การควบคุมชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

CLEANING SET CONTROL FOR A SOLAR ARRAY

นายภานุพงศ์ ศรีรัตนพงษ์	รหัส	54361107
นายธนาเทพ เทียนขาว	รหัส	54363842
นายวัชระ คนรักษา	รหัส	54364115

20 ก.ค. 2558
16875890
ฟร.
2557

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2557

การควบคุมชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

CLEANING SET CONTROL FOR A SOLAR ARRAY

นายภานุพงศ์ ศรีรัตนพงษ์ รหัส 54361107

นายธนาเทพ เทียนขาว รหัส 54363842

นายวัชระ คนรักษา รหัส 54364115

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2557

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การควบคุมชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายภานุพงศ์ ศรีรัตนพงษ์ รหัส 54361107
	นายธนาเทพ เทียนขาว รหัส 54363842
	นายวัชระ คนรักษา รหัส 54364115
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2557

....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์)

....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

....กรรมการ
(ดร. สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การควบคุมชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายภานุพงศ์ ศรีรัตนพงษ์ รหัส 54361107
	นายธนาเทพ เทียนขาว รหัส 54363842
	นายวัชระ คนรักษา รหัส 54364115
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2557

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอโครงงานเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อเพิ่มความสะดวกและลดภาระในการทำความสะอาด ชุดอุปกรณ์ถูกออกแบบให้หมุนแปรงทำความสะอาดควบคู่กับการปล่อยน้ำในขณะที่เคลื่อนที่ไปตามรางซึ่งติดตั้งอยู่ที่ขอบบนและขอบล่างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้สวิตช์จำกัดระยะเพื่อกำหนดตำแหน่งที่มีการกลับทิศการเคลื่อนที่ของชุดทำความสะอาดโดยใช้รีเลย์ในการตัดและต่อวงจรที่จ่ายไฟให้กับมอเตอร์ขับเคลื่อนชุดอุปกรณ์และมอเตอร์หมุนแปรง การทำงานของชุดอุปกรณ์ถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ในโครงงานนี้ได้สร้างแบบจำลองของชุดทำความสะอาดโดยป้อนแรงดันกระแสตรง 5 V ให้กับมอเตอร์ขับเคลื่อนตามรางและมอเตอร์หมุนแปรง และป้อนแรงดันกระแสตรง 12 V ให้กับวาล์วโซลินอยด์ที่ควบคุมการปล่อยน้ำ ทั้งนี้ผู้ใช้สามารถปรับตั้งค่าจำนวนรอบของการทำความสะอาดที่ต้องการได้โดยใช้สวิตช์ปุ่มกด และแสดงผลค่าจำนวนรอบที่ตั้งไว้และจำนวนรอบที่ชุดอุปกรณ์ทำงานไปแล้วบนหน้าจอแอลซีดี

Project title	Cleaning Set Control for a Solar Array
Name	Mr. Panupong Srirattanapong ID. 54361107
	Mr. Thanatep Thienkao ID. 54363842
	Mr. Watchara Khonraksa ID. 54364115
Project advisor	Asst. Prof. Niphat Jantharamin, Ph.D.
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic year	2014

....

Abstract

This thesis presents a project that designs and constructs a cleaning set for a solar array, so cleaning load for human is reduced. The cleaning set wets the solar array and rotates a brush while moving along parallel rails that are mounted to the upper- and lower rims of the array. Limit switches are used to determine end points of the move and reverse the motors. Electric power is supplied to drive motors via relays. Operation of the cleaning set is dictated by a microcontroller. In this project a model of the cleaning set is built in which 5-V DC voltage is supplied to the motors that drive wheels and rotate the brush and a 12-V DC voltage is used to regulate a solenoid valve which releases water. The user can set a number of cleaning turn by using push button switches. A number of turns which the cleaning set has completed is shown on an LCD display along with the number of turns set by the user.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินโครงงานขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์ อาจารย์ปรึกษาโครงงาน ซึ่งเอาใจใส่ในรายละเอียดทุกขั้นตอนของการดำเนินโครงงาน โดยให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งโครงงานสำเร็จลุล่วง รวมถึงแนะนำหลักการเขียนปริญญานิพนธ์และตรวจทานแก้ไขอย่างละเอียดจนได้ปริญญานิพนธ์เป็นรูปเล่มสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณเล็ก คนรักษา (บิดาของผู้ดำเนินโครงงาน) ที่อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่และอุปกรณ์ในการทำโครงงาน ทำให้โครงงานดำเนินไปได้จนสำเร็จ

และขอขอบคุณ นายปฏิพัทธ์ หลักดี ผู้จัดการ กา-เมะ สตูดิโอ ที่อนุเคราะห์ให้ยืมใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ช่าง เพื่อใช้ในการทำโครงสร้างชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

นอกจากนี้ยังขอขอบคุณ บริษัท ไทยออยล์ จำกัด (มหาชน) ที่มอบทุนการศึกษาให้แก่นายภานุพงศ์ ศรีรัตนพงษ์ ในปีการศึกษา 2556 เป็นเงินจำนวน 30,000 บาท

รวมทั้งขอขอบคุณรัฐบาลไทยที่จัดตั้งกองทุนเงินให้กู้ยืมเพื่อการศึกษา (กยศ.) ซึ่งสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ให้แก่นายวัชระ คนรักษา ตลอดระยะเวลาการศึกษาในระดับปริญญาตรี

ในท้ายที่สุดนี้ เหนือสิ่งอื่นใด ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดา ซึ่งท่านได้ให้การสนับสนุนในทุกด้านเกี่ยวกับการศึกษาของผู้ดำเนินโครงงาน รวมทั้งมอบความรักความเมตตา และคอยเป็นกำลังใจให้จนประสบความสำเร็จในวันนี้

นายภานุพงศ์ ศรีรัตนพงษ์
นายธนาเทพ เทียนขาว
นายวัชระ คนรักษา

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ .... ก

บทคัดย่อภาษาไทย .... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... ค

กิตติกรรมประกาศ .... ง

สารบัญ .... จ

สารบัญตาราง .... ช

สารบัญรูป .... ซ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.6 งบประมาณ 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 แผงวงจร Arduino 4

2.2 จอแสดงผลแอลซีดี 6

2.3 รีเลย์ 8

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 11

2.4.1 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 11

2.4.2 การทำงานเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า 13

2.4.3 การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 14

2.4.4 การกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ 15

2.5 สวิตช์จำกัดระยะ 16

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์ทำความสะอาด 18
3.1 ขั้นตอนการทำงานของชุดอุปกรณ์ทำความสะอาด 18
3.2 การออกแบบโครงสร้างของชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 19
3.3 ส่วนประกอบชุดทำความสะอาด 21
3.4 การออกแบบการกลับทิศการเคลื่อนที่ของชุดอุปกรณ์ 24
3.5 อุปกรณ์ควบคุมการทำงานและหน้าจอแสดงผล 24
3.6 การใช้งานชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 26
3.6.1 การออกแบบขั้นตอนการทำงานของชุดทำความสะอาด 28
3.6.2 การประกอบชุดอุปกรณ์ทำความสะอาด 29

บทที่ 4 ผลการทดสอบ 30
4.1 การทดสอบหาความเร็วของอุปกรณ์ในส่วนทำความสะอาด 30
4.2 การทดสอบการทำงานของรีเลย์ 30
4.3 การทดสอบหาจำนวนรอบการทำความสะอาด 31

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 33
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 33
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข 33
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป 34

เอกสารอ้างอิง 35

ภาคผนวก ก รหัสต้นฉบับของโปรแกรมควบคุมชุดอุปกรณ์ทำความสะอาด 36
ภาคผนวก ข รายละเอียดข้อมูลของไอซีคุมค่าแรงดัน รุ่น LM7805 40

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 52

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 หน้าที่ของรีเลย์แต่ละตัวในชุดอุปกรณ์ทำความสะอาด 30
4.2 ผลการทดสอบการทำงานของรีเลย์ 31
4.3 การทดสอบหาจำนวนรอบการทำความสะอาด 32

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แผงวงจร Arduino รุ่น UNO 4
2.2 ขาใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328P-PU 6
2.3 จอแสดงผลแอลซีดี Hitachi หมายเลข HD44780 7
2.4 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแอลซีดี 7
2.5 สัญลักษณ์ภายในโครงสร้างของรีเลย์ 8
2.6 สภาวะการทำงานของรีเลย์ 8
2.7 แผงวงจรรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสง 9
2.8 แผนภาพวงจรการทำงานภายในของรีเลย์ 10
2.9 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 11
2.10 เปลือกหรือโครงของมอเตอร์กระแสตรง 11
2.11 ขั้วแม่เหล็กที่สร้างจากการพันขดลวด 12
2.12 โรเตอร์ 12
2.13 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 13
2.14 การขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงด้วยตัวเรียงกระแสแบบควบคุมเฟส 14
2.15 การขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงด้วยตัวแปลงผันกำลังกระแสตรง 14
2.16 แผนภาพวงจรการกลับขั้วขดลวดอาร์เมเจอร์ 15
2.17 แผนภาพวงจรการกลับขั้วขดลวดสนาม 16
2.18 สัญลักษณ์สวิตช์จำกัดระยะ 16
2.19 กลไกลการทำงานภายในของสวิตช์จำกัดระยะ 17
3.1 แผนภาพการทำงานของชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 18
3.2 โครงสร้างของแกนเหล็กและมอเตอร์ขับเคลื่อนตามราง 19
3.3 รางตัวซีและตัวจับยึดชุดอุปกรณ์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 20
3.4 การติดตั้งของมอเตอร์หมุนแปรง ล้อขับเคลื่อนระบบและชุดล้อในราง 20
3.5 การติดตั้งท่อน้ำและแปรงปั่นทำความสะอาด 20
3.6 อุปกรณ์ในส่วนทำความสะอาด 21
3.7 อุปกรณ์ที่เป็นเส้นทางในการเคลื่อนที่ 22
3.8 อุปกรณ์ที่เป็นส่วนการควบคุมการปล่อยน้ำ 23
3.9 แผนภาพวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของชุดอุปกรณ์ 24

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.10 หน้าจอแสดงผลและปุ่มควบคุมการทำงาน 25
3.11 อุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในกล่องควบคุม....................26
3.12 รูปแบบการแสดงผลของหน้าจอขณะตั้งค่าจำนวนรอบการทำความสะอาด 26
3.13 รูปแบบการแสดงผลของหน้าจอเมื่อเริ่มต้นการทำงาน 27
3.14 รูปแบบการแสดงผลของหน้าจอเมื่อระบบหยุดการทำงาน 27
3.15 ขั้นตอนการทำงานของชุดทำความสะอาด 28
3.16 การเชื่อมต่อชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์....................29
4.1 การจำลองความสกปรกบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยคราบฝุ่น 31
4.2 การจำลองความสกปรกบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยคราบดินสอพอง 32

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากในการใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นต้องติดตั้งภายนอกอาคารจึงมักประสบปัญหาด้านความสกปรกที่เกิดมาจาก ฝุ่นละออง มูลนก ละอองของเขม่า คราบเกลือจากทะเล ซึ่งสิ่งสกปรกเหล่านี้บดบังแสงที่มาตกกระทบบนผิวหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ลดลง จึงควรทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์อย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ทั้งนี้ความบ่อยครั้งในการทำความสะอาดขึ้นอยู่กับชนิดและระดับความสกปรก รวมทั้งสถานที่ติดตั้ง

รูปแบบการทำความสะอาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นสามารถทำได้โดยการใช้แรงงานคนซึ่งเหมาะสำหรับระบบจ่ายไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีจำนวนแผงไม่มาก และการใช้หุ่นยนต์หรือรถขับเคลื่อนชุดทำความสะอาดเหมาะสำหรับระบบจ่ายไฟฟ้าขนาดใหญ่ แต่ในระบบจ่ายไฟฟ้าขนาดกลางอาจไม่เหมาะสมที่จะใช้รูปแบบการความสะอาดที่กล่าวมา เนื่องจากการใช้แรงงานคนทำให้สิ้นเปลืองเวลา ในขณะที่การใช้หุ่นยนต์หรือรถนั้นเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายโดยใช่เหตุ ดังนั้นโครงงานนี้จึงมีความสนใจในการออกแบบชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติสำหรับระบบจ่ายไฟฟ้าขนาดกลาง โดยมีการเคลื่อนที่ไปตามแนวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ควบคู่กับการทำความสะอาดบนพื้นผิวด้านหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยการใช้แปรงหมุนร่วมกับการปล่อยน้ำ และควบคุมการทำงานของชุดอุปกรณ์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งสะดวกต่อการปรับเปลี่ยนโปรแกรมควบคุมการทำงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างแบบจำลองชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยมีการปรับตั้งจำนวนรอบการทำความสะอาด และปล่อยน้ำควบคู่ไปกับการหมุนแปรงทำความสะอาดบนหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) สร้างแบบจำลองเพื่อแสดงการทำงานของชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 10 W ซึ่งกว้าง 31 cm ยาว 37 cm โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงาน
2) ใช้มอเตอร์กระแสตรงขนาด 12 V ในการเคลื่อนที่ของชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดโดยมีรางเป็นเส้นทางในการเคลื่อนที่ และใช้สวิตช์จำกัดระยะ (Limit switch) ในการกลับทิศทางการเคลื่อนที่
3) ใช้มอเตอร์กระแสตรงขนาด 12 V ในการหมุนแปรงทำความสะอาด
4) ใช้วาล์วโซลินอยด์ในการปล่อยน้ำ โดยควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	พ.ศ. 2557					พ.ศ. 2558			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1) ศึกษาหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์									
2) ออกแบบโครงสร้างของชุดอุปกรณ์ทำความสะอาด									
3) สร้างแบบจำลองโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุม									
4) ทดสอบและปรับปรุงชิ้นงาน									
5) สรุปผลและจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

แบบจำลองของชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นในโครงงานสามารถทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้อัตโนมัติ โดยสามารถปรับตั้งจำนวนรอบการทำความสะอาดได้ และรูปแบบของโครงสร้างมีความยืดหยุ่นในการปรับใช้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้หลายขนาด นอกจากนี้โครงสร้างของชุดอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถติดตั้งและถอดประกอบได้ง่ายเพื่อความสะดวกต่อผู้ใช้งานหากมีการนำไปใช้ในงานจริง

1.6 งบประมาณ

1) โครงสร้างแบบจำลองของชุดอุปกรณ์ทำความสะอาด	1,000 บาท
2) มอเตอร์กระแสตรง พิกัด 12 V จำนวน 3 ตัว	600 บาท
3) ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น UNO	600 บาท
4) โมดูลรีเลย์และสวิตช์จำกัดระยะ	700 บาท
5) สายไฟ	300 บาท
6) อุปกรณ์ควบคุมการปล่อยน้ำ	500 บาท
7) ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มปริญญานิพนธ์	800 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สี่พันห้าร้อยบาทถ้วน)	4,500 บาท

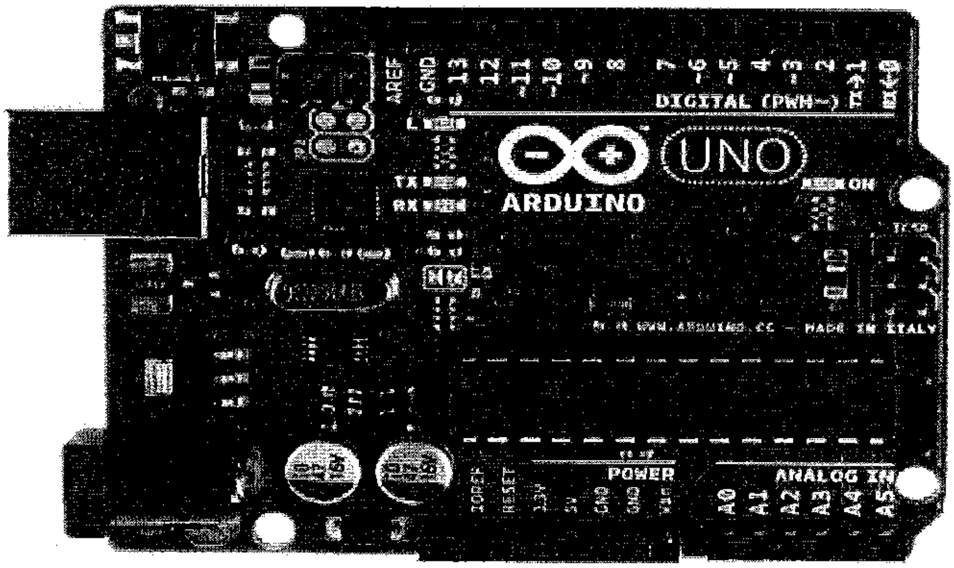
หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากในโครงงานนี้เลือกใช้แผงวงจร Arduino มาควบคุมชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จึงจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักการทำงาน รูปแบบการทำงาน ภาษาของแผงวงจร Arduino เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบวงจรควบคุมชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ รวมทั้งแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี นอกจากนี้ยังเลือกใช้มอเตอร์กระแสตรงในการขับเคลื่อนชุดอุปกรณ์และการหมุนแปรงทำความสะอาด รวมถึงใช้รีเลย์ในการตัดต่อวงจรของชุดอุปกรณ์ และใช้สวิตช์จำกัดระยะในการกลับทิศทางการเคลื่อนที่ของชุดอุปกรณ์

2.1 แผงวงจร Arduino

Arduino เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่อยู่ในตระกูล เอวีอาร์ ขนาด 28 ขา ซึ่งในโครงงานนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega328 ดังรูปที่ 2.1 โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เป็นแพลตฟอร์ม (Platform) ของอินพุตและเอาท์พุต (I/O) ขั้นพื้นฐานที่พอเพียงกับการใช้งานและการเรียนรู้ โดยตัวแผงวงจรมีชุดคำสั่งที่ใช้ควบคุมพอร์ต อินพุต/เอาท์พุต คือ พอร์ตดิจิตอล พอร์ตแอนะล็อกพีดับเบิลยูเอ็มและพอร์ตอนุกรม ซึ่งแผงวงจร Arduino ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกและส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ สามารถเขียนโปรแกรมให้แผงวงจร Arduino รับสัญญาณจากสวิตช์หรือตัวรับรู้ และควบคุมหลอดไฟมอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ แผงวงจร Arduino สามารถทำงานอิสระหรือทำงานติดต่อกับโปรแกรมที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์

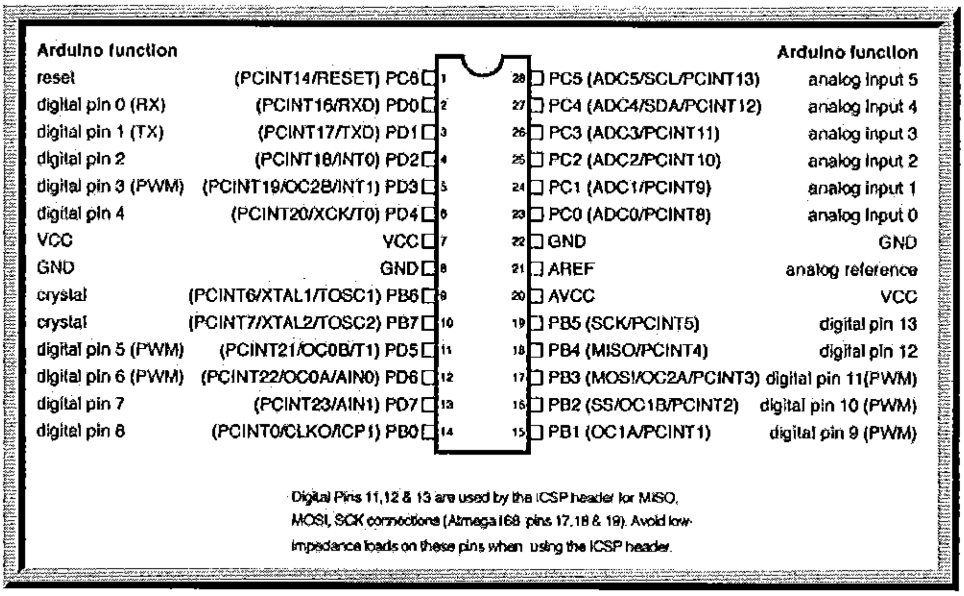


รูปที่ 2.1 แผงวงจร Arduino รุ่น UNO [1]

แผงวงจร Arduino มีจุดเด่นในเรื่องของความง่ายต่อการเรียนรู้และใช้งานเนื่องจากได้มีการออกแบบคำสั่งต่าง ๆ ขึ้นมาสนับสนุนการใช้งานด้วยรูปแบบที่ง่ายไม่ซับซ้อนและมีข้อดีกว่าบอร์ดสำเร็จรูปตัวอื่นคือใช้งานง่ายมีโปรแกรมพัฒนาที่ไม่ซับซ้อนมีโปรแกรมพัฒนา Arduino ใช้งานง่ายสำหรับมือใหม่และมีความสามารถครบตามความต้องการของนักพัฒนามืออาชีพซึ่งแผงวงจร Arduino เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ตัวประมวลผลตระกูลเอวีอาร์ขนาดเล็กเหมาะสำหรับนำไปใช้ในการศึกษาเรียนรู้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการควบคุมอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตได้มากมาย ภาษาในการเขียนโปรแกรมลงบน Arduino ใช้ภาษา C++ ซึ่งเป็นรูปแบบของโปรแกรมภาษาซีประยุกต์แบบหนึ่ง ซึ่งมีโครงสร้างของตัวภาษาโดยรวมใกล้เคียงกันกับภาษาซีมาตรฐาน เพียงแต่ได้มีการปรับปรุงรูปแบบในการเขียนโปรแกรมบางส่วนที่ผิดเพี้ยนไปจากมาตรฐานเล็กน้อยเพื่อทำให้ลดความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมและให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายและสะดวกมากขึ้นกว่าการเขียนภาษาซีตามแบบมาตรฐานโดยตรง

แผงวงจร Arduino ที่ใช้ในโครงงานนี้เป็นสถาปัตยกรรมของเอวีอาร์ ขนาด 8 bit โดยเป็นซีพียูแบบ RISC (Reduced instruction set computer) มีสถาปัตยกรรมต่อหน่วยความจำแบบฮาวาร์ด (Harvard) ซึ่งแยกหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลออกจากกันโดยเด็ดขาดดังแสดงในรูปที่ 2.2 โดยใช้หน่วยความจำแบบแฟลต (Flash) สำหรับเป็นหน่วยความจำโปรแกรมและใช้หน่วยความจำแบบ SRAM สำหรับหน่วยความจำข้อมูลและนอกจากนี้ยังมีหน่วยความจำแบบ EEPROM ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลเอาไว้ได้โดยไม่จำเป็นต้องมีไฟเลี้ยงอีกด้วย โดย ATmega328 มีคุณสมบัติเด่นดังนี้

1) หน่วยความจำโปรแกรมแบบ FLASH ขนาด 32 kB
2) หน่วยความจำข้อมูลแบบ SRAM ขนาด 2 kB
3) หน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM ขนาด 1 kB
4) สนับสนุนการเชื่อมต่อแบบ 12C bus
5) พอร์ตอินพุตและเอาต์พุตจำนวน 23 bit
6) วงจรแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิตอลขนาด 10 bit ในตัวจำนวน 8 ช่อง
7) ทำงานได้ตั้งแต่ย่านแรงดัน 1.8-5.5 V
8) ความถี่ใช้งานสูงสุด 20 MHz
9) วงจรสื่อสารอนุกรม
10) ตัวจับเวลาและตัวนับ ขนาด 8 bit จำนวน 2 ตัว และ U3586 ขนาด 16 bit 1 ตัว
11) สนับสนุนช่องสัญญาณสำหรับการสร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม (PWM) จำนวน 6 ช่อง [1]



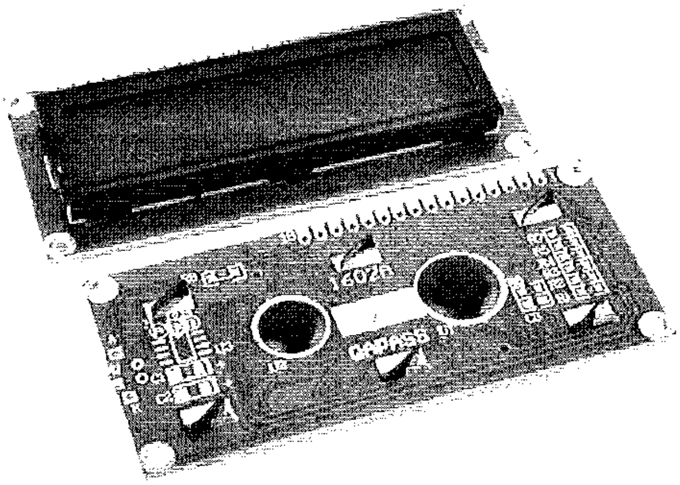
รูปที่ 2.2 ขาใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328P-PU

ที่มา http://www.taradplaza.com/product/5385788

2.2 จอแสดงผลแอลซีดี

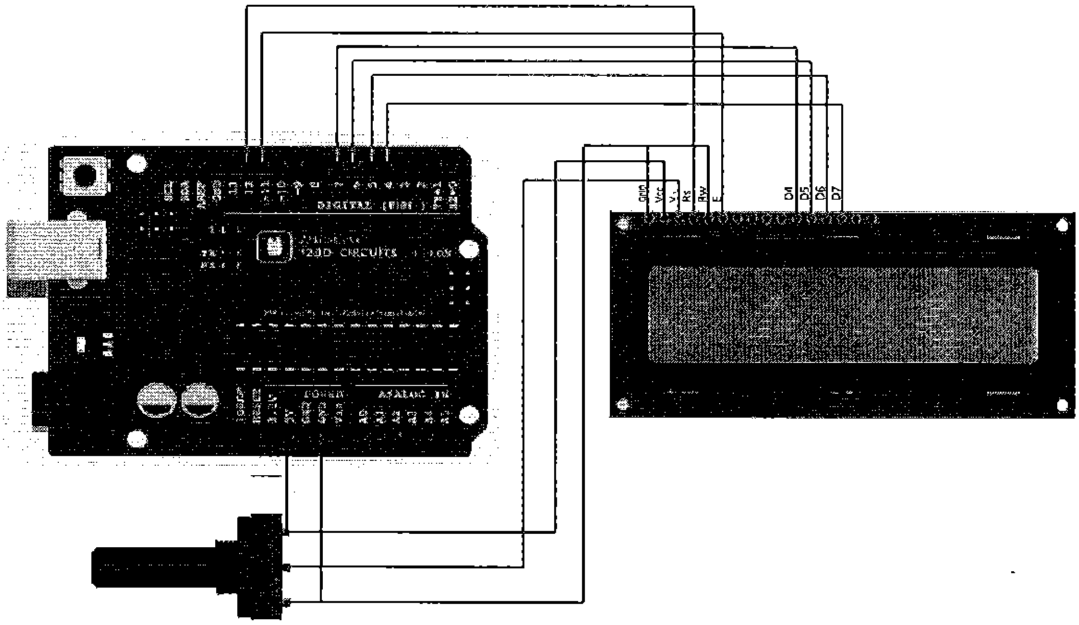
ในการควบคุมหรือสั่งงานผ่านจอแสดงผลแอลซีดี (Liquid Crystal Display, LCD) นั้นมีตัวควบคุม (Controller) รวมไว้ในตัว ซึ่งสามารถส่งรหัสคำสั่งควบคุมการทำงานของจอแสดงแอลซีดีผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) โดยในส่วนของการควบคุมจอแสดงผลแอลซีดีเป็น Hitachi หมายเลข HD44780 ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และขาในการเชื่อมต่อระหว่างจอแสดงผลแอลซีดีกับไมโครคอนโทรลเลอร์มีดังนี้

1) GND เป็นกราวด์ใช้ต่อระหว่างกราวด์ของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์กับแอลซีดี
2) VCC เป็นไฟเลี้ยงวงจรที่ป้อนให้กับแอลซีดีขนาด +5 VDC
3) VO ใช้ปรับความสว่างของหน้าจอแอลซีดี LCD4 RS ใช้บอกให้ตัวควบคุมทราบว่ารหัสคำสั่งที่ส่งมาทางขา DB0-DB7 เป็นคำสั่งหรือข้อมูล
4) RS ใช้บอกตัวควบคุมให้ทราบว่ารหัสที่ส่งมาทางขา DB0-DB7 นั้นเป็นคำสั่งหรือข้อมูล
5) R/W ใช้เลือกระหว่างการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับตัวควบคุม
6) E เป็นขา Enable หรือ Chips Select เพื่อกำหนดการทำงานของตัวควบคุม
7) DB0-DB7 เป็นขาสัญญาณข้อมูล (Data) ใช้สำหรับเขียนหรืออ่านข้อมูลและคำสั่งกับตัวควบคุม [2]



รูปที่ 2.3 จอแสดงผลแอลซีดี Hitachi หมายเลข HD44780 [2]

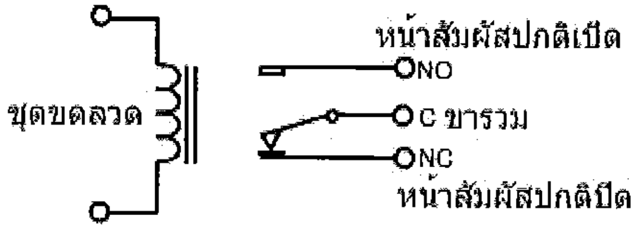
การเชื่อมต่อสัญญาณขาข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแอลซีดี สามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ การเชื่อมต่อแบบ 8 bit (DB0-DB7) และการเชื่อมต่อแบบ 4 bit (DB4-DB7) ซึ่งทั้งสองแบบแตกต่างกันเพียงจำนวนขาที่ใช้คือ 8 หรือ 4 ขา โดยสามารถทำงานได้เหมือนกัน อย่างไรก็ตามการส่งข้อมูลแบบ 4 ขา ช้ากว่าแบบ 8 ขา แต่ไม่ได้ช้ามากจนสังเกตได้ด้วยสายตา ดังนั้นโดยทั่วไปการต่อกับ Arduino จึงนิยมต่อเพียง 4 ขา หรือ 4 bit เท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.4 เพื่อประหยัดขาในการต่อใช้งานไปไว้ต่อกับอุปกรณ์อื่น [3]



รูปที่ 2.4 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแอลซีดี [3]

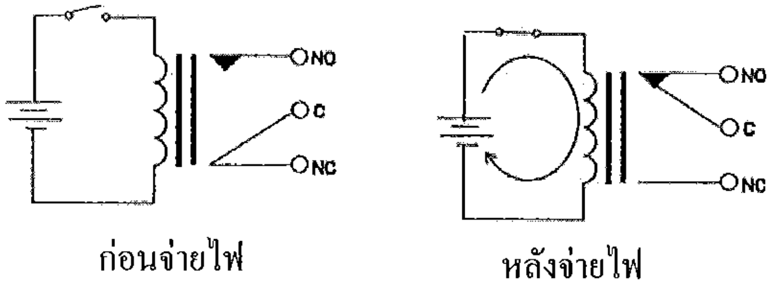
2.3 รีเลย์

รีเลย์ (Relay) มีทำหน้าที่ตัดต่อวงจร เช่นเดียวกับสวิตช์รีเลย์มีหลายชนิดและหลายขนาด ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน เช่น รีเลย์ขนาดเล็ก ใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ รีเลย์ขนาดใหญ่ ใช้ในระบบไฟฟ้ากำลัง เป็นต้น โครงสร้างภายในของรีเลย์โดยทั่วไปประกอบด้วยขดลวด 1 ชุดและหน้าสัมผัส ซึ่งในหน้าสัมผัส 1 ชุด ประกอบไปด้วยหน้าสัมผัสแบบปกติปิด (Normally close หรือ NC) และหน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally open หรือ NO) ในสภาวะปกติ หน้าสัมผัสแบบปกติปิดเชื่อมต่ออยู่กับขาร่วม (C) ดังแสดงในรูปที่ 2.5



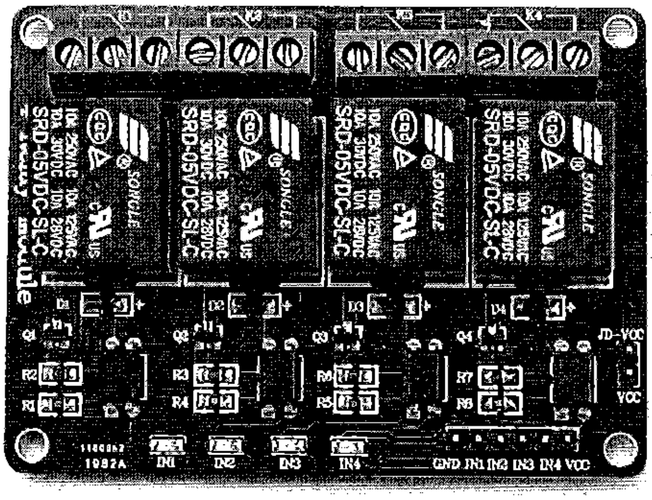
รูปที่ 2.5 สัญลักษณ์ภายในโครงสร้างของรีเลย์ [4]

ขณะที่ยังไม่มีการจ่ายกระแสให้ขดลวดของรีเลย์ หน้าสัมผัส NC กับ C ยังต่อถึงกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้ เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ขดลวดของรีเลย์ อำนาจแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะดึงหน้าสัมผัส C มาต่อกับหน้าสัมผัส NO ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลจาก NO ไปยัง C ได้ และเมื่อกระแสในขดลวดหยุดไหล หน้าสัมผัส C ถูกสปริงดึงกลับไปติดกับหน้าสัมผัส NC ดังเดิม [4] ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 สภาวะการทำงานของรีเลย์ [5]

ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้แผงวงจรรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสง (Opto-isolator) สำหรับตัดต่อวงจรในโครงงานประกอบด้วยรีเลย์ 4 ตัวดังรูปที่ 2.7 ซึ่งแต่ละตัวสามารถรองรับกระแสได้สูงถึง 10 A และใช้งานได้ทั้งกับไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ ซึ่งรับแรงดันกระแสตรง 5 V และมีหลอดแอลอีดีแสดงสถานะการทำงานของรีเลย์แต่ละตัว ซึ่งมีการป้องกันวงจรควบคุมออกจากวงจรกำลังด้วยตัวเชื่อมต่อด้วยแสงเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนจากการทำงานของอุปกรณ์



รูปที่ 2.7 แผงวงจรรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสง

ในการใช้งานที่แผงวงจรของรีเลย์จะมีตัวเชื่อมสำหรับเชื่อมต่อไฟเลี้ยงวงจรของวงจรควบคุม (VCC) เข้ากับไฟเลี้ยงชุดรีเลย์ (JD - VCC) ซึ่งหากอุปกรณ์ที่ไปควบคุมโหลดต่าง ๆ นั้นไม่ได้สร้างสัญญาณรบกวนมากนัก สามารถใช้งานโมดูลนี้โดยตรงได้ทันทีด้วยการป้อน VCC IN1 IN2 และ GND จากวงจรควบคุมได้ทันที อย่างไรก็ตามจากการใช้ VCC ของวงจรควบคุม ป้อนให้กับ JD - VCC ทำให้ทั้งระบบยังคงต้องใช้กราวด์อ้างอิงร่วมกัน ซึ่งหากใช้งานเพื่อควบคุมไฟสูงกระแสสูง หรืออุปกรณ์ประเภทขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเกิดการรบกวนได้ง่ายควรทำการแยกไฟเลี้ยงรีเลย์ออกจากไฟเลี้ยงวงจรด้วยการปลดตัวเชื่อมต่อไฟเลี้ยง ดังกล่าว แล้วทำการจ่ายไฟเลี้ยงที่เป็นอิสระต่อวงจรควบคุมเข้าสู่ขา JD-VCC และ GND แทน โดยในการควบคุมของภาคควบคุมจะป้อนสัญญาณควบคุมผ่านขา IN1-IN4 และขา VCC โดยไม่ต้องเชื่อมต่อ GND ของฝั่งควบคุม

ในการใช้งานรีเลย์โดยทั่วไปคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้

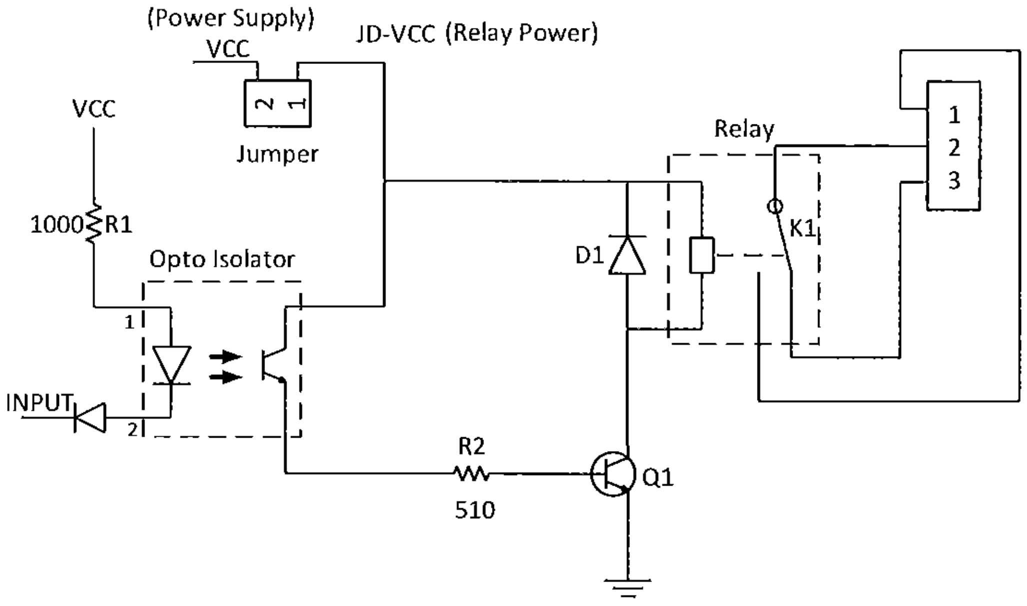
1) แรงดันใช้งานหรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ สามารถดูได้ที่ตัวรีเลย์ ซึ่งจะระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ เช่น 12 VDC หมายถึงต้องใช้แรงดันที่ 12 VDC เท่านั้น ซึ่งหากใช้มากกว่านี้จะส่งผลให้ขดลวดภายในตัวรีเลย์อาจขาดได้หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก ๆ อาจทำให้รีเลย์ไม่ทำงาน ในส่วนของการต่อวงจรนั้นสามารถต่อเข้ากับขั้วใดก็ได้ เพราะรีเลย์จะไม่ระบุขั้วต่อไว้ (นอกจากรีเลย์ชนิดพิเศษ)

2) การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส จะมีการระบุค่าไว้ที่ตัวรีเลย์ เช่น 10 A 220 VAC หมายถึง หน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 A ที่ 220 VAC แต่ในการใช้งานจริง ควรให้รีเลย์ทำงานต่ำกว่าระดับกระแสพิกัด เนื่องจากหากมีกระแสมากจะยิ่งมีผลทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นเสียหายได้เร็วขึ้น

3) ชนิดและจำนวนหน้าสัมผัสภายในตัวรีเลย์

โครงสร้างภายในและการจ่ายไฟเพื่อให้รีเลย์ทำงาน

ในส่วนของโครงสร้างการทำงานภายในของรีเลย์ สามารถแสดงลักษณะและเส้นทางในการจ่ายไฟของรีเลย์ แสดงได้ดังรูปที่ 2.8



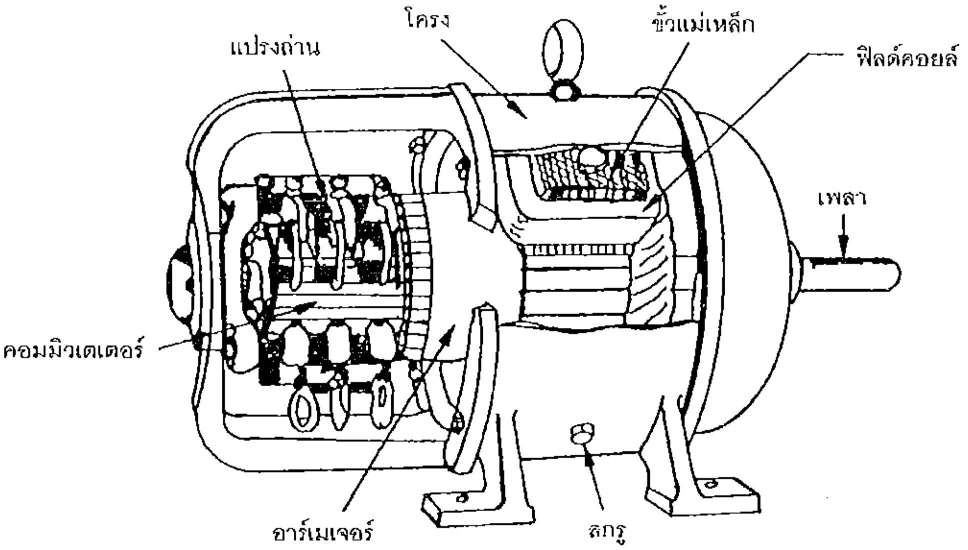
รูปที่ 2.8 แผนภาพวงจรการทำงานภายในของรีเลย์
ที่มา: https://arduino-info.wikispaces.com/RelayIsolation

การทำงานของรีเลย์ เริ่มด้วยการจ่ายไฟเลี้ยงเข้าที่ตัวเชื่อมต่อทางแสง (Opto-isolator) และขดลวดของรีเลย์ การป้อนอินพุตด้วยลอจิก 0 ทำให้วงจรภายในตัวเชื่อมต่อทางแสงเริ่มทำงาน นั่นคือมีความต่างศักย์ตกคร่อมไดโอดเปล่งแสง ทำให้เกิดการไบแอสไปหน้า ส่งผลทำให้ไดโอดเกิดการเปล่งแสงไปตกกระทบที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ที่อยู่ภายในตัวเชื่อมต่อทางแสง ทรานซิสเตอร์จึงนำกระแส เกิดกระแสไหลผ่านตัวต้านทาน R2 เข้าที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ส่งผลให้เกิดการนำกระแส จึงเกิดความต่างศักย์ที่ขดลวดของรีเลย์ ทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวด ส่งผลให้รีเลย์มีการเปลี่ยนสถานะของหน้าสัมผัส

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.4.1 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

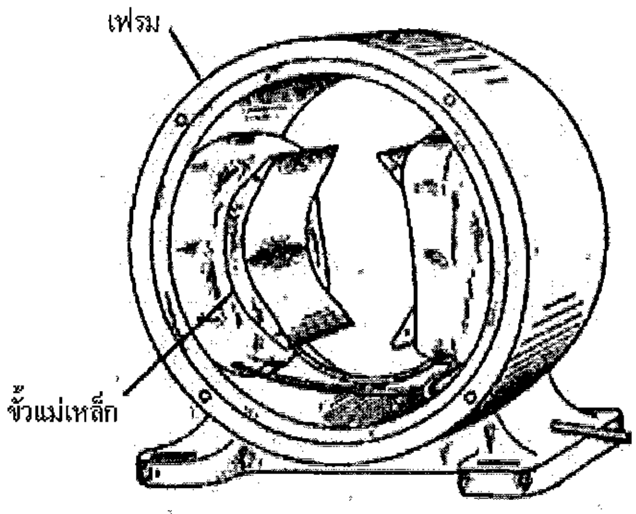
โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแสดงได้ดังรูปที่ 2.9 โดยมีส่วนประกอบดังนี้



รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง [6]

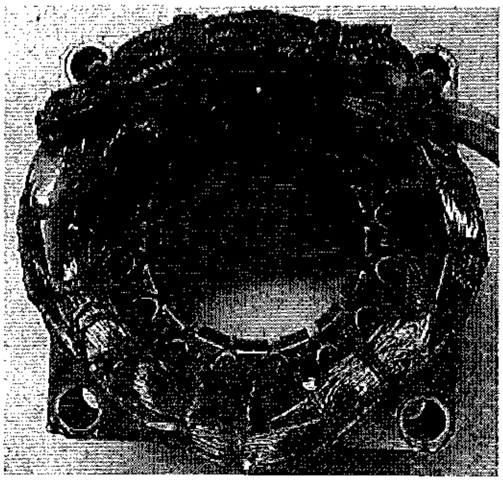
1) สเตเตอร์ (Stator) เป็นส่วนของมอเตอร์ไฟฟ้าที่อยู่กับที่ ประกอบด้วย

ก) เปลือกหรือโครง (Frame) เป็นทางเดินให้กับเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้ให้ครบวงจรและยึดส่วนประกอบอื่น ให้มีความแข็งแรง ทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาม้วนเป็นรูปทรงกระบอกกลมแสดงได้ดังรูปที่ 2.10



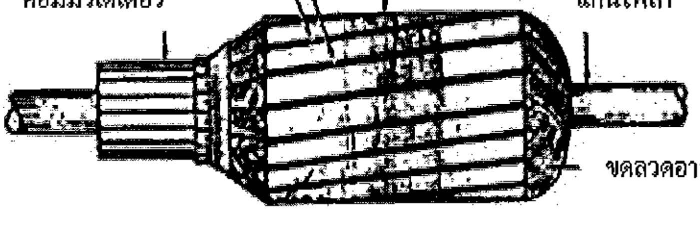
รูปที่ 2.10 เปลือกหรือโครงของมอเตอร์กระแสตรง [7]

ข) ขั้วสนามแม่เหล็ก (Field poles) เป็นส่วนที่ใช้ในการสร้างฟลักซ์แม่เหล็กแสดงได้ดังรูปที่ 2.11 เมื่อตัวนำในขดลวดอาร์เมเจอร์หมุนตัดผ่านฟลักซ์แม่เหล็กนี้จะเกิดการเหนี่ยวนำขึ้น



รูปที่ 2.11 ขั้วแม่เหล็กที่สร้างจากการพันขดลวด [8]

2) โรเตอร์ (Rotor) เป็นส่วนที่ทำให้เกิดกำลังงานมีลักษณะดังรูปที่ 2.12 ซึ่งมีแกนวางอยู่ในรองลื่น (Bearing) ประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย (End plate) ของมอเตอร์



รูปที่ 2.12 โรเตอร์ [7]

โรเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

ก) แกนเพลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์ และยึดแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature core) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์ แกนเพลานี้วางอยู่บนรองลื่นเพื่อบังคับให้หมุนโดยไม่มีการสั่นสะเทือน

ข) แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน (Laminated sheet steel) เป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์เมเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด (Torque)

ค) คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่ แต่ละซี่มีฉนวนไมกา (Mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์มีร่อง

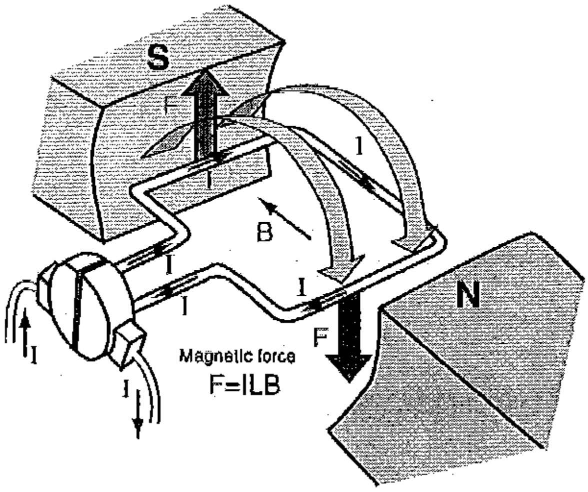
สำหรับใส่ปลายสายของขดลวดอาร์เมเจอร์ ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลาเป็นทรงกระบอกมีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน (Carbon brushes)

ง) ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสล็อต (Slot) ของแกนอาร์เมเจอร์ ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่ และจำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้น เพื่อให้เหมาะสมกับงานต่าง

3) แปรงถ่าน อาจทำจากส่วนผสมของคาร์บอนกับกราไฟต์ หรือคาร์บอนกับทองแดงทำหน้าที่รับกระแสไฟฟ้าจากวงจรภายนอกส่งไปยังคอมมิวเตเตอร์

2.4.2 การทำงานเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าคือ เครื่องจักรกลที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลโดยอาศัยหลักการคือ เมื่อมีกระแสไหลผ่านตัวนำที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็กจะทำให้ลวดตัวนำเกิดการเคลื่อนที่ หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแสดงดังรูปที่ 2.13

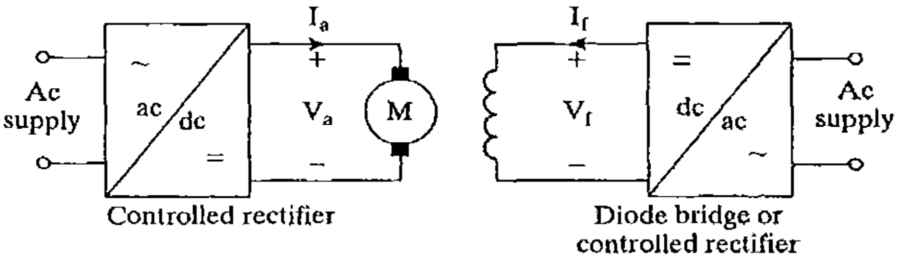


รูปที่ 2.13 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง [9]

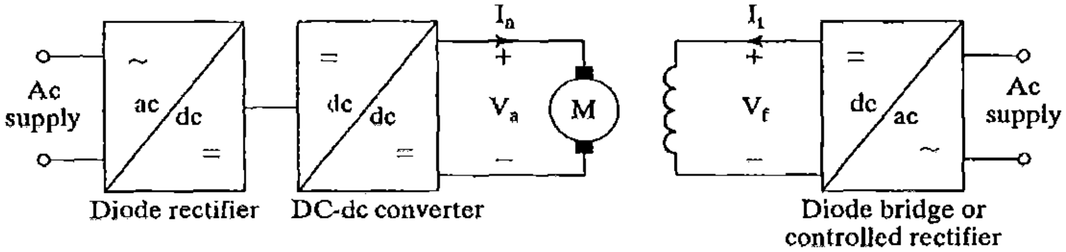
เมื่อมีแรงดันไฟฟ้าจ่ายผ่านแปรงถ่านไปคอมมิวเตเตอร์และขดลวดตัวนำที่อาร์เมเจอร์ ทำให้ขดลวดอาร์เมเจอร์เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น ทางด้านขวามือเป็นขั้วเหนือ (N) และด้านซ้ายมือเป็นขั้วใต้ (S) เหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรที่วางอยู่ใกล้ ๆ กันทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กผลักดันกันอาร์เมเจอร์หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา พร้อมกับคอมมิวเตเตอร์หมุนตามไปด้วย แปรงถ่านสัมผัสกับส่วนของคอมมิวเตเตอร์เปลี่ยนไปในอีกปลายหนึ่งของขดลวด แต่มีผลทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่อาร์เมเจอร์เหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรที่อยู่ใกล้ ๆ อีกครั้ง ทำให้อาร์เมเจอร์ยังคงถูกผลักให้หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาตลอดเวลา ส่งผลให้เกิดการหมุนของอาร์เมเจอร์ ซึ่งหมายถึงเครื่องจักรกลกำลังทำงานเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า

2.4.3 การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงจากตัวเรียงกระแสแบบควบคุมเฟสสร้างแรงดันด้านออกกระแสตรงที่ปรับค่าได้จากแรงดันไฟกระแสสลับที่มีค่าคงที่ ในขณะที่ตัวแปลงผันกำลังกระแสตรงสร้างแรงดันไฟกระแสตรงที่ปรับค่าได้จากแรงดันกระแสตรงที่มีค่าคงที่ ด้วยคุณสมบัติในการสร้างแรงดันไฟกระแสตรงที่ปรับค่าได้อย่างต่อเนื่อง ตัวเรียงกระแสแบบควบคุมเฟสและตัวแปลงผันกำลังกระแสตรงจึงก่อให้เกิดวิวัฒนาการทางด้านอุปกรณ์ควบคุมและการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบปรับความเร็วรอบได้ในอุตสาหกรรมสมัยใหม่ที่มีระดับกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ไม่กี่แรงม้าจนถึงหลายเมกะวัตต์ ตัวเรียงกระแสแบบควบคุมเฟสนิยมใช้ในการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงดังรูปที่ 2.14 อีกหนึ่งทางเลือกคือการใช้ตัวเรียงกระแสแบบไดโอดร่วมกับตัวแปลงผันกำลังกระแสตรงดังรูปที่ 2.15 [10]



รูปที่ 2.14 การขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงด้วยตัวเรียงกระแสแบบควบคุมเฟส [10]



รูปที่ 2.15 การขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงด้วยตัวแปลงผันกำลังกระแสตรง [10]

สมการที่เกี่ยวข้องกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

$$E_g = k \cdot I_f \cdot \omega \tag{2.1}$$

$$V_a = R_a I_a + E_g = R_a I_a + k \cdot I_f \cdot \omega \tag{2.2}$$

$$T_d = k \cdot I_f \cdot I_a = B\omega + T_L \tag{2.3}$$

เมื่อ E_g = แรงเคลื่อนไฟฟ้าตีกลับ (Back emf) มีหน่วย (V)

Va = แรงดันตกคร่อมอาร์เมเจอร์ มีหน่วย (V)

k = ค่าคงที่ของมอเตอร์ มีหน่วย (V/A.rad/s)

I_f = กระแสสนาม (Field current) มีหน่วย (A)

I_a = กระแสอาร์เมเจอร์ (Armature current) มีหน่วย (A)

ω = ความเร็วเชิงมุมของมอเอร์ มีหน่วย (rad/s)

R_a = ความต้านทานของขดลวดอาร์เมเจอร์ มีหน่วย Ω(Ω)

T_d = แรงบิด (Developed torque) มีหน่วย (N·m)

T_L = แรงบิดโหลด (Load torque) มีหน่วย (N·m)

B = ค่าคงที่แรงเสียดทาน มีหน่วย (N·m/rad/s)

กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์สร้างขึ้นคำนวณหาได้จาก

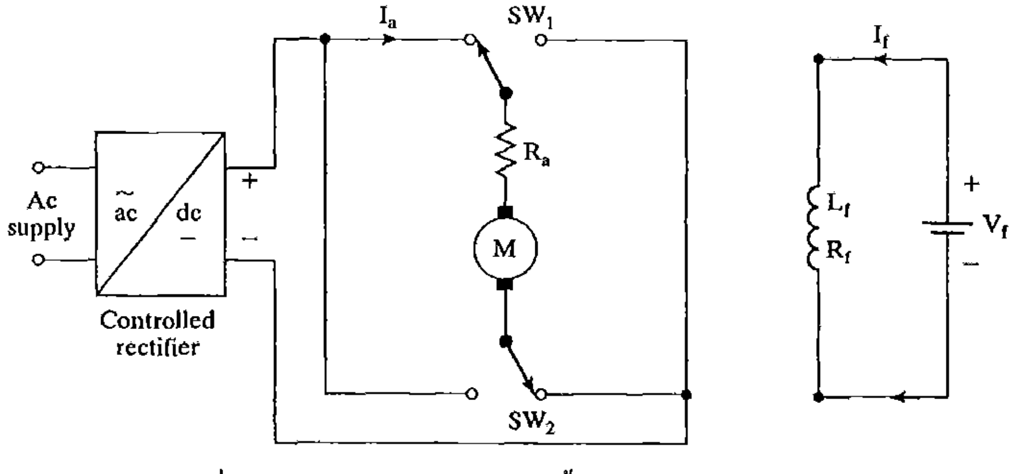
$$P_d = T_d \omega \tag{2.4}$$

จาก (2.1) เราสามารถเขียนสมการความเร็วรอบของมอเตอร์แบบกระตุ้นแยกได้ดังนี้

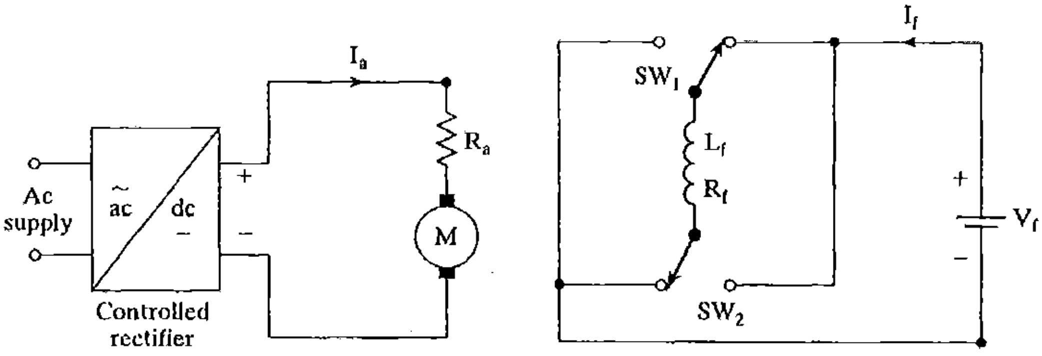
$$\omega = \frac{V_a - R_a I_a}{k \cdot I_f} \tag{2.5}$$

2.4.4 การกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์

การกลับทิศการหมุนของมอเตอร์กระแสตรงสามารถทำได้โดยการกลับขั้วของขดลวดอาร์เมเจอร์ดังรูปที่ 2.16 หรือในการกลับขั้วขดลวดสนามดังรูปที่ 2.17 ซึ่งควรทำในขณะที่กระแสอาร์เมเจอร์มีค่าเป็นศูนย์เพื่อเลี่ยงการกระชากของแรงดันเหนี่ยวนำ (Inductive voltage surge)



รูปที่ 2.16 แผนภาพวงจรการกลับขั้วขดลวดอาร์เมเจอร์ [10]

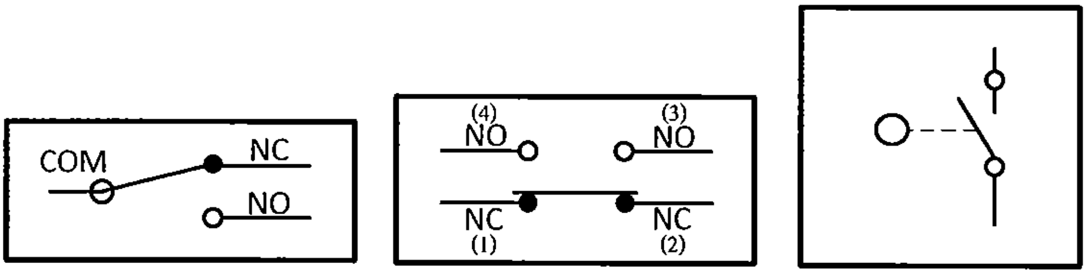


รูปที่ 2.17 แผนภาพวงจรการกลับขั้วขดลวดสนาม [10]

โดยปกติมุมยิง (Firing angle) ของตัวเรียงกระแสแบบควบคุมเฟส (Controlled rectifier) จะถูกปรับเพื่อให้เกิดจังหวะที่กระแสมีค่าเป็นศูนย์และมีช่วงเวลาไร้ผลตอบสนอง (Dead time) ประมาณ 2-10 ms เพื่อให้แน่ใจว่ากระแสอาร์เมเจอร์มีค่าเท่ากับศูนย์ เนื่องจากขดลวดสนามมีค่าคงตัวทางเวลาค่อนข้างมาก การกลับขั้วขดลวดสนามจึงใช้เวลานานกว่า โดยในการทำงานสามารถใช้รีเลย์เป็นสวิตช์ในการกลับขั้วของขดลวดอาร์เมเจอร์เพื่อกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระแสตรงได้

2.5 สวิตช์จำกัดระยะ

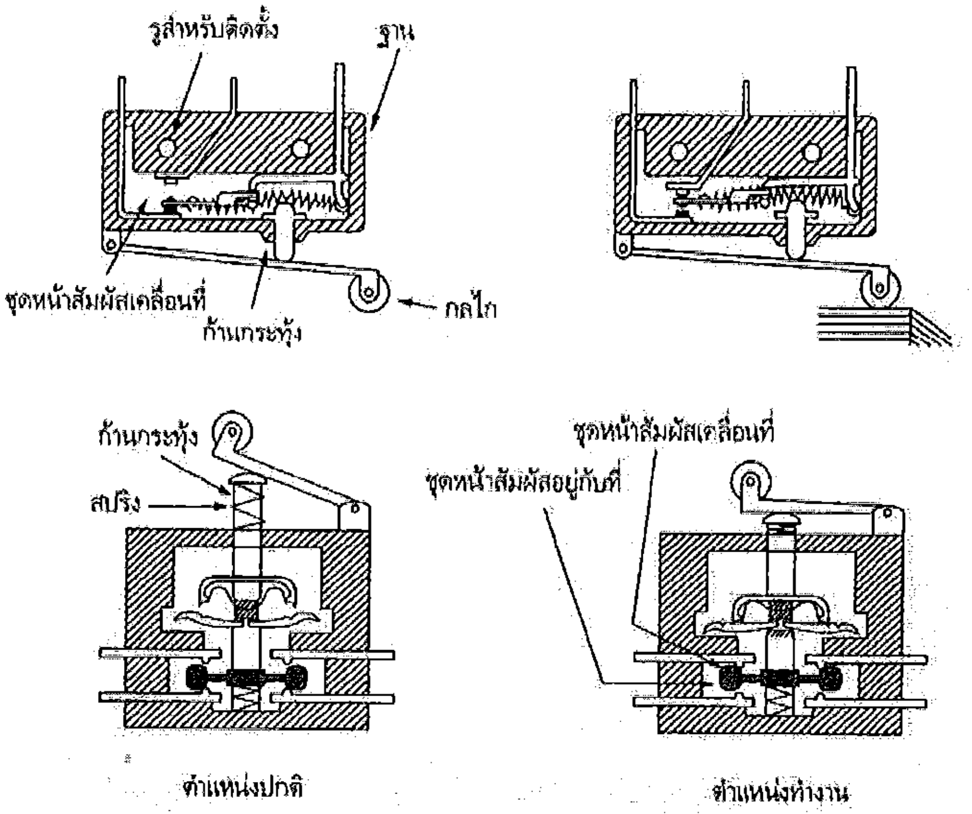
การทำงานของสวิตช์จำกัดระยะ (Limit switch) อาศัยการชนของวัตถุกับลูกล้อ (Roller) แล้วส่งผลให้หน้าสัมผัสที่ต่ออยู่กับก้านชนเปิดหรือปิดตามจังหวะของการชน จะเห็นว่าการทำงานดังกล่าวอาศัยแรงกดจากภายนอกมากระทำ เช่น วางของทับที่ปุ่มกดหรือลูกเบี้ยวมาชนที่ปุ่มกด และเป็นผลทำให้หน้าสัมผัสที่ต่ออยู่กับก้านชน เปิดและปิดตามจังหวะของการชนสัญลักษณ์ของสวิตช์จำกัดระยะแสดงดังรูปที่ 2.18 สวิตช์จำกัดระยะมีการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมากมาย เช่น ลิฟต์โดยสาร ลิฟต์ขนของ ประตูที่ทำงานด้วยไฟฟ้า ระบบสายพานลำเลียง เป็นต้น [11, 12]



รูปที่ 2.18 สัญลักษณ์สวิตช์จำกัดระยะ

ที่มา: http://fonengineering.com/our-products/19-limit-switch.html

สวิตช์จำกัดระยะเปรียบได้กับสวิตช์ตัดวงจร ทำหน้าที่หลักในการหยุดการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ในแนวแกนต่าง ของเครื่องจักรที่ถูกออกแบบมา ในกรณีที่เป็นเครื่องจักรทำงานแบบอัตโนมัติ เมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่ไปแตะกับสวิตช์จำกัดระยะ ทำให้หน้าสัมผัสแยกออกจากกันดังแสดงในรูปที่ 2.19 วงจรจะไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าไปที่มอเตอร์ขับเคลื่อน [13]



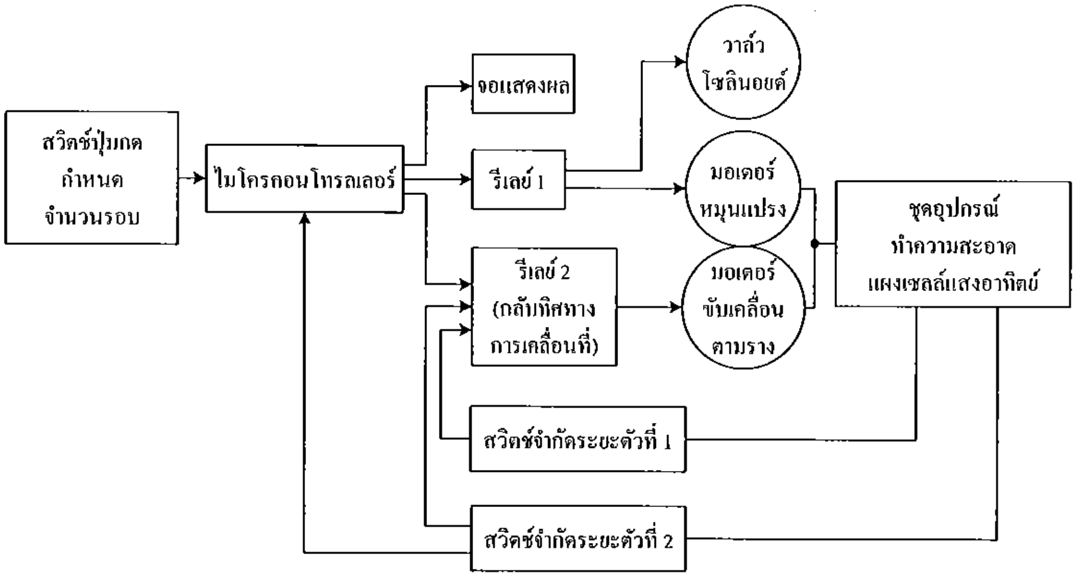
รูปที่ 2.19 กลไกลการทำงานภายในของสวิตช์จำกัดระยะ [13]

บทที่ 3
การออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์ทำความสะอาด

ในบทนี้จะอธิบายถึงการควบคุมการทำงานของชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การออกแบบโครงสร้างของชุดอุปกรณ์ และอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงสร้าง

3.1 ขั้นตอนการทำงานของชุดอุปกรณ์ทำความสะอาด

การทำงานของชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีหลักการทำงานแสดงได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพการทำงานของชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การทำงานของชุดอุปกรณ์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การควบคุมการทำงานของรีเลย์เพื่อสั่งการให้ชุดอุปกรณ์ทำงานหรือหยุดทำงานและการควบคุมการกลับทิศทางการเคลื่อนที่โดยใช้สวิตช์จำกัดระยะ

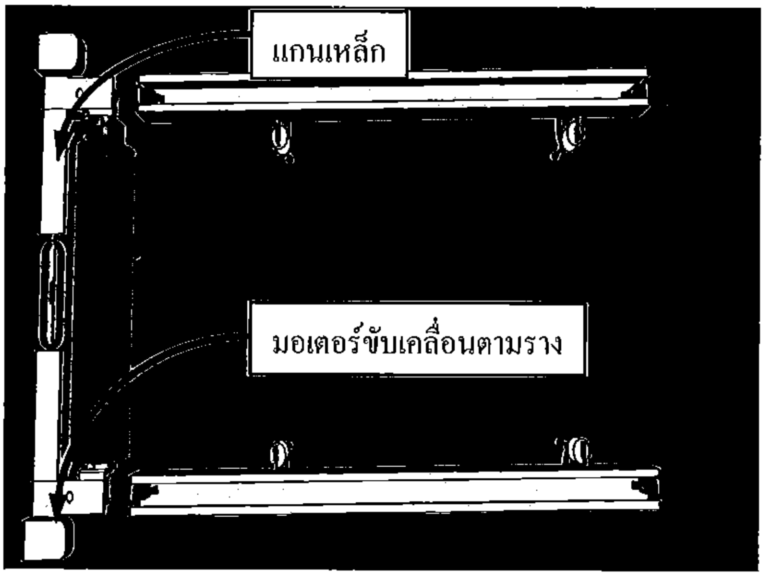
ในส่วนของการควบคุมการทำงานของรีเลย์นั้น เมื่อป้อนจำนวนรอบการทำความสะอาดโดยใช้สวิตช์ปุ่มกดเข้าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ โปรแกรมสั่งการให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ 1 และรีเลย์ 2 ปิดลง ส่งผลให้มอเตอร์หมุนแปรงทำความสะอาด มอเตอร์ขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ และวาล์วโซลินอยด์ทำงานไปพร้อมกัน และแสดงการนับจำนวนรอบการทำความสะอาดที่ชุดอุปกรณ์ได้ทำเสร็จสิ้นไปแล้วบนหน้าจอแอลซีดี เมื่อชุดอุปกรณ์ทำงานครบตามจำนวนรอบที่ได้ตั้งค่าไว้

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ทั้ง 2 ตัวเปิดออก ส่งผลให้ชุดอุปกรณ์หยุดทำงาน

ในการกลับทิศทางการเคลื่อนที่นั้น เมื่อชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่ไปชนสวิตช์จำกัดระยะที่ติดตั้งอยู่ที่ส่วนต้นหรือส่วนปลายของราง โดยสวิตช์จำกัดระยะตัวที่ 1 (ซึ่งติดตั้งที่ส่วนปลายของราง) มีหน้าที่ในการสลับขั้วของไฟที่จ่ายให้กับขดลวดอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ขับเคลื่อนการเคลื่อนที่เพียงอย่างเดียว ในขณะที่สวิตช์จำกัดระยะ 2 (ซึ่งติดตั้งที่ส่วนต้นของราง) นอกจากมีหน้าที่ในการสลับขั้วของไฟที่จ่ายให้กับขดลวดอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ แล้วยังส่งสัญญาณไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนับจำนวนรอบการทำความสะอาด

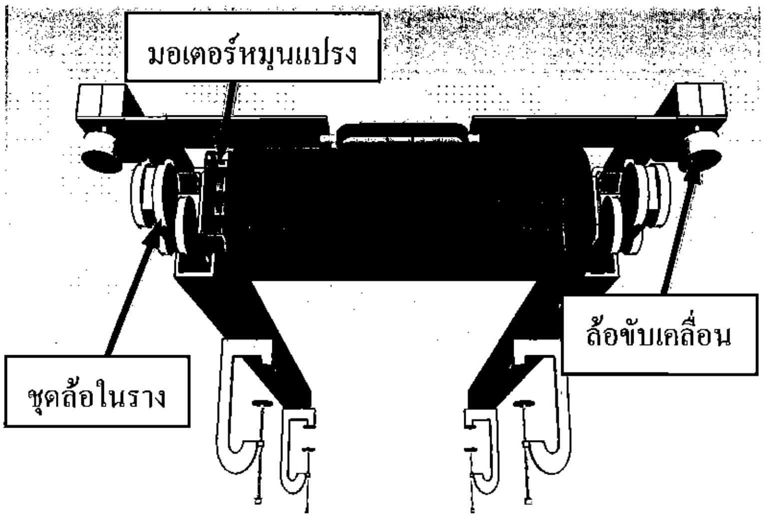
3.2 การออกแบบโครงสร้างของชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การออกแบบโครงสร้างของแกนเหล็กและมอเตอร์ขับเคลื่อนตามรางแสดงได้ดังรูปที่ 3.2 การออกแบบรางตัวซีและตัวจับยึดชุดอุปกรณ์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แสดงได้ดังรูปที่ 3.3 การออกแบบโครงสร้างในส่วนของมอเตอร์หมุนแปรง ล้อขับเคลื่อนระบบและชุดล้อในรางแสดงได้ดังรูปที่ 3.4 การออกแบบและติดตั้งท่อน้ำ โดยท่อน้ำมีการเจาะรูด้านล่างตลอดตามความยาวของแปรงทำความสะอาด แสดงได้ในรูปที่ 3.5

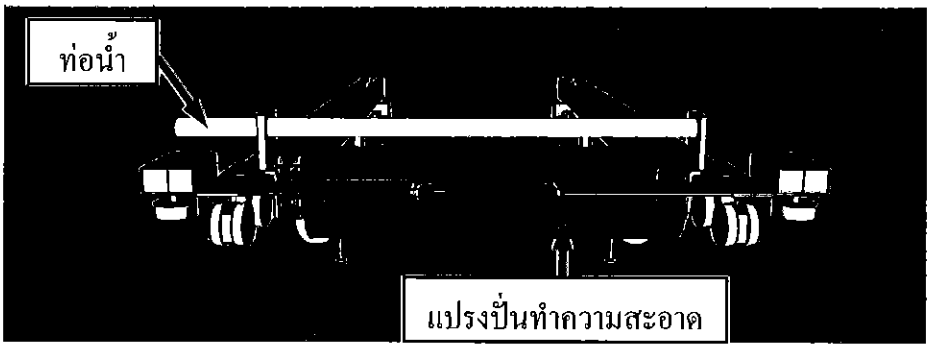


รูปที่ 3.2 โครงสร้างของแกนเหล็กและมอเตอร์ขับเคลื่อนตามราง

รูปที่ 3.3 รางตัวซีและตัวจับยึดชุดอุปกรณ์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 3.4 การติดตั้งของมอเตอร์หมุนแปรง ล้อขับเคลื่อนระบบและชุดล้อในราง

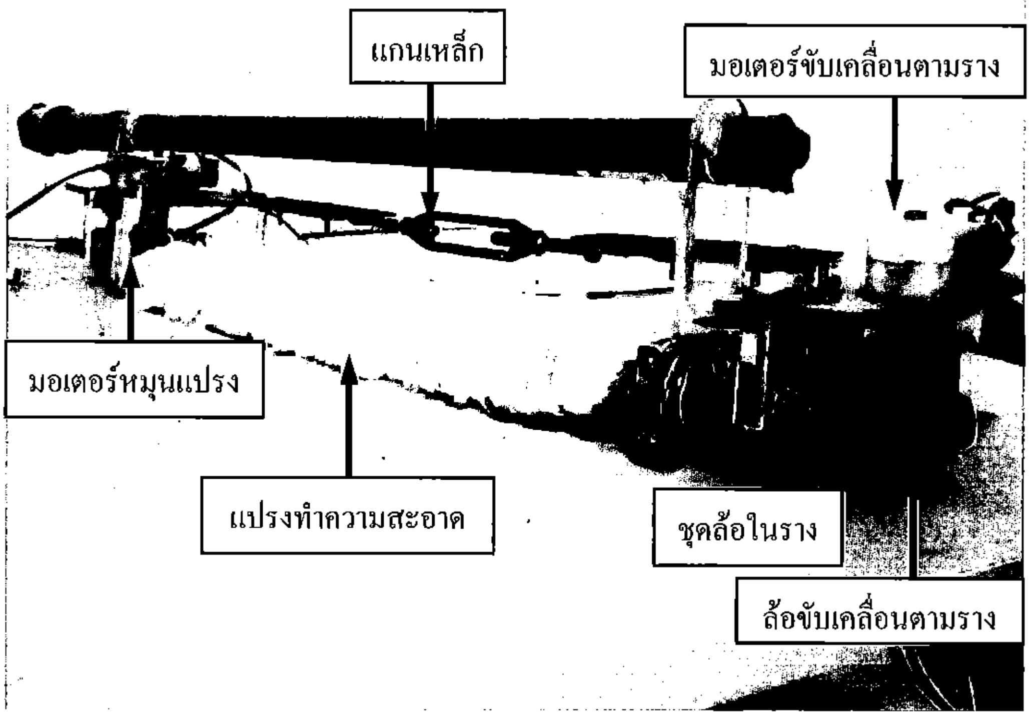


รูปที่ 3.5 การติดตั้งท่อน้ำและแปรงปั่นทำความสะอาด

3.3 ส่วนประกอบชุดทำความสะอาด

โครงสร้างของชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นได้ถูกออกแบบให้มีความยืดหยุ่นเพื่อสามารถใช้งานกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้หลายขนาดและมีความสะดวกในการติดตั้งอุปกรณ์ โดยอุปกรณ์ด้วย 3 ส่วนหลักคือ อุปกรณ์ในส่วนทำความสะอาด อุปกรณ์ที่เป็นเส้นทางในการเคลื่อนที่ และอุปกรณ์ในส่วนควบคุมการปล่อยน้ำ

ส่วนแรกของชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดมีส่วนประกอบดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 อุปกรณ์ในส่วนทำความสะอาด

1) มอเตอร์หมุนแปรงทำความสะอาด เป็นมอเตอร์กระแสตรงขนาด 12 V มีหน้าที่หมุนแปรงเพื่อทำความสะอาดหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2) มอเตอร์ขับเคลื่อนตามราง เป็นมอเตอร์กระแสตรงขนาด 12 V มีหน้าที่ขับเคลื่อนชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เคลื่อนที่ไปตามราง

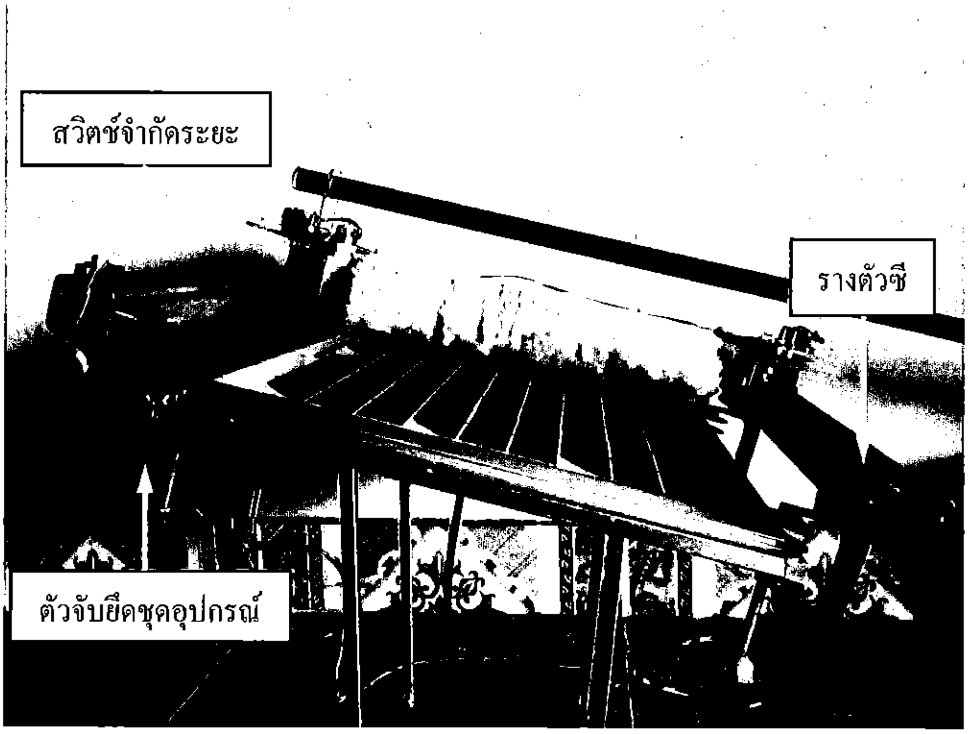
3) ชุดลูกล้อในรางตัวซี มีหน้าที่ในการช่วยให้การเคลื่อนที่ของชุดอุปกรณ์มีเสถียรภาพและทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น เนื่องจากชุดล้อในรางตัวซีถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับรางตัวซีโดยเฉพาะ ซึ่งภายในรางซีแต่ละรางประกอบด้วยชุดล้อในรางตัวซี 1 ชุด

4) ลูกล้อขับเคลื่อนระบบ เป็นล้อขนาดเล็ก ติดตั้งชิดกับขอบภายนอกของรางตัวซีในแต่ละราง มีหน้าที่ในการขับเคลื่อนชุดอุปกรณ์ให้เคลื่อนที่ไปตามแนวขนานของรางตัวซี ซึ่งล้อขับเคลื่อนของชุดอุปกรณ์

5) แกนเหล็ก ประกอบด้วยแผ่นโลหะ 2 แผ่น นำมาเชื่อมต่อกันด้วยเกลียวเร่ง แล้วนำไปยึดกับชุดล้อในรางตัวซีของทั้ง 2 ฝั่ง เพื่อให้การขับเคลื่อนของชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้อย่างสมดุล และยังสามารถปรับเปลี่ยนความยาวได้เพื่อรองรับขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เปลี่ยนแปลงไป

6) แปรงทำความสะอาด เป็นการประยุกต์มาจากขนของแปรงทาสีขนาดเล็ก ซึ่งมีหน้าที่ปัดสิ่งสกปรกที่อยู่บนหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และมีทิศทางการหมุนตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของชุดอุปกรณ์

ส่วนที่ 2 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เป็นเส้นทางในการเคลื่อนที่และใช้สำหรับจับยึดชุดอุปกรณ์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีส่วนประกอบดังรูปที่ 3.7



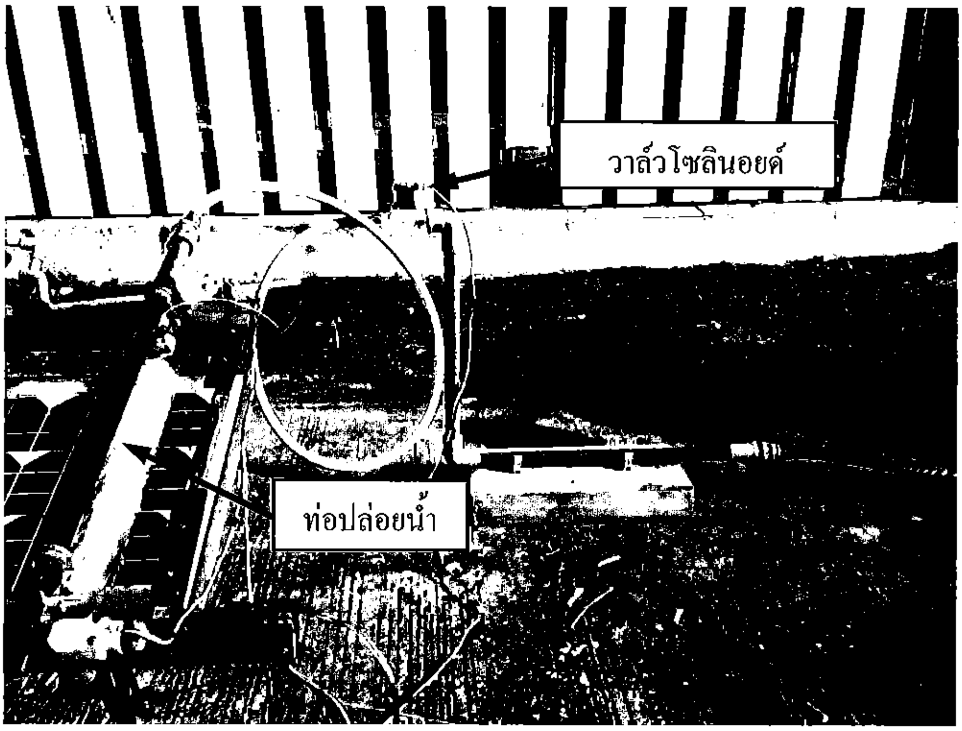
รูปที่ 3.7 อุปกรณ์ที่เป็นเส้นทางในการเคลื่อนที่

1) รางตัวซี เป็นรางตัวซีโลหะสำเร็จรูปจำนวน 2 ราง ใช้กำหนดเส้นทางในการเคลื่อนที่ของชุดอุปกรณ์ ซึ่งสามารถรองรับล้อที่จะเคลื่อนที่ภายในรางได้พอดี

2) ตัวจับยึดชุดอุปกรณ์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำมาจากโลหะตัดเป็นรูปตัวซีเชื่อมติดกับหัวน็อต และมีสกรูซึ่งใช้ในการปรับตำแหน่งเพื่อทำให้ชุดอุปกรณ์ มีหน้าที่จับยึดระหว่างชุดอุปกรณ์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3) สวิตช์จำกัดระยะ มีหน้าที่กลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ขับเคลื่อนตามรางและยังส่งสัญญาณให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนับจำนวนรอบการทำความสะอาด

ในส่วนที่ 3 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมและเส้นทางที่ใช้ในการปล่อยน้ำเพื่อใช้ชำระล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ระบบกำลังทำงานอยู่แสดงได้ดังรูปที่ 3.8



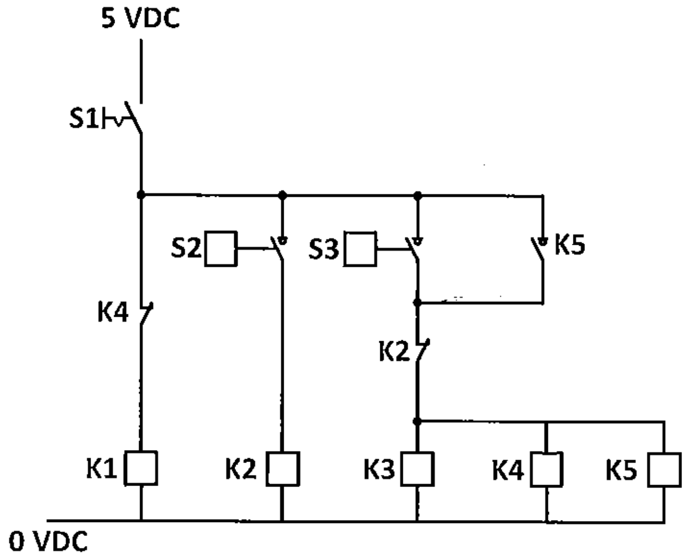
รูปที่ 3.8 อุปกรณ์ที่เป็นส่วนการควบคุมการปล่อยน้ำ

1) วาล์วโซลินอยด์ มีหน้าที่กำหนดการเปิดปิดน้ำเพื่อช่วยในการชำระล้างหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งการทำงานของวาล์วโซลินอยด์นั้นจะขึ้นอยู่กับการทำงานของชุดอุปกรณ์

1) ท่อปล่อยน้ำ เป็นการนำท่อพีวีซีมาเจาะรูตลอดความยาวของแปรง มีหน้าที่ปล่อยน้ำลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อวาล์วโซลินอยด์ทำงาน

3.4 การออกแบบการกลับทิศการเคลื่อนที่ของชุดอุปกรณ์

ในการทำงานของชุดอุปกรณ์มีการกลับทิศการเคลื่อนที่เมื่อชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่ชนสวิตช์จำกัดระยะ จึงต้องมีการออกแบบวงจรการทำงานโดยใช้รีเลย์เป็นตัวควบคุมแสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แผนภาพวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของชุดอุปกรณ์

จากรูปที่ 3.9 เมื่อกดสวิตช์ S1 จะมีไฟ 5 VDC เข้ามาที่รีเลย์ K1 ทำให้ชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่ไปทางซ้าย เมื่อเคลื่อนที่มาชนสวิตช์จำกัดระยะ S3 จะทำให้หน้าสัมผัส S3 เปลี่ยนสถานะ ส่งผลให้ขดลวดของรีเลย์ K3 K4 และK5 ทำงาน โดย K3 ทำหน้าที่กลับทิศการเคลื่อนที่ของชุดอุปกรณ์ ขณะเดียวกัน หน้าสัมผัสของ K4 ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ K1 ทำงาน และหน้าสัมผัสของ K5 ทำหน้าที่ช่วยให้ K3 ทำงานต่อเนื่อง

เมื่อชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่มาชนสวิตช์จำกัดระยะ S2 จะทำให้หน้าสัมผัส S2 ส่งผลให้มีไฟเข้ามาที่ขดลวด K2 หน้าสัมผัสของ K2 จะตัดวงจรการทำงานของขดลวด K3 K4 และK5 ทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ทั้ง 3 ตัว กลับสู่สภาวะปกติ ทำให้ขดลวด K1 กลับมาทำงานอีกครั้ง

3.5 อุปกรณ์ควบคุมการทำงานและหน้าจอแสดงผล

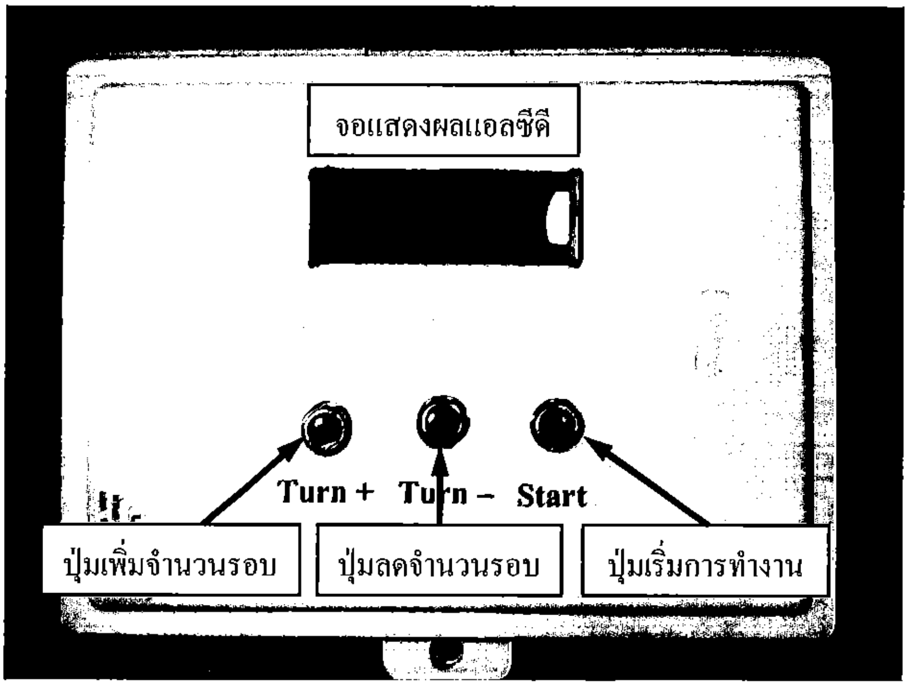
ในส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานและจอแอลซีดีสำหรับแสดงการตั้งค่าแสดงสถานะการทำงาน ถูกติดตั้งอยู่ในกล่องควบคุมด้านหน้าของกล่องควบคุมเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เป็นกำหนดจำนวนรอบการทำความสะอาดและจอแอลซีดีดังรูปที่ 3.10

1) ปุ่มเพิ่มจำนวนรอบ ใช้กดเพิ่มตัวเลขจำนวนรอบการทำความสะอาดที่ต้องการในช่วงการตั้งค่าก่อนเริ่มการทำงานของชุดอุปกรณ์

2) ปุ่มลดจำนวนรอบ ใช้กดลดตัวเลขจำนวนรอบการทำความสะอาดที่ต้องการในช่วงการตั้งค่าก่อนเริ่มการทำงานของชุดอุปกรณ์

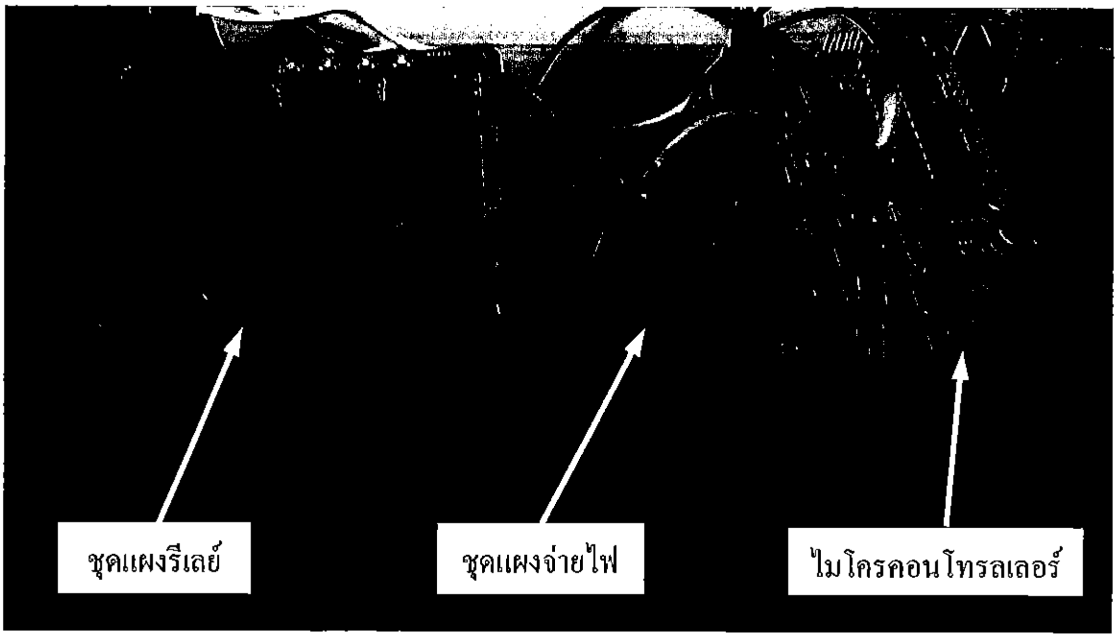
3) ปุ่มเริ่มการทำงาน ใช้เริ่มการทำงานของชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดหลังจากที่ได้ตั้งค่าจำนวนรอบการทำความสะอาดที่ต้องการ

4) หน้าจอแสดงผล ใช้แสดงค่าตัวเลขจำนวนรอบการทำความสะอาดทั้งในช่วงตั้งค่า (ก่อนเริ่มการทำงาน) และขณะทำงาน ซึ่งแสดงสถานะออกมาเป็น 2 ส่วน คือ จำนวนรอบการทำความสะอาดที่ได้ตั้งค่าไว้และจำนวนรอบที่ได้ทำความสะอาดไปแล้ว



รูปที่ 3.10 หน้าจอแสดงผลและปุ่มควบคุมการทำงาน

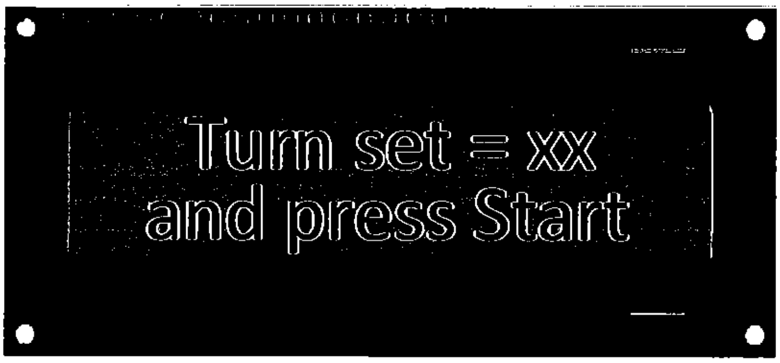
ภายในกล่องควบคุมแสดงในรูปที่ 3.11 ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น UNO แผงรีเลย์ซึ่งรับคำสั่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการตัดต่อวงจรสำหรับกลับทิศทางการเคลื่อนที่ของชุดอุปกรณ์ และมีวงจรจ่ายไฟซึ่งรับแรงดันกระแสตรง 12 V จากอะแดปเตอร์มาจ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ มอเตอร์ วาล์วโซลินอยด์



รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในกล่องควบคุม

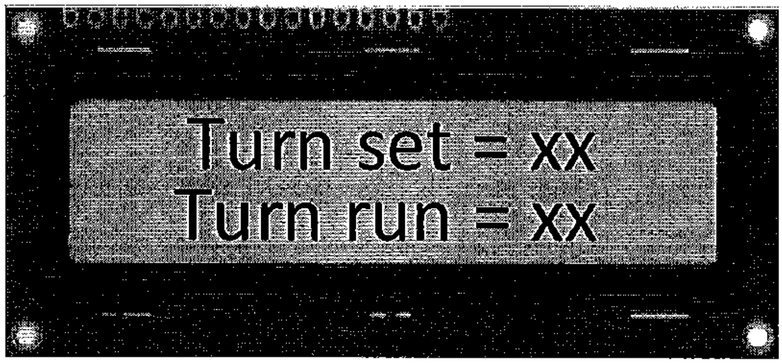
3.6 การใช้งานชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ผู้ใช้สามารถกำหนดจำนวนรอบการทำความสะอาดที่ต้องการโดยทำการกดปุ่มเพิ่มหรือลดจำนวนรอบ หน้าจอแอลซีดีปรากฏคำว่า Turn set ดังรูปที่ 3.12 ซึ่งหมายถึงการแสดงจำนวนรอบการทำความสะอาดที่ได้ตั้งค่าไว้ โดยหากต้องการเพิ่มจำนวนรอบการทำความสะอาดให้กดปุ่มเพิ่มจำนวนรอบ และหากต้องการลดจำนวนรอบการทำความสะอาดให้กดปุ่มลดจำนวนรอบ โดยเงื่อนไขของการเพิ่มลดจำนวนรอบการทำความสะอาดคือ สามารถทำการเพิ่มหรือลดจำนวนรอบในกรณีที่ชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดยังไม่ได้เริ่มทำงานหรือเมื่อครบจำนวนรอบการทำความสะอาดในครั้งก่อนหน้าแล้วเท่านั้น



รูปที่ 3.12 รูปแบบการแสดงผลของหน้าจอขณะตั้งค่าจำนวนรอบการทำความสะอาด

หลังจากตั้งค่าจำนวนรอบการทำความสะอาดและกดปุ่มเริ่มการทำงานแล้ว สถานะของการนับจำนวนรอบจะถูกแสดงด้วยคำว่า Turn run ซึ่งปรากฏในบรรทัดที่ 2 ของจอแอลซีดี ดังรูปที่ 3.13 โดยเมื่อชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดทำงานครบในแต่ละรอบ เลขสถานะของการทำงานจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนรอบที่ได้ทำความสะอาดไปแล้ว



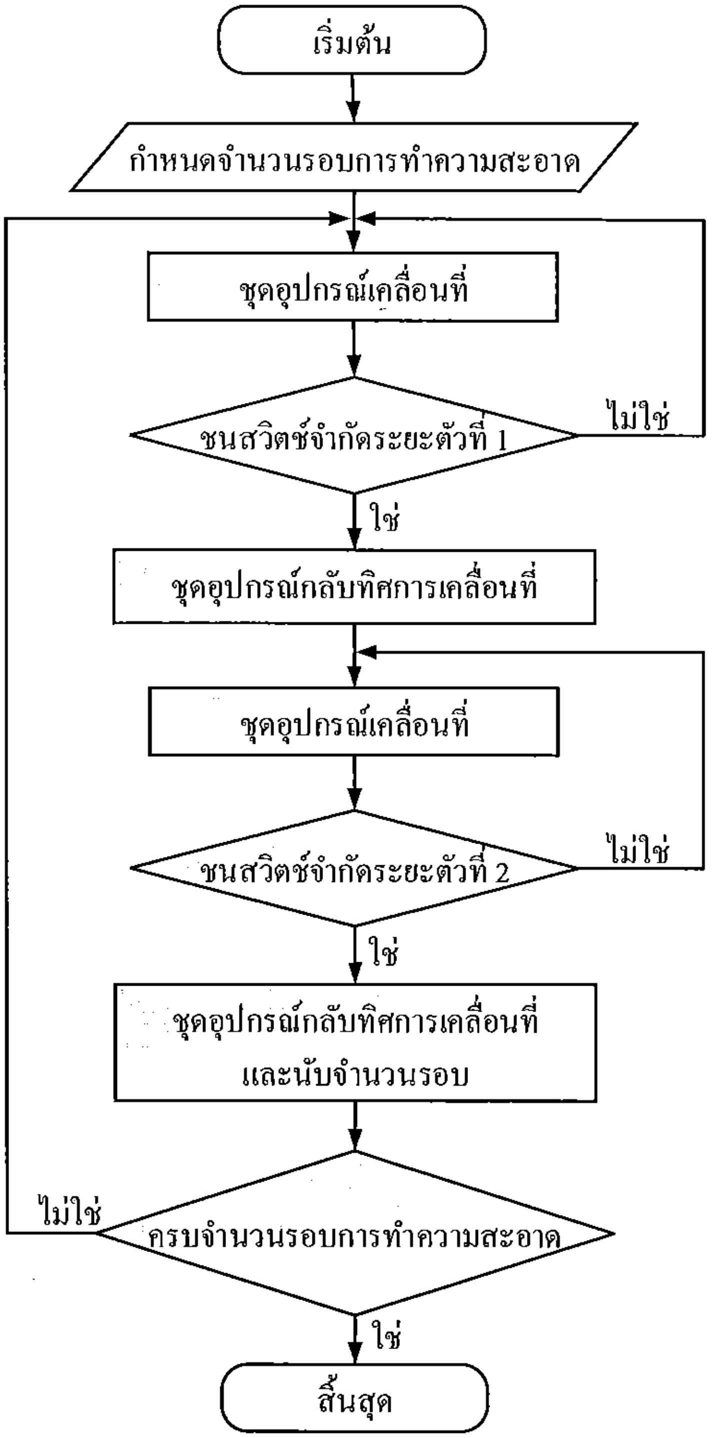
รูปที่ 3.13 รูปแบบการแสดงผลของหน้าจอเมื่อเริ่มต้นการทำงาน

เมื่อชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดได้ทำงานครบตามจำนวนรอบที่ได้มีการตั้งค่าไว้ หน้าจอแอลซีดีจะแสดงสัญลักษณ์ FINISH ดังรูปที่ 3.14 นั่นคือระบบหยุดการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลังจากนั้นหากต้องการให้มีการทำความสะอาดอีกครั้ง สามารถทำได้โดยการกดปุ่มเพิ่มจำนวนรอบ

รูปที่ 3.14 รูปแบบการแสดงผลของหน้าจอเมื่อระบบหยุดการทำงาน

3.6.1 การออกแบบขั้นตอนการทำงานของชุดทำความสะอาด

ในการออกแบบขั้นตอนการทำงานของชุดอุปกรณ์นั้น เป็นการออกแบบการควบคุมการทำงานตั้งแต่การเริ่มเดินเครื่อง การตั้งค่าและการหยุดการทำงาน ซึ่งแสดงในรูปที่ 3.15

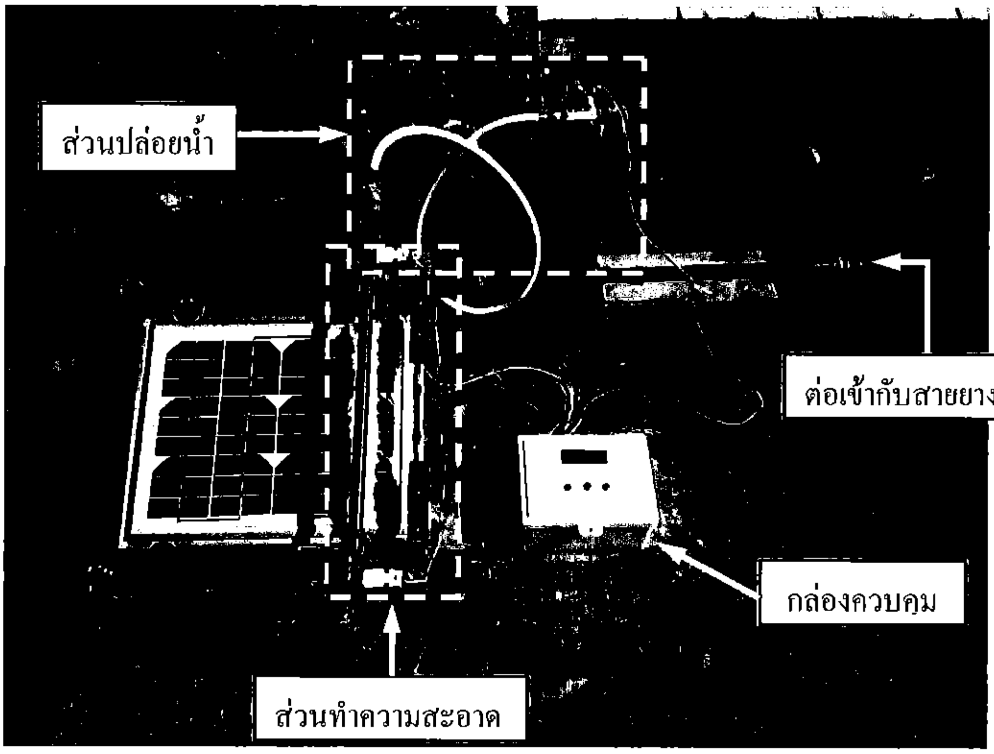


รูปที่ 3.15 ขั้นตอนการทำงานของชุดทำความสะอาด

เมื่อมีการจ่ายไฟเข้าให้กับชุดอุปกรณ์ ผู้ใช้ทำการตั้งค่าจำนวนรอบการทำความสะอาดที่ต้องการ แล้วกดสวิตช์ให้ชุดอุปกรณ์เริ่มทำความสะอาดโดยเคลื่อนที่ไปตามราง เมื่ออุปกรณ์ในส่วนทำความสะอาด (แปรงและท่อน้ำ) เคลื่อนที่ไปถึงปลายรางและชนสวิตช์จำกัดระยะตัวที่ 1 อุปกรณ์ในส่วนทำความสะอาดกลับทิศทางการเคลื่อนที่ จนกระทั่งอุปกรณ์ในส่วนทำความสะอาดเคลื่อนที่กลับมาชนสวิตช์จำกัดระยะตัวที่ 2 จึงถือว่าครบ 1 รอบการทำความสะอาดและอุปกรณ์ในส่วนทำความสะอาดกลับทิศทางการเคลื่อนที่อีกครั้ง เมื่อทำงานครบตามจำนวนรอบที่ตั้งไว้แล้ว ชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดจะหยุดการทำงานโดยอัตโนมัติ

3.6.2 การประกอบชุดอุปกรณ์ทำความสะอาด

หลังจากออกแบบและสร้างแต่ละส่วนของชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดขึ้นมาเรียบร้อยแล้ว จึงได้ประกอบแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน แสดงได้ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 การเชื่อมต่อชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

บทที่ 4
ผลการทดสอบ

หลังจากประกอบชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแล้วจึงได้ทำการทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์ซึ่งประกอบไปด้วย การทดสอบความเร็วของอุปกรณ์ในส่วนทำความสะอาด การทดสอบการทำงานของรีเลย์ขณะอุปกรณ์ในส่วนทำความสะอาดกลับทิศทางการเคลื่อนที่ และการทดสอบหาจำนวนรอบการทำความสะอาด

4.1 การทดสอบหาความเร็วของอุปกรณ์ในส่วนทำความสะอาด

เนื่องจากระดับความเร็วในการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ในส่วนทำความสะอาดมีผลต่อการกำจัดสิ่งสกปรกที่อยู่บนหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในที่นี้ได้ทำการจับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ โดยทำการทดสอบ 4 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย พบว่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทำความสะอาด 1 รอบ มีค่าประมาณ 6 s นั่นคืออุปกรณ์ในส่วนทำความสะอาดเคลื่อนที่ตามรางด้วยความเร็วเฉลี่ยได้ 11 cm/s

4.2 การทดสอบการทำงานของรีเลย์

เมื่ออุปกรณ์ในส่วนทำความสะอาดเคลื่อนที่มาชนกับสวิตช์จำกัดระยะ ส่งผลให้รีเลย์แต่ละตัวมีการเปลี่ยนสถานะของการทำงานเพื่อทำให้อุปกรณ์ในส่วนทำความสะอาดนั้นกลับทิศทางการเคลื่อนที่ ซึ่งหน้าที่ของรีเลย์แต่ละตัวอธิบายไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 หน้าที่ของรีเลย์แต่ละตัวในชุดอุปกรณ์ทำความสะอาด

รีเลย์ (ตัวที่)	หน้าที่การทำงาน
1	รับไฟจากไมโครคอนโทรลเลอร์
2	ควบคุมมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปทางซ้ายและหมุนแปรงทำความสะอาด
3	ป้องกันไม่ให้ชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่ไปทางขวา
4	ควบคุมมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปทางขวาและหมุนแปรงทำความสะอาด
5	ป้องกันไม่ให้ชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่ไปทางซ้าย
6	เป็นหน้าสัมผัสช่วยให้รีเลย์ตัวที่ 4 ทำงานต่อเนื่อง
7	เปิดและปิดวาล์วโซลินอยด์
8	ส่งสัญญาณไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนับจำนวนรอบ

ในการทดสอบการทำงานของรีเลย์แต่ละตัว เมื่ออุปกรณ์ในส่วนทำความสะอาดเคลื่อนที่ชนสวิตช์จำกัดระยะที่ติดตั้งอยู่บริเวณส่วนต้นและส่วนปลายของราง โดยสวิตช์จำกัดระยะที่ส่วนปลายของราง ทำหน้าที่กลับทิศทางการเคลื่อนที่ของชุดอุปกรณ์ และสวิตช์จำกัดระยะที่ส่วนต้นของราง ทำหน้าที่กลับทิศทางการเคลื่อนที่ พร้อมทั้งส่งสัญญาณให้รีเลย์ตัวที่ 8 เพื่อนับจำนวนรอบ แสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการทำงานของรีเลย์

สวิตช์จำกัดระยะ	หน้าสัมผัสของรีเลย์							
	ตัวที่ 1	ตัวที่ 2	ตัวที่ 3	ตัวที่ 4	ตัวที่ 5	ตัวที่ 6	ตัวที่ 7	ตัวที่ 8
ปลายราง	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗
ต้นราง	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓

หมายเหตุ: เครื่องหมาย ✓ หมายถึง หน้าสัมผัสต่อวงจร และ ✗ หมายถึง หน้าสัมผัสเปิดวงจร

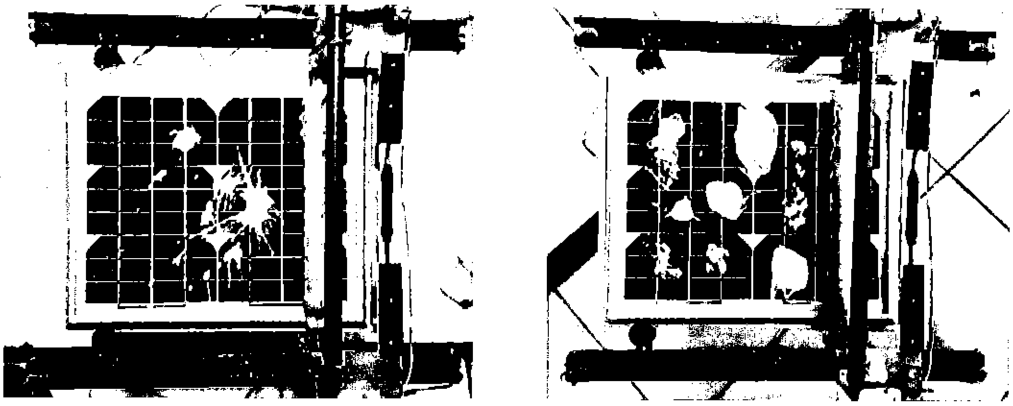
4.3 การทดสอบหาจำนวนรอบการทำความสะอาด

ในส่วนนี้เป็นการทดสอบการทำความสะอาดของชุดอุปกรณ์ โดยจำลองสิ่งสกปรกที่เป็นสาเหตุหลักของความสกปรกบนหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ คราบฝุ่น และใช้ดินสอพองละลายน้ำเล็กน้อยแล้วปล่อยให้แห้ง การเกาะติดกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีลักษณะใกล้เคียงมูลนก โดยมีการแบ่งระดับของความสกปรกและทำการนับจำนวนรอบที่ใช้ทำความสะอาดจนสามารถกำจัดสิ่งสกปรกดังกล่าวออกได้หมด โดยระดับความสกปรกน้อยและมากของคราบฝุ่นแสดงดังรูปที่ 4.1

ก) ระดับความสกปรกน้อย ข) ระดับความสกปรกมาก

รูปที่ 4.1 การจำลองความสกปรกบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยคราบฝุ่น

ในขณะที่ระดับความสกปรกน้อยและมากของคราบดินสอพองแสดงดังรูปที่ 4.2



ก) ระดับความสกปรกน้อย ข) ระดับความสกปรกมาก

รูปที่ 4.2 การจำลองความสกปรกบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยคราบดินสอพอง

ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.3 โดยจะเห็นว่าชุดอุปกรณ์สามารถทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ตามที่ต้องการ โดยในกรณีคราบดินสอพองต้องใช้จำนวนรอบมากกว่าในการทำความสะอาดเมื่อเทียบกับคราบฝุ่น เนื่องจากเกาะติดกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์มากกว่า

ตารางที่ 4.3 การทดสอบหาจำนวนรอบการทำความสะอาด

ชนิดสิ่งสกปรก	ระดับความสกปรก	จำนวนรอบการทำความสะอาด
คราบฝุ่น	น้อย	1
	มาก	4
คราบดินสอพอง (ใช้แทนมูลนก)	น้อย	4
	มาก	7

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินโครงงาน สามารถสรุปผล ชี้แจงปัญหาในการดำเนินงาน รวมทั้งเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหา และให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไปดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ในโครงงานนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่ออำนวยความสะดวกและแบ่งเบาภาระหน้าที่ในการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในระบบขนาดกลาง โดยมีการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานของชุดอุปกรณ์ ซึ่งในการทำความสะอาดนั้น อุปกรณ์ในส่วนทำความสะอาดจะเคลื่อนที่ไปตามแนวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยหมุนแปรงควบคู่ไปกับการปล่อยน้ำเพื่อทำความสะอาดหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยสามารถปรับตั้งจำนวนรอบการทำความสะอาดที่ต้องการได้

จากการทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแบบจำลองที่สร้างขึ้นพบว่า อุปกรณ์ในส่วนทำความสะอาดเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ยประมาณ 11 cm/s และในการทดสอบการทำความสะอาดของชุดอุปกรณ์โดยมีการจำลองสิ่งสกปรกออกเป็น 2 ชนิด คือ คราบฝุ่นพบว่า ในระดับความสกปรกน้อยและมาก จะใช้การทำความสะอาดจำนวน 2 และ 4 รอบ ตามลำดับ ในส่วนของความสกปรกชนิดที่ 2 คือ คราบดินสอพองซึ่งใช้แทนความสกปรกประเภทมูลนกพบว่า ในระดับความสกปรกน้อยและมาก จะใช้การทำความสะอาดจำนวน 4 และ 7 รอบ ตามลำดับ โดยผลการทดสอบดังกล่าวนั้น แสดงให้เห็นว่าชุดอุปกรณ์สามารถทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

1) ในขณะที่ชุดอุปกรณ์กำลังทำงาน บางครั้งอาจเกิดปัญหาขึ้นกับการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ในส่วนทำความสะอาดนั่นคือ ล้อขับเคลื่อนตามรางของทั้ง 2 ฝั่งเคลื่อนที่ไม่พร้อมกันจึงเกิดการติดขัด ซึ่งการแก้ปัญหาในกรณีนี้ คือการจัดวางรางตัวซีให้ขนานกันเพื่อลดการติดขัดของล้อขับเคลื่อน

2) โครงสร้างของแบบจำลองชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดมีน้ำหนักที่มากเกินไปเมื่อเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เนื่องจากวัสดุที่นำมาใช้เป็นโลหะ โดยการแก้ไขปัญหาคือใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบากว่า เช่น อะลูมิเนียม

3) ในการติดตั้งใช้งาน โครงสร้างเหมาะสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้ทดสอบเท่านั้น แต่ในกรณีที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีจำนวนมากขึ้น ต้องมีการทำโครงสร้างส่วนของรางเพิ่มขึ้น เพื่อให้มีความยาวเท่ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

1) ในการทำงาน สามารถเพิ่มความสามารถในการทำความสะอาดได้ โดยมีการติดตั้งในส่วนของการรีดน้ำเมื่อการทำความสะอาดด้วยแปรงเสร็จสิ้น

2) การออกแบบให้สามารถประยุกต์ใช้งานในการทำความสะอาดกับอุปกรณ์อื่นได้ เช่น กระจก

3) ในการนำไปใช้งานจริง โครงสร้างควรมีน้ำหนักเบาและมีความแข็งแรง และไม่เป็นสนิม เช่น อะลูมิเนียม

4) ชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดสามารถใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ที่ได้รับการอัดประจุจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยตรงเพื่อเลี่ยงการใช้พลังงานไฟฟ้าจากภายนอกระบบ

เอกสารอ้างอิง

[1] Arduino UnoBoard "Overview arduinouno R3", สืบค้นเมื่อ ตุลาคม 2557 จาก http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno.

[2] บริษัท วีนัสซัพพลาย จากัด, "การใช้งาน Character LCD Display กับ Arduino", สืบค้นเมื่อ ตุลาคม 2557 จาก http://thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article

[3] http://www.thaieasyelec.com/, สืบค้นเมื่อ ตุลาคม 2557

[4] Smart Learning, "หลักการทางานของรีเลย์ (Relay)", สืบค้นเมื่อตุลาคม 2557 จาก http://www.smartlearningweb.com/knowledge/relay/relay.htm

[5] บ้านอิเล็กทรอนิกส์, "อุปกรณ์ ตอน รีเลย์", สืบค้นเมื่อตุลาคม 2557 จาก http://www.semi-shop.com/knowledge/knowledge_detail.php?sk_id=28

[6] ไชชาญ หินเกิด "เครื่องกลไฟฟ้า 1", บริษัทประชาชน, กรุงเทพฯ, 2537.

[7] รศ.ประภาษ อุคคกิมาพันธุ์ "บรรยายพิเศษ เรื่อง เซนเซอร์ในระบบอัตโนมัติ"

[8] http://www.ps-thai.org, สืบค้นเมื่อ กันยายน 2557.

[9] ซ่อมมอเตอร์.com/การทำงานของมอเตอร์, สืบค้นเมื่อ กันยายน 2557.

[10] Muhammad H. Rashid "Power Electronics Circuits, Devices and Applications", Pearson Education, Inc., Third Edition, 2004.

[11] http://www.lpc.rmutl.ac.th/elcen/elearning/motorcontrol/module2/symbole.html, สืบค้นเมื่อ กันยายน 2557

[12] http://fonengineering.com/our-products/19-limit-switch.html, สืบค้นเมื่อ กันยายน 2557

[13] http://epautomation.blogspot.com/2011/11/blog-post.html, สืบค้นเมื่อ กันยายน 2557

ภาคผนวก ก
รหัสต้นฉบับของโปรแกรมควบคุมชุดอุปกรณ์ทำความสะอาด

```
#include <LiquidCrystal.h> //การเรียกใช้งานจอแสดงผลแอลซีดี
LiquidCrystal lcd(12, 11, 7, 6, 5, 4); //กำหนดขาใช้งานจอแสดงผลแอลซีดี
int input_sw=0; //กำหนดตัวแปรการแสดงค่าขึ้นหน้าจอแอลซีดี
int start1=2; //กำหนดตัวแปรการเริ่มทำงาน1
int start2=3; //กำหนดตัวแปรการเริ่มทำงาน2
int enter=10; //กำหนดตัวแปรการกดสวิตช์การเริ่มทำงาน
int up=8; //กำหนดตัวแปรการกดสวิตช์ปรับตั้งค่าเพิ่มจำนวนรอบการทำงาน
int down=9; //กำหนดตัวแปรการกดสวิตช์ปรับตั้งค่าลดจำนวนรอบการทำงาน
int count=0; //กำหนดตัวแปรการจำค่าจำนวนการกด
int input_limitSW=13; //กำหนดตัวแปลการกดสวิตช์การนับจำนวนรอบการทำงาน
void setup()
{
 lcd.begin(16, 2);
 lcd.clear();//ล้างหน้าจอแอลซีดีและตำแหน่งเคอร์เซอร์
 Serial.begin(9600);
pinMode(start1,OUTPUT); //กำหนดให้ตัวแปร start1 เป็นเอาท์พุต
pinMode(start2,OUTPUT); //กำหนดให้ตัวแปร start2 เป็นเอาท์พุต
pinMode(enter,INPUT); //กำหนดให้ตัวแปร enter เป็นอินพุต
pinMode(up,INPUT); //กำหนดให้ตัวแปร up เป็นอินพุต
pinMode(down,INPUT); //กำหนดให้ตัวแปร down เป็นอินพุต
}
void loop()
{   digitalWrite(start1,HIGH);
   digitalWrite(start2,HIGH);
 if(digitalRead(up)==HIGH) //เงื่อนไขการปรับตั้งค่าเพิ่มจำนวนรอบการทำงาน
 {
   input_sw++;
   Serial.print("Turn set = ");
   Serial.println(input_sw);
   Serial.println("and prees Start");
   lcd.setCursor(2, 0);
   lcd.print("Turn set = ");
```

```
  lcd.print(input_sw);
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("and prees Start");
  delay(500);
 }
 if(digitalRead(down)==HIGH) //เงื่อนไขการปรับตั้งค่าลดจำนวนรอบการทำงาน
 {
  input_sw--;
  Serial.print("Turn set = ");
  Serial.println(input_sw);
  Serial.println("and prees Start");
  lcd.setCursor(2, 0);
  lcd.print("Turn set = ");
  lcd.print(input_sw);
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("and prees Start");
  delay(500);
 }
 if(digitalRead(enter)==HIGH) //เงื่อนไขการปรับตั้งค่าเพิ่มจำนวนรอบการทำงาน
 {
  Serial.print("Turn run = 0");
  Serial.println(input_sw);
  lcd.setCursor(2, 1);
  lcd.print("Turn run = 0");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("  ");
  lcd.setCursor(14, 1);
  lcd.print("  ");
  delay(500);
  digitalWrite(start1,LOW);
  digitalWrite(start2,LOW);
  while(count< input_sw)
```

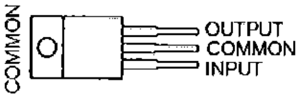
```
{
 if(digitalRead(input_limitSW)==HIGH) //เงื่อนไขการกดสวิตช์เริ่มทำงาน
 {
  Serial.print("Turn run = ");
  Serial.println(count+1);
  lcd.setCursor(2, 1);
  lcd.print("Turn run = ");
  lcd.print(count+1); //แสดงค่าการนับจำนวนรอบ
  count++;
  delay(500);
 }
}
Serial.println("FINISH");
 lcd.clear();//ล้างหน้าจอแอลซีดีและตำแหน่งเคอร์เซอร์

 lcd.setCursor(5, 0);
 lcd.print("FINISH"); //แสดงผลเมื่อทำงานเสร็จสิ้น
digitalWrite(start1,HIGH);
digitalWrite(start2,HIGH);
input_sw=0;
count=0;
      }
```

ภาคผนวก ข

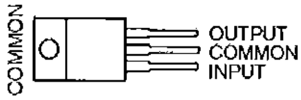
รายละเอียดข้อมูลของไอซีคุมค่าแรงดัน รุ่น LM7805

- 3-Terminal Regulators
- Output Current up to 1.5 A
- Internal Thermal-Overload Protection
- High Power-Dissipation Capability
- Internal Short-Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe-Area Compensation

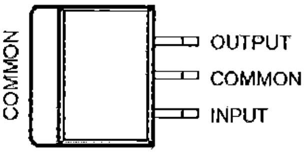
KC (TO-220) PACKAGE
(TOP VIEW)



KCS (TO-220) PACKAGE
(TOP VIEW)



KTE PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

This series of fixed-voltage integrated-circuit voltage regulators is designed for a wide range of applications. These applications include on-card regulation for elimination of noise and distribution problems associated with single-point regulation. Each of these regulators can deliver up to 1.5 A of output current. The internal current-limiting and thermal-shutdown features of these regulators essentially make them immune to overload. In addition to use as fixed-voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable output voltages and currents, and also can be used as the power-pass element in precision regulators.

ORDERING INFORMATION

T_J	$V_{O(NOM)}$ (V)	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 125°C	5	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	µA7805CKTER	µA7805C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	µA7805CKC	µA7805C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	µA7805CKCS	
	8	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	µA7808CKTER	µA7808C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	µA7808CKC	µA7808C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	µA7808CKCS	
	10	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	µA7810CKTER	µA7810C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	µA7810CKC	µA7810C
	12	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	µA7812CKTER	µA7812C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	µA7812CKC	µA7812C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	µA7812CKCS	
	15	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	µA7815CKTER	µA7815C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	µA7815CKC	µA7815C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	µA7815CKCS	
	24	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	µA7824CKTER	µA7824C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	µA7824CKC	µA7824C

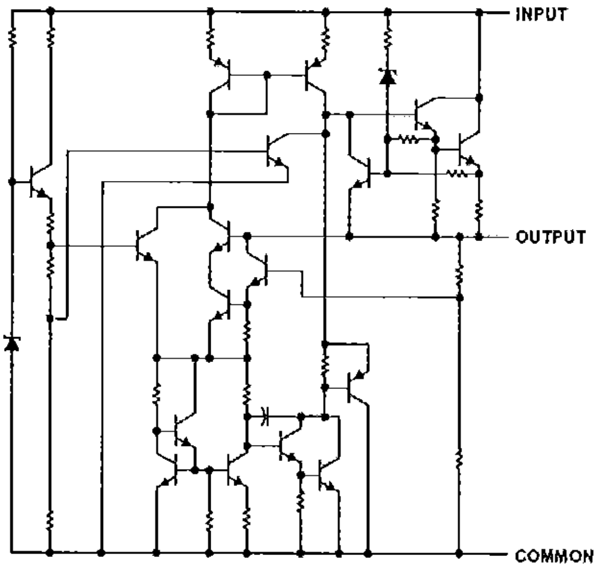
† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2003, Texas Instruments Incorporated

schematic



absolute maximum ratings over virtual junction temperature range (unless otherwise noted)†

Input voltage, V_I: µA7824C .... 40 V
All others .... 35 V
Operating virtual junction temperature, T_J .... 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds .... 260°C
Storage temperature range, T_{stg} .... –65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

package thermal data (see Note 1)

PACKAGE	BOARD	$θ_{JC}$	$θ_{JA}$
POWER-FLEX (KTE)	High K, JESD 51-5	3°C/W	23°C/W
TO-220 (KC/KCS)	High K, JESD 51-5	3°C/W	19°C/W

NOTE 1: Maximum power dissipation is a function of $T_J(max)$, $θ_{JA}$, and T_A. The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_J(max) - T_A)/θ_{JA}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.

recommended operating conditions

			MIN	MAX	UNIT
V_I	Input voltage	µA7805C	7	25	V
		µA7808C	10.5	25	
		µA7810C	12.5	28	
		µA7812C	14.5	30	
		µA7815C	17.5	30	
		µA7824C	27	38	
I_O	Output current			1.5	A
T_J	Operating virtual junction temperature	µA7800C series	0	125	°C

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, V_I = 10 V, I_O = 500 mA (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_J†	µA7805C MIN	µA7805C TYP	µA7805C MAX	UNIT
Output voltage	I_O = 5 mA to 1 A, V_I = 7 V to 20 V, $P_D \le$ 15 W	25°C	4.8	5	5.2	V
		0°C to 125°C	4.75		5.25	
Input voltage regulation	V_I = 7 V to 25 V	25°C		3	100	mV
	V_I = 8 V to 12 V			1	50	
Ripple rejection	V_I = 8 V to 18 V, f = 120 Hz	0°C to 125°C	62	78		dB
Output voltage regulation	I_O = 5 mA to 1.5 A	25°C		15	100	mV
	I_O = 250 mA to 750 mA			5	50	
Output resistance	f = 1 kHz	0°C to 125°C		0.017		Ω
Temperature coefficient of output voltage	I_O = 5 mA	0°C to 125°C		–1.1		mV/°C
Output noise voltage	f = 10 Hz to 100 kHz	25°C		40		µV
Dropout voltage	I_O = 1 A	25°C		2		V
Bias current		25°C		4.2	8	mA
Bias current change	V_I = 7 V to 25 V	0°C to 125°C			1.3	mA
	I_O = 5 mA to 1 A				0.5	
Short-circuit output current		25°C		750		mA
Peak output current		25°C		2.2		A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-µF capacitor across the input and a 0.1-µF capacitor across the output.

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, V_I = 14 V, I_O = 500 mA (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS		T_J†	μA7808C MIN	μA7808C TYP	μA7808C MAX	UNIT
Output voltage	I_O = 5 mA to 1 A, P_D ≤ 15 W	V_I = 10.5 V to 23 V,	25°C	7.7	8	8.3	V
			0°C to 125°C	7.6		8.4	
Input voltage regulation	V_I = 10.5 V to 25 V		25°C		6	160	mV
	V_I = 11 V to 17 V				2	80	
Ripple rejection	V_I = 11.5 V to 21.5 V,	f = 120 Hz	0°C to 125°C	55	72		dB
Output voltage regulation	I_O = 5 mA to 1.5 A		25°C		12	160	mV
	I_O = 250 mA to 750 mA				4	80	
Output resistance	f = 1 kHz		0°C to 125°C		0.016		Ω
Temperature coefficient of output voltage	I_O = 5 mA		0°C to 125°C		–0.8		mV/°C
Output noise voltage	f = 10 Hz to 100 kHz		25°C		52		μV
Dropout voltage	I_O = 1 A		25°C		2		V
Bias current			25°C		4.3	8	mA
Bias current change	V_I = 10.5 V to 25 V		0°C to 125°C			1	mA
	I_O = 5 mA to 1 A					0.5	
Short-circuit output current			25°C		450		mA
Peak output current			25°C		2.2		A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, V_I = 17 V, I_O = 500 mA (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS		T_J†	μA7810C MIN	μA7810C TYP	μA7810C MAX	UNIT
Output voltage	I_O = 5 mA to 1 A, P_D ≤ 15 W	V_I = 12.5 V to 25 V,	25°C	9.6	10	10.4	V
			0°C to 125°C	9.5	10	10.5	
Input voltage regulation	V_I = 12.5 V to 28 V		25°C		7	200	mV
	V_I = 14 V to 20 V				2	100	
Ripple rejection	V_I = 13 V to 23 V,	f = 120 Hz	0°C to 125°C	55	71		dB
Output voltage regulation	I_O = 5 mA to 1.5 A		25°C		12	200	mV
	I_O = 250 mA to 750 mA				4	100	
Output resistance	f = 1 kHz		0°C to 125°C		0.018		Ω
Temperature coefficient of output voltage	I_O = 5 mA		0°C to 125°C		–1		mV/°C
Output noise voltage	f = 10 Hz to 100 kHz		25°C		70		μV
Dropout voltage	I_O = 1 A		25°C		2		V
Bias current			25°C		4.3	8	mA
Bias current change	V_I = 12.5 V to 28 V		0°C to 125°C			1	mA
	I_O = 5 mA to 1 A					0.5	
Short-circuit output current			25°C		400		mA
Peak output current			25°C		2.2		A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, V_I = 19 V, I_O = 500 mA (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_J†	μA7812C MIN	μA7812C TYP	μA7812C MAX	UNIT
Output voltage	I_O = 5 mA to 1 A, V_I = 14.5 V to 27 V, P_D ≤ 15 W	25°C	11.5	12	12.5	V
		0°C to 125°C	11.4		12.6	
Input voltage regulation	V_I = 14.5 V to 30 V	25°C		10	240	mV
	V_I = 16 V to 22 V			3	120	
Ripple rejection	V_I = 15 V to 25 V, f = 120 Hz	0°C to 125°C	55	71		dB
Output voltage regulation	I_O = 5 mA to 1.5 A	25°C		12	240	mV
	I_O = 250 mA to 750 mA			4	120	
Output resistance	f = 1 kHz	0°C to 125°C		0.018		Ω
Temperature coefficient of output voltage	I_O = 5 mA	0°C to 125°C		−1		mV/°C
Output noise voltage	f = 10 Hz to 100 kHz	25°C		75		μV
Dropout voltage	I_O = 1 A	25°C		2		V
Bias current		25°C		4.3	8	mA
Bias current change	V_I = 14.5 V to 30 V	0°C to 125°C			1	mA
	I_O = 5 mA to 1 A				0.5	
Short-circuit output current		25°C		350		mA
Peak output current		25°C		2.2		A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, V_I = 23 V, I_O = 500 mA (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_J†	μA7815C MIN	μA7815C TYP	μA7815C MAX	UNIT
Output voltage	I_O = 5 mA to 1 A, V_I = 17.5 V to 30 V, P_D ≤ 15 W	25°C	14.4	15	15.6	V
		0°C to 125°C	14.25		15.75	
Input voltage regulation	V_I = 17.5 V to 30 V	25°C		11	300	mV
	V_I = 20 V to 26 V			3	150	
Ripple rejection	V_I = 18.5 V to 28.5 V, f = 120 Hz	0°C to 125°C	54	70		dB
Output voltage regulation	I_O = 5 mA to 1.5 A	25°C		12	300	mV
	I_O = 250 mA to 750 mA			4	150	
Output resistance	f = 1 kHz	0°C to 125°C		0.019		Ω
Temperature coefficient of output voltage	I_O = 5 mA	0°C to 125°C		−1		mV/°C
Output noise voltage	f = 10 Hz to 100 kHz	25°C		90		μV
Dropout voltage	I_O = 1 A	25°C		2		V
Bias current		25°C		4.4	8	mA
Bias current change	V_I = 17.5 V to 30 V	0°C to 125°C			1	mA
	I_O = 5 mA to 1 A				0.5	
Short-circuit output current		25°C		230		mA
Peak output current		25°C		2.1		A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, V_I = 33 V, I_O = 500 mA (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_J†	µA7824C MIN	µA7824C TYP	µA7824C MAX	UNIT
Output voltage	I_O = 5 mA to 1 A, V_I = 27 V to 38 V, $P_D \le 15$ W	25°C	23	24	25	V
		0°C to 125°C	22.8		25.2	
Input voltage regulation	V_I = 27 V to 38 V	25°C		18	480	mV
	V_I = 30 V to 36 V			6	240	
Ripple rejection	V_I = 28 V to 38 V, f = 120 Hz	0°C to 125°C	50	66		dB
Output voltage regulation	I_O = 5 mA to 1.5 A	25°C		12	480	mV
	I_O = 250 mA to 750 mA			4	240	
Output resistance	f = 1 kHz	0°C to 125°C		0.028		Ω
Temperature coefficient of output voltage	I_O = 5 mA	0°C to 125°C		–1.5		mV/°C
Output noise voltage	f = 10 Hz to 100 kHz	25°C		170		µV
Dropout voltage	I_O = 1 A	25°C		2		V
Bias current		25°C		4.6	8	mA
Bias current change	V_I = 27 V to 38 V	0°C to 125°C			1	mA
	I_O = 5 mA to 1 A				0.5	
Short-circuit output current		25°C		150		mA
Peak output current		25°C		2.1		A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-µF capacitor across the input and a 0.1-µF capacitor across the output.

APPLICATION INFORMATION

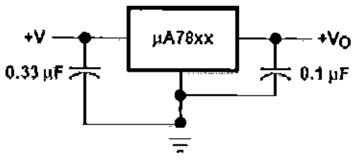


Figure 1. Fixed-Output Regulator

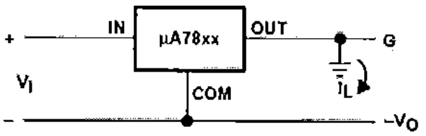
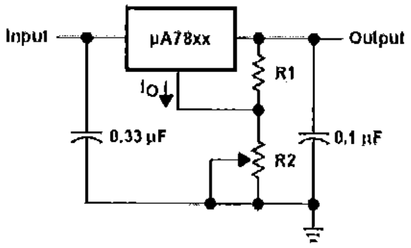


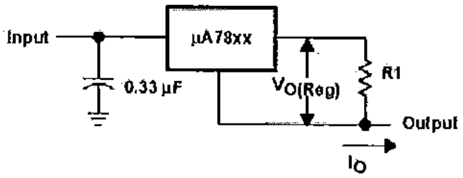
Figure 2. Positive Regulator in Negative Configuration (V_I Must Float)



NOTE A: The following formula is used when V_{xx} is the nominal output voltage (output to common) of the fixed regulator:

$$V_O = V_{xx} + \left(\frac{V_{xx}}{R1} + I_Q\right)R2$$

Figure 3. Adjustable-Output Regulator



$I_O = (V_O/R1) + I_O$ Bias Current

Figure 4. Current Regulator

APPLICATION INFORMATION

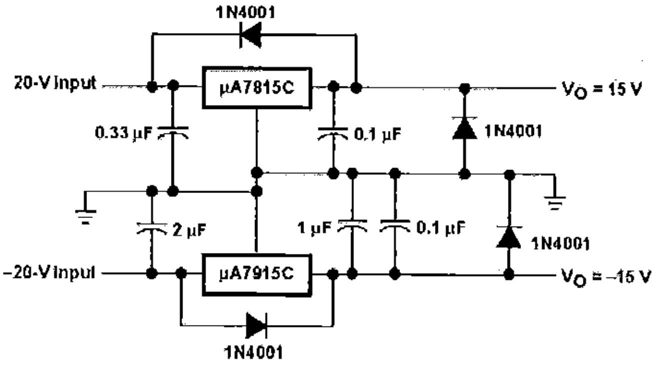


Figure 5. Regulated Dual Supply

operation with a load common to a voltage of opposite polarity

In many cases, a regulator powers a load that is not connected to ground but, instead, is connected to a voltage source of opposite polarity (e.g., operational amplifiers, level-shifting circuits, etc.). In these cases, a clamp diode should be connected to the regulator output as shown in Figure 6. This protects the regulator from output polarity reversals during startup and short-circuit operation.

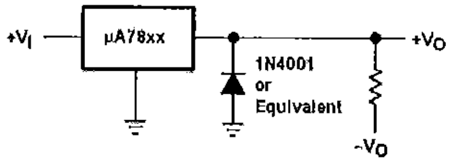


Figure 6. Output Polarity-Reversal-Protection Circuit

reverse-bias protection

Occasionally, the input voltage to the regulator can collapse faster than the output voltage. This can occur, for example, when the input supply is crowbarred during an output overvoltage condition. If the output voltage is greater than approximately 7 V, the emitter-base junction of the series-pass element (internal or external) could break down and be damaged. To prevent this, a diode shunt can be used as shown in Figure 7.

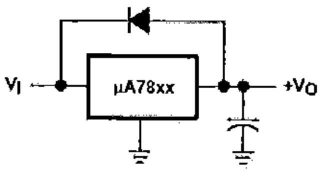
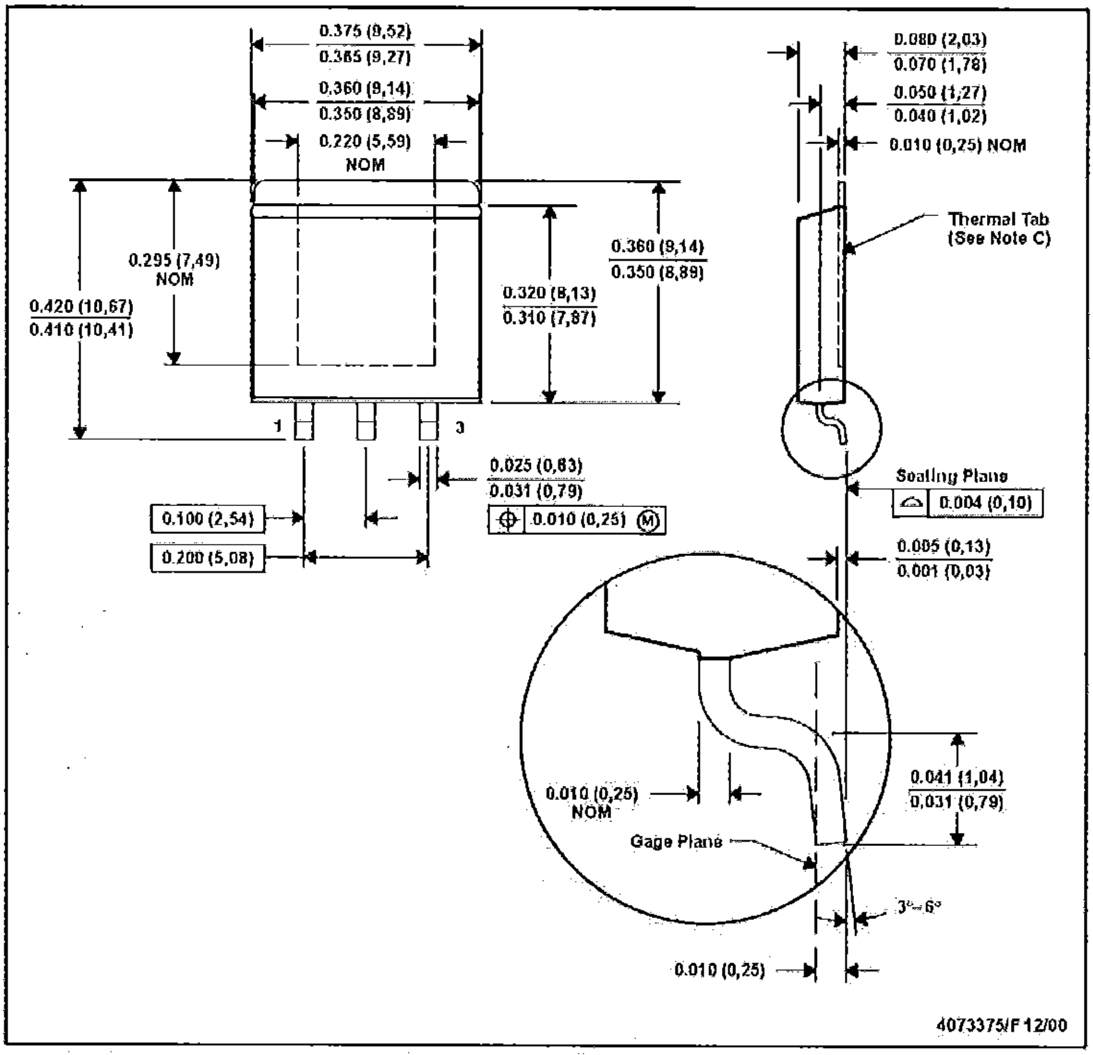


Figure 7. Reverse-Bias-Protection Circuit

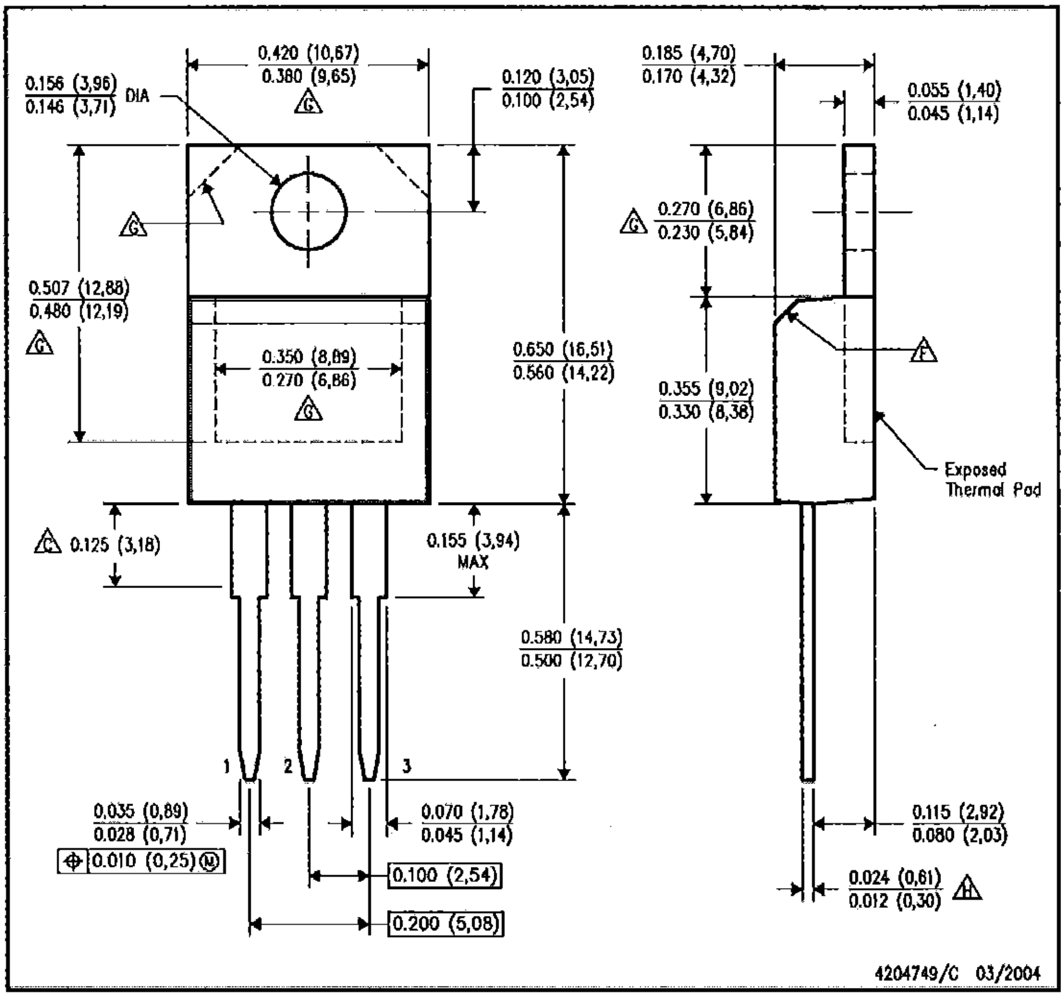
KTE (R-PSFM-G3) PowerFLEX™ PLASTIC FLANGE-MOUNT



NOTES: A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
B. This drawing is subject to change without notice.
C. The center lead is in electrical contact with the thermal tab.
D. Dimensions do not include mold protrusions, not to exceed 0.006 (0,15).
E. Falls within JEDEC MO-169

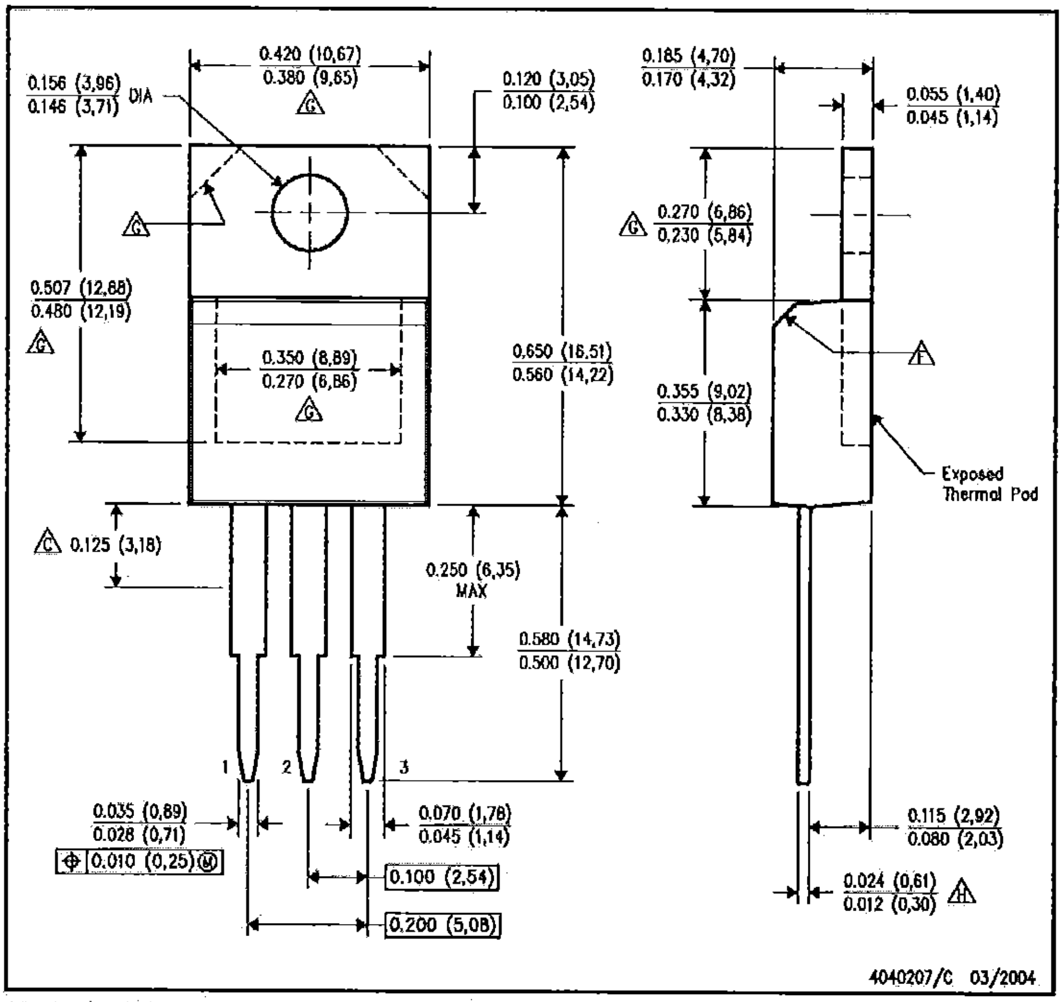
PowerFLEX is a trademark of Texas Instruments.

KCS (R–PSFM–T3) PLASTIC FLANGE–MOUNT PACKAGE



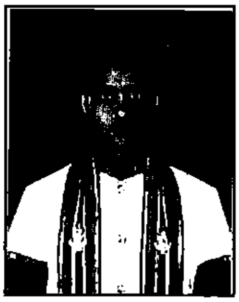
NOTES:
A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
B. This drawing is subject to change without notice.
C. Lead dimensions are not controlled within this area.
D. All lead dimensions apply before solder dip.
E. The center lead is in electrical contact with the mounting tab.
F. The chamfer is optional.
G. Thermal pad contour optional within these dimensions.
H. Falls within JEDEC TO–220 variation AB, except minimum lead thickness.

KC (R-PSFM-T3) PLASTIC FLANGE-MOUNT PACKAGE



NOTES:
A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
B. This drawing is subject to change without notice.
C. Lead dimensions are not controlled within this area.
D. All lead dimensions apply before solder dip.
E. The center lead is in electrical contact with the mounting tab.
F. The chamfer is optional.
G. Thermal pad contour optional within these dimensions.
H. Falls within JEDEC TO-220 variation AB, except minimum lead thickness.

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน



ชื่อ นายภานุพงศ์ ศรีรัตนพงษ์

ภูมิลำเนา 207/2 หมู่ 5 ต.เมืองเก่า อ.เมือง จ.พิจิตร

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนมัธยมสาธิต มหาวิทยาลัยนเรศวร
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **panupong.35@hotmail.com**

ชื่อ นายธนาเทพ เทียนขาว

ภูมิลำเนา 27/18 หมู่ 5 ต.อรัญญิก อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาภาคเหนือ
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **thanatep_35@outlook.co.th**

ชื่อ นายวัชระ คนรักษา

ภูมิลำเนา 60 หมู่ 6 ต.วัดพริก อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **p.popseason@hotmail.com**