



รายงานการวิจัย

การพัฒนาระบบเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์

The Development of Lawnmower Electric System

by using Solar Cells Energy



รายงานวิจัยฉบับนี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

พ.ศ. 2557

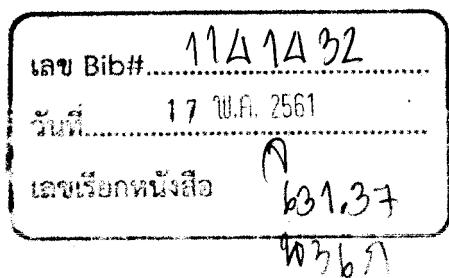
ชื่องานวิจัย การพัฒนาระบบเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์
ผู้วิจัย นายนิพนธ์ มณีโขต และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีวนิช ชูคดี
คณาน เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ปี 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและออกแบบเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ให้ประสิทธิภาพในการใช้งานเทียบเคียงเครื่องตัดหญ้าแบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง มีการใช้พลังงานน้อยที่สุดเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดจากพลังงานทดแทน ลดการสั่นสะเทือน ลดเสียงดังจากการทำงานของเครื่องตัดหญ้าแบบเครื่องยนต์และไม่เพิ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

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 แผงมาต่อวงจรแบบอนุกรมเพื่อเปลี่ยนโซล่าเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าต่อเข้ากับอุปกรณ์โซล่าชาร์จคอนโทรลเลอร์ ได้ค่ากระแสประมาณ 1.8 แอมป์ เพื่อนำมาชาร์จให้กับแบตเตอรี่ใช้เวลาในการชาร์จประมาณ 6-7 ชั่วโมงสำหรับการนำไปใช้งานในแต่ละครั้ง

ผลการดำเนินงานพบว่า 1) เครื่องตัดหญ้าพลังงานแบตเตอรี่สามารถนำไปใช้งานได้จริง และไม่เพิ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 2) สามารถทำการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าและสามารถปรับความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าในการตัดหญ้าได้ 3) สามารถใช้งานต่อเนื่องได้นาน 1-2 ชั่วโมงต่อการชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้ง



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.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจากหลายส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจาก กองทุนวิจัยสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่เป็นผู้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยใน ครั้งนี้ ผู้ดำเนินงานขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ อาจารย์ทุกท่าน ในโปรแกรมวิชาอุดสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยี อุดสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่ได้ให้คำปรึกษางานวิจัย พร้อมกับให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา คณะผู้วิจัยรู้สึกทราบชัดในความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง

คุณค่าและประโยชน์ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ หวังว่าคงเป็นแนวทางการศึกษาของผู้ที่มี ความสนใจทางด้านพัฒนาเทคโนโลยี นักวิจัย นักศึกษา และผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง

ท้ายนี้ ประโยชน์อันเพิ่มจากการดำเนินงานในครั้งนี้ ขอมอบแด่มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

นิพนธ์ มนีโขติ และ ศรัณย์ ชูศรี

คณะเทคโนโลยี อุดสาหกรรม

ธันวาคม 2558



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	๑
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	๒
กิตติกรรมประกาศ	๓
สารบัญ	๔
สารบัญตาราง (ถ้ามี)	๕
สารบัญภาพ (ถ้ามี)	๖
บทที่ 1 บทนำ	๑
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	๑
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	๒
ขอบเขตของงานวิจัย	๒
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	๓
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	๔
แบบเตอร์ในระบบเชลล์แสงอาทิตย์	๔
หลักการทำงานเชลล์แสงอาทิตย์	๑๐
มองเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	๑๗
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	๒๑
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	๒๓
วิธีการดำเนินงานวิจัย	๒๓
การออกแบบเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์	๒๕
การติดตั้งและประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับโครงสร้างเครื่องตัดหญ้า	๒๗
การออกแบบวงจรไฟฟ้าสำหรับควบคุมเครื่องตัดหญ้า	๓๑
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	๓๓
บทที่ 4 ผลการทดลอง	๓๕
การทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของแพงโซล่าเซลล์ในแต่ละช่วงเวลาต่าง ๆ ของวัน	๓๕
การทดสอบการควบคุมการชาร์จของแบบเตอร์	๓๖

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การทดสอบความเร็วตอบในการตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า	37
การทดสอบการวัดค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละ Duty Cycle	38
การทดสอบระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่	39
การทดสอบหาพื้นที่ในการตัดหญ้าเทียบกับเวลา	40
ผลการทดสอบในการสร้างเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์	41
ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์	43
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	45
สรุปผลการทดลอง	45
ทดสอบหาประสิทธิภาพของแพงโซล่าเซลล์	45
การทดลองการควบคุมการชาร์จ	46
ค่าความเร็วตอบของใบมีดเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า	46
ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัยครั้งนี้	46
ข้อเสนอแนะ	47
บรรณานุกรม	49
ภาคผนวก ก	51
ภาคผนวก ข	59
ประวัติผู้วิจัย	71

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาทำแพงโซล่าเซลล์	12
2-2 ปริมาณความเข้มของแสง	13
4-1 ผลการทดสอบชั้นนำหนักขณะพร้อมใช้งาน	42
4-2 ผลการทดสอบการเปลี่ยบเทียบนำหนักเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า	42
4-3 ผลการทดสอบการวัดแรงดันกระแสที่ได้จากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	43



สารบัญภาพ

ภาคที่	หน้า
2-1 แบบเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป	5
2-2 การต่ออนุกรรมของแบบเตอร์	7
2-3 การต่อขนาดของแบบเตอร์	7
2-4 การต่ออนุกรรมผสมกับแบบขนาด	8
2-5 แบบเตอร์ชนิดตะกั่วกรด	8
2-7 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่างๆ	10
2-8 การเกิดกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์	12
2-9 การเกิดกระแสไฟฟ้า	13
2-10 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ	14
2-11 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกันระบบจำหน่าย	15
2-12 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมพลาสติก	16
2-13 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	17
2-14 ข้อแม่เหล็กและขดลวดแม่เหล็กที่ยึดติดกับเฟรม	18
2-15 โรเตอร์ของมอเตอร์กระแสตรง	18
2-16 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของอาร์เมเจอร์ (โรเตอร์)	19
2-17 แสดงความกว้างของพัลท์ขนาดต่าง ๆ และ ค่าดิวตี้ไซเคิลของช่วงพัลท์ที่มีความถี่	21
3-1 ลำดับขั้นตอนการจัดทำโครงสร้างวิจัย	24
3-2 แบบโครงสร้างของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์	25
3-3 เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์	26
3-4 การสร้างโครงสร้างเครื่องตัดหญ้าสำหรับติดตั้งแบบเตอร์	26
3-5 การติดตั้งเบารองหลังพร้อมสายสะพาย	27
3-6 การติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 36 โวลต์	27
3-7 การติดตั้งแบบเตอร์เข้ากับโครงสร้างของเครื่องตัดหญ้า	28
3-8 การติดตั้งชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	28
3-9 การติดตั้งอุปกรณ์ชุดชาร์จคอนโทรลเลอร์	29
3-10 การติดตั้งชุดอุปกรณ์ด้านตัดของใบตัดหญ้า	29
3-11 การติดตั้งชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบคันเร่ง	30
3-12 การติดตั้งชุดใบมีดตัดหญ้า	30

สารบัญภาค (ต่อ)

ภาคที่	หน้า
3-13 วงจรที่ใช้สร้างสัญญาณความกว้างพัลส์	31
3-14 วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	32
3-15 เครื่องมือออสซิลโลสโคป	33
3-16 มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล	33
3-17 เครื่องวัดความเร็วรอบ	34
3-18 เครื่องประจุกระแสไฟฟ้าแบบเตอร์	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 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่	39
4-6 กราฟแสดงพื้นที่ในการตัดหญ้านานด้วยความสูง 5-10 เซนติเมตร	40
4-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า Duty Cycle กับพื้นที่	41
4-8 ภาพเครื่องตัดหญ้าพลังงานแบตเตอรี่เสริมสมบูรณ์	41
4-9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักเครื่องตัดหญ้า	43
4-10 กราฟแสดงผลการทดลองการวัดแรงดันกระแสแสง	44

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันได้มีการใช้พลังงานเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะน้ำมันซึ่งมีราคาค่อนข้างสูงมาก และประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีการใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันเป็นปริมาณมาก โดยเฉพาะภาคชนบท ภาคอุตสาหกรรมหรือภาคเกษตรกรรม เช่น รถยนต์ รถจักรยานยนต์ เครื่องยนต์การเกษตรหรืออุปกรณ์ในการประกอบอาชีพต่าง ๆ มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม, 2546) ถึงแม้ว่าจะมีการรณรงค์ให้มีการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงแล้วก็ตามแต่ก็ยังไม่ได้ผลเท่าที่ควร และในขณะเดียวกันพลังงานเชื้อเพลิงในประเทศไทยได้ลดจำนวนน้อยลงเรื่อย ๆ แต่ความต้องการในการใช้พลังงานในประเทศมีมากขึ้นทุกวัน จึงอาจจะทำให้พลังงานในอนาคตไม่เพียงพอต่อความต้องการและอาจต้องหมดไปในที่สุด (การประยุกต์ใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน กรุงเทพฯ : กรม, 2547) ผลกระทบอีกอย่างหนึ่งคือปัญหาทางมลพิษที่ถูกปล่อยออกมายาก เครื่องยนต์ดังกล่าว ที่เครื่องยนต์เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ทั้งมลพิษทางอากาศ และมลพิษทางเสียง มากถึงทุกวันนี้ทุกคนต้องตระหนักและให้ความสำคัญกับปัญหามลพิษดังกล่าว เพื่อหยุดการปล่อยพิษที่ออกมายากเครื่องยนต์ ดังนั้นวิธีที่จะช่วยได้คือการเปลี่ยนเครื่องต้นกำลังจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง มาเป็นเครื่องต้นกำลังที่ใช้พลังงานไฟฟ้าแทน โดยมีการออกแบบอุปกรณ์ไฟฟ้าในรูปของพลังงานทดแทนออกมายกทั้งตัว และใช้พลังงานน้อยที่สุดเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด (พินิต แสงวัฒนะ, 2549)

การปลูกสนามหญ้าไว้บริเวณบ้าน และการจัดสวนหย่อมเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย แต่ละที่จึงมีขนาดของสนามหญ้าแตกต่างกันไป จึงต้องมีการควบคุมให้หญ้ามีความยาวที่พอดีเหมาะสมกับสนามเพื่อให้สนามหญ้านั้นดูสวยงามและเป็นระเบียบเรียบร้อยอยู่เสมอ (วิทยา เพียงต่อ, 2551) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เลือกเห็นถึงความสำคัญของการควบคุมปริมาณความยาวของหญ้าโดยใช้การตัดแต่งจากอุปกรณ์การตัดหดลายชนิด ซึ่งในอดีตวิถีการของเครื่องมือที่ใช้ในการตัดหญ้าได้เจริญก้าวหน้าขึ้นอย่างมาก จากการใช้แรงงานคนเป็นหลัก เช่น การใช้มีด หรือกรีดตัดหญ้า เป็นต้น ทั้งนี้การตัดหญ้าโดยใช้อุปกรณ์ดังกล่าวมีความล้าช้า สิ้นเปลืองแรงงาน จึงทำให้ในปัจจุบันได้มี

การคิดค้นพัฒนารถตัดหญ้าขึ้นมาแบบใช้เครื่องยนต์ในการขับเคลื่อน โดยใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง ทั้งนี้รถตัดหญ้าแบบใช้น้ำมันเบนซินเป็นแหล่งพลังงานนี้จะก่อให้เกิดผลกระทบตามมา เช่น การมีกลิ่นเหม็นของการเผาไหม้จากน้ำมันเบนซิน การเกิดเสียงดังของเครื่องยนต์ในเวลาที่ตัดหญ้า ก่อให้เกิดมลพิษทางเสียง และมลพิษทางอากาศต่อผู้ที่ปฏิบัติงานและสภาวะแวดล้อม เป็นต้น

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัจจุบันดังกล่าวคณะกรรมการผู้จัดทำจึงได้มีแนวความคิดในการพัฒนาเครื่องตัดหญ้าพลังงานแบบเตอร์โดยใช้หลักการชาร์จพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ แบบเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป และการชาร์จพลังงานจากการใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อสร้างเครื่องตัดหญ้าให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานและลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่มีราคาสูง เพื่อสร้างเครื่องตัดหญ้าให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานยาวนานและลดการสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์ที่ทำให้เกิดเสียงดัง ลดความลากว่างทางเสียง และการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการช่วยลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีราคาสูงและปัจจุบ้านในการซ่อมแซมน้ำรุนแรงมากที่เกิดจากกระบวนการเครื่องยนต์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อสร้างอุปกรณ์เครื่องตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้าโดยชาร์จพลังงานด้วยระบบแบบเตอร์ไฟฟ้าและระบบโซล่าเซลล์
- 1.2.2 เพื่อลดเสียงดังและการสั่นสะเทือนจากการทำงานของเครื่องตัดหญ้าโดยใช้พลังงานแบบเตอร์
- 1.2.3 เพื่อทดสอบสมรรถนะของเครื่องตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้าที่สร้างขึ้น

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 เครื่องตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้าใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดันไฟฟ้า 36 โวลต์ กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ จำนวน 1 ตัว
- 1.3.2 แหล่งจ่ายพลังงานใช้แบบเตอร์แบบเซลล์แห้งขนาดแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ กระแส 9 แอมป์ / ชั่วโมง จำนวน 3 ถุง
- 1.3.3 ชนิดของแผงโซล่าเซลล์ที่ใช้ Crystalline Silicon Photovoltaic ขนาดกำลังของแผง OUTPUT : DC 36V/1.8 A
- 1.3.4 เครื่องตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้า ใช้ระบบโซล่าชาร์จคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าที่มาจากการแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่แบบเตอร์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เป็นแนวทางที่จะช่วยอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า คือ การนำพลังงานธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์และเป็นการช่วยรักษาทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในโลกโดยไม่ทำให้เกิดผลกระทบเป็นพิษต่อสภาพแวดล้อม

1.5.2 ได้ต้นแบบเครื่องตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้าสำหรับการใช้งานที่สามารถลดการใช้พลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีราคาสูง

1.5.3 ลดผลกระทบทางสังคมสามารถใช้งานได้ในที่ส่วนบุคคลหรือที่ที่ควบคุมการใช้สีียง เช่น สถานที่ราชการ สถานศึกษา

1.5.3 ลดการสั่นสะเทือนของตัวเครื่องตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้าเมื่อเทียบกับเครื่องตัดหญ้าแบบเครื่องยนต์





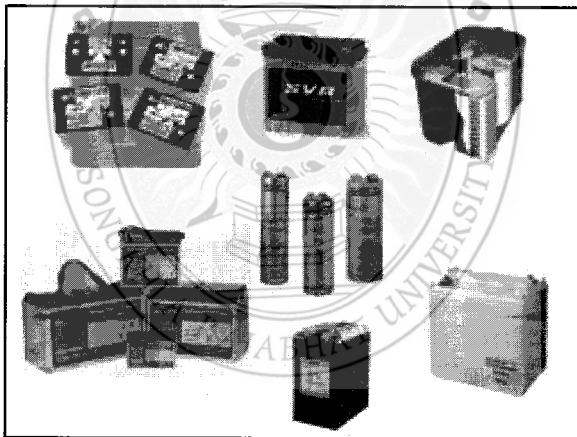
บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานวิจัย เรื่องการพัฒนาระบบเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้วิจัยได้ศึกษาทางด้านทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยเสนอตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

- 2.1 แบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์
- 2.2 หลักการทำงานเซลล์แสงอาทิตย์
- 2.3 นอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 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 (จิตร์ หิรัญลักษณ์, 2541) ได้มี

การค้นพบว่า มีการใช้แบตเตอรี่ตั้งแต่สมัยโบราณโโลเนียน เมื่อประมาณ 500 ปีก่อนคริสตศักราช แต่ แบตเตอรี่ที่มีใช้ในปัจจุบัน เป็นการค้นค้าทางด่องนักวิทยาศาสตร์เมื่อ 200 ปีที่แล้ว ซึ่งแบ่งตาม ลักษณะของการใช้งานได้เป็น 4 ชนิดดังนี้ (จรัส บุญยธรรม, 2557)

1. แบตเตอรี่ปฐมภูมิ เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วไม่สามารถกลับมาชาร์จประจุ เพื่อกลับมาใช้ใหม่ได้ หรือที่มักเรียกว่า “ถ่าน” มีอยู่หลายชนิด เช่น ถ่านอัลคาไลน์ ถ่านลิเทียม เป็นต้น แบตเตอรี่แบบนี้มีหลายขนาด ใช้ในวิทยานาฬิกา เก็บพลังงานได้สูง อายุการใช้งานสูง แต่ เมื่อถูกใช้หมดจะกลายเป็นขยะมลพิษ

2. แบตเตอรี่ทุติยภูมิ เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วสามารถกลับมาชาร์จประจุเพื่อกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น แบตเตอรี่รถยนต์ แบตเตอรี่มือถือ และถ่านรุ่นใหม่ๆ เป็นต้น

3. แบตเตอรี่เชิงกล เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วสามารถกลับมาชาร์จประจุใหม่ได้ โดย การเปลี่ยนข้ออิเล็กโทรดข้อมูลของแบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้ว ซึ่งทำให้มีการชาร์จประจุอย่างรวดเร็ว เช่น แบตเตอรี่ชนิดอลูมิเนียม-อากาศ

4. แบตเตอรี่ผสม เป็นแบตเตอรี่ที่มีเซลล์ของเชื้อเพลิงผสมอยู่ โดยข้ออิเล็กโทรดข้างหนึ่ง เป็นก๊าซและอีกข้างหนึ่งเป็นข้อมูลของตัวมันเอง เช่น แบตเตอรี่ชนิดซิงค์-ไบร์มิน

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

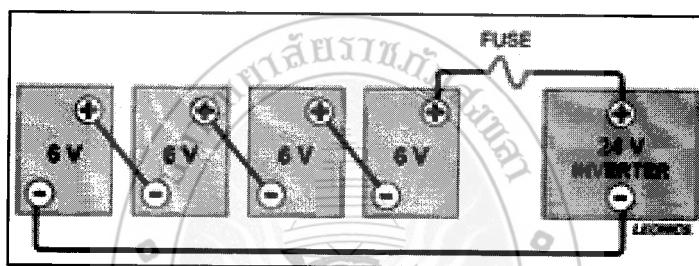
2.1.1 ชนิดของแบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดมีอยู่หลายแบบด้วยกัน แต่ที่เหมาะสมสำหรับใช้งานกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์มากที่สุดคือ แบตเตอรี่แบบจ่ายประจุสูง (Deep discharge battery) เพราะถูกออกแบบให้สามารถจ่ายพลังงานปริมาณเล็กน้อยได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ๆ โดยไม่เกิดความเสียหาย คุณจะสามารถใช้ไฟฟ้าที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่ได้อย่างต่อเนื่องถึง 80% ส่วนมากแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะมีลักษณะที่ฝาครอบด้านบนเปิดออกได้ เพื่อให้สามารถตรวจสอบเซลล์ และเติมน้ำในเวลาที่จำเป็นได้ 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

ตะกั่วที่เป็นขั้นวนวากและลบจุ่มอยู่ในสารละลายน้ำกรดซัลฟูริกหรือเรียกว่าสารละลายนิเกิลไตรไดต์ เมื่อเซลล์มีการจ่ายประจุ โน๊ติกูลของเซลล์เพอร์เจ้าสารละลายนิเกิลไตรไนด์จะติดอยู่กับแผ่นตะกั่วและปล่อยนิเกิลไตรอนออกมากตามมา เมื่อเซลล์มีการประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ๆ นิเกิลไตรอนจำนวนมากจะกลับเข้าไปในสารละลายนิเกิลไตรไนด์ แบตเตอรี่จึงเกิดแรงดันไฟจากปฏิกิริยาเคมีนี้เอง และไฟฟ้าเกิดขึ้นได้จากการเคลื่อนที่ของนิเกิลไตรอนภายในแต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่ให้แรงดัน 2 โวลต์ แบตเตอรี่ 12 โวลต์ จึงมี 6 เซลล์ต่อ กันแบบอนุกรม เซลล์ทั้งหมดอาจบรรจุอยู่ภายในกล่องเดียวหรือแยกกล่องได้

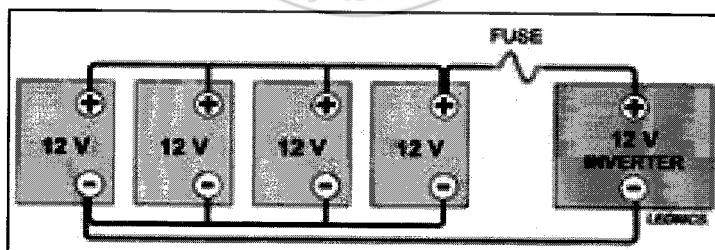
ถ้าต้องการแรงดันมากขึ้น ให้นำแบตเตอรี่หลายถุงมาต่อ กันแบบอนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันสูงขึ้นตามต้องการ



ภาพที่ 2-2 การต่ออนุกรมของแบตเตอรี่

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

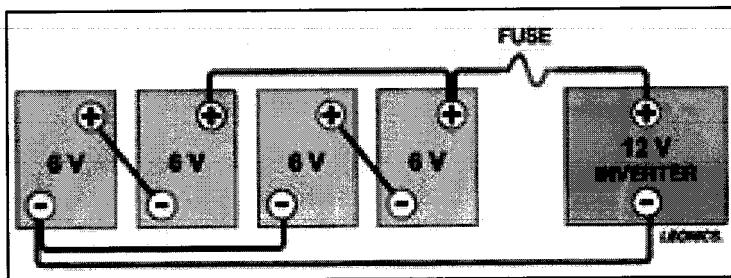
ถ้าต้องการกระแสมากขึ้น ให้นำแบตเตอรี่ 2 ถุงหรือมากกว่านั้นต่อ กันแบบขนานจนได้กระแสที่ต้องการ



ภาพที่ 2-3 การต่อขนานของแบตเตอรี่

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

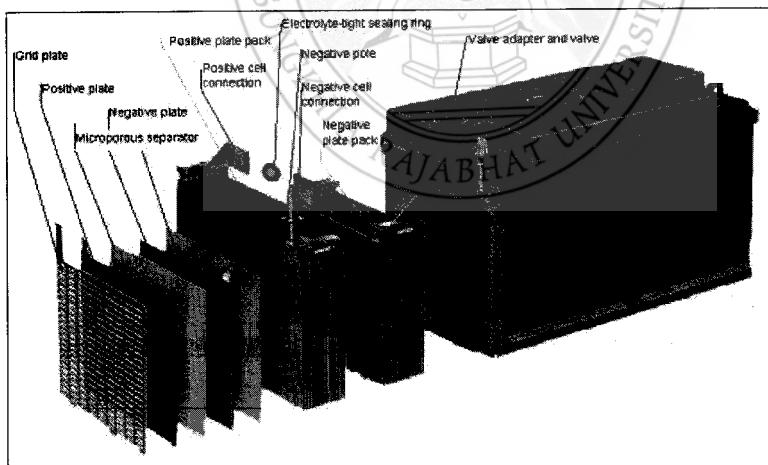
ถ้าต้องการแรงดันและกระแสมากขึ้นให้นำแบตเตอรี่มาต่อ กันแบบอนุกรมผสมกับแบบขนาน



ภาพที่ 2-4 การต่ออนุกรมผสมกับแบบขนาน

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

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดมีอยู่หลายแบบด้วยกัน แต่ที่เหมาะสมสำหรับใช้งานกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์มากที่สุดคือ แบตเตอรี่แบบจ่ายประจุสูง (Deep discharge battery) เพราะถูกออกแบบให้สามารถจ่ายพลังงานปริมาณเล็กน้อยได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ๆ โดยไม่เกิดความเสียหาย คุณจะสามารถใช้ไฟฟ้าที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่ได้อย่างต่อเนื่องถึง 80% ส่วนมากแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะมีลักษณะที่ฝาครอบด้านบนเปิดออกได้ เพื่อให้สามารถตรวจสอบเซลล์ และเติมน้ำในเวลาที่จำเป็นได้ เรียกว่า แบตเตอรี่แบบเซลล์เปิด (Open cell หรือ Unsealed หรือ Flooded cell battery) มีบางชนิดที่ถูกปิดแน่นและไม่ต้องการการซ่อมบำรุง เรียกว่า แบตเตอรี่แบบไม่ต้องดูแลรักษา (ภาครุ่ม แต่ตุลากา, 2556)



ภาพที่ 2-5 แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด

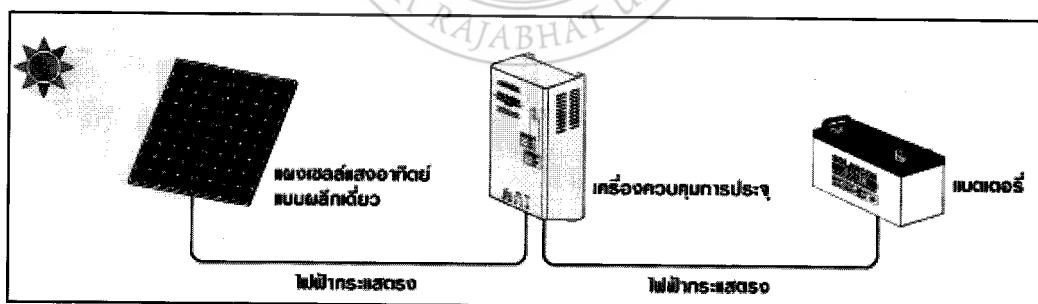
(ที่มา : <http://onlineshop.kasate.com/index.php?newlang=thai>)

2.1.2 ความสามารถในการจัดเก็บพลังงาน

ความจุของแบตเตอรี่ในการบรรจุพลังงานมีหน่วยเป็น แอม培ร์-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 แอม培ร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 100 ชั่วโมงหรือแบตเตอรี่จ่ายกระแส 10 แอม培ร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เช่นเดียวกับแบตเตอรี่จ่ายกระแส 5 แอมเบร็ปอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 20 ชั่วโมง ซึ่งทั้งหมดนี้จ่ายกระแสเท่ากับ 100 Ah ทั้งสิ้น จะเห็นได้ว่า แบตเตอรี่ที่มีความจุเท่ากันอาจมีความเร็วในการจ่ายกระแสต่างกันได้ดังนั้น การจะทราบความจุของแบตเตอรี่ต้องทราบถึงขั้นตอนการจ่ายกระแสด้วยมักกำหนดเป็นจำนวนชั่วโมงของการจ่ายกระแสเดิมที่ การกำหนดขนาดของแบตเตอรี่สำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์นั้นขึ้นอยู่กับความจุของแบตเตอรี่ในการจัดเก็บพลังงาน

2.1.3 ระบบประจุแบตเตอรี่ด้วยแพงโซล่าเซลล์แสงอาทิตย์

เป็นระบบที่ผู้ออกแบบและติดตั้งพร้อมวางแผนเพื่อเป็นระบบสาธิการประจุแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์ จะมีลักษณะการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแสงอาทิตย์ที่มีลักษณะแตกต่างกันตามชนิดของแพงเซลล์แสงอาทิตย์และผลิตเป็นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านเข้าเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ เพื่อควบคุมการเก็บประจุเข้าสู่แบตเตอรี่โดยมีระบบ Maximum Point Tracking (MPPT) ที่ช่วยผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้สูงสุด เพื่อควบคุมการเก็บประจุเข้าสู่แบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยแพงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งานในชุดสาธิคนี้ได้ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดียว



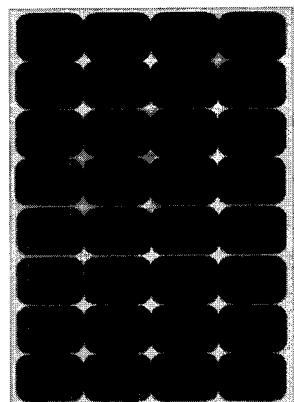
ภาพที่ 2-6 การใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดียว

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

2.2 หลักการทำงานเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) หรือ PV มีชื่อเรียกันไปหลายอย่าง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ หรือ เซลล์ Photovoltaic ซึ่งต่างกันที่มาจากการว่า Photovoltaic โดยแยกออกเป็น Photo หมายถึง แสง Volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อร่วมค่าแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกลงของแสงบนวัตถุที่มี ความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แนวความคิดนี้ได้ถูกค้นพบมาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1839 แต่เซลล์แสงอาทิตย์ และได้ถูกนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับความต้องการ เมื่อ ปี ค.ศ. 1959 ดังนั้น สรุปได้ว่า

เซลล์แสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำการสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลียม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสฟิด (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลเลอไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลนไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่ง เมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำเข้าไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง 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) เซลล์แสงอาทิตย์ที่มาจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดียว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Monocrystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึก

เดียว ขบวนการผลิตเริ่มจากการนาเอาซิลิคอนซึ่งผ่านการทำให้เป็นก้อนที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก (99.999%) ไปหลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,500 °C เพื่อทำการสร้างแท่งพลีกเดียวขนาดใหญ่ (ส่วนผ่านศูนย์กลาง 6-8 นิ้ว) จากต้นพลีก (seed crystal) ด้วยการ ดึงพลีก คุณภาพของพลีกเดียวจะสำคัญมาก ต่อคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ ต่อไปนำแท่งพลีกเดียวนี้ไปตัดเป็นแผ่น ๆ เรียกว่า เวเฟอร์ หนาประมาณ 300 ไมโครเมตร และขั้นตอนการเรียบของผิว จากนั้นก็จะนำไปเจือสารที่จำเป็นในการทำให้เกิดเป็น p-n junction ขึ้นบนแผ่นเวเฟอร์ด้วยวิธีการ Diffusion ที่อุณหภูมิระดับ 1000 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นเป็นขั้นตอนการทำข้าไฟฟ้าเพื่อนำกระแสไฟออกไฟใช้ เป็นการเคลือบฟิล์มผิวน้ำเพื่อป้องกันการ สะท้อนแสงให้น้อยที่สุด ในขั้นตอนนี้จะได้เซลล์ที่พร้อมใช้งาน แต่เนื่องจากในการใช้งานจริง จะนำเซลล์แต่ละเซลล์มาต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าตามต้องการ หลังจากนั้น จึงนำไปประกอบเข้ากับแผงโดยใช้กระจาเป็นแกะป้องกันแผ่นเซลล์ และใช้ซิลิโคน และ อีวีเอ (Ethelele Vinyl Acetate) ช่วยป้องกันความชื้น

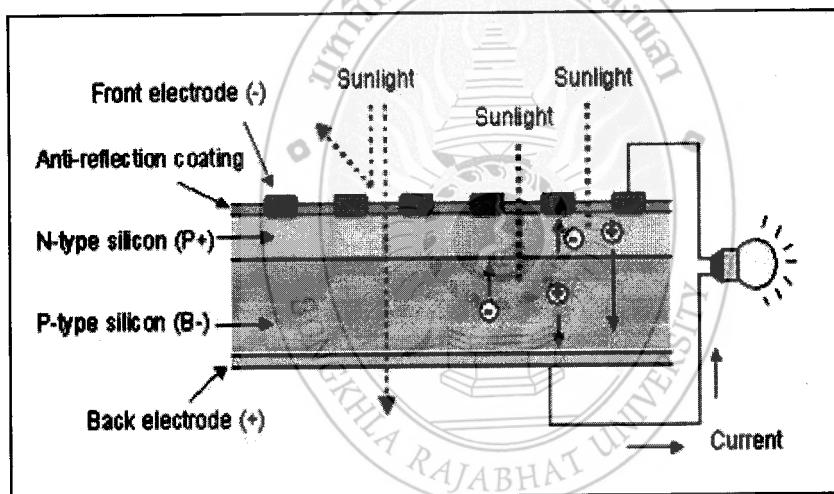
ข) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนแบบพลีรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบพลีรวม เซลล์แสงอาทิตย์แบบพลีรวม ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหา ต้นทุนสูงของแบบพลีกเดียวซิลิคอนแบบพลีรวมก็คือ การนำเอา ซิลิคอนบริสุทธิ์มาหลอมในเบ้า ให้เป็นแท่ง แล้วปล่อยให้เย็นตัวลงช้า ๆ หลังจากนั้นนำมารีดเป็นแผ่น ๆ เรียกว่า เวเฟอร์ หนาประมาณ 300-400 ไมโครเมตร และนำไปทำ p-n junction ต่อไป

ค) เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มน้ำบาง เพียง 0.5 ไมครอน (0.0005) หนาแน่นมาก และประสิทธิภาพเพียง 5-10 % การผลิตเซลล์ แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส มีวิธีการผลิตที่ต่างจากแบบพลีกโดยล้วนเชิง โดยจะเป็นลักษณะของแผ่นฟิล์มน้ำบาง ไม่ใช้เวเฟอร์ โดยจะสร้างแผ่นฟิล์มน้ำบางของซิลิคอนบนแผ่นฐานรอง โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า CVD (Chemical Vapor Deposition) ซึ่งจะมีระบบนำก๊าซที่มีซิลิคอนอยู่ชั้น ก๊าซไฮโดรเจน (SiH_4) ผ่านเข้าไปในห้องสูญญากาศ และตรงบริเวณที่วางแผ่นฐานรองก็จะมีการกระตุ้น เช่น โดยพลาasma เพื่อส่งพลังงานให้ซิลิคอนแยกตัวออกจากก๊าซเข้าไปจับตัวกันบนแผ่นฐานรอง โดยส่วนใหญ่จะเป็น แก้ว สารเคมี หรือพลาสติก ซึ่งได้ทำการเคลือบชั้นตัวนำไปร่วงแสงไว้ก่อน โดยมีอุณหภูมิบนแผ่นฐานรองประมาณ 200-300 องศาเซลเซียส ซิลิคอนจะทับกัน สะสมบนแผ่น เกิดเป็นอะมอร์ฟซิลิคอน ในขั้นตอนนี้หากใส่ก๊าซที่มี Boron เช่น B_2H_6 เข้าไปด้วย เราอาจจะได้แผ่นฟิล์มที่เป็นอะมอร์ฟซิลิคอนชนิด p และถ้าหากใส่ก๊าซที่มี phosphate เช่น PH_3 จะได้แผ่นฟิล์มที่เป็นอะมอร์ฟซิลิคอนชนิด n ซึ่งจะเห็นได้ว่า ด้วยวิธีนี้สามารถควบคุมการไหลของก๊าซเพื่อสร้างให้เกิดชั้นของ pin อะมอร์ฟซิลิคอนชั้นนี้ได้อย่างค่อนข้างง่ายดาย หลังจากได้โครงสร้าง pin แล้วก็จะสร้างส่วนของข้าไฟฟ้าให้เสร็จเป็นเซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 2-1 เมริยบเทียบคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาทำแผงโซล่าเซลล์

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	ต่ำ

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นกระแสไฟฟ้า ได้โดยตรงเมื่อแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระแทกกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกันพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำจึงสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้ดังภาพที่ 2-8

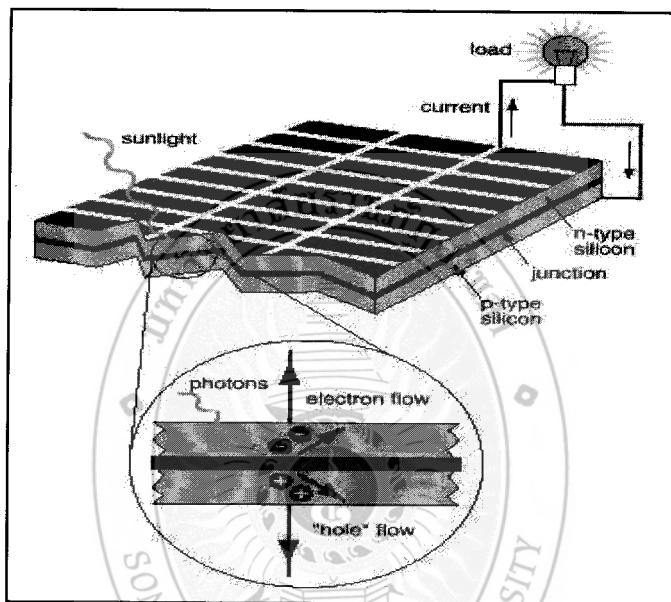


ภาพที่ 2-8 การเกิดกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

(ที่มา : <http://www.2.egat.co.th/re/soracell/soracall.htm>)

n-type ซิลิโคน ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงาน แสงอาทิตย์ p-type ซิลิโคน กือตัวสารกึ่งตัวนำที่ได้การโอดปีงด้วยสารบอรอน ทำให้โครงสร้าง ของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน(โซล)เมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับ อิเล็กตรอนเมื่อนำซิลิโคนทั้ง 2 ชนิด มาประกนตอกันด้วย p-n junction จึงทำให้เกิดเป็น “เซลล์ แสงอาทิตย์” ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด n-type ซิลิโคนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ส่วนประกอบส่วน ใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโซลประปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหน้าของ n-type จะมีแอบ โลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน p-type ซิลิโคนซึ่งอยู่ด้านหลัง

ของเซลล์ โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโอล แต่บางคงมีอิเล็กตรอนประปน้ำข้างเดือน้อย ด้านหลังของ p-type ซิลิโคนจะมีเคน โลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวมรวมโอล เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโอล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโอลจะวิ่งเข้าหากัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n-type และโอลจะวิ่งไปยังชั้น p-type อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโอลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจร



ภาพที่ 2-9 การเกิดกระแสไฟฟ้า

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

ตารางที่ 2-2 ปริมาณความเข้มของแสง

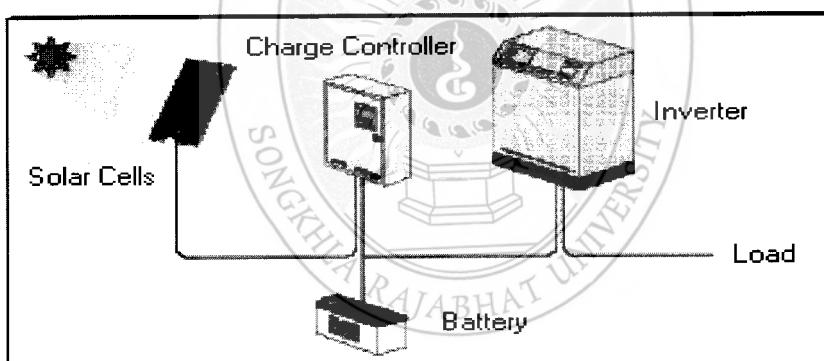
แหล่ง	สภาพอากาศ/สถานที่	ความสว่าง (Lux)
แสงอาทิตย์ (กลางวัน)	อากาศคึมมาก	120000 – 100000
	อากาศดี	100000 – 50000
	มีเมฆ	50000 – 10000
	ฝนตก	20000 -5000
หลอดไฟฟ้า	โคมไฟยืนแบบ	1000
	สำนักงาน	300 – 600
	ห้องอาหาร ทางเดิน	ต่ำกว่า 200
	บันได	ต่ำกว่า 200

พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงหนึ่งวัน จะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้รับตอนช่วงเช้าและเย็นที่มีความเข้มของแสงอาทิตย์น้อยกว่าตอนช่วงกลางวันนั้นอาจทำให้เซลล์แสงอาทิตย์จะปรับตัวตามไปด้วยในการใช้งานต่าง ๆ และยังขึ้นอยู่กับดวงอาทิตย์เนื่องจากมุนต์ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ของจากจุดต่าง 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



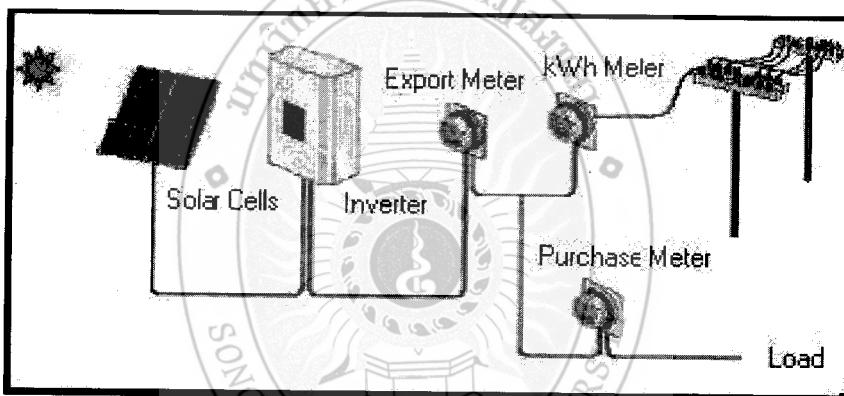
ภาพที่ 2-10 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ

(ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน, 2548)

อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบบเตอร์ แบตเตอร์ี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าจาก National Grid โดยมีหลักการทำงานแบ่งได้เป็น 2 ช่วงเวลา กล่าวคือ ช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดพร้อมทั้งประจุพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินไว้ในแบตเตอร์ี่พร้อมๆ กัน ส่วนในช่วงกลางคืน เซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้รับแสงแดดจึงไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ดังนั้น พลังงานจากแบตเตอร์ี่ที่เก็บประจุไว้ในช่วงกลางวันจะ

ถูกจ่ายให้แก่โภคดิจ์สามารถบอกถ้าได้ว่าระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้โภคดิจ์ได้ทั้งกลางวันและกลางคืน อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแพนเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิด Stand alone เป็นต้น

2.2.1.2 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อ กับระบบจำหน่าย (PV Grid Connected System) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง ใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมือง หรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแพนเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อ กับระบบจำหน่ายไฟฟ้า แสดงดังภาพที่ 2-11

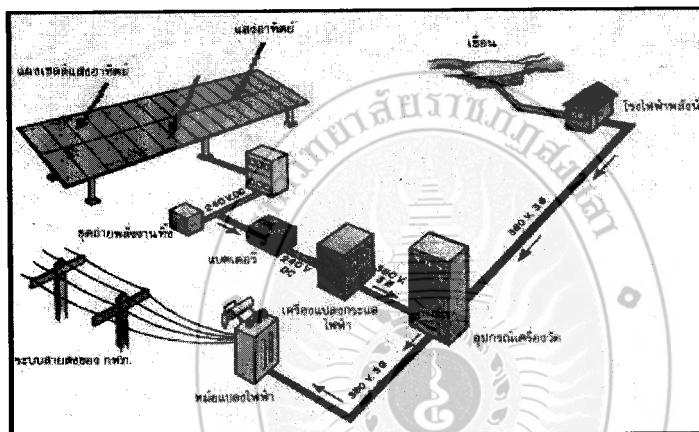


ภาพที่ 2-11 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อ กับระบบจำหน่าย
(ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน, 2548)

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อ กับระบบจำหน่าย เป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้า National Grid โดยตรง มีหลักการทำงานแบ่งเป็น 2 ช่วง ก่อตัวคือ ในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โภคดิจ์ได้โดยตรง โดยผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ และหากมีพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เกินจะถูกจ่ายเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้า สังเกตได้เนื่องจากมีเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าจะหมุนกลับทาง ส่วนในช่วงกลางคืนเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ กระแสไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะจ่ายให้แก่โภคดิจ์โดยตรง สังเกตได้จากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าจะหมุนปกติ ดังนั้น ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อ กับระบบ

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



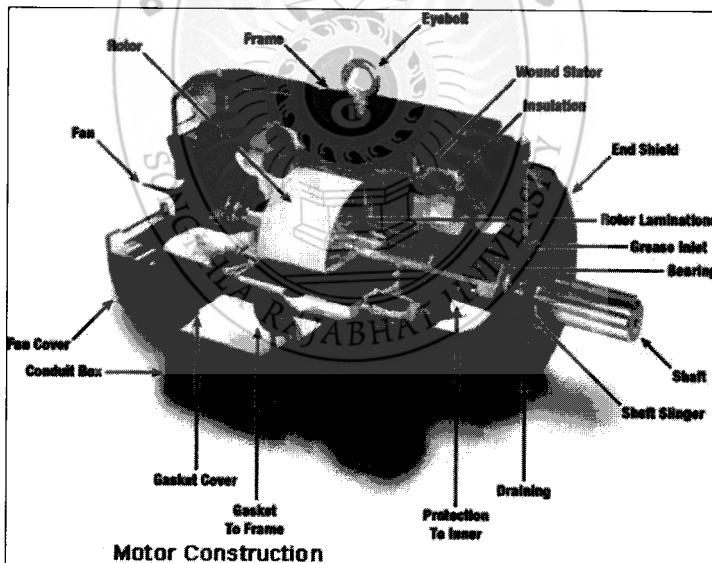
ภาพที่ 2-12 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน
(ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน, 2548)

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

กล่าวคือจะจ่ายกระแสไฟฟ้าประจุแบตเตอรี่โดยตรงและแบ่งจ่ายให้แก่โหลดพร้อมกัน และหากโหลดมีมากเกินไประบบจะหยุดทำงานทันที และจะทำงานใหม่อีกรังเมื่อเชลล์แสงอาทิตย์หรือพลังงานลมสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าประจุแบตเตอรี่ได้ปริมาณตามพิกัดที่ออกแบบไว้พร้อมทั้งขนาดโหลดอยู่ในพิกัดที่ชุดแบบเตอร์สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้

2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ คือ เครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล มอเตอร์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เท่านั้น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนี้จะใช้ในงานในด้านการขับเคลื่อนในแบบต่าง ๆ ที่มีอัตราเร็วไม่สูงมากนัก เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนี้มีแรงบิดเริ่มต้นที่ (Starting Torque) สามารถควบคุมอัตราเร็วได้ค่อนข้างง่าย แต่มีข้อเสียคือมีโครงสร้างที่ค่อนข้างซับซ้อนมากจึงไม่เหมาะสมที่จะใช้ในงานที่มีอัตราเร็วสูงมาก 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 ที่เรานองเห็นเป็นตัวอัตโนมัติ จะทำหน้าที่ เป็นเส้นทางเดินของสนามแม่เหล็ก และเป็นที่ยึดล่วนต่าง ๆ ให้แข็งแรง

ขัวแม่เหล็ก จะประกอบด้วย แกนขัวแม่เหล็ก ล่วนนี้จะติดอยู่กับเฟรมและ ชุดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) ที่พันรอบ ๆ แกนขัวแม่เหล็ก จะทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอก และสร้างสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้เกิดแรงบิดขึ้น (Torque)



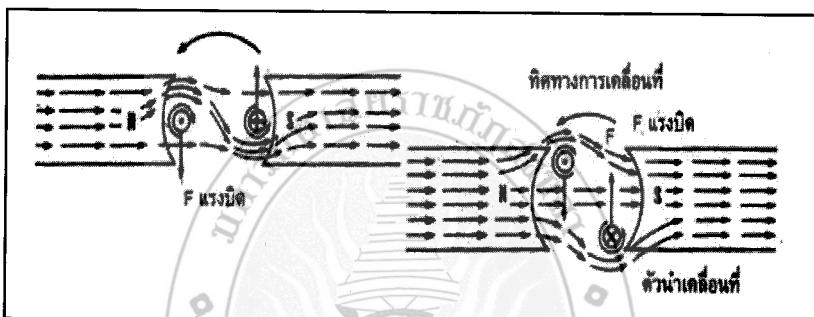
ภาพที่ 2-14 ขัวแม่เหล็กและชุดลวดแม่เหล็กที่ยึดติดกับเฟรม
(ที่มา: http://tularak1.multiply.com/journal/item/7/D.C._MOTOR)

2.3.1.2 ส่วนที่เคลื่อนที่
ส่วนที่เคลื่อนที่หรือ โรเตอร์ (Rotor) จะมีชุดลวดอาร์เมจเจอร์ (Armature Winding) ที่พันอยู่บนแกนเหล็กอาร์เมจเจอร์ (Armature Core) และมีคอมมิวเตเตอร์ยึดติดอยู่ที่ปลายของ ชุดลวดอาร์เมจเจอร์ ดังรูปภาพที่ 2-15



ภาพที่ 2-15 โรเตอร์ของมอเตอร์กระแสตรง
(ที่มา: http://tularak1.multiply.com/journal/item/7/D.C._MOTOR)

ซึ่งในส่วนนี้ คอมมิวเตเตอร์จะทำหน้าที่ในการสัมผัสกับแปรงถ่านคาร์บอน (Carbon Brushes) ที่อยู่ในมอเตอร์เพื่อที่จะให้มีกระแสไฟ流ผ่านไปยังชุดลวดอาร์เมจเจอร์ ทำให้เกิดการสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นเพื่อให้เกิดการหักด้านและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กที่เกิดจากชุดลวดแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้มอเตอร์หมุนได้ หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. Motor) เมื่อมีกระแสไฟ流ผ่านเข้าไปในมอเตอร์จะจะแบ่งออกไป 2 ทาง คือ ส่วนที่หนึ่งจะผ่านเข้าไปที่ชุดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นและอีกส่วนหนึ่งจะผ่านแปรงถ่านถ่านคาร์บอนและผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในชุดลวดอาร์เมจเจอร์ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นเช่นกัน



ภาพที่ 2-16 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของอาร์เมจเจอร์ (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)

มอเตอร์ทุกตัวจะมีแรงดันไฟฟ้าใช้งานที่แตกต่างกันตามคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัวที่ผู้ผลิตกำหนดมา เช่น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ เป็นต้น สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นสามารถใช้ไฟกระแสตรงหรือกระแสสลับก็ได้ แต่ถ้าเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับจะใช้ไฟกระแสสลับเท่านั้นและแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์จะมีผลต่ออัตราเร็ว และแรงบิดของมอเตอร์คือ ถ้าหากแรงดันไฟฟ้ามากอัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ก็จะมากด้วย

2.3.2.2 การไหลของกระแส

ในการไหลของกระแสนั้นจะกล่าวถึงในกรณีที่มอเตอร์ได้รับกระแสจากแหล่งจ่าย ในกรณีที่มอเตอร์ไม่ได้ต่อ กับ โหลดใด ๆ นั้นจะมีกระแสไฟ流ผ่านน้อย แต่ในกรณีที่มีการ

ใช้งานต่อกับโหลดจะมีปริมาณกระแสที่เพิ่มมากขึ้น การไฟลของกระแสันนี้มีความจำเป็น เพราะถ้าหากกระแสไม่พอแล้วมอเตอร์ก็จะไม่มีกำลังเพียงพอสำหรับการขับโหลด และกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์จะมีผลต่ออัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ด้วย คือ ถ้าหากจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์มากอัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ก็จะมากด้วย

2.3.2.3 อัตราเร็ว

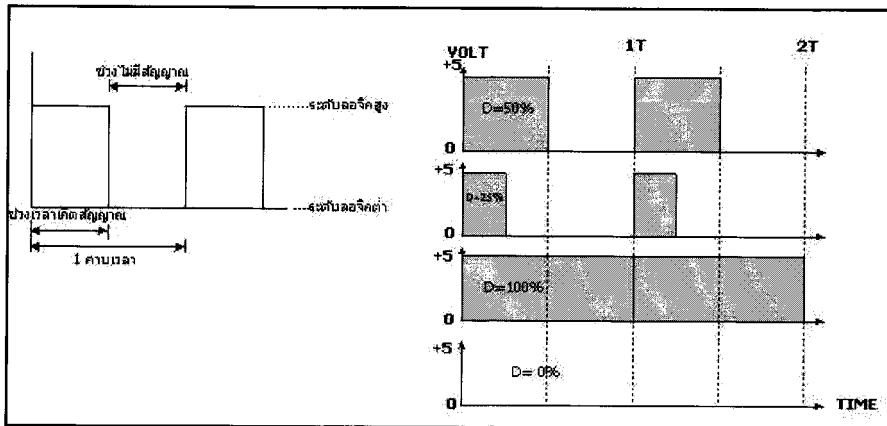
ส่วนใหญ่�อเตอร์กระแสตรงจะมีอัตราเร็วปกติที่ 4000-7000 รอบต่อนาที ซึ่งอัตราเร็วของมอเตอร์สามารถลดลงหรือเพิ่มขึ้น ได้ตามความต้องการของผู้ใช้ ถ้าหากต้องการใช้งานที่ต้องการความเร็วมากก็ต้องเลือกมอเตอร์ที่มีอัตราเร็วสูง เป็นต้น

2.3.2.4 แรงบิด

เป็นแรงที่มอเตอร์กระทำกับโหลดในการพิจารณาเลือกมอเตอร์นั้นถ้าหากมีแรงบิดน้อยจะใช้งานได้กับโหลดที่ไม่หนักมากแต่ถ้ามีแรงบิดมากสามารถใช้งานกับโหลดที่มีน้ำหนักมาก ได้ในการพิจารณาเลือกใช้งานมอเตอร์จึงจำเป็นต้องรู้ข้อมูลพื้นฐานของมอเตอร์เพื่อที่จะเป็นข้อพิจารณาในการเลือกใช้งานต่อไป

2.3.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งอาจจะใช้วิธีการควบคุมแบบพื้นฐานทั่วไป เช่น การควบคุมด้วยวิธีการใช้ตัวด้านบนปรับค่า โดยต่ออนุกรมกับมอเตอร์ หรือ ใช้วิธีการควบคุมโดยการเปลี่ยนค่าของระดับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ แต่การควบคุมในวิธีดังกล่าวถึงแม้จะควบคุมความเร็วของมอเตอร์ให้คงที่ได้ แต่ความเร็วต่ำจะส่งผลให้แรงบิดต่ำไปด้วย ดังนั้นเราจึงเลือกใช้วิธีการควบคุมโดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์เป็นช่วง ๆ โดยอาศัยกระแสไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์ให้เป็นค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วง ซึ่งเราระบุว่าวิธีการของการมอคูเลชันทางความกว้างพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation) การมอคูเลชันทางความกว้างของพัลส์ pulse Widulation) จะเป็นการปรับเปลี่ยนที่สัดส่วน และความกว้างของสัญญาณพัลส์ โดยความถี่ของสัญญาณพัลส์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ค่าของคิวตี้ไซเกล (duty cycle) นั่นเอง ซึ่งค่าของคิวตี้ไซเกล คือช่วงความกว้างของพัลส์ทั้งหมด ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหากค่าคิวตี้ไซเกลมีค่าเท่ากับ 50% ก็หมายถึงใน 1 รูปสัญญาณพัลส์จะมีช่วงของสัญญาณที่เป็นสถานะล็อกจิกสูงอยู่ครึ่งหนึ่ง และสถานะล็อกจิกต่ออีกครึ่งหนึ่ง และในทำนองเดียวกันถ้าหากค่าคิวตี้ไซเกลมีค่ามาก หมายความว่าความกว้างของพัลส์ที่เป็นสถานะล็อกจิกสูงจะมีความกว้างมากขึ้น หากค่าคิวตี้ไซเกลมีค่าเท่ากับ 100% ก็หมายความว่าจะไม่มีสถานะล็อกจิกต่อเลย ซึ่งค่าคิวตี้ไซเกลสามารถจะหาค่าความสัมพันธ์ได้ดังนี้



ภาพที่ 2-17 แสดงความกว้างของพัลท์ขนาดต่าง ๆ และ ค่าดิจิต์ไซเคิลของช่วงพัลท์ที่มีความถี่
(ที่มา: <http://dk.coe.psu.ac.th/assign/gyro/gyrotest5.htm>)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยการออกแบบและสร้างรоторตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้า

ทรงศักดิ์ ย่าทะเล (2547) รายงานว่า จากการวิจัยและออกแบบและสร้างรоторตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้า ที่มีส่วนประกอบหลักอยู่สองส่วน ส่วนแรกเป็นวงจรไฟฟ้าประกอบด้วยแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 60 แอมป์ร์ / ชั่วโมง 2 ลูก วงจร แบล็คผันแปรดันทบมีแรงดันด้านเข้าที่ 24 โวลต์ และแรงดันออก 240 โวลต์ ต่อ กันอินเวอร์เตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์หนี่ยวนា และมอเตอร์หนี่ยวนា สามเฟส 220 / 380 โวลต์ 50 เฮซิทซ์ ขนาด 1 แรงม้า ส่วนประกอบหลักส่วนที่สอง ตัว rotor ตัดหญ้าแยกเป็นสองส่วนคือ ส่วนของใบมีดตัดหญ้ามีลักษณะเป็นวงกลมมีความยาว 40 เซนติเมตร และส่วนปรับระดับความสูงต่ำของใบมีดสามารถปรับได้ 0 – 10 เซนติเมตร จากผลการทดสอบ วงจรไฟฟ้าในส่วนของวงจรแบล็คผันแปรดันที่ทดสอบ สามารถทำงานได้ดีที่แรงดันแบบเตอร์ 20 – 25 โวลต์ โดยมีประสิทธิภาพการทำงานประมาณ 92 % ส่วนวงจรอินเวอร์เตอร์สามารถปรับความเร็วได้ 500 – 3,000 รอบต่อนาที ผลการทดสอบการตัดหญ้าสามารถตัดหญ้า 150 ตารางเมตรภายใน 14 นาที โดยได้พื้นที่ต่อการลังการทำงานไฟฟ้าที่ใช้ 41 เป็น 1.07 ตารางเมตรต่อวัตต์ต่อชั่วโมง และสามารถตัดหญ้าต่อเนื่องต่อการประจุแบตเตอรี่หนึ่งครั้งได้ 145 นาที หรือพื้นที่ 1,050 ตารางเมตร โดยได้พื้นที่ต่อการลังการทำงานไฟฟ้าที่ใช้เป็น 0.84 ตารางเมตร ต่อวัตต์/ชั่วโมง

สมศักดิ์ แก้วปัญญา (2551) รายงานว่า เครื่องตัดหญ้าแบบนั่งขับ เป็นเครื่องตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์ขับเคลื่อนโดยน้ำมัน มีขนาดใบมีดตัด 30 ถึง 48 นิ้ว เครื่องตัดหญ้าแบบใบมีดหมุนเหวี่ยงนี้ จะมีใบงานหมุนด้วยความเร็วรอบสูงถึง 3,000 รอบต่อนาที จะต้องอาศัยกำลังจากเพลาส่งกำลังของ rotor แต่จะต้องมีการทดสอบ การหมุนของเพลา ล่งกำลังผ่านชุดเฟืองเสียก่อนเพื่อเป็น

การเปลี่ยนแปลงกำลังให้แก่ใบมีด การเปลี่ยนแปลงความเร็วของ การหมุนใบมีดนี้สามารถทำ การเพิ่ม โดยทำการเปลี่ยนชุดเพื่องที่ห้องเกียร์ สามารถทำงานได้เร็วกว่า และประสิทธิภาพในการ ทำงานสูง ในมีดแบบใบพัด ในมีดอาจเป็นเพียงใบเดียวหรือเป็นกลุ่ม ลักษณะการตัดคล้ายเกียร์ขว ข้าว โดยใช้แรงเหวี่ยง จากความเร็วของสูงในแนวราบสนาม หญ้าที่ตัดด้วยใบมีดแบบนี้ จะไม่ค่อย รายเรียนนักและอาจทำให้ใบหญ้าแตกช้ำ เมื่อใช้ปานๆ ไปคราวลับใบมีดให้คมก่อนตัดจะทำให้ ตัดหญ้าได้ดีขึ้น

สรุปได้ว่า ความเร็วในการตัดหญ้าจะขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ ความระบุเรียน รูปร่างของ สนามหญ้าและประสิทธิภาพของเครื่องตัดหญ้า โดยมีความกว้างของใบมีดตัดหญ้าเป็นอีกปัจจัย หนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณา คือยิ่งมีพื้นที่กว้างควรใช้ใบมีดที่มีขนาดกว้างให้พอเหมาะสมกัน อาทิ พื้นที่ 400 ตารางเมตร ควรใช้ใบมีดกว้าง 30.48 เซนติเมตร พื้นที่ 650 ตารางเมตร ควรใช้ใบมีดกว้าง 35.56 เซนติเมตร เป็นต้น



บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

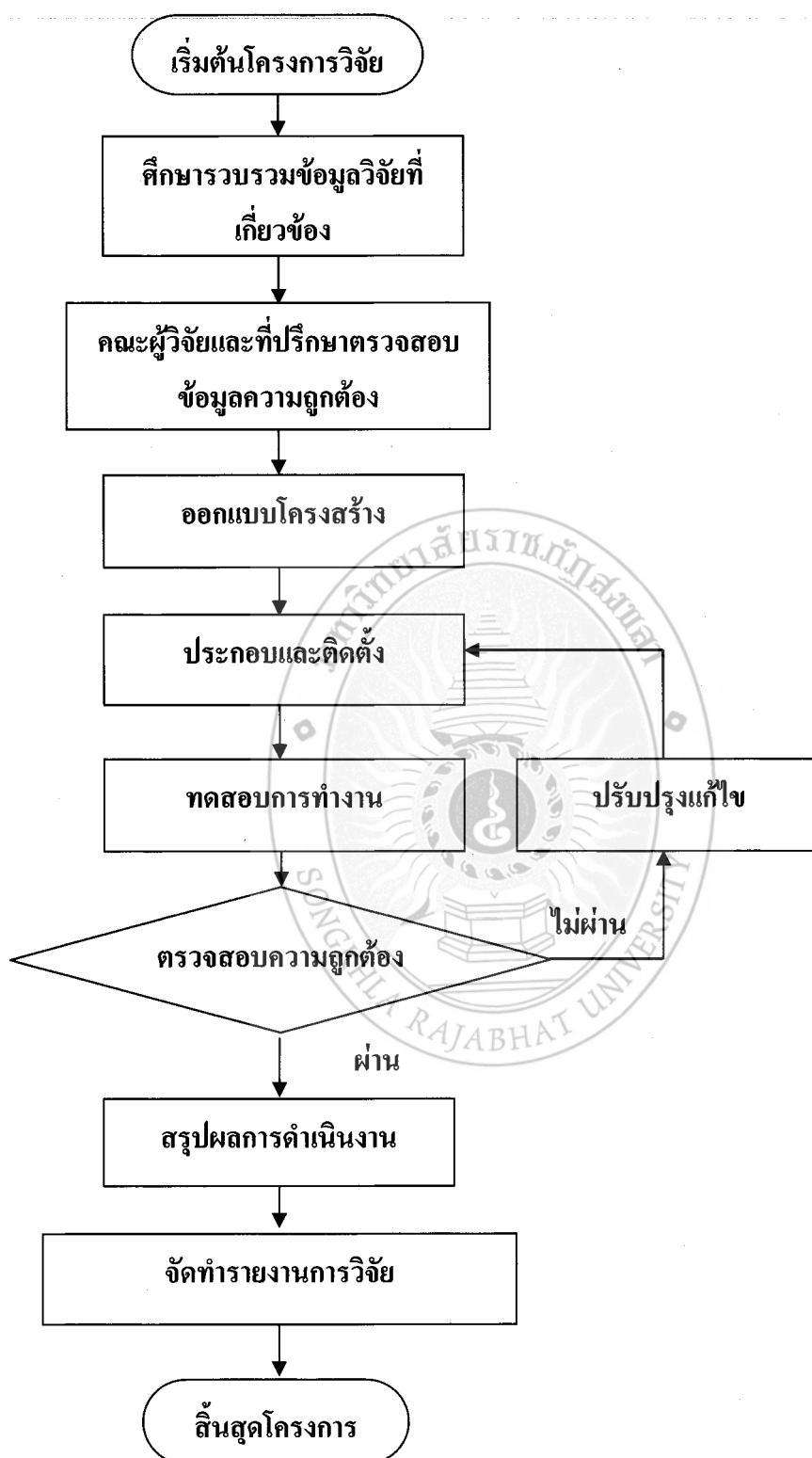
ในการทำโครงการวิจัยครั้งนี้เพื่อพัฒนาระบบเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ และศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ใช้ในการสร้างเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์ คณะผู้วิจัยมีวิธีการดำเนินงานในการทำโครงการวิจัยโดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องนำเสนอตามหัวข้อดังนี้

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 ก่อนการเริ่มปฏิบัติงาน ได้มีการวางแผนการดำเนินโครงการวิจัยดังนี้



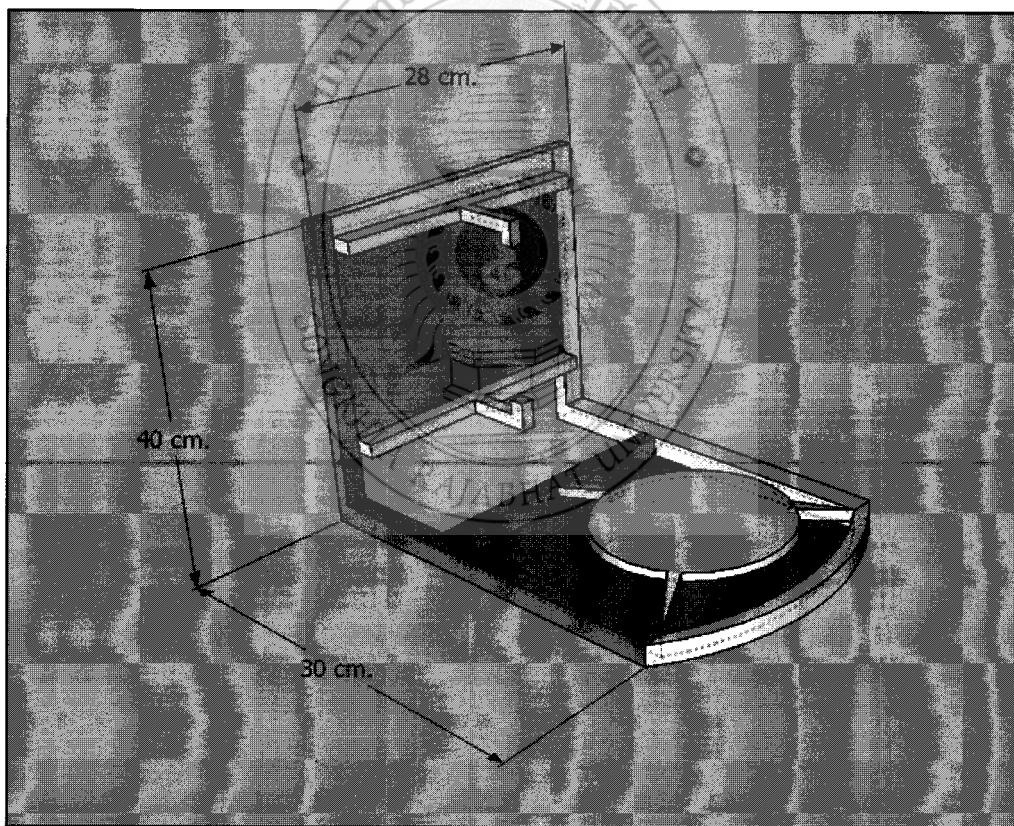
ภาพที่ 3-1 ลำดับขั้นตอนการจัดทำโครงการวิจัย



3.2 การออกแบบเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์

3.2.1 การออกแบบโครงสร้างเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์

จากการทำงานและข้อจำกัดของเครื่องตัดหญ้านิดใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (ต้องใช้ปลั๊กเสียบในการทำงาน) ที่ไม่สามารถนำไปตัดหญ้าบนริเวณที่ไม่มีไฟฟ้าได้นั้น ทางคณะผู้วิจัยได้มีการออกแบบและปรับปรุงคุณสมบัติของเครื่องตัดหญ้าเพื่อให้สามารถใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น โดยเปลี่ยนมอเตอร์ขับไปมีดตัดหญ้าจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้ทุกพื้นที่แทนเครื่องตัดหญ้านิดใช้แหล่งพลังงานเชื้อเพลิง และมีการซดเฉยพลังงานด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้สามารถใช้งานได้นานขึ้น โดยทำการออกแบบโครงสร้างของเครื่องตัดหญ้าพลังงานแบบเตอร์เรือนภาคกว้าง 28 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร และคงดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 แบบโครงสร้างของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์

๖๓๑.๓๗
๔๖๘

3.2.2 การจัดทำโครงสร้างเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์

การออกแบบ โครงสร้างของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยให้ โครงสร้างซึ่งมีลักษณะเป็นรูปทรงสะพายหลังขนาดกว้าง 28 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์

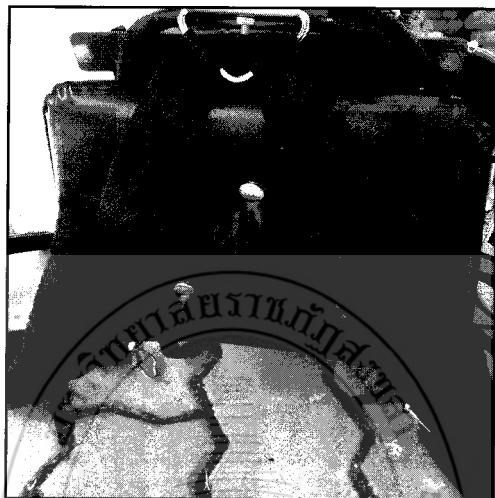
โครงสร้างของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ ที่พร้อมต่อเติม โครงสร้างแบบติดตั้งแบตเตอรี่สำรอง ใช้เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง แสดงดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 การสร้างโครงสร้างเครื่องตัดหญ้าสำรองติดตั้งแบตเตอรี่

3.3 การติดตั้งและประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับโครงสร้างเครื่องตัดหญ้า

3.3.1 การติดตั้งเบาะรองหลังพร้อมสายสะพาย โดยดำเนินการติดตั้งเบาะรองหลังเพื่อประโยชน์ในการลดแรงกระแทกจากการทำงานในการตัดหญ้า โดยทำการติดตั้งพร้อมสายสะพายหลัง และทดสอบการทำงานเพื่อปรับตำแหน่งของสายสะพายที่เหมาะสมในการใช้งาน



ภาพที่ 3-5 การติดตั้งเบาะรองหลังพร้อมสายสะพาย

3.3.2 การติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงประกอบเข้ากับใบมีดตัดหญ้า โดยเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 36 โวลต์ ทำการติดตั้งเข้ากับฐานของมอเตอร์ที่ยึดจับตัวโครงสร้าง



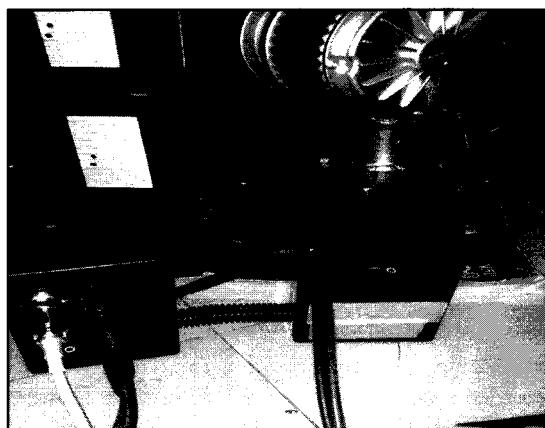
ภาพที่ 3-6 การติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 36 โวลต์

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



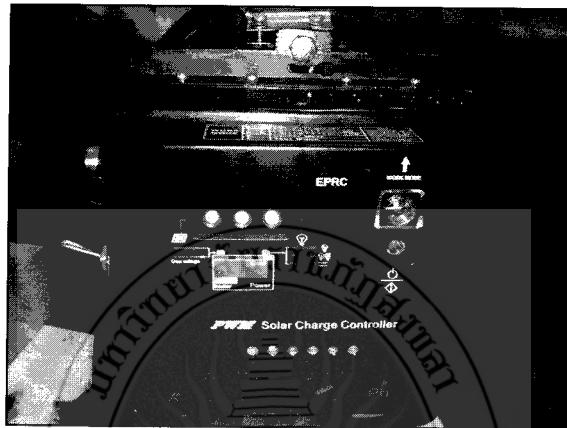
ภาพที่ 3-7 การติดตั้งแบตเตอรี่เข้ากับโครงสร้างของเครื่องตัดหญ้า

3.3.4 การติดตั้งชุดควบคุมความเร็วของเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับใช้ควบคุมความเร็วในการหมุนของใบมีดตัดหญ้า โดยทำการติดตั้งชุดควบคุมความเร็วนอเตอร์เพื่อยึดกับโครงค้านหน้าของโครงสร้างเครื่องตัดหญ้า แสดงดังภาพที่ 3-8



ภาพที่ 3-8 การติดตั้งชุดควบคุมความเร็วของเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

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



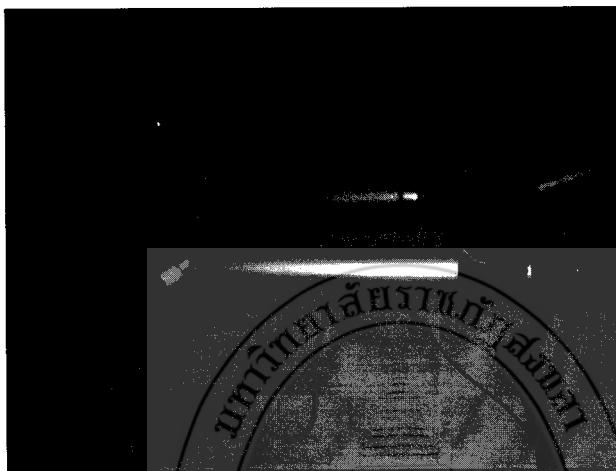
ภาพที่ 3-9 การติดตั้งอุปกรณ์ชุดชาร์จคอนโทรลเลอร์

3.3.6 การติดตั้งชุดอุปกรณ์ด้านตัดสำหรับใช้ยึดเพื่อเป็นฐานในการประกอบของใบมีดตัดหญ้า พร้อมดำเนินการต่อท่อร้อยสายชนิดท่ออ่อนสำหรับเดินสายนำสัญญาณไฟฟ้าเข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แสดงดังภาพที่ 3-10



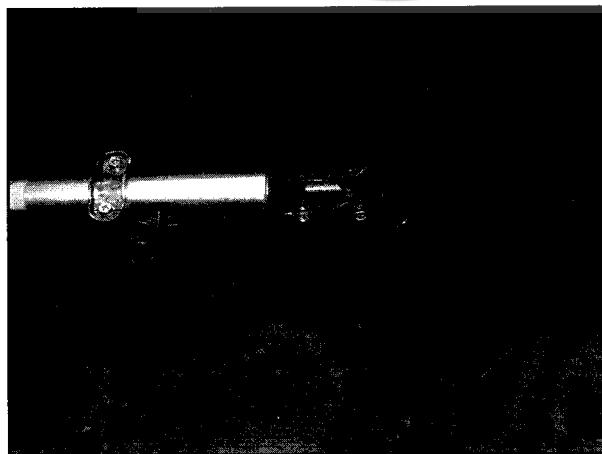
ภาพที่ 3-10 การติดตั้งชุดอุปกรณ์ด้านตัดของใบตัดหญ้า

3.3.7 การติดตั้งชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบคันเร่ง ซึ่งทางคณะผู้วิจัยได้ประยุกต์การใช้งานให้คล้ายกับชุดคันเร่งของรถมอเตอร์ไซค์เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานของผู้ที่ปฏิบัติงานในการใช้งานเครื่องตัดหญ้าแบบสะพายข้างลำตัว โดยทำการติดตั้งชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบคันเร่งประกอบเข้ากับชุดคันตัดของใบมีดหญ้า



ภาพที่ 3-11 การติดตั้งชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบคันเร่ง

3.3.8 การติดตั้งชุดใบมีดตัดหญ้าเข้ากับฐานยึดและแผ่นกันสำหรับใช้ป้องกันเศษหิน หรือวัสดุอื่น ๆ ที่จะกระเด็นเข้ามาหากผู้ที่ปฏิบัติงาน โดยทำการติดตั้งชุดใบมีดตัดหญ้าขนาด 12 นิ้ว เข้ากับปลายของชุดคันตัดเครื่องตัดหญ้า และคงดังภาพที่ 3-12

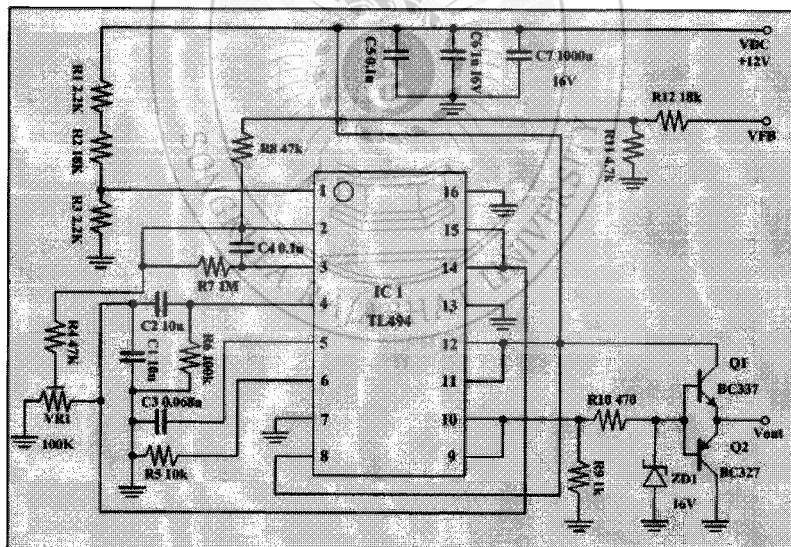


ภาพที่ 3-12 การติดตั้งชุดใบมีดตัดหญ้า

3.4 การออกแบบวงจรไฟฟ้าสำหรับควบคุมเครื่องตัดหญ้า

การออกแบบวงจรสำหรับควบคุมเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ในโครงการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการออกแบบโดยใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งมีกำลังไฟฟ้า 10 วัตต์ แรงดัน 12 โวลต์ จ่ายกระแสไฟฟ้าให้สูงสุด 0.58 แอมป์ ต่อชั่วโมง ทำการต่อแบบอนุกรมจำนวน 2 แผง ซึ่งทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 24 โวลต์ และกำลังไฟฟ้าจำนวน 20 วัตต์ ต่อผ่านวงจรควบคุมการชาร์จที่ทนกระแสไฟฟ้าให้สูงสุด 5 แอมป์ ชาร์จให้กับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 7.5 แอมป์ โดยต่อวงจรแบบอนุกรมซึ่งทำให้มีแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 24 โวลต์ จ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 250 วัตต์ ความเร็วรอบสูงสุดที่ 2,700 รอบต่อนาที จากการจะเห็นว่าก่อนที่จะส่งกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะมีชุดควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ โดยแบ่งออกเป็นสองส่วนคือชุดสร้างสัญญาณพัลส์ที่รับแรงดันไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ และชุดขับมอเตอร์จะใช้แรงดันขนาด 24 โวลต์ จะเห็นได้ว่าการออกแบบวงจนี้สามารถที่จะทำการปรับความเร็วของมอเตอร์ได้ดังแสดงในรูปที่ 3-13

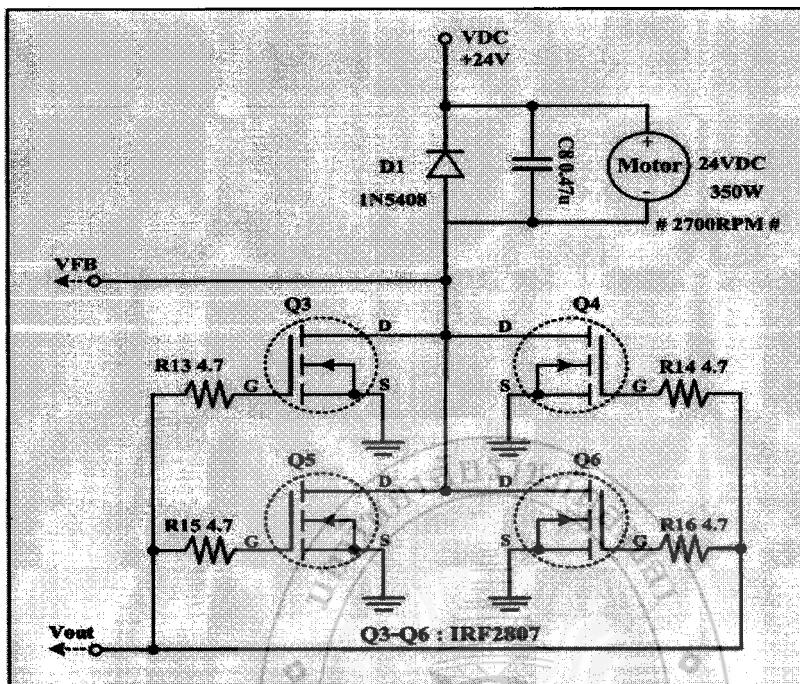
3.4.1 วงจรที่ใช้สร้างสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation)



ภาพที่ 3-13 วงจรที่ใช้สร้างสัญญาณความกว้างพัลส์

จากภาพที่ 3-13 จะเห็นว่าเป็นลักษณะของวงจรสร้างสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมโดยใช้ไอซี ไทร์เมอร์ตระกูล TL เบอร์ TL494 เป็นตัวสร้างสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยม โดยได้กำหนดให้วงจนี้มีค่าความถี่เท่ากับ 2.8 กิโลเฮิร์ต สามารถปรับค่าของความกว้างของพัลส์ได้

3.4.2 วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ



ภาพที่ 3-14 วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

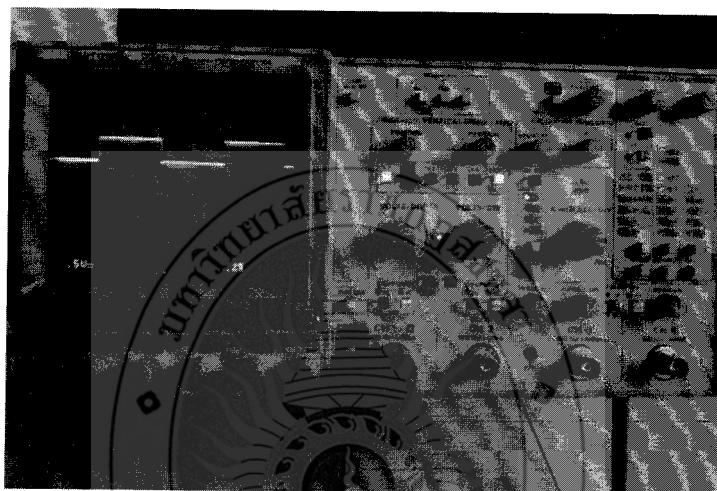
จากภาพที่ 3-14 วงจรชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ออกแบบโดยใช้ไอซีเบอร์ TL494 เป็นตัวสร้างสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมที่สามารถปรับค่าความกว้างของพัลส์ (Duty Cycle) ได้โดยจากการออกแบบนั้นสามารถที่จะปรับค่าความกว้างของพัลส์ (Duty Cycle) ได้ตั้งแต่ 1% ถึง 99% เพื่อที่จะทำการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ MOSFET เบอร์ IRF2807 ทั้ง 4 ตัว โดยที่ MOSFET เบอร์ IRF2807 ทั้ง 4 ตัวนี้จะทำหน้าที่เป็นตัว Switching ให้กับวงจรที่ใช้ในการควบคุม การให้ลงของกระแสเข้าสู่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 24 V (350W) สาเหตุที่ใช้ MOSFET เบอร์ IRF2807 จำนวน 4 ตัว ก็เพื่อแบ่งกระแสให้ MOSFET แต่ละตัวนั้นทำงานไม่ให้ทำงานหนักมาก จนเกินไป และเป็นการควบคุมความร้อนสะสมที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไม่ให้มี ค่าความร้อนสูงมากเกินไปจนอาจทำให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ได้ ตัวอย่างการทำงาน เช่น เมื่อ ค่าของค่าความกว้างพัลส์ (Duty Cycle) มีค่าน้อย หมายถึง กระแสแก๊สจะไหลได้น้อย ส่งผลให้ มอเตอร์ไฟฟ้าหมุนได้ช้า จึงทำให้มีความเร็วในการหมุนไม่มาก แต่หากค่าความกว้างของพัลส์ (Duty Cycle) มีค่ามาก กระแสแก๊สจะไหลได้มาก ส่งผลให้มอเตอร์ไฟฟ้าหมุนได้เร็วขึ้นทำให้มอเตอร์ ของเครื่องตัดหญ้ามีความเร็วในการหมุนเพิ่มมากขึ้น

3.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ มีดังต่อไปนี้

3.5.1 ออสซิลโลสโคป

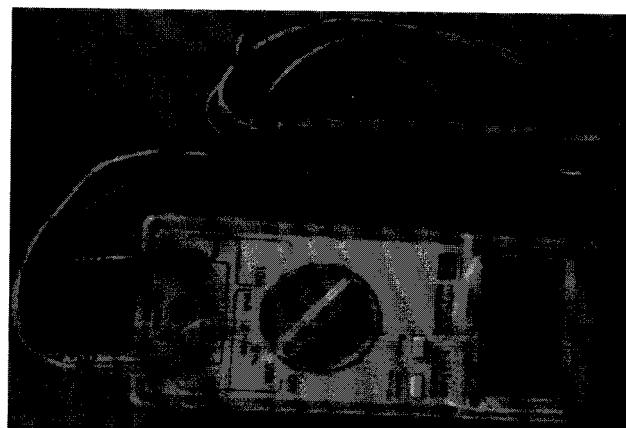
ใช้สำหรับทดสอบวัดค่าความกว้างของสัญญาณพัลส์ (Duty Cycle) สำหรับชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ที่สร้างสัญญาณพัลส์ แสดงดังภาพที่ 3-15



ภาพที่ 3-15 เครื่องมือออสซิลโลสโคป

3.5.2 มัลติมิเตอร์ HP (Hewlett Packard รุ่น E 2373A)

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



ภาพที่ 3-16 มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล

3.5.4 เครื่องวัดความเร็วรอบ (Standard รุ่น ST- 6236B)

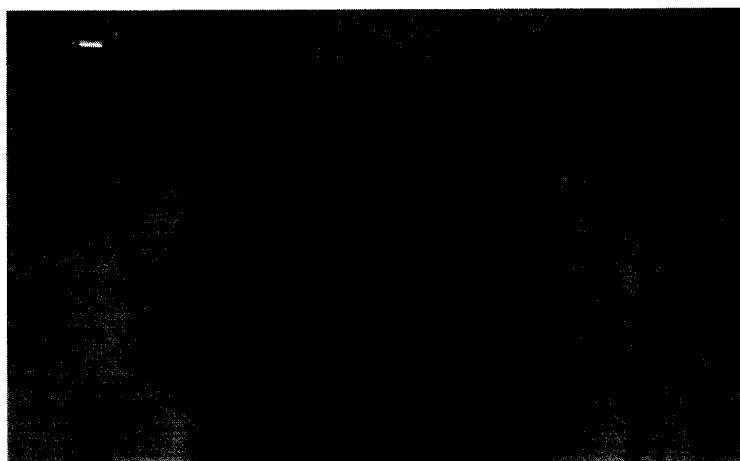
ใช้สำหรับวัดค่าความเร็วรอบในมีดตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าในขณะใช้งานเพื่อทำการทดสอบหาค่าความเร็วรอบที่เหมาะสม และตั้งค่าในการควบคุมความเร็วรอบของในมีดตัดหญ้าที่ค่า Duty Cycle ต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 3-17



ภาพที่ 3-17 เครื่องวัดความเร็วรอบ

3.5.5 เครื่องประจุกระแสไฟฟ้าแบตเตอรี่

ใช้สำหรับเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อประจุกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่เพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้แก่เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า สำหรับแทนการชาร์จด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงดังภาพที่ 3-18



ภาพที่ 3-18 เครื่องประจุกระแสไฟฟ้าแบตเตอรี่

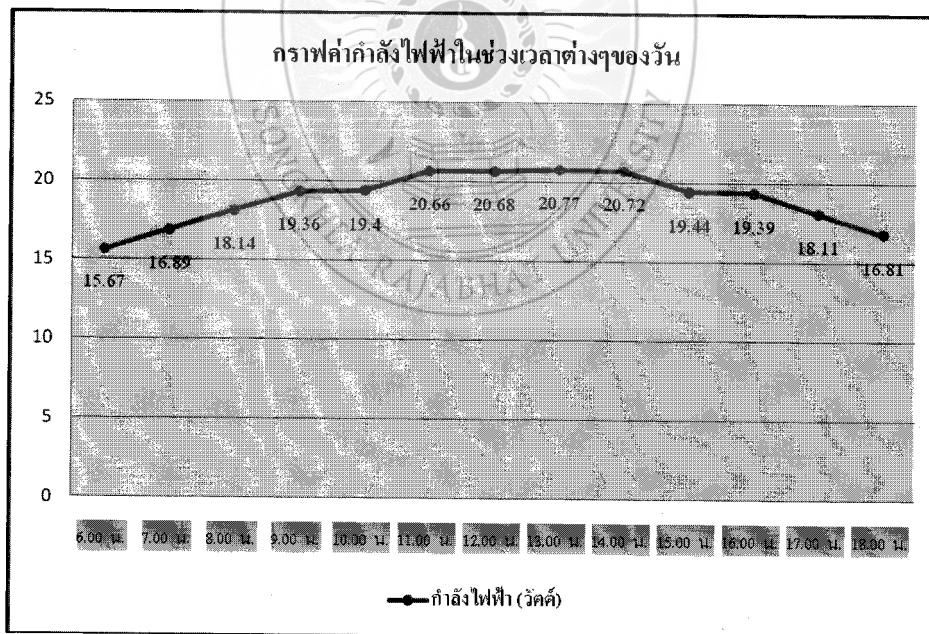
บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการดำเนินโครงการวิจัยในการพัฒนาสร้างเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวัสดุอุปกรณ์โครงสร้างที่ใช้ในการสร้างเครื่องตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้า และได้ทำการทดลองประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้า มีรายละเอียดและผลการทดลองดังนี้

4.1 การทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของแบงค์ล่าเซลล์ในแต่ละช่วงเวลาต่าง ๆ ของวัน

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



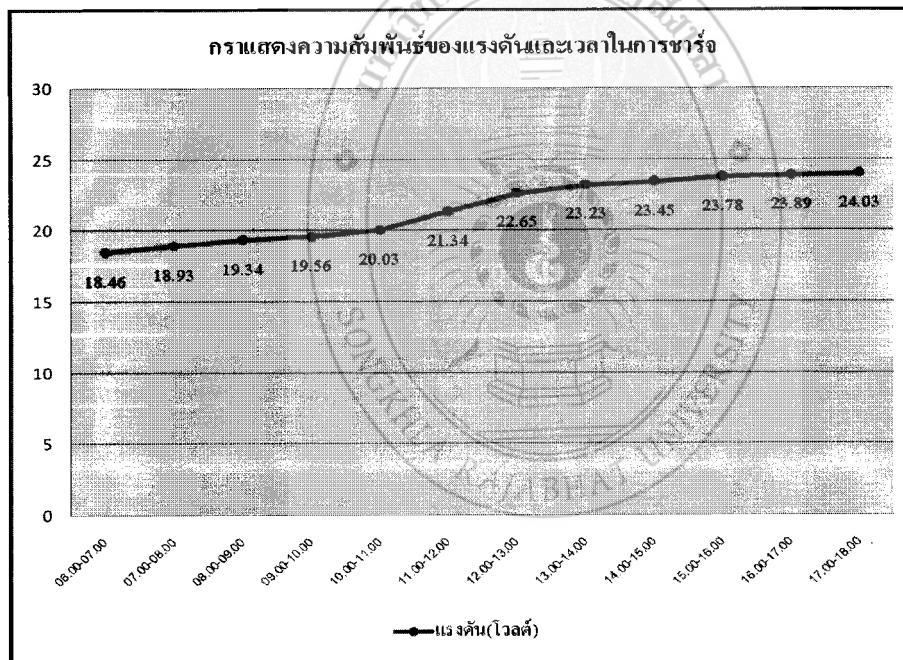
ภาพที่ 4-1 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวัน

จากการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของแบงค์ล่าเซลล์ เมื่อทำการทดลองโดยการวัดกระแสตัวจรและแรงดันขณะเปิดวงจร 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. ใน การทดลองทำให้พบว่าในช่วงเวลาที่ให้กำลังไฟฟ้าในการผลิตสูงสุดของวันจะเป็นช่วงเวลาระหว่าง 11.00 - 13.00 น. นั้นคือเป็นช่วงที่เหมาะสมในการที่จะชาร์จแบตเตอรี่ได้เต็มปริมาณสูงสุด แต่ ในช่วงเวลาอื่น ๆ ก็สามารถทำการชาร์จได้เช่นกันแต่อาจจะไม่ได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดตามที่ต้องการ

4.2 การทดสอบการควบคุมการชาร์จของแบตเตอรี่

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



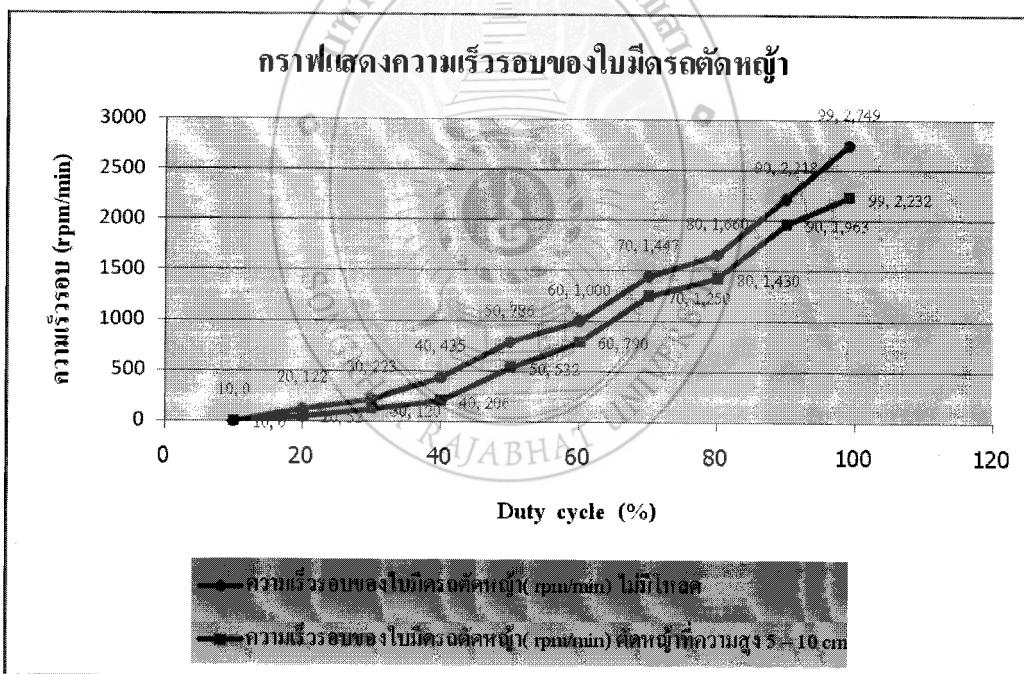
ภาพที่ 4-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงดันและเวลาในการชาร์จ

จากการทดสอบวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ 24 โวลต์ที่แรงดันเริ่มนี้ค่าที่ 18 โวลต์ จะเห็นได้ว่าจากภาพที่ 4-2 ทำให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของแรงดันและเวลาที่ใช้ในการชาร์จตั้งแต่ ช่วงเวลา 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

การชาร์จช่วงแรกนั้นแรงดันจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงช่วงระยะเวลาหนึ่งแรงดันจะเพิ่มขึ้นตามลำดับอย่างสม่ำเสมอ และเมื่อถึงค่าพิกัดของแรงดันที่สูงนั้นคือ 24 โวลต์จะเห็นได้ว่าแรงดันจะเข้าสู่ภาวะคงที่และจะไม่เพิ่มจากเดิมมากนัก

4.3 การทดสอบความเร็วของในการตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า

การทดสอบความเร็วของในการตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า นั้น การวัดทำการวัดความเร็วของใบมีดเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า 2 สถานะคือ ไม่มีโอลด์ 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



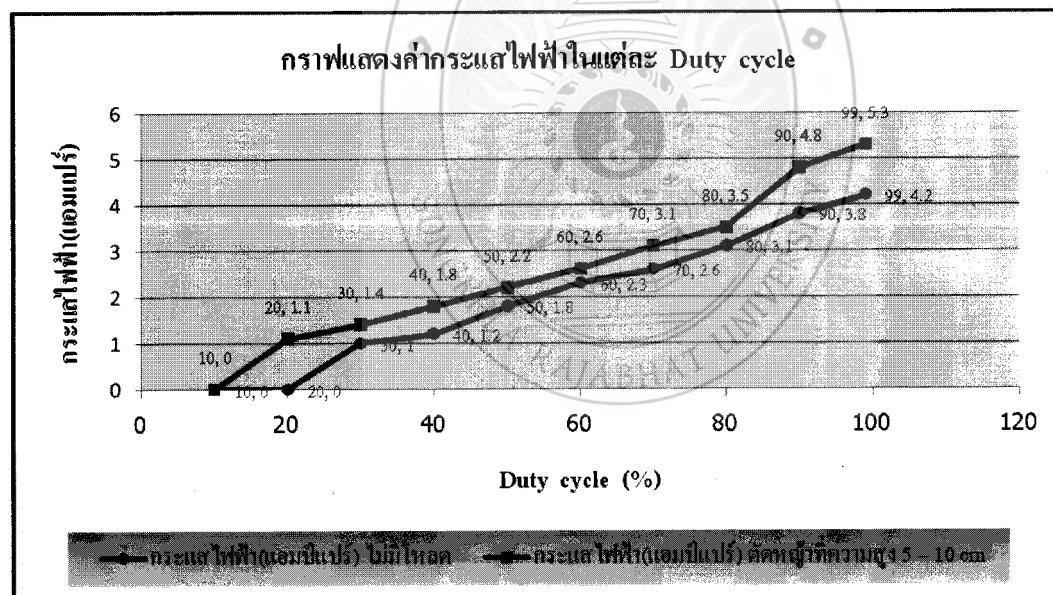
ภาพที่ 4-3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Duty Cycle กับความเร็วของใบมีดตัดหญ้า

จากภาพที่ 4-3 พบร่วมกับความเร็วของใบมีดเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าทำการตัดหญ้าที่ค่า Duty Cycle ที่ 0% และ 10% จะไม่เกิดความเร็วของทั้ง 2 สภาวะทั้งแบบไม่มีโอลด์และมีโอลด์คือหญ้าที่ความสูงขนาด 5 – 10 เซนติเมตร เพราะว่าค่าแรงดันที่ค่า Duty Cycle ดังกล่าวมีค่ากระแสไฟฟ้าน้อยเกินไปทำให้ไม่พอแก่การขับเคลื่อนมอเตอร์ ให้หมุนเพื่อเกิดความเร็วของได้ การ

ตัดหญ้าในสภาวะที่มีโคลดจะมีความเร็วรอบที่น้อยกว่าสภาวะที่ไม่มีโคลด เนื่องจากหญ้าที่ตัดทำให้ค่าความเร็วรอบลดน้อยลง ไปและเมื่อปรับค่า Duty Cycle สูงขึ้นทำให้ค่าความเร็วในการตัดหญ้าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และเมื่อปรับค่า Duty Cycle ที่สูงไปจนถึงระดับสุดท้าย ความเร็วรอบจะเพิ่มขึ้น จากการทดสอบจะเห็นความแตกต่างระหว่างสองสภาวะได้อย่างชัดเจน การวัดความเร็วรอบขณะตัดหญ้าที่ไม่มีโคลดได้ความเร็วรอบสูงสุด 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 และสภาวะไม่มีโคลด ได้ผลจากการทดสอบแสดงดังภาพที่ 4-4



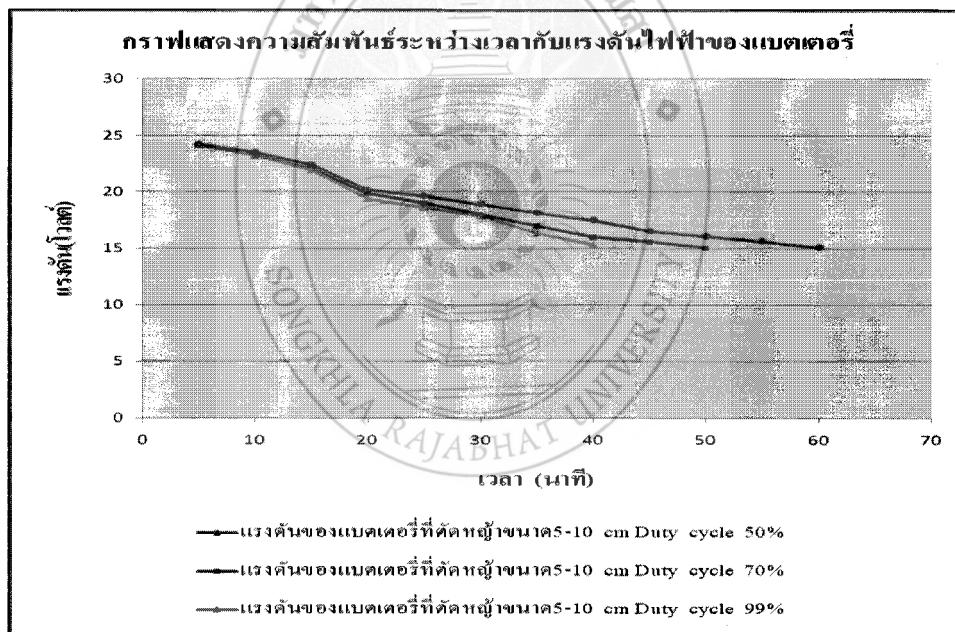
ภาพที่ 4-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Duty Cycle กับกระแสไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์

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

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

4.5 การทดสอบระยะเวลาใช้งานของแบตเตอรี่

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



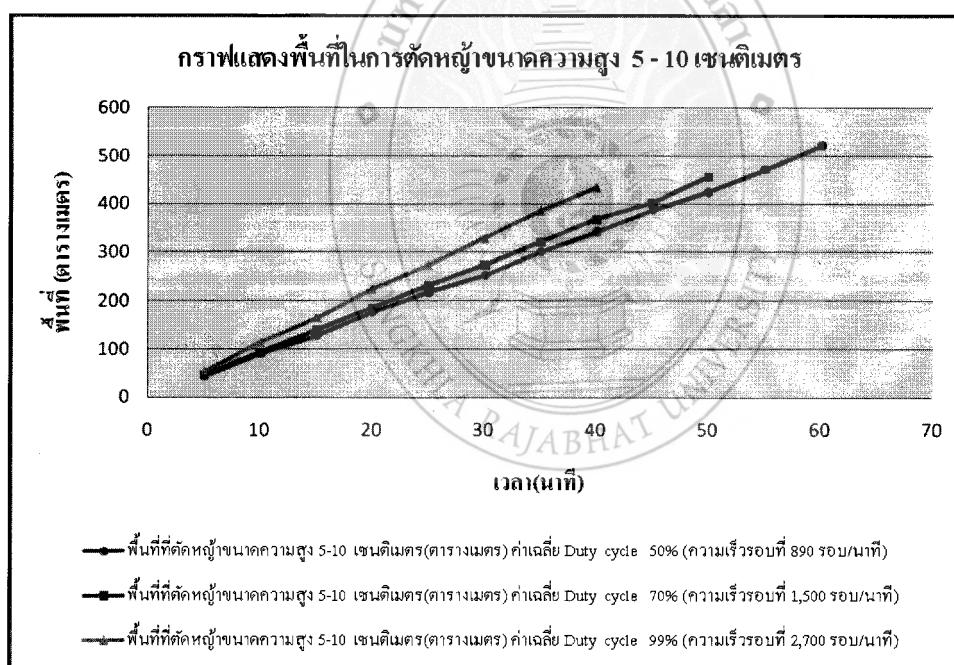
ภาพที่ 4-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับ แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่

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

Cycle ที่ 99 % แบตเตอรี่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ 5.3 แอมเปอร์ต่อชั่วโมง จากการทดสอบจะเห็นได้ว่ามอเตอร์ดึงกระแสไฟได้สูงสุด ทำให้เวลาที่ใช้ในการตัดหญ้าได้นานประมาณ 40 นาที หากในการทดสอบระหว่าง 3 ค่า Duty Cycle ในขณะที่ปรับค่า Duty Cycle ที่ 50 % จะสามารถตัดหญ้าได้นานที่สุด

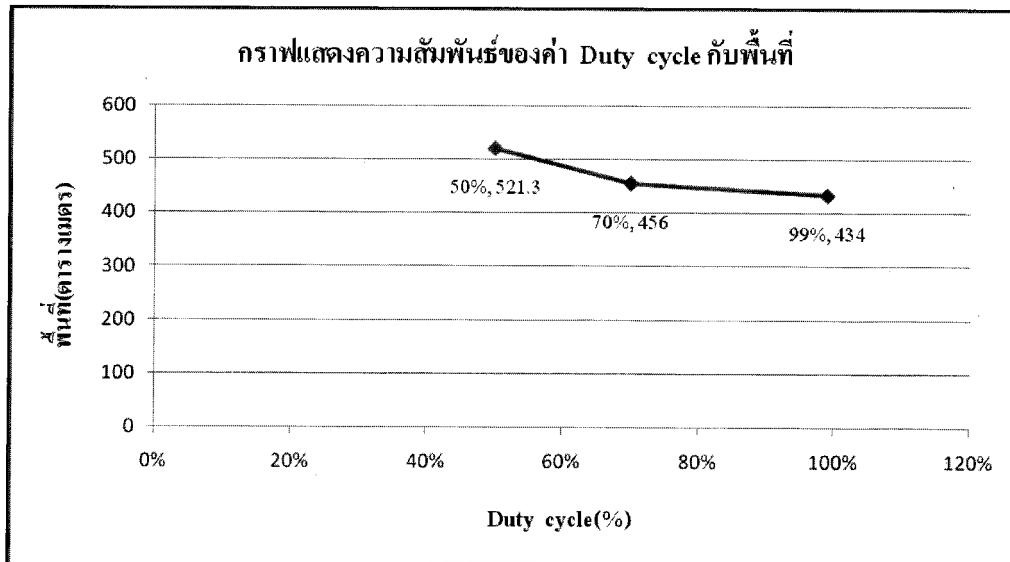
4.6 การทดสอบหาพื้นที่ในการตัดหญ้าเทียบกับเวลา

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

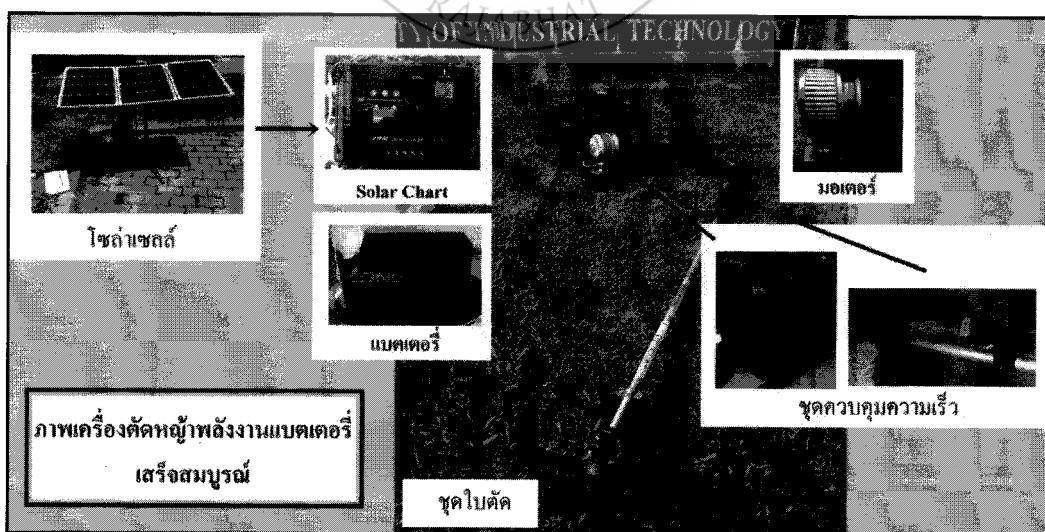


ภาพที่ 4-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า Duty cycle กับพื้นที่

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

4.7 ผลการทดสอบในการสร้างเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์

ลักษณะตำแหน่งอุปกรณ์เครื่องตัดหญ้าพลังงานแบตเตอรี่ ดังภาพที่ 4-8



ภาพที่ 4-8 ภาพเครื่องตัดหญ้าพลังงานแบตเตอรี่ เสริจสมบูรณ์

4.7.1 ผลการทดสอบการซั่งน้ำหนักขณะพร้อมใช้งาน

ผลการทดสอบการซั่งน้ำหนักขณะพร้อมใช้งานแสดงดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองซั่งน้ำหนักขณะพร้อมใช้งาน

องค์ประกอบ	พร้อมใช้งาน (kg)
เครื่องตัดหญ้าพร้อมใช้งาน	12.8

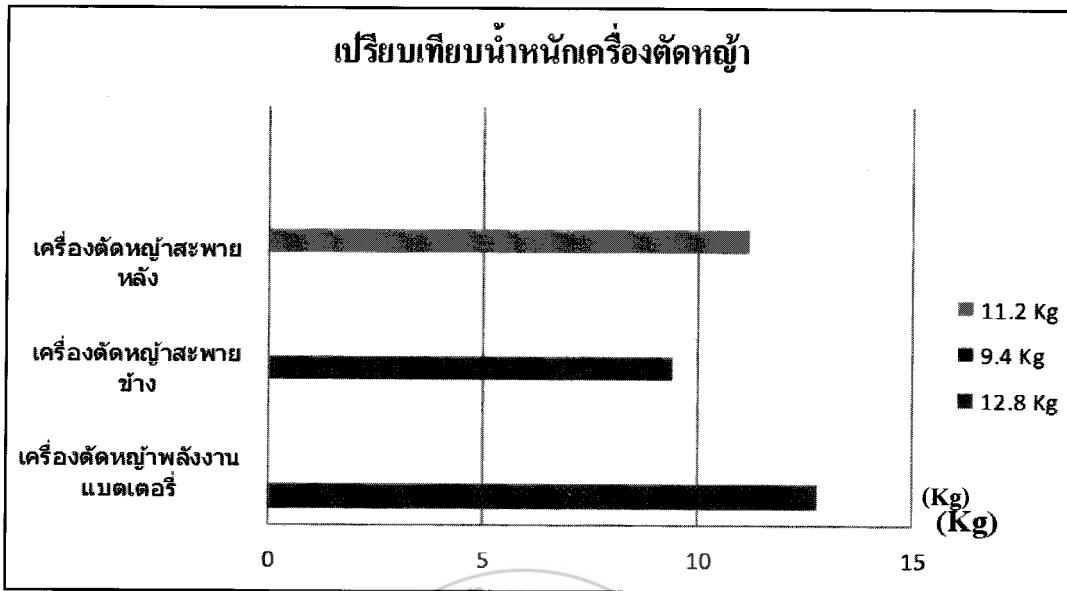
4.7.2 ผลการทดสอบการเปรียบเทียบน้ำหนักเครื่องตัดหญ้า

ผลการทดสอบการเปรียบเทียบน้ำหนักพร้อมใช้งานเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องตัดหญ้าแบบหัวไปที่มีอยู่ในห้องตลาดดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการทดสอบการเปรียบเทียบน้ำหนักเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องตัดหญ้าแบบหัวไป

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

จากตารางที่ 4-2 ผลการทดสอบการเปรียบเทียบน้ำหนักเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องตัดหญ้าหัวไปที่มีอยู่ในห้องตลาด สามารถนำค่าน้ำหนักจากการทดสอบของเครื่องตัดหญ้ามาเปรียบเทียบ และเป็นกราฟแต่ละประเภทของเครื่องตัดดังภาพที่ 4-9



ภาพที่ 4-9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักเครื่องตัดหญ้า

4.8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์

4.2.1 ผลการทดสอบการวัดแรงดันและกระแส

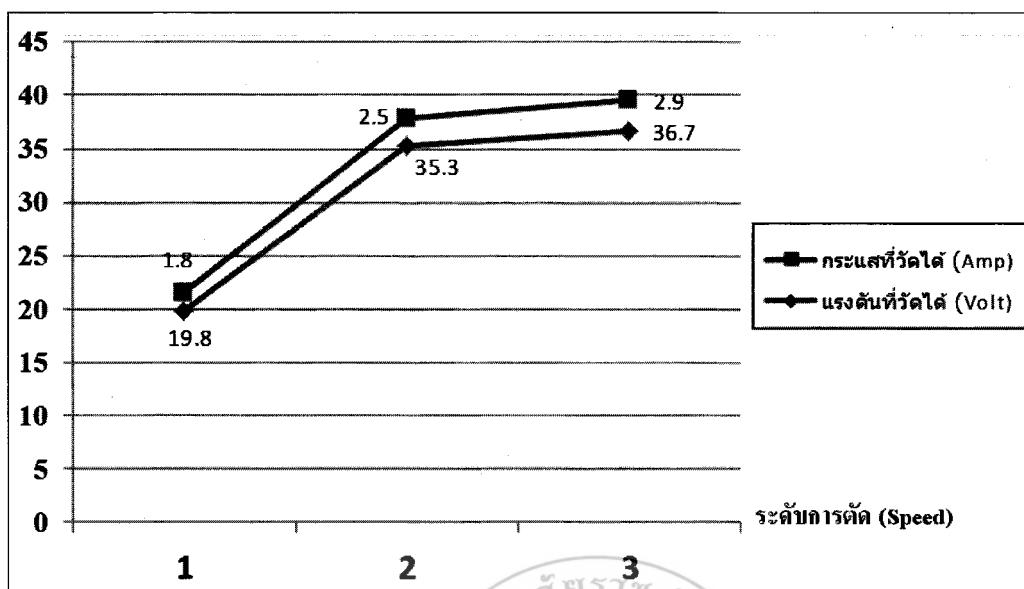
ผลการทดสอบการวัดแรงดันและกระแสที่ได้จากการวัดแรงดันและกระแสในแต่ละระดับของการปรับค่าความเร็วของเตอร์ไฟฟ้าสำหรับทดสอบการตัดหญ้าแสดงดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ผลการทดสอบการวัดแรงดันและกระแสที่ได้จากการวัดแรงดันและกระแสในแต่ละระดับของการปรับค่าความเร็วของเตอร์ไฟฟ้าสำหรับทดสอบการตัดหญ้า

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

หมายเหตุ ผลการทดสอบการวัดค่ากระแสที่ออกมานี้เป็นค่า แอมป์เรีย (A)

จากตารางที่ 4-3 สามารถนำค่าจากตารางมาเขียนกราฟแสดงผลการทดสอบการวัดแรงดันและกระแสที่ได้จากการวัดแรงดันและกระแสในแต่ละระดับของการปรับค่าความเร็วของเตอร์ไฟฟ้าสำหรับทดสอบการตัดหญ้าแสดงดังภาพที่ 4-10



ภาพที่ 4-10 กราฟแสดงผลการทดลองการวัดแรงดันและกระแส

จากราฟที่แสดงในภาพที่ 4-10 จะเห็นได้ว่าระดับความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในการตัดหญ้าแต่ละค่าระดับความเร็ว ของมอเตอร์จะมีแรงดันเพิ่มขึ้นค่าของกระแสก็จะเพิ่มขึ้นตามแต่ละค่าของระดับความเร็ว

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการพัฒนาสร้างเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและออกแบบเครื่องตัดหญ้าให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานยาวนาน ประหยัดพลังงานจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิง ลดความพิษจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง ลดการสั่นสะเทือน และลดเสียงดังจากการทำงานของเครื่องตัดหญ้าพลังงานที่ใช้เครื่องยนต์ จากการทดสอบการทำงานในการพัฒนาสร้างเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้งานต่อเนื่องได้นาน 1-2 ชั่วโมงต่อการชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้ง ไม่มีการสั่นสะเทือน ลดเสียงดังจากการทำงานของเครื่องตัดหญ้า เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องตัดหญ้าแบบที่ใช้เครื่องยนต์ ใน การตัดหญ้าแต่ละครั้งความเร็วของใบพัดตัดหญ้าจะขึ้นอยู่กับ คันเร่งที่ผู้ใช้งานบิดเพื่อปรับค่าความเร็วในการหมุนของใบมีดตัดหญ้า โดยเมื่อบิดคันเร่งมากความเร็วจะเร็วขึ้นตามไปด้วย ทำให้สามารถตัดหญ้าได้ดีและใช้เวลาอ้อย และเมื่อบิดคันเร่งน้อยความเร็วในการหมุนของใบมีดตัดหญ้าก็จะช้าทำให้ประสิทธิภาพในการตัดหญ้าไม่ดีเท่าที่ควรและจะใช้เวลามาก

จากการทดลองในการชาร์จแบตเตอรี่ ได้แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ 1.) ชาร์จด้วยเพาเวอร์ซัพพลาย (DC Power Supply) โดยการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ต่อเข้ากับเพาเวอร์ซัพพลาย แปลงไฟกระแสสลับเป็นไฟกระแสตรงแรงคันที่ได้ออกมา มีค่าเท่ากับ 36 โวลต์ เมื่อทำการชาร์จไฟให้กับแบตเตอรี่ใช้เวลาการชาร์จแบตเตอรี่ประมาณ 5 ชั่วโมง แบตเตอรี่ถึงจะเต็มและพร้อมใช้งาน 2.) ชาร์จด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ วิธีการชาร์จคือ ใช้แผงโซล่าเซลล์ขนาด 30 วัตต์ จำนวน 3 แผงมาต่อร่วมกันแบบอนุกรม โดยเปลี่ยนเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าต่อเข้ากับโซล่าชาร์จคอน ไทรอลเลอร์ กระแสที่ออกจากโซล่าชาร์จคอน ไทรอลเลอร์มีค่าเท่ากับ 1.8 แอมเปอร์ ทำการชาร์จให้กับแบตเตอรี่ใช้เวลาในการชาร์จประมาณ 6-7 ชั่วโมง

5.2 ทดสอบหาประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์

คณานักวิจัยได้ทำการทดสอบเพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ในแต่ละช่วงเวลาต่าง ๆ ของวัน วงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ วัดความเร็วรอบของใบมีดเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า ตัดหญ้าที่ค่าโหลดต่าง ๆ กับค่า Duty Cycle วัดค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละค่า Duty Cycle และระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ เมื่อทำการทดลองโดยการวัดกระแสแลดูดวงจรและแรงดันขณะ

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. นั้นคือเป็นช่วงที่สามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้เต็มที่ แต่ในช่วงเวลาอื่น ๆ ก็สามารถทำการชาร์จได้เช่นกัน แต่อาจจะไม่ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดตามที่ต้องการ ความถ้วนพั้นทึ่ของแรงดันไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการชาร์จตั้งแต่ช่วงเวลา 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 ของโครงการวิจัยเป็นระยะเวลานาน

5.5.3 ในการทดลองชาร์จแบตเตอรี่กับแพงโซล่าเซลล์ค่อนข้างมีปัญหาเนื่องจากสภาพอากาศมีเมฆหนาและแสงอาทิตย์มีปริมาณความเข้มไม่เพียงพอในช่วงที่มีการทดสอบโครงการ

5.5.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ทำการวัดค่าประสิทธิภาพต่าง ๆ ที่นำมาใช้งานในการทดสอบการทำงานของเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ ของทางคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ยังมีไม่เพียงพอสำหรับการทดลองโครงการวิจัยในครั้งนี้

5.5 ข้อเสนอแนะ

5.5.1 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการทดสอบ

5.5.1.1 จากการทดสอบจะได้ค่าตัวเลขที่ใช้ในการนั่นสามารถเชื่อถือได้แต่เนื่องจากบางการทดสอบอาจมีความคลาดเคลื่อนบ้างได้เนื่องจากสิ่งแวดล้อม และจากตัวผู้ทดสอบเอง ผู้วัดผลใช้สายตาคาดคะเน ในการวัดค่าซึ่งต้องตัดหญ้าไปด้วยและวัดค่าต่าง ๆ ไปด้วยซึ่งง่ายต่อการผิดพลาดแต่เมื่อมองภาพรวมแล้ว การทดสอบนี้ยังสอดคล้องกับความเป็นจริงทำให้สามารถยอมรับผลการทดลองนี้ได้

5.5.1.2 จากการทดสอบในชาร์จกับแบตเตอรี่จะได้ขั้นตอนการชาร์จที่นานพอสมควรเนื่องจากแพงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีขนาดที่น้อยเกินไป

5.5.1.3 จากการทดสอบการตัดหญ้าความสูงของหญ้าที่ไม่สม่ำเสมอและพื้นที่ที่ไม่ราบรื่นจะทำให้ผลของพื้นที่ที่ได้จากการตัดหญ้าน้อยลงจากค่าพื้นที่ค่าจริงที่สามารถตัดได้

5.5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาในครั้งต่อไป

5.5.2.1 ควรมีการทดลองติดตั้งแพงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระดับนุ่น 15 และ 45 องศา เพื่อหาประสิทธิภาพการรับแสงจากดวงอาทิตย์ที่มีค่าเหมาะสมมากที่สุด

5.5.2.2 การพัฒนาควรจะเพิ่มขนาดของแพงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เพียงพอต่อการชาร์จเพื่อจะทำให้ใช้เวลาในการชาร์จน้อยลง

5.5.2.3 ควรลดขนาดของกำลังวัตต์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงลงเพื่อลดการใช้กระแสไฟฟ้าให้มีขนาดลดลง จะทำให้ได้เวลาในการตัดหญ้าที่นานขึ้น



บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- การประยุกต์ใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานกรุงเทพฯ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน. การจัดองค์กรเพื่ออนุรักษ์พลังงาน. เอกสารเผยแพร่เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ชุด รู้วิถีพลังงาน. กรุงเทพฯ : กรม, 2547
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม. แนวทางใหม่ในการบริหารจัดการพลังงานในอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : สำนักพัฒนาธุรกิจอุตสาหกรรมและผู้ประกอบการกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2546
- ไกรศร แซ่ว้าน และคณะ. การออกแบบและสร้างรถไฟฟ้า. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่พิษณุโลก, 2550
- จงจิตร์ หริัญญา, 2541, กระบวนการพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- โภค พารียา. อิเล็กทรอนิกส์ 2. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: ชีเอ็คยูเคชั่น, 2544
- ทรงศักดิ์ ยाथะเล. การออกแบบและสร้างรถตัดหญ้าพลังงานไฟฟ้า. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ: 2557
- นภัทร วัฒเนพินทร์. อิเล็กทรอนิกส์ภาค 2 ภาคปฏิบัติ. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: สถาบันบุกส์, 2544
- มงคล ทองสังคม. อิเล็กทรอนิกส์ภาค 1. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: วี.เจ.พรินติ้ง, 2543
- วัชระ มั่งวิทิตกุล. กระบวนการและเทคนิค การลดค่าใช้จ่ายพลังงาน สำหรับอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม. ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัท อินเตอร์พรินติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด, 2544.
- สุประวัติ ขาวลาและคณะ. โซล่าเซลล์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2550
- สมภพ หารเสนอและคณะ. รถสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2550
- สมศักดิ์ แก้วปัญญา. เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526
- สำนักงานกำกับและส่งเสริมการใช้พลังงาน, กรมพัฒนาและส่งเสริมการใช้พลังงาน, กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. การอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรม วิัฒนาการพลังงาน., ม.บ.ป. (อัคสานา)
- เอกชัย พฤกษ์อ่าไฟ และสาริง คาดทอง. สนานหมู่. ฐานเกษตรกรรม. กรุงเทพฯ: 2545



ภาษาอังกฤษ

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

ข้อมูลเว็บไซต์

แบปเตอร์. (ออนไลน์) สืบค้นจาก : <http://www.leonics.co.th/thml/th/aboutpower/greenay14.php> เข้าถึงเมื่อ 21 กรกฎาคม 2557.

โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง. (ออนไลน์) สืบค้นจาก :

http://tularak1.multiply.com/journal/item/7/D.C._MOTOR เข้าถึงเมื่อ 30 กรกฎาคม 2557.

หลักการทำงานของควบคุมความเร็วมอเตอร์. (ออนไลน์) : สืบค้นจาก :

<http://wara.com/modules.php?name=project&file=showproject&sid=213> เข้าถึงเมื่อ 5 สิงหาคม 2557.

หลักการทำงานของ โซล่าเซลล์. (ออนไลน์) สืบค้นจาก :

<http://www.greenpower.9nha.com/solar.html> เข้าถึงเมื่อ 13 สิงหาคม 2557.

คุณสมบัติของแผงโซล่าเซลล์. (ออนไลน์) สืบค้นจาก :

<http://www.greenpower.9nha.com/solar30w.html> เข้าถึงเมื่อ 13 สิงหาคม 2557.

คุณสมบัติ (Data Sheet) ของไอซีบอร์ TL494. (ออนไลน์) สืบค้นจาก :

<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

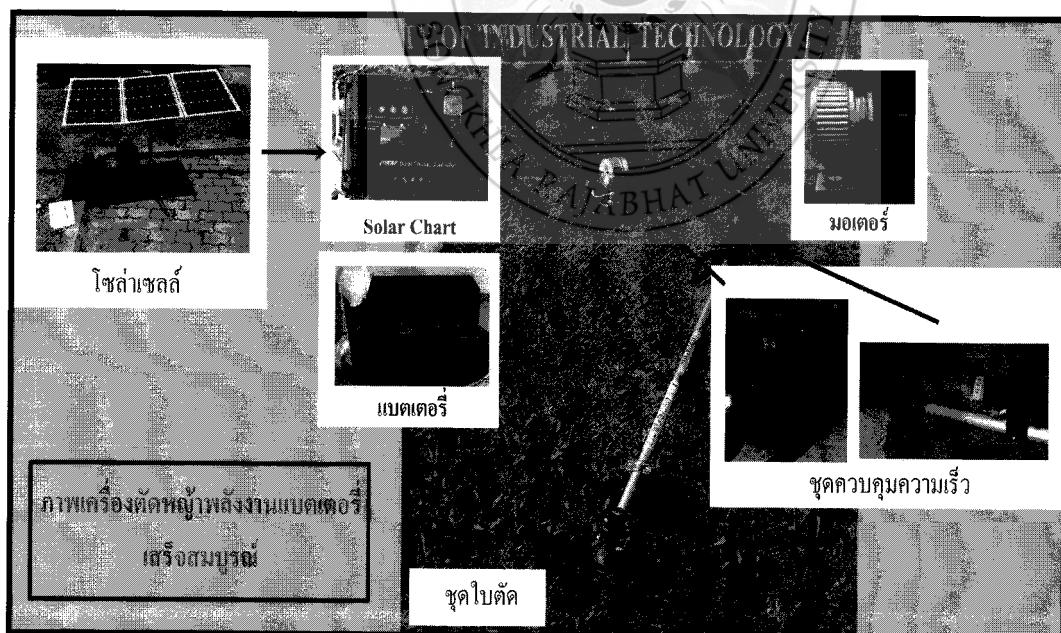
คู่มือการใช้งาน

คู่มือการใช้งาน

“การพัฒนาสร้างเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์” จะประกอบด้วยชุดอุปกรณ์ที่สำคัญอยู่ 7 ส่วน ด้วยกันคือ

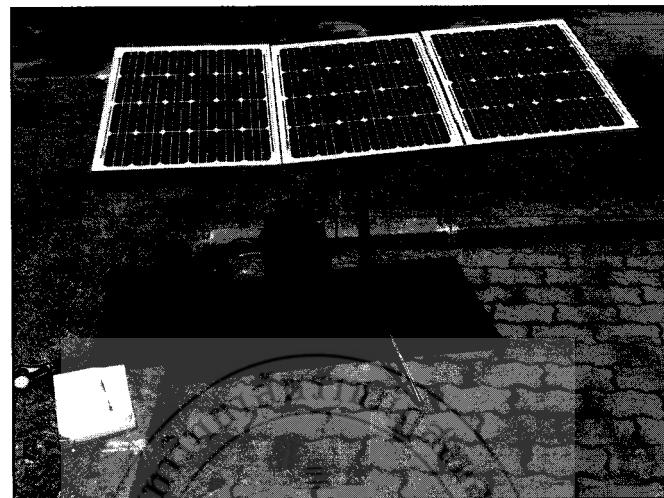
รายการอุปกรณ์

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



ภาพที่ ก-1 ภาพเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแบบโซล่าร์

1. แผงโซล่าเซลล์ เป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ชนิดที่ใช้ Crystalline Silicon Photovoltaic สามารถผลิตไฟฟ้าได้แม้ว่าแสงแดดอ่อนดังภาพที่ ก-2



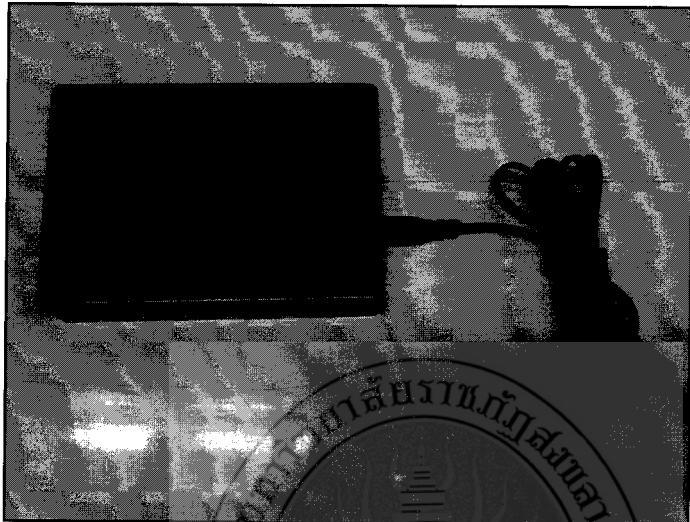
ภาพที่ ก-2 แผงโซล่าเซลล์

2. โซล่าชาร์จคอนโทรลเลอร์ โดยมีแผงโซล่าเซลล์ต่อเข้ากับโซล่าชาร์จคอนโทรลเลอร์เพื่อกำเนิดกระแสไฟฟ้าไปกับแบตเตอรี่ดังภาพที่ ก-3



ภาพที่ ก-3 โซล่าชาร์จคอนโทรลเลอร์

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



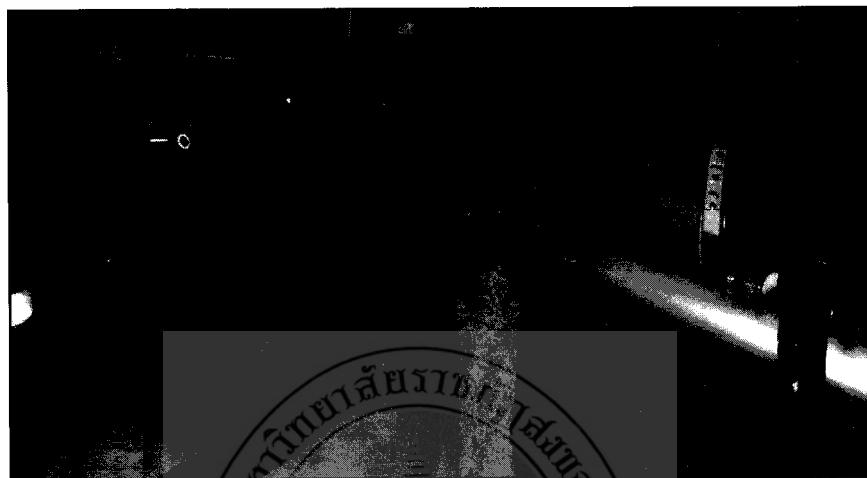
ภาพที่ ก-4 เพาเวอร์ซัพพลาย

4. แบตเตอรี่ 36 V 9 Ah ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานไฟฟ้าเพื่อจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ของชุดใบมีดตัดหญ้าดังภาพที่ ก-5



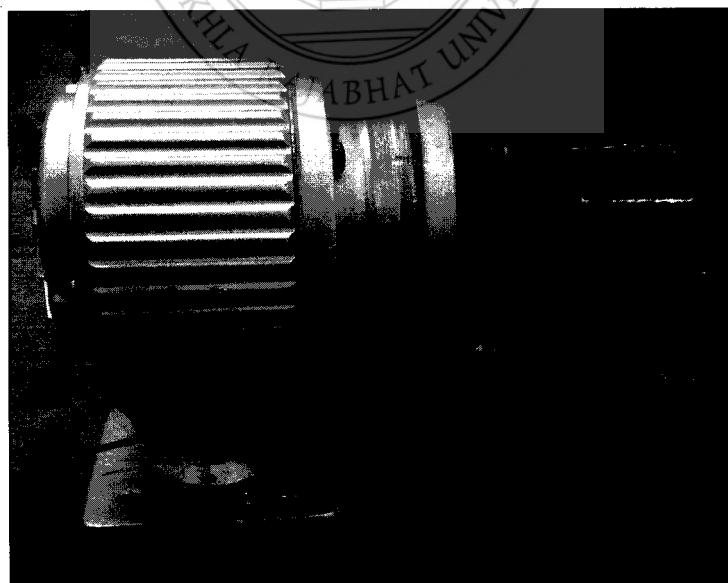
ภาพที่ ก-5 แบตเตอรี่ 12 V 9 Ah

5. ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ ทำหน้าที่ควบคุมความเร็วมอเตอร์ โดยตัวควบคุมความเร็วเป็นแบบกันเร่ง



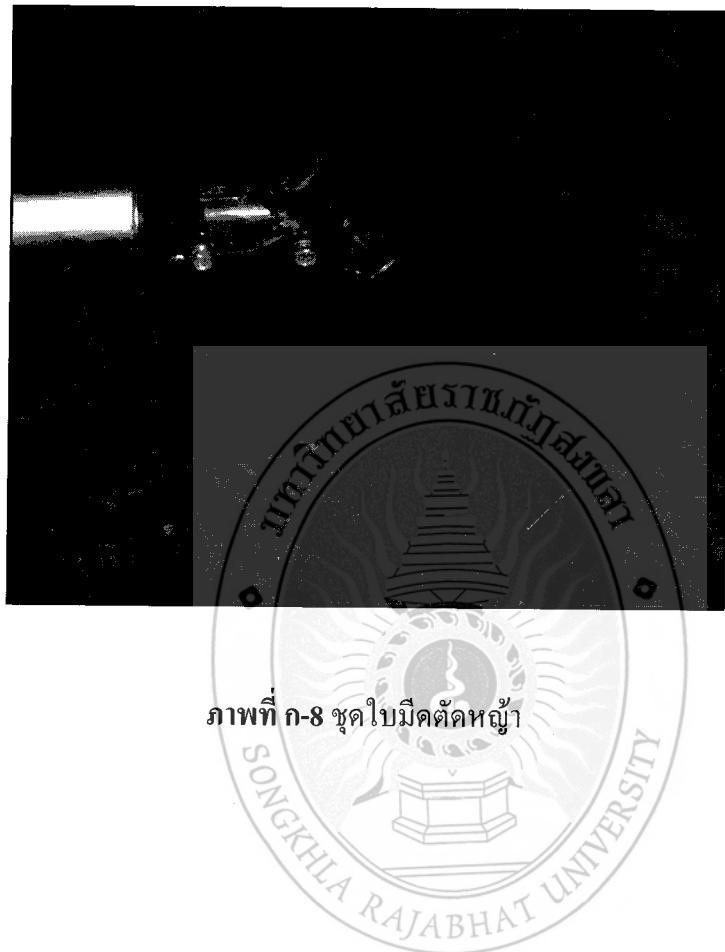
ภาพที่ ก-6 ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์

6. มอเตอร์ 36 V DC ทำหน้าที่เป็นเป็นตัวขับเคลื่อนชุดใบมีดตัดหญ้าทำให้ชุดใบมีดตัดหญ้าหมุน



ภาพที่ ก-7 มอเตอร์

7. ชุดใบมีดตัดหญ้า ทำหน้าที่เป็นตัวตัดหญ้าซึ่งเป็นใบมีดแบบเหล็กแต่สามารถปรับเปลี่ยนใบมีดได้ตามการใช้งาน



1. คุณลักษณะของอุปกรณ์

- 1.1 แผงโซล่าเซลล์ เป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ชนิดที่ใช้ Crystalline Silicon Photovoltaic สามารถผลิตไฟฟ้าได้แม้แสงอ่อน
- 1.2 โซล่าชาร์จคอนโทรลเลอร์ โดยมีแผงโซล่าเซลล์ต่อเข้ากับโซล่าชาร์จคอนโทรลเลอร์ เพื่อกำบังประจุเข้าไปกับแบตเตอรี่
- 1.3 เพาเวอร์ซัพพลาย INPUT : 100-220 V AC ,50Hz OUTPUT : DC36V/1.8 A ทำหน้าที่ ชาร์จไฟให้กับแบตเตอรี่
- 1.4 แบตเตอรี่ 36 V 9 Ah ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานไฟฟ้า เพื่อจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ของชุด ใบมีดตัดหญ้า
- 1.5 ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ ทำหน้าที่ควบคุมความเร็วมอเตอร์ โดยจะเป็นแบบคันเร่ง
- 1.6 มอเตอร์ 36 V DC ทำหน้าที่เป็นเป็นตัวขับเคลื่อนชุดใบมีดตัดหญ้าทำให้ชุดใบมีดตัด หญ้าหมุน
- 1.7 ชุดใบมีดตัดหญ้า ทำหน้าที่เป็นตัวตัดหญ้าซึ่งเป็นใบมีดแบบเหล็กแต่สามารถ ปรับเปลี่ยนใบมีดได้ตามการใช้งาน

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 ด้านจับอุลูมินียม ทำให้มีน้ำหนักเบา
- 2.7 สามารถปรับเปลี่ยนใบมีดได้ตามการใช้งานที่เหมาะสม

3. ข้อควรระวังและการนำรูปรักษา

3.1 ไม่ควรใช้เครื่องขณะฟันตอก เพราะอาจส่งผลเสียให้กับอุปกรณ์ภายในได้

3.2 ในการตัดหญ้าแต่ละครั้งควรตรวจสอบว่ามีก้อนหินบริเวณที่จะตัดหรือไม่ เพราะอาจทำให้ก้อนหินกระเด็นเข้าตาได้

3.3 ไม่ควรเก็บรักษาเครื่องในที่ชื้น

3.4 ใน การใช้งานแพงโซล่าเซลล์แต่ละครั้งควรตรวจสอบการจับยึดกับตัวรองแพงโซล่าเซลล์ให้แน่น เพราะอาจทำให้แพงโซล่าเซลล์ตกลงกระแทกกับพื้นได้

3.5 หลังจากใช้งานเสร็จทุกครั้งควรเช็ดตัวเครื่องอย่างสม่ำเสมอ

3.6 ในขณะปฏิบัติงานควรใส่แ้วันตามมาตรฐาน เพื่อป้องกันไม่ให้เศษก้อนหินกระเด็นเข้าตา

3.7 ควรเก็บให้พ้นมือเด็ก

4. สภาพแวดล้อมหรือสถานที่ที่ไม่ควรใช้งาน

4.1 ไม่ควรใช้เครื่องในขณะฟันตอก เพราะอาจส่งผลให้อุปกรณ์ควบคุมระบบไฟฟ้าเสียหายได้

4.2 ไม่ควรตัดหญ้าในสถานที่คับเคบจนเกินไป เพราะไม่สะดวกต่อผู้ใช้งาน

4.3 ไม่ควรตัดหญ้าบริเวณที่มีผู้คนอยู่because เพราะอาจทำให้เศษก้อนหินกระเด็นใส่ผู้อื่นได้

5. ความปลอดภัยเกี่ยวกับแบบเตอร์

5.1 ต่อสายขี้วแบบเตอร์ให้แน่น เพื่อกระแสไฟเดินได้ดี สะดวก

5.2 ทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่ติดตามขี้วแบบเตอร์และพื้นผิว อันเกิดจากการใช้งาน

5.3 ตรวจสอบสภาพยกอก ให้แบบเตอร์ยึดแน่นบนแท่นวางแบบเตอร์

5.4 ในการถอดขี้วแบบเตอร์ให้ถอดขี้วลงออกจากก้อนเสมอ



ภาคผนวก ข

คุณสมบัติ (Data Sheet) ของไอซีเบอร์ TL494



MOTOROLA

Order this document by TL494/D

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)

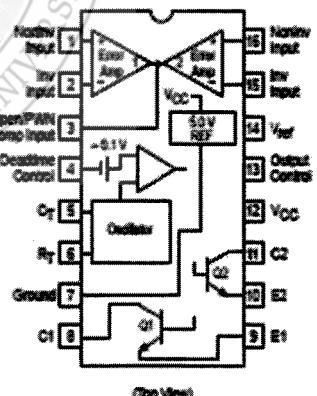
N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 648

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 ≤ 45°C	P _D	1000		mW
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	R _{θJA}	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
Deringing Ambient Temperature	T _A	45		°C

NOTE: 1. Maximum thermal limits must be observed.

PIN CONNECTIONS



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 _b	-	-	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)	Regline	-	2.0	25	mV
Load Regulation (I _O = 1.0 mA to 10 mA)	Regload	-	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) Common-Emitter (V _E = 0 V, I _C = 200 mA) Emitter-Follower (V _C = 15 V, I _E = -200 mA)	V _{SAT(C)} V _{SAT(E)}	-	1.1 1.5	1.3 2.5	V
Output Control Pin Current Low State (V _{OC} ≤ 0.4 V) High State (V _{OC} = V _{ref})	I _{OCL} I _{OCH}	-	10 0.2	- 3.5	μA mA
Output Voltage Rise Time Common-Emitter (See Figure 12) Emitter-Follower (See Figure 13)	t _r	-	100	200	ns
Output Voltage Fall Time Common-Emitter (See Figure 12) Emitter-Follower (See Figure 13)	t _f	-	25 40	100	ns

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 _B	-	-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 (AV _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)	φ _m	-	65	-	deg.
Common Mode Rejection Ratio (V _{CC} = 40 V)	CMRR	65	90	-	dB
Power Supply Rejection Ratio (AV _{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 _O (Pin 3) = 0.7 V)	I _L	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 _B (DT)	-	-2.0	-10	μA
Maximum Duty Cycle, Each Output, Push-Pull Mode (V _{Pin 4} = 0 V, C _T = 0.01 μF, R _T = 12 kΩ) (V _{Pin 4} = 0 V, C _T = 0.001 μF, R _T = 30 kΩ)	DC _{max}	45	48	50	%
Input Threshold Voltage (Pin 4) (Zero Duty Cycle) (Maximum Duty Cycle)	V _{th}	-	2.8	3.3	V
-	-	0	-	-	-
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)	σ _{osc}	-	3.0	-	%
Frequency Change with Voltage (V _{CC} = 7.0 V to 40 V, T _A = 25°C)	Δf _{osc} (AV)	-	0.1	-	%
Frequency Change with Temperature (ΔT _A = T _{low} to T _{high}) (C _T = 0.01 μF, R _T = 12 kΩ)	Δf _{osc} (AT)	-	-	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) (V _{CC} = 15 V) (V _{CC} = 40 V)	I _{CC}	-	5.5 7.0	10 15	mA
Average Supply Current (C _T = 0.01 μF, R _T = 12 kΩ, V _O (Pin 4) = 2.0 V) (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, σ = $\sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N-1}}$

Figure 1. Representative Block Diagram

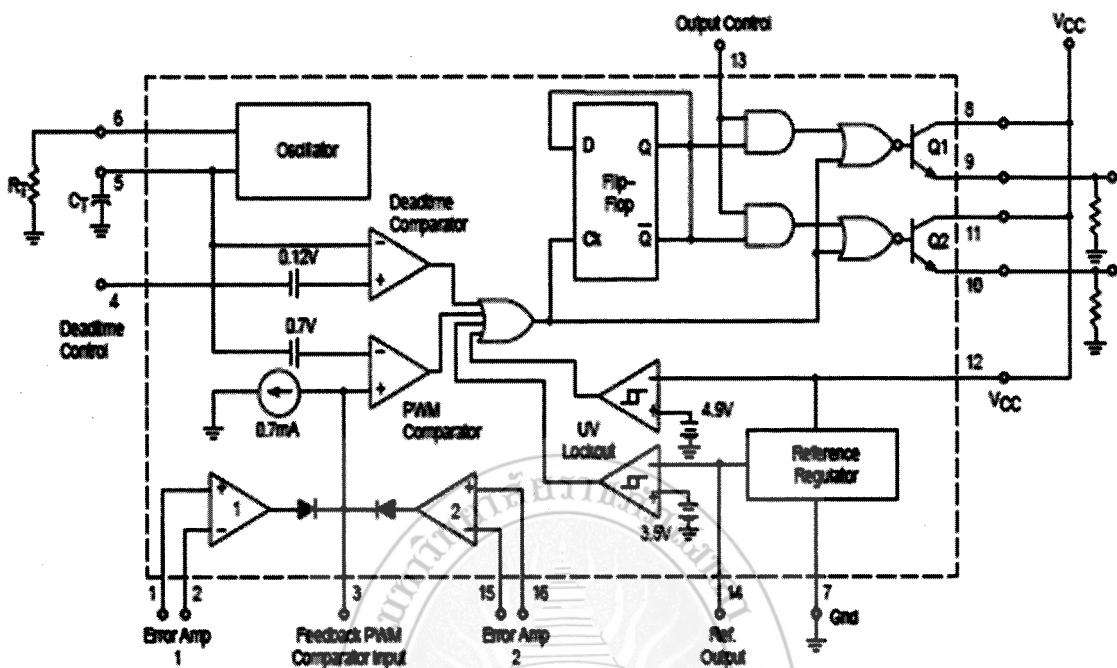
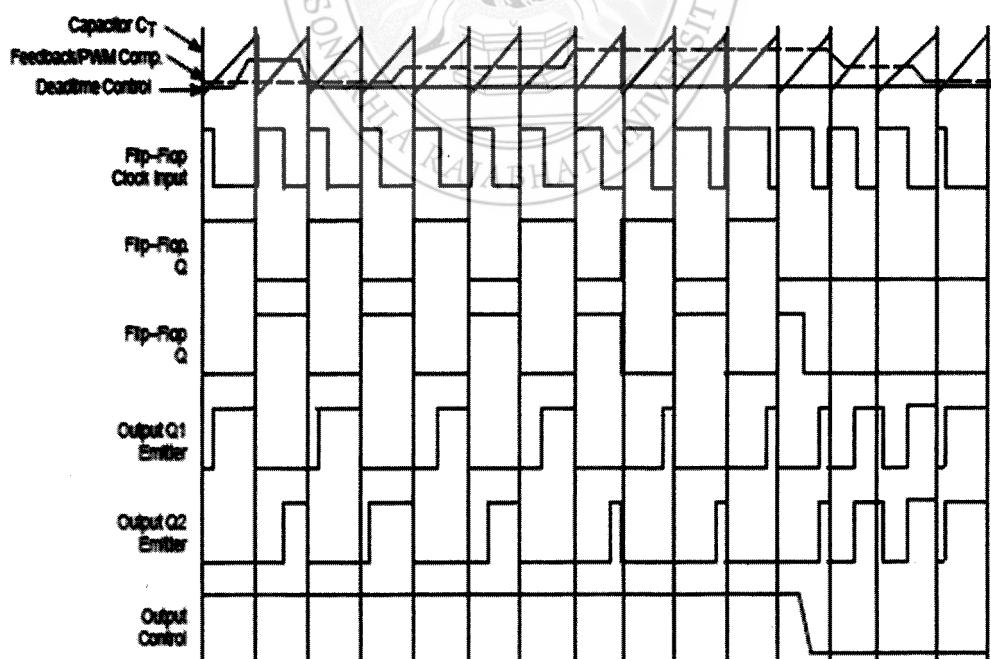


Figure 2. Timing Diagram



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:

$$f_{osc} = \frac{1.1}{R_T \cdot C_T}$$

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 deadline control, the error amplifier inputs, or the feedback input. The deadline control comparator has an effective 120 mV input offset which limits the minimum output deadline 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 deadline may be imposed on the output by setting the deadline-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 deadline 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 deadline 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 $\pm 5.0\%$ 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

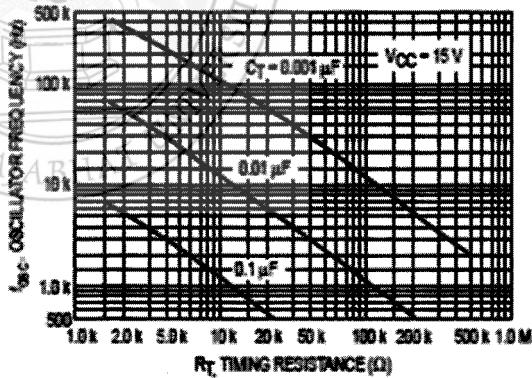


Figure 4. Open Loop Voltage Gain and Phase versus Frequency

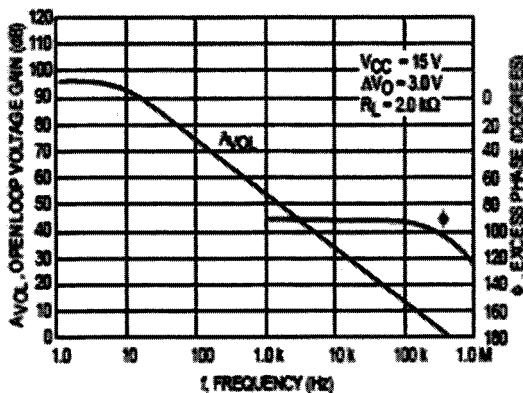


Figure 5. Percent Deadtime versus Oscillator Frequency

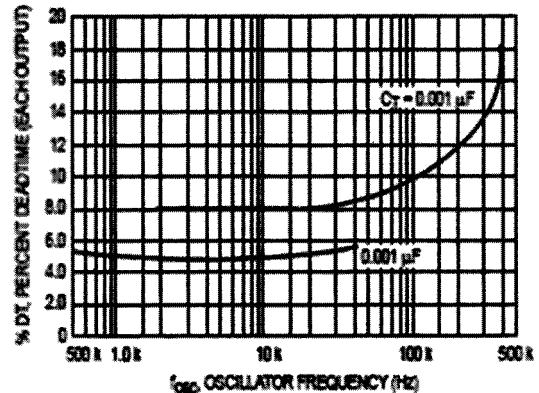


Figure 6. Percent Duty Cycle versus Deadtime Control Voltage

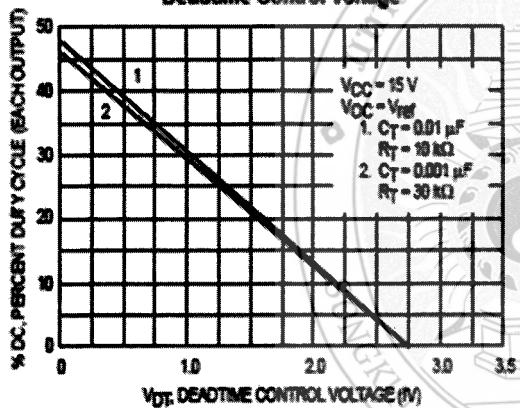


Figure 7. Emitter-Follower Configuration Output Saturation Voltage versus Emitter Current

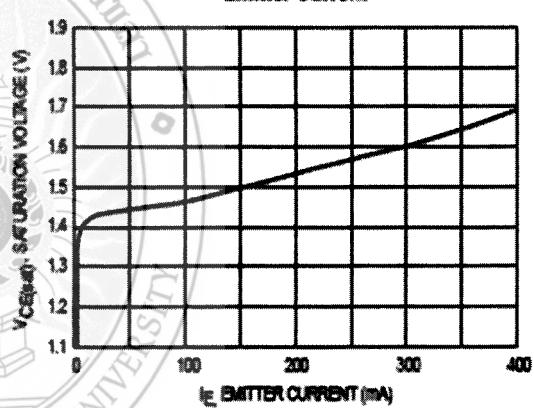


Figure 8. Common-Emitter Configuration Output Saturation Voltage versus Collector Current

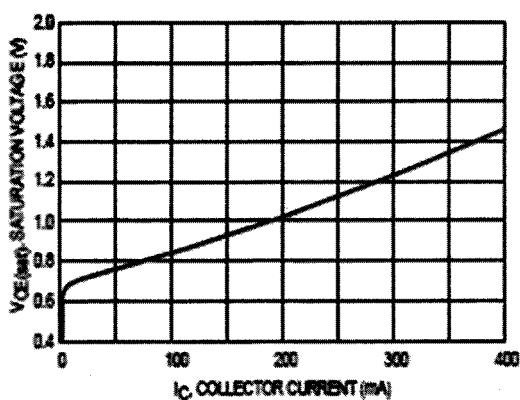


Figure 9. Standby Supply Current versus Supply Voltage

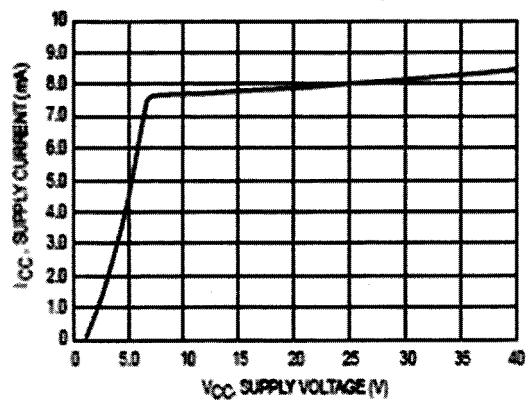


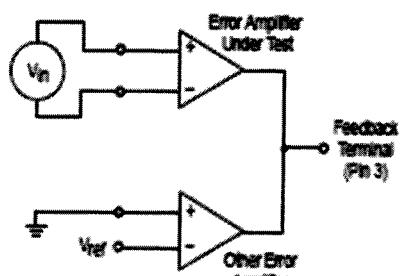
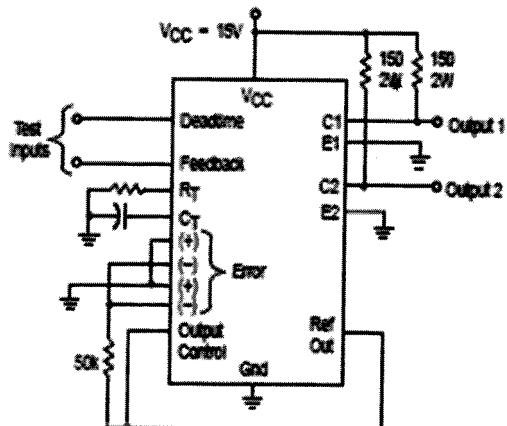
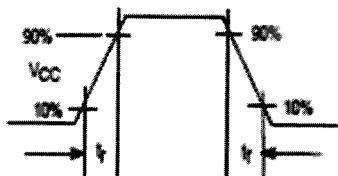
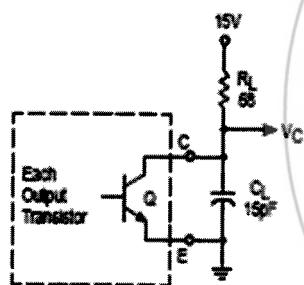
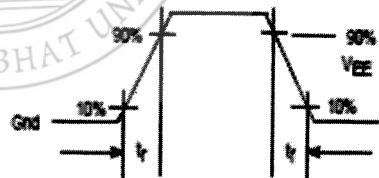
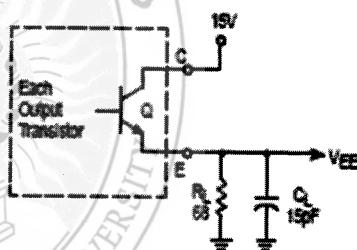
Figure 10. Error-Amplifier Characteristics**Figure 11. Deadtime and Feedback Control Circuit****Figure 12. Common-Emitter Configuration Test Circuit and Waveform****Figure 13. Emitter-Follower Configuration Test Circuit and Waveform**

Figure 14. Error-Amplifier Sensing Techniques

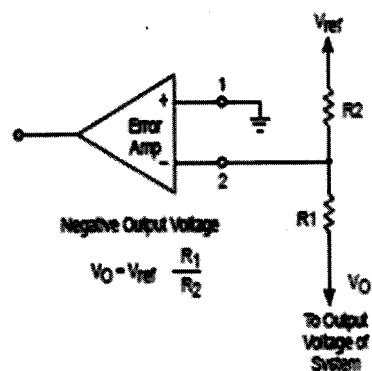
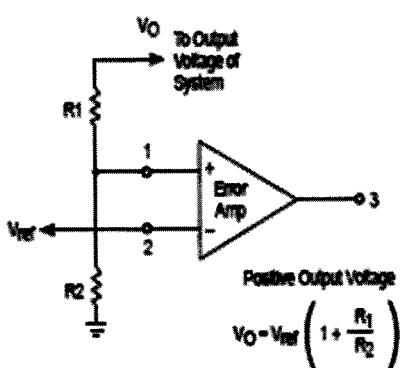


Figure 15. Deadtime Control Circuit

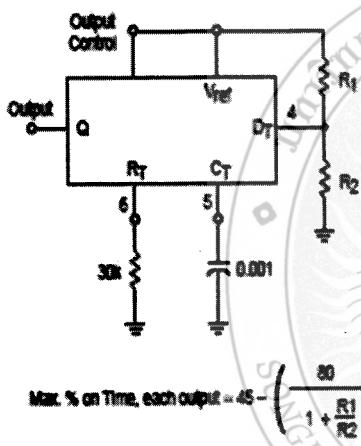


Figure 16. Soft-Start Circuit

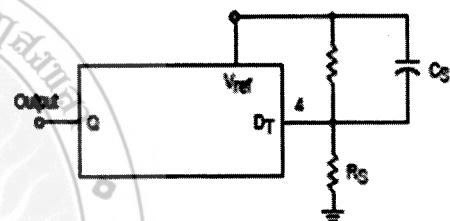


Figure 17. Output Connections for Single-Ended and Push-Pull Configurations

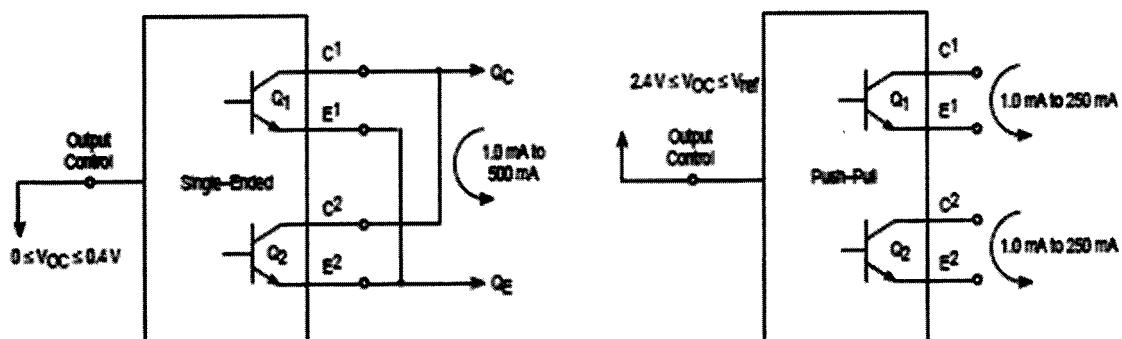


Figure 18. Slaving Two or More Control Circuits

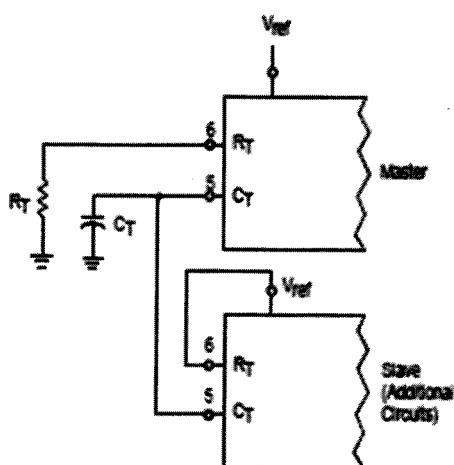
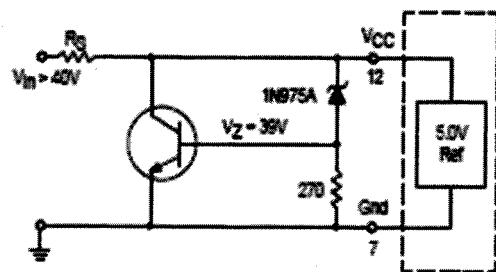
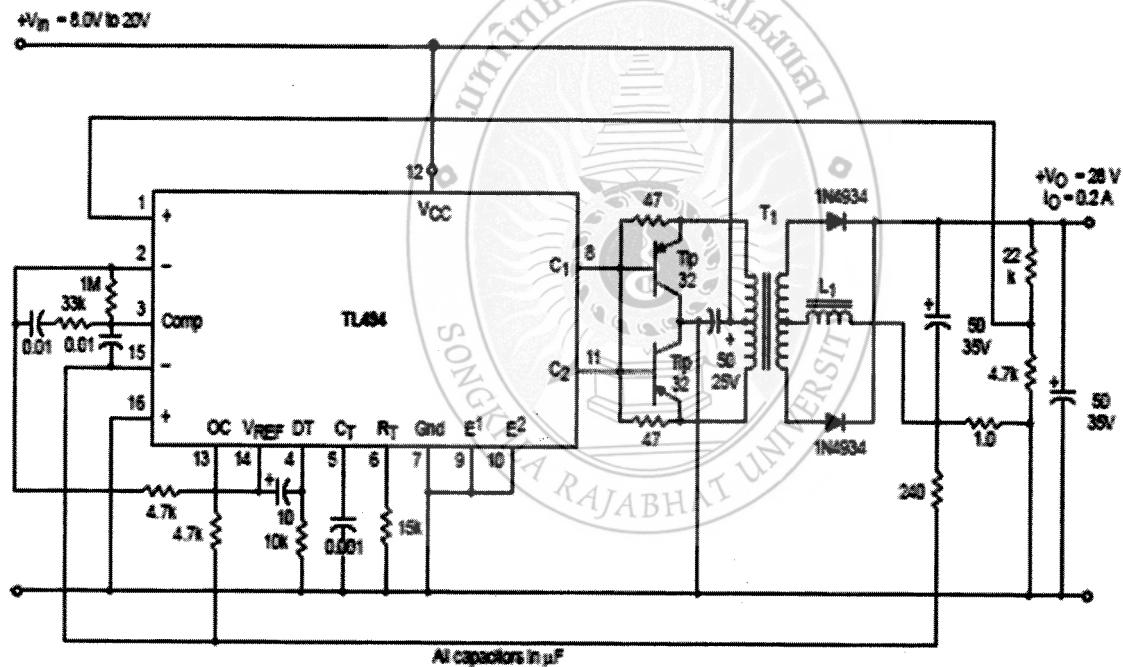
Figure 19. Operation with $V_{in} > 40$ V Using External Zener

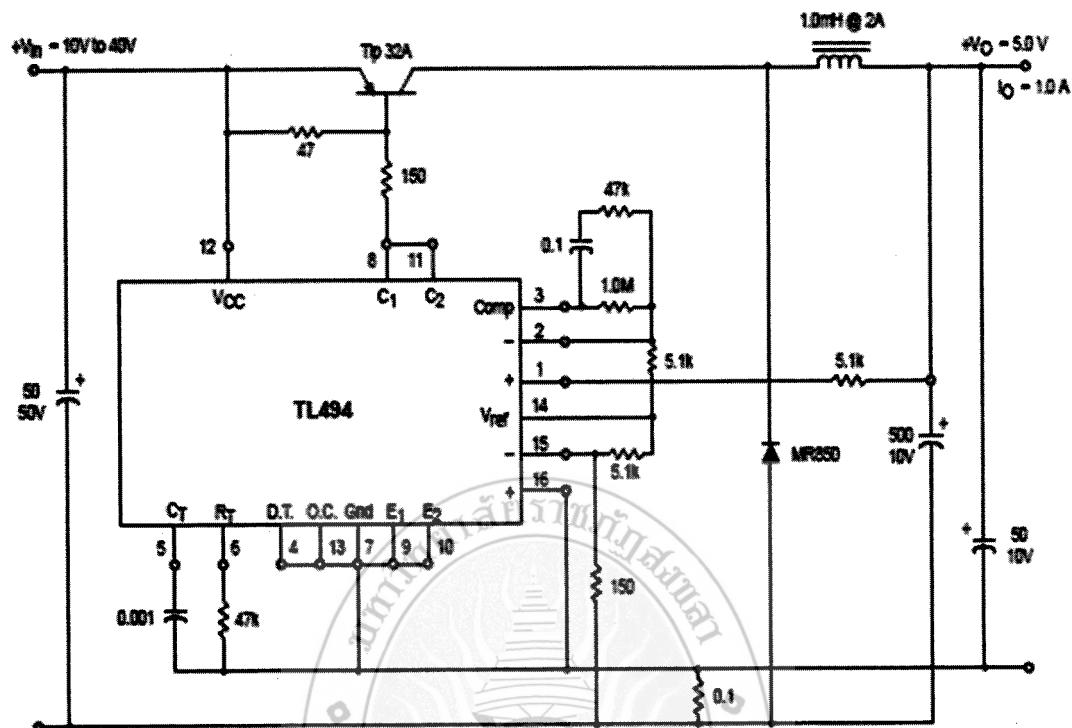
Figure 20. Pulse Width Modulated Push-Pull Converter



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 0.05%
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%

$L_1 = 3.5$ mH @ 0.3 A
 T1 - Primary: 20T C.T. #28 AWG
 Secondary: 120T C.T. #36 AWG
 Core: Ferroxcube 1408P-L00-3CB

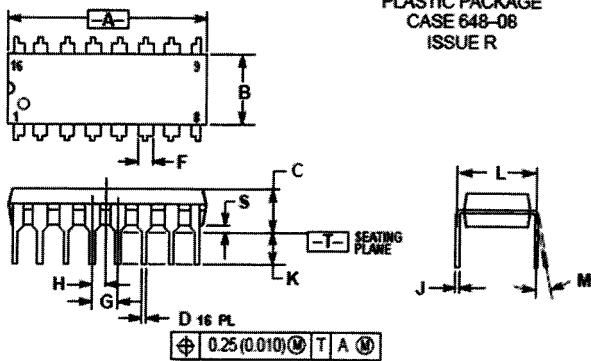
Figure 21. Pulse Width Modulated Step-Down Converter



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

TL494
OUTLINE DIMENSIONS

N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 648-08
ISSUE R

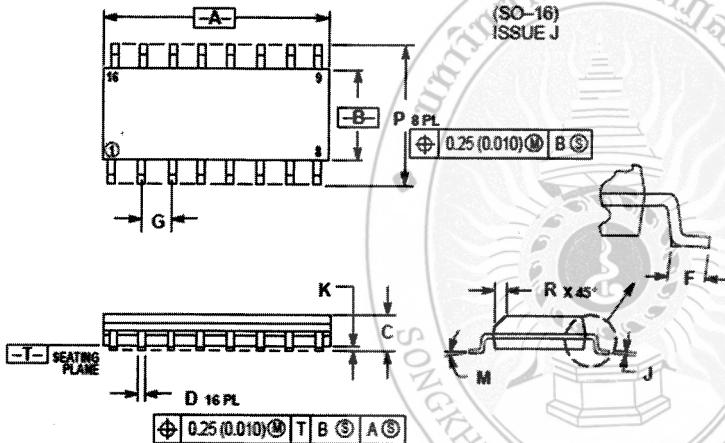


NOTES:

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.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	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	0.095	0.021	0.39	0.53
F	0.040	0.71	1.02	1.77
G	0.100 BSC	0.154 BSC	2.54 BSC	3.91 BSC
H	0.050 BSC	0.127 BSC	1.27 BSC	3.20 BSC
J	0.008	0.015	0.21	0.38
K	0.110	0.130	2.80	3.30
L	0.095	0.095	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.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.65	0.80	0.26	0.32
B	3.85	4.00	0.150	0.157
C	1.20	1.75	0.048	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC	0.050 BSC		
J	0.10	0.25	0.004	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.30	6.20	0.229	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019



ประวัติผู้วิจัย

1. นายนิพนธ์ มลีโชค

วุฒิการศึกษา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรม habilit สาขาวิชาเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ พระนครเหนือ
ตำแหน่งปัจจุบัน:	อาจารย์ โปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสังขละ
โทรศัพท์/โทรสาร	0-7431-2726, 0-7432-5007 ต่อ 283
E-mail:	niponma17@gmail.com

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ครรณา ชูคดี

วุฒิการศึกษา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้าศึกษา
ตำแหน่งปัจจุบัน:	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ พระนครเหนือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสังขละ
โทรศัพท์/โทรสาร	0-7432-4406, 0-7455-8197
E-mail:	sarunskru@hotmail.com