

วงจรถควบคุมความเร็วมอเตอร์รถจักรยานไฟฟ้า  
ELECTRIC BIKE MOTOR CONTROL

นายพิพัฒน์ วิวัฒน์วรกาญจน์ รหัส 48380356  
นายศิริพงษ์ น้อยแก้ว รหัส 48380366

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์  
วันที่รับ..... 25 / พ.ค. 2553 / .....

เลขทะเบียน..... 15610001 .....

เลขเรียกหนังสือ..... 2551 .....

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร  
ปีการศึกษา 2551



## ใบรับรองโครงการวิศวกรรม

หัวข้อโครงการ	วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์รถจักรยานไฟฟ้า		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายพิพัฒน์	วิวัฒน์วีรกาญจน์	รหัส 48380356
	นายศิริพงษ์	น้อยแก้ว	รหัส 48380366
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.อักรพันธ์ วงศ์กั้งแห		
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2551		

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบรจรัม อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ  
การศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
คณะกรรมการการสอบโครงการวิศวกรรม

..... ประธานกรรมการ  
(ดร.อักรพันธ์ วงศ์กั้งแห)

..... กรรมการ  
(ดร.ชัยรัตน์ พินทอง)

..... กรรมการ  
(ดร.แคลทรียา สุวรรณศรี)

หัวข้อโครงการ	วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์รถจักรยานไฟฟ้า		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายพิพัฒน์	วิวัฒน์วรกาญจน์	รหัส 48380356
	นายศิริพงษ์	น้อยแก้ว	รหัส 48380366
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.อัครพันธ์	วงศ์กังแห	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2551		

### บทคัดย่อ

โครงการนี้ เป็นการศึกษาและพัฒนาเครื่องควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อใช้ในการควบคุมความเร็วของรถจักรยานไฟฟ้า ปัจจุบันระบบขับเคลื่อนรถจักรยานไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ อาจมีหลายวิธีในการขับเคลื่อนเช่น ใช้วงจรแบบ ปรับระดับแรงดัน (Linear Regulator) หรือ แบบปรับความกว้างของการจ่ายแรงดัน (Pulse Width Modulation) ในแต่ละแบบนั้นมีทั้งข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับลักษณะสมบัติของงาน ในโครงการนี้มุ่งเน้นที่จะพัฒนาระบบขับเคลื่อนความเร็วรถจักรยานไฟฟ้าด้วย ระบบควบคุมแบบ ปรับความกว้างของการจ่ายแรงดัน เพื่อให้มีการส่งพลังงานตามต้องการ เมื่อช่วงการจ่ายแรงดันมีความกว้างมาก พลังงานที่จ่ายให้มอเตอร์จะมากตามไปด้วยทำให้ความเร็วการหมุนของมอเตอร์นั้นมากขึ้นตามปริมาณพลังงานที่รับเข้าไปในตัว

**Project Title** ELETRIC BIKE MOTOR CONTROL  
**Name** Mr. Phiphat Wiwatworakarn ID. 48380356  
Mr. Siripong Noikaew ID. 48380366  
**Project Advisor** Mr. Akaraphunt Vongkunghae, Ph.D.  
**Major** Electrical Engineering.  
**Department** Electrical and Computer Engineering.  
**Academic Year** 2008

---

### ABSTRACT

This project is to develop a DC motor controller for using in an electrical bicycle. There are usually two types of the DC controller technique, i.e. Linear voltage regulator, pulse width modulation (PWM). In this project we emphasize on the PWM technique. The width of the modulation pulse controls the amount of electrical energy that flows into the bicycle motor. The speed of the motor rotation depends on the size of the positive pulse width.

## กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงการเรื่อง วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์รถจักรยานไฟฟ้า ได้สำเร็จ ด้วยดี ทางคณะผู้จัดทำต้องขอแสดงความขอบคุณ ดร.อัครพันธ์ วงศ์กั้งแห ที่ให้เกียรติเป็นที่ปรึกษา ให้ความรู้และแนวทางในการทำโครงการ ซึ่งได้แนะแนวทางแก้ไขปัญหเกี่ยวกับโครงการ และ ข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานครั้งนี้ให้ลุล่วงไปได้ และขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้สั่งสอนและให้ความรู้ ประสพการณ์ต่างๆ จนสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการในครั้งนี้ให้สำเร็จลงด้วยความ สมบูรณ์อย่างยิ่ง



ผู้จัดทำโครงการ

นายพิพัฒน์ วิวัฒน์วรกาญจน์  
นายศิริพงษ์ น้อยแก้ว

# สารบัญ

บทที่	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	7
1.3 ขอบข่ายของโครงการ.....	7
1.4 แผนการดำเนินงาน.....	8
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ.....	9
1.6 งบประมาณของโครงการ.....	9
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	10
2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นของ ไอซีเบอร์ 555.....	11
2.1.1 ส่วนประกอบของ ไอซีเบอร์ 555.....	11
2.1.2 หน้าที่ส่วนต่างๆ ของ ไอซีเบอร์ 555.....	12
2.2 หลักการทำงานเบื้องต้น ของ ไอซีเบอร์ 555.....	12
2.2.1 วงจร โมโนสเตเบิล Monostable Multivibrator .....	12
2.2.2 วงจรอะสเตเบิล Astable-Multivibrator .....	13
2.3. มอสเฟต (MOSFET).....	14
2.3.1. MOSFET ชนิดดีพีทีชั้น (Depletion MOSFET, D-MOSFET).....	15
2.3.1.1 ดีพีทีชั้น โหมด (Depletion MOSFET, D-MOSFET).....	15
2.3.1.2 เอนแฮนซ์โหมด (Enhancement Mode).....	16
2.3.2 เอนแฮนซ์เมนมอสเฟต (Enhancement MOSFET, E-MOSFET).....	17

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.4 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน.....	18
2.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor).....	19
2.5.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....	19
2.5.2 รายละเอียดพื้นฐานของมอเตอร์.....	21
<b>บทที่ 3 การออกแบบและขั้นตอนการดำเนินงาน.....</b>	<b>23</b>
3.1 ศึกษารายละเอียดจากสื่อการเรียนการสอน.....	23
3.2 แนวความคิดการออกแบบวงจร.....	23
3.3 การออกแบบวงจรควบคุมและวงจรที่ใช้ Switching มอเตอร์.....	24
3.4 ลายวงจรของโครงการ.....	30
3.5 อุปกรณ์ภายในวงจร.....	33
3.6 ขั้นตอนการดำเนินงานประกอบวงจร.....	37
<b>บทที่ 4 ผลการทดลอง.....</b>	<b>40</b>
4.1 ผลการทดลองวงจรควบคุมและวงจร Switching มอเตอร์.....	40
4.2 ผลการทดลองวัดความเร็วรอบของมอเตอร์เมื่อปรับเปลี่ยนความต้านทาน.....	47
<b>บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....</b>	<b>49</b>
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	49
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำโครงการ.....	50
5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา.....	50
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	50
<b>เอกสารอ้างอิง.....</b>	<b>52</b>
<b>ภาคผนวก.....</b>	<b>53</b>
ภาคผนวก ก.....	54
ภาคผนวก ข.....	56
ภาคผนวก ค.....	57
<b>ประวัติผู้เขียนโครงการ.....</b>	<b>58</b>

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 การใช้ การผลิต และการนำเข้าพลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น.....	2
1.2 การใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น.....	2
1.3 การผลิตพลังงานพาณิชย์ขั้นต้น.....	3
1.4 การใช้พลังงานพาณิชย์ขั้นสุดท้าย.....	4
1.5 มูลค่าการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย.....	4
1.6 มูลค่าการนำเข้าพลังงาน.....	5
1.7 แสดงมูลค่าการส่งออกพลังงาน.....	5
1.8 ปริมาณการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น.....	6
1.9 แผนการดำเนินงาน.....	9
2.1 คุณสมบัติของ Nand gate.....	12
2.2 คุณสมบัติของ Flip-Flop แบบ RS-F/F.....	12
4.1 ผลของการทดลองวัดความเร็วรอบของมอเตอร์เมื่อปรับเปลี่ยนความต้านทาน.....	47



# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของ ไอซีเบอร์ 555.....	11
2.2 แสดงวงจร Monostable Multivibrator.....	13
2.3 แสดงวงจร Astable Multivibrator.....	14
2.4 โครงสร้างพื้นฐานของ D-MOSFET.....	15
2.5 การทำงานของ D-MOSFETชนิด (n-channel).....	16
2.6 สัญลักษณ์ของ D-MOSFET.....	16
2.7 โครงสร้างและการทำงานของ E-MOSFET.....	17
2.8 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานวงจรจับมอเตอร์.....	18
2.9 สเตเตอร์ (Stator).....	19
2.10 ขดลวดพันอยู่รอบขั้วแม่เหล็ก.....	20
2.11 ลักษณะของขั้วแม่เหล็ก.....	20
2.12 ตัวหมุน (Rotor).....	21
3.1 ลักษณะของวงจรที่ออกแบบ.....	23
3.2 วงจรแสดงวงจร Astable Multivibrator.....	24
3.3 วงจรวงจรควบคุมมอเตอร์.....	26
3.4 วงจรที่ใช้ Switching มอเตอร์.....	27
3.5 แหล่งพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแหล่งจ่ายที่ปรับค่าได้.....	28
3.6 การออกแบบวงจรเมื่อนำสัญญาณมาจากวงจรควบคุม.....	29
3.7 ลายวงจรของวงจรควบคุมและการลงอุปกรณ์บนแผ่นวงจร.....	30
3.8 ลายวงจรของวงจร Switching มอเตอร์และการลงอุปกรณ์บนแผ่นวงจร.....	31
3.9 ตัวต้านทาน.....	33
3.10 ตัวเก็บประจุ.....	33
3.11 ไดโอด และ LED.....	34
3.12 ไอซีเบอร์ 555.....	35
3.13 ตัวต้านทาน.....	35
3.14 มอสเฟส และ ไดโอด.....	36
3.15 DC มอเตอร์.....	36
3.16 บัดกรีขาของอุปกรณ์ให้ติดกับลายวงจร.....	37

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.17 แผงวงจรที่พร้อมใช้งาน.....	37
3.18 แผงวงจรต่อเข้ากับมอเตอร์.....	38
3.19 การประกอบวงจรในส่วนต่างๆเพื่อใช้งานจริง.....	39
4.1 การทดสอบจ่ายไฟฟ้าให้กับวงจร.....	40
4.2 แรงดันที่ได้จากแหล่งพลังงานแหล่งที่ 1.....	41
4.3 กระแสที่ได้จากแหล่งพลังงานแหล่งที่ 2.....	41
4.4 แรงดันที่ตกคร่อม DC มอเตอร์เมื่อปรับค่า $R_2$ ประมาณ 1%.....	42
4.5 แรงดันที่ตกคร่อม DC มอเตอร์เมื่อปรับค่า $R_2$ ประมาณ 99%.....	42
4.6 การวัดความเร็วรอบของ DC มอเตอร์โดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer).....	43
4.7 กระแสที่ได้จากแหล่งพลังงานแหล่งที่ 1.....	43
4.8 กระแสที่ได้จากแหล่งพลังงานแหล่งที่ 2.....	44
4.9 ปรับค่า $R_2$ ประมาณ 10%.....	44
4.10 ปรับค่า $R_2$ ประมาณ 25%.....	45
4.11 ปรับค่า $R_2$ ประมาณ 50%.....	45
4.12 ปรับค่า $R_2$ ประมาณ 75%.....	46
4.13 ปรับค่า $R_2$ ประมาณ 99%.....	46

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากในปัจจุบันมีการใช้ยานพาหนะเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีความต้องการใช้น้ำมันเพิ่มมากขึ้น แต่ในปัจจุบันราคาน้ำมันกำลังถีบตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงได้มีการสนับสนุนให้ใช้พลังงานทดแทน และพลังงานหมุนเวียนกันอย่างแพร่หลาย จึงได้จัดทำโครงการนี้ขึ้นมาเพื่อเป็นการสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนและพัฒนาระบบขับเคลื่อนรถยนต์จักรยานไฟฟ้าให้มีความเร็วในระดับที่ปลอดภัยสำหรับรถยนต์จักรยานไฟฟ้าและสภาพการใช้งานในเขตชุมชน

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังประสบปัญหาทางด้านพลังงาน โดยเฉพาะด้านน้ำมันที่นับวันก็จะลดน้อยลงไปทุกวันและราคายังคงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ รวมถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการเผาผลาญน้ำมัน ทำให้ประชาชนผู้ใช้รถยนต์หันมาเดินทางโดยการใช้ทางเลือกอื่นกันมากขึ้น อาทิเช่น การนำรถยนต์ไปติดตั้งระบบแก๊ส และการเดินทางโดยการใช้บริการของขนส่งมวลชน สถานการณ์พลังงานในปี พ.ศ. 2550 และแนวโน้มในปี พ.ศ. 2551 ที่สรุปโดยกระทรวงพลังงาน [1] มีดังต่อไปนี้

#### ก) ภาพรวมพลังงานปี 2550

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ คาดการณ์แนวโน้มเศรษฐกิจไทยในปี 2550 ขยายตัว 4.5% อัตราเงินเฟ้ออยู่ที่ระดับ 1.6 ดุลบัญชีเดินสะพัดเกินดุลเล็กน้อย โดยมีการฟื้นตัวของอุปสงค์ภายในประเทศ และการเบิกจ่ายงบประมาณรัฐบาลที่ได้ตามเป้า รวมทั้งการส่งออกที่ขยายตัวได้ในเกณฑ์ดีแม้ว่าจะเริ่มชะลอลงในครึ่งหลังของปี เนื่องจากเศรษฐกิจโลกชะลอลง อย่างไรก็ตามการส่งออกก็ยังเป็นตัวขับเคลื่อนหลักของปี 2550 และคาดว่าเศรษฐกิจไทยปี 2551 จะขยายตัว 4.0-5.0% มีลักษณะสมดุลมากขึ้น โดยที่อุปสงค์ภายในประเทศขยายตัวดีขึ้น และชัดเจนผลกระทบการส่งออกที่ชะลอลง ปัจจัยภายในประเทศมีแนวโน้มปรับตัวดีขึ้น ได้แก่ อัตราดอกเบี้ยต่ำ อัตราการว่างงานต่ำการดำเนินนโยบายงบประมาณขาดดุล และความชัดเจนในด้านการเมืองจะมีความเชื่อมั่นของประชาชนดีขึ้น แต่แรงกดดันจากต้นทุนราคาน้ำมันจะทำให้อัตราเงินเฟ้อสูงขึ้นเป็นประมาณ 3.0-3.5% และมีความเสี่ยงจากปัจจัยภายนอกทั้งราคาน้ำมันที่สูงขึ้น และการชะลอลงเศรษฐกิจโลก ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อภาพรวมการใช้พลังงานของประเทศซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 การใช้ การผลิต และการนำเข้าพลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น  
(หน่วยเทียบกับพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน) [1]

ปี	2546	2547	2548	2549	2550
การใช้	1,346	1,469	1,520	1,547	1,605
การผลิต	666	676	743	765	794
การนำเข้า (สุทธิ)	868	988	980	978	1,004
การนำเข้า/การใช้ (%)	65	67	64	63	63
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)					
การใช้	5.0	9.1	3.5	1.8	3.8
การผลิต	5.5	1.5	9.9	3.0	3.8
การนำเข้า (สุทธิ)	8.9	13.8	-0.9	-0.2	2.7
GDP (%)	7.1	6.3	4.5	5.0	4.5

การใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้นอยู่ที่ระดับ 1,605 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน เพิ่มขึ้น 3.8% เมื่อเทียบกับปีที่แล้ว โดยการใช้ก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้น 6.6% การนำเข้าถ่านหินนำเข้าเพิ่มขึ้น 28.2% เนื่องจากบริษัท บีแอลซีพีเพนเวอร์ จำกัด ซึ่งใช้ถ่านหินนำเข้าเป็นเชื้อเพลิงเริ่มผลิตตั้งแต่เดือนเมษายน 2549 เป็นต้นมา สามารถผลิตได้เต็มที่ในปีนี้ ในขณะที่การใช้น้ำมันลดลงจากปีก่อน 1.6% เนื่องจากราคาน้ำมันทรงตัวอยู่ในระดับสูง และกฟผ. ลดการใช้น้ำมันเตาในการผลิตไฟฟ้าลงมาก การใช้ถิกในต์ลดลง 6.6% และการใช้ไฟฟ้าพลังน้ำ/ไฟฟ้านำเข้าลดลง 6.2% ดังแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 การใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น (หน่วย: เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน) [1]

ปี	2546	2547	2548	2549	2550
การใช้	1,346	1,469	1,520	1,547	1,605
น้ำมัน	624	705	689	673	662
ก๊าซธรรมชาติ	496	518	566	579	617
ถ่านหิน	89	94	107	143	184
ลิกไนต์	101	119	125	108	101
พลังงานน้ำ/ไฟฟ้านำเข้า	36	32	33	44	41
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)					
การใช้	5.0	9.1	3.5	1.8	3.8
น้ำมัน	5.9	13.1	-2.3	-2.4	-1.6
ก๊าซธรรมชาติ	6.1	4.4	9.2	2.3	6.6
ถ่านหิน	27.0	5.9	13.8	33.6	28.2
ลิกไนต์	-14.4	18.4	4.6	-13.7	-6.6
พลังงานน้ำ/ไฟฟ้านำเข้า	-3.4	-12.1	2.4	35.2	-6.2

การผลิตพลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น อยู่ที่ระดับ 794 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน เพิ่มขึ้นจากปีก่อน 3.8% โดยการผลิตน้ำมันดิบ คอนเดนเสท และก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้นมาก แต่การผลิตลิกไนต์ของภาคเอกชนลดลงมากเช่นกัน เนื่องจากบริษัท ลานนารีซอร์สเสส จำกัด (มหาชน) หยุดทำการผลิตเพราะปริมาณสำรองลิกไนต์และสัมปทานหมดลงดังแสดงในตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 การผลิตพลังงานพาณิชย์ขั้นต้น (หน่วย: เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน) [1]

ปี	2546	2547	2548	2549	2550
การผลิต	666	676	743	765	794
น้ำมันดิบ	96	86	114	129	134
คอนเดนเสท	57	62	63	68	71
ก๊าซธรรมชาติ	373	388	412	423	453
ลิกไนต์	108	115	129	110	102
ไฟฟ้าพลังน้ำ	32	26	25	35	34
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)					
การผลิต	5.5	1.5	9.9	3.0	3.8
น้ำมันดิบ	27.5	-11.2	33.2	13.2	4.3
คอนเดนเสท	16.6	8.8	1.9	8.3	4.2
ก๊าซธรรมชาติ	4.6	3.9	6.2	2.7	7.1
ลิกไนต์	-8.2	6.5	12.2	-14.8	-7.1
ไฟฟ้าพลังน้ำ	-2.2	-18.4	-3.6	40.2	-3.9

การใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นสุดท้าย อยู่ที่ระดับ 1,091 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน ขยายตัวเพิ่มขึ้นจากปีก่อน 4.1% โดยน้ำมันสำเร็จรูปเพิ่มขึ้น 1.7% ก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้น 22.7% ถ่านหินนำเข้าเพิ่มขึ้น 13.8% เพื่อทดแทนลิกไนต์ในประเทศ และไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 4.9% ขณะที่ลิกไนต์ลดลง 21.3% โดยสัดส่วนการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นสุดท้ายของน้ำมันสำเร็จรูปยังคงครองสัดส่วนการใช้สูงสุดอยู่ที่ 59% รองลงมาเป็นไฟฟ้า 21% ลิกไนต์ถ่านหินนำเข้า 13% และก๊าซธรรมชาติ 7% ดังแสดงในตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 การใช้พลังงานพาณิชย์ขั้นสุดท้าย (หน่วย: เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน) [1]

ปี	2546	2547	2548	2549	2550
การใช้	931	1,040	1,046	1,049	1,091
น้ำมันสำเร็จรูป	612	680	654	637	647
ก๊าซธรรมชาติ	46	54	55	59	73
ถ่านหินน้ำแข็ง	61	67	81	100	114
ถ่านหิน	24	37	42	30	23
ไฟฟ้า	187	202	214	223	234
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)					
การใช้	5.8	11.8	0.6	0.2	4.1
น้ำมันสำเร็จรูป	5.7	11.2	-3.9	-2.6	1.7
ก๊าซธรรมชาติ	7.9	17.5	2.2	7.1	22.7
ถ่านหินน้ำแข็ง	52.8	9.3	21.6	22.9	13.8
ถ่านหิน	-43.6	54	13.5	-31.3	-21.3
ไฟฟ้า	6.9	7.7	5.9	4.5	4.9

มูลค่าพลังงานการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย มีมูลค่า 1,487,130 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปีก่อน 157,094 ล้านบาท หรือคิดเป็น 11.8% โดยมูลค่าการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทุกชนิดเพิ่มขึ้น กล่าวคือ มูลค่าการใช้้ำมันสำเร็จรูปเพิ่มขึ้น 11.7% มูลค่าการใช้ก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้น 34.3% มูลค่าการใช้ถ่านหิน/ถ่านหินน้ำแข็งเพิ่มขึ้น 37.4% มูลค่าการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 11.1% และมูลค่าการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้น 4.3% ดังแสดงในตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 มูลค่าการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (หน่วย: ล้านบาท) [1]

ชนิด	2546	2547	2548	2549	2550
น้ำมันสำเร็จรูป	515,319	605,372	783,671	838,512	936,398
ก๊าซธรรมชาติ	13,793	16,539	20,260	27,551	36,997
ถ่านหิน/ถ่านหินน้ำแข็ง	9,223	13,413	18,058	17,342	23,830
ไฟฟ้า	265,771	300,393	327,642	354,070	393,375
พลังงานทดแทน	75,122	86,235	95,541	92,561	96,529
รวม	879,229	1,021,953	1,245,171	1,330,036	1,487,130

การนำเข้าพลังงาน ในปีนี้มีมูลค่ารวม 869,038 ล้านบาท ลดลงจากปีก่อน 50,030 ล้านบาท หรือคิดเป็น 5.4% โดยการนำเข้าน้ำมันดิบ น้ำมันสำเร็จรูป และ ไฟฟ้าลดลง แต่การนำเข้าถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 1.6

ตารางที่ 1.6 มูลค่าการนำเข้าพลังงาน (หน่วย: ล้านบาท) [1]

ชนิด	2546	2547	2548	2549	2550	% การเปลี่ยนแปลง
น้ำมันดิบ	346,057	486,627	644,933	753,783	702,637	-6.8
น้ำมันสำเร็จรูป	30,753	41,533	55,680	60,253	50,146	-16.8
ก๊าซธรรมชาติ	42,635	46,053	62,827	77,843	79,761	2.5
ถ่านหิน	9,370	12,275	15,422	18,896	29,407	55.6
ไฟฟ้า	4,159	5,659	7,114	8,294	7086.67	-14.6
รวม	432,956	592,148	785,976	919,068	869,038	-5.4

การส่งออกพลังงาน ในปีนี้มีมูลค่ารวม 204,898 ล้านบาท ลดลงจากปีก่อน 14,593 ล้านบาท หรือคิดเป็น 6.6% โดยการส่งออกน้ำมันดิบและน้ำมันสำเร็จรูปมีมูลค่ารวม 202,752 ล้านบาท หรือคิดเป็น 98% ลดลงจากปีก่อน 15,009 ล้านบาท ลดลง 6.9% ดังแสดงในตารางที่ 1.7

ตารางที่ 1.7 แสดงมูลค่าการส่งออกพลังงาน (หน่วยเป็นล้านบาท) [1]

ชนิด	2546	2547	2548	2549	2550	% การเปลี่ยนแปลง
น้ำมันดิบ	29,356	33,883	52,858	56,835	44,038	-22.5
น้ำมันสำเร็จรูป	50,774	86,458	111,534	160,926	158,714	-1.4
ไฟฟ้า	499	646	1,325	1,692	2,146	24.0
รวม	80,629	120,989	165,718	219,491	204,898	-6.6



ข) แนวโน้มการใช้พลังงานปี 2551

จากการประมาณการภาวะเศรษฐกิจของไทย โดยสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ (สศช.) คาดว่าในปี 2551 เศรษฐกิจจะขยายตัว 4.0-5.0% สำนักงาน

คณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจจึงประมาณการความต้องการพลังงานของประเทศภายใต้สมมุติฐานดังกล่าว ซึ่งพอสรุปสถานการณ์พลังงานในปี 2551 ได้ดังนี้

ความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น คาดว่าจะอยู่ที่ระดับ 1,673-พันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน เพิ่มขึ้นจากปี 2550 หรือคิดเป็น 4.2% โดยความต้องการน้ำมันยังคงลดลงเล็กน้อย ขณะที่ก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้น 12.4% และลิกไนต์/ถ่านหิน เพิ่มขึ้น 1.8% ปริมาณการใช้น้ำมันคาดว่าจะใกล้เคียงกับปีที่ผ่านมา โดยประมาณการความต้องการน้ำมันเบนซินลดลงเล็กน้อย การใช้น้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้น 0.4% ก๊าซหุงต้ม น้ำมันก๊าดและเครื่องบินจะมีการใช้เพิ่มขึ้น 6.6% และ 6.2% แต่การใช้น้ำมันเตายังคงลดลงค่อนข้างมากตามแผนของกฟผ. โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1.8

ตารางที่ 1.8 ปริมาณการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น (หน่วย: เทียบเท่าพันบาร์เรลต่อวัน) [1]

ปี	2546	2547	2548	2549	2550	2551
การใช้	1346	1469	1520	1547	1605	1673
น้ำมัน	624	705	689	673	662	659
ก๊าซธรรมชาติ	496	518	566	579	617	693
ลิกไนต์/ถ่านหิน	89	213	232	252	284	288
พลังน้ำ/ไฟฟ้านำเข้า	101	32	33	44	41	33
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)						
การใช้	5.0	9.1	3.5	1.8	3.8	4.2
น้ำมัน	5.9	12.1	-2.3	-2.3	-1.6	-0.5
ก๊าซธรรมชาติ	6.1	4.4	9.3	2.3	6.6	12.4
ลิกไนต์/ถ่านหิน	27.0	12.7	8.9	8.6	12.7	1.8
พลังน้ำ/ไฟฟ้านำเข้า	-14.4	-12.1	3.1	33.3	-6.2	-19.5

ในช่วงปี 2548 และ 2549 การใช้น้ำมันเบนซินและดีเซลได้ลดลงและชะลอตัวลงอย่างชัดเจน เนื่องจากผลของประกาศลดอัตราค่าน้ำมันเบนซินตั้งแต่ปลายปี 2547 และลดค่าน้ำมันดีเซลในช่วงกลางปี 2548 ทำให้ราคาขายปลีกน้ำมันปรับตัวสูงขึ้น เป็นผลให้ประชาชนหันมาประหยัดการใช้น้ำมันมากขึ้น ขณะที่ในปี 2550 นั้น การใช้น้ำมันเบนซินและดีเซลเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เพราะราคาน้ำมันยังคงทรงตัวอยู่ในระดับสูง อย่างไรก็ตามในปี 2551 คาดว่าการใช้น้ำมันเบนซินและดีเซลจะลดลง เนื่องจากผู้ใช้รถมีทางเลือกการซื้อเชื้อเพลิงอื่นทดแทนน้ำมัน ได้แก่ ก๊าซหุงต้ม และก๊าซธรรมชาติ โดยคาดว่า การใช้น้ำมันเบนซินจะลดลง 0.3% และการใช้น้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้น 0.4% สำหรับการซื้อก๊าซหุงต้มในรถยนต์คาดว่าอัตราเพิ่มของการใช้จะชะลอตัวลงจากปี 2550 เนื่องจากรัฐบาลได้ลดอัตราค่าก๊าซหุงต้มในเดือนธันวาคมปีนี้ ทำให้ราคาสูงขึ้นและรถแท็กซี่ส่วนหนึ่งหันไปใช้ก๊าซธรรมชาติมากขึ้นตามนโยบายรัฐบาล ดังนั้นจึงคาดว่า การซื้อก๊าซหุงต้มจะยังคงเพิ่มขึ้นในอัตราที่ชะลอตัว 6.6% จึงทำให้ประชาชนส่วนใหญ่หันมาใช้พลังงานทดแทน และการเดินทางที่ประหยัดน้ำมัน

อย่างไรก็ตามการเดินทางในระยะใกล้ (ระยะทาง 1-2 กิโลเมตร) การใช้จักรยานยังเป็นทางเลือกที่ได้รับความนิยม เพราะนอกจากจะช่วยประหยัดน้ำมันแล้วยังเป็นการออกกำลังกายอีกด้วย เนื่องจากจักรยานยังเป็นที่นิยมใช้ในการเดินทางระยะใกล้อยู่นั้น การนำจักรยานที่มีขายตามท้องตลาดมาปรับปรุงและเพิ่มอุปกรณ์ เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายน่าจะช่วยเพิ่มความนิยมในการใช้จักรยานได้ ผู้ทำโครงการจึงใช้แบตเตอรี่มาช่วยในการขับเคลื่อนจักรยานเพื่อลดแรงในการปั่นและเพิ่มระยะทางในการเดินทางให้ไกลขึ้น โดยแบตเตอรี่สามารถรับไฟได้จากที่บ้าน ดังนั้นนอกจากจะส่งเสริมการประหยัดพลังงานแล้วยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในครอบครัวได้มากอีกด้วย

โครงการนี้มุ่งเน้นเรื่องการควบคุมความเร็วรถจักรยานไฟฟ้าโดยใช้หลักการของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ในการนำสัญญาณมาวิเคราะห์

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
2. เพื่อศึกษาการรับส่งสัญญาณในรูปแบบดิจิตอล
3. เพื่อเพื่อศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์เพื่อนำมาใช้ในการทำรถจักรยานไฟฟ้า

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ศึกษาการรับส่งสัญญาณแบบดิจิตอล
2. ค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
3. พัฒนาระบบขับเคลื่อนที่ไม่ใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง ไม่ทำให้เกิดมลพิษ

1.9 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	2551							2552		
	พ.ย.	ธ.ค.	ก.ม.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ย.
1. รวบรวมข้อมูล										
2. ศึกษาเอกสารและรวบรวมเรื่องราวของ DC มอเตอर्स										
3. สัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องและ ทดลอง										
4. จัดทำอุปกรณ์และทำการทดลอง										
5. จัดทำรายงานและสรุปผลการทำงาน										

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

1. เข้าใจถึงหลังการรับส่งสัญญาณแบบดิจิทัล
2. เพื่อเข้าใจถึงหลักการทำงานของอุปกรณ์ทางกลและอุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้า
3. สามารถนำอุปกรณ์จากโครงการนี้ไปเป็นแนวทางในการพัฒนารถจักรยานไฟฟ้าได้
4. เพื่อมุ่งเน้นในการพัฒนายานพาหนะที่ใช้พลังงาน ไม่ก่อให้เกิดมลพิษและไม่ใช้เชื้อเพลิงเป็นแหล่งจ่ายพลังงาน

### 1.6 งบประมาณ

ค่าใช้จ่ายในการสร้างวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์รถจักรยานไฟฟ้า มีรายละเอียดดังนี้

1. ค่าเอกสารและค่าเช่าเล่ม โครงการฉบับสมบูรณ์	500	บาท
2. ค่าอุปกรณ์ในการทำโครงการ	2,500	บาท
3. อื่น ๆ	500	บาท
รวม	<u>3,500</u>	บาท (สามพันห้าร้อยบาทถ้วน)

หมายเหตุ : ขออนุมัติด้วยเกล้าทุกรายการ



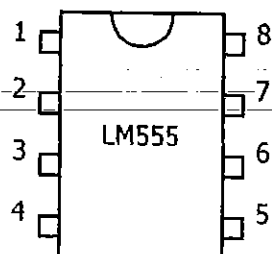
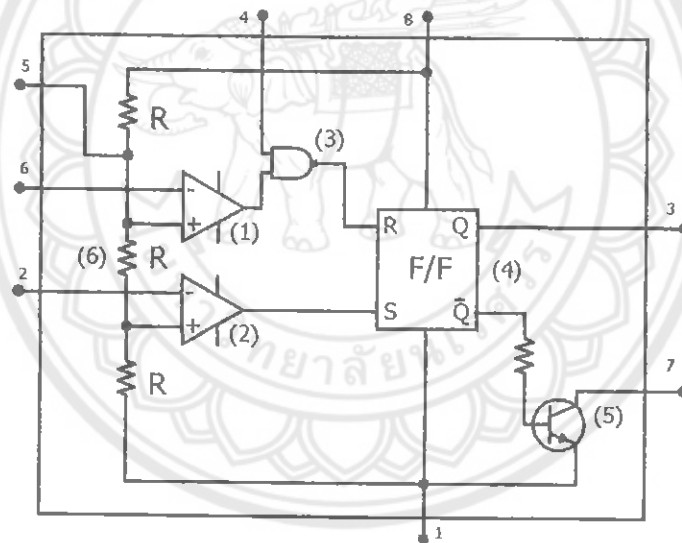
## บทที่ 2

### หลักการและทฤษฎี

#### 2.1 ทฤษฎีเบื้องต้น ของ IC เบอร์ 555

IC เบอร์ 555 เป็นไอซี ที่นิยมใช้กันมากในการนำไปสร้างสัญญาณรูปคลื่นแบบต่างๆ เช่น สัญญาณ Square Wave สัญญาณพัลส์ สัญญาณ Ramp และวงจรตั้งเวลา ไอซีเบอร์ 555 เป็นอุปกรณ์วงจรรวมที่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ อยู่ภายใน และมีส่วนที่ต้องต่อภายนอกเพื่อควบคุมการทำงาน และใช้งานเป็นลักษณะต่างๆ ซึ่งง่ายต่อการออกแบบ และง่ายในการสร้างสัญญาณพัลส์ความถี่ต่างๆ อีกทั้งสามารถเข้าใจการทำงานได้ง่ายนอกจากไอซีเบอร์ 555 แล้ว ยังมีไอซีเบอร์ 556 ที่เป็นแบบ Dual Timer ประกอบด้วย ไอซีเบอร์ 555 จำนวน 2 ตัว อยู่ในตัวเดียวกัน เพื่อให้เป็นวงจรตั้งเวลา และสะดวกในการออกแบบวงจรที่ต้องใช้ไอซีเบอร์ 555 หลายๆ ตัว

##### 2.1.1 ส่วนประกอบของไอซีเบอร์ 555



- 1. GND
- 2. Trigger
- 3. Output
- 4. Reset
- 5. Control Voltage
- 6. Threshold
- 7. Discharge
- 8. Vcc

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของไอซีเบอร์ 555

### 2.1.2 หน้าที่ส่วนต่างๆ ของไอซีเบอร์ 555

(1),(2) คือวงจร Comparator เป็นตัวที่ทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณ Input ทั้ง 2 ขา ถ้าศักดาไฟฟ้าที่ขั้วบวกมากกว่าศักดาที่ขั้วลบ Output จะมีค่า Logic "1" เท่ากับ  $V_{cc}$  ถ้าศักดาที่ขั้วบวกน้อยกว่าขั้วลบ Output จะมีค่า Logic "0" เท่ากับศูนย์โวลต์ (0.Volt.) (3) คือวงจร Nand Gate มีคุณสมบัติว่า ถ้า Input ทั้งสองขา เป็น Logic "1" Output จะมีค่าเป็น Logic "0" แต่ถ้า Input ขาใดขาหนึ่งเป็น Logic "0" ก็จะทำให้ Output จะมีค่าเป็น Logic "1" ทันที

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของ Nand-gate

Input 1	Input 2	Output
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

(4) เป็นวงจร Flip-Flop แบบ RS – F/F มีคุณสมบัติดังนี้

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของ Flip-Flop แบบ RS-F/F

R	S	Q	$\bar{Q}$
0	0	Q เดิม	$\bar{Q}$ เดิม
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	ไม่ใช่	ไม่ใช่

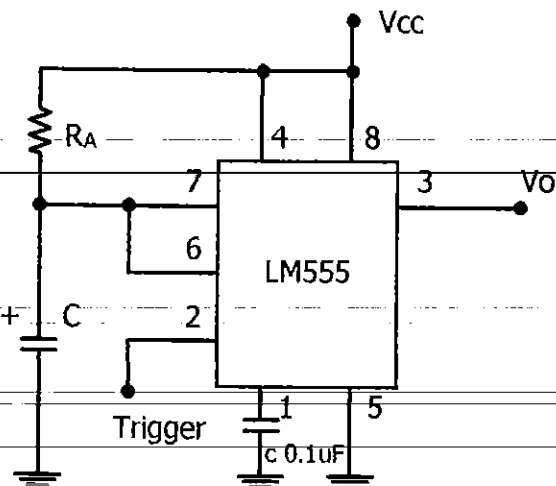
### 2.2 หลักการทำงานเบื้องต้น ของไอซีเบอร์ 555

โดยอาศัยการทำงานเป็น 2 แบบ คือ

- เป็นตัวผลิตสัญญาณค่าความถี่ต่างๆ และ
- เป็นวงจรนับสัญญาณจึงแบ่งการทำงานเป็นวงจรที่สำคัญ ได้ 2 ชนิด

#### 2.2.1 วงจรโมโนสเตเบิล Monostable Multivibrator

คือ วงจรที่สร้างสัญญาณพัลส์ขึ้นมา 1 ลูก หลังจากมีการทริก (กระตุ้น) ให้วงจรเกิดสัญญาณ มีความกว้างที่ สามารถกำหนดได้ด้วยค่า RC ดังรูปที่ 2.2



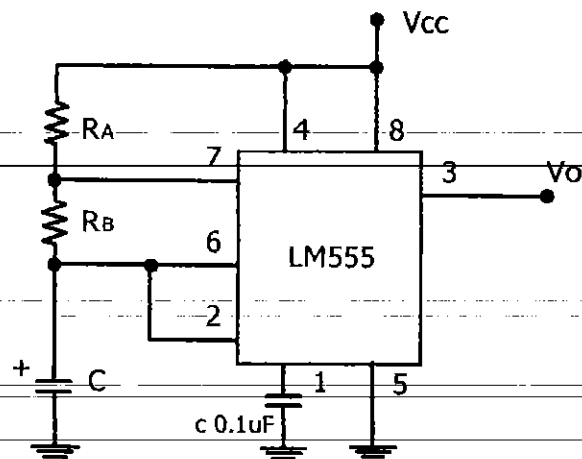
รูปที่ 2.2 แสดงวงจร Monostable Multivibrator

### หลักการทํางาน

ขณะที่ไม่มีสัญญาณ Trig ที่ขา 2  $V_{trig} = V_{cc}$  แรงดันคร่อมคาปาซิเตอร์จะเป็นศูนย์ เพราะว่า  $V_{cc}$  จะมีกระแสไหลผ่าน  $R_A$  ผ่าน Tr ลงกราวด์ ได้  $V_o = 0$  เมื่อมีสัญญาณ Trig ที่ขา 2 คือ  $V_{trig} = 0$  Tr ภายในจะ "OFF"  $V_{cc}$  จะทำการเก็บประจุ (Charge C) จนกระทั่งเกิดแรงดันตกคร่อมคาปาซิเตอร์ ประมาณ  $2V_{cc}/3$  คาปาซิเตอร์จะคายประจุผ่าน Tr ขณะที่คาปาซิเตอร์คายประจุ Output จะเป็น Logic "1" ได้  $V_o = V_{cc}$

### 2.2.2 วงจรอะสเตเบิล Astable Multivibrator

คือวงจรสร้างสัญญาณ Square Wave มีความถี่ที่สามารถกำหนดได้ตามความต้องการ ด้วยค่าคาปาซิเตอร์ C และค่าความต้านทาน  $R_A$  และ  $R_B$  โดยในวงจรนี้นอกจากจะสามารถกำหนดความถี่ของสัญญาณ Square Wave ด้วยค่า C และค่า  $R_T = R_A + R_B$  แล้วยังสามารถที่จะกำหนดช่วงเวลา "ON" และ "OFF" ของสัญญาณด้วยค่าที่แตกต่างกันของ  $R_A$  และ  $R_B$  ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงวงจร Astable Multivibrator

### หลักการทำงาน

ใช้หลักการเก็บประจุ และคายประจุของคาปาซิเตอร์ โดยจะทำการเก็บประจุผ่าน  $R_A, R_B$  และจะคายประจุผ่าน  $R_B$  และ  $T_r$  ภายในลง GND

- ขณะที่คาปาซิเตอร์เก็บประจุ จนถึงระดับแรงดัน  $2/3 V_{CC}$  ขณะนั้นแรงดัน ของ  $V_o = V_{CC}$
- ขณะที่คาปาซิเตอร์คายประจุออก เกิดแรงดันตกคร่อมมีช่วงจาก  $2/3 V_{CC}$  ถึง  $V_{CC}/3$  ขณะนั้นแรงดันของ  $V_o = 0$  (ศูนย์โวลต์)

### 2.3 มอสเฟต (Mosfet)

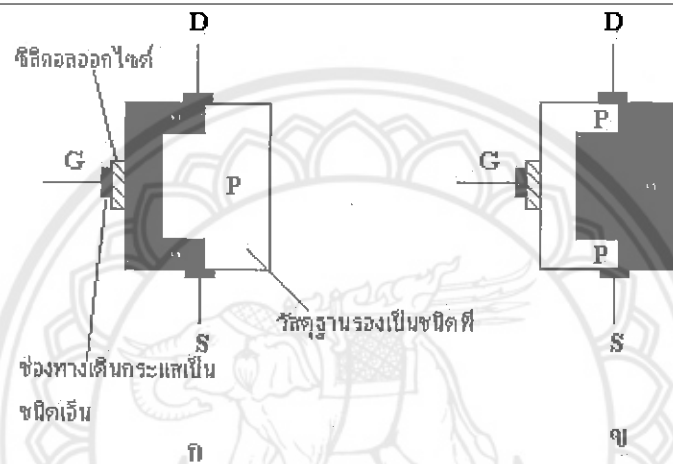
Mosfet แตกต่างจาก JFET ที่โครงสร้างภายใน JFET นั้นระหว่างเกตกับช่องทางเดินกระแสมีโครงสร้างเป็นรอยต่อ p-n แต่ Mosfet นั้น ระหว่างเกตกับช่องทางเดินกระแสมีโครงสร้างเป็นชั้นของ ซิลิคอนไดออกไซด์ ( $SiO_2$ ) Mosfet มี 2 ชนิดคือ Mosfet

1. ดีพีทชัน (Depletion, D)
2. เอนแฮนซ์เมนต์ (Enhancement, E)



### 2.3.1 MOSFETชนิดดีพีทีพี (Depletion Mosfet, D-Mosfet)

จากรูปที่ 2.4 คือ โครงสร้างพื้นฐานของ D-Mosfet เป็นชนิด (n-Channel) ช่องทางเดินกระแส ระหว่างเกต และซอร์ส จะเป็น สารกึ่งตัวนำ ชนิด n และวัสดุฐานรอง (Substance) เป็น สารกึ่งตัวนำชนิด p ดังรูปที่ 2.4 ก สำหรับ D-Mosfet ชนิด (p-Channel) จะมีช่องทางเดินกระแส ระหว่างเกตและซอร์ส เป็นสารชนิด p และมีฐานรองเป็นสารชนิด n ดังรูปที่ 2.4 ข และมีเกตติด อยู่ระหว่างช่องทางเดินกระแส โดยมีซิลิคอนออกไซด์ ( $\text{SiO}_2$ ) เป็นฉนวนกั้นระหว่างเกตและ ช่องทางเดินกระแส



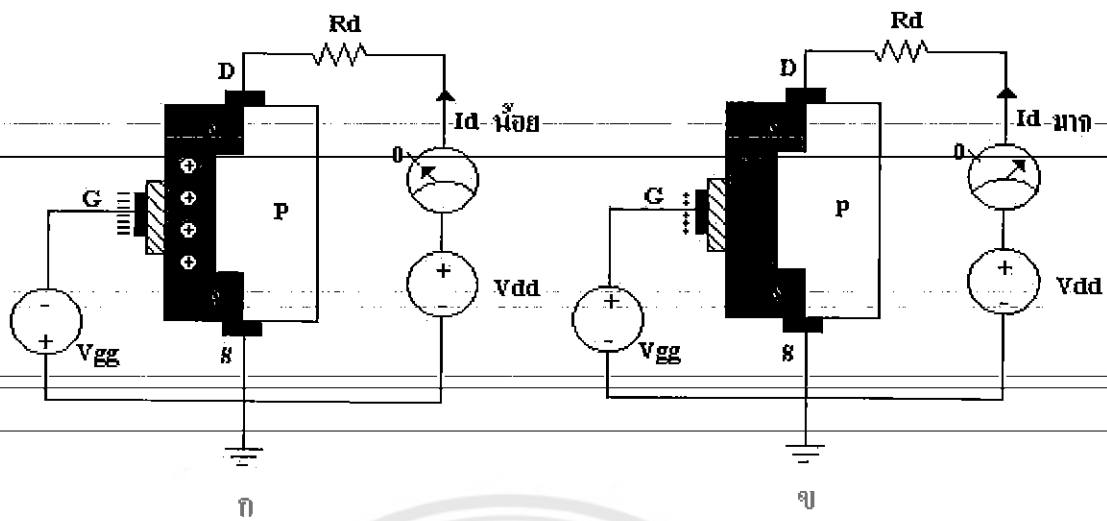
รูปที่ 2.4 โครงสร้างพื้นฐานของ D-Mosfet

เนื่องจาก D-Mosfet ทำงานได้ใน 2 ลักษณะคือ

1. ดีพีทีพีโหมด (Depletion Mode)
2. เอนแฮนซ์โหมด (Enhancement Mode)

#### 2.3.1.1 ดีพีทีพีโหมด (Depletion Mode)

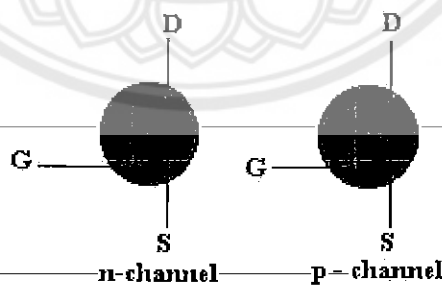
ทำงานด้วยหลักการของคุณสมบัติตัวเก็บประจุเนื่องจากเกตของ D-Mosfet เป็นโลหะและมีฉนวน ( $\text{SiO}_2$ ) กั้นกลางระหว่างเพลทของเกตกับแชนเนลของ D-Mosfet ดังรูปที่ 2.5 ก เพื่อให้แรงดันเกตเป็นลบ ( $-V_{GG}$ ) จะเกิดประจุลบที่เกตและประจุบวกที่แชนเนลภายในตัว D-Mosfet ประจุบวกจะทำให้ทางเดินของกระแสในแชนเนลระหว่างเกตกับซอร์สแคบลง ทำให้กระแสเดรน ( $I_D$ ) ไหลได้น้อย แต่ถ้าให้  $V_{GG} = 0$  V กระแสเดรนจะไหลได้สูงสุด ดังนั้นสามารถควบคุมกระแสเดรน ( $I_D$ ) ได้ด้วยค่าแรงดันเกตระหว่าง  $V_{GG} = V_{GG(OFF)}$  จนถึง 0 V



รูปที่ 2.5 การทำงานของ D-Mosfet ชนิด (n-Channel)

2.3.1.2 เอนแฮนซ์โหมด (Enhancement Mode)

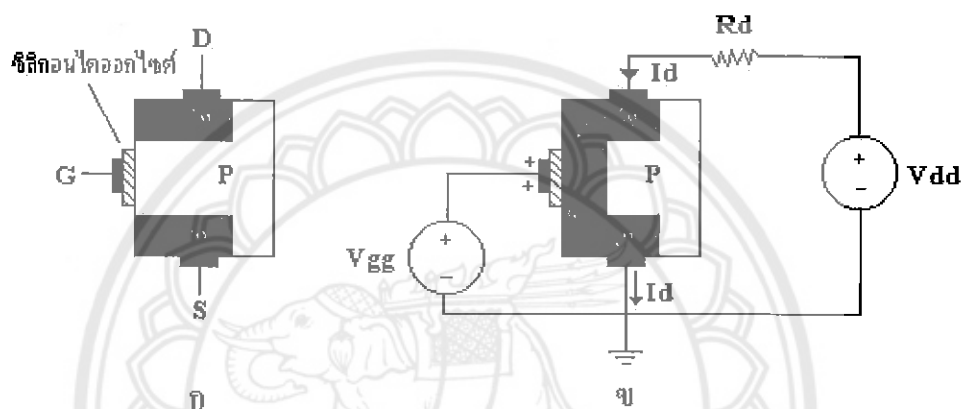
เอนแฮนซ์โหมด คือการไบอัสของ D-Mosfet ด้วยแรงดันบวกดังรูปที่ 2.5 ข หากเกตของ D-Mosfet จะได้รับประจุบวกจากแหล่งจ่าย  $V_{GG}$  ทำให้ในแชนเนลของ D-Mosfet เป็นประจุลบ ทำให้ช่องทางเดินกระแสระหว่างเดรนกับซอร์ส ไม่มีประจุชนิดตรงข้ามกับแชนเนล คอยบีบแชนเนล ให้แคบลง ทำให้กระแสเดรน ( $I_D$ ) ไหลได้จำนวนมาก ถ้าให้  $V_{GG} = 0\text{ V}$  จะทำให้กระแสเดรน ( $I_D$ ) ไหลได้น้อยลงเพราะประจุลบในแชนเนลมีค่าลดลงเป็น 0 สัญลักษณ์ของ D-Mosfet ชนิด (n-Channel) และ (p-Channel) แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 สัญลักษณ์ของ D-Mosfet

### 2.3.2 เอนแฮนซ์เมนมอสเฟต (Enhancement Mosfet ,E-Mosfet)

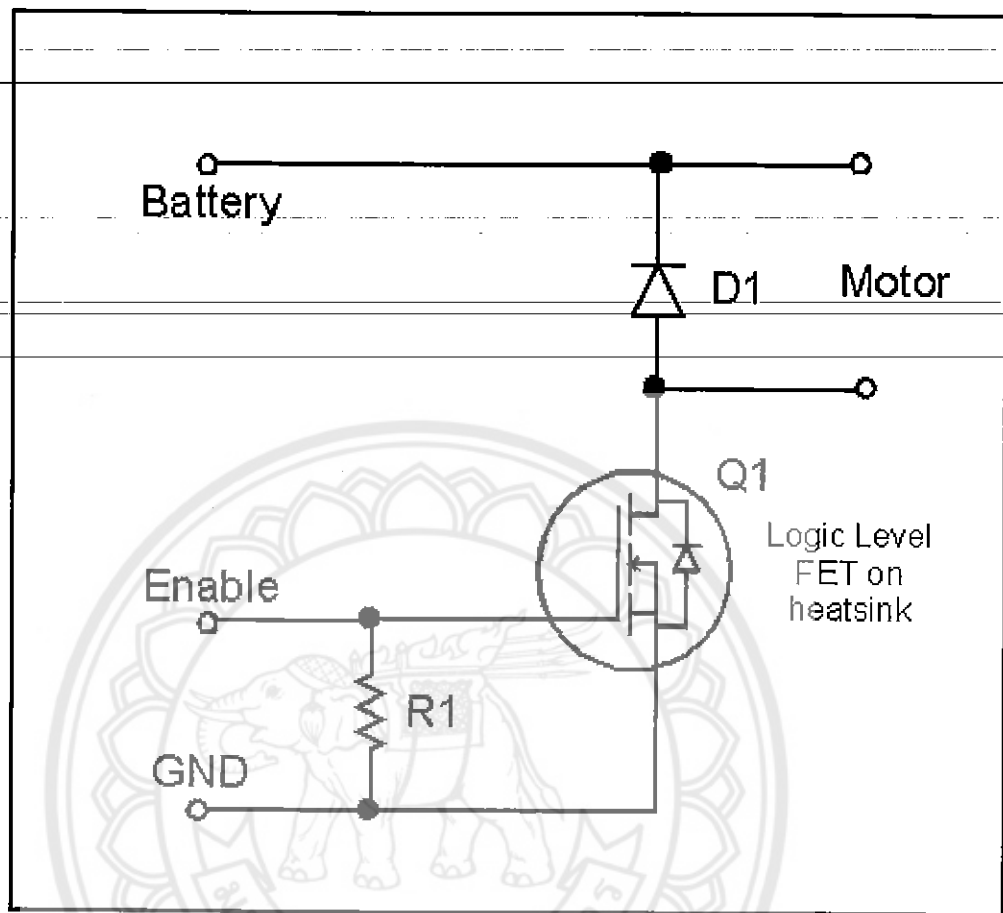
เอนแฮนซ์เมนมอสเฟต ทำงานได้ลักษณะของเอนแฮนซ์เมนโมเมนต์เพียงอย่างเดียว ไม่สามารถทำงานในดีพีทชันโหมดได้ โครงสร้าง E-Mosfet แตกต่างจาก D-Mosfet ที่ช่องทางเดินกระแสของ E-Mosfet จะถูกสร้างขึ้นโดยการไบอัสที่เกต ในสภาวะที่เกตไม่มีการไบอัสจะไม่มีช่องทางเดินกระแสเชื่อมต่อระหว่างเดรนกับซอร์ส ดังรูปที่ 2.7 ก. เป็น E-Mosfet (n-Channel) ส่วนเดรนและซอร์สเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดอื่น แต่ไม่มีแขนเนลต่อถึงกัน มีสารชนิดพีเป็นวัสดุฐานรอง และระหว่างเกตกับวัสดุฐานรองเป็น ( $\text{SiO}_2$ ) เป็นฉนวนกั้นกลาง



รูปที่ 2.7 โครงสร้างและการทำงานของ E-Mosfet

การทำงานของ E-Mosfet ที่เพลตของเกตจะเกิดประจุบวก และวัสดุฐานรองของ E-Mosfet จะเกิดประจุลบ ทำให้เกิดประจุลบเหนี่ยวนำขึ้นเป็นช่องทางเดินกระแสเชื่อมต่อระหว่างเดรนกับซอร์สทำให้กระแสเดรน ( $I_D$ ) สามารถไหลข้ามช่องทางเดินกระแสซอร์สได้ จะไหลมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดันไบอัสที่เกตของ E-Mosfet เพราะขนาดของแขนเนลขึ้นอยู่กับขนาดของ  $V_{GG}$

## 2.4 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานวงจรขับมอเตอร์

จากรูปที่ 2.8 แสดงให้เห็นถึงการนำ Mosfet มาประยุกต์ใช้งานในวงจรขับมอเตอร์ ซึ่งเป็นวงจรพื้นฐานที่ใช้ในการขับมอเตอร์โดยมีไดโอด  $D_1$  เป็นตัวกันไม่ให้กระแสไหลย้อนกลับมายังตัว Mosfet เพราะหากมีกระแสไหลย้อนกลับมาอาจทำให้วงจรขับมอเตอร์นี้เกิดความเสียหายได้ส่วนตัวมอเตอร์นั้นก็เลือกใช้ตามความต้องการใช้งาน หากมอเตอร์มีขนาดใหญ่ใช้กำลังไฟฟ้ามาก ก็ต้องเลือกใช้ตัว Mosfet ที่ทนกระแสได้มากตามความต้องการใช้งาน

## 2.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงถูกใช้งานอย่างกว้างขวางในงานอุตสาหกรรม เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วกับแรงบิด-สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงไปตามการใช้งาน เปลี่ยนแปลงไปตามการใช้งานได้เกือบทุกรูปแบบ สำหรับการใช้งานของทั้งมอเตอร์และการสร้างใหม่ (Regeneration) ในทิศทางและการหมุน การทำงานอย่างต่อเนื่องของ DC Motor โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วงความเร็ว 8 ต่อ.1 รวมทั้ง การลดภาระหรือการลดความเร็วในระยะเวลาสั้นๆ จะอยู่ในช่วงไร้ขอบเขต (ควบคุมการลดความเร็วลงถึงศูนย์รอบ ต่อนาที ได้อย่างราบเรียบนุ่มนวล) มักจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อมันต้องจ่ายแรงบิดที่จะทำให้มอเตอร์หมุนมากกว่าแรงบิดขณะใช้งานปกติ 3 เท่าหรือ มากกว่า และในสถานการณ์ฉุกเฉิน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถที่จะจ่ายแรงบิดได้มากกว่า 5 เท่าของแรงบิดใช้งานปกติ โดย ปราศจากการหยุดกลางคัน (Stalling) (ต้นกำลังสามารถจ่ายกำลังให้ได้)

### 2.5.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนดังนี้

#### 2.5.1.1 ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่าสเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วย



รูปที่ 2.9 สเตเตอร์ (Stator)

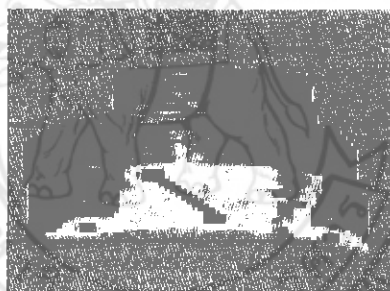
-เฟรม หรือ โยค (Frame or Yoke) เป็น โครงภายนอกทำหน้าที่เป็น-ทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจรและยึดส่วนประกอบอื่นๆ ให้แข็งแรงทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาม้วนเป็นรูปทรงกระบอก

- ขั้วแม่เหล็ก (Pole) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือแกนขั้วแม่เหล็กและขดลวด



รูปที่ 2.10 ขดลวดพันอยู่รอบขั้วแม่เหล็ก

ส่วนแรกแกนขั้ว (Pole Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ กั้นด้วยฉนวนประกบกันเป็นแท่งยึดติดกับเฟรม ส่วนปลายที่ทำเป็นรูปโค้งนั้นเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์เรียกว่าขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes) มีวัตถุประสงค์ให้ขั้วแม่เหล็กและ โรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุดเพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุด เพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุดจะมีผลให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุดแล้วทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มากเป็นการทำให้มอเตอร์มีกำลังหมุน (Torque)



รูปที่ 2.11 ลักษณะของขั้วแม่เหล็ก

ส่วนที่สอง ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะพันอยู่รอบๆแกนขั้วแม่เหล็กขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้น และเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอามเจอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น

#### 2.5.1.2 ตัวหมุน (Rotor)

ตัวหมุนหรือเรียกว่าโรเตอร์ตัวหมุนนี้ทำให้เกิดกำลังงานมีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืน (Ball Bearing) ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย (End Plate) ของมอเตอร์



รูปที่ 2.12 ตัวหมุน (Rotor)

ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ

1. แกนเพลลา (Shaft)
2. แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core)
3. คอมมิวเตเตอร์ (Commutator)
4. ขอลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding)

#### 2.5.2 รายละเอียดพื้นฐานของมอเตอร์

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

##### - แรงดันไฟฟ้า (Voltage)

มอเตอร์ทุกตัวจะมีแรงดันไฟฟ้าใช้งานที่แตกต่างกันตามคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัวที่ผู้ผลิตกำหนดมาเช่น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ เป็นต้น สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นสามารถใช้ไฟกระแสตรงหรือกระแสสลับก็ได้ แต่ถ้าเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับจะใช้ไฟกระแสสลับเท่านั้น และแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์จะมีผลต่ออัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์คือ ถ้าหากแรงดันไฟฟ้ามากอัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ก็จะมากด้วย

### - การไหลของกระแส (Current Dawn)

ในการไหลของกระแสนั้นจะกล่าวถึงในกรณีที่มอเตอร์ได้รับกระแสจากแหล่งจ่าย ในกรณีที่มอเตอร์ไม่ได้ต่อกับโหลดใดๆ นั้นจะมีกระแสไหลผ่านน้อย แต่ในกรณีที่มีการใช้งานต่อกับโหลดจะมีปริมาณกระแสที่เพิ่มมากขึ้น การไหลของกระแสนั้นมีความจำเป็นเพราะถ้าหากกระแสไม่พอแล้วมอเตอร์ก็จะไม่มีกำลังเพียงพอสำหรับการขับโหลด และกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์จะมีผลต่ออัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ด้วย คือ ถ้าหากจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์มากอัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ก็จะมากด้วย

### - อัตราเร็ว (Speed)

ส่วนใหญ่มอเตอร์กระแสตรงจะมีอัตราเร็วปกติที่ 4000-7000 รอบต่อนาที ซึ่งอัตราเร็วของมอเตอร์สามารถลดลงหรือเพิ่มขึ้นได้ตามความต้องการของผู้ใช้ ถ้าหากต้องการใช้งานที่ต้องการความเร็วมากก็ต้องเลือกมอเตอร์ที่มีอัตราเร็วสูง เป็นต้น

### - แรงบิด (Torque)

เป็นแรงที่มอเตอร์กระทำกับโหลดในการพิจารณาเลือกมอเตอร์นั้นถ้าหากมีแรงบิดน้อยจะใช้งานได้กับโหลดที่ไม่หนักมากแต่ถ้ามีแรงบิดมากสามารถใช้งานกับโหลดที่มีน้ำหนักมากได้ ในการพิจารณาเลือกใช้งานมอเตอร์จึงจำเป็นต้องรู้ข้อมูลพื้นฐานของมอเตอร์เพื่อที่จะเป็นข้อพิจารณาในการเลือกใช้งานต่อไป

ข้อดีของ DC motor คือ

1. การควบคุมแรงบิดหรือความเร็วทำได้ง่ายและดีมาก
2. มีผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง (Response) ได้รวดเร็ว
3. การปรับความเร็วสามารถทำได้ในช่วงกว้าง

ข้อเสียของ DC motor คือ

1. การบำรุงรักษาสูงมากเนื่องจากมีส่วนสึกหรอของแปรงถ่าน
2. ราคาแพงมากเมื่อเทียบกับ AC Motor ที่มีขนาดกำลังแรงม้าเท่ากัน
3. มีขนาดใหญ่กว่า AC Motor ที่มีขนาดแรงม้าเท่ากัน
4. หานแหล่งจ่ายที่เป็นไฟกระแสตรงได้ยาก
5. ไม่สามารถนำไปใช้ในที่มีสารไวไฟได้



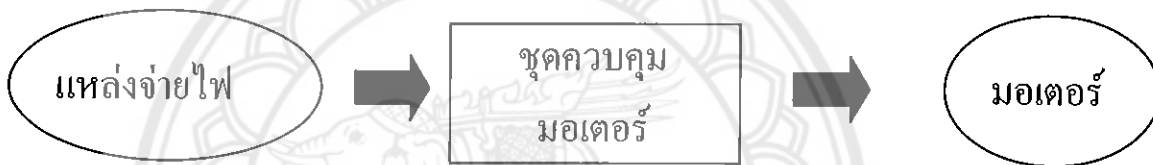
### บทที่ 3

## การออกแบบและขั้นตอนการดำเนินงาน

### 3.1 ศึกษารายละเอียดจากสื่อการเรียนการสอนต่างๆ

สื่อการเรียนการสอนมีอยู่หลายประเภท เช่น สื่อที่อยู่ในรูปของเอกสารเพื่อดาวน์โหลด สื่อจากหนังสือประเภทต่างๆ สื่อที่นำเสนอด้วยรูปภาพ เป็นต้น ในโครงงานนี้เป็นสิ่งที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการเดินทางอีกรูปแบบหนึ่ง โดยใช้พลังงานไฟฟ้าไปขับ DC มอเตอร์ และสามารถควบคุมความเร็วได้จากผู้ใช้งาน

### 3.2 แนวความคิดของการออกแบบวงจร

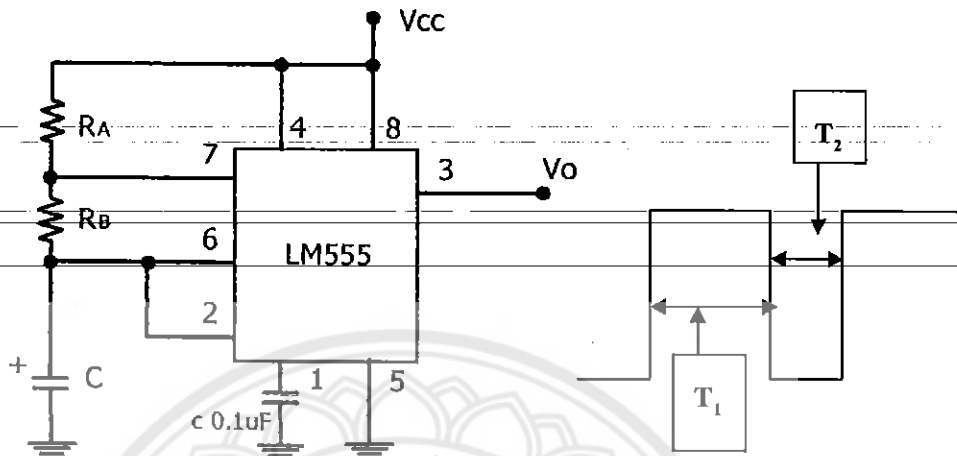


รูปที่ 3.1 ลักษณะของวงจรที่ออกแบบ

จากแนวความคิดของแผนภาพที่ออกแบบดังแสดงในรูปที่ 3.1 จะสามารถออกแบบโครงสร้างของวงจรว่าควรมีส่วนประกอบใดบ้าง ที่จะนำมาสร้างโครงงานชิ้นนี้เพื่อใช้งานจริงต่อไปเพื่อจะให้เห็นแนวความคิดในการทำโครงงานนี้ โดยเมื่อแหล่งจ่ายจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับชุดควบคุมมอเตอร์ ภายในของชุดควบคุมมอเตอร์นั้นจะมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อยู่ภายใน โดยตัวชุดควบคุมมอเตอร์จะส่งสัญญาณออกไปควบคุมให้มอเตอร์ทำงาน

### 3.3 การออกแบบวงจรควบคุมและวงจรที่ใช้ Switching มอเตอร์

#### 3.3.1 การออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์



รูปที่ 3.2 แสดงวงจร Astable Multivibrator

จากรูปที่ 3.2 แสดงวงจร Astable Multivibrator โดยวงจรชนิดนี้สามารถสร้างสัญญาณ Square Wave มีความถี่ที่สามารถกำหนดได้ การทำงานของวงจรพอธิบายได้โดยอาศัยวงจรจากรูป โดยเมื่อตัวเก็บประจุ  $C_1$  ได้รับประจุที่มาจากกระแสที่ไหลผ่าน  $R_A$  และ  $R_B$  จนค่าแรงดันคร่อมตัวมันมีค่า  $2/3V_{cc}$  วงจรภายในจะทำให้มันคายประจุจนกระทั่งแรงดันคร่อมตัวมันเหลือเพียง  $1/3V_{cc}$  โดยการคายประจุผ่าน  $R_B$  เข้าไปยังวงจรภายใน แล้วมันจะเริ่มรับประจุใหม่ นั่นคือแรงดันคร่อมตัวเก็บประจุจะออกสวิตลเลทอยู่ระหว่างช่วงแรงดันจาก  $1/3V_{cc}$  ถึง  $2/3V_{cc}$  การออกสวิตลเลทนี้เป็นผลทำให้แรงดันเอาท์พุทเกิดการสวิตช้อยู่ที่ระดับสองระดับคือ  $V_{cc}$  และ กราวนด์

วิธีการออกแบบวงจรควบคุม จากสมการที่ใช้ในการออกแบบ โดยคาบเวลาจะหาได้จาก

สมการ

$$T = T_1 + T_2 \tag{3.1}$$

โดยที่

$T_1$  คือ ช่วงเวลาที่เอาท์พุทอยู่ในสภาวะ  $+V_{cc}$

$T_2$  คือ ช่วงเวลาที่เอาท์พุทอยู่ในสภาวะกราวนด์

โดยปกติช่วงเวลาที่ตัวเก็บประจุรับประจุหรือเอาต์พุตอยู่ในสถานะ + Vcc เราสามารถคำนวณได้จาก

$$T_1 = 0.69 (R_A + R_B) C \quad (3.2)$$

ในทำนองเดียวกันช่วงเวลากการรับประจุหรือเอาต์พุตอยู่ในสถานะกราวนด์ สามารถคำนวณได้จาก

$$T_2 = 0.69 (R_B) C \quad (3.3)$$

โดยในการใช้งานนั้นต้องการใช้งานที่ความถี่เท่ากับ 50Hz ดังนั้นสามารถหาค่าเวลาได้เท่ากับ

$$T = 1 / f = 1 / 50\text{Hz} = 20 \text{ ms} \quad (3.4)$$

ดังนั้นถ้านำค่าจาก (3.4) ที่ได้ไปแทนใน (3.1) ก็สามารที่จะทราบค่าของค่าอุปกรณ์ต่างๆ ที่เราจะนำมาใช้ในการสร้างวงจรควบคุมนี้

โดยที่

$$R_A = R_1 + R_2$$

$$R_B = R_3$$

จะได้

$$T = T_1 + T_2 = 0.69 (R_1 + R_2 + R_3) C_1$$

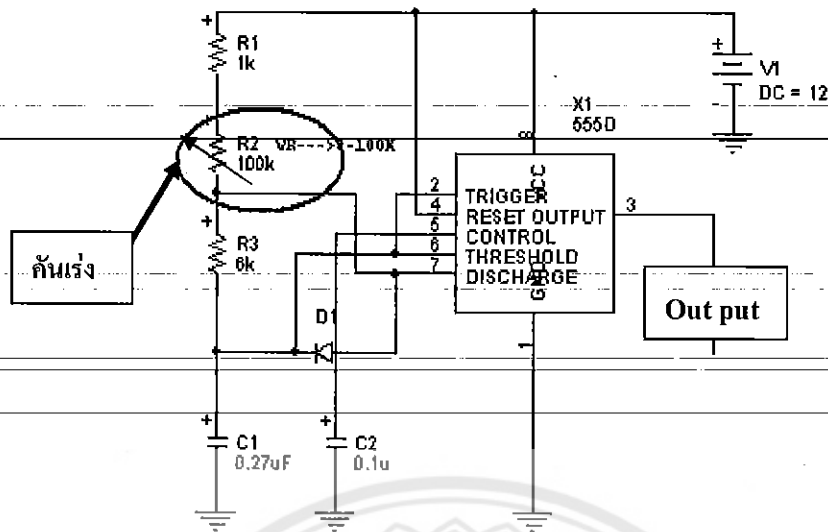
จะได้ค่าอุปกรณ์ที่ออกแบบ คือ

$$R_1 = 1\text{k}\Omega, R_2 = 100\text{k}\Omega, R_3 = 6\text{k}\Omega$$

$$C_1 = 0.27\mu\text{F}, C_2 = 0.1\mu\text{F}$$

$$D_1 = 1\text{N}4148$$

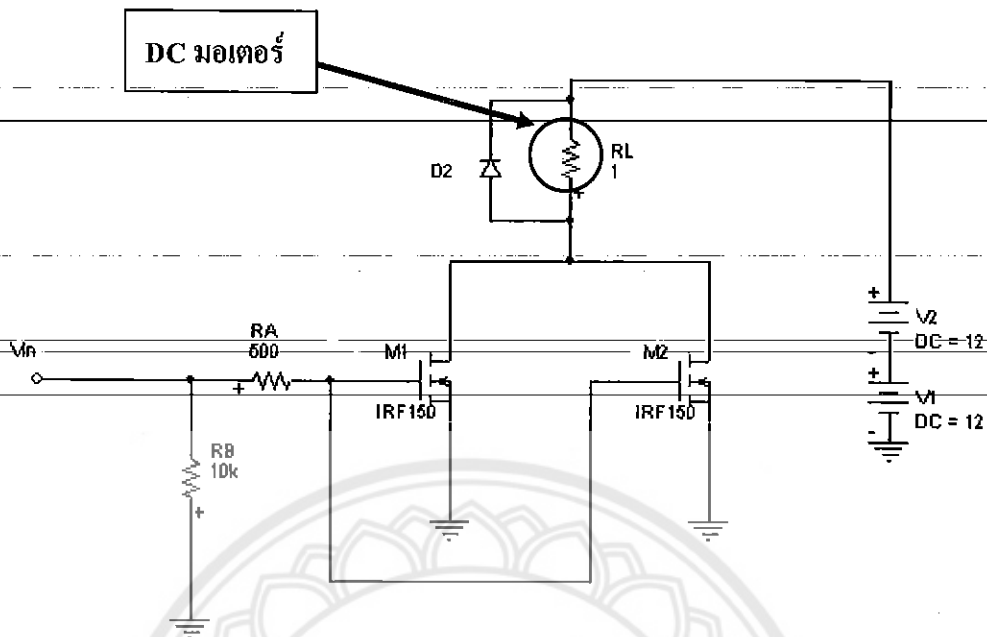
ดังนั้นเมื่อนำค่าอุปกรณ์ที่ได้ไปแทนลงในรูปที่ 3.1 โดยจะมี R<sub>2</sub> จะเป็นตัวต้านทานที่สามารถปรับค่าได้ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นคั่นแรง เมื่อต้องการเพิ่มความกว้างของช่องสัญญาณหรือต้องการลดสัญญาณให้แคบลงก็ได้



รูปที่ 3.3 วงจรควบคุมมอเตอร์

จากรูปที่ 3.3 จะเห็นว่าเป็นลักษณะของวงจร Astable Multivibrator โดยได้กำหนดให้วงจรนี้มีค่าความถี่เท่ากับ 50Hz โดยวงจรสร้างสัญญาณ Square Wave มีความถี่ที่สามารถกำหนดได้ตามความต้องการด้วยค่าคาปาซิเตอร์  $C_1$  และค่าความต้านทาน  $R_1$ ,  $R_2$  และ  $R_3$  โดยในวงจรนี้นอกจากจะสามารถกำหนดความถี่ของสัญญาณ Square wave ด้วยค่า  $C_1$  และค่า  $R_T = R_1 + R_2 + R_3$  แล้วยังสามารถที่จะกำหนดช่วงเวลา "ON" และ "OFF" ของสัญญาณด้วยค่าที่แตกต่างกันของ  $R_1$  และ  $R_2$  และสัญญาณ Output ก็จะออกจากขาที่ 3 ของไอซี 555 ไปยังวงจร Switching เพื่อไปจุดชนวนให้ Mosfet ทำงาน และสามารถปรับค่าของความกว้างของพัลส์ (Duty Cycle) ได้จาก  $R_2$  โดยถ้าปรับค่าของ  $R_2$  มากก็จะทำให้ค่าของช่วงเวลาที่เขาที่พุดอยู่ในสถานะ +Vcc มีค่ามาก จึงทำให้ค่า  $T_1$  กว้างขึ้น และเมื่อส่งสัญญาณออกทางเอาต์พุทโดยที่มีค่าของ  $T_1$  กว้างก็จะส่งผลทำให้ DC มอเตอร์หมุนได้เร็ว แต่แตกต่างจากการปรับค่าของ  $R_2$  น้อยก็ทำให้ค่าของช่วงเวลาที่เขาที่พุดอยู่ในสถานะ +Vcc มีค่าน้อย จึงทำให้ค่า  $T_1$  แคบ และเมื่อส่งสัญญาณออกทางเอาต์พุทโดยที่มีค่าของ  $T_1$  แคบก็จะส่งผลทำให้ DC มอเตอร์หมุนได้ช้าลง ในลักษณะการใช้งานจริงนั้น  $R_2$  จะเป็นลักษณะของคันเร่งจะมีลักษณะการทำงานคือ ถ้าเพิ่มคันเร่ง DC มอเตอร์ก็จะหมุนเร็วเพราะความกว้างของพัลส์มีมาก และเมื่อลดคันเร่ง พัลส์ก็จะแคบลงทำให้ DC มอเตอร์หมุนช้าลง

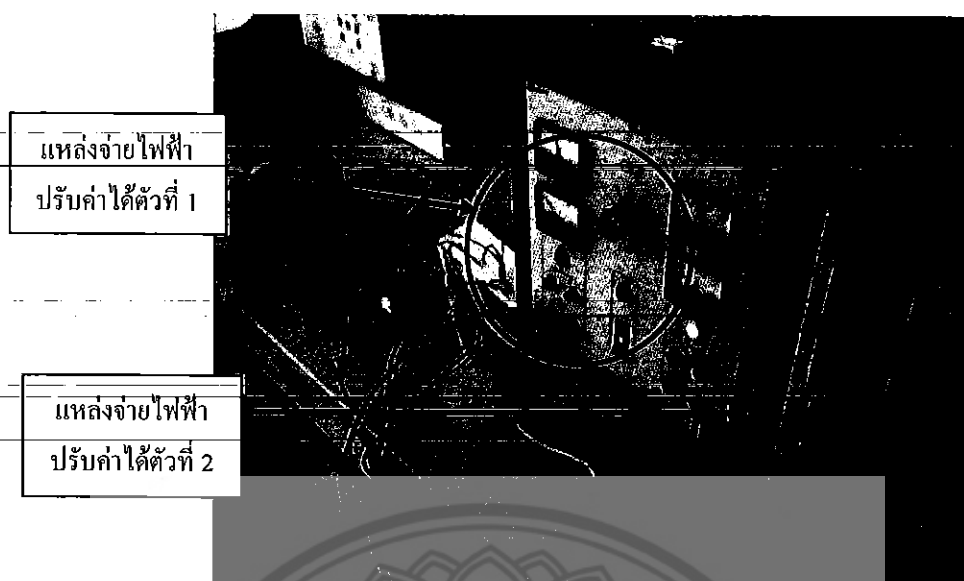
### 3.2 การออกแบบวงจรวงจรถ่ายใช้ Switching มอเตอร์



รูปที่ 3.4 วงจรที่ใช้ Switching มอเตอร์

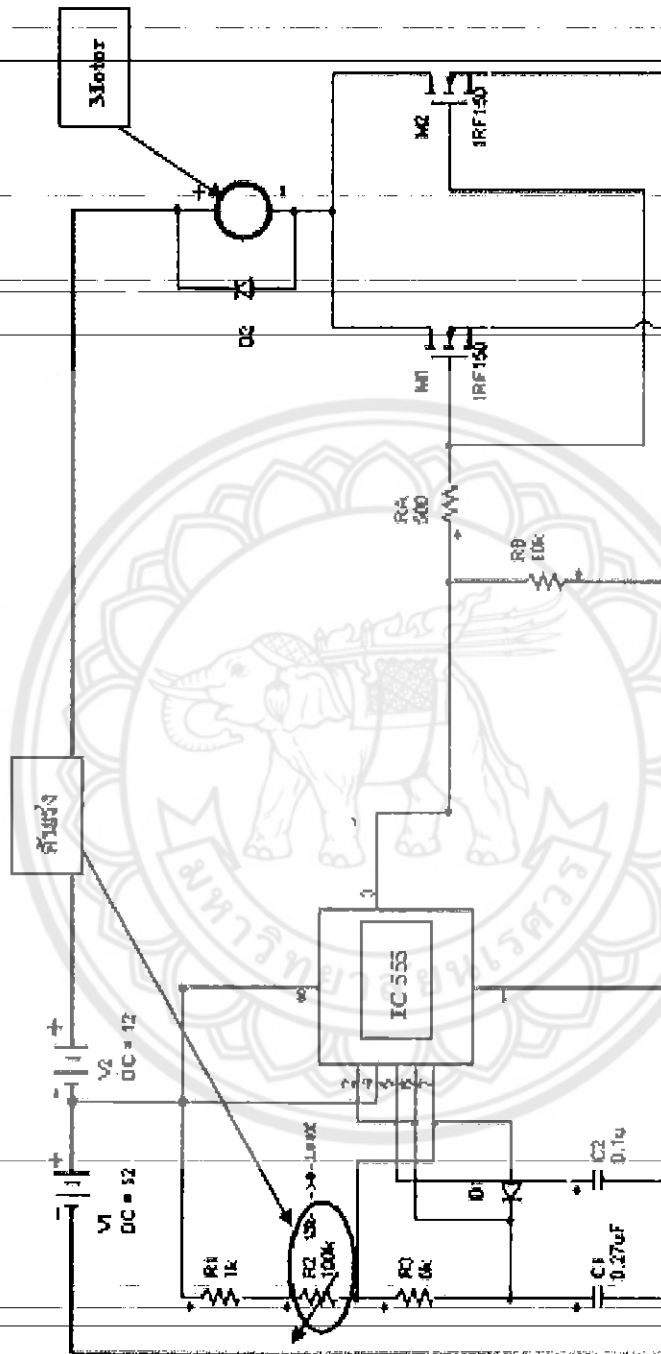
จากวงจรในรูปที่ 3.4 เป็นวงจรที่ใช้ Switching มอเตอร์ โดยลักษณะการทำงานนั้นจะรับสัญญาณพัลส์มาจากชุดวงจรควบคุม ( $V_m$ ) เนื่องจาก Mosfet เบอร์ IRF 150 เป็นมอสเฟตชนิดดีพลีชัน (Depletion) ซึ่งมอสเฟตประเภท ดีพลีชันหรือ D-Mosfet นี้สามารถทำงานได้ทั้ง 2 โหมดคือ โหมดดีพลีชัน (Depletion Mode) และเอนแฮนซ์เมนต์โหมด (Enhancement Mode) แต่ MOSFET เบอร์ IRF150 เป็นมอสเฟตแบบ n-Channel ซึ่งมีลักษณะการทำงานดังนี้คือ ถ้าจ่ายแรงดันลบให้กับเซนเนล n ที่ขา Gate ก็จะทำงานในโหมด ดีพลีชันโหมด แต่ถ้าจ่ายแรงดันที่เป็นแรงดันบวกให้แก่ขา Gate ก็จะทำงานในโหมดเอนแฮนซ์เมนต์โหมด ดังนั้นเมื่อชุดวงจรควบคุมส่งสัญญาณ Output มาให้แก่วงจร Switching ไม่ว่าจะเป็นแรงดันบวก หรือ แรงดันลบ วงจร Switching ก็จะสามารถขับกระแสไปยัง DC มอเตอร์

โดยในที่นี้ได้เลือกใช้ Mosfet เบอร์ IRF 150 เพราะ Mosfet เบอร์ IRF 150 สามารถที่จะทนค่ากระแสได้สูงสุดเท่ากับ 40A ดังนั้นจึงได้นำวงจรนี้มาใช้งานในส่วนของวงจรขับมอเตอร์ โดยในส่วนแหล่งจ่ายไฟนั้นจะใช้แหล่งจ่ายที่สามารถปรับค่าแรงดันได้ในการทดสอบ ดังรูปที่ 3.4 ในรูปจะเห็นว่าแหล่งจ่ายที่สามารถปรับค่าแรงดันได้อยู่ 2 ตัว ต่อเข้ากันผ่านวงจรที่ต่ออุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยแล้วและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ขับเคลื่อนรถจักรยานไฟฟ้า



รูปที่ 3.5 แหล่งพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแหล่งจ่ายที่ปรับค่าได้

จากรูปที่ 3.5 แสดงให้เห็นการนำวงจรควบคุม และวงจร Switching มอเตอร์ มาต่อเข้าด้วยกัน โดยที่  $R_2$  เป็นตัวปรับความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่วงจรควบคุม และจะนำสัญญาณ Output ที่ได้จากตัว IC 555 ที่บริเวณขา 3 จากวงจรควบคุมมาต่อกับวงจร Switching โดยผ่าน  $R_A$  และ  $R_B$  เข้ามาถึงมอสเฟส IRF 150 ซึ่งทำงานแบบเอนแฮนซ์เมนต์โหมด (Enhancement Mode) ชนิด n-Channel เป็นตัวรับสัญญาณ จาก IC 555 เพื่อไปสั่งให้ DC มอเตอร์ เริ่มทำงาน โดยมีตัวไดโอด  $D_2$  เป็นตัวกันกระแสไม่ไหลย้อนกลับมายังวงจร Mosfet เพื่อไม่ให้ตัว Mosfet เกิดความเสียหาย



รูปที่ 3.5 การออกแบบวงจรที่ปรับอัตราความเร็วของมอเตอร์

๑๑

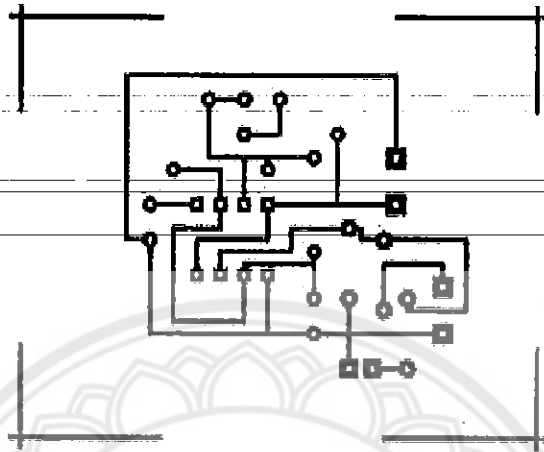
๑๒

๑๓

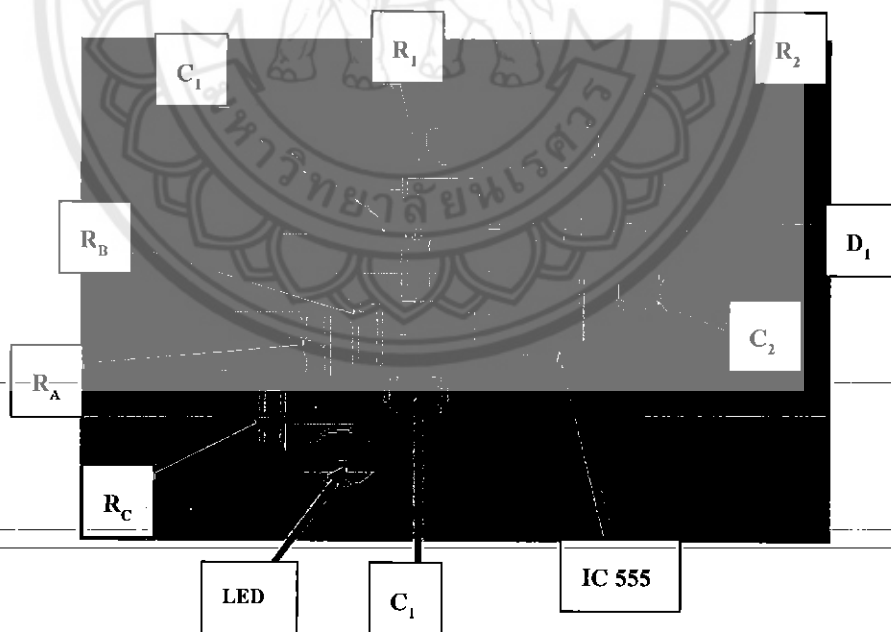
๑๔

### 3.4 ถายวงจรของโครงการ

ถายวงจรควบคุมมอเตอร์ที่ได้ทำการออกแบบลายแผ่นปริ้นซ์ที่ได้จากรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.7 ก ถายวงจรของวงจรควบคุมและการลงอุปกรณ์บนแผ่นวงจร



รูปที่ 3.7 ข ถายวงจรของวงจรควบคุมและการลงอุปกรณ์บนแผ่นวงจร

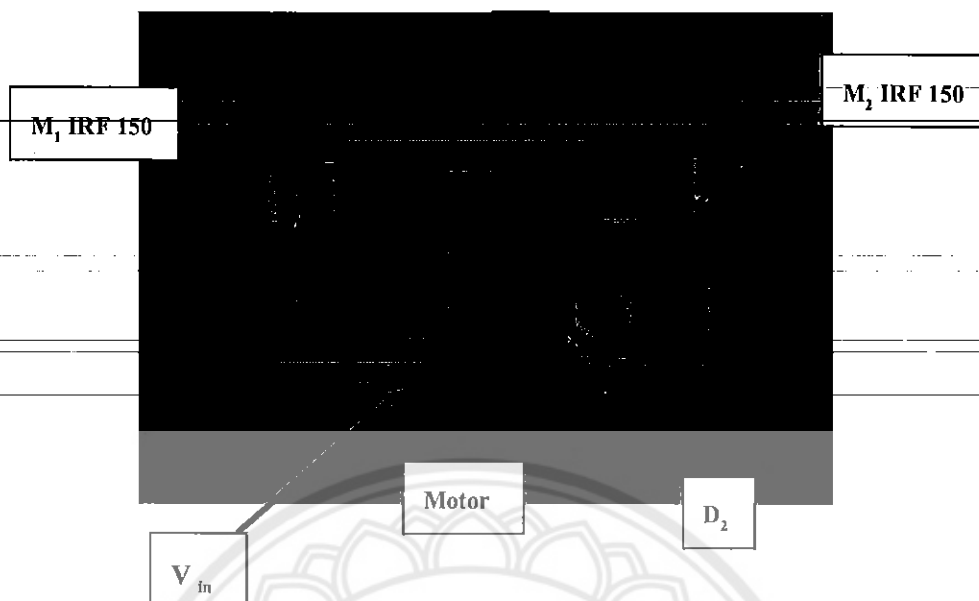


จากรูปที่ 3.7 แสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรควบคุมต่อลงยังแผ่นปริ้น ซึ่งได้จากการออกแบบดังรูปที่ 3.3 โดยที่รูปที่ 3.7 ก คือ ลายวงจรที่ต้องนำไปกัดลายทองแดงลงบนแผ่นปริ้น และรูปที่ 3.7 ข คือรูปที่แสดงถึงแผ่นค้ำบนและจุดที่ต้องต่ออุปกรณ์ต่างๆ ที่คำนวณมาได้ต่อลงไปที่บนแผ่นปริ้น โดยที่ลายทองแดงนั้นจะอยู่ด้านล่าง และเมื่อเจาะรูแล้วจึงนำขาอุปกรณ์มาบัดกรีด้วยตะกั่วเพื่อให้ติดกับลายวงจร ลายวงจร Switching มอเตอร์ดังแสดงดังรูปที่ 3.8. ก



รูปที่ 3.8 ก ลายวงจรของวงจร Switching มอเตอร์และการลงอุปกรณ์บนแผ่นวงจร

จากรูปที่ 3.8 ก แสดงให้ลายทองแดงของแผ่นปริ้น โดยที่มีวิธีการทำดังนี้คือต้องตัดสตีกเกอร์ให้เป็นไปตามรูป และนำสตีกเกอร์ที่ได้มาติดบนแผ่นปริ้นที่เตรียมไว้และนำไปแช่น้ำยากัดปริ้นรจนกว่าลายทองแดงที่ไม่ต้องการออกจนหมดแล้วนำแผ่นวงจรที่ได้ไปทำความสะอาดและลอกสตีกเกอร์ออก และนำไปเจาะรูดังรูปที่ 3.8 ก

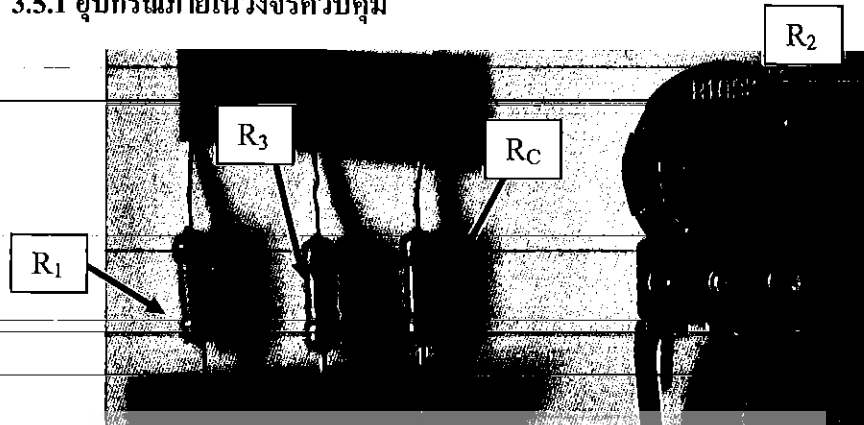


รูปที่ 3.8 ข ลายวงจรของวงจร Switching มอเตอร์และการลงอุปกรณ์บนแผ่นวงจร

จากรูปที่ 3.8 ข แสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร Switching ต่อลงยังแผ่นปริ้นและจุดที่ต้องเจาะรูเมื่อเจาะรูที่ลายวงจรแล้ว นำอุปกรณ์มาต่อลงที่แผ่นปริ้นที่ได้เตรียมเอาไว้ก่อนหน้านี้มาแล้ว โดยที่ ลักษณะการต่ออุปกรณ์ลงที่ด้านบนของลายวงจรและสายทองแดงของวงจรมันจะอยู่อีกด้านเพื่อที่จะ ได้ับครีขาของอุปกรณ์ให้ติดกับลายวงจรด้วยตะกั่ว

### 3.5 อุปกรณ์ภายในวงจร

#### 3.5.1 อุปกรณ์ภายในวงจรควบคุม



รูปที่ 3.9 ตัวต้านทาน

จากรูปที่ 3.9 แสดงให้เห็นถึงตัวต้านทานคงที่และตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ โดยที่  $R_1 = 1\text{k}\Omega$  1 ตัว,  $R_3 = 6\text{k}\Omega$  1 ตัว,  $R_c = 330\Omega$  1 ตัว ซึ่งตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ (Fixed Resistor) เป็นตัวต้านทานที่มีความต้านทานคงที่ โดยจะกำหนดค่าความต้านทานเป็นรหัส เช่น ตัวเลขโค้ดสี จะพบเห็นได้ในวงจรทั่วไป และตัวต้านทานแบบปรับค่าได้  $R_2 = 0 - 100\text{k}\Omega$  ( $VR = 100\text{k}\Omega$ ) แทนคันเร่ง 1 ตัว เป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ (Adjustable Resistor) หรือรีซีสเตอร์แบบ (Tap Resistor) เป็นตัวต้านทานที่ใช้กับงานที่มีกำลัง วัตต์สูงๆ และงานที่ต้องการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานอยู่บ่อยๆ สามารถเลือกค่าได้ค่าหนึ่ง โดยปกติจะมี 1 ขั้ว หรือมากกว่านั้นแยกออกมาเพื่อเลือกนำไปใช้งาน เพื่อให้การทำงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์



รูปที่ 3.10 ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่

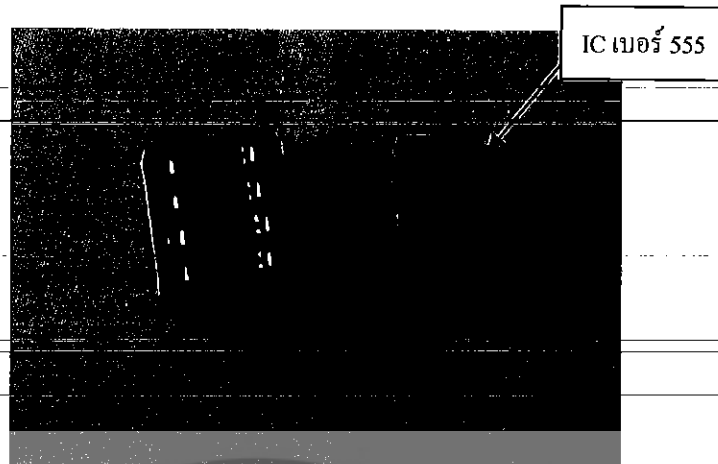
จากรูปที่ 3.10 แสดงให้เห็นถึงตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน มีด้วยกันหลายชนิด แต่ในที่นี้จะใช้คือ ชนิดอิเล็กโทรไลติก ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลติก ตัวเก็บประจุชนิดนี้ต้องระวังในการนำไปใช้งานด้วย เพราะมีขั้วที่แน่นอนพิมพ์ติดไว้

ด้านข้างตัวถังอยู่แล้ว ถ้าป้อนแรงดันให้กับตัวเก็บประจุชนิดขั้วละก็ อาจเกิดความเสียหายกับตัวมัน และอุปกรณ์ที่ประกอบร่วมกับตัวมันได้ ขั้วของตัวเก็บประจุชนิดนี้สังเกตได้ง่ายๆ เมื่อตอนซื้อ มาคือ ขาที่ยาวจะเป็นขั้วบวก และขาที่สั้นจะเป็นขั้วลบ อีกอย่างที่ต้องระวัง คือการป้อนแรงดันให้ตัวเก็บประจุที่ข้างตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลติกนี้ จะมีอัตราทนแรงดันพิมพ์ติดเอาไว้ด้วย มีหน่วยเป็นโวลต์ (V) แต่บางตัวจะเป็น WV (Working Voltage) หมายถึงแรงดันที่ใช้งานนั่นเอง ในการใช้งานโดยทั่วไปจะเผื่อ ส่วนค่าของตัวเก็บประจุชนิดนี้อยู่ในช่วง 0.1 ไมโครฟารัด ถึง 1 ฟารัด ซึ่งในรูปที่ 3.9 คือตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ ชนิดอิเล็กโทรไลติก  $C_1 = 0.27\mu F$  และ  $C_2 = 0.1\mu F$



รูปที่ 3.11 ไดโอด และ LED

จากรูปที่ 3.11 แสดงให้เห็นถึง ตัว LED 1 ตัว และแสดงให้เห็นถึงตัวไดโอด  $D_1 = 1N4148$  1 ตัว ซึ่ง ไดโอด (Diode) ถือเป็นอิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ที่จำกัดทิศทางการไหลของประจุไฟฟ้า มันจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางเดียว และกั้นการไหลในทิศทางตรงกันข้าม ดังนั้นจึงอาจถือว่าไดโอดเป็นวาล์วตรวจสอบแบบอิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่ง ซึ่งนับเป็นประโยชน์อย่างมากในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ใช้เป็นเรียงกระแสไฟฟ้าในวงจรภาคจ่ายไฟ LED เป็นไดโอดที่ใช้สารประเภทแกลเลียมอาร์เซไนด์ฟอสไฟต์ (Gallium Arsenide Phosphide ; GaAsP) หรือสารแกลเลียมฟอสไฟต์ (Gallium Phosphide ; GaP) มาทำเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด p และ n แทนสาร Si และ Ge สารเหล่านี้มีคุณลักษณะพิเศษคือสามารถเรืองแสงได้เมื่อได้รับไบอัสตรง การเกิดแสงที่ตัว LED นี้เราเรียกว่า อิเล็กโทรลูมิเนสเซนซ์ (Electroluminescence) ปัจจุบันนิยมใช้ LED แสดงผลในเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องคิดเลข, นาฬิกา เป็นต้น สาเหตุที่ใช้ LED และไดโอด ชนิดนี้เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดทั่วไป



รูปที่ 3.12 ไอซีเบอร์ 555

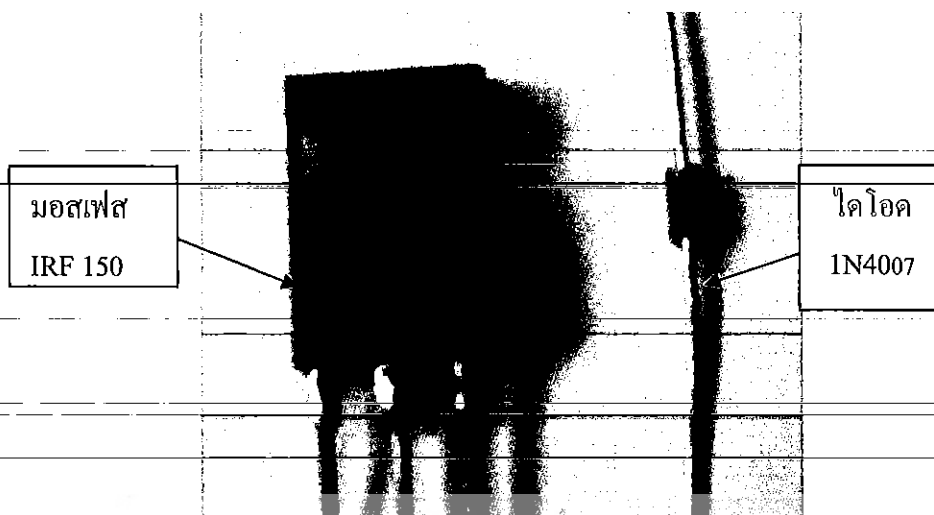
จากรูปที่ 3.12 แสดงให้เห็นถึง ตัว IC เบอร์ 555 1 ตัว พร้อม Socket 1 อัน ซึ่ง IC เบอร์ 555 เป็น IC ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง โดยสาเหตุที่นำ IC เบอร์ 555 มาใช้งานในวงจรควบคุมมอเตอร์นั้นเนื่องจากสามารถสร้างสัญญาณสี่เหลี่ยมได้นั่นเอง

### 3.5.2 อุปกรณ์ภายในวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์



รูปที่ 3.13 ตัวต้านทาน

จากรูปที่ 3.13 แสดงให้เห็นถึงตัวต้านทาน  $R_A = 500\Omega$  1 ตัว และ  $R_B = 10k\Omega$  1 ตัว เป็นตัวต้านทานที่ใช้ในวงจร Switching มอเตอร์



รูปที่ 3.14 มอสเฟส และ ไดโอด

จากรูปที่ 3.14 แสดงให้เห็นถึง Mosfet เบอร์ IRF 150 ( $M_1, M_2$ ) จำนวน 1 ตัว และ ไดโอด 1N4007 ( $D_2$ ) จำนวน 1 ตัว สาเหตุที่ใช้มอสเฟสประเภทนี้คือ หาซื้อได้ง่าย ราคาถูกกว่ามอสเฟสตระกูลอื่นๆ และยังทนกระแสได้สูงอีกด้วย ส่วนไดโอด 1N4007 เมื่อแรงดันจากแบตเตอรี่ใกล้เคียงหมดวงจรหยุดทำงานแต่ยังคงมีแรงดันจากแบตเตอรี่จ่ายมายังวงจร ไดโอดตัวนี้จะทำหน้าที่กันไม่ให้แรงดันและกระแสที่เหลือไหลย้อนมายังวงจรมันเอง



รูปที่ 3.15 DC มอเตอร์

จากรูปที่ 3.15 แสดงให้เห็นถึง DC มอเตอร์ 24V (2650RPM /250W) 1 ตัว ใช้ในการขับเคลื่อนให้รถจักรยานเคลื่อนที่ไปยังตามตำแหน่งที่ต้องการ

- นำอุปกรณ์ ทั้งหมดมาต่อลงแผ่นปริ้นที่เตรียมไว้ ตามรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 บัคกรีซของอุปกรณ์ให้ติดกับลายวงจร

จากรูปที่ 3.16 แสดงให้เห็นว่า อุปกรณ์ที่ใช้ภายในวงจรจะต่ออยู่ด้านล่างของแผ่นปริ้น โดยใช้ หัวแร้งและตะกั่วบัดกรีเชื่อมขาของอุปกรณ์ให้ติดกับลายวงจรเพื่อนำวงจรที่ต่อเสร็จแล้วไปใช้ในการทดลอง เพื่อหาค่าแรงดัน ค่ากระแส และความเร็วรอบของมอเตอร์

- เมื่อนำอุปกรณ์ทั้งหมดมาต่อลงยังแผ่นปริ้น จะได้แผ่นวงจรที่พร้อมใช้งาน ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 แผ่นวงจรที่พร้อมใช้งาน

จากรูปที่ 3.17 แสดงให้เห็นถึงการต่อวงจรควบคุมและวงจร Switching มอเตอร์ที่เสร็จเรียบร้อยแล้วพร้อมที่จะนำไปทดสอบ และต่อไปจะนำวงจรที่ต่อเสร็จแล้วนี้ไปต่อเข้ากับ DC มอเตอร์ และแหล่งจ่ายเพื่อทำการทดสอบวัดค่าแรงดัน ค่ากระแส และความเร็วรอบต่อไป

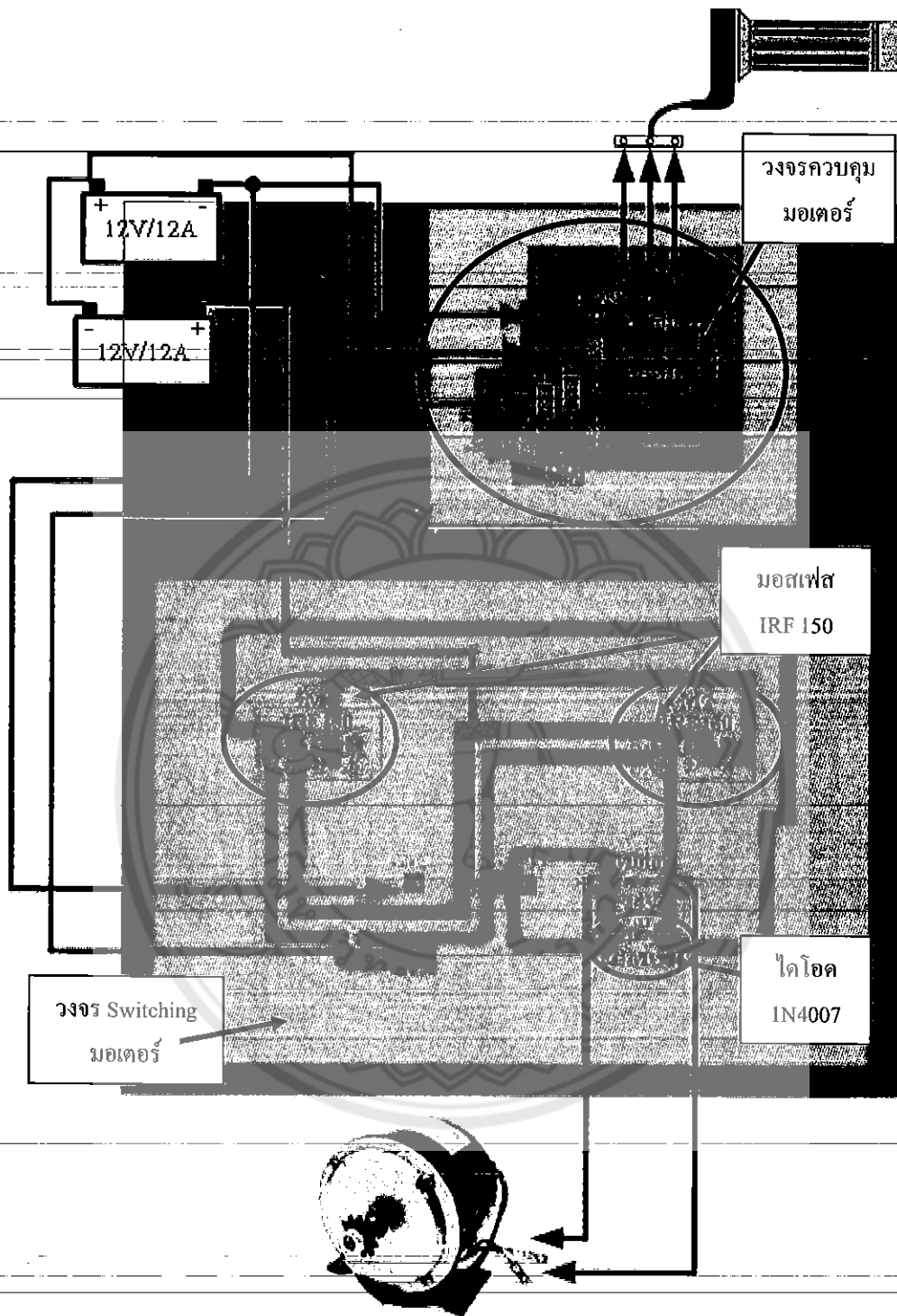
3. นำแผ่นวงจรที่ได้ มาต่อเข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่เตรียมไว้ดังรูปที่ 3.18 โดยจะมีลักษณะการต่อใช้งานจริงเป็นไปตามรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.18 แผ่นวงจรที่ต่อเข้ากับมอเตอร์

จากรูปที่ 3.18 แสดงให้เห็นถึงการนำเอาวงจรควบคุมและวงจร Switching มอเตอร์ที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว นำมาต่อเข้ากับ DC มอเตอร์ และจะนำวงจรที่ต่อเข้ากับมอเตอร์นี้ไปต่อเข้ากับแหล่งจ่ายซึ่งอยู่ภายในห้องทดสอบเพื่อทำการทดสอบวัดค่าแรงดัน ค่ากระแส และความเร็วรอบต่อไป





รูปที่ 3.19 การประกอบวงจรในส่วนต่างๆ เพื่อใช้งานจริง

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 ผลการทดลองวงจรควบคุมและวงจร Switching มอเตอร์

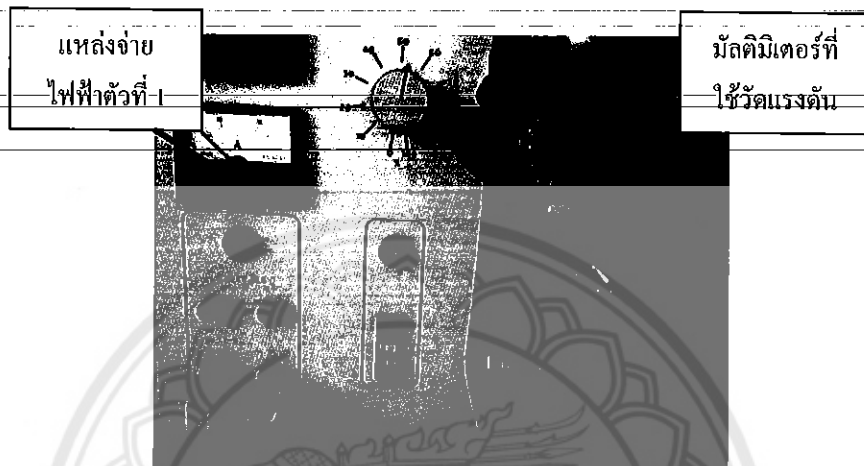
จากผลการทดสอบการทำงานจะเห็นได้ว่าวงจรควบคุมที่ออกแบบนั้นทำงานได้ตรงตามที่ต้องการ และให้ผลเป็นที่น่าพอใจ ซึ่งแรงดันที่ออกมานั้นเป็นแรงดันลบดังแสดงผลในรูปที่ 4.2 ถึงรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นถึงความกว้างของสัญญาณ โดยที่รูป 4.2 เป็นผลการทดสอบวงจรที่มีค่าของ Duty Cycle มีค่าน้อย ก็หมายถึงว่าค่าของ  $R_2$  มีค่าน้อยค่า  $T_1$  มีค่าน้อยตามสมการที่ (3.2) ทำให้กระแสที่ไหลไปยังมอเตอร์ได้น้อยจึงเป็นผลทำให้มอเตอร์หมุนช้า โดยในที่นี้ก็กำหนดให้มีค่า  $R_2=10\text{ k}\Omega$  แต่ตรงกันข้ามในรูปที่ 4.6 เป็นผลการทดสอบวงจรที่มีค่าของ Duty Cycle มีค่ามาก ก็หมายถึงว่าค่าของ  $R_2$  มีค่ามากทำให้ได้ค่า  $T_1$  มีค่ามากความกว้างของสัญญาณมีค่ามากทำให้กระแสที่ไหลไปยังมอเตอร์มีค่ามากตามไปด้วย จึงทำให้มอเตอร์หมุนเร็วที่สุด โดยในที่นี้ก็กำหนดให้มีค่า  $R_2=100\text{ k}\Omega$  ความเร็วรอบของมอเตอร์จึงเป็นไปตามลำดับของการปรับค่าของ  $R_2$  (คันเร่ง)



รูปที่ 4.1 การทดสอบจ่ายไฟฟ้าให้กับวงจร

จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นถึงการต่อวงจรควบคุมและวงจร Switching มอเตอร์ ต่อเข้ากับตัว DC มอเตอร์ และแหล่งจ่ายไฟฟ้าปรับค่าได้ 2 ตัว เพื่อทำการทดสอบและวัดค่ากระแสและค่าแรงดันที่มอเตอร์โดยทำการปรับค่าความต้านทาน  $R_2$  ตั้งแต่ 1% ไปจนถึง 99% และวัดความเร็วรอบของมอเตอร์เมื่อปรับค่าความต้านทาน  $R_2$  ตั้งแต่ 1% ไปจนถึง 99% โดยจะใช้เครื่องวัดความเร็วรอบมอเตอร์ (Tachometer) ในการวัดความเร็วรอบมอเตอร์ และใช้มัลติมิเตอร์ในการวัดค่าแรงดันตกคร่อมมอเตอร์ และใช้มัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสที่มอเตอร์ ในการทำการทดลองนี้เพื่อทำการ

วิเคราะห์สัญญาณของ IC เบอร์ 555 เมื่อส่งสัญญาณมาให้ตัว Mosfet IRF 150 ทำการสตาร์ทมอเตอร์ เมื่อปรับค่า  $R_2$  ตั้งแต่ 1% ไปจนถึง 99% ค่า Duty Cycle จะกว้างขึ้นซึ่งเป็นผลทำให้ความเร็วของ DC มอเตอร์นั้นเพิ่มขึ้นไปด้วยตามสมการที่ (3.2) กล่าวคือเมื่อค่าความต้านทานเพิ่มมากขึ้นทำให้ค่า  $T_1$  เพิ่มมากขึ้นเป็นผลให้ค่า Duty Cycle เพิ่มมากขึ้น จึงเป็นผลทำให้ DC มอเตอร์มีความเร็วเพิ่มมากขึ้นไปด้วย



รูปที่ 4.2 แรงดันที่ได้จากแหล่งพลังงานแหล่งที่ 1

จากรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นถึงการใช้นัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันที่ออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ปรับค่าได้ตัวที่ 1 โดยค่าที่แรงดันที่กำหนดไว้คือ 12 V จะนำไปจ่ายให้กับวงจรควบคุมมอเตอร์ให้ IC 555 ทำงานโดยแปลงสัญญาณ Output ออกมาให้กับ Mosfet IRF 150 รับสัญญาณไปเริ่มสตาร์ทมอเตอร์ แต่เนื่องจากเป็นแหล่งจ่ายปรับค่าได้จึงได้ปรับค่าได้แค่ใกล้เคียงกับที่ตั้งไว้เท่านั้น ซึ่งค่าที่ได้จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าปรับค่าได้ตัวที่ 1 นั้นก็เพียงพอต่อการทดสอบ



รูปที่ 4.3 กระแสที่ได้จากแหล่งพลังงานแหล่งที่ 2

จากรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นถึงการใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันที่ออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ปรับค่าได้ตัวที่ 2 โดยค่าที่แรงดันที่กำหนดไว้คือ 12 V จะนำไปจ่ายให้กับวงจร Switching ให้ Mosfet IRF 150 พร้อมทำงานโดยจะรอสัญญาณ Output จาก IC 555 เพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปสตาร์ทมอเตอร์ แต่เนื่องจากเป็นแหล่งจ่ายปรับค่าได้จึงได้ปรับค่าได้แค่ใกล้เคียงกับที่กำหนดไว้เท่านั้น ซึ่งค่าที่ได้จากแหล่งจ่ายปรับค่าได้ตัวที่ 2 นั้นก็เพียงพอต่อการทดสอบ



รูปที่ 4.4 แรงดันที่ตกคร่อม DC มอเตอร์เมื่อปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 1%

จากรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นถึงแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม DC มอเตอร์เมื่อปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 1% จะได้ค่าแรงดันที่ตกคร่อม DC มอเตอร์เท่ากับ 5.645 Vdc ทำให้ได้ค่า  $T_1$  และค่า Duty Cycle น้อย เป็นผลทำให้กระแสไหลได้น้อยและความเร็วรอบของ DC มอเตอร์น้อยที่สุด โดยความเร็วรอบที่วัดได้มีค่า 81.82 rpm ดังตารางที่ 4.1



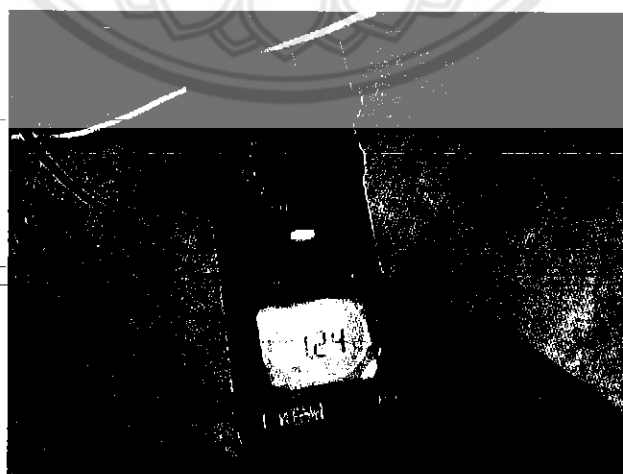
รูปที่ 4.5 แรงดันที่ตกคร่อม DC มอเตอร์เมื่อปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 99%

จากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นถึงแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม DC มอเตอร์เมื่อปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 99% จะได้ค่าแรงดันที่ตกคร่อม DC มอเตอร์เท่ากับ 23.763 Vdc ทำให้ได้ค่า  $T_1$  และค่า Duty Cycle มากขึ้น เป็นผลทำให้กระแสไหลได้มากกว่าตอนที่ปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 1% จึงทำให้ความเร็วรอบของ DC มอเตอร์เพิ่มมากขึ้นไปด้วย โดยความเร็วรอบที่วัดได้มีค่า 370 rpm ดังตารางที่ 4.1



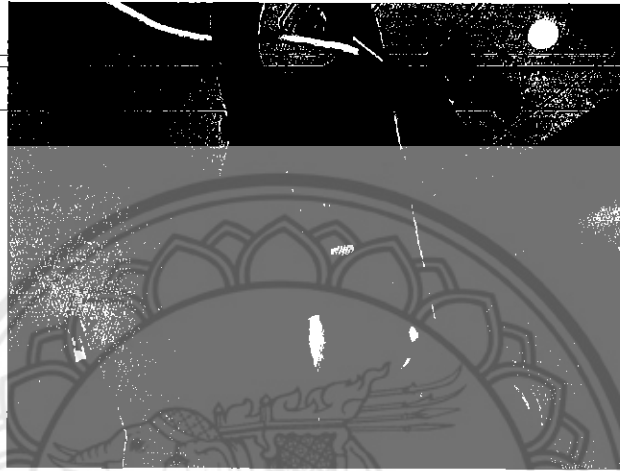
รูปที่ 4.6 การวัดความเร็วรอบของ DC มอเตอร์โดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer)

จากรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นถึงการใช้เครื่องวัดความเร็วรอบมอเตอร์ (Tachometer) วัดค่าความเร็วรอบของ DC มอเตอร์โดยนำด้านปลายของเครื่องมือวัดความเร็วรอบมอเตอร์ไปแตะกับแกนของมอเตอร์ในขณะที่มอเตอร์กำลังหมุนอยู่พร้อมกับกดปุ่มเริ่มทำงานให้เครื่องวัดทำงานค้างไว้ จะทำให้ด้านปลายของเครื่องมือวัดความเร็วรอบหมุนตามแกนของมอเตอร์ทำให้ได้ค่าความเร็วรอบของ DC มอเตอร์ออกมาดังตารางที่ 4.1



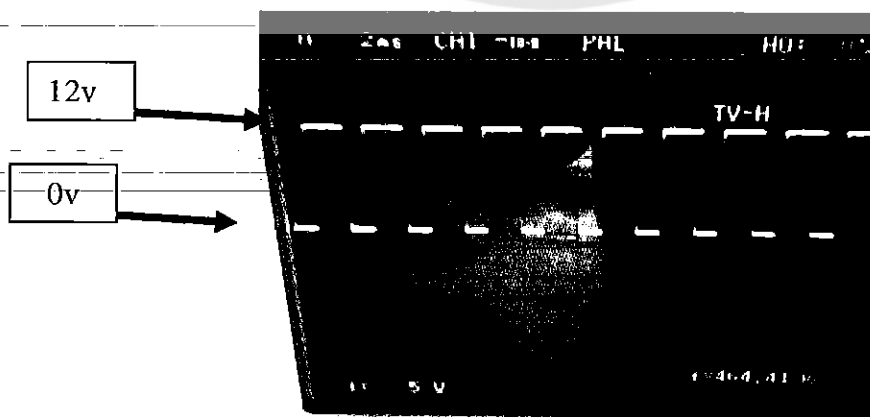
รูปที่ 4.7 กระแสที่ได้จากแหล่งพลังงานแหล่งที่ 1

จากรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นถึงการใช้มัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ปรับค่าได้ตัวที่ 1 เพื่อดูว่าค่ากระแสที่ได้จากแหล่งจ่ายตัวที่ 1 นั้นตรงตามที่กำหนดไว้หรือไม่ ซึ่งค่ากระแสที่กำหนดไว้คือ 12 A จะนำไปจ่ายให้วงจรควบคุม แต่กระแสที่ออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าตัวที่ 1 นั้นมีเพียง 1.24 A เท่านั้น อาจเป็นเพราะมอเตอร์ที่นำมาทดสอบนั้นทดสอบในสถานะไม่มีโหลดจึงอาจเป็นผลทำให้แหล่งจ่ายไฟฟ้าปรับค่าได้จ่ายกระแสออกมาน้อยลงไปด้วย



รูปที่ 4.8 กระแสที่ได้จากแหล่งพลังงานแหล่งที่ 2

จากรูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นถึงการ ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ปรับค่าได้ตัวที่ 2 เพื่อดูว่าค่ากระแสที่ได้จากแหล่งจ่ายตัวที่ 2 นั้นตรงตามที่กำหนดไว้หรือไม่ ซึ่งค่ากระแสที่กำหนดไว้คือ 12 A จะนำไปจ่ายให้กับวงจร Switching แต่กระแสที่ออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าตัวที่ 2 นั้นมีเพียง 1.37 A เท่านั้น อาจเป็นผลมาจากมอเตอร์ที่นำมาทดสอบนั้นทดสอบในสถานะไม่มีโหลดจึงอาจเป็นผลทำให้แหล่งจ่ายไฟฟ้าปรับค่าได้จ่ายกระแสออกมาน้อยลงไปด้วย



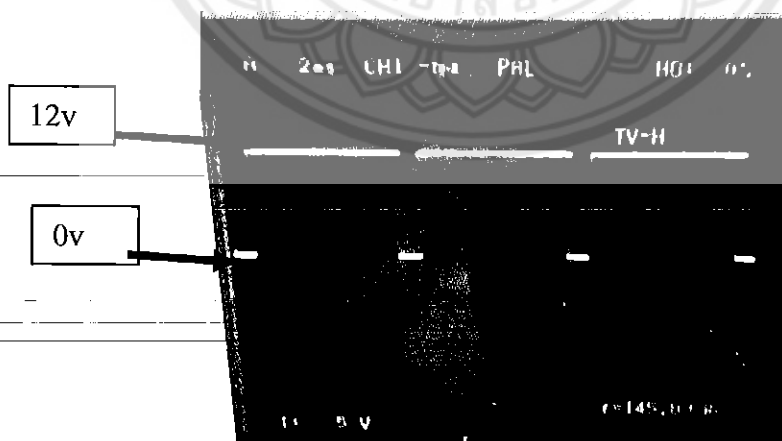
รูปที่ 4.9 ปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 10%

จากรูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นถึงกราฟที่ได้จากการปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 10% ทำให้ได้ค่า  $T_1$  น้อยตามสมการที่ (3.2) และทำให้ค่า Duty Cycle มีค่าน้อย จึงทำให้ค่ากระแสที่เข้ามอเตอร์และค่าแรงดันที่ตกคร่อมมอเตอร์มีค่าน้อยลงตามไปด้วย จึงเป็นผลทำให้ความเร็วรอบของ DC มอเตอร์ ที่ใช้ทดสอบจะหมุนช้าที่สุด โดยค่าที่ได้จะแสดงอยู่ในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.10 ปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 25%

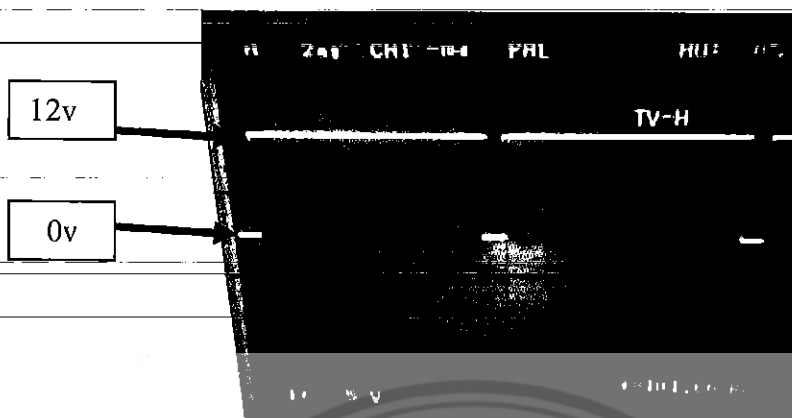
จากรูปที่ 4.10 แสดงให้เห็นถึงกราฟที่ได้จากการปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 25% ทำให้ได้ค่า  $T_1$  เพิ่มมากขึ้นกว่าตอนที่ปรับ  $R_2$  ประมาณ 10% ตามสมการที่ (3.2) ทำให้ค่า Duty Cycle เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ได้ค่ากระแสที่เข้ามอเตอร์และค่าแรงดันที่ตกคร่อมมอเตอร์เพิ่มมากขึ้นไปด้วย เป็นผลทำให้ความเร็วรอบของ DC มอเตอร์ ที่ใช้ทดสอบจะหมุนเร็วขึ้นกว่าตอนที่ปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 10% โดยค่าที่ได้จะแสดงอยู่ในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.11 ปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 50%

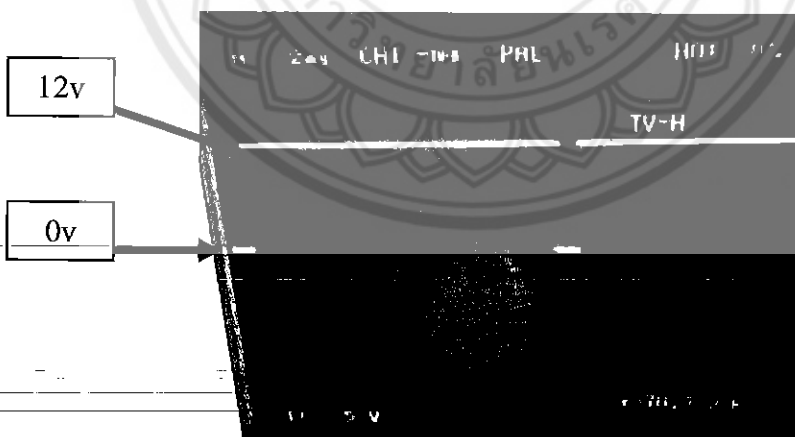
จากรูปที่ 4.11 แสดงให้เห็นถึงกราฟที่ได้จากการปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 50% ทำให้ได้ค่า  $T_1$  เพิ่มมากขึ้นกว่าตอนที่ปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 25% ทำให้ค่า Duty Cycle เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ได้ค่ากระแสที่เข้ามอเตอร์และค่าแรงดันที่ตกคร่อมมอเตอร์เพิ่มมากขึ้นไปด้วย จึงเป็นผลทำให้

ความเร็วรอบของ DC มอเตอร์ ที่ใช้ทดสอบจะหมุนเร็วขึ้นกว่าตอนที่ปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 10% และปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 25% ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะแสดงอยู่ในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.12 ปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 75%

จากรูปที่ 4.12 แสดงให้เห็นถึงกราฟที่ได้จากการปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 75% ทำให้ได้ค่า  $T_1$  เพิ่มมากขึ้นกว่าตอนที่ปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 50% ทำให้ค่า Duty Cycle เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ได้ค่ากระแสที่เข้ามอเตอร์และค่าแรงดันที่ตกคร่อมมอเตอร์เพิ่มมากขึ้นไปด้วย จึงเป็นผลทำให้ความเร็วรอบของ DC มอเตอร์ ที่ใช้ทดสอบจะหมุนเร็วขึ้นกว่าตอนที่ปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 10% ปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 25% และปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 50% ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะแสดงอยู่ในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.13 ปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 99%

จากรูปที่ 4.13 แสดงให้เห็นถึงกราฟที่ได้จากการปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 99% ทำให้ได้ค่า  $T_1$  เพิ่มมากขึ้นกว่าตอนที่ปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 75% ทำให้ค่า Duty Cycle เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ได้ค่ากระแสที่เข้ามอเตอร์และค่าแรงดันที่ตกคร่อมมอเตอร์เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย จึงเป็นผลทำให้



ความเร็วรอบของ DC มอเตอร์ ที่ใช้ทดสอบหมุนเร็วที่สุด ซึ่งผลการทดลองที่ได้แสดงอยู่ในตารางที่ 4.1

#### 4.2 ผลการทดลองวัดความเร็วรอบของมอเตอร์เมื่อปรับเปลี่ยนความต้านทาน

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวัดค่าแรงดันที่ตกคร่อมมอเตอร์ ค่ากระแสที่เข้ามอเตอร์ และความเร็วรอบของ DC มอเตอร์ เมื่อปรับเปลี่ยนความต้านทาน  $R_2$  (คันเร่ง)

$R_2$ (คันเร่ง)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)
1%	5.63	0.75	81.82
10%	14.68	1.54	185
25%	19.13	1.66	280
50%	20.06	1.94	320
75%	21.78	1.97	360
99%	23.76	2.02	370

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นถึงผลการทดลองเพื่อวัดค่าแรงดันที่ตกคร่อมมอเตอร์ ค่ากระแสที่เข้ามอเตอร์ และความเร็วรอบของ DC มอเตอร์เมื่อทำการปรับค่าความต้านทานจาก 1% ไปจนถึง 99% ทำให้ค่าแรงดันที่ตกคร่อมมอเตอร์ ค่ากระแสที่เข้ามอเตอร์ และความเร็วรอบของ DC มอเตอร์จะค่อยๆเพิ่มมากขึ้นเมื่อความต้านทาน  $R_2$  เพิ่มมากขึ้น ที่เป็นเช่นนั้นเพราะเมื่อค่าความต้านทานมากขึ้นค่า  $T_1$  จากสมการที่ (3.2) เพิ่มมากขึ้นจึงเป็นผลทำให้ได้ค่า Duty Cycle กว้างมากขึ้น ซึ่งเมื่อค่า Duty Cycle มากขึ้นแล้วจึงทำให้ความเร็วรอบของ DC มอเตอร์เพิ่มมากขึ้นไปด้วย

ในตารางที่ 4.1 ค่าความคลาดเคลื่อนของแรงดันด้านออกคำนวณจาก

$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อน} = \frac{V_{o,test} - V_{o,th}}{V_{o,th}} \times 100 \quad (4.1)$$

โดยที่

$V_{o,test}$  คือค่าแรงดันด้านออกที่ได้จากการทดลอง มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

$V_{o,th}$  คือค่าแรงดันด้านออกที่ได้จากการคำนวณ มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

ค่าความคลาดเคลื่อนที่คำนวณได้นั้นมีค่าลบเพราะค่าแรงดันที่ได้จากการทดลองในตารางที่ 4.1 มีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณอันเนื่องมาจากความสูญเสียภายในวงจรซึ่งไม่ได้นำมาพิจารณาในการคำนวณ



## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

การทดลองระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้ไอซีเบอร์ 555 สร้างสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมที่สามารถปรับ Duty Cycle ได้ โดยในวงจรนั้นสามารถที่จะปรับค่าได้ตั้งแต่ 1% ถึง 99% ไปจุดชนวนให้กับ Mosfet เบอร์ IRF 150 สาเหตุที่เมื่อเพิ่มค่า  $R_2$  แล้วทำให้สัญญาณพัลส์มีค่ากว้างมากขึ้น และเมื่อลดค่า  $R_2$  แล้วทำให้สัญญาณพัลส์มีค่าแคบลงนั้น จะสรุปได้ว่าเป็นไปตามสมการที่ได้คำนวณดังสมการ (3.2)

การทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ภายในวงจร นั้นเห็นได้ว่าวงจรควบคุมและวงจร Switching สามารถทำงานได้ตามลักษณะที่ต้องการ ซึ่งวงจรควบคุมสามารถแปลงสัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นแรงดันพัลส์ส่งไปยังวงจร Switching ไปคอนโทรล DC มอเตอร์ให้หมุนตามค่าพัลส์ที่เปลี่ยนแปลง ทำให้การทำงานของ DC มอเตอร์ทำงานตามค่าอินพุตตั้งแต่ 1% ถึง 99% โดยการปรับค่าความต้านทาน ( $R_2$ ) ให้มีค่าเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ สาเหตุที่ DC มอเตอร์ หมุนไปตามค่าของ Duty Cycle นั้นคือ MOSFET เบอร์ IRF 150 จะทำงานในโหมด เอนแฮนซ์เมนต์โหมด จะทำงานได้เมื่อจ่ายแรงดันที่มีค่าน้อยให้กับมอสเฟตก็จะมีกระแสไหลของกระแสไหล และเมื่อแรงดันกลับเปลี่ยนเป็น ค่าเป็น  $+V_{CC}$  กระแสก็จะไหลได้มากทำให้มอเตอร์หมุนได้เร็ว การปรับค่าความต้านทาน  $R_2$  ให้มีค่ามากขึ้นทำให้ค่า  $T_1$  เพิ่มมากขึ้นตามสมการที่ (3.2) เป็นผลทำให้ค่า Duty Cycle กว้างมากขึ้นจึงทำให้ DC มอเตอร์หมุนเร็วขึ้นตามค่าของ  $R_2$  โดยจากผลการทดลองพบว่า

- เมื่อทำการปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 1% ทำให้ค่าแรงดันมีค่า 5.63 V ค่ากระแสเท่ากับ 0.75 A ความเร็วรอบมอเตอร์ที่ได้คือ 81.82 rpm

- เมื่อทำการปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 10% ทำให้ค่าแรงดันเพิ่มขึ้นเป็น 14.68 V ค่ากระแสเพิ่มขึ้นเป็น 1.54 A และความเร็วรอบจะเพิ่มขึ้นเป็น 185 rpm

- เมื่อทำการปรับค่า  $R_2$  ประมาณ 25% ทำให้ค่าแรงดันเพิ่มขึ้นเป็น 19.13 V ค่ากระแสเพิ่มขึ้นเป็น 1.66 A และความเร็วรอบมอเตอร์เพิ่มขึ้นเป็น 280 rpm

ทำการปรับค่า  $R_2$  ไปเรื่อยๆจนกระทั่งปรับค่า  $R_2$  ไปที่ 99% พบว่าทำให้ค่าแรงดันเพิ่มขึ้นเป็น 23.76 V ซึ่งใกล้เคียงกับที่แหล่งจ่ายจ่ายให้กับวงจรคือ 24 V ค่ากระแสก็เพิ่มขึ้นเป็น 2.02 A และค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ก็เพิ่มมากขึ้นเป็น 370 rpm ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปรับค่า  $R_2$  นั้นทำให้ค่า  $T_1$  เพิ่มขึ้นตามที่คาดการณ์ไว้และไปทำให้ค่า Duty Cycle เพิ่มมากขึ้นจริงจึงเป็นผลทำให้แรงดันที่ตกคร่อมมอเตอร์ กระแสที่ได้และความเร็วรอบของมอเตอร์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

จากการทดสอบใช้งานวงจรนั้นจะเห็นได้ว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ แรงดันที่ตกคร่อมมอเตอร์ และกระแสที่ไหลผ่าน DC มอเตอร์นั้นมีค่าต่างจากที่คาดการณ์ไว้ สาเหตุที่ผลการทดลองเป็นเช่นนั้น เพราะว่า DC มอเตอร์ที่นำมาทดสอบนั้นเป็นแบบเฟืองทด ทำให้ความเร็วรอบต่ำลงมาก และ ที่กระแสของแหล่งพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแหล่งจ่ายปรับค่าได้ที่นำมาทดสอบนั้นเป็นการทดสอบที่ไม่มีโหลด ใด ๆ จึงส่งผลทำให้กระแสที่ไหลผ่านมอเตอร์นั้นมีค่าน้อยไม่ใกล้เคียงกับพิกัดสูงสุดของ DC มอเตอร์ที่นำมาทดสอบ

## 5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำโครงการ

- หาอุปกรณ์ในการทำยาก
- ระยะเวลาในการจัดหาอุปกรณ์และการทำชิ้นงานนานเกินไป
- ออกแบบวงจรแต่ละวงจรได้ยาก
- อุปกรณ์ เครื่องมือ ในการทำงานไม่เพียงพอ
- ไม่สามารถใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ ในการทดสอบได้ทันที
- ขาดทักษะความชำนาญในการใช้โปรแกรม Pspice
- ใช้เวลาในการแก้ไขมาก เมื่อชิ้นงานเกิดความเสียหาย

## 5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา

- ศึกษาข้อมูลร้านขายอุปกรณ์เพิ่มเติมก่อนจะเลือกซื้ออุปกรณ์
- ใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบ หรือ ปรึกษาผู้ที่มีความรู้
- ต้องมีวางแผนการทำงานก่อนลงมือปฏิบัติงาน
- จัดเตรียมอุปกรณ์ในการทำงานแต่ละครั้งให้พร้อมก่อนลงมือปฏิบัติ
- ปรึกษาผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับการใช้งานของโปรแกรม
- ทำการศึกษาวิธีใช้อุปกรณ์และตรวจดูวงจรให้ดีก่อนทำการทดลอง

## 5.4 ข้อเสนอแนะ

- ควรใช้แบตเตอรี่ เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน เพราะกระแสที่ได้จะมากกว่าแหล่งจ่ายแบบปรับค่าได้
- อุปกรณ์ควรมีราคาถูก หาง่าย
- ควรทำงานวางแผนการทำงานก่อนลงมือเพื่อลดระยะเวลาในการทำ
- ควรมีการศึกษาค้นคว้าในลักษณะเดียวกันเพื่อเพิ่มพัฒนาและประสิทธิภาพให้สูงขึ้น
- ควรติดตั้งตัวระบายความร้อนให้กับมอสเฟสเพิ่ม

- ก) - ถ้าต้องการได้ความเร็วที่มากขึ้นนั้น ควรที่จะเพิ่มในส่วน DC มอเตอร์ให้มีพิกัดที่สูงมากกว่า DC มอเตอร์ที่นำมาทดสอบ



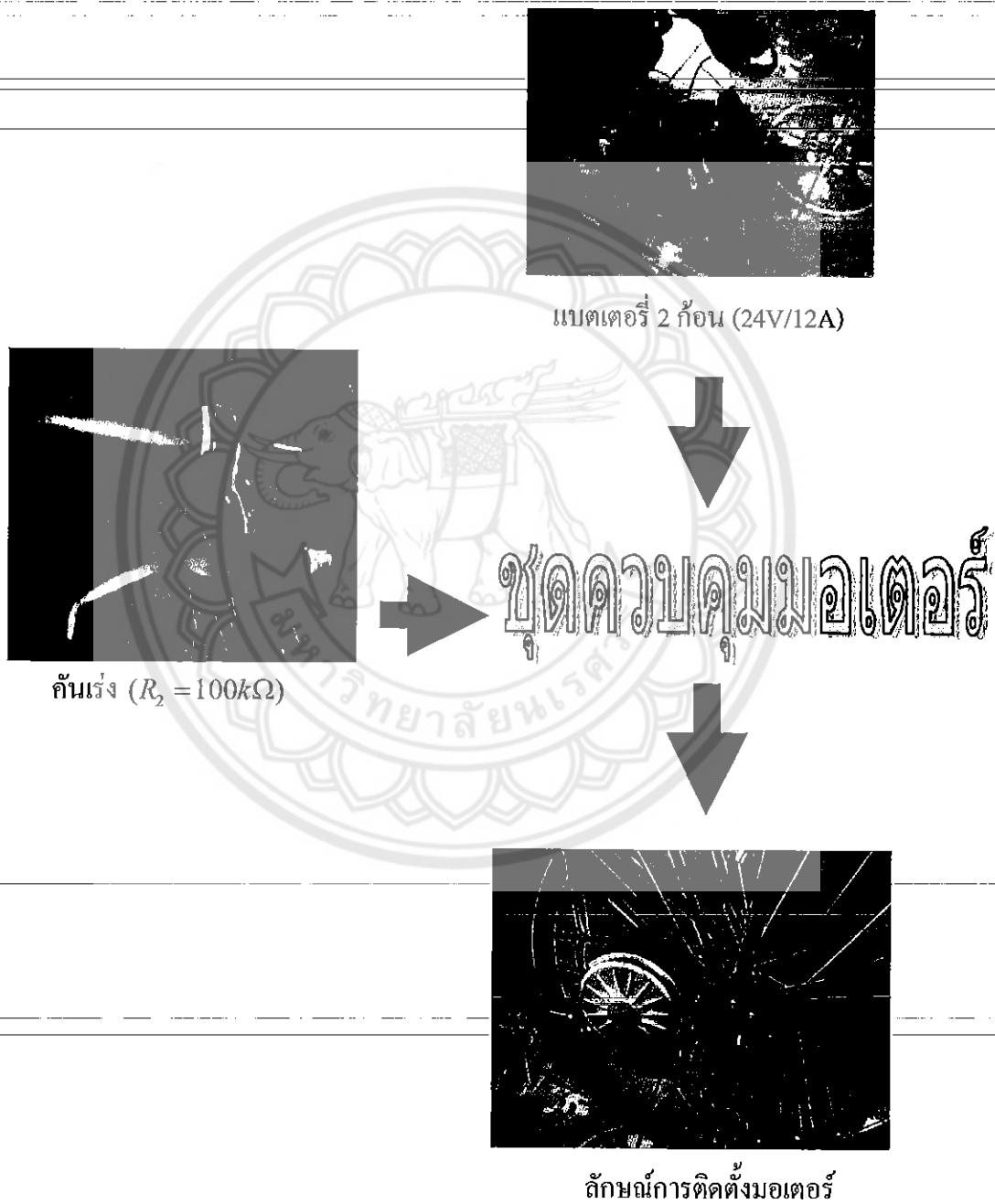
## เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน “สถานการณ์พลังงานในปี 2550 และแนวโน้มปี 2551”, กระทรวงพลังงาน, 2550
- [2]<http://elec.chandra.ac.th/learn/tipntrick/timer/default.htm>
- [3] [http://www.eanic.com/readarticle.php?article\\_id=129](http://www.eanic.com/readarticle.php?article_id=129)
- [4] Frank D. Petruzella, Industrial Electronics, แปลโดย สุรพล รั้ววิชัย, กรุงเทพมหานคร : แมคกรอฮิลอินเตอร์เนชันแนล เอ็นเตอร์ไพรส์, อิงค์, 2541
- [5] [http://www.sebbike.com/main/index.php?option=com\\_content&task=view&id=10](http://www.sebbike.com/main/index.php?option=com_content&task=view&id=10)
- [6] <http://wara.com/modules.php?name=project&file=showproject&sid=209>





ภาคผนวก ก  
การประยุกต์ใช้งาน



รูปที่ ก.1 แบบการประยุกต์ใช้งาน [6]



จากรูปที่ ก.1 แสดงให้เห็นถึง การนำเอาชุดควบคุม และชุด Switching มอเตอร์ มาต่อเข้ากับตัวคันเร่ง และแบตเตอรี่ จำนวน 2 ก้อน แล้วนำมาต่อเข้ากับตัว DC มอเตอร์ แล้วนำอุปกรณ์ทั้งหมดมาติดตั้ง เข้ากับตัวจักรยานที่เราต้องการ และจะได้จักรยาน ไฟฟ้าที่เสร็จสมบูรณ์พร้อมใช้งานดังรูปที่ ก.2



รูปที่ ก.2 จักรยานไฟฟ้าที่เสร็จสมบูรณ์[6]

ตารางที่ 1 อัตราเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยประมาณ [5]

อัตราเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยประมาณ			
ข้อมูล	จักรยานยนต์ทั่วไป	ข้อมูล	มอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า
ค่าน้ำมัน/ลิตร	30 บาท	ค่าไฟฟ้า/การชาร์จ	4 บาท
อัตราสิ้นเปลือง/ลิตร	30 กม.	อัตราสิ้นเปลือง/การชาร์จ	40 กม.
ค่าเฉลี่ย/ 1 กม.	1.00 บาท	ค่าเฉลี่ย/ 1 กม.	0.1 บาท
ระยะทาง 50 กม./วัน	50 บาท	ระยะทาง 50 กม./วัน	5 บาท
อัตราสิ้นเปลืองน้ำมัน/ 1 ปี	18,250 บาท	อัตราสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า/1 ปี	1,825 บาท
อัตราสิ้นเปลืองน้ำมัน/ 2 ปี	36,500 บาท	อัตราสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า/2 ปี	3,750 บาท

ภาคผนวก ข  
สถานที่จัดซื้ออุปกรณ์

ตาราง ข.1 สถานที่จัดซื้ออุปกรณ์

รายการอุปกรณ์	สถานที่ติดต่อ	เบอร์โทรศัพท์
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (ทุกชนิด)	ร้านชุมพลอิเล็กทรอนิกส์ 266/3 ถ.พิชัยสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000	055-211624
DC มอเตอร์ 24 V (2,600 RPM / 250 W)	ณัฐกิจ 612 ชั้น 2 บ้านหม้อปลาซ่า 154/1 ซอยทิพวารีย์ ถนนตรีเพชร แขวง วังบูรพาฯ เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200	0-9130-5155
สายไฟ	ชัยวัฒน์ อิเล็กทรอนิกส์ 126/2 ม.8 ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 6500	

ภาคผนวก ก  
สถานที่ทดสอบ

ตาราง ก.1 สถานที่ทดสอบ

สถานที่	ที่อยู่	เบอร์โทรศัพท์
ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า	มหาวิทยาลัยนเรศวร	0-5596-1000
มหาวิทยาลัยนเรศวร	99 หมู่ 9 ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง	
	จ.พิษณุโลก 65000	



## ประวัติผู้จัดทำโครงการ



ชื่อ-นามสกุล นายพิพัฒน์ วิวัฒน์วรกาญจน์  
 ภูมิลำเนา 82/7 ม.1 ต.บางกระพิก อ. สามพราน  
 จ.นครปฐม 73110

## ประวัติการศึกษา

- จบมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนตะพานหิน  
อำเภอ ตะพานหิน จังหวัดพิจิตร
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4  
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

E-mail: [Nai\\_jiam\\_jiam@hotmail.com](mailto:Nai_jiam_jiam@hotmail.com)



ชื่อ-นามสกุล นายศิริพงษ์ น้อยแก้ว  
 ภูมิลำเนา 223 ม. 12 ต.ท่าโรง อ.วิเชียรบุรี  
 จ.เพชรบูรณ์ 67130

## ประวัติการศึกษา

- จบมัธยมจาก โรงเรียนนิคมศิลป์อนุสรณ์  
อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4  
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

E-mail: [EE\\_pckkykung@hotmail.com](mailto:EE_pckkykung@hotmail.com)