# รายงานการวิจัย

# การพัฒนาระบบเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์

# The Development of Lawnmower Electric System by using Solar Cells Energy

นิพนธ์ มณีโชติ

ศรัณย์ ชูคดี

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

พ.ศ. 2557

**ชื่องานวิจัย** การพัฒนาระบบเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์
**ผู้วิจัย** นายนิพนธ์ มณีโชติ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัณย์ ชูคดี
**คณะ** เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
**ปี** 2560

## บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและออกแบบเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ให้ประสิทธิภาพในการใช้งานเทียบเคียงเครื่องตัดหญ้าแบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง มีการใช้พลังงานน้อยที่สุดเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดจากพลังงานทดแทน ลดการสั่นสะเทือน ลดเสียงดังจากการทำงานของเครื่องตัดหญ้าแบบเครื่องยนต์และไม่เพิ่มมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

จากการทดลองในการชาร์จแบตเตอรี่ ได้แบ่งออกเป็น 2 วิธี 1) การชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเพาเวอร์ซัพพลาย (DC Power Supply) โดยการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับแรงดัน 220 โวลต์ ต่อเข้าเพาเวอร์ซัพพลายเพื่อแปลงค่าไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันที่ได้เท่ากับ 36 โวลต์ นำมาชาร์จกระแสไฟฟ้าให้แก่แบตเตอรี่โดยใช้เวลาในการชาร์จแบตเตอรี่ประมาณ 5 ชั่วโมง สำหรับการนำไปใช้งานในแต่ละครั้ง 2) การชาร์จแบตเตอรี่ด้วยโซล่าเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีขั้นตอนในการชาร์จคือ ใช้แผงโซล่าเซลล์ขนาด 30 วัตต์ จำนวน 3 แผงมาต่อวงจรแบบอนุกรมเพื่อเปลี่ยนเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าต่อเข้ากับอุปกรณ์โซล่าชาร์จคอนโทรลเลอร์ ได้ค่ากระแสประมาณ 1.8 แอมแปร์ เพื่อนำมาชาร์จให้กับแบตเตอรี่ใช้เวลาในการชาร์จประมาณ 6-7 ชั่วโมงสำหรับการนำไปใช้งานในแต่ละครั้ง

ผลการดำเนินงานพบว่า 1) เครื่องตัดหญ้าพลังงานแบตเตอรี่สามารถนำไปใช้งานได้จริงและไม่เพิ่มมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม 2) สามารถทำการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าและสามารถปรับความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าในการตัดหญ้าได้ 3) สามารถใช้งานต่อเนื่องได้นาน 1-2 ชั่วโมงต่อการชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้ง

เลข Bib# 1141432
วันที่ 17 พ.ค. 2561
เลขเรียกหนังสือ 631.37
พ361ก

| | |
|---|---|
| **Research Title** | The Development of Lawnmower Electric System by using Solar Cells Energy |
| **Researcher** | Mr. Nipol Maneechot and Assistant Professor Dr. Sarun Choocadee |
| **Faculty** | Industrial Technology |
| **Year** | 2017 |


## Abstract

The objective of this research is to the development of lawnmower electric system by using Solar Cells Energy. The research designed for develop manufacture saving battery lower to shake and sound is not aloud from the machine and decrease to contamination in environment.

Experiment in the battery for using you can charge in 2 types. First , Charger with power supply (DC Power Supply) can using alternating current for 220-volt AC power is connected to the power supply It can changed for alternating current to direct current about 36 VDC and to charged battery about 5 hours for full and you can used. Second, Charging with solar charger is a solar cell; 30-Watt three panels connected in series the cells solar energy into electrical energy with solar charged controller. The electric current from controller 1.8 Amp for charged to battery. It speeds of time to charge about 6-7 hours.

The results showed that 1) Battery-powered lawnmower can be used practically and decrease to contamination in environment. 2) It control electric motors in on - off. 3) The lawnmower electric system by using solar cells energy can be used about 1-2 hours to charge the battery for once.


SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

# กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจากหลายส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากกองทุนวิจัยสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่เป็นผู้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ผู้ดำเนินงานขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ อาจารย์ทุกท่านในโปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่ได้ให้คำปรึกษางานวิจัย พร้อมกับให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา คณะผู้วิจัยรู้สึกทราบซึ่งในความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง

คุณค่าและประโยชน์ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ หวังว่าคงเป็นแนวทางการศึกษาของผู้ที่มีความสนใจทางด้านพลังงานทดแทน นักวิจัย นักศึกษา และผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง

ท้ายนี้ประโยชน์อันพึงมีจากการดำเนินงานในครั้งนี้ ขอมอบแด่มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

นิพนธ์ มณีโชติ และ ศรัณย์ ชูคดี

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ธันวาคม 2558

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| **บทคัดย่อภาษาไทย** | ข |
| **บทคัดย่อภาษาอังกฤษ** | ค |
| **กิตติกรรมประกาศ** | ง |
| **สารบัญ** | จ |
| **สารบัญตาราง** (ถ้ามี) | ช |
| **สารบัญภาพ** (ถ้ามี) | ซ |
| **บทที่ 1 บทนำ** | **1** |
| ความสำคัญและที่มาของปัญหา | 1 |
| วัตถุประสงค์ของงานวิจัย | 2 |
| ขอบเขตของงานวิจัย | 2 |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| **บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง** | **4** |
| แบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ | 4 |
| หลักการทำงานเซลล์แสงอาทิตย์ | 10 |
| มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง | 17 |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 21 |
| **บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน** | **23** |
| วิธีการดำเนินงานวิจัย | 23 |
| การออกแบบเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ | 25 |
| การติดตั้งและประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับโครงสร้างเครื่องตัดหญ้า | 27 |
| การออกแบบวงจรไฟฟ้าสำหรับควบคุมเครื่องตัดหญ้า | 31 |
| เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ | 33 |
| **บทที่ 4 ผลการทดลอง** | **35** |
| การทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ในแต่ละช่วงเวลาต่าง ๆ ของวัน | 35 |
| การทดสอบการควบคุมการชาร์จของแบตเตอรี่ | 36 |


มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| การทดสอบความเร็วรอบในการตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า | 37 |
| การทดสอบการวัดค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละ Duty Cycle | 38 |
| การทดสอบระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ | 39 |
| การทดสอบหาพื้นที่ในการตัดหญ้าเทียบกับเวลา | 40 |
| ผลการทดสอบในการสร้างเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ | 41 |
| ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ | 43 |
| **บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ** | **45** |
| สรุปผลการทดลอง | 45 |
| ทดสอบหาประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ | 45 |
| การทดลองการควบคุมการชาร์จ | 46 |
| ค่าความเร็วรอบของใบมีดเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า | 46 |
| ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัยครั้งนี้ | 46 |
| ข้อเสนอแนะ | 47 |
| **บรรณานุกรม** | 49 |
| **ภาคผนวก ก** | 51 |
| **ภาคผนวก ข** | 59 |
| **ประวัติผู้วิจัย** | 71 |


มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 2-1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาทำแผงโซล่าเซลล์ | 12 |
| 2-2 ปริมาณความเข้มของแสง | 13 |
| 4-1 ผลการทดลองชั่งน้ำหนักขณะพร้อมใช้งาน | 42 |
| 4-2 ผลการทดสอบการเปรียบเทียบน้ำหนักเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า | 42 |
| 4-3 ผลการทดสอบการวัดแรงดันและกระแสที่ได้จากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง | 43 |


มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | หน้า |
|---|---|
| 2-1 แบตเตอรี่ที่ใช้งานทั่วไป | 5 |
| 2-2 การต่ออนุกรมของแบตเตอรี่ | 7 |
| 2-3 การต่อขนานของแบตเตอรี่ | 7 |
| 2-4 การต่ออนุกรมผสมกับแบบขนาน | 8 |
| 2-5 แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด | 8 |
| 2-7 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่างๆ | 10 |
| 2-8 การเกิดกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ | 12 |
| 2-9 การเกิดกระแสไฟฟ้า | 13 |
| 2-10 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ | 14 |
| 2-11 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย | 15 |
| 2-12 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน | 16 |
| 2-13 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง | 17 |
| 2-14 ขั้วแม่เหล็กและขดลวดแม่เหล็กที่ยึดติดกับเฟรม | 18 |
| 2-15 โรเตอร์ของมอเตอร์กระแสตรง | 18 |
| 2-16 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของอาร์เมเจอร์ (โรเตอร์) | 19 |
| 2-17 แสดงความกว้างของพัลท์ขนาดต่าง ๆ และ ค่าดิวตี้ไซเคิลของช่วงพัลท์ที่มีความถี่ | 21 |
| 3-1 ลำดับขั้นตอนการจัดทำโครงการวิจัย | 24 |
| 3-2 แบบโครงสร้างของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ | 25 |
| 3-3 เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ | 26 |
| 3-4 การสร้างโครงสร้างเครื่องตัดหญ้าสำหรับติดตั้งแบตเตอรี่ | 26 |
| 3-5 การติดตั้งเบาะรองหลังพร้อมสายสะพาย | 27 |
| 3-6 การติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 36 โวลต์ | 27 |
| 3-7 การติดตั้งแบตเตอรี่เข้ากับโครงสร้างของเครื่องตัดหญ้า | 28 |
| 3-8 การติดตั้งชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง | 28 |
| 3-9 การติดตั้งอุปกรณ์ชุดชาร์จคอนโทรลเลอร์ | 29 |
| 3-10 การติดตั้งชุดอุปกรณ์ด้ามตัดของใบตัดหญ้า | 29 |
| 3-11 การติดตั้งชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบคั่นเร่ง | 30 |
| 3-12 การติดตั้งชุดใบมีดตัดหญ้า | 30 |

**สารบัญภาพ (ต่อ)**


| ภาพที่ | หน้า |
|---|---|
| 3-13 วงจรที่ใช้สร้างสัญญาณความกว้างพัลส์ | 31 |
| 3-14 วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง | 32 |
| 3-15 เครื่องมือออสซิลโลสโคป | 33 |
| 3-16 มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล | 33 |
| 3-17 เครื่องวัดความเร็วรอบ | 34 |
| 3-18 เครื่องประจุกระแสไฟฟ้าแบตเตอรี่ | 34 |
| 4-1 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวัน | 35 |
| 4-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงดันและเวลาในการชาร์จ | 36 |
| 4-3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Duty Cycle กับความเร็วรอบของใบมีดตัดหญ้า | 37 |
| 4-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Duty Cycle กับกระแสไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์ | 38 |
| 4-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ | 39 |
| 4-6 กราฟแสดงพื้นที่ในการตัดหญ้าขนาดความสูง 5-10 เซนติเมตร | 40 |
| 4-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า Duty Cycle กับพื้นที่ | 41 |
| 4-8 ภาพเครื่องตัดหญ้าพลังงานแบตเตอรี่เสร็จสมบูรณ์ | 41 |
| 4-9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักเครื่องตัดหญ้า | 43 |
| 4-10 กราฟแสดงผลการทดลองการวัดแรงดันและกระแส | 44 |


มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันได้มีการใช้พลังงานเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะน้ำมันซึ่งมีราคาค่อนข้างสูงมาก และประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีการใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันเป็นปริมาณมาก โดยเฉพาะภาคขนส่ง ภาคอุตสาหกรรมหรือภาคเกษตรกรรม เช่น รถยนต์ รถจักรยานยนต์ เครื่องยนต์การเกษตรหรืออุปกรณ์ในการประกอบอาชีพต่าง ๆ มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม, 2546) ถึงแม้จะมีการรณรงค์ให้มีการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงแล้วก็ตามแต่ก็ยังไม่ได้ผลเท่าที่ควร และในขณะเดียวกันพลังงานเชื้อเพลิงในประเทศได้ลดจำนวนน้อยลงเรื่อย ๆ แต่ความต้องการในการใช้พลังงานในประเทศมีมากขึ้นทุกวัน จึงอาจจะทำให้พลังงานในอนาคตไม่เพียงพอต่อความต้องการและอาจต้องหมดไปในที่สุด (การประยุกต์ใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน กรุงเทพฯ : กรม, 2547) ผลกระทบอีกอย่างหนึ่งคือปัญหาทางมลพิษที่ถูกปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์ดังกล่าว ที่เครื่องยนต์เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ทั้งมลพิษทางอากาศและมลพิษทางเสียง มาถึงทุกวันนี้ทุกคนต้องตระหนักและให้ความสำคัญกับปัญหามลพิษดังกล่าวเพื่อหยุดการปล่อยพิษที่ออกมาจากเครื่องยนต์ ดังนั้นวิธีที่จะช่วยได้คือการเปลี่ยนเครื่องต้นกำลังจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง มาเป็นเครื่องต้นกำลังที่ใช้พลังงานไฟฟ้า แทน โดยมีการออกแบบอุปกรณ์ไฟฟ้าในรูปของพลังงานทดแทนออกมาในรูปแบบต่าง ๆ และใช้พลังงานน้อยที่สุดเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด (พินิต แสงวัฒนะ, 2549)

การปลูกสนามหญ้าไว้บริเวณบ้าน และการจัดสวนหย่อมเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย แต่ละที่จึงมีขนาดของสนามหญ้าแตกต่างกันไป จึงต้องมีการควบคุมให้หญ้ามีความยาวที่พอเหมาะกับสนามเพื่อให้สนามหญ้านั้นดูสวยงามและเป็นระเบียบเรียบร้อยอยู่เสมอ (วิทยา เพียงต่อ, 2551) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการควบคุมปริมาณความยาวของหญ้าโดยใช้การตัดแต่งจากอุปกรณ์การตัดหลายชนิด ซึ่งในอดีตวิวัฒนาการของเครื่องมือที่ใช้ในการตัดหญ้าได้เจริญก้าวหน้าขึ้นอย่างมาก จากการใช้แรงงานคนเป็นหลัก เช่น การใช้มีด หรือกรรไกรตัดหญ้า เป็นต้น ทั้งนี้การตัดหญ้าโดยใช้อุปกรณ์ดังกล่าวมีความล่าช้า สิ้นเปลืองแรงงาน จึงทำให้ในปัจจุบันได้มี

การคิดค้นพัฒนารถตัดหญ้าขึ้นมาแบบใช้เครื่องยนต์ในการขับเคลื่อนโดยใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง ทั้งนี้รถตัดหญ้าแบบใช้น้ำมันเบนซินเป็นแหล่งพลังงานนั้นจะก่อให้เกิดผลกระทบตามมาเช่น การมีกลิ่นเหม็นของการเผาไหม้จากน้ำมันเบนซิน การเกิดเสียงดังของเครื่องยนต์ในเวลาที่ตัดหญ้า ก่อให้เกิดมลพิษทางเสียง และมลพิษทางอากาศต่อผู้ที่ปฏิบัติงานและสภาวะแวดล้อม เป็นต้น

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาดังกล่าวคณะผู้จัดทำจึงได้มีแนวความคิดในการพัฒนาเครื่องตัดหญ้าพลังงานแบตเตอรี่โดยใช้หลักการชาร์จพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ แบบเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป และการชาร์จพลังงานจากการใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อสร้างเครื่องตัดหญ้าให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานและลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่มีราคาสูง เพื่อสร้างเครื่องตัดหญ้าให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานยาวนานและลดการสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์ที่ทำให้เกิดเสียงดัง ลดมลภาวะทางเสียง และการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการช่วยลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีราคาสูงและปัญหาในการซ่อมแซมบำรุงรักษาที่เกิดจากระบบเครื่องยนต์ต่อไป

**1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย**

1.2.1 เพื่อสร้างอุปกรณ์เครื่องตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้าโดยชาร์จพลังงานด้วยระบบแบตเตอรี่ไฟฟ้าและระบบโซล่าเซลล์

1.2.2 เพื่อลดเสียงดังและการสั่นสะเทือนจากการทำงานของเครื่องตัดหญ้าโดยใช้พลังงานแบตเตอรี่

1.2.3 เพื่อทดสอบสมรรถนะของเครื่องตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้าที่สร้างขึ้น

**1.3 ขอบเขตของงานวิจัย**

1.3.1 เครื่องตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้าใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดันไฟฟ้า 36 โวลต์ กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ จำนวน 1 ตัว

1.3.2 แหล่งจ่ายพลังงานใช้แบตเตอรี่แบบเซลล์แห้งขนาดแรงดันไฟฟ้า 12โวลต์ กระแส 9 แอมป์ /ชั่วโมง จำนวน 3 ลูก

1.3.3 ชนิดของแผงโซล่าเซลล์ที่ใช้ Crystalline Silicon Photovoltaic ขนาดกำลังของแผง OUTPUT : DC 36V/1.8 A

1.3.4 เครื่องตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้า ใช้ระบบโซล่าชาร์จคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าที่มาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่

**1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1.5.1 เป็นแนวทางที่จะช่วยอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า คือ การนำพลังงานธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์และเป็นการช่วยรักษาทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในโลกโดยไม่ทำให้เกิดมลภาวะเป็นพิษต่อสภาพแวดล้อม

1.5.2 ได้ต้นแบบเครื่องตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้าสำหรับการใช้งานที่สามารถลดการใช้พลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีราคาสูง

1.5.3 ลดมลภาวะทางเสียงสามารถใช้งานได้ในที่ส่วนบุคคลหรือที่ที่ควบคุมการใช้เสียง เช่น สถานที่ราชการ สถานศึกษา

1.5.3 ลดการสั่นสะเทือนของตัวเครื่องตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้าเมื่อเทียบกับเครื่องตัดหญ้าแบบเครื่องยนต์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

# บทที่ 2
# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานวิจัย เรื่องการพัฒนาระบบเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้วิจัยได้ศึกษาทางด้านทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยเสนอตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

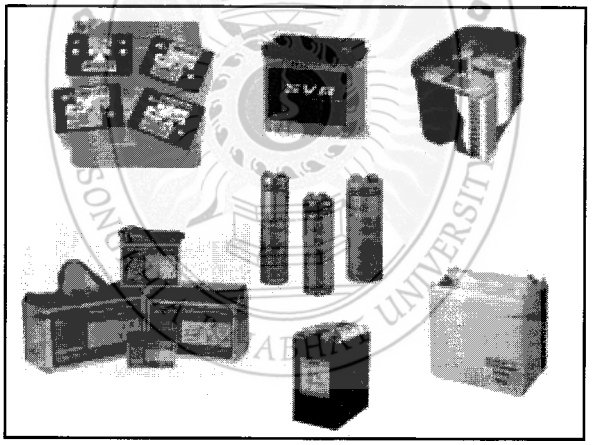
2.1 แบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์

2.2 หลักการทำงานเซลล์แสงอาทิตย์

2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 แบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์



**ภาพที่ 2-1** แบตเตอรี่ที่ใช้งานทั่วไป

(ที่มา: http://www.leonics.co.th/thml/th/aboutpower/greenay14.php)

แบตเตอรี่ (Battery) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานเพื่อไว้ใช้ต่อไปถือเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานเคมีให้เป็นไฟฟ้าได้โดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บไฟฟ้าเท่านั้น ไม่ได้ผลิตไฟฟ้า สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ (Recharge) ได้หลายครั้งและประสิทธิภาพจะไม่เต็ม 100% จะอยู่ที่ประมาณ 80% เพราะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปความร้อนและปฏิกิริยาเคมีจากการประจุ/จ่ายประจุนั่นเอง (จงจิตร์ หิรัญลาภ, 2541) ได้มี

การค้นพบว่า มีการใช้แบตเตอรี่ตั้งแต่สมัยบาบิโลเนียน เมื่อประมาณ 500 ปีก่อนคริสตศักราช แต่แบตเตอรี่ที่มีใช้ในปัจจุบัน เป็นการค้นคว้าทดลองของนักวิทยาศาสตร์เมื่อ 200 ปีที่แล้ว ซึ่งแบ่งตามลักษณะของการใช้งานได้เป็น 4 ชนิดดังนี้ (จรัส บุญยธรรมา, 2557)

1. แบตเตอรี่ปฐมภูมิ เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วไม่สามารถนากลับมาชาร์จประจุเพื่อกลับมาใช้ใหม่ได้ หรือที่มักเรียกกันว่า "ถ่าน" มีอยู่หลายชนิด เช่น ถ่านอัลคาไลน์ ถ่านลิเทียม เป็นต้น แบตเตอรี่แบบนี้มีหลายขนาด ใช้ในวิทยุ นาฬิกา เก็บพลังงานได้สูง อายุการใช้งานสูง แต่เมื่อถูกใช้หมดจะกลายเป็นขยะมลพิษ

2. แบตเตอรี่ทุติยภูมิ เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วสามารถนากลับมาชาร์จประจุเพื่อกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น แบตเตอรี่รถยนต์ แบตเตอรี่มือถือ และถ่านรุ่นใหม่ๆ เป็นต้น

3. แบตเตอรี่เชิงกล เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วนากลับมาชาร์จประจุใหม่ได้ โดยการเปลี่ยนขั้วอิเล็กโทรดขั้วลบของแบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้ว ซึ่งทาให้มีการชาร์จประจุอย่างรวดเร็ว เช่น แบตเตอรี่ชนิดอลูมิเนียม-อากาศ

4. แบตเตอรี่ผสม เป็นแบตเตอรี่ที่มีเซลล์ของเชื้อเพลิงผสมอยู่ โดยขั้วอิเล็กโทรดข้างหนึ่งเป็นก๊าซและอีกข้างหนึ่งเป็นขั้วของตัวมันเอง เช่น แบตเตอรี่ชนิดซิงค์-โบรมีน

แบตเตอรี่จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงและเสียหายได้ง่ายหากดูแลรักษาไม่ดีเพียงพอหรือใช้งานผิดวิธี รวมถึงอายุการใช้งานของแบตเตอรี่แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป เนื่องด้วยวิธีการใช้ การบำรุงรักษา การประจุและอุณหภูมิ ฯลฯ โดยสามารถจำแนกแบตเตอรี่ออกได้ 2 กลุ่มสำคัญ ๆ คือ ตามการใช้งานและประเภทของโครงสร้าง

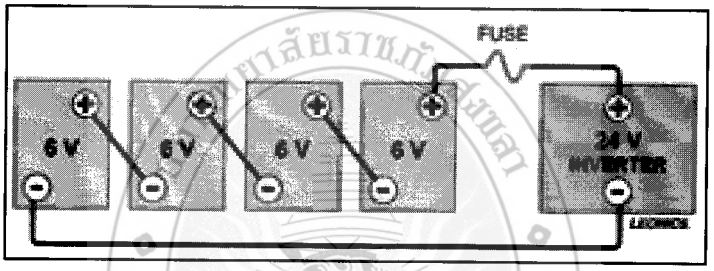
2.1.1 ชนิดของแบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดมีอยู่หลายแบบด้วยกัน แต่ที่เหมาะสำหรับใช้งานกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์มากที่สุดคือ แบตเตอรี่แบบจ่ายประจุสูง (Deep discharge battery) เพราะถูกออกแบบให้สามารถจ่ายพลังงานปริมาณเล็กน้อยได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ๆ โดยไม่เกิดความเสียหาย คุณจะสามารถใช้ไฟฟ้าที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่นี้ได้อย่างต่อเนื่องถึง 80% ส่วนมากแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะมีลักษณะที่ฝาครอบด้านบนเปิดออกได้ เพื่อให้สามารถตรวจสอบเซลล์และเติมน้ำในเวลาที่จำเป็นได้ เรียกว่า แบตเตอรี่แบบเซลล์เปิด (Open cell หรือ Unsealed หรือ Flooded cell battery) มีบางชนิดที่ถูกปิดแน่นและไม่ต้องการการซ่อมบำรุง เรียกว่า แบตเตอรี่แบบไม่ต้องดูแลรักษา (Maintenance free หรือ Sealed battery)

ในทางปฏิบัติแล้วแบตเตอรี่ทุกชนิดสามารถนำมาใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ได้ แต่ที่นิยมใช้มากที่สุดเป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด (Lead-acid battery) ด้วยเหตุผลนานาประการ ไม่ว่าจะเป็นราคาที่ถูกกว่าและหาซื้อได้ง่าย แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดนี้มีส่วนประกอบสำคัญเป็นแผ่น

ตะกั่วที่เป็นขั้วบวกและลบจุ่มอยู่ในสารละลายกรดซัลฟุริกหรือเรียกว่าสารละลายอิเล็กโตรไลต์ เมื่อเซลล์มีการจ่ายประจุ โมเลกุลของซัลเฟอร์จากสารละลายอิเล็กโตรไลน์จะติดอยู่กับแผ่นตะกั่วและปล่อยอิเล็กตรอนออกมามากมาย เมื่อเซลล์มีการประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่อิเล็กตรอนจำนวนมากจะกลับเข้าไปในสารละลายอิเล็กโตรไลน์ แบตเตอรี่จึงเกิดแรงดันได้จากปฏิกิริยาเคมีนี้เอง และไฟฟ้าเกิดขึ้นได้จากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนภายในแต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่ให้แรงดัน 2 โวลล์ แบตเตอรี่ 12 โวลล์ จึงมี 6 เซลล์ต่อกันแบบอนุกรม เซลล์ทั้งหมดอาจบรรจุอยู่ภายในกล่องเดียวหรือแยกกล่องได้

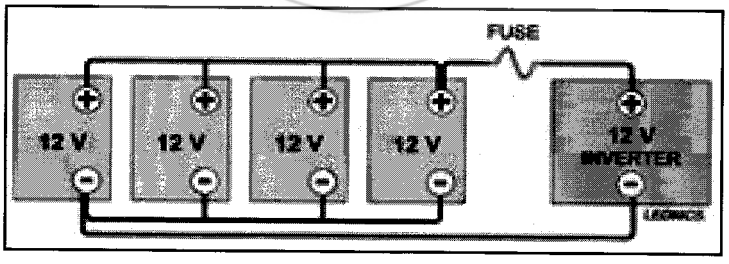
ถ้าต้องการแรงดันมากขึ้น ให้นำแบตเตอรี่หลายลูกมาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันสูงขึ้นตามต้องการ




**ภาพที่ 2-2** การต่ออนุกรมของแบตเตอรี่

(ที่มา : http://www.leonics.co.th/thml/th/aboutpower/greenay14.php)

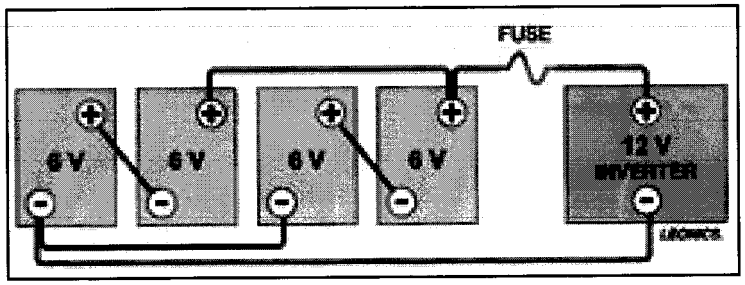
ถ้าต้องการกระแสมากขึ้น ให้นำแบตเตอรี่ 2 ลูกหรือมากกว่านั้นต่อกันแบบขนานจนได้กระแสที่ต้องการ




**ภาพที่ 2-3** การต่อขนานของแบตเตอรี่

(ที่มา : http://www.leonics.co.th/thml/th/aboutpower/greenay14.php)

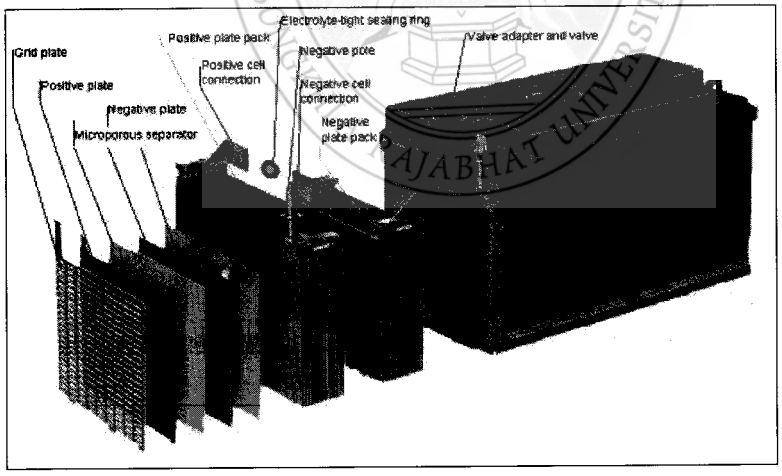
ถ้าต้องการแรงดันและกระแสมากขึ้นให้นำแบตเตอรี่มาต่อกันแบบอนุกรมผสมกับแบบขนาน




**ภาพที่ 2-4** การต่ออนุกรมผสมกับแบบขนาน

(ที่มา : http://www.leonics.co.th/thml/th/aboutpower/greenay14.php)

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดมีอยู่หลายแบบด้วยกัน แต่ที่เหมาะสำหรับใช้งานกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์มากที่สุดคือ แบตเตอรี่แบบจ่ายประจุสูง (Deep discharge battery) เพราะถูกออกแบบให้สามารถจ่ายพลังงานปริมาณเล็กน้อยได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ๆ โดยไม่เกิดความเสียหาย คุณจะสามารถใช้ไฟฟ้าที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่นี้ได้อย่างต่อเนื่องถึง 80% ส่วนมากแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะมีลักษณะที่ฝาครอบด้านบนเปิดออกได้ เพื่อให้สามารถตรวจสอบเซลล์และเติมน้ำในเวลาที่จำเป็นได้ เรียกว่า แบตเตอรี่แบบเซลล์เปิด (Open cell หรือ Unsealed หรือ Flooded cell battery) มีบางชนิดที่ถูกปิดแน่นและไม่ต้องการการซ่อมบำรุง เรียกว่า แบตเตอรี่แบบไม่ต้องดูแลรักษา (ภาคภูมิ แตรตุลากา, 2556)




**ภาพที่ 2-5** แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด

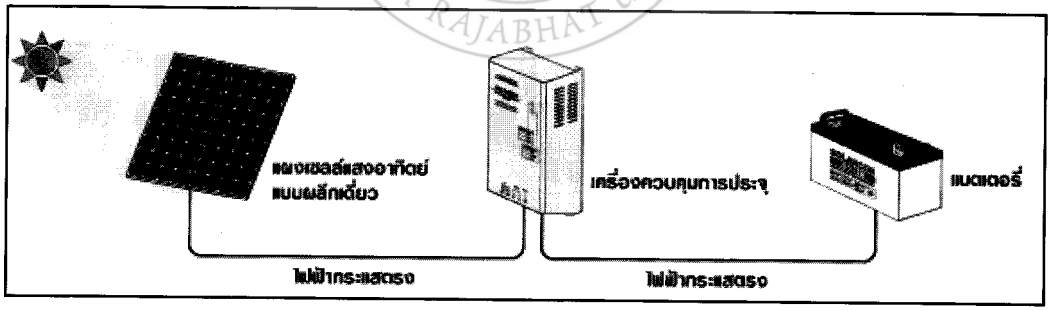
(ที่มา : http://onlineshop.kasate.com/index.php?newlang=thai)

2.1.2 ความสามารถในการจัดเก็บพลังงาน

ความจุของแบตเตอรี่ในการบรรจุพลังงานมีหน่วยเป็น แอมแปร์-ชั่วโมง (Ampere-Hour; Ah) พลังงานในแบตเตอรี่ 12 V 100 Ah เท่ากับ 12V x 100Ah หรือ 12V x 100A x 3600s จะได้เท่ากับ 4.32 MJ ถ้าแบตเตอรี่ 100 Ah เท่ากับว่าแบตเตอรี่จะจ่ายกระแส 1 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 100 ชั่วโมงหรือแบตเตอรี่จ่ายกระแส 10 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เช่นเดียวกับแบตเตอรี่จ่ายกระแส 5 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 20 ชั่วโมง ซึ่งทั้งหมดนี้จ่ายกระแสเท่ากับ 100 Ah ทั้งสิ้น จะเห็นได้ว่า แบตเตอรี่ที่มีความจุเท่ากันอาจมีความเร็วในการจ่ายกระแสต่างกันได้ดังนั้น การจะทราบความจุของแบตเตอรี่ต้องทราบถึงอัตราการจ่ายกระแสด้วยมักกำหนดเป็นจำนวนชั่วโมงของการจ่ายกระแสเต็มที การกำหนดขนาดของแบตเตอรี่สำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์นั้นขึ้นอยู่กับความจุของแบตเตอรี่ในการจัดเก็บพลังงาน

2.1.3 ระบบประจุแบตเตอรี่ด้วยแผงโซล่าเซลล์แสงอาทิตย์

เป็นระบบที่ผู้ออกแบบและติดตั้งพร้อมวางระบบเพื่อเป็นระบบสาธิตการประจุแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์ จะมีลักษณะการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแสงอาทิตย์ที่มีลักษณะแตกต่างกันตามชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และผลิตเป็นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านเข้าเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ เพื่อควบคุมการเก็บประจุเข้าสู่แบตเตอรี่โดยมีระบบ Maximum Point Tracking (MPPT) ที่ช่วยผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้สูงสุด เพื่อควบคุมการเก็บประจุเข้าสู่แบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งานในชุดสาธิตนี้ได้ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว



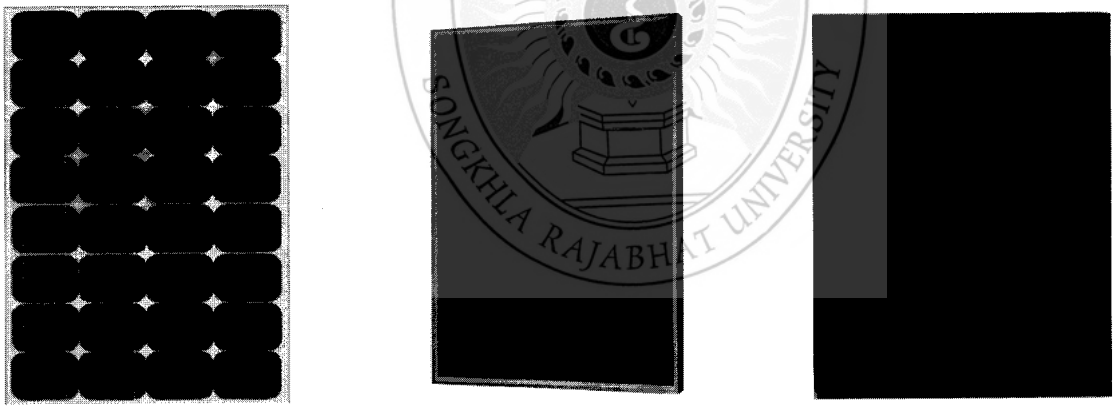

**ภาพที่ 2-6** การใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว

(ที่มา: http://www.leonics.co.th/thml/th/pd_ecs/customsy/batt_charging.php)

**2.2 หลักการทำงานเซลล์แสงอาทิตย์**

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) หรือ PV มีชื่อเรียกกันไปหลายอย่าง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ หรือ เซลล์ Photovoltaic ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคาว่า Photovoltaic โดยแยกออกเป็น Photo หมายถึง แสง Volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคาแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มี ความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แนวความคิดนี้ได้ถูกค้นพบมาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1839 แต่เซลล์แสงอาทิตย์ และได้ถูกนาไปใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับดาวเทียมในอวกาศ เมื่อ ปี ค.ศ. 1959 ดังนั้น สรุปได้ว่า

เซลล์แสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน ( Silicon), แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ ( Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ ( Indium Phosphide), แคดเมียม เทลเลอไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ ( Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้



(ก) Single Crystalline Silicon Solar Cell (ข) Polycrystalline Silicon Solar Cell (ค)Amorphous Silicon Solar Cell

**ภาพที่ 2-7** ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่างๆ

(ที่มา: http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php)

ก) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทาจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว ( Single Crystalline Silicon Solar Cell)หรือที่ รู้จักกันในชื่อ Monocrystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม ( Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึก

เดี่ยว ขบวนการผลิตเริ่มจากการนาเอาซิลิคอนซึ่งผ่านการทำให้เป็นก้อนที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก (99.999%) ไปหลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,500 ๐C เพื่อทำการสร้างแท่งผลึกเดี่ยวขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 นิ้ว) จากต้นผลึก ( seed crystal) ด้วยการ ดึงผลึก คุณภาพของผลึกเดี่ยวจะสำคัญมากต่อคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ ต่อไปนำแท่งผลึกเดี่ยวนี้ไปตัดเป็นแผ่น ๆ เรียกว่า เวเฟอร์ หนาประมาณ 300 ไมโครเมตร และขัดความเรียบของผิว จากนั้นก็จะนำไปเจือสารที่จำเป็นในการทำให้เกิดเป็น p-n junction ขึ้นบนแผ่นเวเฟอร์ด้วยวิธีการ Diffusion ที่อุณหภูมิระดับ 1000 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นเป็นขั้นตอนการทำขั้วไฟฟ้าเพื่อนำกระแสไฟออกไฟใช้ เป็นการเคลือบฟิล์มผิวหน้าเพื่อป้องกันการ สะท้อนแสงให้น้อยที่สุด ในขั้นตอนนี้จะได้เซลล์ที่พร้อมใช้งาน แต่เนื่องจากในการใช้งานจริง จะนำเซลล์แต่ละเซลล์มาต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าตามต้องการ หลังจากนั้นจึงนำไปประกอบเข้ากับแผงโดยใช้กระจกเป็นเกาะป้องกันแผ่นเซลล์ และใช้ซิลิโคน และ อีวีเอ (Ethelele Vinly Acetate) ช่วยป้องกันความชื้น

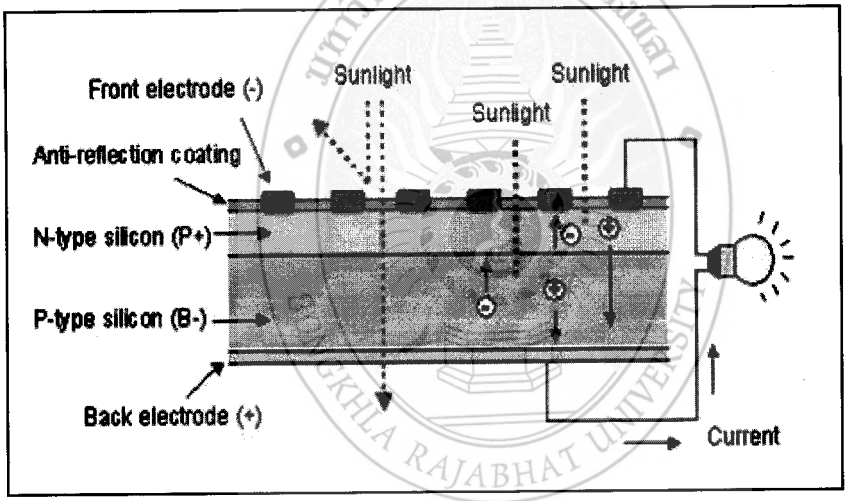
ข) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนแบบผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาต้นทุนสูงของแบบผลึกเดี่ยวซิลิคอนแบบผลึกรวมก็คือ การนำเอา ซิลิคอนบริสุทธิ์มาหลอมในเบ้าให้เป็นแท่ง แล้วปล่อยให้เย็นตัวลงช้า ๆ หลังจากนั้นนำมาตัดเป็นแผ่น ๆ เรียกว่า เวเฟอร์ หนาประมาณ 300-400 ไมโครเมตร แล้วนำไปทำ p-n junction ต่อไป

ค) เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิลม์บางเพียง 0.5 ไมคอน (0.0005) น้ำหนักเบามาก และประสิทธิภาพเพียง 5-10 % การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส มีวิธีการผลิตที่ต่างจากแบบผลึกโดยสิ้นเชิง โดยจะเป็นลักษณะของแผ่นฟิลม์บาง ไม่ใช้เวเฟอร์ โดยจะสร้างแผ่นฟิลม์บางของซิลิคอนบนแผ่นฐานรองโดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า CVD (Chemical Vapor Deposition) ซึ่งจะมีระบบนำก๊าซที่มีซิลิคอนอยู่เช่น ก๊าซไซเรน (SiH4) ผ่านเข้าไปในท่อสุญญากาศ และตรงบริเวณที่วางแผ่นฐานรองก็จะมีการกระตุ้น เช่น โดยพลาสมา เพื่อส่งพลังงานให้ซิลิคอนแยกตัวออกจากก๊าซเข้าไปจับตัวกันบนแผ่นฐานรอง โดยส่วนใหญ่จะเป็น แก้ว สเตนเลส หรือพลาสติก ซึ่งได้ทำการเคลือบชั้นตัวนำโปร่งแสงไว้ก่อน โดยมีอุณหภูมิบนแผ่นฐานรองประมาณ 200-300 องศาเซลเซียส ซิลิคอนจะทับถม สะสมบนแผ่น เกิดเป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอน ในขั้นตอนนี้หากใส่ก๊าซที่มี Boron เช่น B2H6 เข้าไปด้วย เราก็จะได้แผ่นฟิลม์ที่เป็นอะมอร์ฟัสซิลคอนชนิด p และถ้าหากใส่ก๊าซที่มี phosphate เช่น PH3 จะได้แผ่นฟิลม์ที่เป็นอะมอร์ฟัสซิลคอนชนิด n ซึ่งจะเห็นได้ว่า ด้วยวิธีนี้สามารถควบคุมการไหลของก๊าซเพื่อสร้างให้เกิดชั้นของ pin อะมอร์ฟัสซิลิคอนขึ้นได้อย่างค่อนข้างง่ายดาย หลังจากได้โครงสร้าง pin แล้วก็จะสร้างส่วนของขั้วไฟฟ้าให้เสร็จเป็นเซลล์แสงอาทิตย์

**ตารางที่ 2-1** เปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาทำแผงโซล่าเซลล์

| ชนิดของวัสดุ | ประสิทธิภาพ | อายุการใช้งาน | ราคา | กำลังต่อพื้นที่ |
|---|---|---|---|---|
| Mono Crystalline | 10 – 13% | 25 – 30 ปี | สูง | สูง |
| Poly Crystalline | 9-13% | 10 ปี | ปานกลาง | ปานกลาง |
| Amorphous | 6 - 8% | 10 ปี | ต่ำ | ต่า |

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรงเมื่อแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกันพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำจึงสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้ดังภาพที่ 2-8

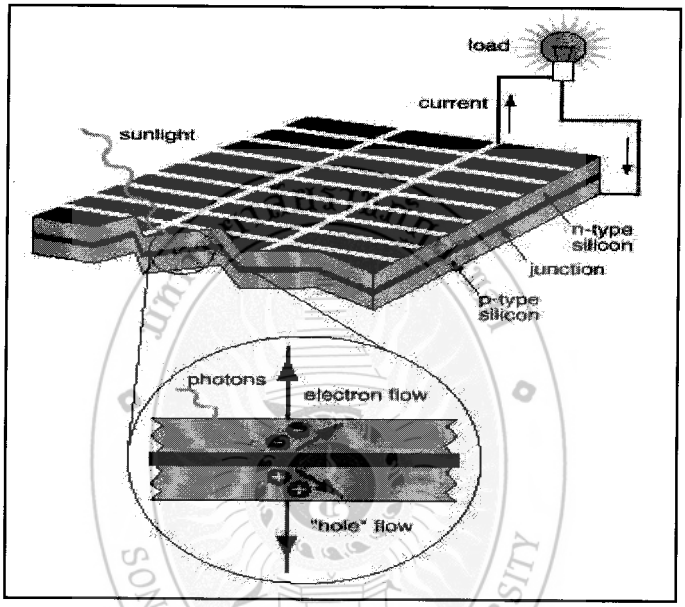



**ภาพที่ 2-8** การเกิดกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

(ที่มา : http://www.2.egat.co.th/re/sorarcell/soracall.htm)

n-type ซิลิคอน ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานแสงอาทิตย์ p-type ซิลิคอน คือตัวสารกึ่งตัวนำที่ได้การโดปปิ้งด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน(โฮล)เมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนเมื่อนำซิลิคอนทั้ง 2 ชนิด มาประกบต่อกันด้วย p-n junction จึงทำให้เกิดเป็น “เซลล์แสงอาทิตย์” ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด n-type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าขอเซลล์ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหน้าของ n-type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน p-type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหลัง

ของเซลล์ โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮล แต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อย ด้านหลังของ p-type ซิลิคอนจะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electroe ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮล เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n-type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น p-type อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจร




**ภาพที่ 2-9** การเกิดกระแสไฟฟ้า

(ที่มา: http://www.greenworld.in.th/solar/)

**ตารางที่ 2-2** ปริมาณความเข้มของแสง

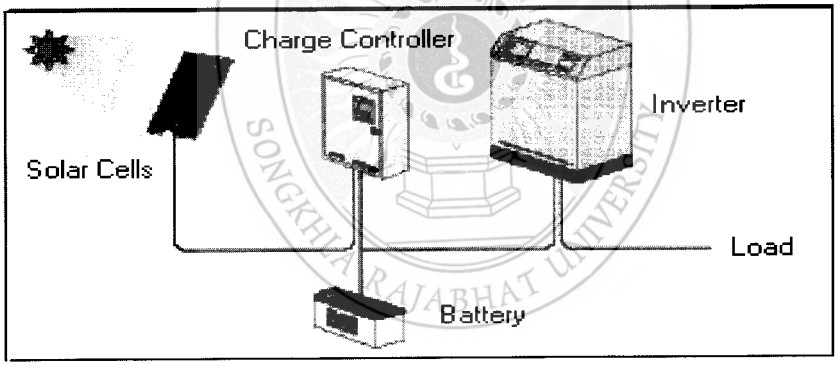
| แหล่ง | สภาพอากาศ/สถานที่ | ความสว่าง (Lux) |
|---|---|---|
| แสงอาทิตย์ (กลางวัน) | อากาศดีมาก | 120000 – 100000 |
| | อากาศดี | 100000 – 50000 |
| | มีเมฆ | 50000 – 10000 |
| | ฝนตก | 20000 -5000 |
| หลอดไฟนีออน | โต๊ะเขียนแบบ | 1000 |
| | สำนักงาน | 300 – 600 |
| | ห้องอาหาร ทางเดิน | ต่ำกว่า 200 |
| | บันได | ต่ำกว่า 200 |

พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงหนึ่งวัน จะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้รับตอนช่วงเช้าและเย็นที่มีความเข้มของแสงอาทิตย์น้อยกว่าตอนช่วงกลางวันนั้นเอาท์พุทจากเซลล์แสงอาทิตย์จะแปรผันตามไปด้วยในการใช้งานต่าง ๆ และยังขึ้นอยู่กับดวงอาทิตย์เนื่องจากมุมตำแหน่งของดวงอาทิตย์มองจากจุดต่าง ๆ บนโลกจะเปลี่ยนไปตามเดือนต่าง ๆ ของปี จึงทำให้การติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ จะต้องคำนึงถึงจุดนี้ด้วยสำหรับประเทศไทยนั้นอยู่ในตำแหน่งที่การติดตั้ง เพื่อใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ไม่ยาก

2.2.1 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบ่งเป็น 3 ระบบ คือ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand Alone System) ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid Connected System) และ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid System)

2.2.1.1 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand Alone System) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระแสดงดังภาพที่ 2-10

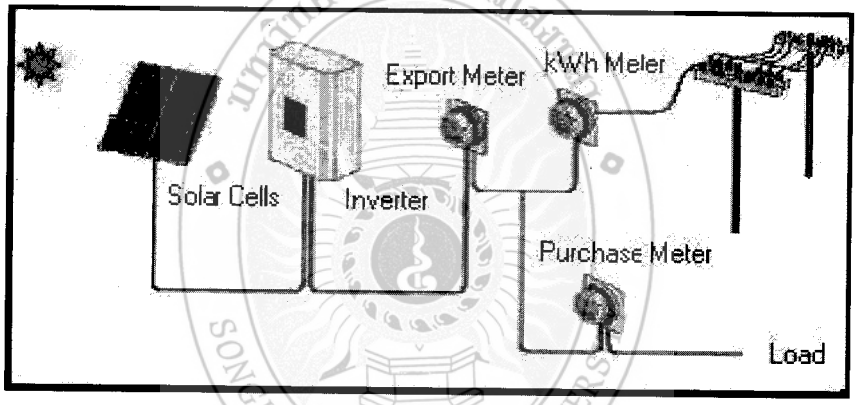



**ภาพที่ 2-10** ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ
(ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน, 2548)

อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าจาก National Grid โดยมีหลักการทำงานแบ่งได้เป็น 2 ช่วงเวลา กล่าวคือ ช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดพร้อมทั้งประจุพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินไว้ในแบตเตอรี่พร้อมๆ กัน ส่วนในช่วงกลางคืน เซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้รับแสงแดดจึงไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ดังนั้น พลังงานจากแบตเตอรี่ที่เก็บประจุไว้ในช่วงกลางวันจะ

ถูกจ่ายให้แก่โหลด จึงสามารถกล่าวได้ว่า ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้โหลดได้ทั้งกลางวันและกลางคืน อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิด Stand alone เป็นต้น

2.2.1.2 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid Connected System) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง ใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมือง หรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า แสดงดังภาพที่ 2-11

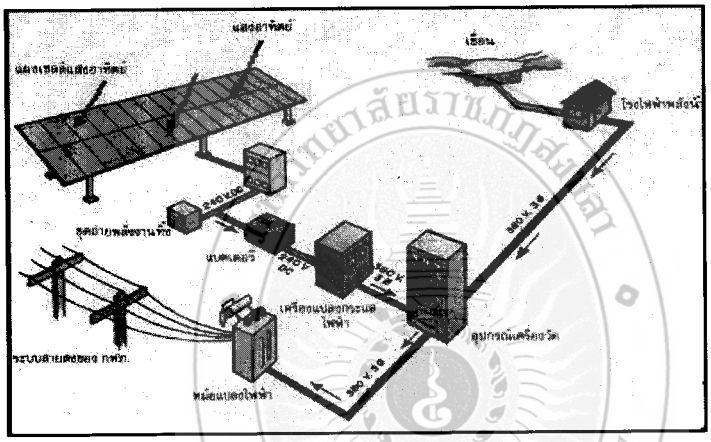



**ภาพที่ 2-11** ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย
(ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน, 2548)

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย เป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้า National Grid โดยตรง มีหลักการทำงานแบ่งเป็น 2 ช่วง กล่าวคือ ในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดได้โดยตรง โดยผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ และหากมีพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เกินจะถูกจ่ายเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้า สังเกตได้เนื่องจากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าจะหมุนกลับทาง ส่วนในช่วงกลางคืนเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ กระแสไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะจ่ายให้แก่โหลดโดยตรง สังเกตได้จากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าจะหมุนปกติ ดังนั้น ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบ

จำหน่ายจะเป็นการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าในเขตเมืองหรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า Grid connected เป็นต้น

2.2.1.3 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid System) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และเครื่องยนต์ดีเซล ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบตามวัตถุประสงค์โครงการเป็นกรณีเฉพาะ แสดงดังภาพที่ 2-12



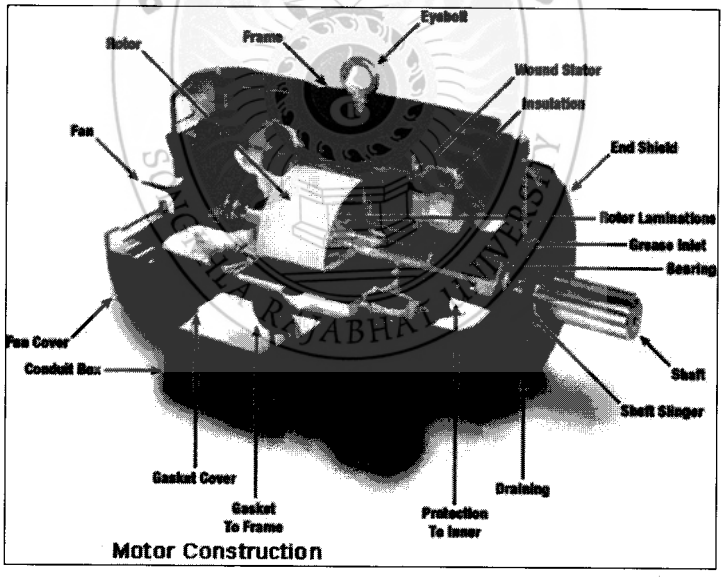
**ภาพที่ 2-12** ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน
(ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน, 2548)

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน เป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและเครื่องยนต์ดีเซล ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบตามวัตถุประสงค์โครงการเป็นกรณีเฉพาะ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและเครื่องยนต์ดีเซล มีหลักการทำงาน กล่าวคือ ในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าได้ จะจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิด Multi-Function ทำงานร่วมกับไฟฟ้าจากพลังงานลม จ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โหลดพร้อมทั้งทำงานประจุไฟฟ้าส่วนที่เกินไว้ในแบตเตอรี่ ในกรณีพลังงานลมต่ำไม่สามารถผลิตไฟฟ้าหรือเวลากลางคืนไม่มีไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดแบตเตอรี่จะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โหลด และกรณีแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้ามากจนถึงพิกัดที่ออกแบบไว้ เครื่องยนต์ดีเซลจะทำงานโดยอัตโนมัติเป็นอุปกรณ์สำรองพลังงาน

กล่าวคือจะจ่ายกระแสไฟฟ้าประจุแบตเตอรี่โดยตรงและแบ่งจ่ายให้แก่โหลดพร้อมกัน และหากโหลดมีมากเกินไประบบจะหยุดทำงานทันที และจะทำงานใหม่อีกครั้งเมื่อเซลล์แสงอาทิตย์หรือพลังงานลมสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าประจุแบตเตอรี่ได้ปริมาณตามพิกัดที่ออกแบบไว้พร้อมทั้งขนาดโหลดอยู่ในพิกัดที่ชุดแบตเตอรี่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้

**2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง**

มอเตอร์ คือ เครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล มอเตอร์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เท่านั้น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นจะใช้ในงานในด้านการขับเคลื่อนในแบบต่าง ๆ ที่มีอัตราเร็วไม่สูงมากนัก เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นมีแรงบิดเริ่มต้นที่ (Starting Torque) สามารถควบคุมอัตราเร็วได้ค่อนข้างง่าย แต่มีข้อเสียคือมีโครงสร้างที่ค่อนข้างซับซ้อนมากจึงไม่เหมาะที่จะใช้ในงานที่มีอัตราเร็วสูงมาก ๆ




**ภาพที่ 2-13** โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

(ที่มา: http://tularak1.multiply.com/journal/item/7/D.C._MOTOR)

2.3.1 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. Motor) ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนที่อยู่กับที่และส่วนที่เคลื่อนที่

2.3.1.1 ส่วนที่อยู่กับที่

เฟรม คือ เป็นโครงสร้างภายนอก ที่เรามองเห็นเป็นตัวมอเตอร์ จะทำหน้าที่เป็นเส้นทางเดินของสนามแรงแม่เหล็ก และเป็นที่ยึดส่วนต่าง ๆ ให้แข็งแรง

ขั้วแม่เหล็ก จะประกอบด้วย แกนขั้วแม่เหล็ก ส่วนนี้จะติดอยู่กับเฟรมและขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) ที่พันรอบ ๆ แกนขั้วแม่เหล็ก จะทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกและสร้างสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้เกิดแรงบิดขึ้น (Torque)

**ภาพที่ 2-14** ขั้วแม่เหล็กและขดลวดแม่เหล็กที่ยึดติดกับเฟรม

(ที่มา: http://tularak1.multiply.com/journal/item/7/D.C._MOTOR)

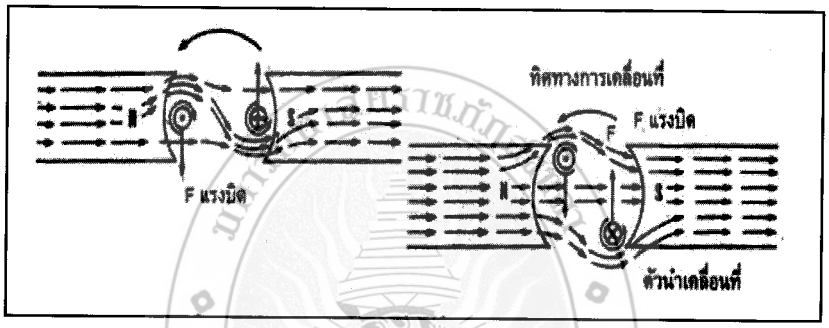
2.3.1.2 ส่วนที่เคลื่อนที่

ส่วนที่เคลื่อนที่หรือโรเตอร์ (Rotor) จะมีขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding ) ที่พันอยู่บนแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature Core) และมีคอมมิวเตเตอร์ยึดติดอยู่ที่ปลายของขดลวดอาร์เจอร์ ดังรูปภาพที่ 2-15

**ภาพที่ 2-15** โรเตอร์ของมอเตอร์กระแสตรง

(ที่มา: http://tularak1.multiply.com/journal/item/7/D.C._MOTOR)

ซึ่งในส่วนนี้ คอมมิวเตเตอร์จะทำหน้าที่ในการสัมผัสกับแปรงถ่านคาร์บอน (Carbon Brushes) ที่อยู่ในมอเตอร์เพื่อที่จะให้มีกระแสไหลผ่านไปยังขดลวดอาร์เมเจอร์ ทำให้เกิดการสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นเพื่อให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกันกับสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้มอเตอร์หมุนได้ หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. Motor) เมื่อมีกระแสไหลผ่านเข้าไปในมอเตอร์กระแสจะแบ่งออกไป 2 ทาง คือ ส่วนที่หนึ่งจะผ่านเข้าไปที่ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นและอีกส่วนหนึ่งจะผ่านแปลงถ่านคาร์บอนและผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นเช่นกัน




**ภาพที่ 2-16** แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของอาร์เมเจอร์ (โรเตอร์)
(ที่มา: http://tularak1.multiply.com/journal/item/7/D.C._MOTOR)

2.3.2 รายละเอียดพื้นฐานของมอเตอร์

รายละเอียดพื้นฐานของมอเตอร์ที่จะนำมาพิจารณาเลือกใช้กับงานต่าง ๆ ที่จะกล่าวถึงมีอยู่ 4 อย่าง คือ แรงดันไฟฟ้า (Voltage) การไหลของกระแส (Current Dawn) ความเร็ว (Speed) แรงบิด (Torque)

2.3.2.1 แรงดันไฟฟ้า (Voltage)

มอเตอร์ทุกตัวจะมีแรงดันไฟฟ้าใช้งานที่แตกต่างกันตามคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัวที่ผู้ผลิตกำหนดมาเช่น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ เป็นต้น สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นสามารถใช้ไฟกระแสตรงหรือกระแสสลับก็ได้ แต่ถ้าเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับจะใช้ไฟกระแสสลับเท่านั้นและแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์จะมีผลต่ออัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์คือ ถ้าหากแรงดันไฟฟ้ามากอัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ก็จะมากด้วย

2.3.2.2 การไหลของกระแส

ในการไหลของกระแสนั้นจะกล่าวถึงในกรณีที่มอเตอร์ได้รับกระแสจากแหล่งจ่าย ในกรณีที่มอเตอร์ไม่ได้ต่อกับโหลดใด ๆ นั้นจะมีกระแสไหลผ่านน้อย แต่ในกรณีที่มีการ

ใช้งานต่อกับโหลดจะมีปริมาณกระแสที่เพิ่มมากขึ้น การไหลของกระแสนั้นมีความจำเป็นเพราะถ้าหากกระแสไม่พอแล้วมอเตอร์ก็จะไม่มีกำลังเพียงพอสำหรับการขับโหลด และกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์จะมีผลต่ออัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ด้วย คือ ถ้าหากจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์มากอัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ก็จะมากด้วย

2.3.2.3 อัตราเร็ว

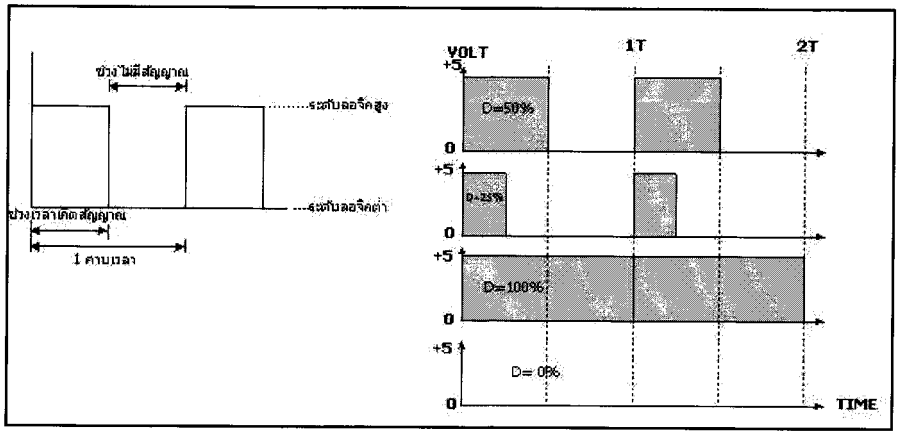
ส่วนใหญ่มอเตอร์กระแสตรงจะมีอัตราเร็วปกติที่ 4000-7000 รอบต่อนาที ซึ่งอัตราเร็วของมอเตอร์สามารถลดลงหรือเพิ่มขึ้นได้ตามความต้องการของผู้ใช้ ถ้าหากต้องการใช้งานที่ต้องการความเร็วมากก็ต้องเลือกมอเตอร์ที่มีอัตราเร็วสูง เป็นต้น

2.3.2.4 แรงบิด

เป็นแรงที่มอเตอร์กระทำกับโหลดในการพิจารณาเลือกมอเตอร์นั้นถ้าหากมีแรงบิดน้อยจะใช้งานได้กับโหลดที่ไม่หนักมากแต่ถ้ามีแรงบิดมากสามารถใช้งานกับโหลดที่มีน้ำหนักมากได้ในการพิจารณาเลือกใช้งานมอเตอร์จึงจำเป็นต้องรู้ข้อมูลพื้นฐานของมอเตอร์เพื่อที่จะเป็นข้อพิจารณาในการเลือกใช้งานต่อไป

2.3.2 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งอาจจะใช้วิธีการควบคุมแบบพื้นฐานทั่วไป เช่น การควบคุมด้วยวิธีการใช้ตัวต้านทานปรับค่าโดยต่ออนุกรมกับมอเตอร์ หรือ ใช้วิธีการควบคุมโดยการเปลี่ยนค่าของระดับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ แต่การควบคุมในวิธีดังกล่าวถึงแม้จะควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้คงที่ได้ แต่ความเร็วต่ำจะส่งผลให้แรงบิดต่ำไปด้วย ดังนั้นเราจึงเลือกใช้วิธีการควบคุมโดยการจ่ายกระแส ไฟให้กับมอเตอร์เป็นช่วง ๆ โดยอาศัยกระแสไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์ให้เป็นค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วง ซึ่งเราเรียกว่าวิธีการของการมอดูเลชั่นทางความกว้างพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation) การมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ PWM (pulse Widulation) จะเป็นการปรับเปลี่ยนที่สัดส่วน และความกว้างของสัญญาณพัลส์โดยความถี่ของสันญาณพัลส์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ค่าของดิวตี้ไซเกิล (duty cycle) นั่นเอง ซึ่งค่าของดิวตี้ไซเกิล คือช่วงความกว้างของพัลส์ทั้งหมด ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหากค่าดิวตี้ไซเกิลมีค่าเท่ากับ 50%ก็หมายถึงใน1รูปสัญญาณพัลส์จะมีช่วงของสัญญาณที่เป็นสถานะลอจิกสูงอยู่ครึ่งหนึ่ง และสถานะลอจิกต่ำอยู่อีกครึ่งหนึ่ง และในทำนองเดียวกันถ้าหากค่าดิวตี้ไซเกิลมีค่ามาก หมายความว่าความกว้างของพัลส์ที่เป็นสถานะลอจิกสูงจะมีความกว้างมากขึ้น หากค่าดิวตี้ไซเกิลมีค่าเท่ากับ 100% ก็หมายความว่าจะไม่มีสถานะลอจิกต่ำเลย ซึ่งค่าดิวตี้ไซเกิลสามารถ จะหาค่าความสัมพันธ์ได้ ดังนี้




**ภาพที่ 2-17** แสดงความกว้างของพัลท์ขนาดต่าง ๆ และ ค่าดิวตี้ไซเคิลของช่วงพัลท์ที่มีความถี่

(ที่มา: http://dk.coe.psu.ac.th/assign/gyro/gyrotest5.htm)

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยการออกแบบและสร้างรถตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้า

ทรงศักดิ์ ยาทะเล (2547) รายงานว่า จากการวิจัยและออกแบบและสร้างรถตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้า ที่มีส่วนประกอบหลักอยู่สองส่วน ส่วนแรกเป็นวงจรไฟฟ้าประกอบด้วยแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 60 แอมแปร์ / ชั่วโมง 2 ลูก วงจร แปลงผันแรงดันทบมีแรงดันด้านเข้าที่ 24โวลต์และแรงดันออก 240 โวลต์ ต่อกันอินเวอร์เตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ และมอเตอร์เหนี่ยวนำ สามเฟส 220 / 380 โวลต์ 50 เฮริตซ์ ขนาด 1 แรงม้าส่วนประกอบหลักส่วนที่สอง ตัวรถตัดหญ้าแยกเป็นสองส่วนคือ ส่วนของใบมีดตัดหญ้ามีลักษณะเป็นวงกลมมีความยาว 40 เซนติเมตร และส่วนปรับระดับความสูงต่ำของใบมีดสามารถปรับได้ 0 – 10 เซนติเมตร จากผลการทดสอบวงจรไฟฟ้าในส่วนของวงจรแปลงผันแรงดันที่ทดสอบ สามารถทำงานได้ดีที่แรงดันแบตเตอรี่ 20 – 25 โวลต์ โดยมีประสิทธิภาพการทำงานประมาณ 92 % ส่วนวงจรอินเวอร์เตอร์สามารถปรับความเร็วได้ 500 – 3,000 รอบต่อนาที ผลการทดสอบการตัดหญ้าสามารถตัดหญ้า 150 ตารางเมตร ภายใน 14 นาที โดยได้พื้นที่ต่อกาลังการทำงานไฟฟ้าที่ใช้ 41 เป็น 1.07 ตารางเมตรต่อวัตต์ต่อชั่วโมง และสามารถตัดหญ้าต่อเนื่องต่อการประจุแบตเตอรี่หนึ่งครั้งได้ 145 นาที หรือพื้นที่ 1,050 ตารางเมตร โดยได้พื้นที่ต่อกำลังการทำงานไฟฟ้าที่ใช้เป็น 0.84 ตารางเมตร ต่อวัตต์/ชั่วโมง

สมศักดิ์ แก้วปัญญา (2551) รายงานว่า เครื่องตัดหญ้าแบบนั่งขับ เป็นเครื่องตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์ขับเคลื่อนโดยน้ำมัน มีขนาดใบมีดตัด 30 ถึง 48 นิ้ว เครื่องตัดหญ้าแบบใบมีดหมุนเหวี่ยงนี้ จะมีใบจานหมุนด้วยความเร็วรอบสูงถึง 3,000 รอบต่อนาที จะต้องอาศัยกำลังจากเพลาส่งกำลังของรถแทรกเตอร์ ซึ่งจะต้องมีการทดรอบ การหมุนของเพลา ส่งกำลังผ่านชุดเฟืองเสียก่อนเพื่อเป็น

การเปลี่ยนแปลงกำลังให้แก่ใบมีด การเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของการหมุนใบมีดนี้สามารถทำการเพิ่มโดยทำการเปลี่ยนชุดเฟืองที่ห้องเกียร์ สามารถทำงานได้เร็วกว่า และประสิทธิภาพในการทำงานสูง ใบมีดแบบใบพัด ใบมีดอาจเป็นเพียงใบเดียวหรือเป็นกลุ่ม ลักษณะการตัดคล้ายเคียวเกี่ยวข้าว โดยใช้แรงเหวี่ยง จากความเร็วรอบสูงในแนวราบสนาม หญ้าที่ตัดด้วยใบมีดแบบนี้ จะไม่ค่อยราบเรียบนักและอาจทำให้ใบหญ้าแตกช้า เมื่อใช้ไปนาน ๆ ไปควรลับใบมีดให้คมก่อนตัดจะทำให้ตัดหญ้าได้ดีขึ้น

สรุปได้ว่า ความเร็วในการตัดหญ้าจะขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ ความราบเรียบ รูปร่างของสนามหญ้าและประสิทธิภาพของเครื่องตัดหญ้า โดยมีความกว้างของใบมีดตัดหญ้าเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณา คือยิ่งมีพื้นที่กว้างควรใช้ใบมีดที่มีขนาดกว้างให้พอเหมาะกัน อาทิ พื้นที่ 400 ตารางเมตร ควรใช้ใบมีดกว้าง 30.48 เซนติเมตร พื้นที่ 650 ตารางเมตร ควรใช้ใบมีดกว้าง 35.56 เซนติเมตร เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

# บทที่ 3
# ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ในการทำโครงการวิจัยครั้งนี้เพื่อพัฒนาระบบเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ และศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ใช้ในการสร้างเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ คณะผู้วิจัยมีวิธีการดำเดินงานในการทำโครงการวิจัยโดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องนำเสนอตามหัวข้อดังนี้

3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.2 การออกแบบเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์

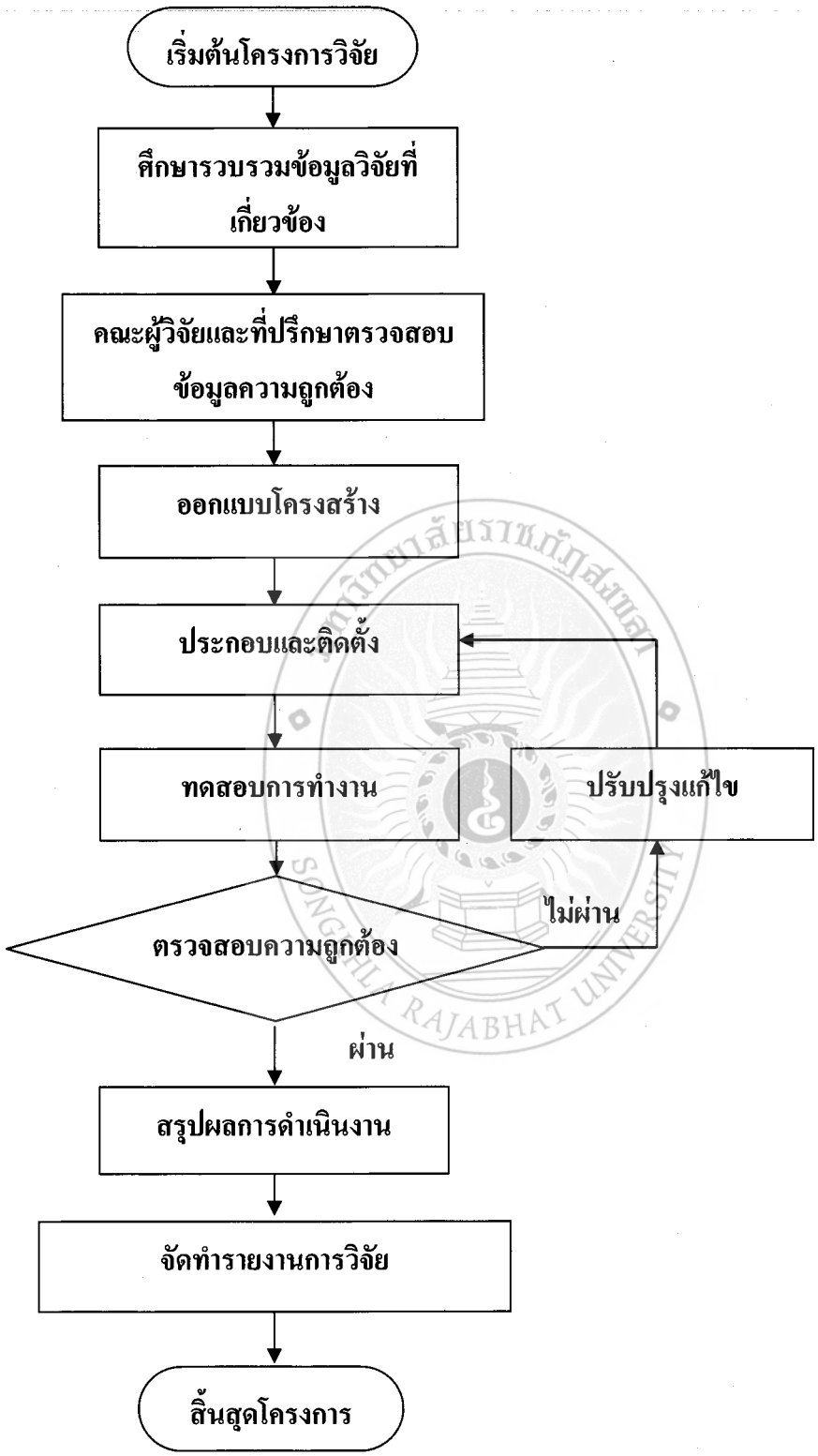
3.3 การติดตั้งและประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับโครงสร้างเครื่องตัดหญ้า

3.4 การออกแบบวงจรไฟฟ้าสำหรับควบคุมเครื่องตัดหญ้า

3.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

**3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย**

การจัดทำโครงการวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับ การสร้างเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เป็นแหล่งพลังงานเพื่อประยุกต์ใช้งานกับเครื่องตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้า โดยมีลำดับขั้นตอนวิธีการดำเนินโครงการวิจัย สามารถเขียนอธิบายเป็น ผังงานโปรแกรม (Program Flowchart) การเขียนผังโปรแกรมจะประกอบไปด้วยการใช้สัญลักษณ์มาตรฐานต่าง ๆ ที่เรียกว่า สัญลักษณ์ ANSI (American National Standards Institute) ในการสร้างผังงาน เพื่อใช้แทนการอธิบายลำดับขั้นตอนการดำเนินงานและให้การดำเนินงานเป็นไปตามขั้นตอนการทำงานอย่างเป็นระบบ ก่อนการเริ่มปฏิบัติงานได้มีการวางแผนการดำเนินโครงการวิจัยดังนี้




**ภาพที่ 3-1** ลำดับขั้นตอนการจัดทำโครงการวิจัย

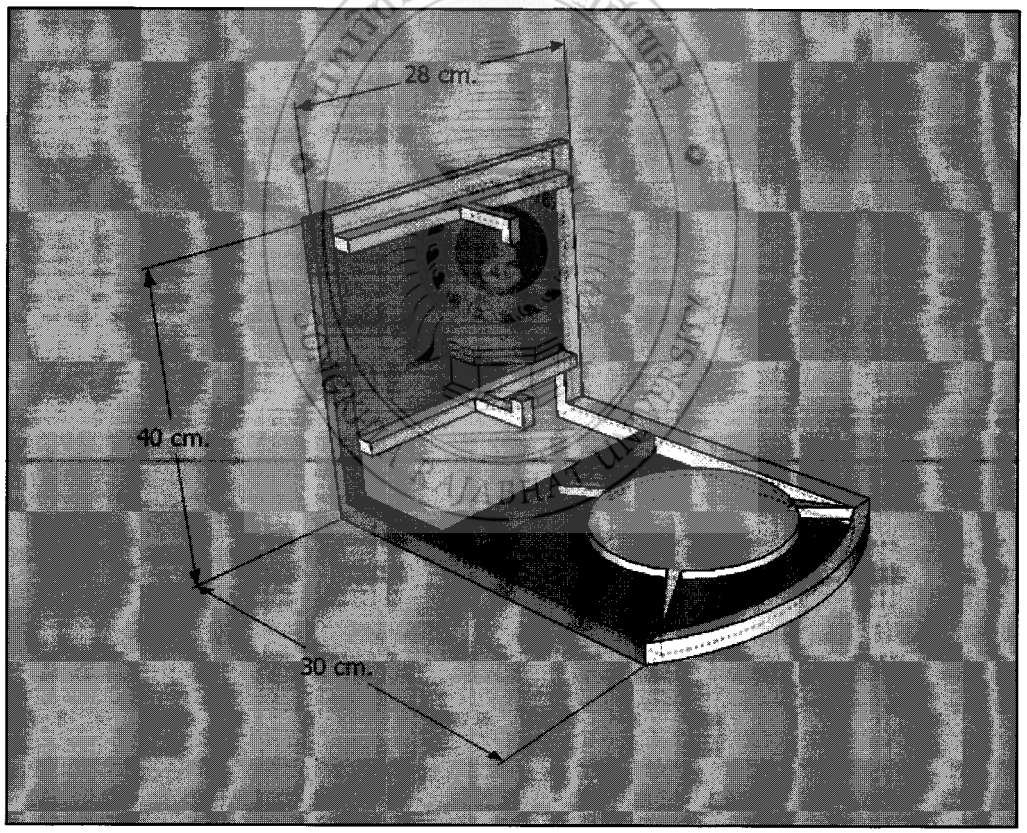
สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา



**3.2 การออกแบบเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์**

3.2.1 การออกแบบโครงสร้างเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์

จากการทำงานและข้อจำกัดของเครื่องตัดหญ้าชนิดใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (ต้องใช้ปลั๊กเสียบในการทำงาน) ที่ไม่สามารถนำไปตัดหญ้าบริเวณที่ไม่มีไฟฟ้าได้นั้น ทางคณะผู้วิจัยได้มีการออกแบบและปรับปรุงคุณสมบัติของเครื่องตัดหญ้าเพื่อให้สามารถใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น โดยเปลี่ยนมอเตอร์ขับใบมีดตัดหญ้าจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้ทุกพื้นที่แทนเครื่องตัดหญ้าชนิดใช้แหล่งพลังงานเชื้อเพลิง และมีการชดเชยพลังงานด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้สามารถใช้งานได้นานยิ่งขึ้น โดยทำการออกแบบโครงสร้างของเครื่องตัดหญ้าพลังงานแบตเตอรี่ขนาดกว้าง 28 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 3-2



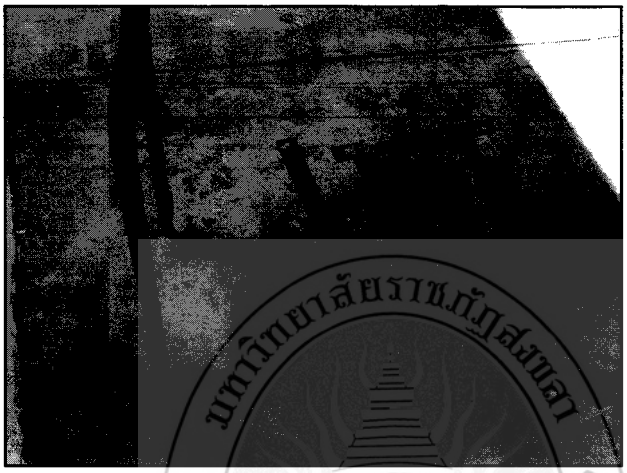

**ภาพที่ 3-2** แบบโครงสร้างของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์

ก
631.37
ท36ก

17 พ.ค. 2561

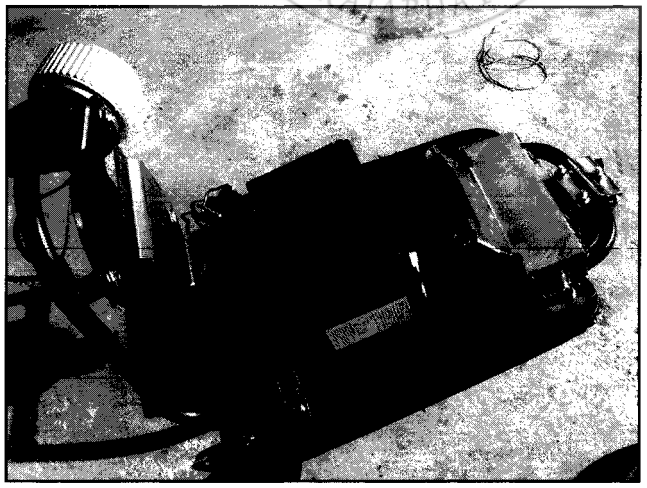
3.2.2 การจัดทำโครงสร้างเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์

การออกแบบโครงสร้างของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยให้โครงสร้างซึ่งมีลักษณะเป็นรูปทรงสะพายหลังขนาดกว้าง 28 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 3-3



**ภาพที่ 3-3** เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์

โครงสร้างของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ ที่พร้อมต่อเติมโครงสร้างแบบติดตั้งแบตเตอรี่สำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง แสดงดังภาพที่ 3-4



**ภาพที่ 3-4** การสร้างโครงสร้างเครื่องตัดหญ้าสำหรับติดตั้งแบตเตอรี่

**3.3 การติดตั้งและประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับโครงสร้างเครื่องตัดหญ้า**

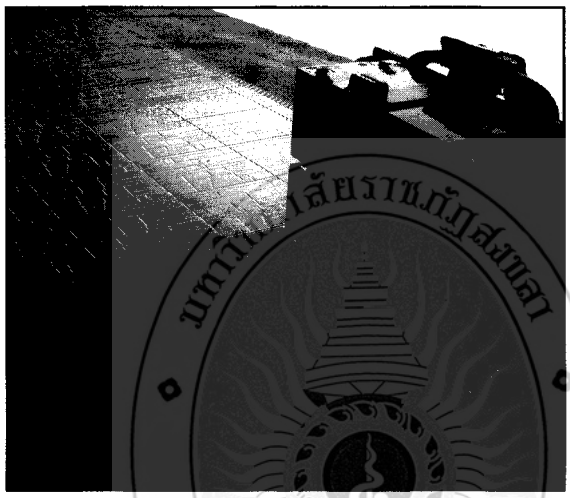
3.3.1 การติดตั้งเบาะรองหลังพร้อมสายสะพาย โดยดำเนินการติดตั้งเบาะรองหลังเพื่อประโยชน์ในการลดแรงกระแทกจากการทำงานในการตัดหญ้า โดยทำการติดตั้งพร้อมสายสะพายหลัง และทดสอบการทำงานเพื่อปรับตำแหน่งของสายสะพายที่เหมาะสมในการใช้งาน

**ภาพที่ 3-5** การติดตั้งเบาะรองหลังพร้อมสายสะพาย

3.3.2 การติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงประกอบเข้ากับใบมีดตัดหญ้า โดยเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 36 โวลต์ ทำการติดตั้งเข้ากับฐานของมอเตอร์ที่ยึดจับตัวโครงสร้าง

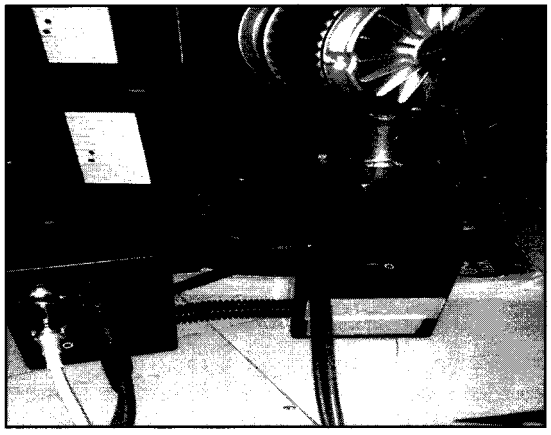
**ภาพที่ 3-6** การติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 36 โวลต์

3.3.3 การติดตั้งแบตเตอรี่เพื่อเป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า เมื่อทำการออกแบบโครงสร้างของเครื่องตัดหญ้าสำหรับรองรับการติดตั้งแบตเตอรี่ขนาด 12 V 9 Ah ในการพัฒนาโครงการวิจัยครั้งนี้ต้องการใช้แรงดันไฟฟ้าสำหรับเป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้แก่เครื่องตัดหญ้าจำนวน 36 โวลต์ ดังนั้นต้องทำการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม โดยวางซ้อนกันจำนวน 3 ลูก ยึดติดไว้กับโครงสร้างและมีเหล็กแผ่นยึดแบตเตอรี่เพื่อป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่เคลื่อนที่ แสดงดังภาพที่ 3-7



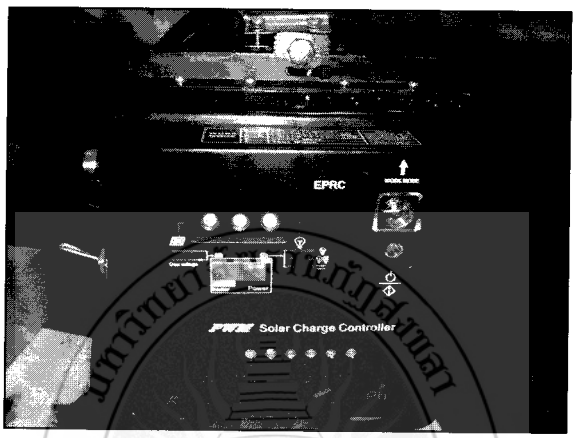
**ภาพที่ 3-7** การติดตั้งแบตเตอรี่เข้ากับโครงสร้างของเครื่องตัดหญ้า

3.3.4 การติดตั้งชุดวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับใช้ควบคุมความเร็วในการหมุนของใบมีดตัดหญ้า โดยทำการติดตั้งชุดวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์เพื่อยึดกับโครงด้านหน้าของโครงสร้างเครื่องตัดหญ้า แสดงดังภาพที่ 3-8



**ภาพที่ 3-8** การติดตั้งชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

3.3.5 การติดตั้งอุปกรณ์ชาร์จคอนโทรลเลอร์สำหรับใช้ในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อทำการชาร์จพลังงานไฟฟ้าเข้ามาเก็บไว้ในแบตเตอรี่ขนาด 12 V 9 Ah จำนวน 3 ลูก โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ชาร์จคอนโทรลเลอร์เข้ากับโครงสร้างเครื่องด้านหลังที่ได้ทำการออกแบบไว้สำหรับให้ผู้ใช้งานได้สะพายหลังเพื่อแบกรับน้ำหนักของอุปกรณ์ชาร์จคอนโทรลเลอร์และแบตเตอรี่ แสดงดังภาพที่ 3-9

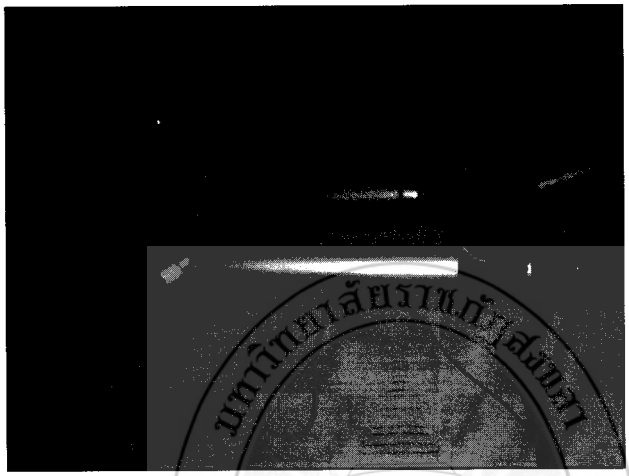



**ภาพที่ 3-9** การติดตั้งอุปกรณ์ชุดชาร์จคอนโทรลเลอร์

3.3.6 การติดตั้งชุดอุปกรณ์ด้ามตัดสำหรับใช้ยึดเพื่อเป็นฐานในการประกอบของใบมีดตัดหญ้า พร้อมดำเนินการต่อท่อร้อยสายชนิดท่ออ่อนสำหรับเดินสายนำสัญญาณไฟฟ้าเข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แสดงดังภาพที่ 3-10

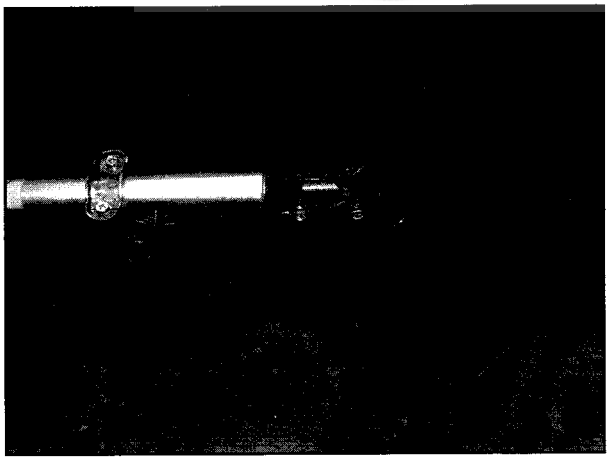
**ภาพที่ 3-10** การติดตั้งชุดอุปกรณ์ด้ามตัดของใบตัดหญ้า

3.3.7 การติดตั้งชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบคันเร่ง ซึ่งทางคณะผู้วิจัยได้ประยุกต์การใช้งานให้คล้ายกับชุดคันเร่งของรถมอเตอร์ไซค์เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานของผู้ที่ปฏิบัติงานในการใช้งานเครื่องตัดหญ้าแบบสะพายข้างลำตัว โดยทำการติดตั้งชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบคันเร่งประกอบเข้ากับชุดด้ามตัดของใบมีดหญ้า



**ภาพที่ 3-11** การติดตั้งชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบคันเร่ง

3.3.8 การติดตั้งชุดใบมีดตัดหญ้าเข้ากับฐานยึดและแผ่นกั้นสำหรับใช้ป้องกันเศษหิน หรือวัสดุอื่น ๆ ที่จะกระเด็นเข้ามาหาผู้ที่ปฏิบัติงาน โดยทำการติดตั้งชุดใบมีดตัดหญ้าขนาด 12 นิ้ว เข้ากับปลายของชุดด้ามตัดเครื่องตัดหญ้า แสดงดังภาพที่ 3-12

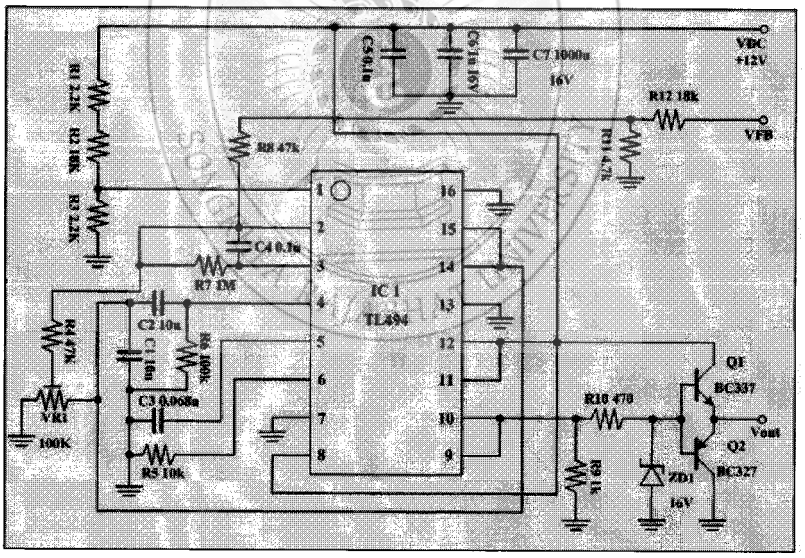


**ภาพที่ 3-12** การติดตั้งชุดใบมีดตัดหญ้า

### 3.4 การออกแบบวงจรไฟฟ้าสำหรับควบคุมเครื่องตัดหญ้า

การออกแบบวงจรสำหรับควบคุมเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ในโครงการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการออกแบบโดยใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งมีกำลังไฟฟ้า 10 วัตต์ แรงดัน 12 โวลต์ จ่ายกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 0.58 แอมแปร์ ต่อ ชั่วโมง ทำการต่อแบบอนุกรมจำนวน 2 แผง ซึ่งทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 24 โวลต์ และกำลังไฟฟ้าจำนวน 20 วัตต์ ต่อผ่านวงจรควบคุมการชาร์จที่ทนกระแสได้สูงสุด 5 แอมแปร์ ชาร์จให้กับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 7.5 แอมแปร์ โดยต่อวงจรแบบอนุกรมซึ่งทำให้มีแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 24 โวลต์ จ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 250 วัตต์ ความเร็วรอบสูงสุดที่ 2,700 รอบต่อนาที จากวงจรจะเห็นว่าก่อนที่จะส่งกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะมีชุดควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ โดยแบ่งออกเป็นสองส่วนคือชุดสร้างสัญญาณพัลส์ที่รับแรงดันไฟฟ้าขนาด 12โวลต์ และชุดขับมอเตอร์จะใช้แรงดันขนาด 24 โวลต์ จะเห็นได้ว่าการออกแบบวงจรนี้สามารถที่จะทำการปรับความเร็วของมอเตอร์ได้ดังแสดงในรูปที่ 3-13

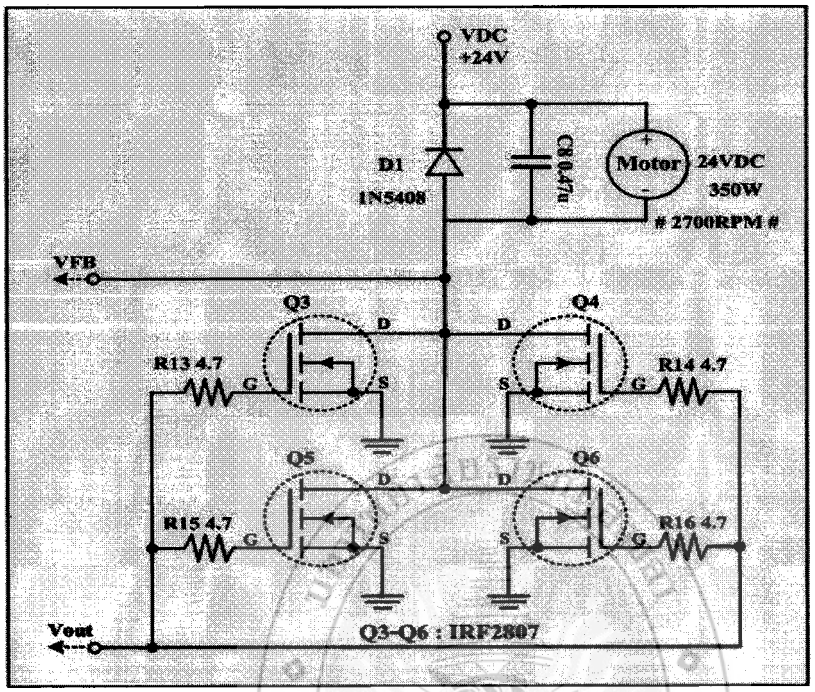
3.4.1 วงจรที่ใช้สร้างสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation)




**ภาพที่ 3-13** วงจรที่ใช้สร้างสัญญาณความกว้างพัลส์

จากภาพที่ 3-13 จะเห็นว่าเป็นลักษณะของวงจรสร้างสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมโดยใช้ไอซีไทม์เมอร์ตระกูล TL เบอร์ TL494 เป็นตัวสร้างสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยม โดยได้กำหนดให้วงจรนี้มีค่าความถี่เท่ากับ 2.8 กิโลเฮิร์ต สามารถปรับค่าของความกว้างของพัลส์ได้

3.4.2 วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง




**ภาพที่ 3-14** วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จากภาพที่ 3-14 วงจรชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ออกแบบโดยใช้ไอซีเบอร์ TL494 เป็นตัวสร้างสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมที่สามารถปรับค่าความกว้างของพัลส์ (Duty Cycle) ได้ โดยจากการออกแบบวงจรนั้นสามารถที่จะปรับค่าความกว้างของพัลส์ (Duty Cycle) ได้ตั้งแต่ 1% ถึง 99% เพื่อที่จะทำการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ MOSFET เบอร์ IRF2807 ทั้ง 4 ตัว โดยที่ MOSFET เบอร์ IRF2807 ทั้ง 4 ตัวนี้จะทำหน้าที่เป็นตัว Switching ให้กับวงจรที่ใช้ในการควบคุมการไหลของกระแสเข้าสู่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24 V (350W) สาเหตุที่ใช้ MOSFET เบอร์ IRF2807 จำนวน 4 ตัว ก็เพื่อแบ่งกระแสให้ MOSFET แต่ละตัวนั้นทำงานไม่ให้ทำงานหนักมากจนเกินไป และเป็นการควบคุมความร้อนสะสมที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไม่ให้มีค่าความร้อนสูงมากเกินไปจนอาจทำให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ได้ ตัวอย่างการทำงานเช่น เมื่อค่าของค่าความกว้างพัลส์ (Duty Cycle) มีค่าน้อย หมายถึง กระแสก็จะไหลได้น้อย ส่งผลให้มอเตอร์ไฟฟ้าหมุนได้ช้า จึงทำให้มีความเร็วในการหมุนไม่มาก แต่หากค่าความกว้างของพัลส์ (Duty Cycle) มีค่ามาก กระแสก็จะไหลได้มาก ส่งผลให้มอเตอร์ไฟฟ้าหมุนได้เร็วขึ้นทำให้มอเตอร์ของเครื่องตัดหญ้ามีความเร็วในการหมุนเพิ่มมากขึ้น

**3.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ**

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ มีดังต่อไปนี้

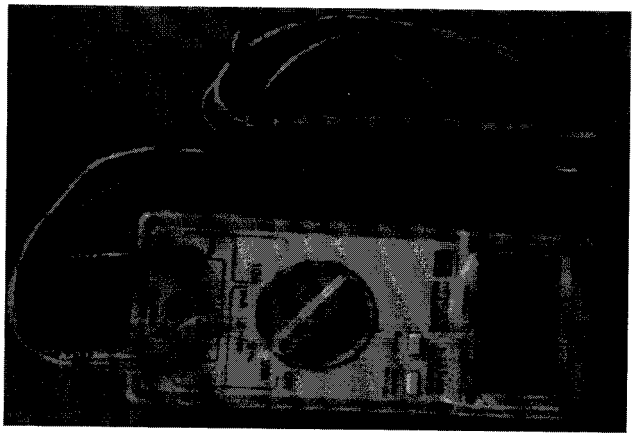
3.5.1 ออสซิลโลสโคป

ใช้สำหรับทดสอบวัดค่าความกว้างของสัญญาณพัลส์ (Duty Cycle) สำหรับชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ที่สร้างสัญญาณพัลส์ แสดงดังภาพที่ 3-15

**ภาพที่ 3-15** เครื่องมือออสซิลโลสโคป

3.5.2 มัลติมิเตอร์ HP (Hewlett Packard รุ่น E 2373A)

ใช้สาหรับวัดค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้าขณะทดสอบวงจรเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าในส่วนของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ โดยต่อสายบวก (สีแดง) เข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ ต่อสายลบ (สีดำ) เข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่ แสดงดังภาพที่ 3-16



**ภาพที่ 3-16** มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล

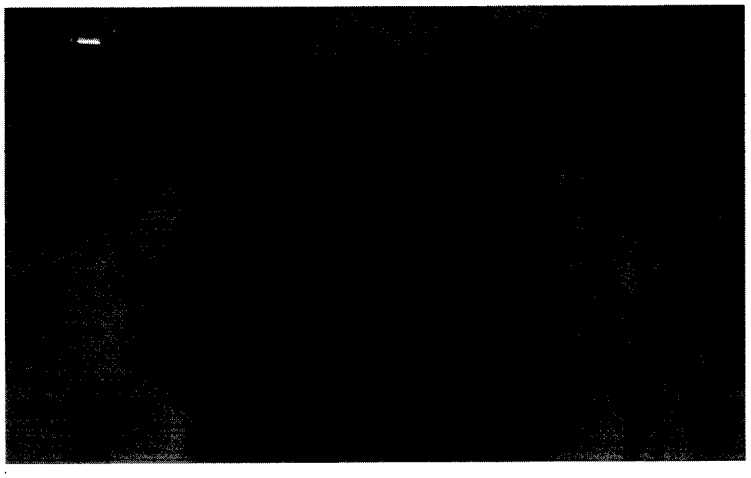
3.5.4 เครื่องวัดความเร็วรอบ (Standard รุ่น ST- 6236B)

ใช้สำหรับวัดค่าความเร็วรอบใบมีดตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าในขณะใช้งานเพื่อทำการทดสอบหาค่าความเร็วรอบที่เหมาะสม และตั้งค่าในการควบคุมความเร็วรอบของใบมีดตัดหญ้าที่ค่า Duty Cycle ต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 3-17

**ภาพที่ 3-17** เครื่องวัดความเร็วรอบ

3.5.5 เครื่องประจุกระแสไฟฟ้าแบตเตอรี่

ใช้สำหรับเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อประจุกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่เพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้แก่เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า สำหรับแทนการชาร์จด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงดังภาพที่ 3-18



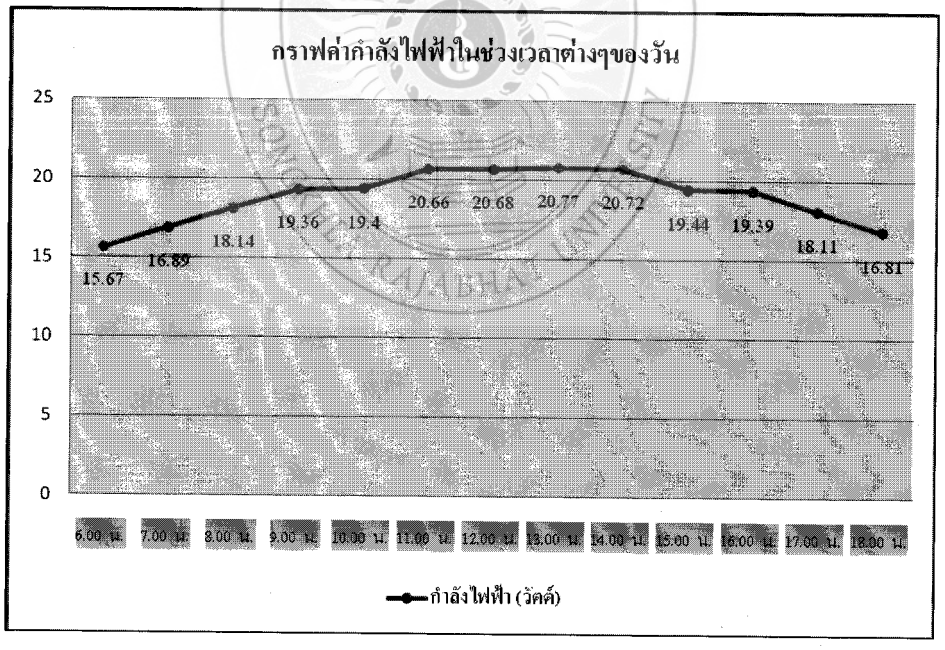
**ภาพที่ 3-18** เครื่องประจุกระแสไฟฟ้าแบตเตอรี่

# บทที่ 4
# ผลการทดลอง

จากการดำเนินโครงการวิจัยในการพัฒนาสร้างเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวัสดุอุปกรณ์โครงสร้างที่ใช้ในการสร้างเครื่องตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้า และได้ทำการทดลองประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้า มีรายละเอียดและผลการทดลองดังนี้

## 4.1 การทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ในแต่ละช่วงเวลาต่าง ๆ ของวัน

การทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ในแต่ละช่วงเวลาช่วงต่าง ๆ ของวัน เพื่อหาความสัมพันธ์ของกระแส และแรงดันของโซล่าเซลล์ที่เวลาต่าง ๆ ของวัน และหาความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของโซล่าเซลล์ที่เวลาต่าง ๆ ของวัน ผลการทดสอบแสดงดังภาพที่ 4-1



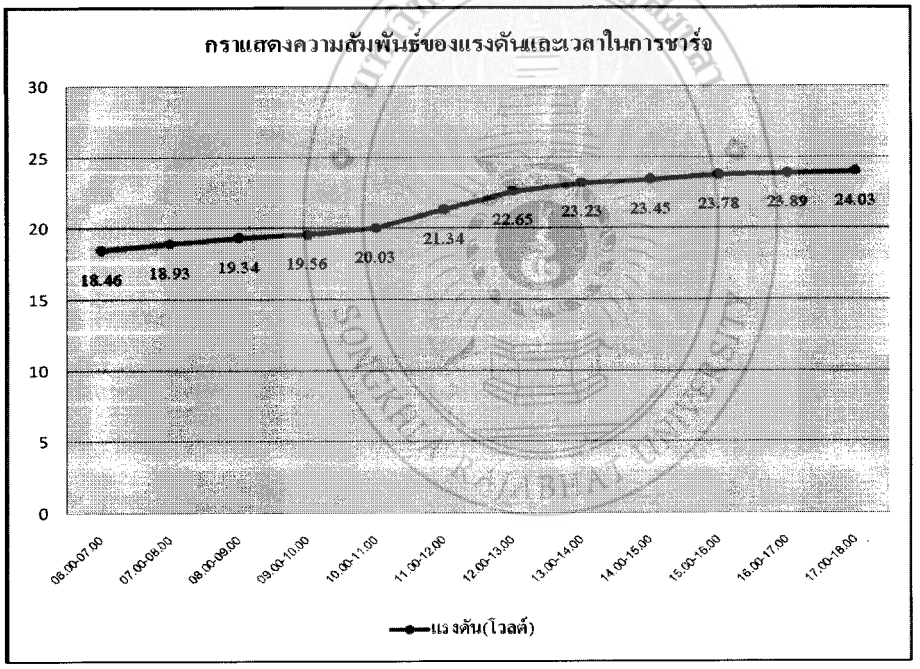

**ภาพที่ 4-1** กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวัน

จากการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ เมื่อทำการทดลองโดยการวัดกระแสลัดวงจรและแรงดันขณะเปิดวงจร รวมทั้งวัดกระแสและแรงดันสูงสุดที่เกิดขึ้นในแต่ละ

ช่วงเวลาต่าง ๆ ของวันตั้งแต่เวลา 06.00 - 18.00 น. ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของวันที่ได้จากการวัดคือ 20.77 วัตต์ ช่วงเวลา 12.30 น. และค่ากำลังไฟฟ้าต่ำสุดของวันคือ 15.67 วัตต์ ช่วงเวลา 8.00 น. ในการทดลองทำให้พบว่าในช่วงเวลาที่ให้กำลังไฟฟ้าในการผลิตสูงสุดของวันจะเป็นช่วงเวลาระหว่าง 11.00 - 13.00 น. นั้นคือเป็นช่วงที่เหมาะสมในการที่จะชาร์จแบตเตอรี่ได้เต็มปริมาณสูงสุด แต่ในช่วงเวลาอื่น ๆ ก็สามารถทำการชาร์จได้เช่นกันแต่อาจจะไม่ได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดตามที่ต้องการ

**4.2 การทดสอบการควบคุมการชาร์จของแบตเตอรี่**

การทดสอบการควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ ทำการทดสอบช่วงเวลาตั้งแต่เวลา 09.00 น. – 15.00 น. จากนั้นทำการสังเกตดูความเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เพิ่มขึ้นหาผลต่างในแต่ละช่วงเวลาทุก ๆ 30 นาที ผลจากการทดสอบแสดงดังภาพที่ 4-2



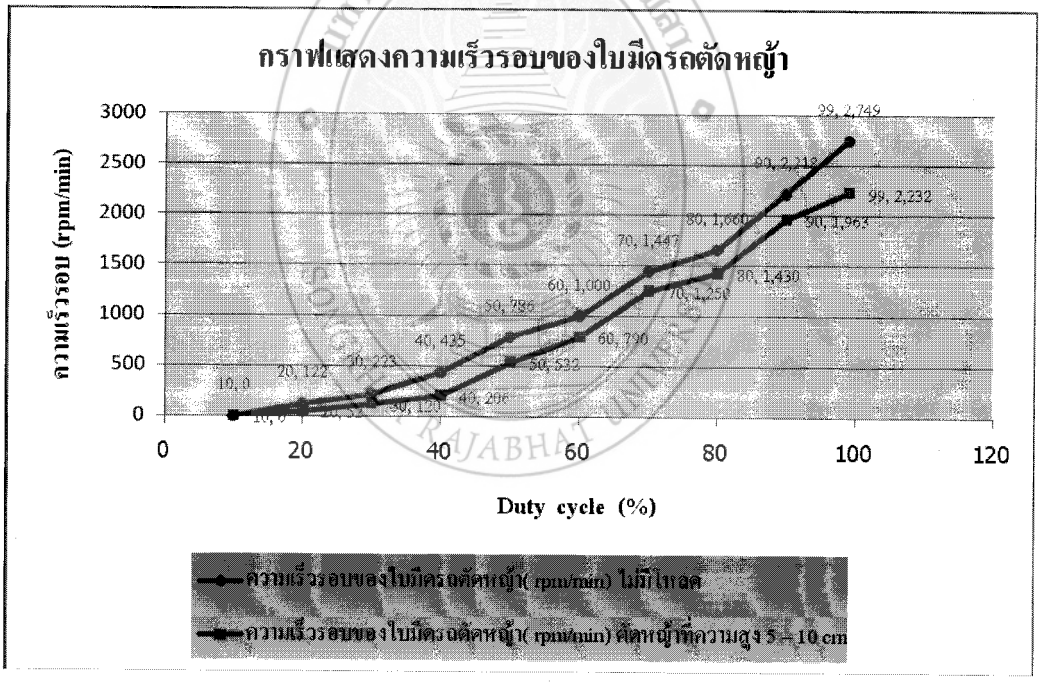

**ภาพที่ 4-2** กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงดันและเวลาในการชาร์จ

จากการทดสอบวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ 24 โวลต์ที่แรงดันเริ่มต้นมีค่าที่ 18โวลต์ จะเห็นได้ว่าจากภาพที่ 4-2 ทำให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของแรงดันและเวลาที่ใช้ในการชาร์จตั้งแต่ช่วงเวลา 06.00 - 18.00 น. ช่วงเวลาที่ชาร์จได้ค่าแรงดันสูงที่สุดคือช่วงเวลา 12.00 - 13.00 น. แรงดันที่ได้คือ 22.60 โวลต์ และช่วงเวลาที่ชาร์จได้ค่าแรงดันต่ำที่สุดคือช่วงเวลา 08.00 - 7.00 น. แรงดันที่ได้คือ 18.46 โวลต์ แรงดันที่ได้จากการชาร์จทั้งวันคือ 24.21 โวลต์ การทดสอบพบว่าใน

การชาร์จช่วงแรกนั้นแรงดันจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงช่วงระยะเวลาหนึ่งแรงดันจึงจะเพิ่มขึ้นตามลำดับอย่างสม่ำเสมอ และเมื่อถึงค่าพิกัดของแรงดันที่สูงนั้นคือ 24 โวลต์จะเห็นได้ว่าแรงดันจะเข้าสู่สภาวะคงที่และจะไม่เพิ่มจากเดิมมากนัก

### 4.3 การทดสอบความเร็วรอบในการตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า

การทดสอบความเร็วรอบในการตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้านั้น การวัดทำการวัดความเร็วรอบของใบมีดเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า 2 สถานะคือ ไม่มีโหลด และตัดหญ้าที่ความสูง 5-10 เซนติเมตร โดยทำการปรับค่า Duty Cycle โดยการปรับค่า Duty Cycle จะทำการปรับค่าตั้งแต่ 1% , 10% , 20% , 30% , 40% ,50% , 60% , 70% , 80 % , 90% , จนถึง 99 % , จากนั้นทำการวัดค่าความเร็วในแต่ละค่าของค่า Duty Cycle โดยทำการทดสอบใน 2 สภาวะที่กล่าวมา จะได้ผลจากการทดสอบแสดงดังภาพที่ 4-3



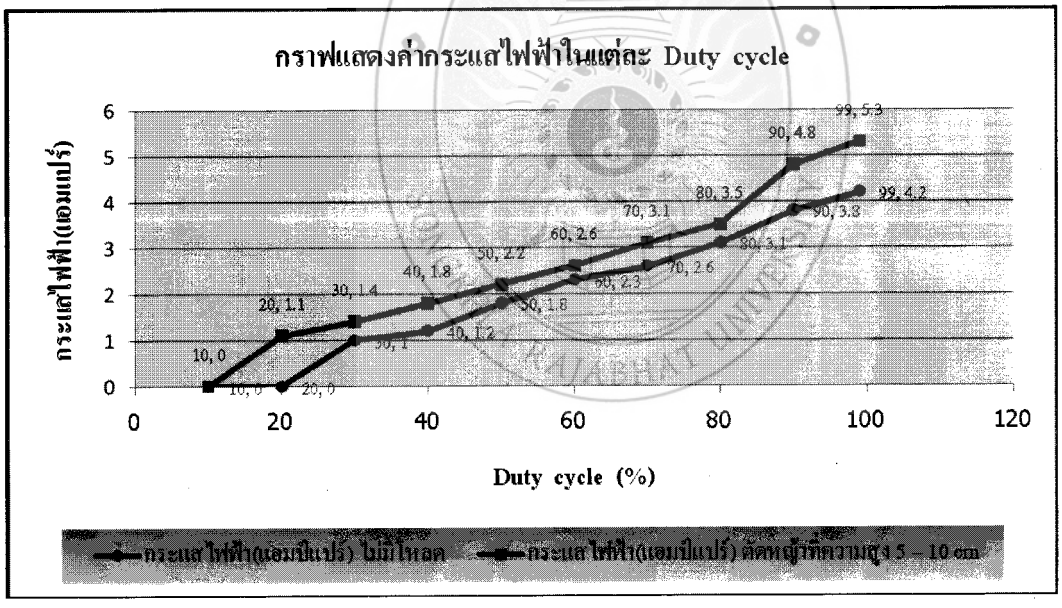

**ภาพที่ 4-3** แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Duty Cycle กับความเร็วรอบของใบมีดตัดหญ้า

จากภาพที่ 4-3 พบว่าค่าความเร็วรอบของใบมีดเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าทำการตัดหญ้าที่ค่า Duty Cycle ที่ 0% และ 10 % จะไม่เกิดความเร็วรอบทั้ง 2 สภาวะทั้งแบบไม่มีโหลดและมีโหลดคือหญ้าที่ความสูงขนาด 5 – 10 เซนติเมตร เพราะว่าค่าแรงดันที่ค่า Duty Cycle ดังกล่าวมีค่ากระแสไฟฟ้าน้อยเกินไปทำให้ไม่พอแก่การขับเคลื่อนมอเตอร์ ให้หมุนเพื่อเกิดความเร็วรอบได้ การ

ตัดหญ้าในสภาวะที่มีโหลดจะมีความเร็วรอบที่น้อยกว่าสภาวะที่ไม่มีโหลด เนื่องจากหญ้าที่ตัดทำให้ค่าความเร็วรอบลดน้อยลงไปและเมื่อปรับค่า Duty Cycle สูงขึ้นทำให้ค่าความเร็วในการตัดหญ้าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และเมื่อปรับค่า Duty Cycle ที่สูงไปจนถึงระดับสุดท้าย ความเร็วรอบจะเพิ่มขึ้น จากการทดสอบจะเห็นความแตกต่างระหว่างสองสภาวะได้อย่างชัดเจน การวัดความเร็วรอบขณะตัดหญ้าที่ไม่มีโหลดได้ความเร็วรอบสูงสุด คือ 2,749 รอบต่อนาที ที่ค่า Duty Cycle ที่ 99 % และความเร็วรอบต่ำสุดคือ 122 รอบต่อนาที ที่ค่า Duty Cycle ที่ 20 % การวัดความเร็วรอบขณะตัดหญ้าที่ทำการตัดหญ้า ณ ความสูง 5– 10 เซนติเมตรจะได้ความเร็วรอบสูงสุด คือ 2,232 รอบต่อนาที ที่ค่า Duty Cycle ที่ 99 % และความเร็วรอบต่ำที่สุดคือ 52 รอบต่อนาที ที่ค่า Duty Cycle ที่ 20 %

### 4.4 การทดสอบการวัดค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละ Duty Cycle

การทดสอบการวัดค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละ Duty Cycle โดยจะมี 2 สภาวะ คือสภาวะที่ตัดหญ้าที่ความสูง 5 - 10 เซนติเมตร และสภาวะไม่มีโหลด ได้ผลจากการทดสอบแสดงดังภาพที่ 4-4



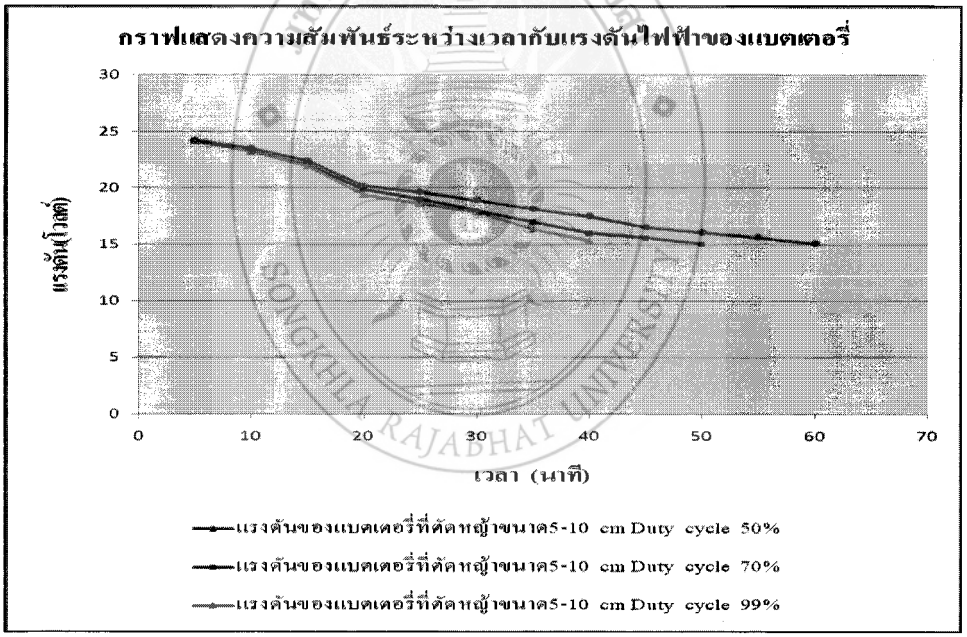

**ภาพที่ 4-4** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Duty Cycle กับกระแสไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์

จากภาพที่ 4-4 จะเห็นได้ว่าค่ากระแสไฟฟ้าที่ค่า Duty Cycle ที่ 0% และ 20 % จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหล เนื่องจากค่า Duty Cycle นั้นปรับเปลี่ยนค่าที่ค่าน้อยทำให้ไม่เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า จากกราฟเมื่อปรับค่า Duty Cycle ตามระดับที่ระบุไว้ในการทดสอบ กระแสไฟฟ้าก็จะไหลเพิ่มขึ้นตามค่า Duty Cycle จนถึงค่าที่สูงที่สุด ที่ 99 % ของ Duty Cycle ดังนั้นจะเห็นว่าที่ค่า Duty Cycle สูง ๆ มอเตอร์ไฟฟ้าจะดึงกระแสมากขึ้น ส่งผลทำให้ใบมีดเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าหมุนเร็ว

ขึ้น จากการทดสอบวัดค่ากระแสไฟฟ้าในสภาวะที่ไม่มีโหลดในแต่ละ Duty Cycle ต่าง ๆ วัดได้ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ Duty Cycle 99 % คือ 4.2 แอมแปร์ และวัดได้ค่ากระแสไฟฟ้าต่ำสุดที่ Duty Cycle ที่ 30 % คือ 1 แอมแปร์ จากการทดสอบวัดค่ากระแสไฟฟ้าในสภาวะการทดลองตัดหญ้าที่ความสูง 5 - 10 เซนติเมตร ในแต่ละ Duty Cycle ต่าง ๆ วัดได้ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ Duty Cycle ที่ 99 % คือ 5.3 แอมแปร์ และวัดได้ค่ากระแสไฟฟ้าต่ำสุดที่ Duty Cycle ที่ 20% คือ 1.1 แอมแปร์

**4.5 การทดสอบระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่**

การทดสอบระยะเวลาในการใช้งานของแบตเตอรี่ ทำการทดสอบในขณะตัดหญ้าที่ความสูงประมาณ 5 – 10 เซนติเมตร และทดสอบ 3 ค่า Duty Cycle ปรับค่า Duty Cycle ที่ 50% ค่า Duty Cycle ที่ 70% และ ค่า Duty Cycle ที่ 99% ทำการจับเวลาในการตัดหญ้าและวัดค่าแรงดันก่อนและหลังการตัดหญ้าทุก ๆ 5 นาที ได้ผลจากการทดสอบแสดงดังภาพที่ 4-5



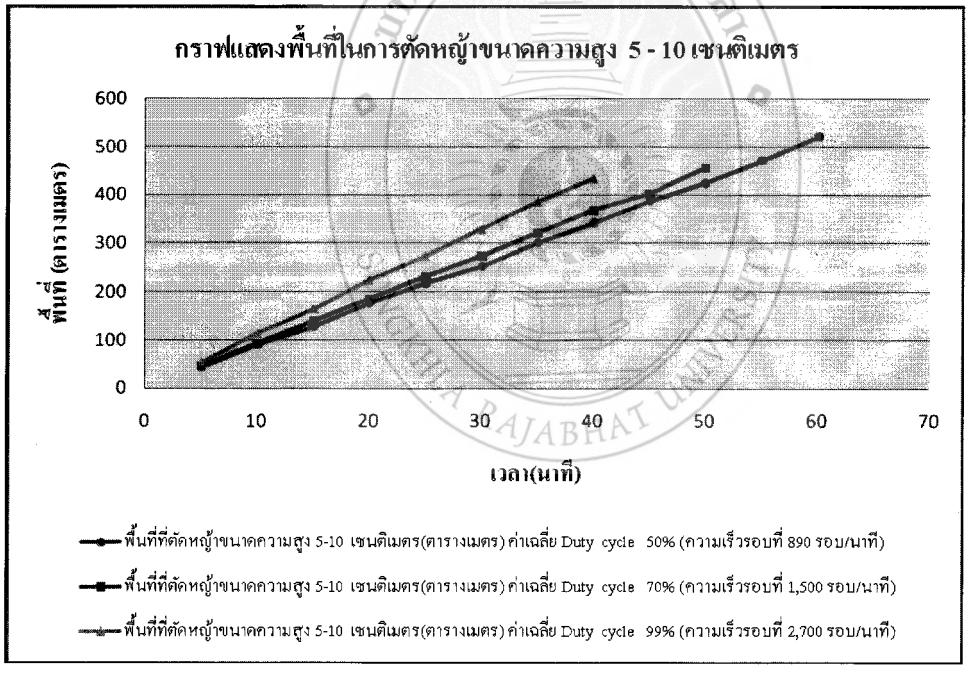

**ภาพที่ 4-5** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่

จากภาพที่ 4-5 พบว่า ในขณะที่ปรับค่า Duty Cycle ที่ 50 % แบตเตอรี่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ 2.6 แอมแปร์ต่อชั่วโมง จากการทดสอบจะเห็นได้ว่ามอเตอร์ดึงกระแสได้สูงสุด ทำให้เวลาที่ใช้ในการตัดหญ้าได้นานประมาณ 60 นาที ในขณะที่ปรับค่า Duty Cycle ที่ 70% แบตเตอรี่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ 3.1 แอมแปร์ต่อชั่วโมง จากการทดสอบจะเห็นได้ว่ามอเตอร์ดึงกระแสได้สูงสุด ทำให้เวลาที่ใช้ในการตัดหญ้าได้นานประมาณ 50 นาที ในขณะที่ปรับค่า Duty

Cycle ที่ 99 % แบตเตอรี่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ 5.3 แอมแปร์ต่อชั่วโมง จากการทดสอบจะเห็นได้ว่ามอเตอร์ดึงกระแสได้สูงสุด ทำให้เวลาที่ใช้ในการตัดหญ้าได้นานประมาณ 40 นาที จากในการทดสอบระหว่าง 3 ค่า Duty Cycle ในขณะที่ปรับค่า Duty Cycle ที่ 50 % จะสามารถตัดหญ้าได้นานที่สุด

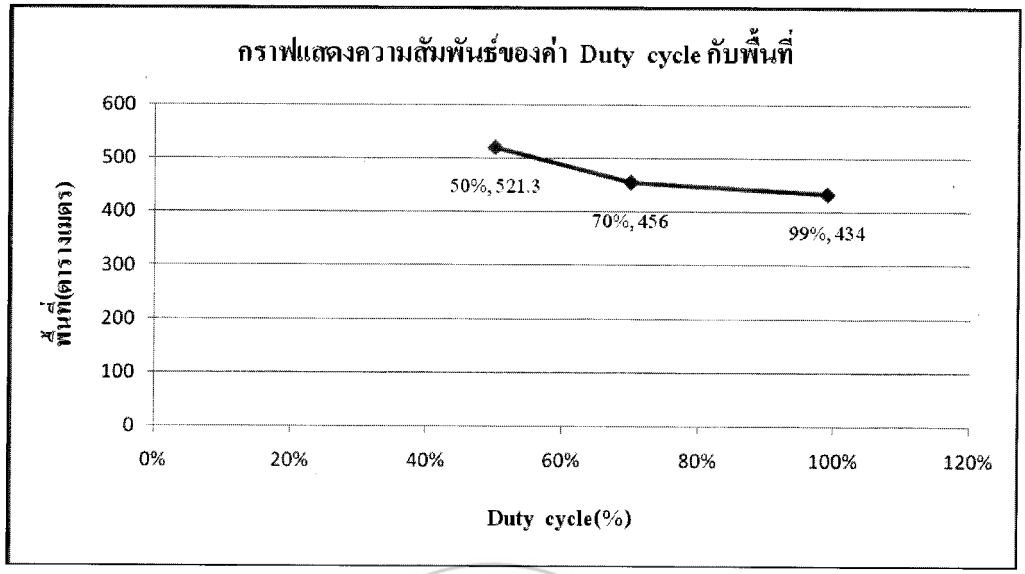
**4.6 การทดสอบหาพื้นที่ในการตัดหญ้าเทียบกับเวลา**

การทดสอบหาขนาดพื้นที่สำหรับใช้ในการตัดหญ้าเทียบกับเวลา จะทดสอบในขณะตัดหญ้าที่ความสูง 5 – 10 เซนติเมตร และทดสอบ 3 ค่า Duty Cycle คือการปรับค่า Duty Cycle ที่ 50 % (ความเร็วรอบที่ 890 รอบ/นาที) Duty Cycle ที่ 70% (ความเร็วรอบที่ 1 ,500 รอบ/นาที) และ Duty Cycle ที่ 99% (ความเร็วรอบที่ 2 ,700 รอบ/นาที) ทำการจับเวลาในการตัดหญ้าและวัดพื้นที่ในการตัดหญ้าทุก ๆ 5 นาที ได้ผลจากการทดสอบแสดงดังภาพที่ 4-6




**ภาพที่ 4-6** กราฟแสดงพื้นที่ในการตัดหญ้าขนาดความสูง 5-10 เซนติเมตร

จากภาพที่ 4-6 พบว่า ในขณะที่ปรับค่า Duty Cycle ที่ 50% สามารถตัดหญ้าได้พื้นที่ทั้งหมด คือ 21.3 ตารางเมตร ที่เวลา 60 นาที ค่า Duty Cycle ที่ 70% สามารถตัดหญ้าได้พื้นที่ทั้งหมด คือ 456 ตารางเมตร ที่เวลา 50 นาที ค่า Duty cycle ที่ 99% สามารถตัดหญ้าได้พื้นที่ทั้งหมด คือ 434 ตารางเมตร ที่เวลา 40 นาที

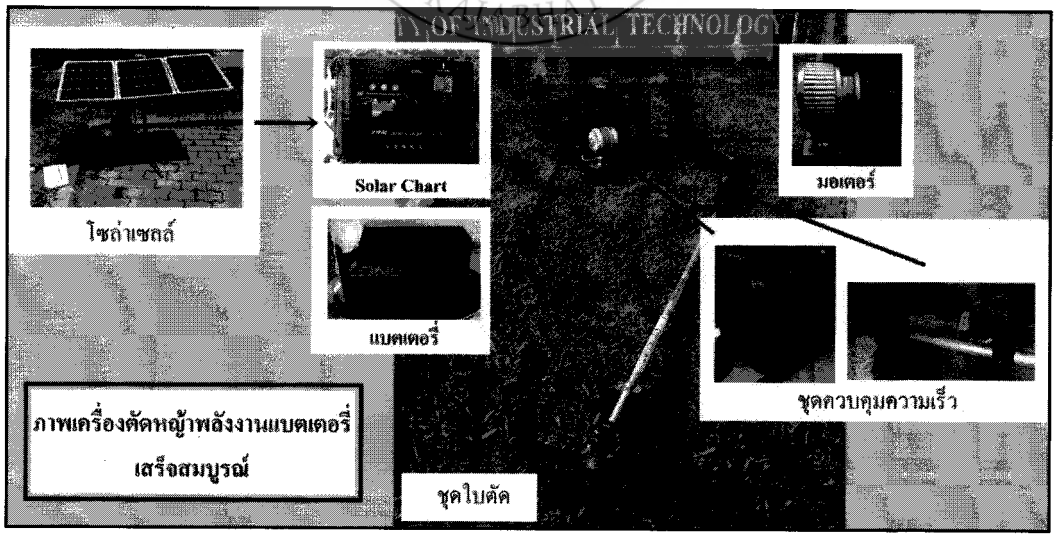



**ภาพที่ 4-7** กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า Duty Cycle กับพื้นที่

จากภาพที่ 4-7 จะพบว่าเมื่อการปรับค่า Duty Cycle ที่ 50% จะทำให้ได้พื้นที่และเวลาในการตัดนั้นมากกว่าการปรับค่า Duty Cycle ที่ 70% และ Duty Cycle ที่ 99%

## 4.7 ผลการทดสอบในการสร้างเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์

ลักษณะตำแหน่งอุปกรณ์เครื่องตัดหญ้าพลังงานแบตเตอรี่ ดังภาพที่ 4-8




**ภาพที่ 4-8** ภาพเครื่องตัดหญ้าพลังงานแบตเตอรี่เสร็จสมบูรณ์

4.7.1 ผลการทดสอบการชั่งน้ำหนักขณะพร้อมใช้งาน

ผลการทดสอบการชั่งน้ำหนักขณะพร้อมใช้งานแสดงดังตารางที่ 4-1

**ตารางที่ 4-1** ผลการทดลองชั่งน้ำหนักขณะพร้อมใช้งาน

| **องค์ประกอบ** | **พร้อมใช้งาน (kg)** |
|---|---|
| เครื่องตัดหญ้าพร้อมใช้งาน | 12.8 |

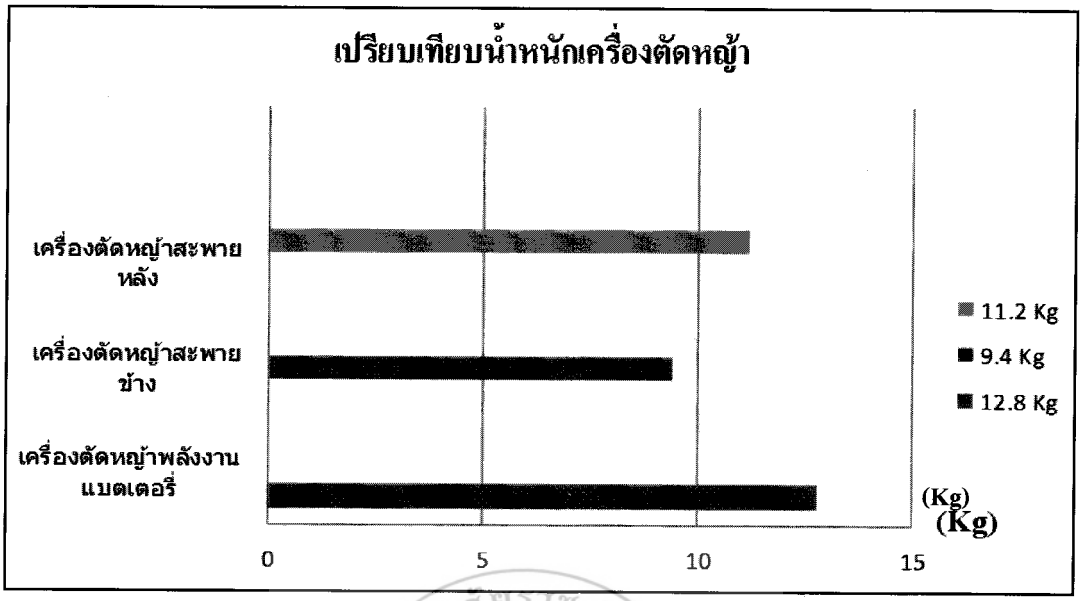
4.7.2 ผลการทดสอบการเปรียบเทียบน้ำหนักเครื่องตัดหญ้า

ผลการทดสอบการเปรียบเทียบน้ำหนักพร้อมใช้งานเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องตัดหญ้าแบบทั่วไปที่มีอยู่ในท้องตลาดดังตารางที่ 4-2

**ตารางที่ 4-2** ผลการทดสอบการเปรียบเทียบน้ำหนักเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องตัดหญ้าแบบทั่วไป

| **ประเภทเครื่องตัดหญ้า** | **น้ำมันจำนวน (ลิตร)** | **น้ำหนักเครื่องพร้อมใช้งาน** | **หมายเหตุ** |
|---|---|---|---|
| 1. เครื่องตัดหญ้าพลังงานแบตเตอรี่ | - | 12.8 | - |
| 2. เครื่องตัดหญ้าน้ำมันสะพายข้าง | 1.2 | 9.4 | น้ำมัน 1ลิตร = 0.8 กิโลกรัม |
| 3. เครื่องตัดหญ้าน้ำมันสะพายหลัง | 1.5 | 11.2 | น้ำมัน 1ลิตร = 0.8 กิโลกรัม |

จากตารางที่ 4-2 ผลการทดสอบการเปรียบเทียบน้ำหนักเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องตัดหญ้าทั่วไปที่มีอยู่ในท้องตลาด สามารถนำค่าน้ำหนักจากการทดสอบของเครื่องตัดหญ้ามาเปรียบเทียบ แสดงเป็นกราฟแต่ละประเภทของเครื่องตัดดังภาพที่ 4-9




**ภาพที่ 4-9** กราฟแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักเครื่องตัดหญ้า

**4.8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์**

4.2.1 ผลการทดสอบการวัดแรงดันและกระแส

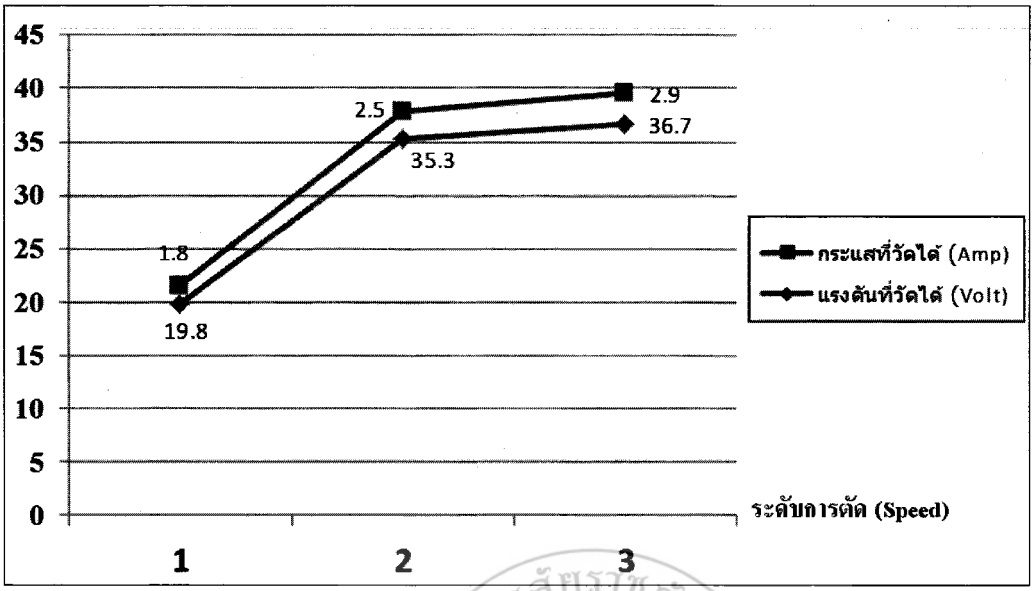
ผลการทดสอบการวัดแรงดันและกระแสที่ได้จากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในแต่ละระดับของการปรับค่าความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับทดสอบการตัดหญ้าแสดงดังตารางที่ 4-3

**ตารางที่ 4-3** ผลการทดสอบการวัดแรงดันและกระแสที่ได้จากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

| ระดับการตัด (Speed) | แรงดันที่วัดได้ (Volt) | กระแสที่วัดได้ (Amp) |
|---|---|---|
| 1 | 19.8 | 1.8 |
| 2 | 35.3 | 2.5 |
| 3 | 36.7 | 2.9 |

**หมายเหตุ** ผลการทดสอบการวัดค่ากระแสที่ออกมาเป็นค่า แอมแปร์ (A)

จากตารางที่ 4-3 สามารถนำค่าจากตารางมาเขียนกราฟแสดงผลการทดสอบการวัดแรงดันและกระแสที่ได้จากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแสดงดังภาพที่ 4-10




**ภาพที่ 4-10** กราฟแสดงผลการทดลองการวัดแรงดันและกระแส

จากกราฟที่แสดงในภาพที่ 4-10 จะเห็นได้ว่าระดับความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในการตัดหญ้าแต่ละค่าระดับความเร็ว ของมอเตอร์จะมีแรงดันเพิ่มขึ้นค่าของกระแสก็จะเพิ่มขึ้นตามแต่ละค่าของระดับความเร็ว

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการพัฒนาสร้างเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและออกแบบเครื่องตัดหญ้าให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานยาวนาน ประหยัดพลังงานจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิง ลดมลพิษจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง ลดการสั่นสะเทือน และลดเสียงดังจากการทำงานของเครื่องตัดหญ้าพลังงานที่ใช้เครื่องยนต์ จากการทดสอบการทำงานในการพัฒนาสร้างเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้งานต่อเนื่องได้นาน 1-2 ชั่วโมงต่อการชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้ง ไม่มีการสั่นสะเทือน ลดเสียงดังจากการทำงานของเครื่องตัดหญ้า เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องตัดหญ้าแบบที่ใช้เครื่องยนต์ ในการตัดหญ้าแต่ละครั้งความเร็วของใบพัดตัดหญ้าจะขึ้นอยู่กับ คันเร่งที่ผู้ใช้งานบิดเพื่อปรับค่าความเร็วในการหมุนของใบมีดตัดหญ้า โดยเมื่อบิดคันเร่งมากความเร็วก็จะเร็วขึ้นตามไปด้วย ทำให้สามารถตัดหญ้าได้ดีและใช้เวลาน้อย และเมื่อบิดคันเร่งน้อยความเร็วในการหมุนของใบมีดตัดหญ้าก็จะช้าทำให้ประสิทธิภาพในการตัดหญ้าไม่ดีเท่าที่ควรและจะใช้เวลามาก

จากการทดลองในการชาร์จแบตเตอรี่ ได้แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ 1.) ชาร์จด้วยเพาเวอร์ซัพพลาย (DC Power Supply) โดยการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ต่อเข้ากับเพาเวอร์ซัพพลายแปลงไฟกระแสสลับเป็นไฟกระแสตรงแรงดันที่ได้ออกมามีค่าเท่ากับ 36 โวลต์ เมื่อทำการชาร์จไฟให้กับแบตเตอรี่ใช้เวลาการชาร์จแบตเตอรี่ประมาณ 5 ชั่วโมง แบตเตอรี่ถึงจะเต็มและพร้อมใช้งาน 2.) ชาร์จด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ วิธีการชาร์จคือ ใช้แผงโซล่าเซลล์ขนาด 30 วัตต์ จำนวน 3 แผงมาต่อร่วมกันแบบอนุกรม โดยเปลี่ยนเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าต่อเข้ากับโซล่าชาร์จคอนโทรลเลอร์ กระแสที่ออกจากโซล่าชาร์จคอนโทรลเลอร์มีค่าเท่ากับ 1.8 แอมแปร์ ทำการชาร์จให้กับแบตเตอรี่ใช้เวลาในการชาร์จประมาณ 6-7 ชั่วโมง

## 5.2 ทดสอบหาประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ในแต่ละช่วงเวลาต่าง ๆ ของวัน วงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ วัดความเร็วรอบของใบมีดเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า ตัดหญ้าที่ค่าโหลดต่าง ๆ กับค่า Duty Cycle วัดค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละค่า Duty Cycle และระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ เมื่อทำการทดลองโดยการวัดกระแสลัดวงจรและแรงดันขณะ

เปิดวงจร รวมทั้งวัดกระแสและแรงดันสูงสุดที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาต่าง ๆ ของวันตั้งแต่เวลา 06.00 น. – 18.00 น. ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของวันที่ได้จากการวัดคือ 20.77 วัตต์ ในช่วงเวลา 12.30 น. และค่ากำลังไฟฟ้าต่ำสุดของวันคือ 15.67 วัตต์ ในช่วงเวลา 06.00 น.

**5.3 การทดลองการควบคุมการชาร์จ**

พบว่าในช่วงเวลาที่มีการชาร์จให้กำลังไฟฟ้าการผลิตสูงสุดของวันจะเป็นช่วงเวลาระหว่าง 11.00 น. – 13.00 น. นั้นคือเป็นช่วงที่จะสามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้เต็มที่ แต่ในช่วงเวลาอื่น ๆ ก็สามารถทำการชาร์จได้เช่นกัน แต่อาจจะไม่ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดตามที่ต้องการ ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการชาร์จตั้งแต่ช่วงเวลา 06.00 น. - 18.00 น. ช่วงเวลาที่ชาร์จได้ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงที่สุดคือ 12.00 น. – 13.00 น. แรงดันไฟฟ้าที่ได้คือ 22.60 โวลต์ และช่วงเวลาที่ชาร์จได้ค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำที่สุดคือ 06.00 น. – 7.00 น. แรงดันไฟฟ้าที่ได้คือ 18.46 โวลต์ แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการชาร์จทั้งวันคือ 24.21 โวลต์

**5.4 ค่าความเร็วรอบของใบมีดเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า**

ค่าความเร็วรอบของใบมีดของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าที่ค่า Duty Cycle ที่ 0% และ 20% จะไม่เกิดความเร็วรอบทั้ง 2 สภาวะ ทั้งแบบไม่มีโหลดและมีโหลดคือ เมื่อมีโหลดหญ้าที่ความสูงขนาด 5– 10 เซนติเมตร เพราะว่าค่าแรงดันที่ค่า Duty Cycle ดังกล่าวมีกระแสไฟฟ้าน้อยเกินไปทำให้ไม่พอแก่การขับเคลื่อนมอเตอร์ให้หมุนเพื่อเกิดความเร็วรอบได้ การวัดความเร็วรอบขณะตัดหญ้าที่ไม่มีโหลดได้ความเร็วรอบสูงสุด คือ 2 ,749 รอบต่อนาที ที่ค่า Duty Cycle 99% และความเร็วรอบต่ำที่สุดคือ 122 รอบต่อนาที ที่ค่า Duty Cycle 20% การวัดความเร็วรอบขณะตัดหญ้าที่ตัดหญ้าในระดับความสูง 5 -10 เซนติเมตรได้ความเร็วรอบสูงสุด คือ 2 ,232 รอบต่อนาที ที่ค่า Duty Cycle 99% และความเร็วรอบต่ำที่สุดคือ 52 รอบต่อนาที ที่ค่า Duty Cycle 20%

**5.5 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัยครั้งนี้**

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงสร้างมีปัญหาและอุปสรรคหลายประการดังนี้

5.5.1 ดำเนินการของโครงการวิจัยเป็นช่วงหน้าฝนทำให้การเก็บข้อมูลและการทำงานของโครงการวิจัยล่าช้ากว่าแผนงานที่ได้กำหนดไว้

5.5.2 ผู้วิจัยและผู้ปฏิบัติงานในช่วงแรกไม่มีความเข้าใจในหลักการทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัวและไม่มีประสบการณ์ในการปฏิบัติงาน จึงต้องใช้เวลาในการศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ของครงการวิจัยเป็นระยะเวลานาน

5.5.3 ในการทดลองชาร์จแบตเตอรี่กับแผงโซล่าเซลล์ค่อนข้างมีปัญหาเนื่องจากสภาพอากาศมีเมฆหนาและแสงอาทิตย์มีปริมาณความเข้มไม่เพียงพอในช่วงที่มีการทดสอบโครงการ

5.5.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ทำการวัดค่าประสิทธิภาพต่าง ๆ ที่นำมาใช้งานในการทดสอบการทำงานของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ ของทางคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ยังมีไม่เพียงพอสำหรับการทดลองโครงการวิจัยในครั้งนี้

**5.5 ข้อเสนอแนะ**

5.5.1 ข้อเสนอแนะที่ได้จากผลการทดสอบ

5.5.1.1 จากการทดสอบจะได้ค่าตัวเลขที่ใช้ในตารางนั้นสามารถเชื่อถือได้ แต่เนื่องจากบางการ ทดสอบอาจมีความคลาดเคลื่อนขึ้นได้ เนื่องจากสิ่งแวดล้อม และจากตัวผู้ทดสอบเอง ผู้วัดผลใช้สายตาคาดคะเน ในการวัดค่าซึ่งต้องตัดหญ้าไปด้วยและวัดค่าต่าง ๆ ไปด้วยซึ่งง่ายต่อการผิดพลาดแต่เมื่อมองภาพรวมแล้ว การทดสอบนี้ยังสอดคล้องกับความเป็นจริงทำให้สามารถยอมรับผลการทดลองนี้ได้

5.5.1.2 จากการทดสอบในชาร์จกับแบตเตอรี่จะได้อัตราการชาร์จที่นานพอสมควรเนื่องจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีขนาดที่น้อยเกินไป

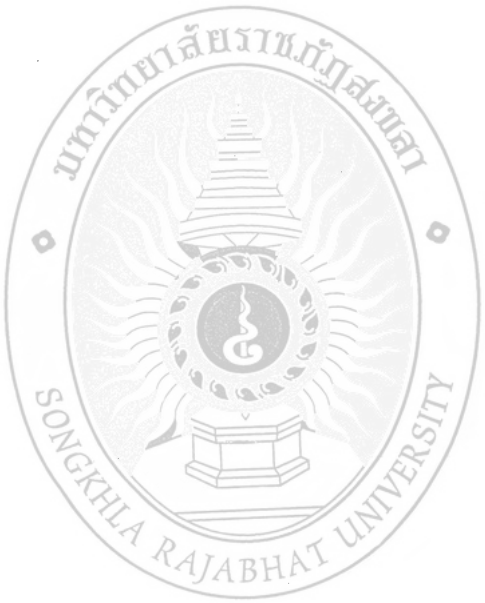
5.5.1.3 จากการทดสอบการตัดหญ้าความสูงของหญ้าที่ไม่สม่ำเสมอและพื้นที่ที่ไม่ราบเรียบจะทำให้ผลของพื้นที่ ที่ได้จากการตัดหญ้าน้อยลงจากค่าพื้นที่ค่าจริงที่สามารถตัดได้

5.5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาในครั้งต่อไป

5.5.2.1 ควรมีการทดลองติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระดับมุม 15 และ 45 องศา เพื่อหาประสิทธิภาพการรับแสงจากดวงอาทิตย์ที่มีค่าเหมาะสมมากที่สุด

5.5.2.2 การพัฒนาควรจะเพิ่มขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เพียงพอต่อการชาร์จเพื่อจะทำให้ใช้เวลาในการชาร์จน้อยลง

5.5.2.3 ควรลดขนาดของกำลังวัตต์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงลงเพื่อลดการใช้กระแสไฟฟ้าให้มีขนาดลดลง จะทำให้ได้เวลาในการตัดหญ้าที่นานขึ้น


มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

# บรรณานุกรม

**ภาษาไทย**


การประยุกต์ใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานกรุงเทพฯ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน. การจัดองค์กรเพื่ออนุรักษ์พลังงาน. เอกสารเผยแพร่เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ชุด รู้รักษ์พลังงาน. กรุงเทพฯ : กรม, 2547

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม. **แนวทางใหม่ในการบริหารจัดการพลังงานในอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : สำนักพัฒนาธุรกิจอุตสาหกรรมและผู้ประกอบการกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2546

ไกรศร แซ่ว้าน และคณะ. การออกแบบและสร้างรถไฟฟ้า. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่พิษณุโลก, 2550

จงจิตร์ หิรัญลาภ, 2541, กระบวนการพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

โดทม อารียา. อิเล็กทรอนิกส์ 2. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544

ทรงศักดิ์ ยาทะเล. **การออกแบบและสร้างรถตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้า.** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.กรุงเทพฯ: 2557

นภัทร วัจนเทพินทร์. อิเล็กทรอนิกส์กาลัง 2 ภาคปฏิบัติ. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ:สกายบุกส์, 2544

มงคล ทองสงคราม. **อิเล็กทรอนิคส์กาลัง.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: วี เจ พริ้นติ้ง, 2543

วัชระ มั่งวิทิตกุล. กระบวนการและเทคนิค การลดค่าใช้จ่ายพลังงาน สำหรับอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม. ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัท อินเตอร์ พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด, 2544.

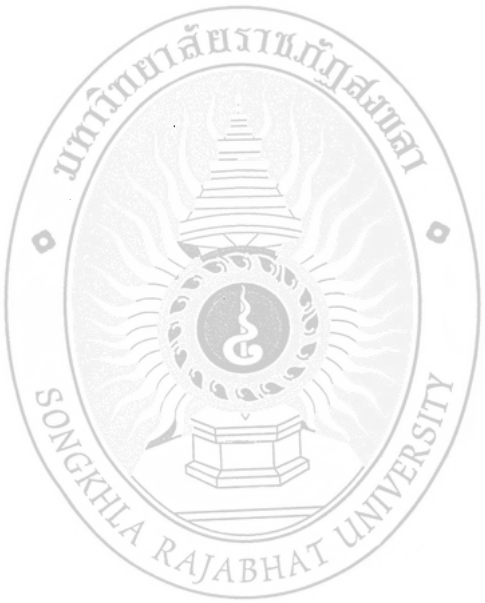
สุประวัติ ขาวลาและคณะ. **โซล่าแอลอีดี.** มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2550

สมภพ หารเสมอและคณะ.**รถสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า.** มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2550

สมศักดิ์ แก้วปัญญา. **เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526

สำนักงานกำกับและอนุรักษ์พลังงาน, กรมพัฒนาและส่งเสริมการใช้พลังงาน, กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. การอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรม วิวัฒนาการพลังงาน., ม.ป.ป. (อัดสำเนา)

เอกชัย พฤกษ์อาไพ และสาเริง คาทอง. **สนามหญ้า.** ฐานเกษตรกรรม.กรุงเทพฯ: 2545


มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ภาษาอังกฤษ**

Astron Logic Research & Development Co., Ltd., 2549 Power ACEX1K User's Manual Astron Logic Research & Development Co., Ltd.,

**ข้อมูลเว็บไซต์**

แบตเตอรี่. (ออนไลน์) สืบค้นหาจาก : http:/www.leonics.co.th/thml/th/aboutpower/greenay14.php เข้าถึงเมื่อ 21 กรกฎาคม 2557.

โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง. (ออนไลน์) สืบค้นหาจาก : http:/tularak1.multiply.com/journal/item/7/D.C._MOTOR เข้าถึงเมื่อ 30 กรกฎาคม 2557.

หลักการทำงานวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์. (ออนไลน์) : สืบค้นหาจาก : http:/wara.com/modules.php?name=project&file=showproject&sid=213 เข้าถึงเมื่อ 5 สิงหาคม 2557.

หลักการทำงานของ โซล่าเซลล์. (ออนไลน์) สืบค้นหาจาก : http:/www.greenpower.9nha.com/solar.htmlเข้าถึงเมื่อ 13 สิงหาคม 2557.

คุณสมบัติของแผงโซล่าเซลล์. (ออนไลน์) สืบค้นหาจาก : http:/www.greenpower.9nha.com/solar30w.html เข้าถึงเมื่อ 13 สิงหาคม 2557.

คุณสมบัติ (Data Sheet) ของไอซีเบอร์ TL494. (ออนไลน์) สืบค้นหาจาก : http:/www.datasheetcatalog.org/datasheet/motorola/TL494.pdf เข้าถึงเมื่อ 26 ตุลาคม 2557.

THAIGOODVIEW.**มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.** สืบค้นจาก: http://www.thaigoodview.com/library/contest2551/tech04/54/sara01.htm (วันที่สืบค้น : 1 ตุลาคม 2557).

# ภาคผนวก ก

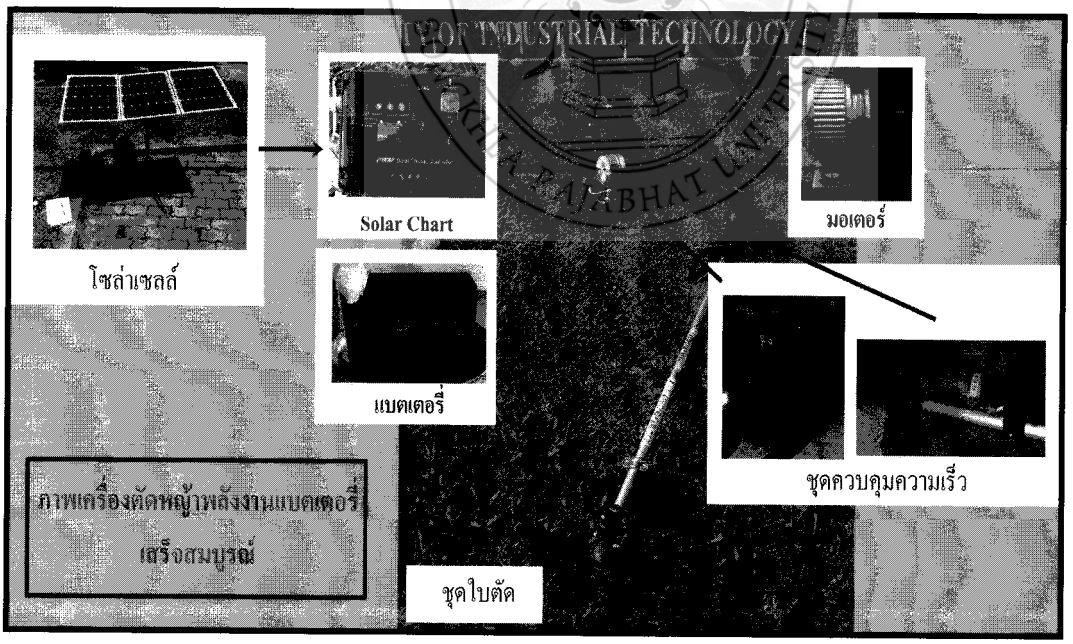
# คู่มือการใช้งาน

# คู่มือการใช้งาน

"การพัฒนาสร้างเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์" จะประกอบด้วยชุดอุปกรณ์ที่สำคัญอยู่ 7 ส่วน ด้วยกันคือ

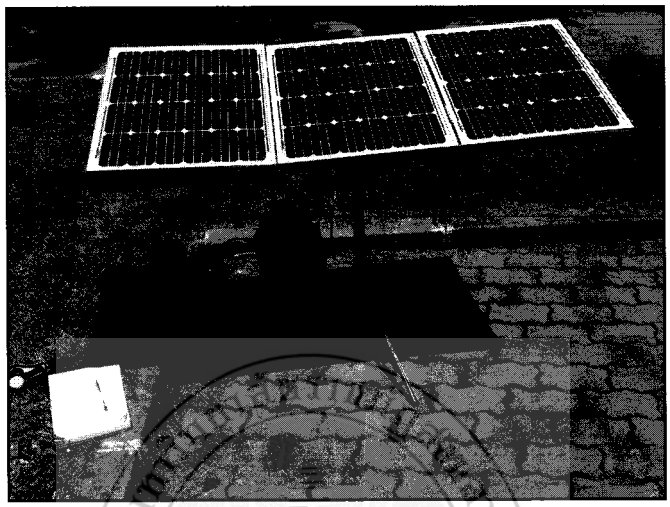
**รายการอุปกรณ์**

1. แผงโซล่าเซลล์
2. โซล่าชาร์จคอนโทรลเลอร์
3. เพาเวอร์ซัพพลาย
4. แบตเตอรี่
5. ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์
6. มอเตอร์
7. ชุดใบมีดตัดหญ้า



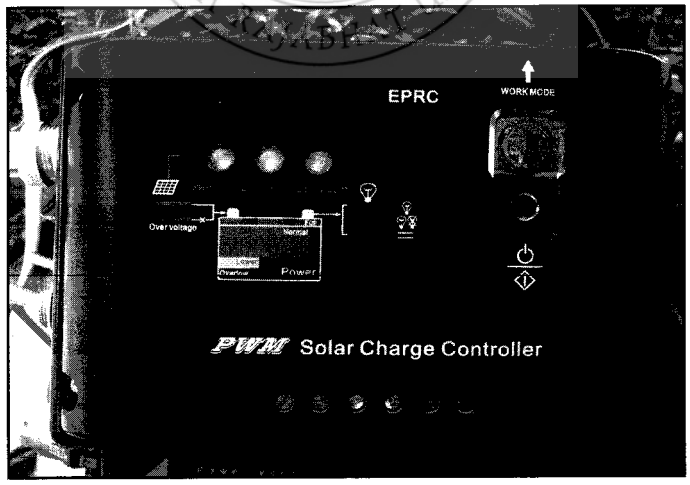

**ภาพที่ ก-1** ภาพเครื่องตัดหญ้าพลังงานแบตเตอรี่

**1. แผงโซล่าเซลล์** เป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ชนิดที่ใช้ Crystalline Silicon Photovoltaic สามารถผลิตไฟฟ้าได้แม้แสงแดดอ่อนดังภาพที่ ก-2



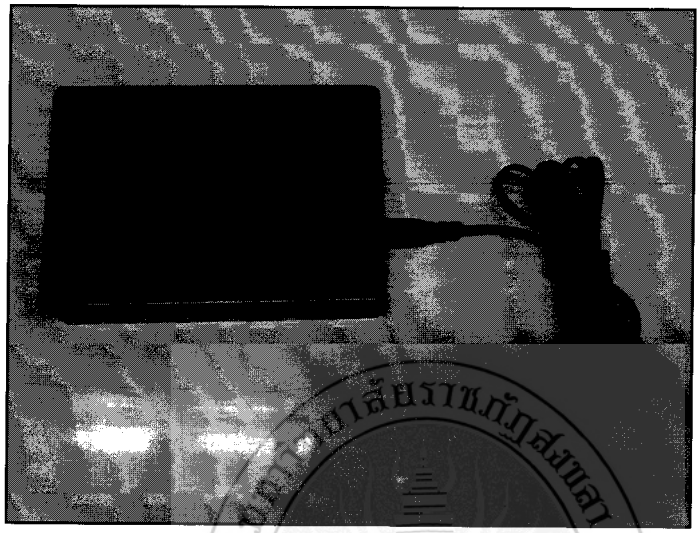
**ภาพที่ ก-2** แผงโซล่าเซลล์

**2. โซล่าชาร์จคอนโทรลเลอร์** โดยมีแผงโซล่าเซลล์ต่อเข้ากับโซล่าชาร์จคอนโทรลเลอร์เพื่อเก็บประจุเข้าไปกับแบตเตอรี่ดังภาพที่ ก-3



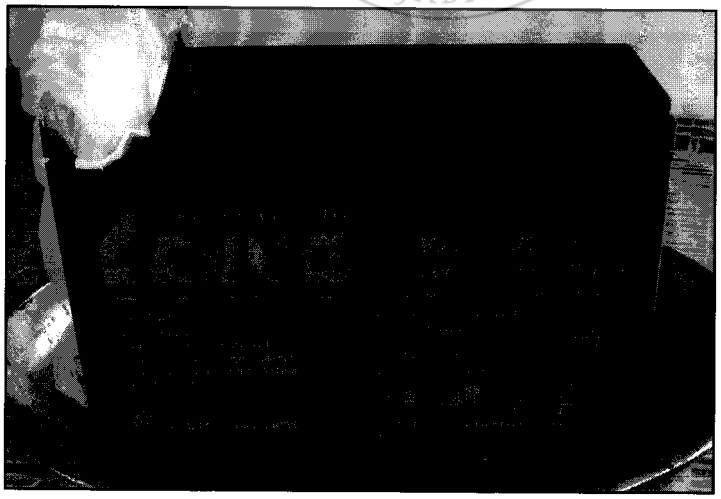

**ภาพที่ ก-3** โซล่าชาร์จคอนโทรลเลอร์

**3. เพาเวอร์ซัพพลาย** INPUT : 100-220 V AC ,50Hz OUTPUT : DC36V/1.8 A ทำหน้าที่ชาร์จไฟให้กับแบตเตอรี่ดังภาพที่ ก-4



**ภาพที่ ก-4** เพาเวอร์ซัพพลาย

**4. แบตเตอรี่ 36 V 9 Ah** ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานไฟฟ้า เพื่อจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ของชุดใบมีดตัดหญ้าดังภาพที่ ก-5

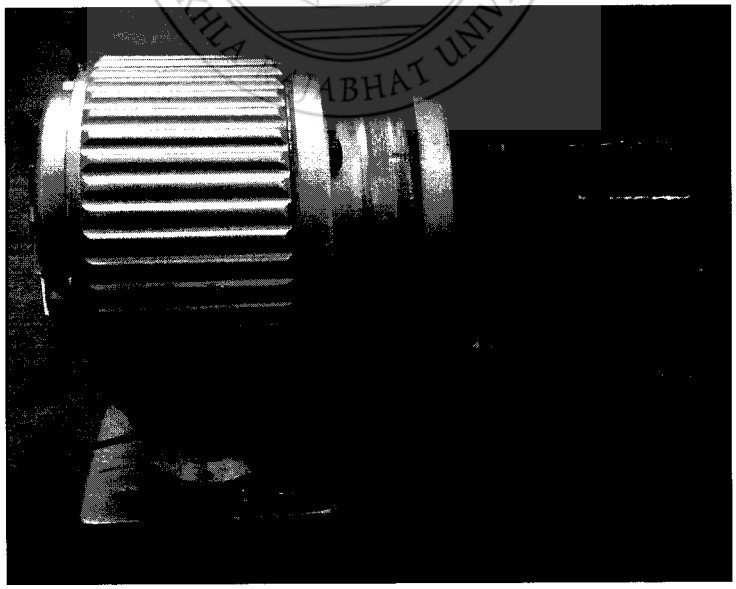


**ภาพที่ ก-5** แบตเตอรี่ 12 V 9 Ah

**5. ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์** ทำหน้าที่ควบคุมความเร็วมอเตอร์ โดยตัวควบคุมความเร็วเป็นแบบคันเร่ง

**ภาพที่ ก-6** ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์

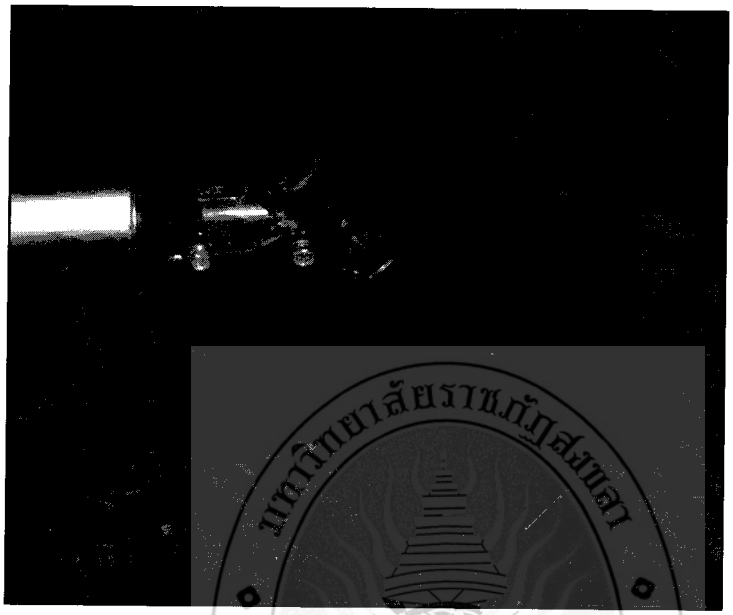
**6. มอเตอร์ 36 V DC** ทำหน้าที่เป็นเป็นตัวขับเคลื่อนชุดใบมีดตัดหญ้าทำให้ชุดใบมีดตัดหญ้าหมุน



**ภาพที่ ก-7** มอเตอร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**7. ชุดใบมีดตัดหญ้า** ทำหน้าที่เป็นตัวตัดหญ้าซึ่งเป็นใบมีดแบบเหล็กแต่สามารถปรับเปลี่ยนใบมีดได้ตามการใช้งาน



**ภาพที่ ก-8** ชุดใบมีดตัดหญ้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**1. คุณลักษณะของอุปกรณ์**

1.1 แผงโซล่าเซลล์ เป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ชนิดที่ใช้ Crystalline Silicon Photovoltaic สามารถผลิตไฟฟ้าได้แม้แสงอ่อน

1.2 โซล่าชาร์จคอนโทรลเลอร์ โดยมีแผงโซล่าเซลล์ต่อเข้ากับโซล่าชาร์จคอนโทรลเลอร์ เพื่อเก็บประจุเข้าไปกับแบตเตอรี่

1.3 เพาเวอร์ซัพพลาย INPUT : 100-220 V AC ,50Hz OUTPUT : DC36V/1.8 A ทำหน้าที่ชาร์จไฟให้กับแบตเตอรี่

1.4 แบตเตอรี่ 36 V 9 Ah ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานไฟฟ้า เพื่อจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ของชุดใบมีดตัดหญ้า

1.5 ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ ทำหน้าที่ควบคุมความเร็วมอเตอร์ โดยจะเป็นแบบคันเร่ง

1.6 มอเตอร์ 36 V DC ทำหน้าที่เป็นเป็นตัวขับเคลื่อนชุดใบมีดตัดหญ้าทำให้ชุดใบมีดตัดหญ้าหมุน

1.7 ชุดใบมีดตัดหญ้า ทำหน้าที่เป็นตัวตัดหญ้าซึ่งเป็นใบมีดแบบเหล็กแต่สามารถปรับเปลี่ยนใบมีดได้ตามการใช้งาน

**2. คุณลักษณะของเครื่องตัดหญ้าพลังงานแบตเตอรี่**

2.1 แบตเตอรี่ 36 V 9 Ah เพียงพอต่อการใช้งาน 1-2 ชั่วโมง

2.2 มิเตอร์ไฟฟ้า แสดงผลภาวะไฟฟ้ามาก-น้อยของแบตเตอรี่

2.3 เครื่องชาร์จ 220VAC/1.8A Switching Power Supply (แสดงสีเขียวเมื่อไฟเต็ม)

2.4 มีระบบชาร์จไฟด้วยแผงโซล่าเซลล์

2.5 สามารถปรับความเร็วมอเตอร์ได้โดยการเร่งคันเร่ง

2.6 ด้ามจับอลูมิเนียม ทำให้มีน้ำหนักเบา

2.7 สามารถปรับเปลี่ยนใบมีดได้ตามการใช้งานที่เหมาะสม

**3. ข้อควรระวังและการบำรุงรักษา**

3.1 ไม่ควรใช้เครื่องขณะฝนตกเพราะอาจส่งผลเสียให้กับอุปกรณ์ภายในได้

3.2 ในการตัดหญ้าแต่ละครั้งควรตรวจสอบว่ามีก้อนหินบริเวณที่จะตัดหรือไม่ เพราะอาจทำให้ก้อนหินกระเด็นเข้าตาได้

3.3 ไม่ควรเก็บรักษาเครื่องในที่ชื้น

3.4 ในการใช้งานแผงโซล่าเซลล์แต่ละครั้งควรตรวจสอบการจับยึดกับตัวรองแผงโซล่าเซลล์ให้แน่นเพราะอาจทำให้แผงโซล่าเซลล์ตกลงกระแทกกับพื้นได้

3.5 หลังจากใช้งานเสร็จทุกครั้งควรเช็ดตัวเครื่องอย่างสม่ำเสมอ

3.6 ในขณะปฏิบัติงานควรใส่แว่นตาทุกครั้ง เพื่อป้องกันไม่ให้เศษก้อนหินกระเด็นเข้าตา

3.7 ควรเก็บให้พ้นมือเด็ก

**4. สภาพแวดล้อมหรือสถานที่ที่ไม่ควรใช้งาน**

4.1 ไม่ควรใช้เครื่องในขณะฝนตกเพราะอาจจะส่งผลให้อุปกรณ์ควบคุมระบบไฟฟ้าเสียหายได้

4.2 ไม่ควรตัดหญ้าในสถานที่คับแคบจนเกินไปเพราะไม่สะดวกต่อผู้ใช้งาน

4.3 ไม่ควรตัดหญ้าบริเวณที่มีผู้คนอยู่เยอะเพราะอาจจะทำให้เศษก้อนหินกระเด็นใส่ผู้อื่นได้

**5. ความปลอดภัยเกี่ยวกับแบตเตอรี่**

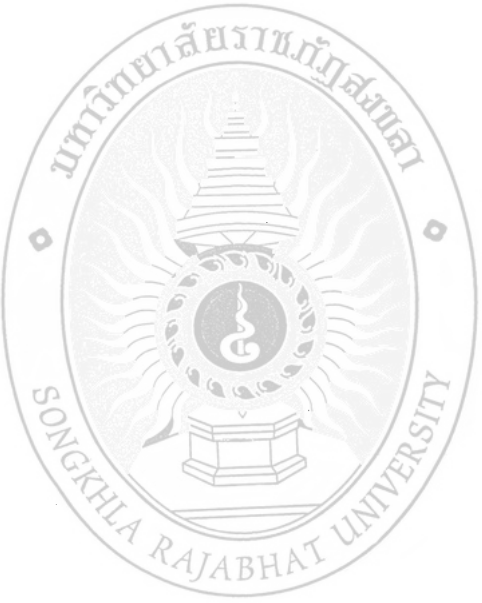
5.1 ต่อสายขั้วแบตเตอรี่ให้แน่น เพื่อกระแสไฟเดินได้ดี สะดวก

5.2 ทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่ติดตามขั้วแบตเตอรี่และพื้นผิว อันเกิดจากการใช้งาน

5.3 ตรวจสภาพภายนอก ให้แบตเตอรี่ยึดแน่นบนแท่นวางแบตเตอรี่

5.4 ในการถอดขั้วแบตเตอรี่ให้ถอดขั้วลบออกก่อนเสมอ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY


มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

# ภาคผนวก ข

## คุณสมบัติ (Data Sheet) ของไอซีเบอร์ TL494

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

Order this document by TL494/D

MOTOROLA

# TL494

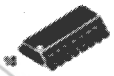
# SWITCHMODE™ Pulse Width Modulation Control Circuit

The TL494 is a fixed frequency, pulse width modulation control circuit designed primarily for SWITCHMODE power supply control.

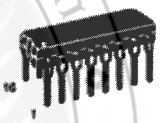
- Complete Pulse Width Modulation Control Circuitry
- On–Chip Oscillator with Master or Slave Operation
- On–Chip Error Amplifiers
- On–Chip 5.0 V Reference
- Adjustable Deadtime Control
- Uncommitted Output Transistors Rated to 500 mA Source or Sink
- Output Control for Push–Pull or Single–Ended Operation
- Undervoltage Lockout

**SWITCHMODE PULSE WIDTH MODULATION CONTROL CIRCUIT**

**SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA**

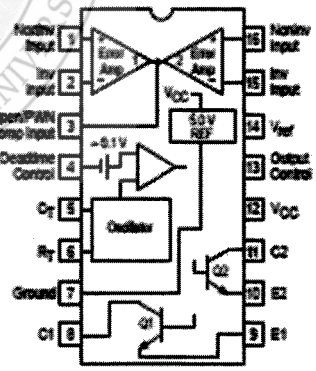


**D SUFFIX**
**PLASTIC PACKAGE**
**CASE 751B**
**(SO–16)**



**N SUFFIX**
**PLASTIC PACKAGE**
**CASE 648**

**PIN CONNECTIONS**




(Top View)

**MAXIMUM RATINGS** (Full operating ambient temperature range applies, unless otherwise noted.)

| Rating | Symbol | TL494C | TL494I | Unit |
|---|---|---|---|---|
| Power Supply Voltage | $V_{CC}$ | 42 | | V |
| Collector Output Voltage | $V_{C1}$, $V_{C2}$ | 42 | | V |
| Collector Output Current (Each transistor) (Note 1) | $I_{C1}$, $I_{C2}$ | 500 | | mA |
| Amplifier Input Voltage Range | $V_{IR}$ | –0.3 to +42 | | V |
| Power Dissipation @ $T_A \leq 45°C$ | $P_D$ | 1000 | | mW |
| Thermal Resistance, Junction–to–Ambient | $R_{\theta JA}$ | 80 | | °C/W |
| Operating Junction Temperature | $T_J$ | 125 | | °C |
| Storage Temperature Range | $T_{stg}$ | –55 to +125 | | °C |
| Operating Ambient Temperature Range TL494C TL494I | $T_A$ | 0 to +70 | –25 to +85 | °C |
| Derating Ambient Temperature | $T_A$ | 45 | | °C |

NOTE: 1. Maximum thermal limits must be observed.

**ORDERING INFORMATION**

| Device | Operating Temperature Range | Package |
|---|---|---|
| TL494CD | $T_A$ = 0° to +70°C | SO–16 |
| TL494CN | | Plastic |
| TL494IN | $T_A$ = – 25° to +85°C | Plastic |

**RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS**

| Characteristics | Symbol | Min | Typ | Max | Unit |
|---|---|---|---|---|---|
| Power Supply Voltage | $V_{CC}$ | 7.0 | 15 | 40 | V |
| Collector Output Voltage | $V_{C1}$, $V_{C2}$ | – | 30 | 40 | V |
| Collector Output Current (Each transistor) | $I_{C1}$, $I_{C2}$ | – | – | 200 | mA |
| Amplified Input Voltage | $V_{in}$ | −0.3 | – | $V_{CC}$ − 2.0 | V |
| Current Into Feedback Terminal | $I_{fb}$ | – | – | 0.3 | mA |
| Reference Output Current | $I_{ref}$ | – | – | 10 | mA |
| Timing Resistor | $R_T$ | 1.8 | 30 | 500 | kΩ |
| Timing Capacitor | $C_T$ | 0.0047 | 0.001 | 10 | μF |
| Oscillator Frequency | $f_{osc}$ | 1.0 | 40 | 200 | kHz |

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ($V_{CC}$ = 15 V, $C_T$ = 0.01 μF, $R_T$ = 12 kΩ, unless otherwise noted.)
For typical values $T_A$ = 25°C, for min/max values $T_A$ is the operating ambient temperature range that applies, unless otherwise noted.

| Characteristics | Symbol | Min | Typ | Max | Unit |
|---|---|---|---|---|---|
| **REFERENCE SECTION** | | | | | |
| Reference Voltage ($I_O$ = 1.0 mA) | $V_{ref}$ | 4.75 | 5.0 | 5.25 | V |
| Line Regulation ($V_{CC}$ = 7.0 V to 40 V) | $Reg_{line}$ | – | 2.0 | 25 | mV |
| Load Regulation ($I_O$ = 1.0 mA to 10 mA) | $Reg_{load}$ | – | 3.0 | 15 | mV |
| Short Circuit Output Current ($V_{ref}$ = 0 V) | $I_{SC}$ | 15 | 35 | 75 | mA |
| **OUTPUT SECTION** | | | | | |
| Collector Off−State Current ($V_{CC}$ = 40 V, $V_{CE}$ = 40 V) | $I_{C(off)}$ | – | 2.0 | 100 | μA |
| Emitter Off−State Current $V_{CC}$ = 40 V, $V_C$ = 40 V, $V_E$ = 0 V) | $I_{E(off)}$ | – | – | −100 | μA |
| Collector−Emitter Saturation Voltage (Note 2) | | | | | V |
| Common−Emitter ($V_E$ = 0 V, $I_C$ = 200 mA) | $V_{sat(C)}$ | – | 1.1 | 1.3 | |
| Emitter−Follower ($V_C$ = 15 V, $I_E$ = −200 mA) | $V_{sat(E)}$ | – | 1.5 | 2.5 | |
| Output Control Pin Current | | | | | μA, mA |
| Low State ($V_{OC}$ ≤ 0.4 V) | $I_{OCL}$ | – | 10 | – | μA |
| High State ($V_{OC}$ = $V_{ref}$) | $I_{OCH}$ | – | 0.2 | 3.5 | mA |
| Output Voltage Rise Time | $t_r$ | | | | ns |
| Common−Emitter (See Figure 12) | | – | 100 | 200 | |
| Emitter−Follower (See Figure 13) | | – | 100 | 200 | |
| Output Voltage Fall Time | $t_f$ | | | | ns |
| Common−Emitter (See Figure 12) | | – | 25 | 100 | |
| Emitter−Follower (See Figure 13) | | – | 40 | 100 | |

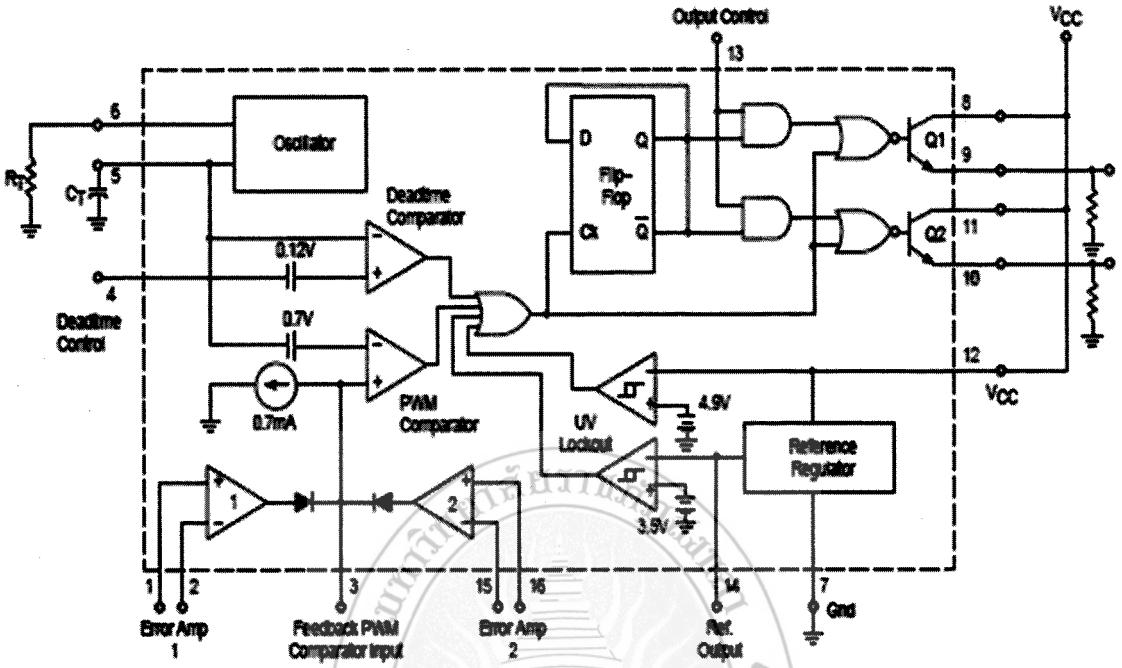
NOTE: 2. Low duty cycle pulse techniques are used during test to maintain junction temperature as close to ambient temperature as possible.

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ($V_{CC}$ = 15 V, $C_T$ = 0.01 μF, $R_T$ = 12 kΩ, unless otherwise noted.)
For typical values $T_A$ = 25°C, for min/max values $T_A$ is the operating ambient temperature range that applies, unless otherwise noted.

| Characteristics | Symbol | Min | Typ | Max | Unit |
|---|---|---|---|---|---|
| **ERROR AMPLIFIER SECTION** | | | | | |
| Input Offset Voltage ($V_{O\ (Pin\ 3)}$ = 2.5 V) | $V_{IO}$ | – | 2.0 | 10 | mV |
| Input Offset Current ($V_{O\ (Pin\ 3)}$ = 2.5 V) | $I_{IO}$ | – | 5.0 | 250 | nA |
| Input Bias Current ($V_{O\ (Pin\ 3)}$ = 2.5 V) | $I_{IB}$ | – | –0.1 | –1.0 | μA |
| Input Common Mode Voltage Range ($V_{CC}$ = 40 V, $T_A$ = 25°C) | $V_{ICR}$ | –0.3 to $V_{CC}$–2.0 | | | V |
| Open Loop Voltage Gain ($\Delta V_O$ = 3.0 V, $V_O$ = 0.5 V to 3.5 V, $R_L$ = 2.0 kΩ) | $A_{VOL}$ | 70 | 95 | – | dB |
| Unity–Gain Crossover Frequency ($V_O$ = 0.5 V to 3.5 V, $R_L$ = 2.0 kΩ) | $f_{C-}$ | – | 350 | – | kHz |
| Phase Margin at Unity–Gain ($V_O$ = 0.5 V to 3.5 V, $R_L$ = 2.0 kΩ) | $\phi_m$ | – | 65 | – | deg. |
| Common Mode Rejection Ratio ($V_{CC}$ = 40 V) | CMRR | 65 | 90 | – | dB |
| Power Supply Rejection Ratio ($\Delta V_{CC}$ = 33 V, $V_O$ = 2.5 V, $R_L$ = 2.0 kΩ) | PSRR | – | 100 | – | dB |
| Output Sink Current ($V_{O\ (Pin\ 3)}$ = 0.7 V) | $I_{O-}$ | 0.3 | 0.7 | – | mA |
| Output Source Current ($V_{O\ (Pin\ 3)}$ = 3.5 V) | $I_{O+}$ | 2.0 | –4.0 | – | mA |
| **PWM COMPARATOR SECTION** (Test Circuit Figure 11) | | | | | |
| Input Threshold Voltage (Zero Duty Cycle) | $V_{TH}$ | – | 2.5 | 4.5 | V |
| Input Sink Current ($V_{(Pin\ 3)}$ = 0.7 V) | $I_{I-}$ | 0.3 | 0.7 | – | mA |
| **DEADTIME CONTROL SECTION** (Test Circuit Figure 11) | | | | | |
| Input Bias Current (Pin 4) ($V_{Pin\ 4}$ = 0 V to 5.25 V) | $I_{IB\ (DT)}$ | – | –2.0 | –10 | μA |
| Maximum Duty Cycle, Each Output, Push–Pull Mode<br>($V_{Pin\ 4}$ = 0 V, $C_T$ = 0.01 μF, $R_T$ = 12 kΩ)<br>($V_{Pin\ 4}$ = 0 V, $C_T$ = 0.001 μF, $R_T$ = 30 kΩ) | $DC_{max}$ | <br>45<br>– | <br>48<br>45 | <br>50<br>50 | % |
| Input Threshold Voltage (Pin 4)<br>(Zero Duty Cycle)<br>(Maximum Duty Cycle) | $V_{th}$ | <br>–<br>0 | <br>2.8<br>– | <br>3.3<br>– | V |
| **OSCILLATOR SECTION** | | | | | |
| Frequency ($C_T$ = 0.001 μF, $R_T$ = 30 kΩ) | $f_{osc}$ | – | 40 | – | kHz |
| Standard Deviation of Frequency* ($C_T$ = 0.001 μF, $R_T$ = 30 kΩ) | $\sigma f_{osc}$ | – | 3.0 | – | % |
| Frequency Change with Voltage ($V_{CC}$ = 7.0 V to 40 V, $T_A$ = 25°C) | $\Delta f_{osc}\ (\Delta V)$ | – | 0.1 | – | % |
| Frequency Change with Temperature ($\Delta T_A = T_{low}$ to $T_{high}$)<br>($C_T$ = 0.01 μF, $R_T$ = 12 kΩ) | $\Delta f_{osc}\ (\Delta T)$ | – | – | 12 | % |
| **UNDERVOLTAGE LOCKOUT SECTION** | | | | | |
| Turn–On Threshold ($V_{CC}$ increasing, $I_{ref}$ = 1.0 mA) | $V_{th}$ | 5.5 | 6.43 | 7.0 | V |
| **TOTAL DEVICE** | | | | | |
| Standby Supply Current (Pin 6 at $V_{ref}$, All other inputs and outputs open)<br>($V_{CC}$ = 15 V)<br>($V_{CC}$ = 40 V) | $I_{CC}$ | <br>–<br>– | <br>5.5<br>7.0 | <br>10<br>15 | mA |
| Average Supply Current<br>($C_T$ = 0.01 μF, $R_T$ = 12 kΩ, $V_{(Pin\ 4)}$ = 2.0 V)<br>($V_{CC}$ = 15 V) (See Figure 12) | | – | 7.0 | – | mA |

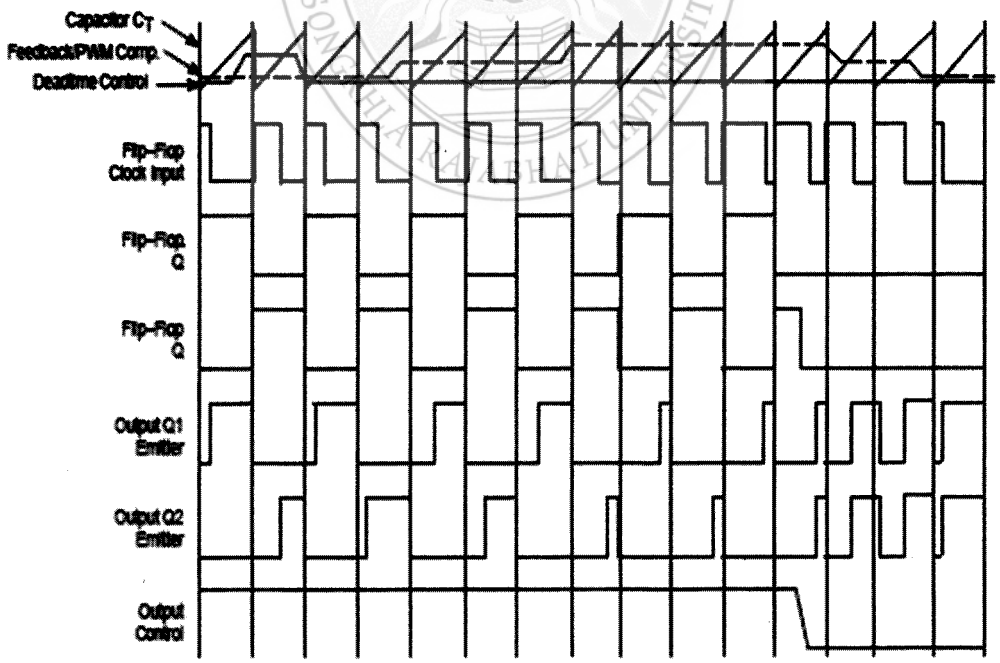
* Standard deviation is a measure of the statistical distribution about the mean as derived from the formula, $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{N} (x_n - \bar{x})^2}{N-1}}$

**Figure 1. Representative Block Diagram**




This device contains 46 active transistors.

**Figure 2. Timing Diagram**



# TL494

## APPLICATIONS INFORMATION

### Description

The TL494 is a fixed–frequency pulse width modulation control circuit, incorporating the primary building blocks required for the control of a switching power supply. (See Figure 1.) An internal–linear sawtooth oscillator is frequency–programmable by two external components, $R_T$ and $C_T$. The approximate oscillator frequency is determined by:

$$f_{osc} \approx \frac{1.1}{R_T \bullet C_T}$$

For more information refer to Figure 3.

Output pulse width modulation is accomplished by comparison of the positive sawtooth waveform across capacitor $C_T$ to either of two control signals. The NOR gates, which drive output transistors Q1 and Q2, are enabled only when the flip–flop clock–input line is in its low state. This happens only during that portion of time when the sawtooth voltage is greater than the control signals. Therefore, an increase in control–signal amplitude causes a corresponding linear decrease of output pulse width. (Refer to the Timing Diagram shown in Figure 2.)

The control signals are external inputs that can be fed into the deadtime control, the error amplifier inputs, or the feedback input. The deadtime control comparator has an effective 120 mV input offset which limits the minimum output deadtime to approximately the first 4% of the sawtooth–cycle time. This would result in a maximum duty cycle on a given output of 96% with the output control grounded, and 48% with it connected to the reference line. Additional deadtime may be imposed on the output by setting the deadtime–control input to a fixed voltage, ranging between 0 V to 3.3 V.

**Functional Table**

| Input/Output Controls | Output Function | $\frac{f_{out}}{f_{osc}} =$ |
|---|---|---|
| Grounded | Single–ended PWM @ Q1 and Q2 | 1.0 |
| @ $V_{ref}$ | Push–pull Operation | 0.5 |

The pulse width modulator comparator provides a means for the error amplifiers to adjust the output pulse width from the maximum percent on–time, established by the deadtime control input, down to zero, as the voltage at the feedback pin varies from 0.5 V to 3.5 V. Both error amplifiers have a common mode input range from –0.3 V to ($V_{CC}$ – 2V), and may be used to sense power–supply output voltage and current. The error–amplifier outputs are active high and are ORed together at the noninverting input of the pulse–width modulator comparator. With this configuration, the amplifier that demands minimum output on time, dominates control of the loop.

When capacitor $C_T$ is discharged, a positive pulse is generated on the output of the deadtime comparator, which clocks the pulse–steering flip–flop and inhibits the output transistors, Q1 and Q2. With the output–control connected to the reference line, the pulse–steering flip–flop directs the modulated pulses to each of the two output transistors alternately for push–pull operation. The output frequency is equal to half that of the oscillator. Output drive can also be taken from Q1 or Q2, when single–ended operation with a maximum on–time of less than 50% is required. This is desirable when the output transformer has a ringback winding with a catch diode used for snubbing. When higher output–drive currents are required for single–ended operation, Q1 and Q2 may be connected in parallel, and the output–mode pin must be tied to ground to disable the flip–flop. The output frequency will now be equal to that of the oscillator.

The TL494 has an internal 5.0 V reference capable of sourcing up to 10 mA of load current for external bias circuits. The reference has an internal accuracy of ±5.0% with a typical thermal drift of less than 50 mV over an operating temperature range of 0° to 70°C.

**Figure 3. Oscillator Frequency versus Timing Resistance**

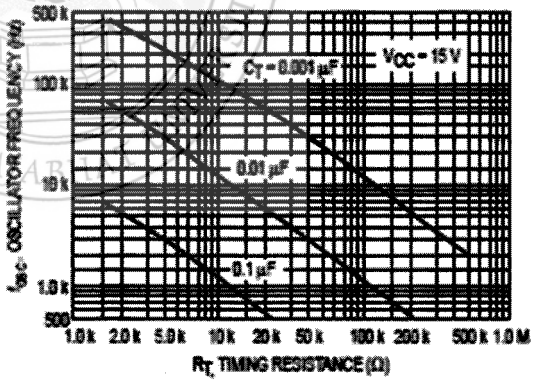


**Figure 4. Open Loop Voltage Gain and Phase versus Frequency**

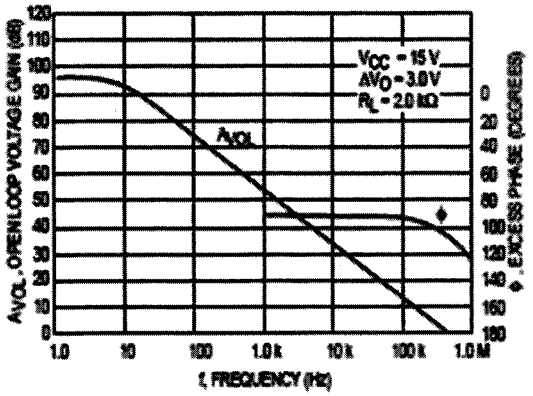



**Figure 5. Percent Deadtime versus Oscillator Frequency**

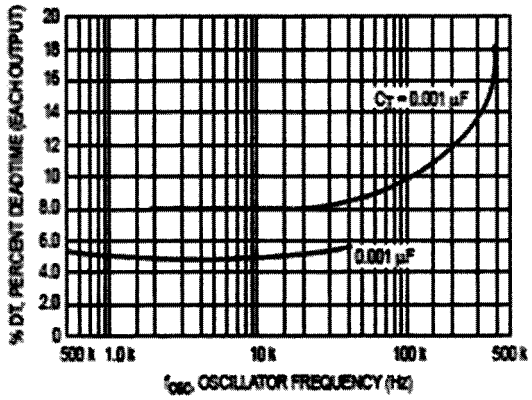



**Figure 6. Percent Duty Cycle versus Deadtime Control Voltage**

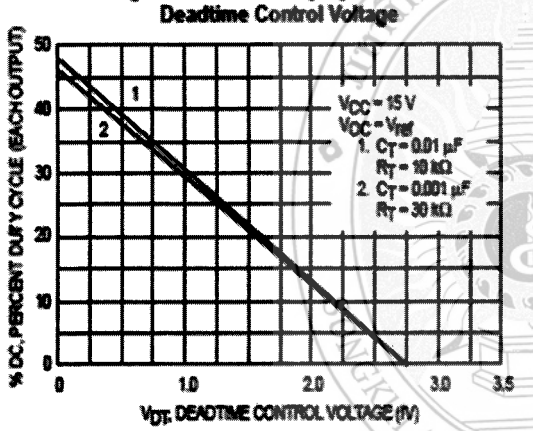



**Figure 7. Emitter–Follower Configuration Output Saturation Voltage versus Emitter Current**

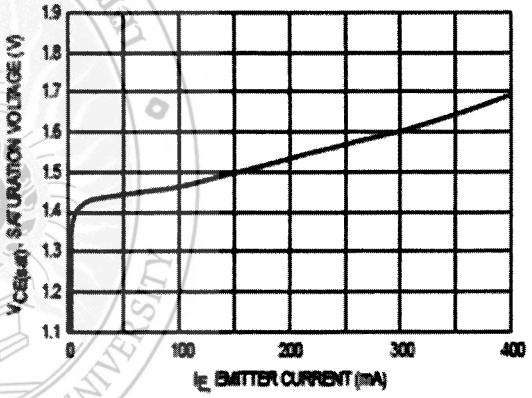



**Figure 8. Common–Emitter Configuration Output Saturation Voltage versus Collector Current**

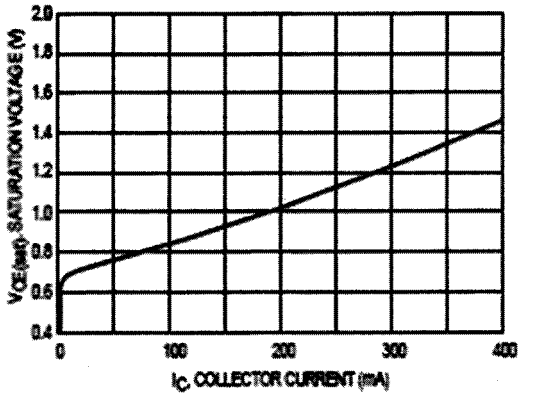



**Figure 9. Standby Supply Current versus Supply Voltage**

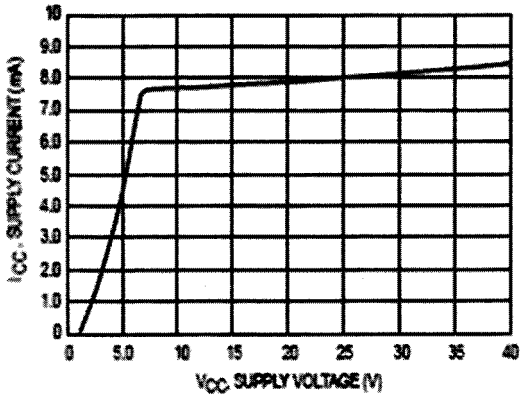


**Figure 10. Error–Amplifier Characteristics**

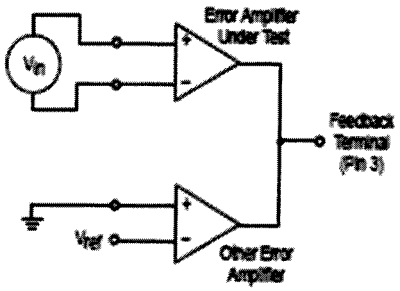



**Figure 11. Deadtime and Feedback Control Circuit**

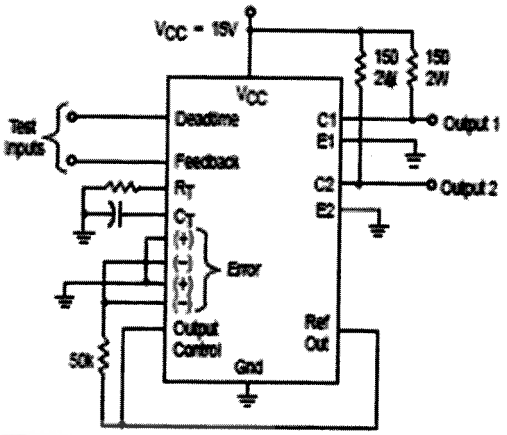



**Figure 12. Common–Emitter Configuration Test Circuit and Waveform**

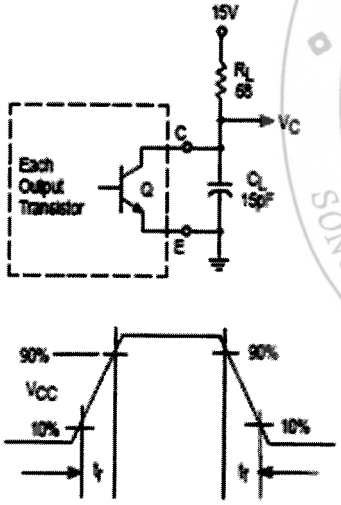



**Figure 13. Emitter–Follower Configuration Test Circuit and Waveform**

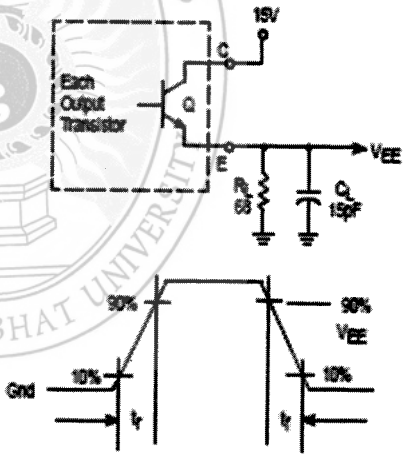


**Figure 14. Error–Amplifier Sensing Techniques**

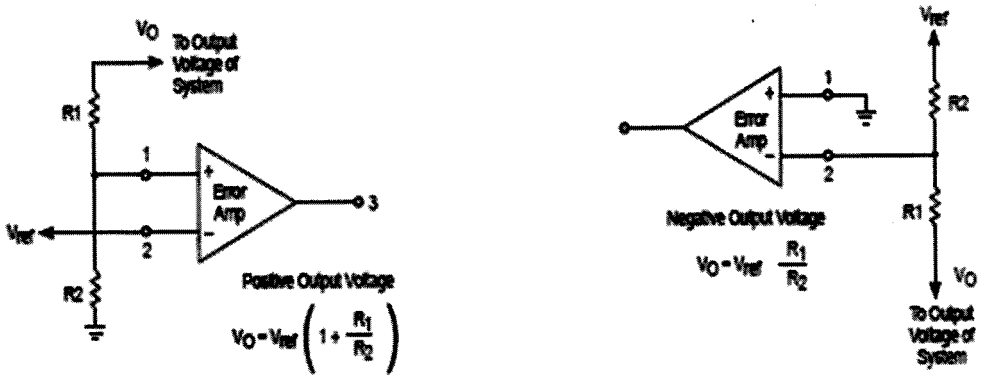



**Figure 15. Deadtime Control Circuit**

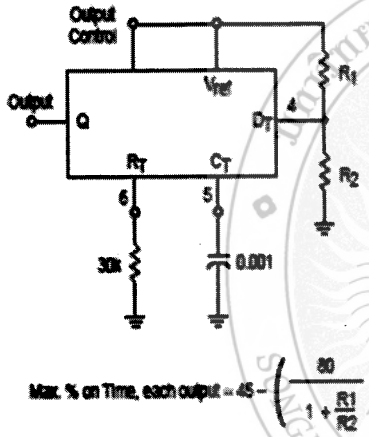



**Figure 16. Soft–Start Circuit**

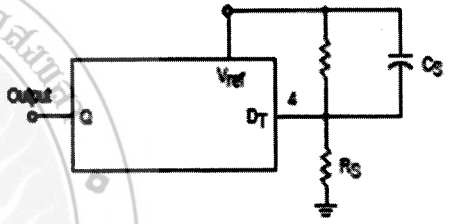



**Figure 17. Output Connections for Single–Ended and Push–Pull Configurations**

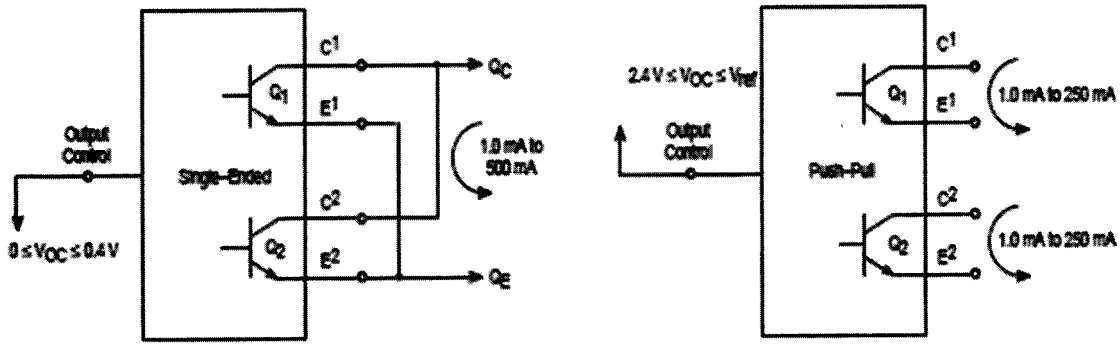


**Figure 18. Slaving Two or More Control Circuits**

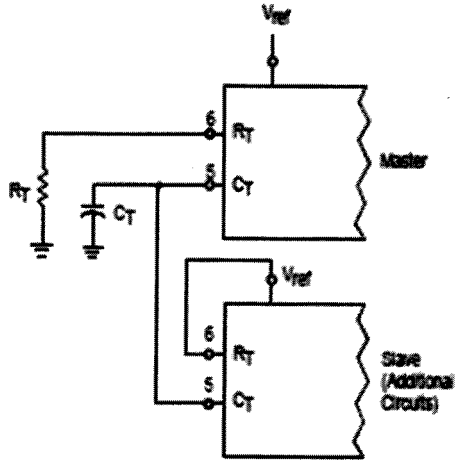



**Figure 19. Operation with $V_{in}$ > 40 V Using External Zener**

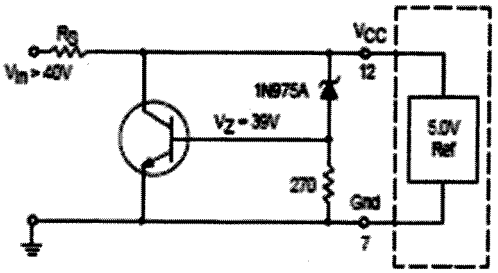
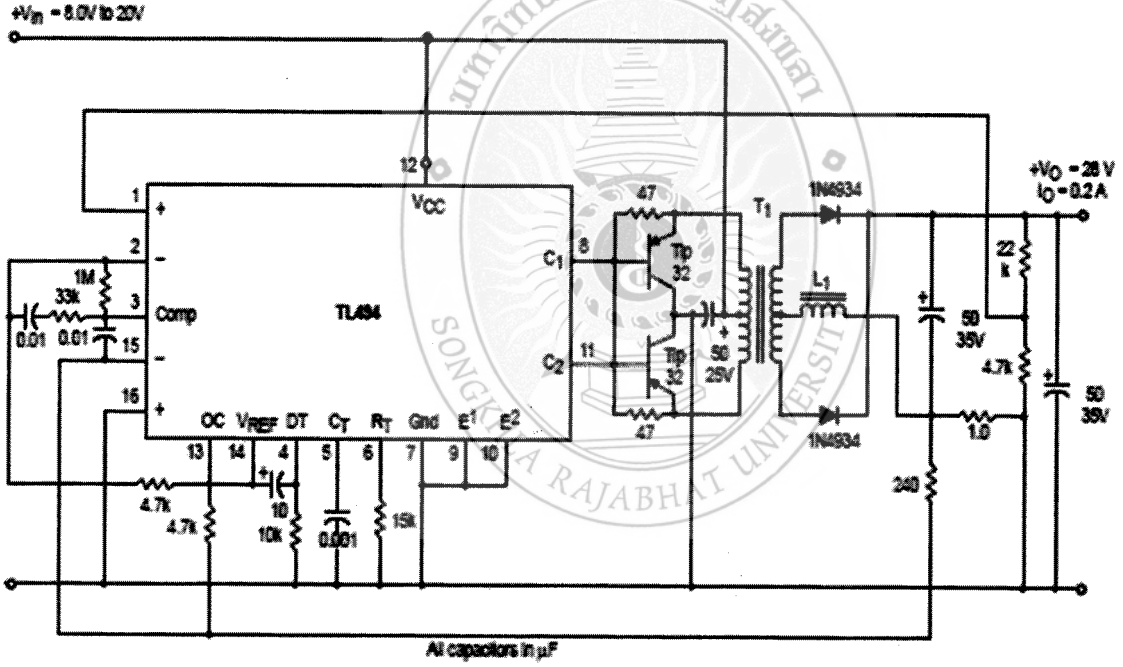


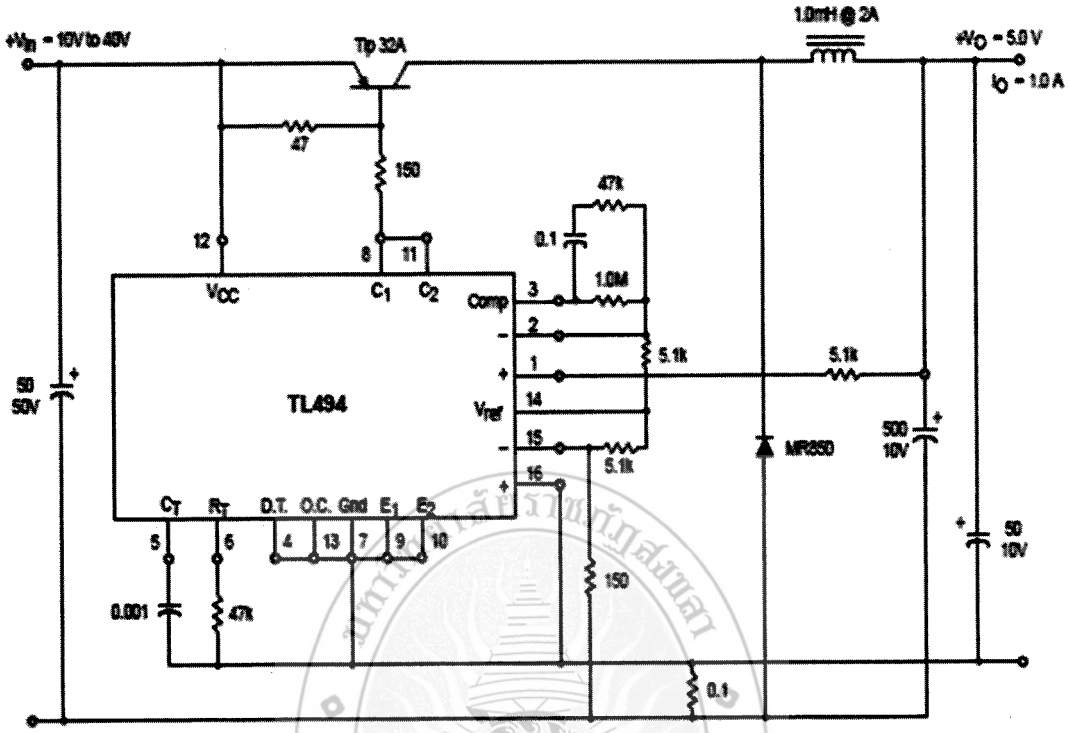

**Figure 20. Pulse Width Modulated Push–Pull Converter**




| Test | Conditions | Results |
|---|---|---|
| Line Regulation | $V_{in}$ = 10 V to 40 V | 14 mV 0.28% |
| Load Regulation | $V_{in}$ = 28 V, $I_O$ = 1.0 mA to 1.0 A | 3.0 mV 0.06% |
| Output Ripple | $V_{in}$ = 28 V, $I_O$ = 1.0 A | 65 mV pp P.A.R.D. |
| Short Circuit Current | $V_{in}$ = 28 V, $R_L$ = 0.1 Ω | 1.6 A |
| Efficiency | $V_{in}$ = 28 V, $I_O$ = 1.0 A | 71% |

L1 – 3.5 mH @ 0.3 A
T1 – Primary: 20T C.T. #28 AWG
Secondary: 120T C.T. #36 AWG
Core: Ferroxcube 1408P–L00–3C8

**Figure 21. Pulse Width Modulated Step–Down Converter**

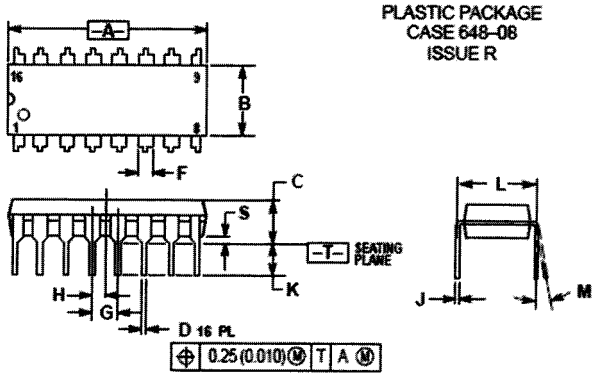



| Test | Conditions | Results |
|---|---|---|
| Line Regulation | $V_{in}$ = 8.0 V to 40 V | 3.0 mV 0.01% |
| Load Regulation | $V_{in}$ = 12.6 V, $I_O$ = 0.2 mA to 200 mA | 5.0 mV 0.02% |
| Output Ripple | $V_{in}$ = 12.6 V, $I_O$ = 200 mA | 40 mV pp P.A.R.D. |
| Short Circuit Current | $V_{in}$ = 12.6 V, $R_L$ = 0.1 Ω | 250 mA |
| Efficiency | $V_{in}$ = 12.6 V, $I_O$ = 200 mA | 72% |

# TL494

## OUTLINE DIMENSIONS

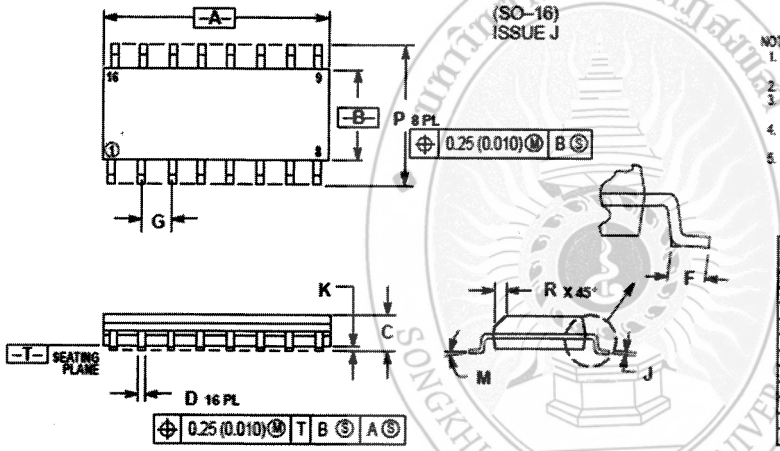
**N SUFFIX**
PLASTIC PACKAGE
CASE 648–08
ISSUE R




NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

| | INCHES | | MILLIMETERS | |
|---|---|---|---|---|
| DIM | MIN | MAX | MIN | MAX |
| A | 0.740 | 0.770 | 18.80 | 19.55 |
| B | 0.250 | 0.270 | 6.35 | 6.85 |
| C | 0.145 | 0.175 | 3.69 | 4.44 |
| D | 0.015 | 0.021 | 0.39 | 0.53 |
| F | 0.040 | 0.70 | 1.02 | 1.77 |
| G | 0.100 BSC | | 2.54 BSC | |
| H | 0.050 BSC | | 1.27 BSC | |
| J | 0.008 | 0.015 | 0.21 | 0.38 |
| K | 0.110 | 0.130 | 2.80 | 3.30 |
| L | 0.295 | 0.305 | 7.50 | 7.74 |
| M | 0° | 10° | 0° | 10° |
| S | 0.020 | 0.040 | 0.51 | 1.01 |

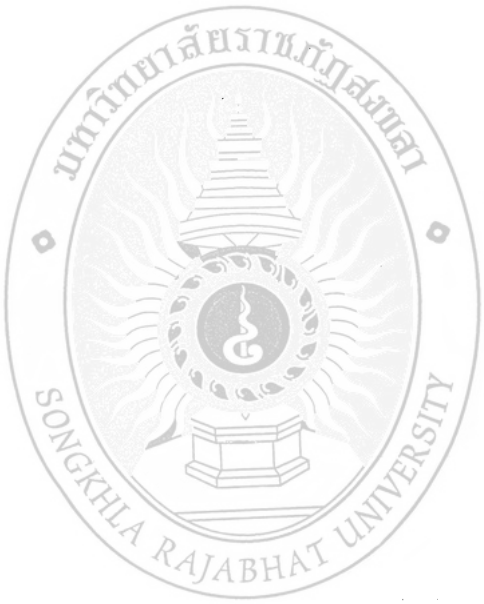
**D SUFFIX**
PLASTIC PACKAGE
CASE 751B–05
(SO–16)
ISSUE J




NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

| | MILLIMETERS | | INCHES | |
|---|---|---|---|---|
| DIM | MIN | MAX | MIN | MAX |
| A | 9.80 | 10.00 | 0.386 | 0.393 |
| B | 3.80 | 4.00 | 0.150 | 0.157 |
| C | 1.35 | 1.75 | 0.054 | 0.068 |
| D | 0.33 | 0.49 | 0.014 | 0.019 |
| F | 0.40 | 1.25 | 0.016 | 0.049 |
| G | 1.27 BSC | | 0.050 BSC | |
| J | 0.19 | 0.25 | 0.008 | 0.009 |
| K | 0.10 | 0.25 | 0.004 | 0.009 |
| M | 0° | 7° | 0° | 7° |
| P | 5.80 | 6.20 | 0.229 | 0.244 |
| R | 0.25 | 0.50 | 0.010 | 0.019 |

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY


มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

# ประวัติผู้วิจัย


**1. นายนิพนธ์ มณีโชติ**

| | |
|---|---|
| **วุฒิการศึกษา** | ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| **ตำแหน่งปัจจุบัน:** | อาจารย์ โปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา |
| **โทรศัพท์/โทรสาร** | 0-7431-2726, 0-7432-5007 ต่อ 283 |
| **E-mail:** | niponma17@gmail.com |

**2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัณย์ ชูคดี**

| | |
|---|---|
| **วุฒิการศึกษา** | ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้าศึกษา<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| **ตำแหน่งปัจจุบัน:** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา |
| **โทรศัพท์/โทรสาร** | 0-7432-4406, 0-7455-8197 |
| **E-mail:** | sarunskru@hotmail.com |