังนั้นความถี่สูงสุดที่เราประมาณไว้ควรมีค่าอยู่ประมาณไว้ควรมีค่าอยู่ประมาณ

$$\text{BM (แบนด์วิดธ์)} = \frac{1{,}000{,}000}{100} = 10 \text{ กิโลเฮิรตซ์}$$

13. อัตราการลดสัญญาณชนิดคอมมอนโหมด (Common-Mode Rejection Ratio) เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของออปแอมป์ที่ได้มาจากภาคอินพุตที่เป็นดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์ หมายความว่าหากสัญญาณที่เข้ามายังขั้วอินพุตทั้งสองมีเฟสตรงกันและมีขนาดเท่ากัน (สัญญาณแบบนี้เรียกว่าอยู่ในคอมมอนโหมด) สัญญาณทั้งสองนี้จะถูกจำกัดทิ้งไปดังนั้นเอาต์พุตจะเป็นศูนย์ ส่วนสัญญาณที่มีขนาดต่างเฟสกันจะเรียกว่าอยู่ในดิฟเฟอเรนเชียลโหมด

14. หน่วยเดซิเบล (dB)

การคำนวณอัตราขยายของวงจรใดๆสามารถหาได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A_v = \frac{X_{out}}{X_{in}}$$

โดยที่ X เป็นแรงดันหรือกระแสก็ได้และโดยทั่วไปนิยมหาอัตราขยายจากสมการ

$$dB = 20\log A_v$$

2.5.4 ค่าใช้งานต่างๆ ที่ควรเข้าใจ

การนำไอซีออปแอมป์ไปใช้งานผู้ควรศึกษารายละเอียดข้อมูลของบริษัทผู้ผลิตให้ละเอียดเสียก่อน เพื่อป้องกันออปแอมป์ชำรุดหรือเสียหายค่าต่างๆที่ควรรู้ได้แก่

ก) แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง ± V (Supply Voltage)

ข) กำลังที่สูญเสียในตัวไอซี (Power Dissipation) ซึ่งแสดงกำลังสูงสุดที่อุปกรณ์สามารถปลดปล่อยออกมาโดยที่อุณหภูมิไม่สูงจนทำให้ไอซีพัง

ค) แรงดันสูงสุดระหว่างขั้วอินพุต (Differential Input Voltage)

ง) แรงดันสูงสุดที่ขั้วอินพุตแต่ละขั้ว (Input Voltage)

จ) ความสามารถในการทนภาวะลัดวงจรที่เอาต์พุต (Output Short-Circuit Duration)

ฉ) อุณหภูมิที่ใช้งาน (Operating Temperature)

ช) อุณหภูมิที่ใช้เก็บอุปกรณ์ (Storage-Temperature)

ซ) อุณหภูมิของขาอุปกรณ์ (Lead Temperature) แสดงอุณหภูมิที่ไอซีสามารถทนได้ในขณะที่ถูกบัดกรี

2.5.5 ชนิดและรูปแบบต่างๆของออปแอมป์

ออปแอมป์ได้ถูกค้นพบขึ้นมาเป็นเวลานานพอสมควรแล้วแต่ทว่าการนำออปแอมป์ในรูปแบบของไอซีซึ่งสามารถใช้งานได้ดีนั้นเพิ่งจะเริ่มต้นในปีค.ศ. 1963 เท่านั้น นำโดยการเสนอออปแอมป์เบอร์ μA 702 ของบริษัท Fairchid Semiconductor จนกระทั่งในปัจจุบันออปแอมป์ได้ถูกพัฒนาขึ้นจนมีความสามารถสูงกว่าเดิมมากแต่อย่างไรก็ตามสามารถแบ่งชนิดของออปแอมป์ได้เป็นกลุ่มหรือตระกูลดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การแบ่งชนิดของออปแอมป์ออกเป็นกลุ่มหรือตระกูล

กลุ่ม	ลักษณะการใช้งาน	คุณสมบัติ
1	ใช้กับงานทั่วไป	ใช้งานได้ในช่วงความถี่ DC จนถึง 1 เมกกะเฮิรตซ์
2	ใช้กับสัญญาณ DC ได้ดี	มีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์สูงทำให้กระแสไบอัสมีค่าต่ำ
3	ใช้กับสัญญาณ AC ได้ดี	มีแบนด์วิดธ์กว้างมากและอัตราสลูว์มีค่าสูง
4	ใช้กับแรงดันสูงและวงจรที่ต้องใช้กำลังมาก	สามารถใช้บังคับโหลดได้โดยตรง
5	ชนิดที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัว	เช่น ออปแอมป์ชนิดที่สามารถโปรแกรมได้เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ได้ถูกคิดค้น พัฒนา และผลิตโดยบริษัทอินเทล เพื่อใช้ในงานควบคุมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นงานควบคุมขนาดเล็ก ขนาดกลางจนถึงงานควบคุมขนาดใหญ่ ที่มีความซับซ้อนพอสมควร เช่น การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไป เป็นต้น จากข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการนำวงจรพื้นฐานต่างๆ มารวมไว้ภายในชิฟตัวเดียวกัน ทำให้วงจรควบคุมที่สร้างขึ้นมีขนาดเล็ก มีความสะดวก และคล่องตัวสูง จึงเป็นที่นิยมและแพร่หลายอย่างมาก ทำให้ในปัจจุบันมีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีมาตรฐานเดียวกันไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตมีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในหลายอย่าง ได้แก่ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับโปรแกรม ตัวตั้งเวลา/ ตัวนับ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม เนื่องจากโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในนี้เองทำให้การใช้งานง่ายขึ้น และมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมมาก มีสถาปัตยกรรมพื้นฐานที่เหมือนกัน สามารถใช้งานแทนกันได้ จะต่างกันเพียงขนาดของหน่วยความจำภายในและหน่วยทำงานภายในเท่านั้น

2.6.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

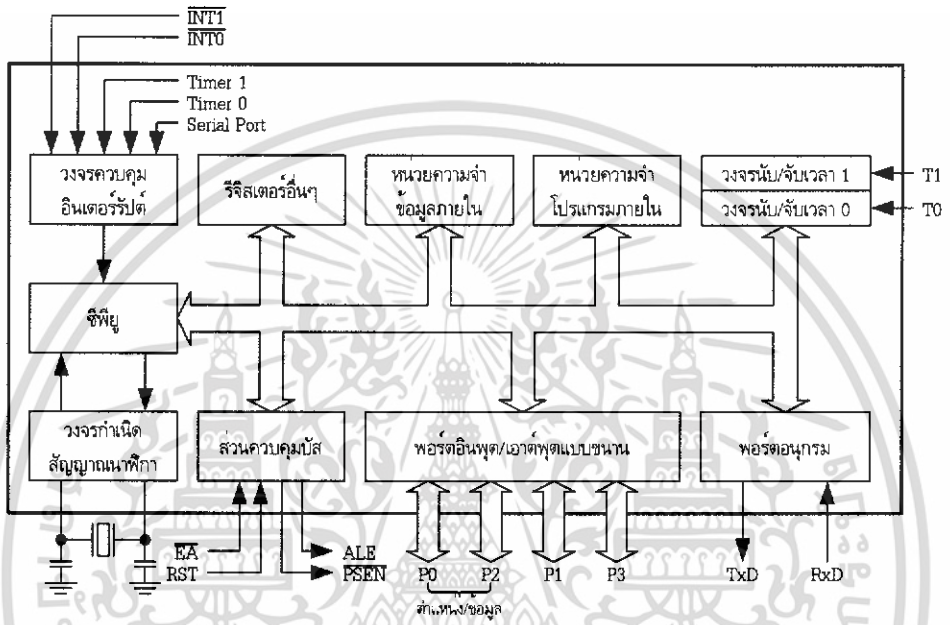
1. เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
2. หน่วยความจำโปรแกรมภายในมีหลายขนาดขึ้นกับเบอร์ไอซี โดยมีทั้งแบบรอม อีพรอม และแบบแฟลช
3. หน่วยความจำข้อมูลภายในเป็นแบบแรม ในบางเบอร์มีหน่วยความจำ อีอีพรอมเพิ่มเติม
4. อ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมได้ถึง 64 กิโลไบต์
5. อ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลได้ถึง 64 กิโลไบต์
6. หน่วยความจำโปรแกรม และหน่วยความจำข้อมูล ทำงานแยกจากกัน
7. มีพอร์ตรับ หรือส่งข้อมูลได้ 2 ทิศทาง จำนวน 4 พอร์ต พอร์ตละ 8 บิต หรือใช้งานเป็นพอร์ตขนาด 1 บิต รวมทั้งหมด 32 บิต ทำงานแยกกันอย่างอิสระ
8. มีวงจรนับ/จับเวลา ขนาด 16 บิต 2 ชุด ทำงานได้ 4 รูปแบบ
9. มีพอร์ตการสื่อสารอนุกรมรับส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน สามารถเลือกรูปแบบการส่งได้ 4 รูปแบบ
10. รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ 6 แหล่ง กระโดดไปทำงานตอบสนองได้ 5 ตำแหน่ง
11. มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายใน
12. ประมวลผลข้อมูลได้ทั้งแบบ 1 บิต และ 8 บิต

ในปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ได้มีผู้ผลิตออกมาจำหน่ายมากมาย ในการใช้งานสามารถเลือกใช้ได้ตามความต้องการและความเหมาะสม ซึ่งมีส่วนที่แตกต่างกันบางส่วน คือ ส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายใน หน่วยความจำโปรแกรมภายใน จำนวนของวงจรนับ/จับเวลา เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ จะประกอบขึ้นด้วยเกตชนิดต่างๆ เช่น AND, OR, NOT ซึ่งเกตเหล่านี้จะนำเอามาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆ เช่น วงจรบวกเลข วงจรเลื่อนข้อมูลวงจรถอดรหัสคำสั่ง และวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา เป็นต้น



รูปที่ 2.26 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ในรูปที่ 2.26 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ ดังนี้

1) หน่วยประมวลผลกลาง

ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก(Arithmetic Logic Unit : ALU) และส่วนควบคุม (Control Unit :CU) ในส่วนประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิกจะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล เช่น การบวก, ลบ, คูณ หรือการหารข้อมูลแล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำที่ต้องการ ในส่วนควบคุมจะทำหน้าที่สร้างสัญญาณ ควบคุม ในการติดต่อกับส่วนอื่นๆ สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุมได้แก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ สัญญาณติดต่อกับอุปกรณ์รับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออก รวมทั้งส่วนควบคุมการขัดจังหวะและส่วนควบคุมบัสด้วย ซึ่งซีพียูจะทำการสร้างสัญญาณควบคุมโดยการถอดรหัส คำสั่งที่ได้กำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา เพื่อให้ทุกๆ ส่วนทำงานประสานกันอย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) หน่วยความจำ

มีไว้สำหรับจดจำข้อมูล ซึ่งในการนำข้อมูลเข้าและออกจากหน่วยความจำ เราจำเป็นต้องรู้ตำแหน่งของหน่วยความจำ ในการนำข้อมูลเข้าไปเก็บในหน่วยความจำ เรียกว่า "การเขียนข้อมูล" และการนำข้อมูลออกจากหน่วยความจำ เรียกว่า "การอ่านข้อมูล" ในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลMCS-51 ข้อมูลในแต่ละตำแหน่งจะมีขนาด 8 บิต ดังนั้นในแต่ตำแหน่งของหน่วยความจำจะสามารถเก็บข้อมูลซึ่งมีค่าระหว่าง 000000002 ถึง 111111112 หรือ 0016 ถึง 0FF16 ในการติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่ม คือ

2.1) ตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ ซึ่ง MCS-51 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม และหน่วยความจำข้อมูลได้สูงสุดชนิดละ 65,536 ตำแหน่ง (64 กิโลไบต์) ดังนั้น ตำแหน่ง 16 เส้น (2^{16} เท่ากับ 65,536)

2.2) ข้อมูลที่อ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำในตำแหน่งที่เราต้องการ

2.3) สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อบอกกับหน่วยความจำว่า ต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูล ซึ่งวงจรถอดรหัสคำสั่งจะทำการสร้างสัญญาณควบคุมจากคำสั่งที่อ่านเข้ามาจากหน่วยความจำโปรแกรม

3) อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต

เป็นส่วนที่ใช้นำข้อมูลเข้า หรือส่งข้อมูลออกจาก MCS-51 ทำให้สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต ได้แก่

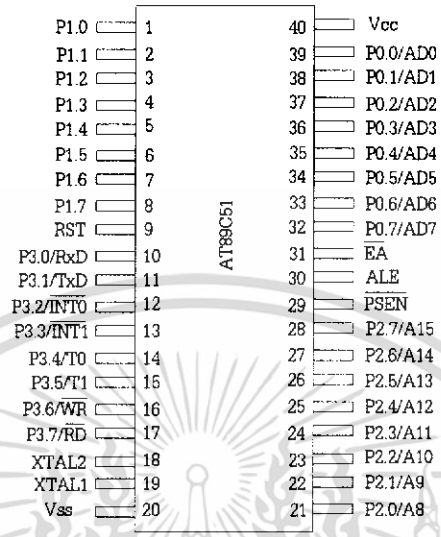
3.1) พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบขนาน มีทั้งหมด 4 พอร์ต ใช้สำหรับรับส่งข้อมูลซึ่งเป็นดิจิตอลเข้า หรือออกจาก MCS-51 โดยแต่ละพอร์ตจะรับส่งข้อมูลได้ 8 บิต มีพอร์ต P0, P1, P2 และ P3 บางพอร์ตจะใช้งานมากกว่า 1 หน้าที่

3.2) วงจรนับ/จับเวลา ทำงานได้ 2 หน้าที่ คือ เป็นวงจรนับหรือจับเวลา เมื่อเป็นวงจรนับจะทำการนับจำนวนรอบของสัญญาณนาฬิกาภายใน MCS-51 หรือจำนวนรอบของสัญญาณที่ต่ออยู่ภายนอกตัว MCS-51 ก็ได้ สามารถตั้งค่าเริ่มต้นของการนับและอ่านค่าการนับได้โดยซีพียู เมื่อเป็นวงจรจับเวลาจะใช้หลักการเดียวกับวงจรนับเพียงแต่จะกำหนดค่าสูงสุดของการนับไว้ ซึ่งค่าสูงสุดของการนับจะคำนวณมาจากค่าเวลาที่ต้องการจับเวลานั่นเอง

3.3) พอร์ตอนุกรม ซีพียูจะอ่านและเขียนข้อมูลกับพอร์ตอนุกรมโดยเป็นแบบ 8 บิต แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก MCS-51 เรียงไปทีละบิตออกจากขา TxD และในรับข้อมูลก็จะทำการรับเข้ามาทีละบิตทางขา RxD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิต เพื่อให้ซีพียูอ่านไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 โครงสร้างภายนอกของ MCS-51เบอร์AT89C2051



รูปที่ 2.27 ลักษณะขาภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ Pin

ในรูปที่ 2.27 แสดงลักษณะภายนอกของ MCS-51 แบบ Pin มี 40 ขา หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ดีนตะขาบหรือแบบ Dual line Package (DIP) โดยแต่ละขามีหน้าที่ดังนี้

1. ขา VCC : (ขา 40) เป็นขาป้อนแรงดันไฟเลี้ยงบวก 5 โวลต์

2. ขา VSS : (ขา 20) เป็นขากราวด์

3. ขาพอร์ต 0 (Port0) : (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ P0.0 – P0.7 ใช้งานเป็นอินพุต/เอาต์พุตพอร์ตทั่วไป ใช้เก็บค่าตำแหน่งหน่วยความจำไบต์ต่ำ (A0-A7) และรับส่งข้อมูล (D0-D7) จากหน่วยความจำภายนอก

4. ขาพอร์ต 1 (Port 1) : (ขา 1-8) มีทั้งหมด 8 บิต ได้แก่ P1.0 - P1.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตเป็นแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตเพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากนี้ขาพอร์ต P1.0 – P1.1 จะถูกนำมาใช้งานเป็นขา AIN1และAIN2 ตามลำดับ

5. ขาพอร์ต 2 (Port 2) : (ขา 21-28) มีทั้งหมด 8 บิต ได้แก่ P2.0 – P2.7 ใช้งานเป็นอินพุต/เอาต์พุตพอร์ตทั่วไป และใช้เป็นที่เก็บค่าตำแหน่งหน่วยความจำไบต์สูง (A8-A15) เพื่อใช้ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

6. ขาพอร์ต 3 (Port 3) : (ขา10-17) มีทั้งหมด 8 บิต ได้แก่ P3.0 – P3.7 ใช้งานเป็นอินพุต/เอาต์พุตทั่วไป และใช้งานในหน้าที่พิเศษดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 หน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต P3

ขาพอร์ต	หน้าที่พิเศษ
P3.0	RXD (Serial input port)
P3.1	TXD (Serial output port)
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (Time 0 external input)
P3.5	T1 (Time 1 external input)
P3.7	RD (external data memory read strobe)

7. ขารีเซ็ต (RST) : (ขา 9) Reset ใช้สำหรับรีเซ็ตวงจรทุกอย่างในชิปเพื่อเริ่มต้นการงานใหม่ ในการรีเซ็ตต้องป้อนสภาวะเป็น "1" อย่างน้อย 2 แมชชีนไซเกิลในขณะที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่

8. ALE : (ขา 30) Address Latch Enable เป็นขาส่งสัญญาณออกไปภายนอก เพื่อควบคุมการคงสภาวะเดิมของค่าตำแหน่งหน่วยความจำไบต์ต่ำจากพอร์ต 0

9. $\overline{\text{PSEN}}$: (ขา 29) Program Strobe Enable เป็นขาส่งสัญญาณเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเมื่อขานี้ Active มีลอจิกเป็น "0" จะอ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และถ้าเป็นการอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายในขานี้จะไม่ Active

10. $\overline{\text{EA}}$: (ขา 31) External Access เป็นขาที่ใช้สำหรับเลือกว่าให้ทำงานจากหน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกชิป เมื่อขานี้ Active มีลอจิกเป็น "0" จะเป็นการทำงานตามคำสั่งในหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

11. ขา XTAL1 : (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

12. ขา XTAL2 : (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาต์พุตออกจากวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

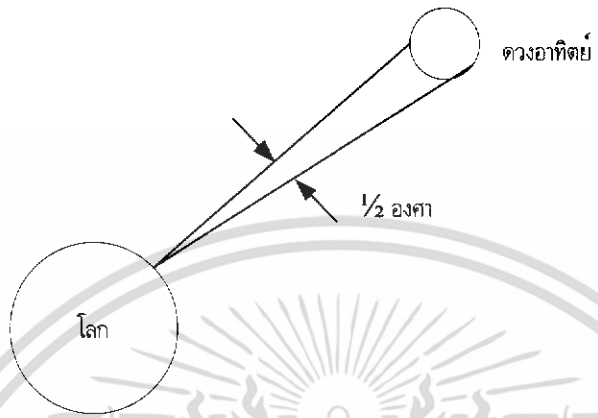
2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับดวงอาทิตย์

2.7.1 โครงสร้างของดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจนในปริมาณ 75% ที่เหลือเป็นธาตุฮีเลียมและธาตุหนักอื่น เช่น เหล็กซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 1.39×10^{6} กิโลเมตรมีหน่วยเท่ากับ 1.99×10^{6} กิโลกรัมและมีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1410 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตรดังนั้น ณ จุดใดๆบนพื้นโลกเมื่อมองขึ้นไปยังดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นดวงอาทิตย์ครอบคลุมขนาดไปประมาณครึ่งองศาดังรูปที่ 2.28 และจากที่ทราบว่าโลกหมุนรอบตัวเองใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมงดังนั้นดวงอาทิตย์จะเคลื่อนตำแหน่งไป 1 องศาจะใช้เวลา 4 นาที



รูปที่ 2.28 แสดงขนาดของดวงอาทิตย์เปรียบเทียบระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์

2.7.2 พลังงานแสงอาทิตย์ที่แผ่รังสีมายังโลก

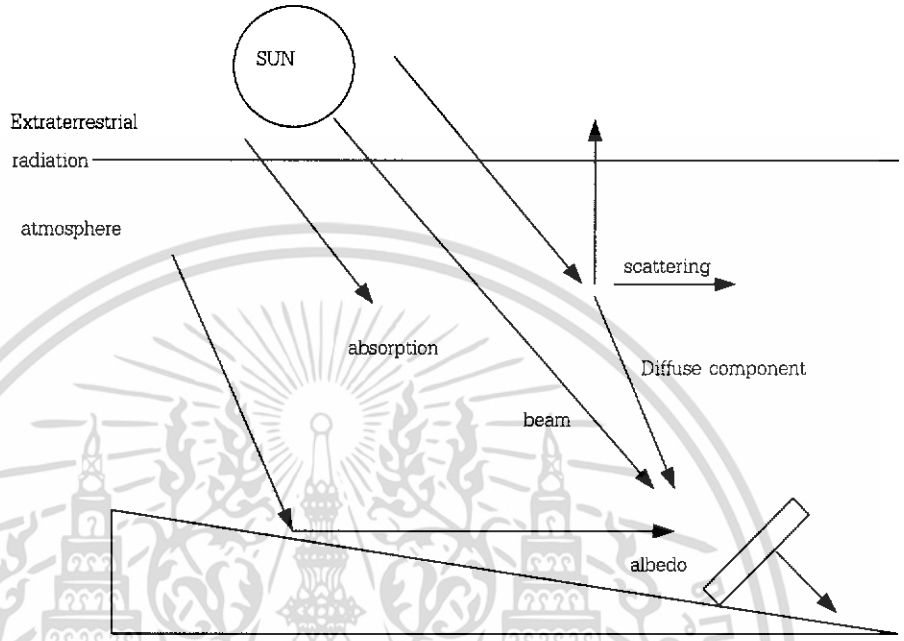
ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานที่สำคัญในระบบสุริยะจักรวาลพลังงานที่เกิดบนดวงอาทิตย์เป็นผลมาจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชั่น (Thermonuclear Fusion) ของไฮโดรเจน 4 อะตอม (Atom) คือพลังงานเท่ากับมวลคูณด้วยความเร็วกำลังสอง ($E = mc^2$) ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นมาแล้ว 4.5 พันล้านปีและคาดว่ายังมีไฮโดรเจนเพียงพอที่จะเกิดปฏิกิริยานี้อีกประมาณ 4.5 พันล้านปีสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ในอวกาศเรียกว่าเป็นสเปกตรัมแบบ AMO (Air Mass Zero) ส่วนสเปกตรัมบนพื้นโลกที่วัดที่เส้นศูนย์สูตรระดับน้ำทะเล ขณะที่ฟ้าแจ่มใสและดวงอาทิตย์อยู่เหนือหัวเรียกว่า สเปกตรัมแบบ AM1 (Air Mass One) หากเป็นการวัดที่ตำแหน่งอื่นๆสภาพอากาศที่สเปกตรัมที่ได้จะเป็นแบบ AM2,AM3 แล้วแต่ปริมาณและสภาพบรรยากาศที่แสงผ่านตลอดจนทางยาวของทางผ่านของแสงอาทิตย์ดวงอาทิตย์มีอัตราการปลดปล่อยกำลังงาน 3.85×10^{23} กิโลวัตต์และบรรยากาศบริเวณผิวโลกได้รับ 1.725×10^{14} กิโลวัตต์เทียบเป็นพลังงานที่ได้รับใน 1 ปี คือ 1.51×10^{18} กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรีระยะห่างโลกและดวงอาทิตย์จะแปรรูปอยู่ในช่วง 1.5×10^{8} กิโลเมตร $\pm$ 1.7% พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับนอกบรรยากาศที่ระยะห่างดังกล่าวค่าสูงสุดเท่ากับ 1,400 วัตต์/ตารางเมตร ในช่วงเดือนธันวาคมและเดือนมกราคมและค่าต่ำสุดเท่ากับ 1,305 วัตต์/กิโลเมตร ในช่วงเดือนมิถุนายนและเดือนกรกฎาคมโดยเฉลี่ยแล้วพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับรายปีเท่ากับ 1,367 วัตต์/ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 พลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นโลก

โลกประกอบไปด้วยก๊าซชนิดต่างๆฝุ่นละอองและไอน้ำเมื่อดวงอาทิตย์ส่องผ่านบรรยากาศของโลก พลังงานบางส่วนจะถูกดูดซับโดยอณูของอากาศ เมฆ และฝุ่นละอองในอากาศ ซึ่งเราสามารถแยกประเภท



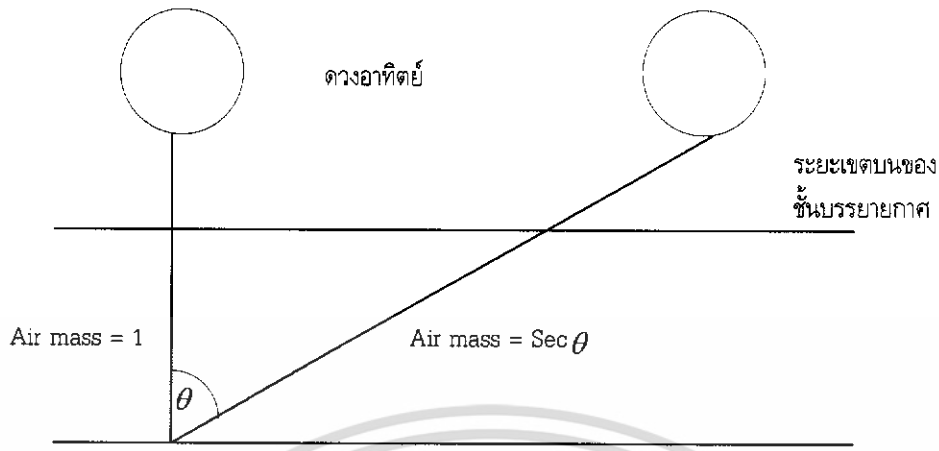
รูปที่ 2.29 พลังงานแสงอาทิตย์ที่แผ่รังสีออกมายังโลก

พลังงานที่มาจากดวงอาทิตย์ออกได้เป็นดังนี้

1. ลำแสงที่ตกกระทบพื้นโลกโดยตรง
2. ลำแสงที่สะท้อนมาจากโลก (Albedo)
3. ลำแสงที่สะท้อนมาจากฝุ่นละอองต่างๆในอากาศ (Diffuse Radiayion)
4. ลำแสงทั้งหมดที่สะท้อนมาจาก 3 ส่วนข้างต้น (Global)

ระยะทางที่แสงอาทิตย์ฉายผ่านบรรยากาศเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีผลต่อความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ฉายลงบนพื้นโลก ถ้าระยะทางที่แสงอาทิตย์ผ่านบรรยากาศยาว เช่น ในช่วงเวลาเช้าและเวลาเย็นปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้รับจะลดลง โดยนิยามคำศัพท์ “ แอร์แมส ” (Air Mass) ขึ้นเพื่อใช้ระบุระยะทางสัมพันธ์ที่แสงอาทิตย์ฉายผ่านบรรยายกาศโดยกำหนดให้ตำแหน่งซึ่งดวงอาทิตย์ตรงศีรษะมีค่าแอร์แมสเป็น 1 ที่ตำแหน่งอื่นแอร์แมสมีค่าเท่ากับ $\mathrm{Sec}\,\theta$ เมื่อ θ คือมุมที่แนวแสงอาทิตย์ทำกับเส้นดิ่งดังที่แสดงในรูปที่ 2.30 ความเข้มของแสงอาทิตย์ที่แอร์แมสต่างๆเปรียบเทียบกับความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ได้รับนอกบรรยากาศ (แอร์แมสเท่ากับ 0)

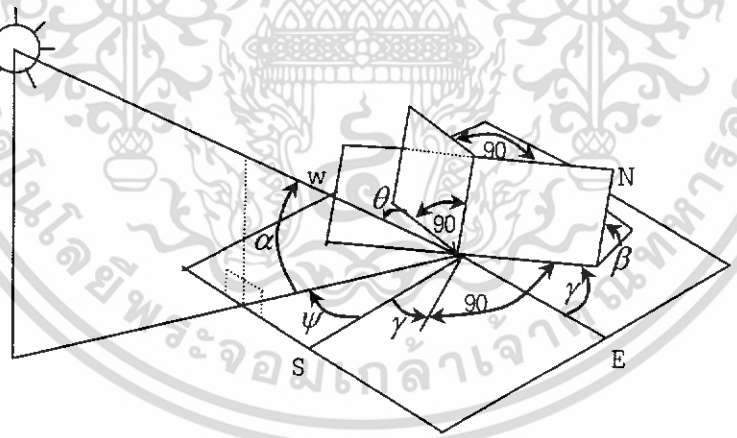
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.30 ค่าจำกัดความของแอร์แมส

2.7.4 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์

เนื่องจากวงโคจรของโลกที่โคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรีและโลกมีการโคจรรอบตัวเองทำให้มุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำกับตำแหน่งเดียวกันในแต่ละวันเปลี่ยนไปทุกๆวันซึ่งสามารถคำนวณมุมเอียงของดวงอาทิตย์ที่กระทำกับแต่ละตำแหน่งในแต่ละวันได้โดยใช้สูตรเอมพิริกัลใช้คำนวณมุมเดคลิเนชัน



รูปที่ 2.31 การพิจารณามุมต่างๆเพื่อหาหาค่ามุมเดคลิเนชั่น

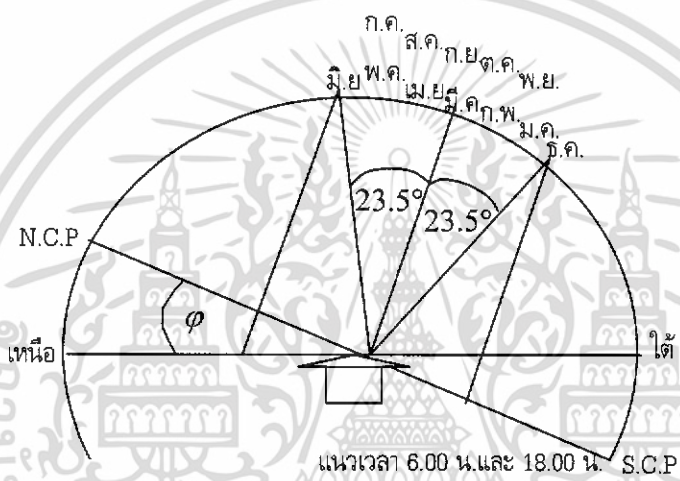
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\delta = 23.45°\sin\left(\left(\frac{284+N}{N_y}\right)\times 360\right) \qquad (2.1)$$

เมื่อ δ : มุมที่ดวงอาทิตย์กระทำกับโลกในแต่ละวันซึ่งมีค่าตั้งแต่ $23.45°$ จนถึง $-23.45°$

N : จำนวนนับตั้งแต่ 1 มกราคมจนถึงวันที่ต้องการหา

N_y : จำนวนวันในปีนั้นๆ



รูปที่ 2.32 ตำแหน่งมุมที่ดวงอาทิตย์กระทำกับโลกในรอบ 1 ปี

ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงเวลา 1 ปีนั้นดวงอาทิตย์ทำมุมกับพื้นโลกตามแนวดิ่งตั้งแต่ $23.45°$ จนถึง $-23.45°$ ดังนั้นมุมเอียงที่เหมาะสมในการติดตั้งระนาบรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้สามารถรับพลังงานได้มากที่สุดจะคำนวณได้จาก

$$\beta = \varphi - \delta \qquad (2.2)$$

เมื่อ β : มุมเอียงที่เหมาะสมในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อ φ : มุมเส้นละติจูดที่ของสถานที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

การออกแบบโครงงานระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติมีส่วนประกอบสำคัญ คือ การขับเคลื่อนให้แผงโซล่าร์เซลล์หมุนตามแนววงโคจรของดวงอาทิตย์ และการนำพลังงานมาประจุแบตเตอรี่และตรวจสอบระดับแรงดัน

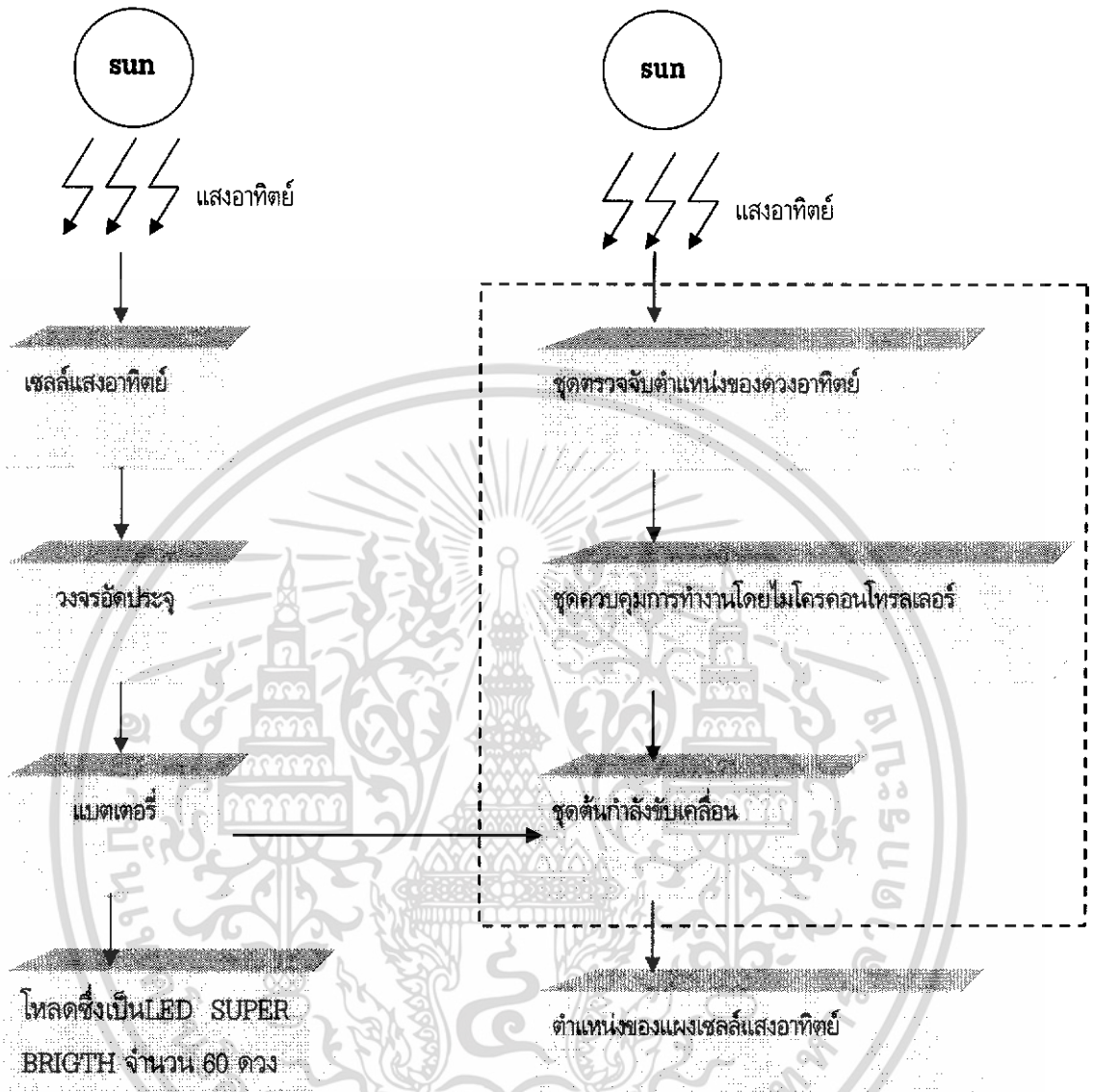
การขับเคลื่อนให้แผงโซล่าร์เซลล์หมุนตามแนววงโคจรจะใช้การตรวจหาว่าตำแหน่งของดวงอาทิตย์อยู่ที่ใดจะใช้ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามความเข้มของแสง (LDR) ทั้งหมด 3 ตัว ในการตรวจจับโดย LDR1กับ LDR2 จะเป็นตัวตรวจจับปริมาณความเข้มของแสง ถ้าปริมาณความเข้มของแสงมีค่าไม่เท่ากัน นั่นคือ LDR1 และLDR2 ตั้งฉากกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์พอดี ส่วน LDR3 ใช้ตรวจสอบว่าขณะนี้มีแสงอาทิตย์หรือไม่ เช่น กรณีไม่มีแสงแดด ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงจะประมวลผล

การนำพลังงานมาประจุแบตเตอรี่และตรวจสอบระดับแสงดันแบตเตอรี่จะใช้แบตเตอรี่ชนิดเซลล์เปียกขนาด 12 โวลต์ ขนาด 70 แอมแปร์ ซึ่งจะมีวงจรสำหรับตรวจสอบระดับการประจุแบตเตอรี่ว่าอยู่ในระดับใด ถ้าระดับแรงดันเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ก็จะหยุดประจุเองโดยอัตโนมัติ เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่

โครงงานระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ ประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์
2. วงจรตรวจจับระดับความเข้มของแสง
3. วงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
4. วงจรตรวจสอบระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่
5. วงจรเร็กติไฟเออร์
6. ส่วนของโครงเหล็กติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

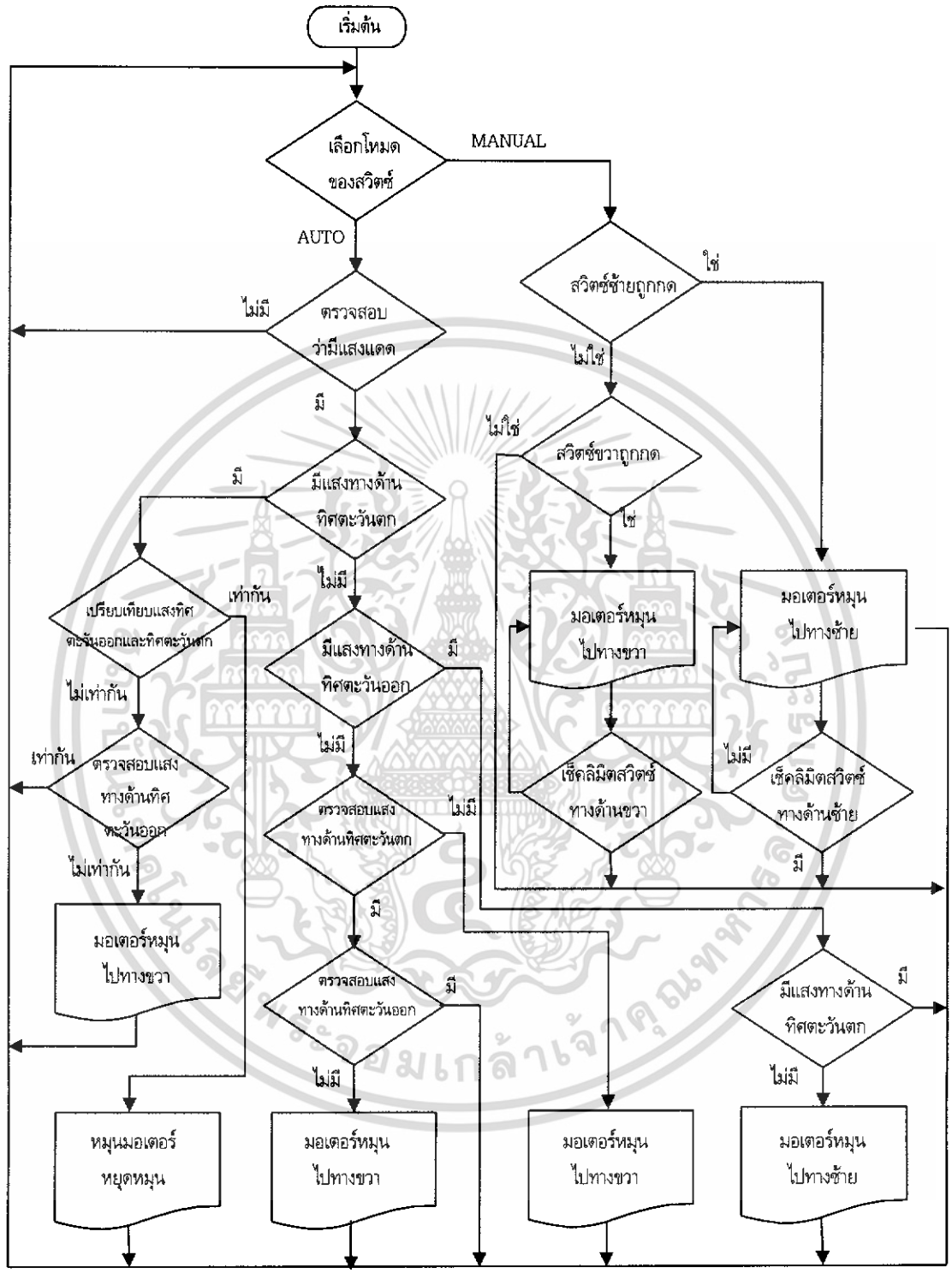


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญดังนี้

1. ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์
2. ชุดโครงสร้างของระบบ
3. ชุดแบตเตอรี่ วงจรอัดประจุและวงจรควบคุมแรงดัน
4. ชุดตรวจจับตำแหน่งดวงอาทิตย์
5. ชุดต้นกำลังที่ขับเคลื่อนมอเตอร์
6. ชุดควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

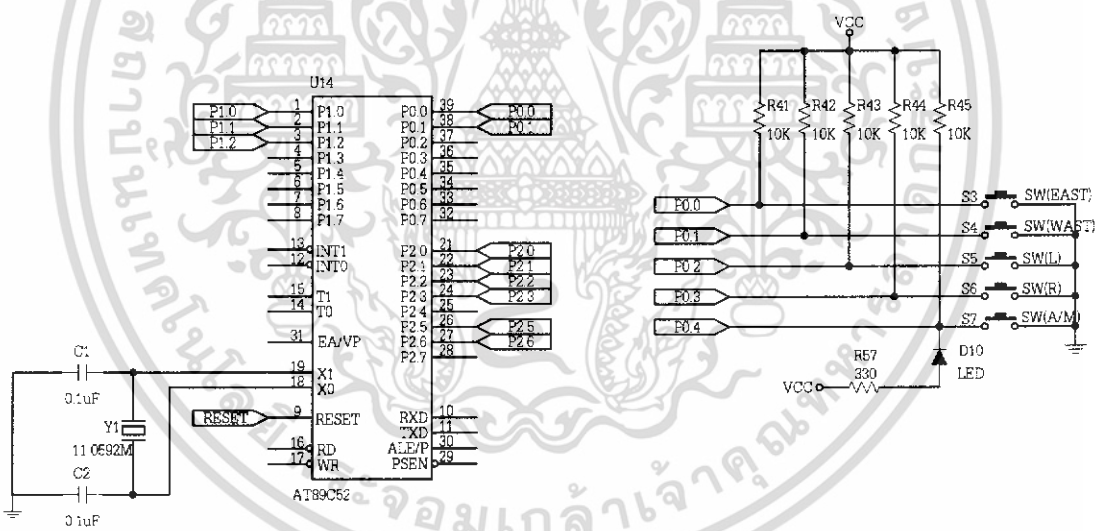


รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบและการสร้างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

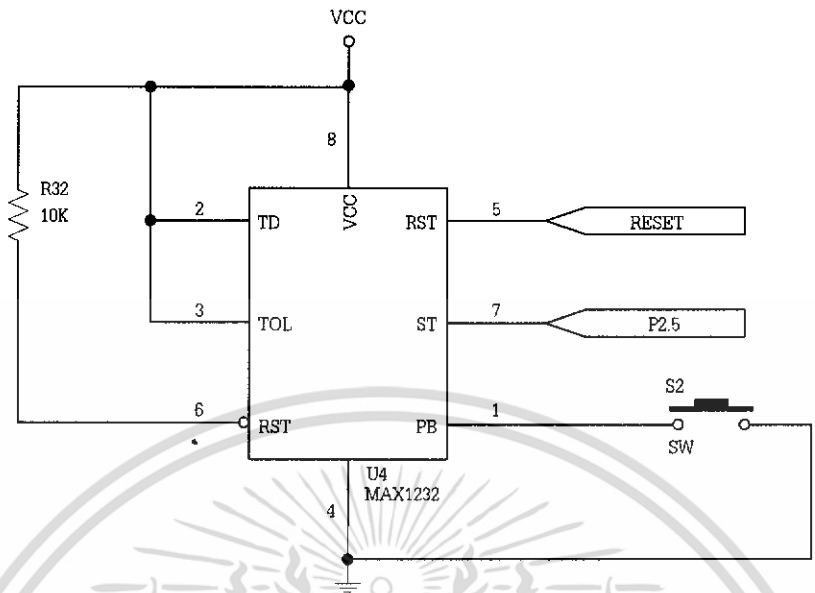
วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS-51เบอร์ AT89S2052 ซึ่งเป็นไอซี 40 ขา พอร์ตที่ใช้งานมี 3 พอร์ตได้แก่ พอร์ต 1 (Port 1) พอร์ต 2 (Port 2) และพอร์ต 3 (Port 3) โดยนำพอร์ต 1.0 ถึงพอร์ต 1.1 ไปควบคุมการทำงานของมอเตอร์ การควบคุมมอเตอร์จะควบคุมโดยการป้อนไฟให้กับมอเตอร์สลับกัน จะทำให้มอเตอร์หมุนไปในทิศทางตรงกันข้ามกัน วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์มีการทำงาน 2 แบบ คือ แบบควบคุมด้วยมือ อาศัยพอร์ต 0.4 เลือกสถานะว่าต้องการควบคุมด้วยมือหรือควบคุมการทำงานอัตโนมัติ และใช้พอร์ต 0.2 ควบคุมให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หมุนไปทางซ้าย ใช้พอร์ต 0.3 ควบคุมให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หมุนไปทางขวา และการควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติโดยใช้พอร์ต 1.0 พอร์ต 1.1 และพอร์ต 1.2 รับสถานะของลอจิกที่มาจากวงจรตรวจจับระดับความเข้มแสงที่ได้มาจาก LDR 3 ตัว ได้แก่ LDR 1 และ LDR 2 ตรวจสอบแนวโคจรของดวงอาทิตย์ และอาศัย LDR 3 ตรวจสอบความเข้มแสง ในกรณีกลางวัน กลางคืน และกรณีไม่มีแสง วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้พอร์ต 2.6 ควบคุมการตัดต่อไฟมอเตอร์



รูปที่ 3.3 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการทำงานของวงจรเมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปทางตะวันตกจนกระทั่งไปชนสวิตช์ตะวันตกซึ่งต่ออยู่กับพอร์ต 0.0 แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะหยุดหรือเคลื่อนที่กลับไปทิศทางตะวันออก และเมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกจนกระทั่งชนกับสวิตช์ตะวันออกซึ่งต่ออยู่กับพอร์ต 0.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะหยุดหรือเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตก นอกจากนั้นวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ยังประกอบไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



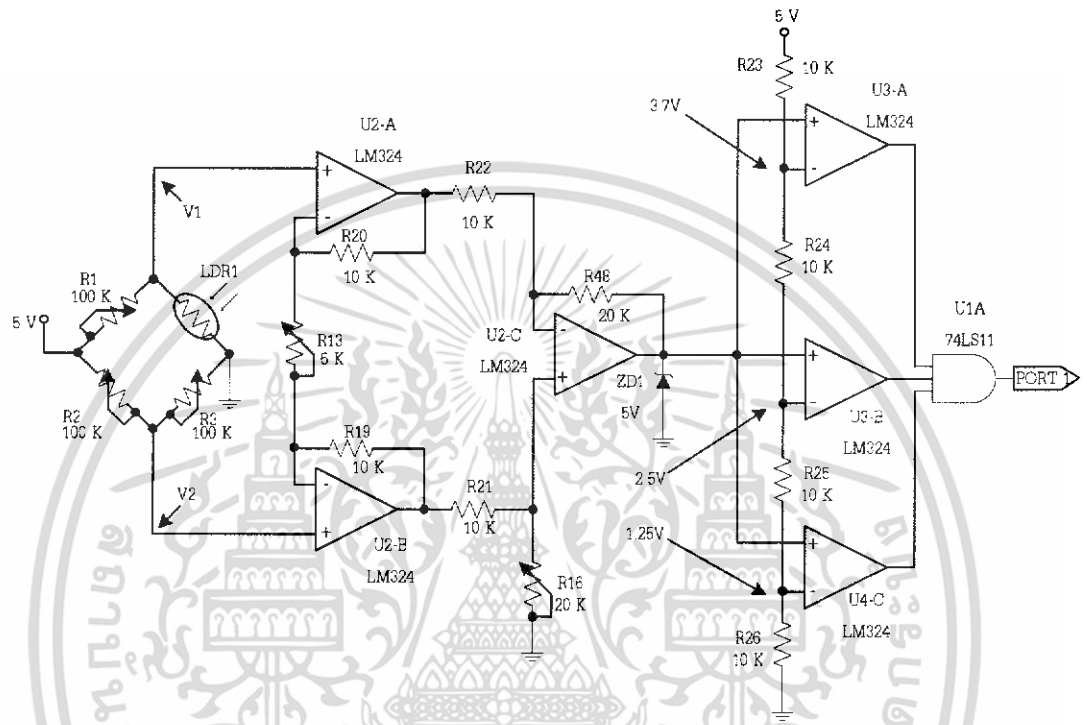
รูปที่ 3.4 วงจรว็อชด็อก

วงจรรีเซ็ตและวงจรว็อชด็อก โดยใช้ชิพเบอร์ MAX 1232 ซึ่งการรีเซ็ตจะเกิดขึ้นอัตโนมัติในกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์หยุดการทำงาน โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณจากพอร์ต 2.5 ไปกระตุ้นที่ขา ST ของ MAX 1232 อยู่ตลอดเวลา เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์หยุดการทำงานทำให้สัญญาณที่ไปกระตุ้นขาดหายไปภายในเวลา 1.2 วินาที MAX 1232 รีเซ็ตไมโครคอนโทรลเลอร์โดยอัตโนมัติและกรณีที่ระดับแรงดันของวงจรต่ำกว่าร้อยละ 1 ของไฟเลี้ยงหรือ4.5โวลต์ วงจรว็อชด็อกจะรีเซ็ตไมโครคอนโทรลเลอร์โดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบและการสร้างแผงวงจรตรวจจับระดับความเข้มแสง

วงจรตรวจจับระดับความเข้มแสงมีด้วยกันทั้งหมด 3ตัว เพื่อความแน่นอนในการนำไปใช้ประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งในที่นี้จะอธิบายเพียงตัวเดียว



รูปที่ 3.5 วงจรตรวจจับระดับความเข้มแสง

วงจรตรวจจับระดับความเข้มแสงนี้จะมีตัว LDR ต่อเป็นวงจรบริดจ์

1. สภาวะปกติ (ไม่มีแสงแดด) บริดจ์จะต่ออยู่ในสภาวะสมดุล นั่นคือ แรงดันที่ V1 แรงดันที่ V2 คือ 2.5 โวลต์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบโดยการใช้ออปแอมป์เบอร์ LM324 ตัวเปรียบเทียบ ถ้าค่าอินพุตไม่แตกต่างกันเอาท์พุตที่ได้จะมีค่าท่ากับ 0 (ลอจิก 0) ซึ่งจะเป็นไปตามสมการ

$$Av = \left[\frac{R8}{R7}\right]\left[\frac{2R6}{VR6} + 1\right]$$

$$V1 = V2 - V1$$

$$Vo = Av(V2 - V1)$$

แรงดันเอาท์พุตที่ได้จะถูกควบคุมด้วยซีเนอร์ไดโอด ZD1 เพื่อไม่ให้แรงดันเกิน 5 โวลต์เป็นส่วนป้องกันการเสียหายจากภาคต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอาท์พุตจาก ZD1 จะนำมาเข้าวงจรจัดระดับแรงดัน เพื่อเป็นตัวกำหนดว่าจะใช้แรงดันค่าตั้งแต่เท่าไรเป็นลอจิก 0 หรือเป็นลอจิก 1 ซึ่งแบ่งเป็น 4 ระดับคือ

ที่ขาลบของ IC6-C มีแรงดันอ้างอิงเท่ากับ 1.25 โวลต์

ที่ขาลบของ IC6-B มีแรงดันอ้างอิงเท่ากับ 2.5 โวลต์

ที่ขาลบของ IC6-A มีแรงดันอ้างอิงเท่ากับ 3.75 โวลต์

แรงดันที่ตกคร่อม R9 มีแรงดันอ้างอิงเท่ากับ 5 โวลต์

ซึ่งในสภาวะปกติ (ไม่มีแสงแดด) เอาท์พุตที่ IC6-C จะได้เท่ากับ 0 โวลต์ เมื่อนำเข้าขาบวกของIC6-C เปรียบเทียบแรงดันอ้างอิง 1.25 โวลต์ จะได้เอาท์พุตที่ IC6-C เป็นแรงดันทางด้านลบเปรียบเสมือนมีค่าเป็น 0 โวลต์ ที่ IC6-B ก็จะได้แรงดัน 2.5 โวลต์ที่ศักย์ด้านลบเปรียบเสมือนเอาท์พุต IC6-B มีค่าเป็น 0 โวลต์ ที่ IC6-A ก็เช่นเดียวกัน เอาท์พุต IC6-A จะมีค่าเป็นลบ เมื่อนำเอาท์พุตทั้งสามมาเข้า AND GATE ก็จะได้ Logic ที่ “0” โดยสมบูรณ์

2. เมื่อมีแสงแดดมาตกกระทบ LDR ที่ให้บริดจ์ไม่สมดุลเป็นผลแรงดันที่ V1 มีค่าลดลง เนื่องจากความต้านทานของ LDR เพิ่มขึ้น แต่ V2 มีค่าเท่าเดิม คือ 2.5โวลต์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบโดยวงจรอินสทรูแอมป์ (IC5) ก็จะได้โวลต์เตจที่เอาท์พุตออกมาค่าหนึ่งเอาท์พุตที่ได้จะถูกขยายโดย IC5-C ก็จะได้เอาท์พุตออกมา 4 ถึง 5 โวลต์ โดยปรับที่ VR6 ให้ได้อัตราขยายตามต้องการ

จากนั้นก็นำเอาท์พุตที่ได้ไปเปรียบเทียบแรงดันโดย IC6

- ที่ IC6-C มีค่าแรงดันอ้างอิงเท่ากับ 1.25 โวลต์เมื่อเทียบกับแรงดันเอาท์พุตจากวงจรอินสทรูเมนท์แอมป์ มีค่า 4 ถึง 5 โวลต์ ก็จะได้เอาท์พุตออกมา 4 ถึง 5 โวลต์ เนื่องจากศักย์เป็นบวกมากกว่าเท่ากับลอจิก “1”

- ที่ IC6-B แรงดันอ้างอิงเท่ากับ 2.5 โวลต์ที่ขาลบ เมื่อมีการเปรียบเทียบกับเอาท์พุตจาก IC5-C ที่มีค่า 4 ถึง 5 โวลต์ ก็จะได้เอาท์พุตออกมาที่ IC6-B มีค่าเท่ากับ 4 ถึง 5 โวลต์ ซึ่งท่ากับลอจิก “1”

- ที่ IC6-A แรงดันอ้างอิงเท่ากับ 3.75 โวลต์ที่ขาลบ เมื่อมีการเปรียบเทียบกับเอาท์พุตที่ IC5-C แล้ว IC5-C มีศักย์มากกว่า ก็จะได้เอาท์พุตออกมาที่ IC6-Aมีค่าเท่ากับ 4 ถึง 5 โวลต์ ซึ่งเท่ากับลอจิก “1”

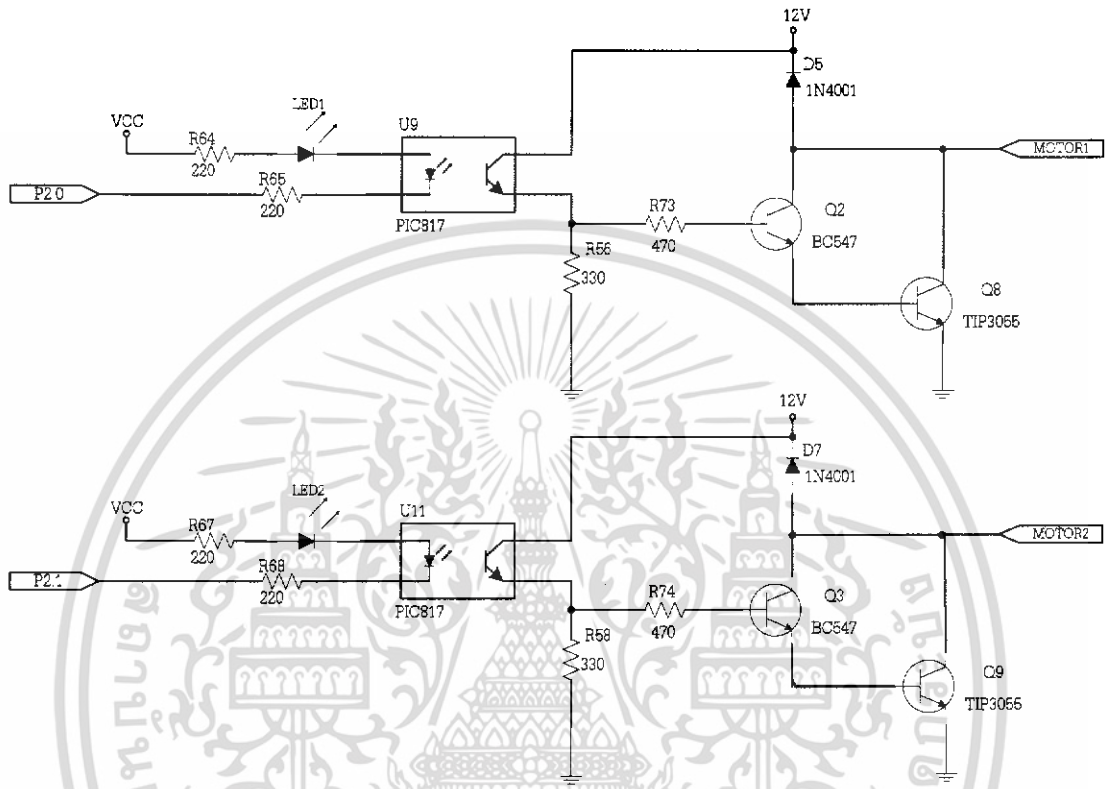
เมื่อนำเอาท์พุตทั้ง 3 เอาท์พุตมาเข้า AND GATE ก็จะได้ Logic ที่ “1” โดยสมบูรณ์

3.4 การออกแบบและการสร้างแผงวงจรขับมอเตอร์

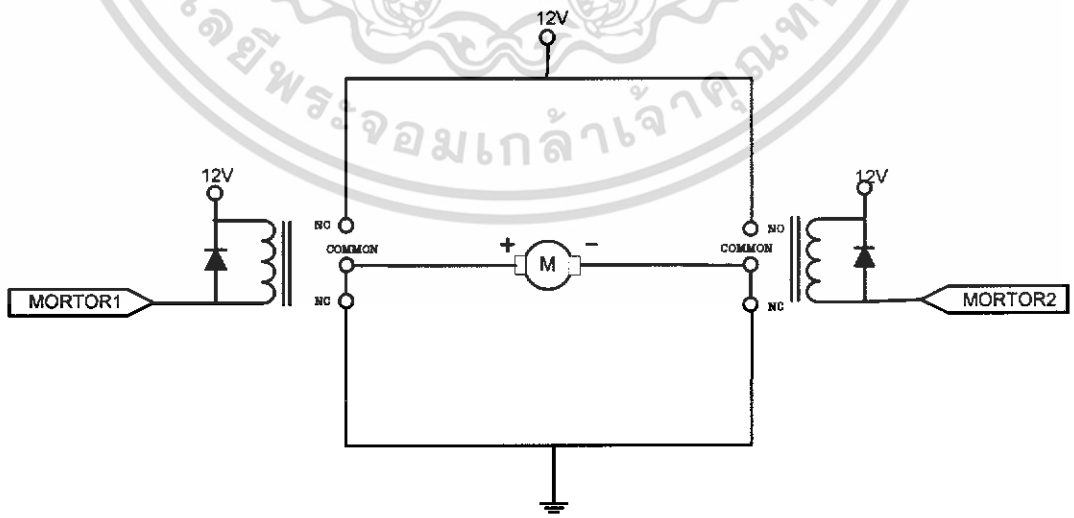
มอเตอร์เป็นแบบ ทดเฟืองในตัวซึ่งสามารถรองรับน้ำหนักขณะวางขนาดพื้นดินได้มากถึง 5-10 กิโลกรัมหรือมากกว่าโดยความสามารถในการรับน้ำหนักนั้นขึ้นอยู่กับเฟืองที่ทดอยู่ภายในและขนาดความเร็วรอบต่อนาที และขนาดของตัวมอเตอร์ด้วย โดยการทำงานของวงจรจะป้อนลอจิกไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้กับชุดมอเตอร์โดยสามารถส่งผ่านสถานะทางลอจิกไปทางชุดขับมอเตอร์ไปขับ รีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะมีรีเลย์ 2 ตัวทำหน้าที่ในการตัดต่อไฟให้กับมอเตอร์ให้สลับขั้วกัน ส่งผลให้มอเตอร์สามารถหมุนซ้าย หรือขวาก็ได้แล้วแต่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสภาวะลอจิกใดมา



รูปที่ 3.6 วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง



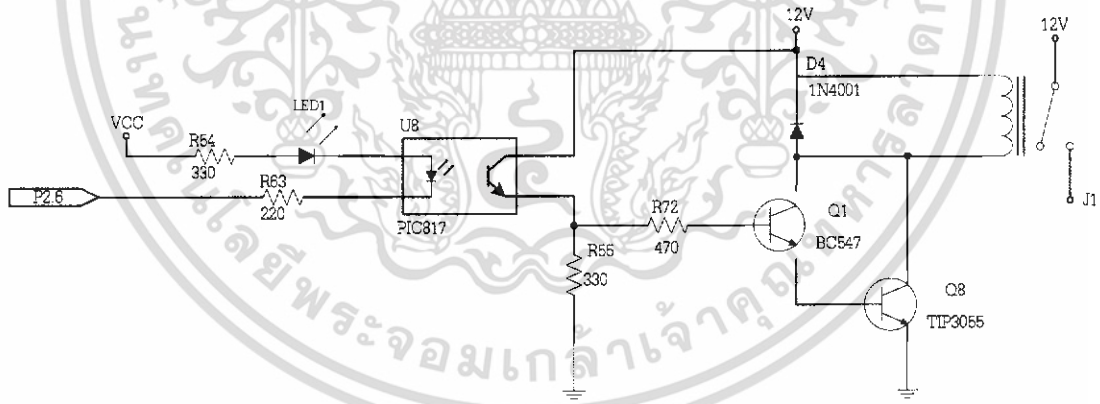
รูปที่ 3.7 วงจรกลับทางหมุนมอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของวงจรขับมอเตอร์อาศัยคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยลอจิกที่สามารถทำให้ชุดขับมอเตอร์ทำงาน คือ ลอจิก “0” เมื่อมีคำสั่งส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีลอจิกเป็น “0” LED ภายในออปโต้ PIC817 จะนำกระแสโดยมีความต้านทานค่า 220 โอห์ม ทำหน้าที่จำกัดกระแสเมื่อทรานซิสเตอร์ที่อยู่ภายใน PIC817 นำกระแสจะมีกระแสส่วนหนึ่งไหลผ่านความต้านทาน 330 โอห์ม ลงกราวด์และอีกส่วนหนึ่งจะไหลผ่านความต้านทาน 470 โอห์มไปไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์เบอร์ BC547 และ TIP3055 ซึ่งทรานซิสเตอร์ทั้งสองนี้จะทำการต่อแบบดาร์ลิงตันกัน สามารถขับกระแสได้ 5 แอมแปร์ เมื่อทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวนำกระแส ทำให้กระไหลจากแหล่งจ่ายไปผ่านยังรีเลย์ครบวงจร ส่วนไดโอด 1N4001 ทำหน้าที่ป้องกันกระแสไหลย้อนกลับ ในขณะที่มอเตอร์หยุดทำงาน วงจรมอเตอร์จะมีทั้งหมด 2 ชุด แต่ละชุดนำไปป้อนไฟให้กับมอเตอร์ สำหรับชุดจ่ายไฟของมอเตอร์กับชุดจ่ายไฟของอินพุตจะแยกอิสระต่อกัน เพื่อตัดปัญหาในเรื่องสัญญาณรบกวน และปัญหาอื่นๆ ที่จะเข้ามารบกวนระบบควบคุมของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

3.5 การออกแบบและการสร้างแผงวงจรตัดต่อมอเตอร์

วงจรตัดต่อมอเตอร์อาศัยรีเลย์ใช้ในการตัดต่อไฟไปจ่ายให้กับมอเตอร์ ถึงแม้จะมีคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วก็ตาม แต่ถ้าวงจรนี้ไม่ทำงาน มอเตอร์ก็จะไม่สามารถหมุนได้ ต้องทำการทำให้วงจรนี้ทำงานก่อนจึงจะสามารถสั่งงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์ได้



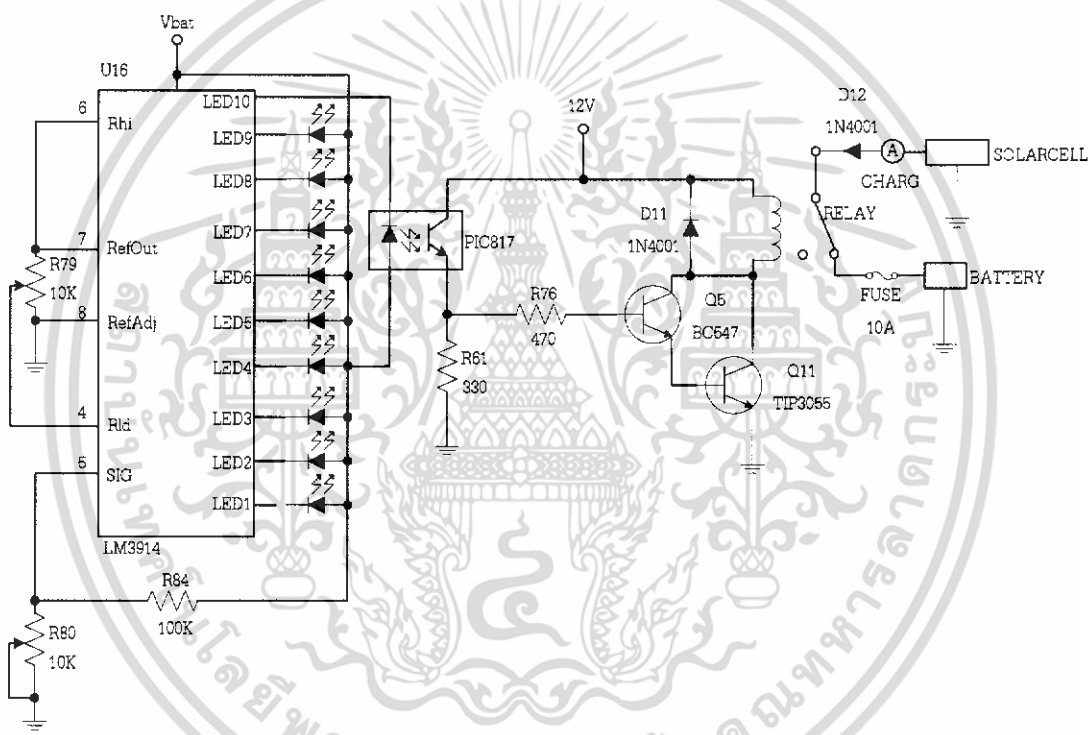
รูปที่ 3.8 วงจรตัดต่อไฟเลี้ยงมอเตอร์

หลักการทำงานของวงจรตัดต่อมอเตอร์อาศัยคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีบิตเป็น “1” PIC817 จะไม่ทำงาน เมื่อคำสั่งให้มีลอจิกเป็น “0” LED ที่อยู่ภายในออปโต้ PIC817 จะนำกระแส โดยมี R37 ทำหน้าที่จำกัดกระแส เมื่อทรานซิสเตอร์ที่อยู่ภายใน PIC817 นำกระแส จะมีส่วนหนึ่งไหลผ่าน R38 ลงกราวด์ และอีกส่วนหนึ่งไหลผ่านR39 ไปไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ Q3 และ Q4 เบอร์ BC547 และ TIP3055 ตามลำดับ ทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวนี้ต่อแบบดาร์ลิงตันเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวนำกระแสทำให้รีเลย์นำกระแสไปด้วย ส่วนไดโอด D2 ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายที่ทำความเสียหายให้กับทรานซิสเตอร์เมื่อมีกระไหลย้อนกลับ ในขณะที่รีเลย์หยุดทำงาน สำหรับชุดจ่ายไฟของรีเลย์กับชุดจ่ายไฟของอินพุตจะแยกอิสระจากกันเพื่อตัดปัญหาในเรื่องสัญญาณรบกวน และปัญหาอื่นที่จะเข้ามารบกวนระบบควบคุมของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

3.6 การออกแบบและการสร้างแผงวงจรตรวจสอบระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่



รูปที่ 3.9 วงจรตรวจจับระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่

วงจรนี้บอกระดับแรงดันของแบตเตอรี่ที่มีอยู่ขณะนั้น โดยใช้ไอซีเบอร์ LM3914 ซึ่งใช้ LED 10 ตัว เป็นตัวแสดงผลแบบลิเนียร์สเกล โดยจะกำหนดให้แสดงระดับแรงดันอยู่ในช่วง 11 ถึง 15 โวลต์ ซึ่งย่านความกว้างของแรงดันในการติดสว่างของ LED ตัวข้างเคียงจะมีค่าเท่ากับ 4/10 เท่ากับ 0.4 โวลต์

การทำงานของวงจรภายในไอซีเบอร์ LM3914 จะมีวงจรสร้างแรงดันอ้างอิงออกมาทางขา REF HI (ขา7) และขา REF LO (ขา8) มีความแตกต่างของแรงดันทั้ง 2 ขา เท่ากับ 1.2 โวลต์ ดังนั้น เมื่อต่อขา 8 ลงกราวด์ที่ขา 7 จึงมีแรงดันเท่ากันและค่าแรงดันนี้จะนำไปเป็นค่าแรงดันอ้างอิงค่าสูงที่สุดจะทำให้ LED ตัวสุดท้ายคือ LED 10 สว่าง นั้นแสดงว่าแรงดันอินพุตที่ขา 5 ที่จะทำให้ LED 10 สว่างมีค่าเท่ากับ 1.2 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นแรงดันสูงสุดที่วงจรแสดงได้ ส่วนแรงดันต่ำสุดที่จะให้วงจรแสดงผลได้จะดีขึ้นอยู่กับแรงดัน RL0 ที่ขา 4 ซึ่งได้จากการแบ่งแรงดันอ้างอิง REF HI (ขา7) ด้วย VR2 เช่นแรงดันที่ขา 4 มีค่า 0.8 โวลต์ ดังนั้น แรงดันอินพุตที่ขา 5 จะต้องมีค่ามากกว่า 0.8 โวลต์เล็กน้อย จึงทำให้ LED 1 สว่าง

ส่วน Rx และ VR1 ทำหน้าที่แบ่งแรงดันจากแบตเตอรี่ให้ลดลงเป็นค่าที่ต้องการ เพื่อป้อนเป็นแรงดันอินพุตที่ขา 5 ของไอซีแสดงระดับแรงดัน อัตราการแบ่งแรงดันหรือการหารแรงดัน สามารถหาได้จากแรงดันของแบตเตอรี่สูงสุดที่จะให้วงจรแสดงค่าสูงสุดกับแรงดันอ้างอิงสูงสุดคือ RHI ที่ขา 6 นั่นคือ

$$\text{อัตราแบ่งแรงดันที่ต้องการ} = \frac{\text{VBattmax}}{\text{Vrefmax}}$$

$$= \frac{15}{1.2}\text{V} = 12.5\text{V}$$

หาแรงดัน RL0

แรงดันอ้างอิงต่ำสุดที่ขา 4 สามารถหาได้จากแรงดันแบตเตอรี่ค่าต่ำสุดที่จะทำให้ LED 1 ทำงาน หารด้วยอัตราการแบ่งแรงดันของ Rx กับ VR1 นั่นคือ

$$\text{แรงดัน RLO} = \frac{\text{VBattmax}}{\text{Vrefmax}} = \frac{11}{12.5} = 0.88\text{V}$$

เพราะฉะนั้นเราต้องปรับ VR2 ให้แรงดันที่ขา 4 มีค่าเท่ากับ 0.88โวลต์

หาค่า Rx และ VR1

จากอัตราการแบ่งแรงดันที่ต้องการมีค่าเท่ากับ 12.5 โวลต์

กำหนด Rx เท่ากับ 100 กิโลโอห์ม และแรงดันอินพุตที่ขา 5 สูงสุดเท่ากับแรงดันอ้างอิงสูงสุดเท่ากับ 1.2 โวลต์ และแรงดันแบตเตอรี่สูงสุด 15 โวลต์

สูตร $$\text{Vin} = \frac{\text{VBattVR1}}{\text{VR1} + \text{Rx}}$$

$$1.2 = \frac{15\text{VR1}}{\text{VR1} + 100\text{K}\Omega}$$

$$\frac{\text{VR1}}{\text{VR1} + 100\text{K}\Omega} = \frac{1.2}{15} = 0.08$$

กลับเศษเป็นส่วน $$\frac{\text{VR1} + 100\text{K}\Omega}{\text{VR1}} = 12.5$$

$$1 + \frac{100\text{K}\Omega}{\text{VR1}} = 12.5$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

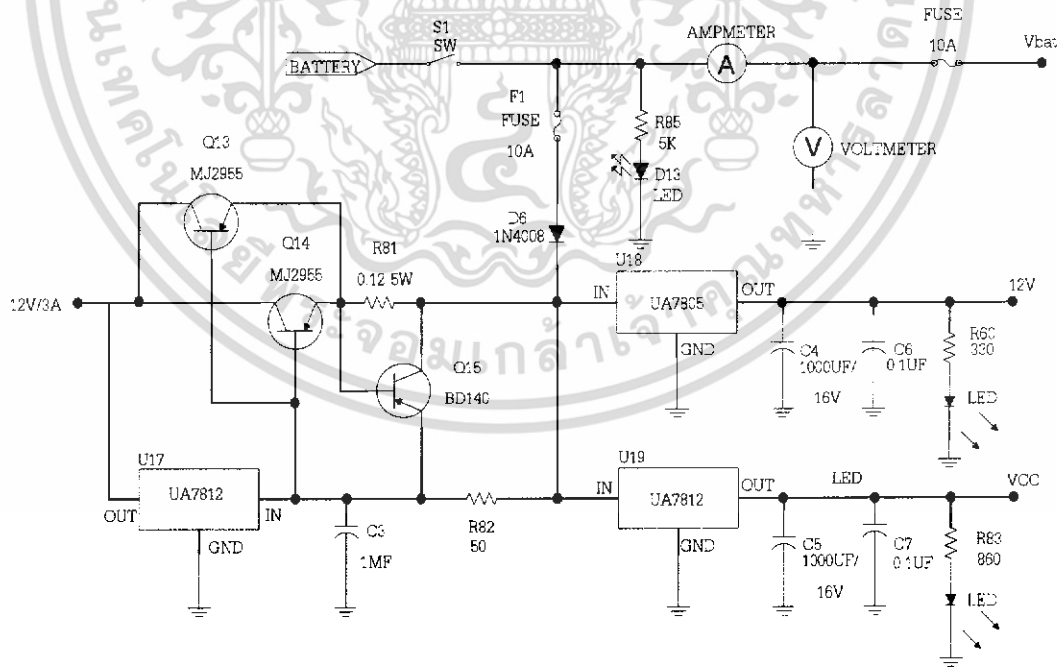
$$\frac{100K\Omega}{VR1} = 11.5$$

$$VR1 = \frac{100K\Omega}{11.5} = 8.695K\Omega$$

ค่า VR1 ที่ได้เป็นค่าที่วงจรต้องการจะใช้ความต้านทานคงที่อื่นๆมาแทนไม่ได้ จึงต้องการใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้มาใช้แทนและปรับให้ได้ค่าตามที่คำนวณมาเป็นอันใช้ได้ เพราะฉะนั้น VR1 จะใช้ค่าเท่ากับ 10 กิโลโอห์ม

ในในการประจุแบตเตอรี่และการควบคุมระดับแรงดันของแบตเตอรี่ใช้แรงดันที่ขา 10 ของ LM3914 เมื่อแรงดันแบตเตอรี่มีค่า 15 โวลต์ ไอซี 4 เบอร์ PIC817 จะนำกระแสทรานซิสเตอร์ที่ต่อกันแบบดาร์ลิงตันจะนำกระแสด้วย ทำให้รีเลย์ซึ่งอยู่ในสภาวะปกติปิด (NC) ในขณะที่ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแสหน้าสัมผัสรีเลย์จะต่อระหว่างแบตเตอรี่กับเซลล์แสงอาทิตย์ตลอดเวลา เมื่อทรานซิสเตอร์นำกระแสรีเลย์จะเปรียบเทียบสภาวะจากปกติปิด (NC) เป็นปกติเปิด (NO) เป็นการหยุดประจุอัตโนมัติจนกระทั่งระดับแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำกว่า 15 โวลต์จะเริ่มประจุอีกครั้ง

3.7 การออกแบบและการสร้างแผงวงจรเร็กติไฟเออร์



รูปที่ 3.10 วงจรเร็กติไฟเออร์

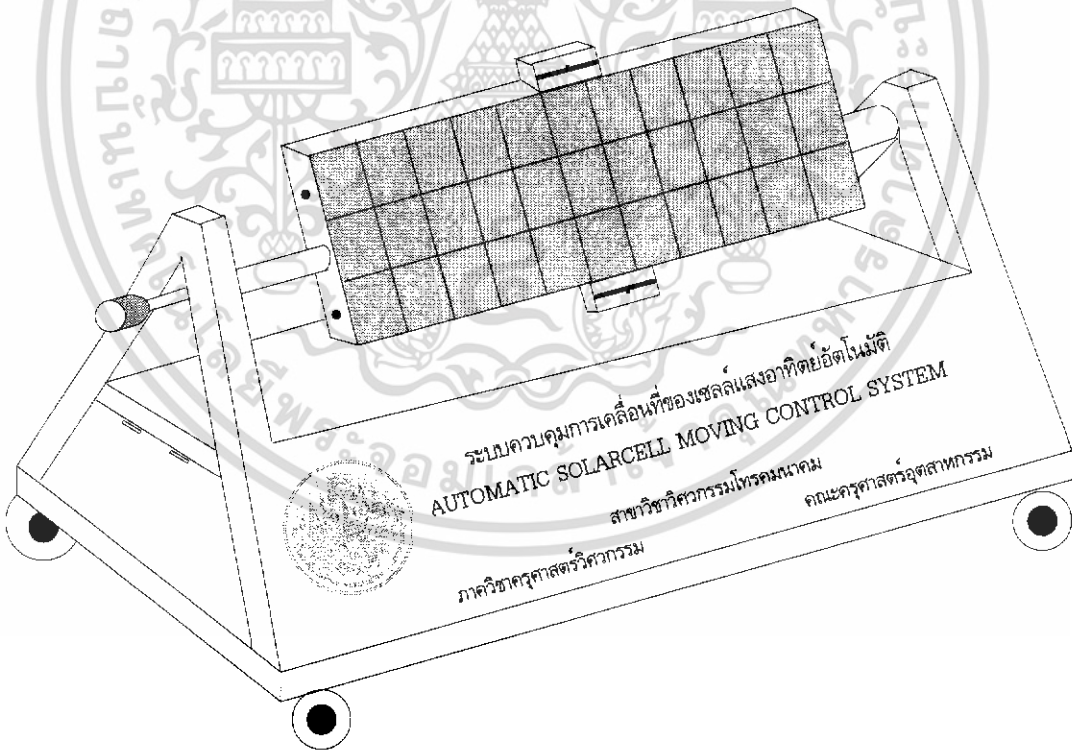
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดจ่ายไฟแบ่งออกเป็น 4 ชุด คือ ชุดไฟเลี้ยง 12 โวลต์ที่มาจากแบตเตอรี่โดยตรง จะนำไปใช้ในวงจรตรวจสอบระดับแรงดันของแบตเตอรี่ ชุดที่สองเป็นชุดจ่ายไฟขนาด 5 โวลต์ 1แอมแปร์ ใช้ไอซีเร็คกูเลตเบอร์ UA7805 โดยทางด้านเอาท์พุตของไอซีเร็คกูเลตจะมีค่าของ C4 เท่ากับ 1,000 ไมโครฟารัด 16 โวลต์ ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันให้คงที่ C6 ค่า 0.1 ไมโครฟารัด ทำหน้าที่กรองสัญญาณรบกวนต่างๆ ลงกราวด์ ชุดไฟเลี้ยง 5 โวลต์ 1 แอมแปร์นำไปจ่ายให้กับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรตรวจจับความเข้มแสง ชุดจ่ายไฟชุดที่สามเป็นชุดจ่ายไฟขนาด 12 โวลต์ 1 แอมแปร์ .ใช้ไอซีเร็คกูเลตเบอร์ UA7812 โดยมี C5 และ C7 ที่ทำหน้าที่เหมือนชุดที่สองชุดจ่ายไฟ 5 โวลต์ 1 แอมแปร์ นำไปจ่ายให้กับวงจรขับรีเลย์ และชุดไฟเลี้ยงชุดที่ 4 คือชุดจ่ายไฟขนาด 12 โวลต์ 3 แอมแปร์ใช้ในการขับมอเตอร์ ทั้งนี้การออกแบบให้มีชุดจ่ายไฟ 4 ชุด เพื่อต้องการให้ไฟเลี้ยงแต่ละชุดแยกออกจากกัน ป้องกันการเกิดการรบกวนมอเตอร์กับวงจรต่าง ๆ

3.8 การออกแบบและการสร้างโครงเหล็กติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

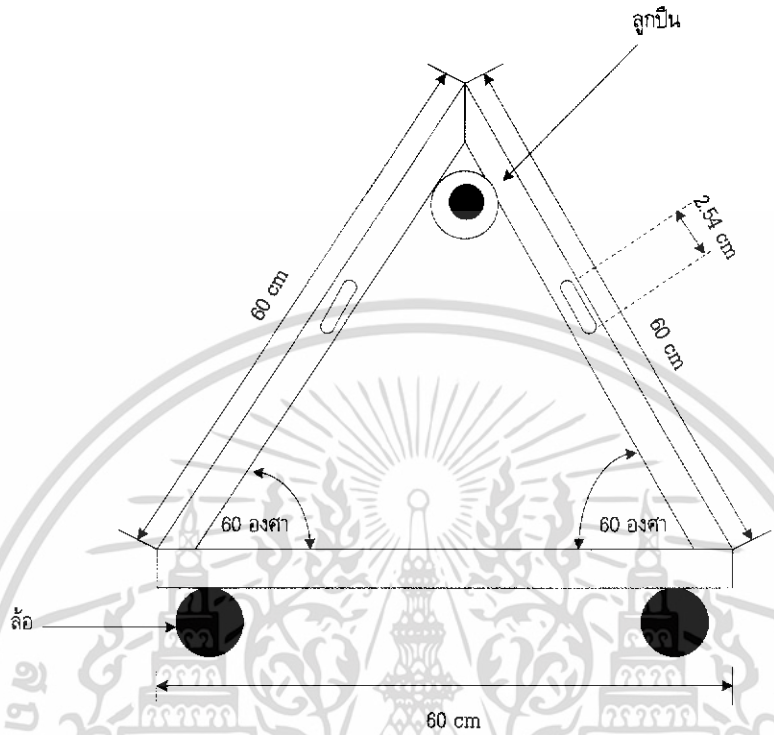
ส่วนของโครงเหล็กติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

1. ส่วนโครงเหล็ก

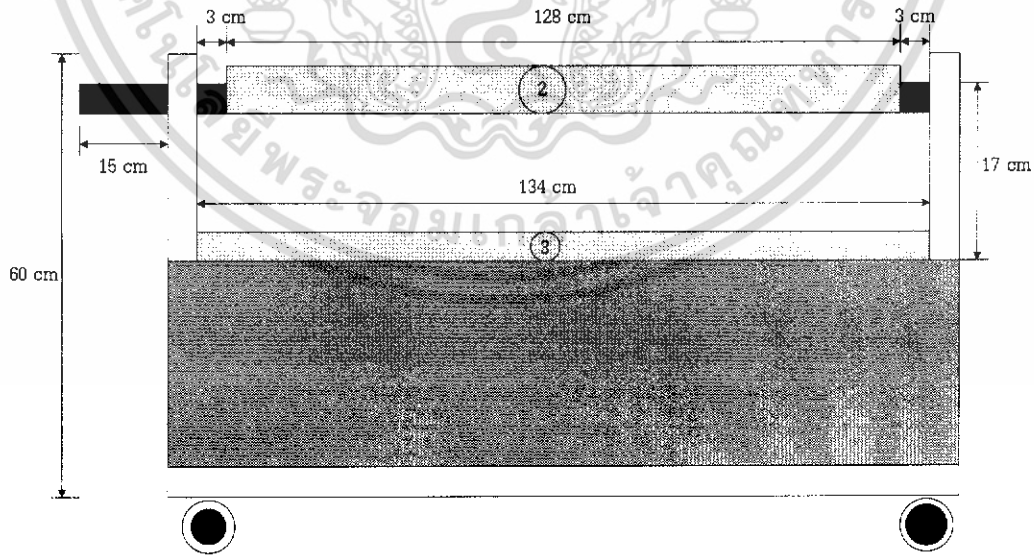


รูปที่ 3.11 โครงสร้างระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

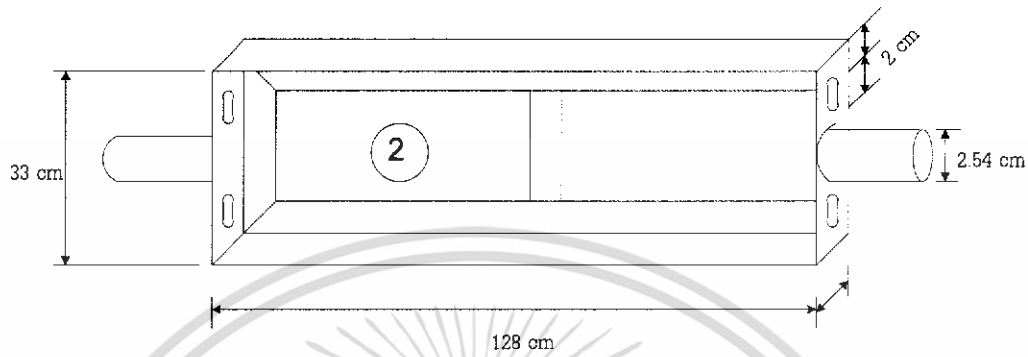


รูปที่ 3.12 โครงสร้างด้านหน้า

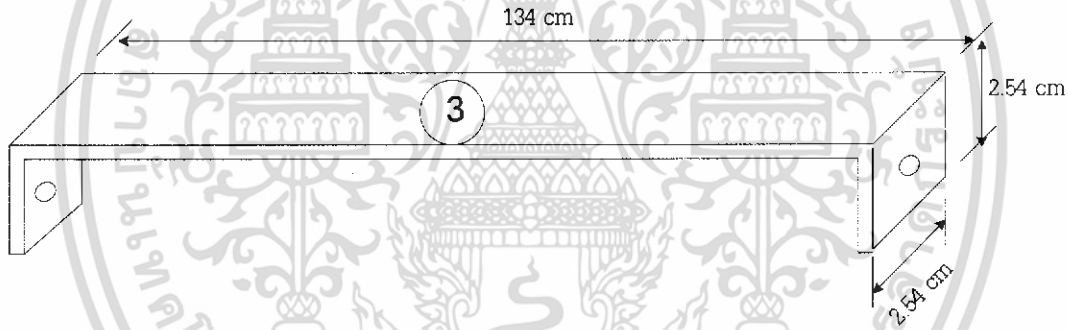


รูปที่ 3.13 โครงสร้างด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



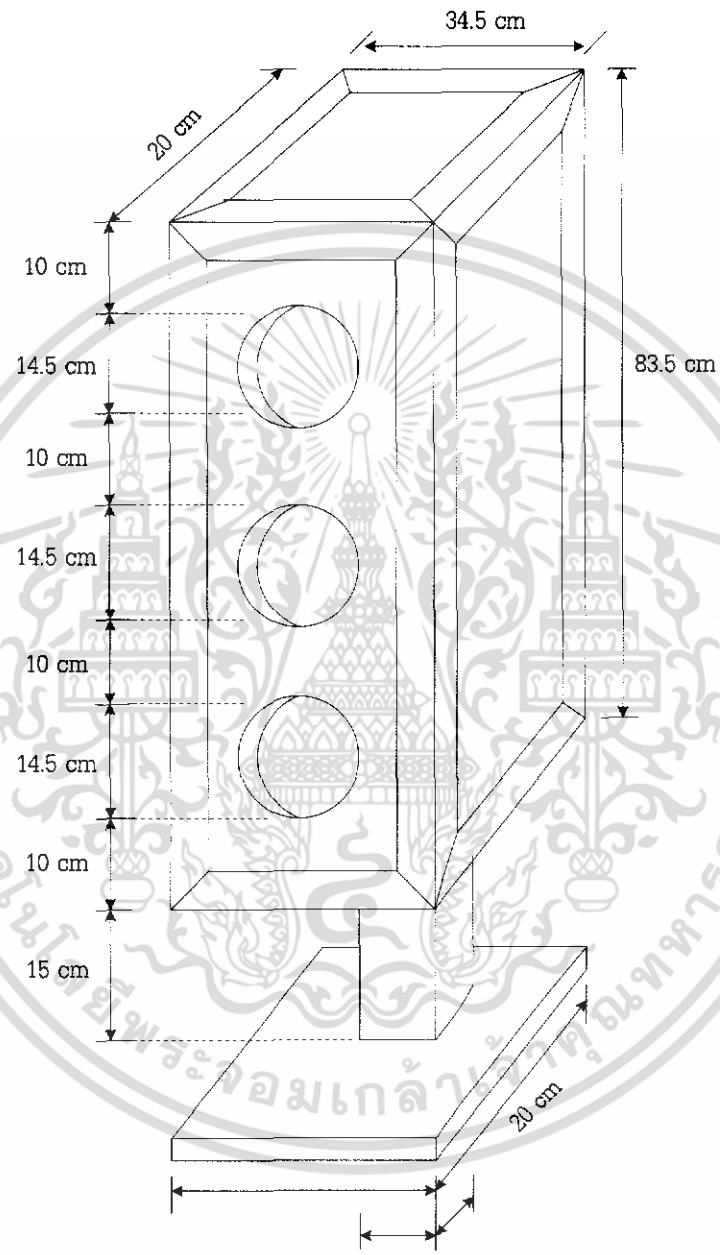
รูปที่ 3.14 แสดงรายละเอียดของส่วนที่ 2



รูปที่ 3.15 แสดงรายละเอียดในส่วนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนของโคมไฟหลอด LED SUPER BRIGHT



รูปที่ 3.16 โคมไฟหลอด LED SUPER BRIGHT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ในส่วนของบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของเครื่องระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ จากการออกแบบและประกอบเครื่องสำเร็จ เครื่องสามารถทำงานได้โดยการหมุนตามแนวโคจรดวงอาทิตย์ซึ่งนำมาทดสอบประสิทธิภาพโดยการทดลองที่มีรายละเอียดดังนี้

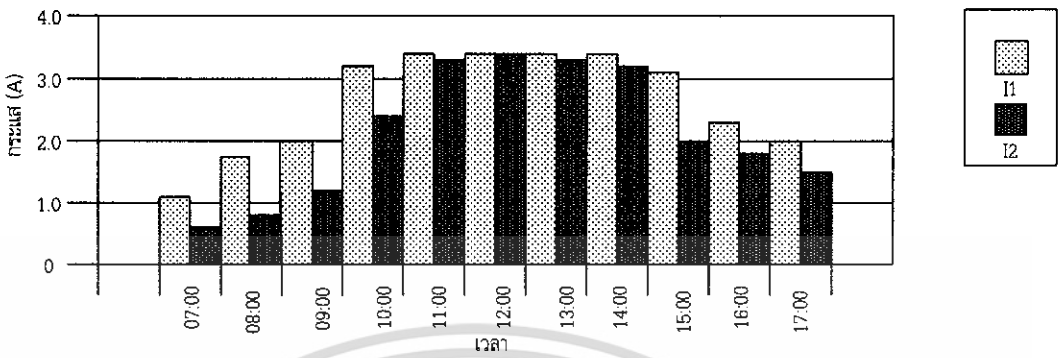
4.2 การทดลองการประจุแบตเตอรี่

ในการทดลองประจุแบตเตอรี่ เป็นการทดลองการประจุแบตเตอรี่ในขณะที่แผงหมุนตามแนววงโคจรดวงอาทิตย์กับแผงขนานกับพื้น โดยแบตเตอรี่ที่ใช้มีขนาด 70 แอมแปร์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแผงรุ่น M75/S47 สามารถจ่ายกระแสได้ 2.94 แอมแปร์ กำลังงาน 47 วัตต์ แรงดันขณะมีโหลด 16 โวลต์ การทดลองได้ทดสอบการประจุของแบตเตอรี่เป็นระยะเวลา 3 วัน โดยที่กระแสที่แผงหมุนตามแนววงโคจรดวงอาทิตย์เป็นกระแส (I1) และกระแสที่แผงขนานกับพื้นเป็นกระแส (I2) มีผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการการวัดกระแสครั้งที่ 1 วันที่ 4 พฤษภาคม 2549

เวลา (นาฬิกา)	กระแส (I1) (A)	กระแส (I2) (A)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สภาพอากาศ
07.00	1.1	0.6	29.0	ไม่มีแดด
08.00	1.8	0.9	31.0	แดดอ่อน
09.00	2.0	1.2	31.0	แดดอ่อน
10.00	3.2	2.4	36.0	แดดจัด
11.00	3.4	3.2	37.0	แดดจัด
12.00	3.4	3.4	39.0	แดดจัด
13.00	3.4	3.3	39.0	แดดจัดมาก
14.00	3.4	2.3	34.0	แดดปานกลาง
15.00	3.0	2.0	34.0	แดดปานกลาง
16.00	2.4	1.8	30.0	แดดอ่อน
17.00	2.0	1.5	28.5.	แดดอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

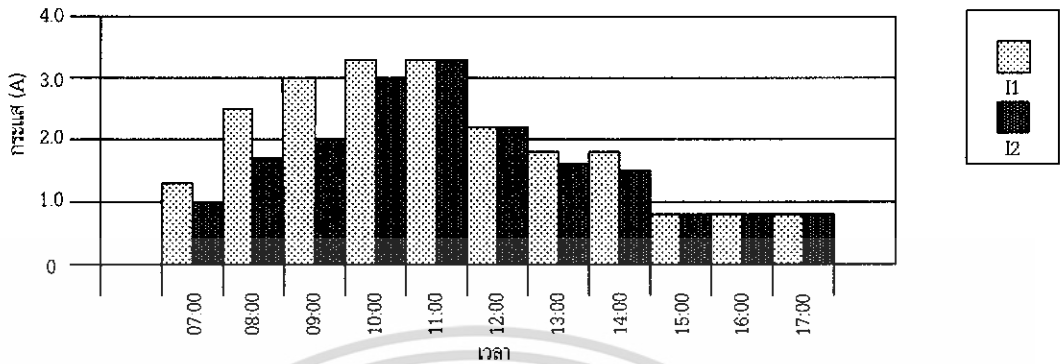


รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบการวัดกระแสครั้งที่ 1

ตารางที่ 4.2 ผลการการวัดกระแสครั้งที่ 2 วันที่ 7 พฤษภาคม 2549

เวลา (นาฬิกา)	กระแส (I1) (A)	กระแส (I2) (A)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สภาพอากาศ
07.00	1.4	1.0	26.0	แดดน้อย
08.00	2.6	1.8	28.0	แดดปานกลาง
09.00	3.0	2.0	30.0	แดดปานกลาง
10.00	3.4	3.0	34.0	แดดปานกลาง
11.00	3.4	3.4	37.0	แดดจัด
12.00	2.2	2.2	38.0	แดดจัด
13.00	1.8	1.6	31.0	แดดอ่อนมาก
14.00	1.8	1.5	30.2	แดดอ่อนมาก
15.00	0.8	0.8	29.6	แดดอ่อนมาก
16.00	0.8	0.8	28.0	ฝนตก
17.00	0.8	0.8	28.0	มืดครึ้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

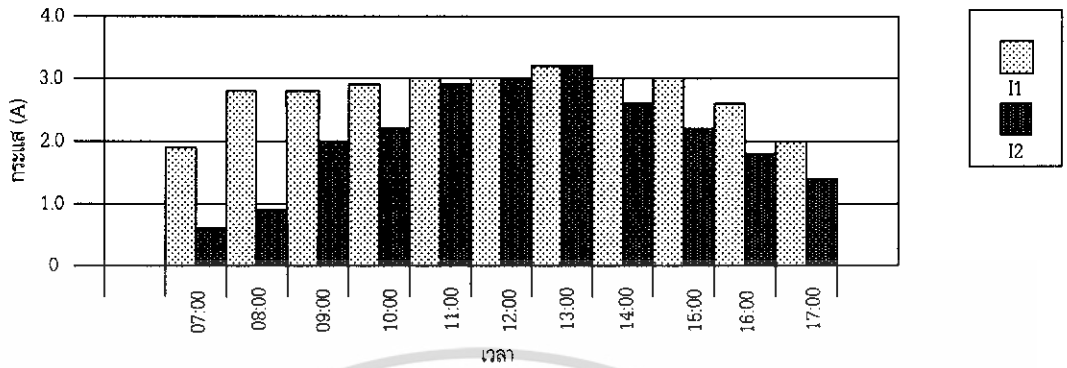


รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบการวัดกระแสครั้งที่ 2

ตารางที่ 4.3 ผลการการวัดกระแสครั้งที่ 3 วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2549

เวลา (นาฬิกา)	กระแส (I1) (A)	กระแส (I2) (A)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สภาพอากาศ
07.00	2.0	0.6	26.0	แดดปานกลาง
08.00	2.9	1.9	29.2	แดดปานกลาง
09.00	2.9	2.0	33.0	แดดจัด
10.00	2.9	2.3	35.0	แดดจัด
11.00	3.0	2.8	36.0	แดดจัด
12.00	3.0	3.0	39.0	แดดจัดมาก
13.00	3.2	3.2	39.2	แดดจัดมาก
14.00	3.0	2.5	35.4	แดดจัด
15.00	3.0	2.2	34.0	แดดจัด
16.00	2.6	1.8	31.0	แดดปานกลาง
17.00	2.0	1.4	29.0	แดดอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบการวัดกระแสครั้งที่ 3

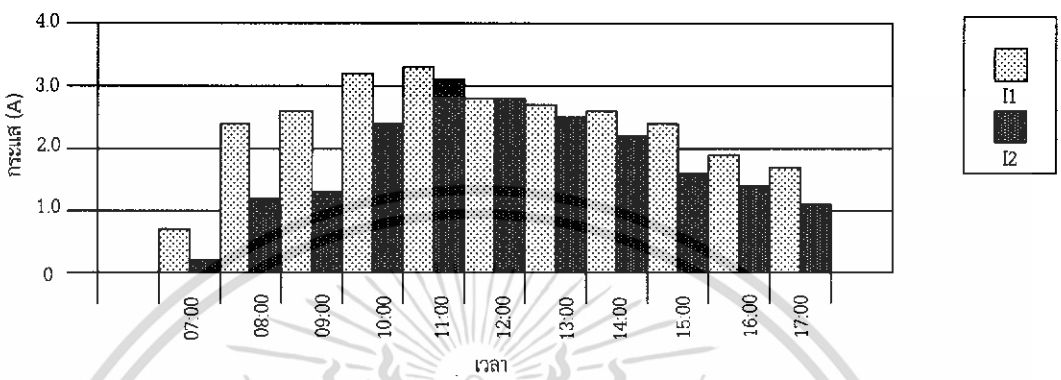
จากการทดลองการประจุแบตเตอรี่ทั้ง 3 วัน นำมาหาค่ากระแสเฉลี่ยของแผงหมุนตามแนววงโคจรดวงอาทิตย์ (I1) กับกระแสเฉลี่ยของแผงตั้งฉากกับพื้น (I2) และค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละช่วงตลอดเวลาตลอดระยะเวลา 3 วัน

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการวัดกระแสเฉลี่ยรวม

เวลา (นาฬิกา)	กระแสเฉลี่ย (I1) (A)	กระแสเฉลี่ย (I2) (A)
07.00	0.73	0.14
08.00	2.43	1.53
09.00	2.63	1.30
10.00	3.16	2.56
11.00	3.26	3.13
12.00	2.86	2.86
13.00	2.80	2.70
14.00	2.73	2.10
15.00	2.26	1.66
16.00	1.93	1.46
17.00	1.63	1.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสเฉลี่ย

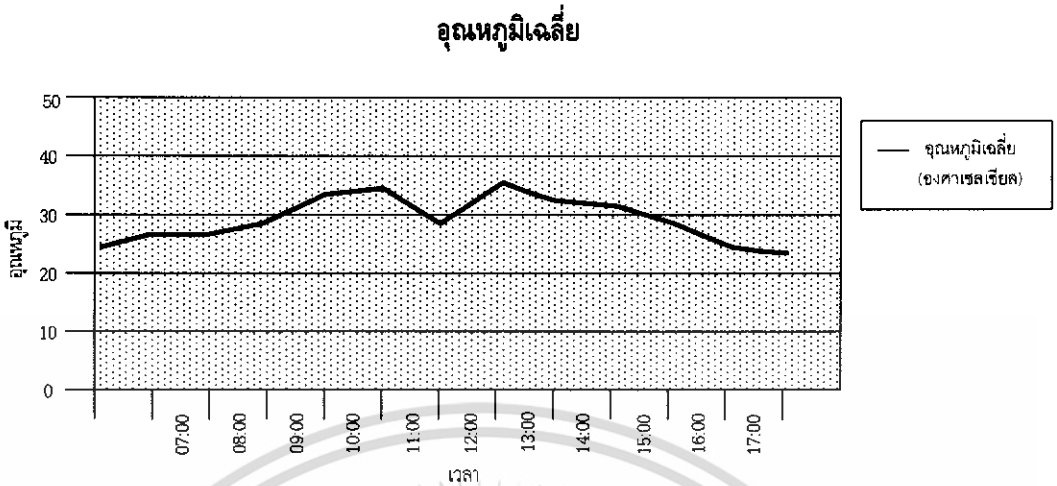


รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบการวัดกระแสเฉลี่ยรวม

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการวัดอุณหภูมิเฉลี่ยรวม

เวลา (นาฬิกา)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
07.00	27.0
08.00	29.4
09.00	31.3
10.00	35.0
11.00	36.6
12.00	26.7
13.00	36.4
14.00	33.2
15.00	32.5
16.00	29.6
17.00	28.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟการวัดอุณหภูมิเฉลี่ยรวม

สรุปผลการทดลอง

1. กระแสในการประจุแบตเตอรี่ระหว่างแบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่หมุนตามแนวโคจรดวงอาทิตย์กับแบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ขนานกับพื้น จะมีค่าใกล้เคียงกันในช่วงเวลา 11:00 ถึง 13:00 นาฬิกา

2. กระแสเฉลี่ยในการประจุแบตเตอรี่โดยใช้แบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่หมุนตามแนวโคจรของดวงอาทิตย์กับแบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ขนานกับพื้นจะมีค่าแตกต่างกันประมาณ 61.78 % ในช่วงเวลา 07:00 ถึง 10:00 นาฬิกา และ ในช่วงเวลา 14:00 ถึง 17:00 นาฬิกามีความแตกต่างกันประมาณ 75.4%

3. จากการทดลองตลอดทั้งวันพบว่าช่วงเวลาเช้าและช่วงเวลาเย็นในขณะมีแสง แต่ไม่มีแดด เซลล์แสงอาทิตย์จะจ่ายกระแสเพียง 50 ถึง 100 มิลลิแอมแปร์

4. อุณหภูมิและสภาพอากาศจะมีผลต่อการจ่ายกระแสของเซลล์แสงอาทิตย์ คือ ในสภาพอากาศที่มีแสงแดดจัดเซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถจ่ายกระแสได้มาก แต่เมื่ออยู่ในสภาพอากาศที่ไม่มีแสงแดดเซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถจ่ายกระแสได้น้อยลง ดังนั้น การจ่ายกระแสของเซลล์แสงอาทิตย์จึงขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและอุณหภูมิ

5. จากผลการทดลองเมื่อสังเกตจากกระแสในขณะที่อุณหภูมิสูงจะส่งผลให้กระแสที่ไหลจากโซล่าร์เซลล์มาชาร์จประจุยังแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นด้วย

4.3 การทดลองใช้งานกับโคมไฟที่สร้างจากหลอด LED SUPER BRIGHT

ปกติแล้วความต้องการแสงสว่างจากหลอดไฟนั้นไม่ได้ต้องการตลอดทั้งวันและเวลาที่ใช้งานนั้นแค่ประมาณ 1/2 ของวันหนึ่งๆ และในการชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่นั้นจะชาร์จประจุตั้งแต่เวลา 7.00 น.ถึงเวลา 17.00 น.รวมทั้งสิ้นเป็นเวลา 11 ชั่วโมง โดยกระแสจากแบตเตอรี่เป็นกระแสที่โซล่าร์เซลล์ชาร์จประจุไปยังแบตเตอรี่ ดังนั้นจึงใช้กระแสที่วัดได้ ณ เวลาต่าง ๆ มาหาค่ากระแสเฉลี่ยแล้วนำมาคำนวณหาค่าระยะเวลาใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงาน ดังนั้นในการทดลองนี้จะทดสอบกับหลอด LED SUPER BRIGHT จำนวน 3ชุดชุดละ 20 ดวง โดยแอลอีดีที่ใช้งานใช้กระแสดวงละประมาณ 30 มิลลิวัตต์ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลองดังนี้ การทดลองมีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทดลองต่อใช้งานโคมไฟหลอด LED SUPER BRIGHT จำนวน 20,40,60 หลอดตามลำดับว่าสามารถใช้งานได้สูงสุดกี่นาทีบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองที่จำนวน LED SUPER BRIGHT เท่ากับ 20,40,60 ดวง

สภาวะการทำงาน	แรงดันจากแบตเตอรี่ (V)	กระแสเฉลี่ยของแบตเตอรี่ (A)	ระยะเวลาใช้งาน (ชั่วโมง)		
			20 ดวง	40 ดวง	60 ดวง
จากการคำนวณ	12	2.9 A ×11 Hr = 31.9	53.16	26.58	17.7
แผงหมุนตามแนวโคจรดวงอาทิตย์	12	2.4 A ×11 Hr = 26.4	44	22	14.7
แผงตั้งฉากกับพื้น	12	1.87 A ×11 Hr = 20.57	34.28	17.14	11.42

จากผลการทดลองสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพว่า

I1= กระแสเฉลี่ยของแบตเตอรี่ขณะแผงหมุนตามแนวโคจรของดวงอาทิตย์เท่ากับ 2.4 แอมป์แปร์

I2= กระแสเฉลี่ยของแบตเตอรี่ขณะแผงตั้งฉากกับพื้นเท่ากับ 1.87 แอมป์แปร์

นำมาแทนค่าเพื่อค่าประสิทธิภาพ

$$\text{ค่าประสิทธิภาพ} = \frac{(I_1 - I_2)}{I_2} \times 100$$

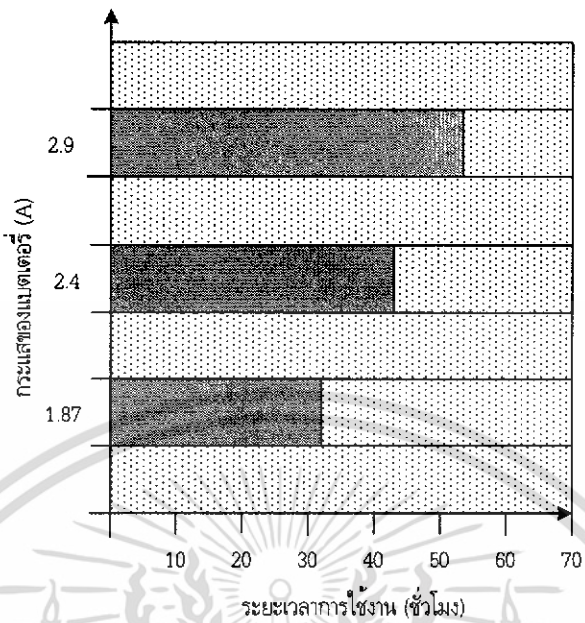
$$= \frac{(2.4A - 1.87A)}{1.87A} \times 100$$

$$= \frac{0.53A}{1.87A} \times 100$$

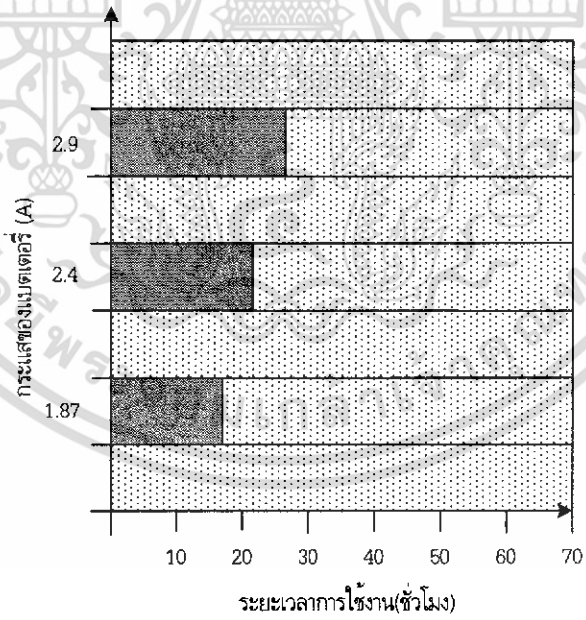
$$= 28.34\%$$

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการให้แผงหมุนตามแนวโคจรของดวงอาทิตย์สามารถจ่ายกระแสได้มากกว่าแบบแผงตั้งฉากกับพื้นถึง 0.53 แอมป์แปร์ หรือคิดเป็น 28.34% ซึ่งแบบแผงหมุนตามแนวโคจรของดวงอาทิตย์ทำงานมีประสิทธิภาพมากกว่าแบบแผงตั้งฉากกับพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

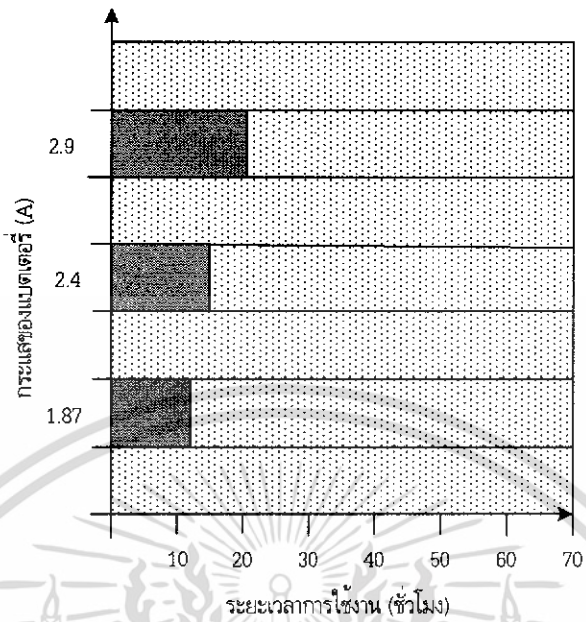


รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบการใช้งานของแบตเตอรี่ที่จำนวน LED SUPER BRIGHT เท่ากับ 20 ดวง



รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบการใช้งานของแบตเตอรี่ที่จำนวน LED SUPER BRIGHT เท่ากับ 40 ดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กราฟเปรียบเทียบการใช้งานของแบตเตอรี่ที่จำนวน LED SUPER BRIGHT เท่ากับ 60 ดวง

สรุปผลการทดลอง

1. จากการทดลองนำโคมไฟ LED SUPER BRIGHT ในจำนวนที่แตกต่างกัน ระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ก็จะแตกต่างกันตามไปด้วย เช่น การใช้งานโคมไฟ LED SUPER BRIGHT ที่ 20 ดวง สามารถใช้งานได้ 53.16 ชั่วโมง สำหรับ LED SUPER BRIGHT ที่ 40 ดวง สามรถใช้งานได้ 26.58 ชั่วโมง และสุดท้าย LED SUPER BRIGHT ที่ 60 ดวง สามารถใช้งานได้ 17.7ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าเมื่อจำนวน LED SUPER BRIGHT เพิ่มขึ้นระยะเวลาการใช้งานก็จะลดลงไปตามลำดับ

2. ถ้าต้องการให้ใช้งานได้นานกว่านี้ก็นำแบตเตอรี่มาต่อเพิ่มเติม โดยนำมาต่อขนานกันเพื่อให้ได้กระแสที่เพิ่มขึ้น

3. ถ้าต้องการให้มีแสงสว่างมากกว่านี้ก็เพิ่มจำนวนหลอด LED SUPER BRIGHT ให้มากขึ้นแต่จะมีข้อจำกัดทางด้านเวลาคือจะทำให้ระยะเวลาในการใช้งานสั้นลงด้วย

4. จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าระยะเวลาการใช้งานในขณะที่แผงหมุนตามแนวโคจรของดวงอาทิตย์สามารถใช้งานได้นานกว่าแบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นดิน เช่น ที่จำนวน LED SUPER BRIGHT เท่ากับ 20 ดวง แบบที่แผงหมุนตามแนวโคจรของดวงอาทิตย์สามรถใช้ได้ 44ชั่วโมง และแบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นดินสามารถใช้งานได้ 22 ชั่วโมง ซึ่งจะเห็นได้ว่าในแบบแรกสามารถใช้งานได้นานกว่า 22 นาที หรือคิดเป็น 50%

5. จากผลการทดลองแบบแผงหมุนตามแนวโคจรของดวงอาทิตย์สามารถจ่ายกระแสเฉลี่ยของแบตเตอรี่ได้ถึง 2.4 แอมป์แปร์ และแบบแผงตั้งฉากกับพื้นสามารถจ่ายกระแสได้เพียง 1.87 แอมป์แปร์จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นได้ว่ากระแสเฉลี่ยของแบตเตอรี่ที่ได้มีค่าแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจนว่าแบบแผงหมุนตามแนวโคจรของดวงอาทิตย์สามารถเก็บประจุได้มากกว่า 0.302 แอมป์แปร์ หรือคิดเป็น 44.38 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

โครงงานระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติที่เสนอในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำเพื่อศึกษาและพัฒนาเพื่อให้สามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

ในการทดลองจะพบว่าในขณะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่ตามแนววงโคจรของดวงอาทิตย์ (ปริมาณการประจุในแบตเตอรี่) จะสูงกว่า (ปริมาณการประจุกระแสเมื่อติดตั้ง) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนานกับพื้นดิน นอกจากนี้การประจุกระแสของเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น สภาพอากาศ และเงาของต้นไม้หรือเงาของอาคาร ในสภาวะที่มีแสงแดดจัดและแผงเซลล์อาทิตย์ไม่อยู่ในร่มเงาของต้นไม้หรืออาคาร เซลล์แสงอาทิตย์จะจ่ายกระแสได้สูงสุดแต่เมื่อมีเมฆบังหรือแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ในร่มเงาของต้นไม้หรืออาคาร เซลล์แสงอาทิตย์จะจ่ายกระแสได้น้อยลงเกือบครึ่งหนึ่งของกระแสที่เซลล์แสงอาทิตย์จ่ายได้สูงสุด

เมื่อนำโครงงานนี้ไปประยุกต์ใช้งานกับโคมไฟหลอด LED SUPER BRIGHT จำนวน 60 ดวงซึ่งใช้กับแบตเตอรี่ขนาด 12 V 70 Ah เพื่อทดลองหาระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ขณะมีประจุเต็มโดยแบ่งการใช้งานออกเป็น 3 แบบ คือ ทดลองใช้กับโคมไฟหลอด LED SUPER BRIGHT จำนวน 20 ดวง 40 ดวง และ 60 ดวงตามลำดับ สามารถใช้งานได้นานถึง 53.16 ชั่วโมง สำหรับจำนวนหลอดไฟ 20 ดวง ซึ่งคิดว่ามันเพียงพอกับความต้องการของผู้ใช้งานในตลอด 1 วัน สำหรับ LED SUPER BRIGHT จำนวน 40 ดวง แบตเตอรี่สามารถใช้งานได้นาน 44 ชั่วโมง และแบบสุดท้ายคือโคมไฟหลอด LED SUPER BRIGHT จำนวน 60 ดวง แบตเตอรี่สามารถใช้งานได้นาน 34.28 ชั่วโมง ดังนั้น เราสามารถสรุปได้ว่าระยะการใช้งานทั้งหมดนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการแสงสว่างของผู้ใช้งานและระยะเวลาของการใช้งานเป็นหลักจากการสร้างและทดลองทั้งหมดของโครงงานนี้ เราพบว่าโครงงานชิ้นนี้สามารถนำไปใช้งานในชีวิตประจำวันได้จริง และโครงงานชิ้นนี้สามารถนำไปพัฒนาในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์ต่อไปเพื่อให้เกิดการใช้งานที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงงานปรากฏว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ปัญหา วงจรตรวจจับระดับความเข้มของแสง วงจรชุดนี้จะใช้แอลดีอาร์เป็นตัวตรวจจับความเข้มแสง ซึ่งมีความไวในการตอบสนองแต่แสงค่อนข้างเร็ว และความสว่างอันเกิดจากแสงอาทิตย์นั้นมาทุกทิศทางจึงทำให้แอลดีอาร์รับแสงได้ทุกทิศทางจึงไม่สามารถตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งของแสงอาทิตย์ได้อย่างแท้จริง

วิธีการแก้ไข ออกแบบกล่องใส่ตัวแอลดีอาร์ให้มีมีหน้าสัมผัสในการรับแสงลดลงโดยการลดขนาดรูรับแสงของแอลดีอาร์ให้มีขนาดเล็กลงโดยการเจาะรูบริเวณพลาสติกให้มีรูเล็ก ๆ เพื่อแสงอาทิตย์จะได้ลอดผ่านในช่วงที่แสงจากดวงอาทิตย์ตรงกับแอลดีอาร์จริง ๆ

ปัญหา ในการทำชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ตอนแรกได้ใช้มอเตอร์แบบสเต็ปปิ้งมอเตอร์ในการให้โซล่าร์เซลล์หมุน แต่สเต็ปปิ้งมอเตอร์ไม่สามารถทำการขับเคลื่อนได้เนื่องจากแรงขับไม่พอและรับน้ำหนักของโซล่าร์เซลล์ไม่ได้

วิธีการแก้ไข ใช้มอเตอร์กระแสตรง เป็นตัวขับแผงโซล่าร์เซลล์โดยตรงแต่ต้องเป็นมอเตอร์ที่ใช้การทดเฟืองในตัว และรอบในการหมุนต่ำ ๆ จึงจะทำให้สามารถรองรับน้ำหนักของโซล่าร์เซลล์ได้และขณะที่มอเตอร์หยุดหมุน มอเตอร์ก็จะอยู่กับที่เนื่องจากแรงของมอเตอร์มีเยอะ

ปัญหา วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เนื่องจากว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานผิดพลาดบ่อยจึงต้องทำการกดรีเซตบ่อย ๆ ทำให้โปรแกรมทำงานไม่ค่อยเสถียร

วิธีการแก้ไข ใช้ไอซีเบอร์ MAX 1232 เป็นตัวรีเซตไมโครคอนโทรลเลอร์อัตโนมัติ

ปัญหา แหล่งจ่ายไฟที่จ่ายไฟให้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีกระแสไม่เพียงพอเพราะกระแสที่ออกมาจากไอซีเร็กกูเลเตอร์นั้นมีกระแสเพียง 1 แอมป์เท่านั้นไม่เพียงพอต่อการไปขับมอเตอร์ได้

วิธีการแก้ไข ใช้ทรานซิสเตอร์ในการขยายกระแสให้มีกระแสเพิ่มขึ้นโดยใช้ทรานซิสเตอร์ที่มีอัตราการขยายกระแสสูง 2 ตัวต่อกันแบบดาลิงตันจะทำให้กระแสมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงพอต่อการนำไปขับมอเตอร์ได้

ปัญหา การใช้แบตเตอรี่ในการขับแอลอีดีให้มีแสงสว่างโดยตรงโดยมีรีซิสเตอร์ในการจำกัดการไหลของกระแสทำให้เกิดความร้อนค่อนข้างเร็ว และแสงสว่างที่ออกมาจากแอลอีดีนั้นไม่ค่อยสว่างเท่าที่ควร

วิธีการแก้ไข หาวงจรที่ใช้จำกัดกระแสที่ไหลผ่านแอลอีดีและขยายให้แอลอีดีมีความสว่างเพิ่มขึ้นเพราะจะทำให้ความร้อนลดลง ส่งผลให้อายุการใช้งานของหลอดแอลอีดีเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนา

ในการพัฒนาโครงงานระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ สามารถกระทำได้ดังนี้

1. ปรับปรุงระบบตรวจจับแนวโคจรของดวงอาทิตย์ ให้สามารถตรวจจับได้ทั้ง 4 ทิศทางคือ ในแนวทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตกและในแนวทิศเหนือไปยังทิศใต้

2. ปรับปรุงระบบตรวจจับความเข้มแสงให้แน่นอนมากขึ้น โดยการเพิ่มจำนวนตัวตรวจจับให้มากขึ้น

3. เมื่อต้องการกระแสมากขึ้นเพื่อให้สามารถประจุแบตเตอรี่ให้เร็วขึ้น สามารถทำได้โดยเพิ่มเซลล์แสงอาทิตย์ให้มากขึ้น

4. เมื่อต้องการเก็บพลังงานให้มากขึ้น สามารถทำได้โดยเพิ่มจำนวนแบตเตอรี่ให้มากขึ้น

5. ปรับปรุงโครงสร้างของเครื่องให้มีขนาดเล็กและเบาให้ง่ายต่อการเคลื่อนที่

6. ปรับปรุงวงจรโดยการเพิ่มวงจร INVERTER เพื่อสามารถนำพลังงานที่ได้ไปใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน

7. เมื่อต้องการความสว่างของแสงที่ได้จากแอลอีดี SUPER BRIGHT ควรเพิ่มจำนวนของ แอลอีดี SUPER BRIGHT ให้มากขึ้นโดยใช้ แอลอีดี SUPER BRIGHT แบบให้มุมในการกระจายแสงมากที่สุด

8. ออกแบบให้ใช้วัสดุที่น้อยที่สุด และมีประสิทธิภาพในการทำงาน

9. ปรับปรุงวงจรให้มีเสถียรภาพมากขึ้นและมีการทำงานที่เที่ยงตรง มีความทนทาน

10. ใช้พลังงานที่ได้จากโซล่าเซลล์ให้มีค่ามากที่สุดเพราะอีกหน่อยจะสามารถนำมาใช้แทนเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย และประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และวรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล.**เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51**. กรุงเทพฯ:บริษัทอินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด

นภัทร วัจนเพินทร์.2544.พิมพ์ครั้งที่ 5.**ทฤษฎีและการออกแบบวงจรพัลส์**.กรุงเทพฯ:สกายบุ๊กส์

บัณฑิต จามรภูติ.2544.**คู่มือการใช้งาน Protel 99**.กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์บัณฑิต

ประกิต อ่องสร้อย. 2543. พิมพ์ครั้งที่ 3. **รวมวงจรจากมืออาชีพ**. กรุงเทพฯ : เอส แอนด์ จี กราฟฟิค

ฤทธิ์ ธีระโกเมน. **รวมบทความทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์**. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน). 2538

สมยศ จุณณะปิยะ. **การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51**. กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้