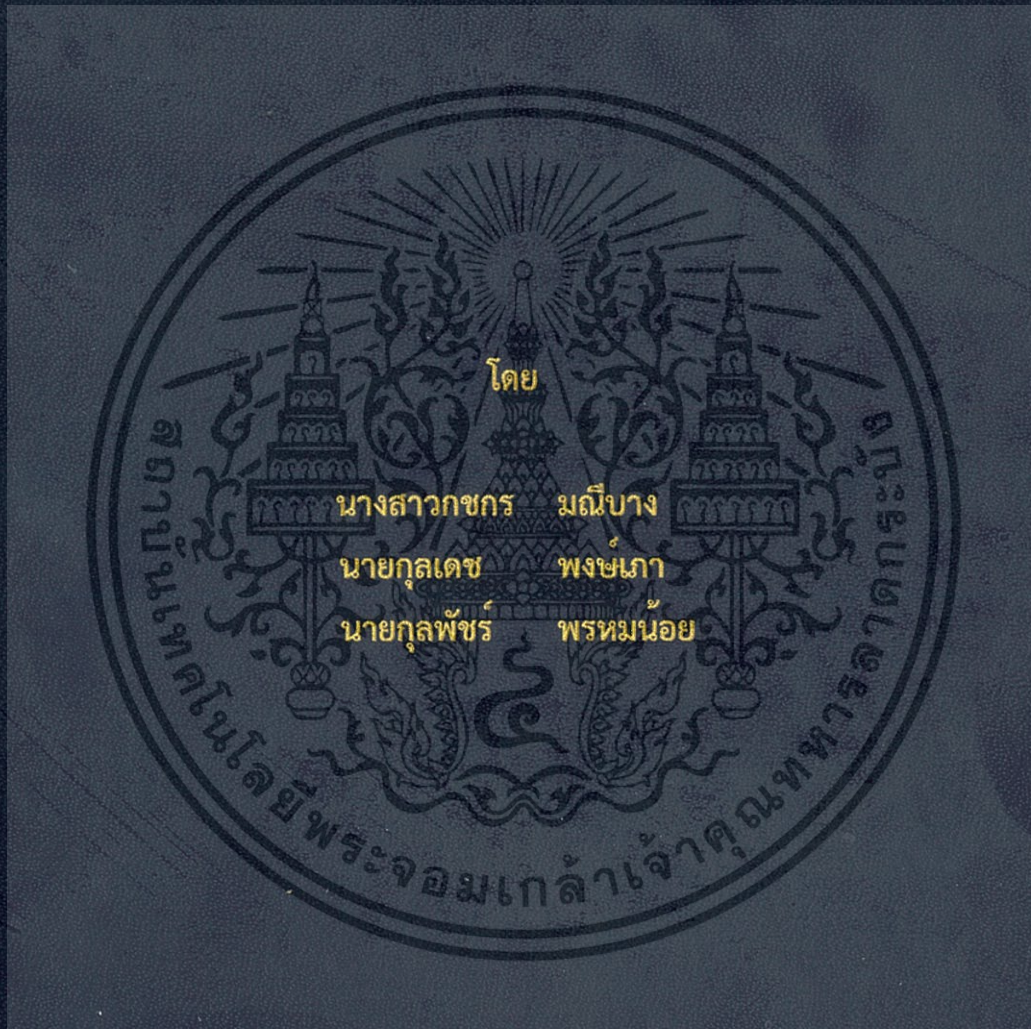


การออกแบบเครื่องมือช่วยผ่อนแรงสำหรับคีมถอนฟัน

LABOR-SAVING DEVICES FOR TOOTH EXTRACTING FORCEPS DESIGN



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

การออกแบบเครื่องมือช่วยผ่อนแรงสำหรับคีมถอนฟัน

LABOR-SAVING DEVICES FOR TOOTH EXTRACTING FORCEPS DESIGN



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2557

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบเครื่องมือช่วยผ่อนแรงสำหรับคีมถอนฟัน

ผู้จัดทำ



1. นางสาว กชกร มณีบาง
2. นาย กุลเดช พงษ์เภา
3. นาย กุลพัชร พรหมน้อย

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ดร.สมชาติ จิรวินากร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.นิรุช จิรสวรรณกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบเครื่องมือช่วยผ่อนแรงสำหรับคีมถอนฟัน

นางสาวกชกร มณีบาง
นายกุลเดช พงษ์เภา
นายกุลพัชร์ พรหมน้อย
รศ.ดร.สมชาติ จิรวิภากร อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร.นิรุช จิรสวรรณกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องมือช่วยผ่อนแรงสำหรับคีมถอนฟัน โดยมีหลักการทำงาน คือใช้แรงบิดจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและ Stepping motor ช่วยในการออกแรงโยกฟันไปในทิศทางที่ต้องการ เพื่อส่งผ่านแรงไปยังคีมถอนฟันที่นำมาประกอบกับเครื่องมือได้ เพื่อผ่อนแรงของทันตแพทย์ โดยเครื่องมือช่วยผ่อนแรงสำหรับคีมถอนฟันนี้มีการควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328 สามารถจำกัดระดับตำแหน่งการหมุนได้ เพื่อที่จะนำไปสู่การพัฒนาทางด้านทันตกรรมให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้นต่อไป

คำสำคัญ: เครื่องผ่อนแรง, คีมถอนฟัน

LABOR-SAVING DEVICES FOR TOOTH EXTRACTING FORCEPS DESIGN

Miss KOTCHAKORN MANEEBANG
Mr. KUNLADECH PONGPAO
Mr. KUNLAPATCH PHROMNOI
Assoc.Prof.Dr. SOMCHAT JIRIWIBHAKORN Supervisor
Dr. NIRUDH JIRASUWANKUL Supervisor

2014

ABSTRACT

This research present about labor-saving devices for tooth extracting forceps design by using DC motor and Stepping motor that will assist to move the tooth along the direction. These devices can be adjustable for any tooth extracting forceps. Labor-saving devices for tooth extracting forceps are controlled by ATmega328 that can identify position. This research can improve performance of the dental.

Keywords: Labor-saving, Tooth extracting forceps

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ได้ดำเนินการไปได้ด้วยดี เพราะความช่วยเหลือจากหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอพระขอบคุณ รศ.ดร.สมชาติ จิรวิภากร และดร.นิรุช จิรสวรรณกุล เป็นอย่างยิ่ง ซึ่งท่านเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและให้คำแนะนำ แนวทางและข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงานฉบับนี้เป็นอย่างมาก ตลอดจนได้ตรวจสอบและช่วยแก้ไขปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำที่ดีมาโดยตลอดและให้ยืมอุปกรณ์และสถานที่ในการทำการทดลองโครงงานนี้

ท้ายที่สุดนี้คณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวซึ่งให้การสนับสนุนในด้านการเงินและกำลังใจในระหว่างการทำงาน รวมทั้งเพื่อนๆ ที่ช่วยให้ความคิดเห็นและแนวทางการคิดที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงานนี้ จึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ	2
1.4 แผนการดำเนินโครงการ	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 Stepping Motor	5
2.1.1 หลักการทำงานของ Stepping Motor	5
2.2.2 ชนิดของ Stepping Motor	6
2.2.3 วิธีการขับหรือวิธีการกระตุ้นเฟสของ Stepping Motor	9
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	11
2.3 Step down converter	12
2.4 ทฤษฎีบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino	13
2.3.1 เหตุผลที่ใช้บอร์ด Arduino	14
2.3.2 คุณสมบัติของบอร์ดโดยทั่วไป	15
2.5 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย PWM ใน Arduino	16
2.5.1 การใช้ PWM ใน Arduino	17
2.6 การทดสอบความเร็วของมอเตอร์โดยใช้เฟืองทด	18

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบชิ้นงาน	20
3.1 การทดลองหาขนาดแรงบิดเพื่อเลือกขนาดของมอเตอร์	20
3.2 การออกแบบชิ้นงานทางกล	23
3.3 การออกแบบชิ้นงานทางไฟฟ้า	27
3.3.1 Regulator ที่นำมาใช้ในการออกแบบ	27
3.3.2 Stepping Motor ที่นำมาใช้ในการออกแบบ	28
3.3.3 Driver Stepping Motor	29
3.4 การทำงานของโปรแกรมควบคุม	33
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	36
4.1 การทดลองหาขนาดการบิดที่เหมาะสมของ DC Motor	36
4.2 การทดลองเพื่อหาตำแหน่งการหมุนที่เหมาะสมของ Stepping Motor	36
4.3 การทดลองการทำงานของชิ้นงาน	38
4.3.1 การทำงานในลักษณะการบิด	39
4.3.2 การทำงานในลักษณะการบิด	40
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	43
5.1 สรุปผลการทดลอง	43
5.2 ปัญหาที่พบในการทำวิจัยและแนวทางในการแก้ปัญหา	44
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา	45
เอกสารอ้างอิง	46
ภาคผนวก	47
ภาคผนวก ก บทความทางวิชาการ	48
ภาคผนวก ข ข้อมูลอุปกรณ์	53
ภาคผนวก ค โปรแกรมควบคุม	92
ประวัติผู้เขียน	99

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 ระบบการควบคุมของ Stepping Motor	5
รูปที่ 2.2 ตัวอย่าง Stepping Motor	6
รูปที่ 2.3 Stepping Motor แบบแม่เหล็กถาวร	7
รูปที่ 2.4 โครงสร้าง Stepping motor แบบแปรค่าความต้านทานของสนามแม่เหล็กได้ และสัญลักษณ์	8
รูปที่ 2.5 Stepping motor แบบไฮบริดจ์ขนาด 5 เฟส	8
รูปที่ 2.6 Hysteresis loop ของแกนเหล็กที่มีความเป็นแม่เหล็กถาวร	12
รูปที่ 2.7 วงจร Step down converter	13
รูปที่ 2.8 ตัวอย่างบอร์ด Arduino รุ่น Uno R3	14
รูปที่ 2.9 หลักการสร้างสัญญาณ PWM	16
รูปที่ 2.10 การปรับ Duty Cycle ของสัญญาณพาหะ	17
รูปที่ 2.11 การกำเนิดสัญญาณ PWM โดยใช้คำสั่ง analogWrite ที่ Duty cycle 50 %	17
รูปที่ 2.12 เฟืองที่รัศมีต่างกันซึ่งให้ความเร็วเชิงมุมที่ต่างกัน	18
รูปที่ 2.13 ชุดฟันเฟือง (Gear box) ที่ใช้ในการลดรอบความเร็ว	19
รูปที่ 3.1 การออกแรงดึงที่ระยะ 5 ซม.	21
รูปที่ 3.2 การออกแรงดึงที่ระยะ 1 ซม.	22
รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบต่างๆของการออกแบบชิ้นงานทางกล	23
รูปที่ 3.4 DC Motor	24
รูปที่ 3.5 Stepping Motor	24
รูปที่ 3.6 Switch Board	25
รูปที่ 3.7 แกนหมุน DC Motor	25
รูปที่ 3.8 คานรับน้ำหนัก	26
รูปที่ 3.9 จุดจับยึดคีมพันตกรรรม	26
รูปที่ 3.10 แผนผังการทำงานของชิ้นงานทางไฟฟ้า	27
รูปที่ 3.11 Regulator LM2596 DC-to-DC Step down Converter Module	27
รูปที่ 3.12 Stepping Motor ยี่ห้อ Oriental Motor รุ่น PK543AW-T30	28
รูปที่ 3.13 การต่อขดลวดแบบ Pentagon ของ Stepping Motor	29

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า	
รูปที่ 3.14	Driver Stepping Motor รุ่น CRD5107P	29
รูปที่ 3.15	แผนภาพของวงจรขาออกสำหรับวงจรขับของการต่อขดลวดแบบ Pentagon	31
รูปที่ 3.16	กระแสที่ไหลผ่านของการขับแบบ Full step “0”	31
รูปที่ 3.17	กระแสที่ไหลผ่านของการขับแบบ Full step “1”	32
รูปที่ 3.18	Layout ของ Driver Stepping Motor	32
รูปที่ 3.19	ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมควบคุม	33
รูปที่ 3.20	Schematic ของวงจรควบคุม	34
รูปที่ 3.21	การออกแบบชิ้นงานทางกล	34
รูปที่ 3.22	การออกแบบชิ้นงานไฟฟ้า	35
รูปที่ 3.23	การออกแบบชิ้นงานทั้งหมด	35
รูปที่ 4.1	การบีบที่เหมาะสมของ DC Motor	36
รูปที่ 4.2	ตำแหน่งเริ่มต้นของแกน Stepping Motor	37
รูปที่ 4.3	ตำแหน่งการหมุนไป 6 องศาของแกน Stepping Motor	37
รูปที่ 4.4	แรงดัน 24 Vdc จากแหล่งจ่าย	38
รูปที่ 4.5	LED แสดงสถานะโหมดการทำงาน	38
รูปที่ 4.6	สัญญาณแรงดันจากคอนโทรลเลอร์เทียบกับสัญญาณที่ตีซีมอเตอร์	39
รูปที่ 4.7	สัญญาณกระแสไฟฟ้าของ DC Motor	39
รูปที่ 4.8	การทำงานในลักษณะการบีบ	40
รูปที่ 4.9	สัญญาณแรงดันจากคอนโทรลเลอร์ที่ส่งให้กับ Driver Stepping Motor	40
รูปที่ 4.10	สัญญาณกระแสไฟฟ้าที่ Driver Stepping Motor	41
รูปที่ 4.11	สัญญาณแรงดันของ phase A	41
รูปที่ 4.12	สัญญาณกระแสไฟฟ้าที่ขดลวด phase A	42
รูปที่ 4.13	การทำงานในลักษณะการบิด	42

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงการประจำปี เดือน ส.ค. 2557 ถึง พ.ค. 2558	3
ตารางที่ 2.1 ลำดับการป้อนกระแสแบบเฟสเดียวของ Stepping motor	9
ตารางที่ 2.2 ลำดับการป้อนกระแสแบบสองเฟสของ Stepping motor	10
ตารางที่ 2.3 ลำดับการป้อนกระแสแบบครึ่งเฟสของ Stepping motor	10
ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติของบอร์ด Arduino	15
ตารางที่ 3.1 ผลการทดลองของการหาขนาดแรงบิดเพื่อเลือกขนาดของมอเตอร์	22
ตารางที่ 3.2 การกระตุ้นแบบ Full Step และ 3 เฟสจะอยู่ในสถานะ ON	30
ตารางที่ 4.1 การทดลองหาขนาดการบิดที่เหมาะสมของ DC Motor	36
ตารางที่ 4.2 การทดลองเพื่อหาตำแหน่งการหมุนที่เหมาะสมของ Stepping Motor	36



VIII

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เนื่องจากปัจจุบันอุปกรณ์ทางการแพทย์มีความสำคัญมาก เป็นเรื่องที่สำคัญที่จะให้ความสำคัญกับอุปกรณ์ทางการแพทย์ ซึ่งส่งผลต่อชีวิตของคนไข้และประสิทธิภาพการรักษา ปัจจุบันมีความก้าวหน้ามาก นานาประเทศต่างให้ความสำคัญและมีความพยายามในการวิจัยและพัฒนาด้านเครื่องมือแพทย์ เพื่อตอบสนองต่อประเทศชาติของตนเอง อุปกรณ์เครื่องมือทางการแพทย์ (Medical device) เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการรักษาผู้ป่วยของสถานพยาบาล ด้วยกรรมวิธีสมัยใหม่ในการรักษา อุปกรณ์เครื่องมือทางการแพทย์ เข้ามามีบทบาทสำคัญ ทำให้การรักษามีประสิทธิภาพมากขึ้น ด้วยเทคโนโลยีที่ได้มีการค้นคิดพัฒนามาเป็นลำดับ เครื่องมือแพทย์มีมากมายหลายประเภทที่มีการนำมาใช้กับร่างกายมนุษย์เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ แล้วแต่ความเหมาะสมของลักษณะการรักษานั้นๆ

ในปัจจุบันสำหรับการรักษาทางทันตกรรม การถอนฟันของทันตแพทย์นั้นต้องออกแรงผ่านคีมไปที่ฟันของคนไข้ ซึ่งถ้าหากเป็นฟันกรามด้วยแล้วต้องใช้แรงมากในการถอนฟันและยังมีกรณีของผู้ป่วยมะเร็งที่ต้องได้รับการรักษาด้วยคีโม ก่อนที่จะเข้าฉายแสงผู้ป่วยต้องได้รับการถอนฟันออกทั้งหมดและจากการเพิ่มขึ้นของผู้ป่วยมะเร็งอย่างต่อเนื่องในแต่ละปี ทำให้การรักษานั้นต้องเพิ่มขึ้นไปด้วย ในหนึ่งวันต้องมีการถอนฟันของผู้ป่วยที่จะเข้ารับคีโมหลายๆ คนต่อทันตแพทย์หนึ่งคน และยังเป็นทันตแพทย์ผู้หญิงซึ่งมีแรงน้อยกว่าผู้ชายด้วยแล้ว เป็นเรื่องที่ยากลำบากมากที่จะถอนฟันคนไข้ทั้งหมดปากหลายๆ คนในหนึ่งวัน ทางผู้วิจัยจึงได้คิดค้นและพัฒนาเครื่องมือต้นแบบที่นำมาช่วยผ่อนแรงในการถอนฟัน เพื่อที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น

การศึกษาและวิจัยครั้งนี้เป็นการนำองค์ความรู้ต่างๆทางวิศวกรรมหลายๆ ด้านมารวมกัน ไม่ว่าจะเป็นความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงวิศวกรรมชีวการแพทย์ โดยมีหลักการทำงานคือ ใช้แรงบิดจากมอเตอร์ช่วยในการมาช่วยออกแรงในทิศทางการโยกของฟัน โดยมีการควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ชื่อว่า ATmega328

ผลงานวิจัยชิ้นนี้เป็นการพัฒนาองค์ความรู้โดยรวม เป็นการนำความรู้ด้านเทคโนโลยีหลายๆด้านมารวมกัน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานวิจัยชิ้นนี้จะสามารถเข้ามาช่วยแก้ปัญหาและพัฒนากระบวนการรักษาทางการแพทย์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาและออกแบบเครื่องมือช่วยผ่อนแรงสำหรับคิมถอนฟัน

1.2.2 เพื่อศึกษาและหาแนวคิดต่างๆในการประยุกต์ใช้งานกับทางด้านทันตกรรมเพื่อประโยชน์ในอนาคต

1.2.3 เพื่อนำองค์ความรู้ทางวิศวกรรมไฟฟ้าที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชิ้นงานจริง

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

นำแนวคิดและทฤษฎีที่ได้ศึกษา มาใช้เป็นหลักการในการออกแบบเครื่องมือช่วยผ่อนแรงสำหรับคิมถอนฟัน โดยมุ่งเน้นที่ฟันกรามที่ต้องใช้แรงมากในการถอน เพื่อนำไปใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาต่อไป โดยมีขอบเขตและข้อกำหนดต่างๆดังนี้

1.3.1 การวิจัยและออกแบบอุปกรณ์ครั้งนี้ออกแบบมาเพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้บนแบบจำลองเท่านั้น เนื่องจากไม่มีข้อมูลทางการแพทย์ที่บอกขนาดแรงยึดของฟันในเชิงวิศวกรรมได้ หากจะนำอุปกรณ์ไปใช้ในงานจริงจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือ จากหลายฝ่ายในการวิจัยหาขนาดแรงยึดของฟัน เมื่อได้ขนาดแรงยึดของฟันแล้วจึงทำการเลือกขนาดมอเตอร์และฟันเฟืองให้เหมาะสมกับขนาดของแรงยึดของฟันนั้น

1.3.2 การวิจัยและออกแบบครั้งนี้อยู่ภายใต้เงื่อนไขว่า อุปกรณ์ต้องสามารถถอดประกอบได้เพื่อนำไปอบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงตามกระบวนการทางการแพทย์

1.3.3 การออกแบบมีการจำกัดการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ในการโยกฟัน

1.3.4 การทำงานของเครื่องมือเป็นการอ้างอิงจากแบบจำลองเท่านั้นและเป็นเพียงระยะขั้นต้นของการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานประจำเดือน ส.ค. 2557 ถึง พ.ค. 2558

หัวข้อ	ส.ค. 2557				ก.ย. 2557				ต.ค. 2557				พ.ย. 2557				ธ.ค. 2557				ม.ค. 2558				ก.พ. 2558				มี.ค. 2558				เม.ย. 2558				พ.ค. 2558			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1.กำหนดหัวข้อและวางแผนการดำเนินงาน	←→																																							
2.ศึกษาส่วนควบคุมและกลไกทางแมคคานิค			←→																																					
3.ทดลองหาแรงบิดเพื่อนำไปเลือกมอเตอร์																																								
4.ทดลองการควบคุมมอเตอร์																	←→																							
5.ออกแบบส่วนต่างๆของชิ้นงาน													←→																											
6.สั่งทำและประกอบชิ้นงาน																									←→															
7.ทดสอบชิ้นงาน																													←→											
8.แก้ไขและปรับปรุงชิ้นงาน																													←→											
9.จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์																													←→											

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เป็นเครื่องมือช่วยผ่อนแรงในการถอนฟันกรามสำหรับทันตแพทย์

1.5.2 เป็นต้นแบบในการพัฒนาเครื่องมือช่วยผ่อนแรงสำหรับคีมถอนฟัน สามารถนำโครงการนี้ไปพัฒนาและใช้ประโยชน์ได้ในอนาคต

1.5.3 สามารถนำทฤษฎีที่ได้ศึกษาไปใช้งานจริงคือการออกแบบเครื่องมือช่วยผ่อนแรงสำหรับคีมถอนฟัน

1.5.4 เป็นประโยชน์ต่อทันตแพทย์และผู้ป่วยที่ทำการรักษา



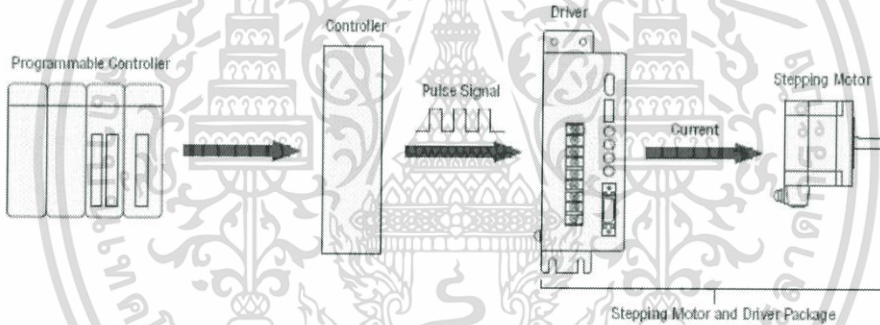
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Stepping Motor

2.1.1 หลักการทำงานของ Stepping Motor

[1] Stepping Motor เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เป็นมอเตอร์อีกแบบหนึ่งที่นิยมนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย โดยสัญญาณไฟฟ้าที่ป้อนให้จะมีลักษณะเป็น ไบนารีโวลต์เตจและเอาท์พุทจะเป็นลักษณะของการเคลื่อนที่หมุนแบบเชิงมุมหรือหมุนไปที่ละสเต็ป (แต่ละสเต็ปอยู่ในช่วง 0.1-30 องศา ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของ Stepping Motor) ตามสัญญาณพัลส์ที่ป้อนให้กับขดลวดสเตเตอร์ (Stator) ซึ่งจะเกิดแรงผลักทำต่อตัวโรเตอร์ (Rotor) ให้หมุนไป แต่ลักษณะของ Stepping Motor จะมีขดลวดสเตเตอร์อยู่หลายขด เรียกว่า เฟส (Phase) ดังนั้นเมื่อป้อนสัญญาณที่เป็นพัลส์ในลักษณะซีควเอนซ์ (Sequence) ของเลขไบนารี ผ่านวงจรถูกควบคุม (Driver) จะทำให้โรเตอร์หมุนได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีแรงบิดสูง



รูปที่ 2.1 ระบบการควบคุมของ Stepping Motor

ในกรณีที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดขดนั้นของ Stepping Motor ตลอดเวลา ก็ จะเกิดการหมุนเพียงหนึ่งสเต็ปเท่านั้นซึ่งต่างจาก DC Motor เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ ก็ จะหมุนตาม จนกว่าจะหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้า

ดังนั้นจะเห็นการใช้งาน Stepping Motor ในงานที่ต้องการความแม่นยำในตำแหน่ง และมุมในการหมุน เช่น ในเครื่องพิมพ์ (เครื่องปริ้นเตอร์แบบอิงค์เจ็ททั่วไป) มี Stepping Motor ใช้ ในการเลื่อนตำแหน่งของหัวพิมพ์ หรือ ในหุ่นยนต์อุตสาหกรรมที่ต้องการความแม่นยำในการหยิบจับ ไม่เว้นแม้แต่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขนาดเล็กบางแบบก็ใช้มอเตอร์แบบนี้เป็นตัวขับเคลื่อน



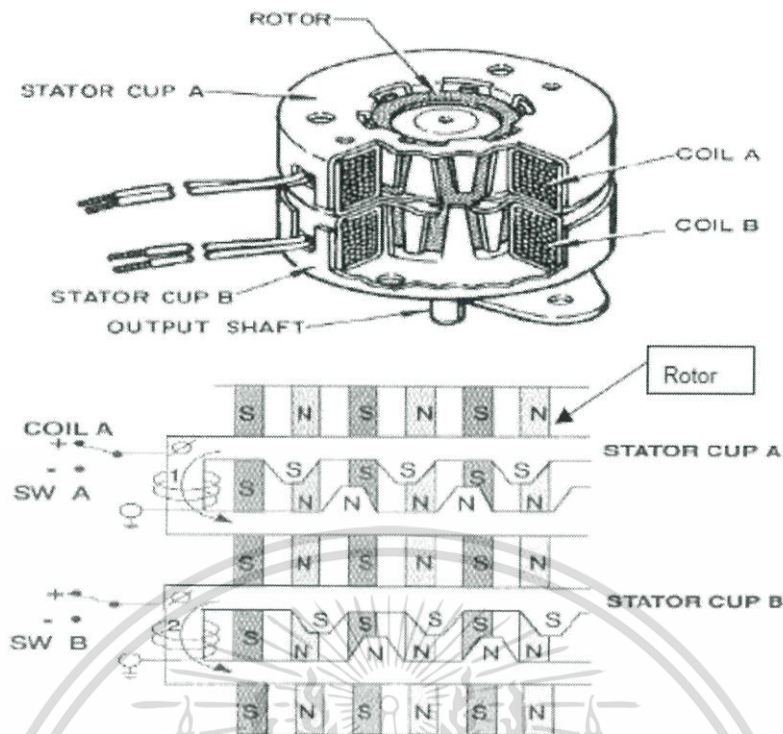
รูปที่ 2.2 ตัวอย่าง Stepping Motor

2.1.2 ชนิดของ Stepping Motor

- แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet: PM)

[2] Stepping Motor ชนิดนี้โรเตอร์ (Rotor) ทำด้วยแม่เหล็กถาวรรูปทรงกระบอก เรียบ สเตเตอร์ (Stator) จะมีขดลวดพันและก็จะทำเป็นฟัน เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดที่ สเตเตอร์จะเกิดเป็นขั้วแม่เหล็กที่ฟันของสเตเตอร์ และจะดึงดูดกับขั้วของแม่เหล็กถาวรที่โรเตอร์ทำให้เกิดการหมุนของโรเตอร์ขึ้น มอเตอร์ชนิดนี้จะมีตั้งแต่ขนาด 2 เฟสขึ้นไปและไม่นิยมนำไปใช้ในงาน อุตสาหกรรมแต่จะถูกนำไปใช้กับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ เช่น ตัวขับวงล้อที่ใช้หมุนเพื่อเลื่อนกระดาษ ของเครื่องพิมพ์ เป็นต้น เพราะความเร็วต่ำ แรงบิดต่ำ

ลักษณะทั่วไปของมอเตอร์แบบนี้ก็คือโรเตอร์จะถูกยึดอยู่กับที่แม้ว่าจะไม่มีการ กระตุ้นเฟส ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า Detent Mechanism ข้อเสียของ Stepping Motor แบบแม่เหล็ก ถาวรคือมีขนาดมูมสเติบโตใหญ่ ทำให้ความละเอียดของสเต็ปต่อรอบน้อยมาก เนื่องจากว่าโครงสร้าง ของมอเตอร์เป็นแบบแม่เหล็กถาวร การสร้างแม่เหล็กถาวรให้มีหลายขั้วทำได้ยาก ทำให้ไม่สามารถ สร้างสเต็ปให้มีขนาดเล็กลงได้ Stepping Motor แบบแม่เหล็กถาวรส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างขนาดเล็ก ทำให้ค่าของแรงบิดที่ได้ต่อหน่วยปริมาตรมีค่าต่ำ ถ้าต้องการปรับปรุงประสิทธิภาพในเรื่องของแรงบิด แม่เหล็กถาวรที่ใช้จะต้องทำมาจากสารแม่เหล็กที่มีสภาพความเป็นแม่เหล็กสูง

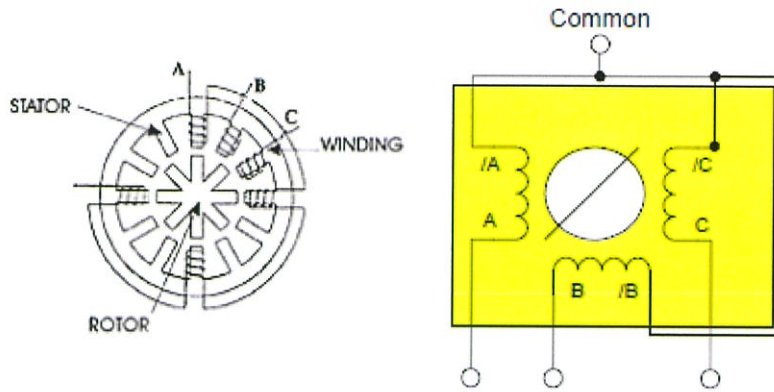


รูปที่ 2.3 Stepping Motor แบบแม่เหล็กถาวร

- แบบแปรค่าความต้านทานของสนามแม่เหล็กได้ (Variable Reluctance: VR)

โรเตอร์ (Rotor) ทำด้วยเหล็กอ่อนรูปทรงกระบอกและทำเป็นลักษณะฟัน สเตเตอร์ (Stator) จะมีลวดพันและจะทำเป็นลักษณะของฟันเช่นกัน เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดที่ สเตเตอร์จะเกิดเป็นขั้วแม่เหล็กที่ฟันของสเตเตอร์และเหนี่ยวนำให้ฟันของโรเตอร์เกิดเป็นขั้วแม่เหล็กที่มีขั้วตรงกันข้ามกับสเตเตอร์ทำให้ดึงดูดกัน เกิดการหมุนของโรเตอร์ขึ้น มอเตอร์ชนิดนี้โดยปกติจะมีขนาด 3 เฟส ในบางครั้งอาจพบถึง 4 เฟส มอเตอร์ชนิดนี้ถ้าไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดบน สเตเตอร์ ตัวโรเตอร์จะไม่เกิดแรงดึงดูดกับสเตเตอร์ มอเตอร์ชนิดนี้ ไม่นิยมนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรม แต่จะถูกนำไปใช้กับงานที่มีขนาดเล็ก เช่น Micro -positioning table เป็นต้น เพราะไม่มีส่วนที่เป็น แม่เหล็กถาวร ดังนั้นในขณะที่ไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดที่สเตเตอร์จึงไม่เกิดแรงดึงดูด

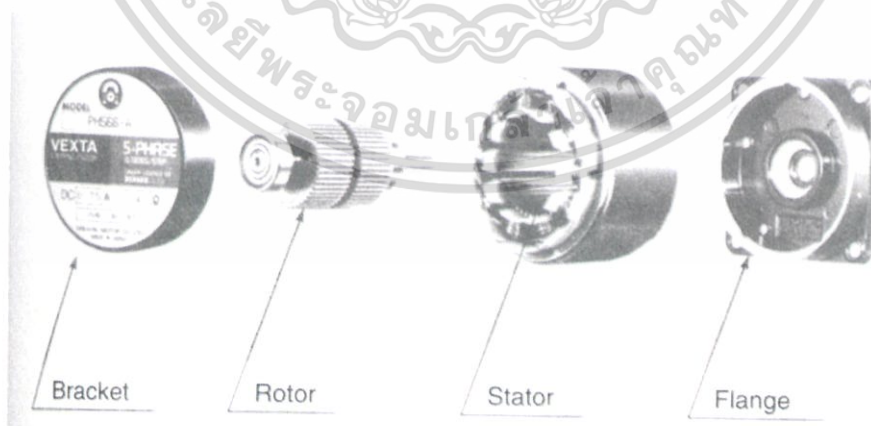
วิธีการขับ (Driving) หรือการกระตุ้นเฟส (Phase Excitation) ทำได้ดังนี้คือต่อปลายด้าน Common เข้ากับแหล่งจ่ายไฟขั้วบวก (+) แล้วทำการสวิตซ์ให้ปลายด้าน A , B , C ต่อลงกราวด์ (Ground) ตามลำดับ ทีละปลายแล้วทำเช่นนี้เรื่อยไป แต่ถ้าต้องการให้หมุนกลับก็สวิตซ์ย้อนกลับ



รูปที่ 2.4 โครงสร้าง Stepping Motor แบบแปรค่าความต้านทานของสนามแม่เหล็กได้และ
สัญลักษณ์

- แบบผสม (Hybrid: HB)

ใช้หลักการทำงานของทั้งสองแบบมาออกแบบโดยที่สเตเตอร์จะคล้ายกับแบบแปรค่าความต้านทานของสนามแม่เหล็กได้ - ซึ่งจะมีขดลวดอยู่สองขดและขดลวดทั้งสองจะพันอยู่ที่ขั้วเดียวกันในลักษณะของสองภาวะขั้ว (Bipolar) - ซึ่งจะทำให้ขั้วแม่เหล็กมีความต่างกันขณะที่มีการกระตุ้นแต่ละครั้ง ส่วนโรเตอร์จะคล้ายแบบแม่เหล็กถาวร รูปร่างทรงกระบอกตามยาวอยู่ในแกนเหล็กของโรเตอร์ เพื่อใช้สร้างสนามแม่เหล็กขั้วเดียว โดยที่แต่ละขั้วของแม่เหล็กจะถูกล้อมรอบด้วยฟันเหล็กอ่อน ฟันของโรเตอร์กับสเตเตอร์จะอยู่ในตำแหน่งที่เหลื่อมกันอยู่ 90 องศา มอเตอร์แบบนี้นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมเพราะแรงบิดสูง ความละเอียดของสเต็ปในการหมุนสูง ความเร็วสูงกว่าสองแบบที่กล่าวมาแล้ว มอเตอร์ชนิดนี้โดยปกติจะมีขนาด 2 เฟส ถึง 5 เฟส และมอเตอร์ชนิดนี้ได้มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพเหนือกว่าเดิมไปอีกโดยให้ชื่อว่า "Enhanced Hybrid"



รูปที่ 2.5 Stepping Motor แบบไฮบริดจขนาด 5 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการการทำงานของ Stepping Motor แบบไฮบริดจ์ ที่แตกต่างจาก Stepping Motor แบบแปรค่าความต้านทานของสนามแม่เหล็กได้ก็คือ แรงบิดที่เกิดขึ้นจากสนามแม่เหล็กจะเพิ่มขึ้นอยู่กับกระแสที่ไหลผ่านขดลวดเพียงอย่างเดียว แต่จะขึ้นอยู่กับโครงสร้างของซี่ฟันด้วย ข้อดีของ Stepping Motor แบบไฮบริดจ์คือมีขนาดของสเต็ปเล็ก ทำให้มีความละเอียดของสเต็ปต่อรอบสูง นอกจากนี้ยังมีค่าของแรงบิดสูงกว่า Stepping Motor แบบแปรค่าความต้านทานของสนามแม่เหล็กได้ แต่ Stepping motor แบบแปรค่าความต้านทานของสนามแม่เหล็กได้จะมีแรงเฉื่อยทางกลไกน้อยกว่า

2.1.3 วิธีการขับ (Driving) หรือวิธีการกระตุ้นเฟส (Phase Excitation) ของ Stepping motor

การขับ Stepping Motor จะต้องมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณเพื่อส่งไปยังวงจรขับ Stepping Motor อีกทีหนึ่ง การสร้างสัญญาณนั้นจะต้องสร้างและเรียงลำดับของสัญญาณและยังต้องดูตำแหน่งของสายที่ต่อเข้ากับ Stepping Motor อีกด้วยซึ่งไม่เหมือนกับมอเตอร์กระแสตรง ข้อเสียอีกอย่างหนึ่ง Stepping Motor คือขีดจำกัดในความเร็ว โดยที่ Stepping Motor จะไม่สามารถหมุนเร็วมากๆได้ (แต่สามารถทำให้หมุนช้าๆได้)

การกระตุ้นเฟส Stepping Motor คือการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดที่สเตเตอร์ของแต่ละเฟสเพื่อทำให้มอเตอร์หมุนนั่นเอง โดยถ้าหากเราต้องการให้กระแสไหลในเฟสใดๆ ก็จะทำให้สถานะของเฟสนั้นๆเป็นสถานะลอจิก “1” การควบคุมการหมุนของ Stepping Motor สามารถทำได้ 3 วิธีดังนี้

- การควบคุมการหมุนแบบเฟสเดียว (Single Phase) หรือ Wave Drive

จะเป็นการป้อนกระแสไฟให้กับขดลวดของ Stepping Motor ทีละขด โดยจะป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไป โดยจะป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไปตามตาราง 2.1 (ตัวเลข 1 หมายถึงมีการจ่ายแรงดันให้กับขดลวด 0 คือไม่จ่ายแรงดันให้กับขดลวด) ดังนั้นกระแสที่ไหลในขดลวดจะทำการไหลในทิศทางเดียวกันทุกขด ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้แรงขับของ Stepping Motor มีน้อย จึงไม่เป็นที่นิยมใช้

ตารางที่ 2.1 ลำดับการป้อนกระแสแบบเฟสเดียวของ Stepping Motor

Step	Phase A	Phase B	Phase A'	Phase B'
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1
5	Back to Step 1			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การควบคุมการหมุนแบบสองเฟส (Two Phase) หรือ Full Step Drive

เป็นการป้อนกระแสไฟให้กับขดลวดของ Stepping Motor ทั้ง 2 ขด พร้อมๆกันไป และป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไป ตามตาราง 2.2 ดังนั้นจึงมีกระแสไหลในขดลวดของมอเตอร์มากขึ้นและจะทำให้มอเตอร์มีแรงบิดมากขึ้น ดังนั้นการกระตุ้นแบบนี้จึงต้องใช้กำลังไฟมากขึ้น

ข้อดี การที่เราจะเพิ่มจำนวนขดลวดที่ถูกระตุ้นจะทำให้แรงบิดได้มากกว่าแบบ Wave Drive ซึ่งมอเตอร์จะหมุนด้วยแรงดึงแบบเต็มๆแรงจาก ทั้ง 2 ขดลวดที่กระตุ้นพร้อมกัน

ข้อเสีย แบบ 2 เฟสจะกระตุ้นขดลวดนั้นต้องใช้กำลังไฟมากขึ้นเป็น 2 เท่าของแบบ Wave Drive

ตารางที่ 2.2 ลำดับการป้อนกระแสแบบสองเฟสของ Stepping Motor

Step	Phase A	Phase B	Phase A'	Phase B'
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1
5	Back to Step 1			

- การควบคุมการหมุนแบบครึ่งเฟส (Half Step)

เป็นการป้อนกระแสแบบ Two Phase และ Single Phase สลับกันไปตามตาราง

2.3 ซึ่งเป็นการเพิ่มความละเอียดของตำแหน่งในการหมุน แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นเฟสแบบนี้จะมีเพิ่มมากขึ้น เพราะช่วงของสเต็ปมีระยะสั้นลง ในการกระตุ้นแบบนี้จะต้องมีการกระตุ้นที่เฟสถึง 2 ครั้ง จึงจะได้ระยะของสเต็ปเท่ากับการกระตุ้นเพียงครั้งเดียวของแบบ 2 แบบแรก ความละเอียดของการหมุนตำแหน่งองศาต่อสเต็ปเป็นสองเท่าของแบบแรก ความถูกต้องของตำแหน่งที่กำหนดจึงมีมากขึ้นและต้องใช้กำลังไฟมากขึ้น

ตารางที่ 2.3 ลำดับการป้อนกระแสแบบครึ่งเฟสของ Stepping Motor

Step	Phase A	Phase B	Phase A'	Phase B'
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1
9	Back to Step 1			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วการหมุนของแกน Stepping Motor จะขึ้นอยู่กับการหน่วงเวลา (Time Delay) ในแต่ละลำดับ ถ้า Time Delay มีค่าน้อย แกนจะหมุนเร็วขึ้น ถ้า Time Delay มีค่ามาก แกนจะหมุนช้าและหมุนไม่สม่ำเสมอ

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

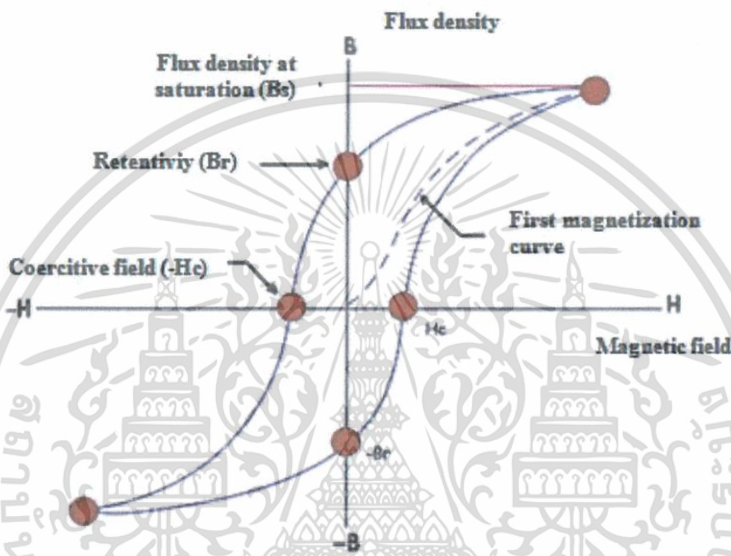
เครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรงเป็นเครื่องจักรที่ทำหน้าที่แปลงรูปพลังงานระหว่างพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงกับพลังงานกล โดยที่เครื่องจักรทำงานโดยการหมุนตัวหมุน (Rotor) เมื่อเครื่องจักรแปลงรูปพลังงานกลไปเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเรียกว่า “เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (DC Generator)” และถ้าเครื่องจักรแปลงรูปพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงไปเป็นพลังงานกลเรียกว่า “มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor)”

[3] มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำหน้าที่แปลงรูปพลังงานจากพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงไปเป็นพลังงานกล โดยเมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงเข้าส่วนที่เป็นอาร์มาเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและซีคอมมิวเตเตอร์กับแปรงถ่านจะทำหน้าที่จัดเรียงกระแสที่ไหลเข้าขดลวดอาร์มาเจอร์ ซึ่งกระแสที่จัดเรียงจะมีลักษณะภายใต้ขั้วแม่เหล็กหนึ่งไหลทิศทางหนึ่งและภายใต้ขั้วตรงข้ามกระแสจะไหลในทิศตรงข้าม ผลที่ได้คือ แรงบิดที่เกิดจากสนามแม่เหล็กทั้งสองขั้วแม่เหล็กที่อยู่ตรงข้ามกันจะมีแรงบิดที่เสริมกัน ส่วนขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กขึ้นในบริเวณที่ต้องการ ซึ่งอาจจะสร้างโดยขดลวดกระตุ้นสนามแม่เหล็ก (Field excited coil) ที่มีการป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นให้เกิดสนามแม่เหล็กหรือใช้แม่เหล็กถาวร (Permanent magnet) เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดสนามแม่เหล็ก

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับลักษณะของการสร้างขั้วแม่เหล็ก

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขั้วแม่เหล็กถาวร (Permanent magnet poles) ซึ่งขั้วแม่เหล็กชนิดนี้จะมีแม่เหล็กถาวรเป็นตัวให้แรงเคลื่อนทางแม่เหล็ก (mmf) เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กต่อขั้ว (ϕ) โดยแม่เหล็กถาวรเป็นสารแม่เหล็กที่มีความหนาแน่นของสนามแม่เหล็กตกค้างอยู่ (Permanent magnetic flux density หรือ Residual magnetic flux density : B_r) อยู่ในแกนเหล็กสูงเพียงพอที่จะนำไปใช้งานโดยไม่ต้องป้อนกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็ก ทำให้ลดความจำเป็นที่จะต้องเป็นมีขดลวดกระตุ้นสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดข้อดีคือ ไม่ต้องมีวงจรของขดลวดกระตุ้นสนามแม่เหล็ก ซึ่งส่งผลให้ขนาดของมอเตอร์จะเล็กกว่าแบบขดลวดกระตุ้นสนามแม่เหล็ก และไม่มี ความสูญเสียจากวงจรสร้างสนามแม่เหล็ก ส่งผลให้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและลดความร้อนของมอเตอร์ แต่มีข้อเสียคือ สร้างขนาดใหญ่ได้ยาก ไม่สามารถควบคุมสนามแม่เหล็ก และมีการเสื่อมและลดลงของสนามแม่เหล็ก

ลักษณะของแกนเหล็กที่เป็นแม่เหล็กถาวรถ้าดูจาก Hysteresis loop ของแกนเหล็กใน Quadrant ที่ 2 ดังรูปที่ 2.6 จะมีค่าความหนาแน่นของสนามแม่เหล็กตกค้าง (B_r) สูงและต้องใช้ค่า Coercive magnetic field intensity (H_c) สูงในการที่จะทำให้สนามแม่เหล็กมีค่าเป็นศูนย์ ถ้ากระแสอาร์มาเจอร์มีค่าสูงมากๆ มีโอกาสเสี่ยงที่แรงเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้าจากอาร์มาเจอร์จะทำให้สนามแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผิดเพี้ยนได้ทำให้ความเป็นแม่เหล็กถาวรลดลงและความหนาแน่นสนามแม่เหล็กตกค้างเปลี่ยนไป การผิดเพี้ยนของสนามแม่เหล็กอาจทำให้เกิดความร้อน ซึ่งเกิดขึ้นได้ระหว่างที่มีการต่อโหลดเกินพิกัดเป็นเวลานานๆ



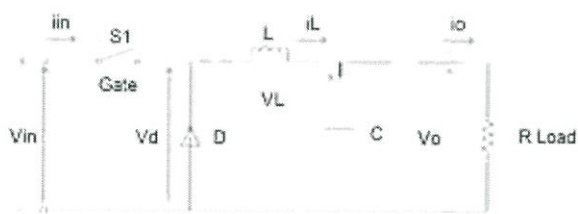
รูปที่ 2.6 Hysteresis loop ของแกนเหล็กที่มีความเป็นแม่เหล็กถาวร

2.3 Step down converter

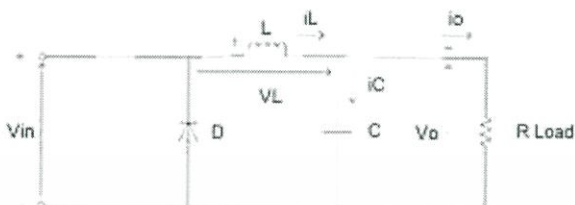
[4] วงจร Step down converter หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Buck converter เป็นวงจรที่ลดแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำลงเพื่อเหมาะสมกับการใช้งาน โครงสร้างของวงจรประกอบด้วยสวิตช์ที่สามารถสั่งให้ ON หรือ OFF ได้ทุกขณะตามที่เรารต้องการ ในทางปฏิบัติสวิตช์ที่ใช้ในวงจรจริงคือ อุปกรณ์สวิตซ์เช่น BJT, MOSFET, ฯลฯ นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบอื่นๆอีกคือ Condenser, Inductance และ Diode

เมื่อวงจรประกอบด้วยสวิตช์ที่มีการ ON หรือ OFF เกิดขึ้นจะต้องทำการแยกวงจรออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ ON หรือ OFF เนื่องจากวงจรที่แตกต่างกัน สิ่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือการกำหนดทิศทางการไหลของกระแสและแรงดันที่ตกคร่อมบนอุปกรณ์ทุกตัว ไม่ว่าสวิตช์จะอยู่ในสถานะ ON หรือ OFF จะต้องมีทิศทางเดียวกันเสมอ มิฉะนั้นขั้วของกระแสและแรงดันไฟฟ้าจะไม่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) Step down DC-DC converter



(b) Switch ON circuit



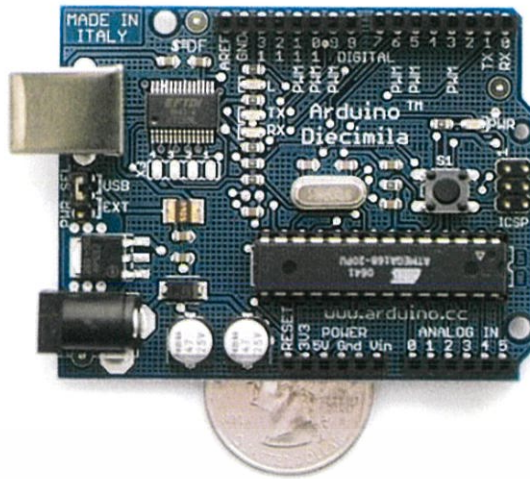
(c) Switch OFF circuit

รูปที่ 2.7 วงจร Step down converter

2.4 ทฤษฎีบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

[5] Arduino คือเครื่องมือที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกและส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าใช้เครื่องพีซีตั้งโต๊ะ ตัวบอร์ดออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์ชิพเดียวและมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับเขียนโปรแกรมให้บอร์ดทำงาน

Arduino สามารถประยุกต์ทำเครื่องใช้อัจฉริยะ รับสัญญาณจากสวิทช์ หรือ เซนเซอร์และควบคุม หลอดไฟ, มอเตอร์, หรืออุปกรณ์อื่นๆ Arduino เป็นได้ทั้งแบบทำงานอิสระหรือทำงานติดต่อกับโปรแกรมที่ทำงานบนเครื่องพีซี ตัวบอร์ดสามารถประกอบขึ้นใช้เองหรือจะซื้อสำเร็จที่มีขาย ส่วนโปรแกรมพัฒนา Arduino สามารถดาวน์โหลดได้ฟรี



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างบอร์ด Arduino รุ่น Uno R3

2.4.1 เหตุผลที่ใช้บอร์ด Arduino

ในตลาดไมโครคอนโทรลเลอร์มีตัวเลือกมากมาย เช่น Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Pidgets, MIT's Handyboard, และอีกหลายบริษัทที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน คือทำให้ใช้งานง่ายและเน้นการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก Arduino ก็เช่นเดียวกันแต่มีข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดคือ

- ราคาไม่แพง
- ทำงานได้หลายแพลตฟอร์ม - โปรแกรมพัฒนา Arduino ทำงานได้ทั้งบนวินโดวส์, Macintosh OSX, และ บนลินุกซ์ ในขณะที่บอร์ดอื่นทำงานได้เฉพาะบนวินโดวส์
- ใช้งานง่าย, มีโปรแกรมพัฒนาที่ไม่ซับซ้อน - โปรแกรมพัฒนา Arduino ใช้งานง่ายสำหรับมือใหม่และมีความสามารถครบความต้องการ
- เปิดเผยแพร่โค้ด และ นำไปพัฒนาต่อยอดได้ - โปรแกรม Arduino ดีพิมพ์แบบเปิดเผยซอร์สโค้ด และสามารถเพิ่มเติมความสามารถผ่าน C++ library, ถ้าต้องการศึกษาให้ลึกซึ่งสามารถเข้าไปเล่น AVR C ซึ่งเป็นต้นแบบของ Arduino, และสามารถเพิ่มเติม AVR - C โค้ดได้โดยตรงถ้าต้องการ
- เปิดเผยแพร่ และ นำไปพัฒนาขยาย hardware ได้ - Arduino ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของ Atmel เบอร์ ATMEGA8 และ ATMEGA168 วงจรของบอร์ดดีพิมพ์แบบเปิดเผยวงจรภายใต้ Creative Commons License คุณสามารถนำไปดัดแปลงต่อยอดและเพิ่มประสิทธิภาพเพื่อศึกษาการทำงานได้ฟรี [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 คุณสมบัติของบอร์ดโดยทั่วไป

1. ATmega328P-PU, รั้นที่ความเร็ว 16.00 MHz
2. บนบอร์ดจะมีสอง LED, ใช้แสดง power และที่ pin 13 สำหรับทดสอบและอีกสอง LED ที่แสดงผล TX, RX
3. Pin บนบอร์ดเป็นแบบมาตรฐานตามบอร์ดของ Arduino ประกอบไปด้วย Digital 0 thru 13, Analog 0 thru 5, ARef, 5V, Ground, Vin and Reset
4. 6-pin standard ICSP header
5. Auto-reset capability

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติของบอร์ด Arduino

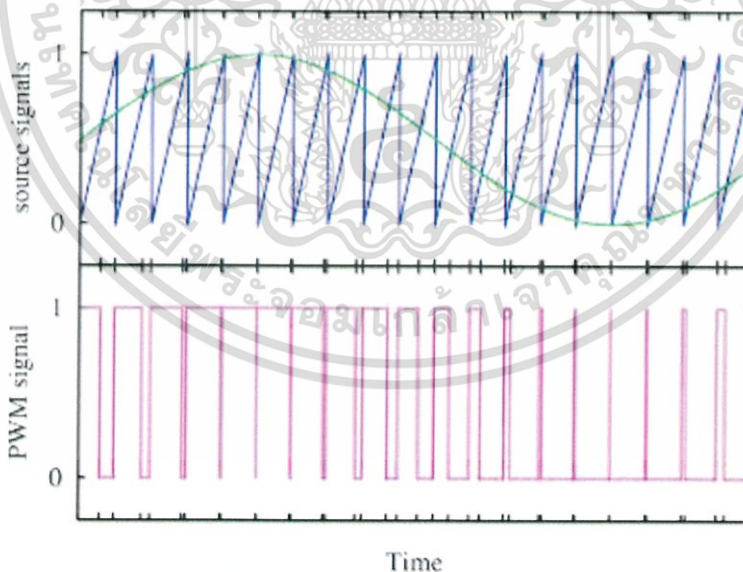
ไมโครคอนโทรลเลอร์	ATmega328
แรงดันไฟฟ้า	5V
แรงดัน (แนะนำ)	7-12V
แรงดันอินพุต (จำกัด)	6-20V
ดิจิตอล I/O Pins	14 pins (ที่ 6 ให้ผลผลิต)
Pins อนุาล็อกอินพุต	6 pins
กระแสตรงที่ I/O pins	40 มิลลิแอมป์
หน่วยความจำแฟลช	32 กิโลไบต์ (ATmega328) ที่ 0.5 กิโลไบต์ โดยใช้ bootloader
SRAM	2 กิโลไบต์ (ATmega328)
EEPROM	1 กิโลไบต์ (ATmega328)
ความเร็วสัญญาณนาฬิกา	16 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย PWM ใน Arduino

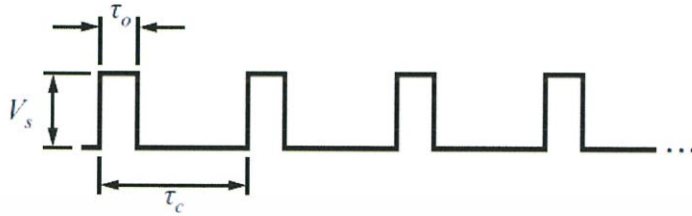
การที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะเกิดการหมุนได้นั้นจะต้องจ่ายแรงดันให้ชุดขดลวดภายในมอเตอร์ 2 ชุดคือ ชุดขดลวดกระตุ้นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และชุดขดลวดอาร์มาเจอร์ โดยการควบคุมการหมุนของมอเตอร์นั้นทำได้โดยการควบคุมปริมาณการเสที่จ่ายเข้ากับขดลวดทั้ง 2 ชุด ซึ่งอาจทำได้โดยใช้รีโอสตต์ปรับค่าได้ แต่การใช้รีโอสตต์จะทำให้มีการสูญเสียกำลังงานไปกับรีโอสตต์ อีกทั้งยังมีปัญหาเรื่องแรงบิดที่ได้จากมอเตอร์มีค่าน้อย ทางผู้วิจัยจึงได้นำการควบคุมโดยใช้หลักการพัลส์วิดิมอดูเลชัน (Pulse Width Modulation) มาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งเป็นวิธีการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่นิยมใช้กันแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงสามารถปรับแรงดันได้อย่างละเอียด เกิดการสูญเสียทางกำลังไฟฟ้าต่ำ และยังให้แรงบิดของมอเตอร์ในรอบต่างๆได้ อีกทั้งขนาดของวงจรควบคุมก็มีขนาดเล็กเนื่องจากใช้วงจรอิเลกทรอนิกส์ในการควบคุม

PWM [7] ย่อมาจาก Pulse Width Modulation หรือ การปรับความกว้างของพัลส์โดยการนำเอาสองสัญญาณมาเปรียบเทียบกัน โดยสัญญาณแรกคือสัญญาณพาหะ (Carrier signal) ซึ่งเป็นสัญญาณรูปสามเหลี่ยมและอีกสัญญาณคือ สัญญาณที่ต้องการปรับความกว้างของพัลส์ (Modulating signal) ยกตัวอย่างเช่น สัญญาณรูปคลื่นไซน์ โดยสัญญาณที่ได้จากการนำสองสัญญาณข้างต้นมารวมกันจะมีขนาดแอมพลิจูดเท่ากับกับสัญญาณมอดูเลทและมีขนาดความถี่และความกว้างของพัลส์เท่ากับสัญญาณพาหะ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 หลักการสร้างสัญญาณ PWM

[8] โดยการปรับแรงดันของสัญญาณ Output ปรับได้โดยการปรับ Duty Cycle โดยที่ Duty Cycle คืออัตราส่วนของเวลาที่จ่ายแรงดันต่อเวลา 1 คาบของสัญญาณพหุระ ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การปรับ Duty Cycle ของสัญญาณพหุระ

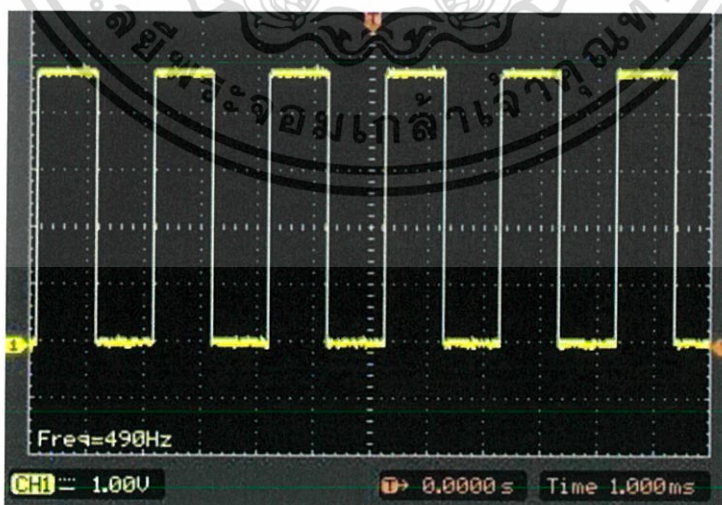
[9] โดยแรงดันที่ได้จะเป็นสัดส่วนกับค่า Duty Cycle ดังสมการต่อไปนี้

$$V_{eff} = V_s \frac{\tau_o}{\tau_c} \quad (2.1)$$

โดยค่า $\frac{\tau_o}{\tau_c}$ คือ Duty Cycle

2.5.1 การใช้ PWM ใน Arduino

ในการกำเนิดสัญญาณ PWM ในบอร์ด Arduino เราใช้คำสั่ง analogWrite เช่น analogWrite (3, 128) หมายถึงการเขียนให้ออก Port 3 โดยมีสัดส่วน Duty Ratio คือ 128/256 หรือ 50% ซึ่งสัญญาณที่ได้จะมีลักษณะดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การกำเนิดสัญญาณ PWM โดยใช้คำสั่ง analogWrite ที่ Duty cycle 50 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การทดรอบความเร็วของมอเตอร์โดยใช้เฟืองทด

ในการออกแรงโยกฟัน กำลังงานที่ต้องใช้ในการโยกฟันต้องมีขนาดมากพอสมควร หากจะเลือกมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ให้เพียงพอกับแรงที่ต้องการนั้น จะต้องใช้มอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งทำให้การนำไปใช้งานนั้นไม่สะดวก ดังนั้นจึงได้มีการนำทฤษฎีเฟืองทดเข้ามาประยุกต์ใช้กับงานนี้เพื่อลดขนาดของมอเตอร์โดยยังส่งผ่านแรงบิดเท่าเดิม อีกทั้งยังเป็นการลดความเร็วรอบของการหมุนให้เหมาะสมกับลักษณะของงานที่ใช้ในการโยกฟันอีกด้วย

[10] จากกฎอนุรักษ์พลังงาน

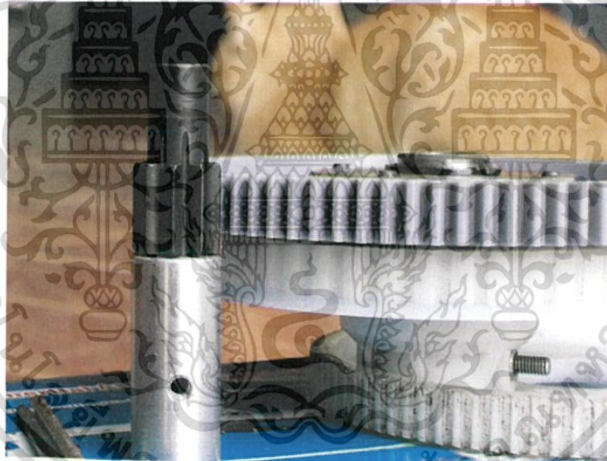
$$P_{1(\text{watt})} = P_{2(\text{watt})} \quad (2.2)$$

$$T_{1(N-m)} \omega_{1(\text{rad/s})} = T_{2(N-m)} \omega_{2(\text{rad/s})} \quad (2.3)$$

คิดจากความเร็วเชิงเส้นของเฟืองทดจะได้

$$V_{1(m/s)} = V_{2(m/s)} \quad (2.4)$$

$$r_{1(m)} \cdot \omega_{1(\text{rad/s})} = r_{2(m)} \cdot \omega_{2(\text{rad/s})} \quad (2.5)$$



รูปที่ 2.12 เฟืองที่รัศมีต่างกันซึ่งให้ความเร็วเชิงมุมที่ต่างกัน

อัตราทดที่ได้เท่ากับ

$$N = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{r_1}{r_2} \quad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ชุดฟันเฟือง (Gear box) ที่ใช้ในการทดรอบความเร็ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบชิ้นงาน

3.1 การทดลองหาขนาดแรงบิดเพื่อเลือกขนาดของมอเตอร์

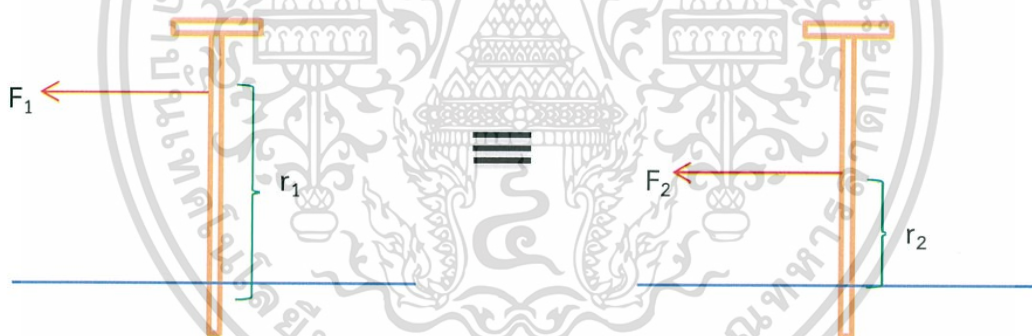
จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อหาขนาดของแรงบิดที่ใช้ในการโยกตะปู (อ้างอิงกับแรงยึดของพิน) เพื่อใช้ในการเลือกขนาดของมอเตอร์

2. เพื่อพิสูจน์ว่าการออกแรงดึงที่ระยะต่างๆกัน ให้แรงบิดที่เท่ากัน

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การเลือกคุณสมบัติของมอเตอร์ที่มีขายในท้องตลาดนั้นส่วนใหญ่แล้วจะบอกขนาดของมอเตอร์เป็นแรงบิด ซึ่งมีหน่วยเป็น นิวตัน.เมตร จึงออกแบบการทดลองโดยมีแรง F ซึ่งมีหน่วยเป็น นิวตัน กระทำกับตะปูที่ระยะ R ซึ่งมีหน่วยเป็น เมตร โดยจากทฤษฎีแล้ว หากออกแรงที่ระยะแขนของแรงน้อยจะใช้แรงมาก แต่ออกแรงที่ระยะแขนของแรงมากจะใช้แรงน้อย ซึ่งหากจับแรง F มากคูณกับระยะ R แล้วจะได้เป็น นิวตัน.เมตร ที่เท่ากัน จากนั้นเราก็จะนำ นิวตัน.เมตร ที่ได้มาเลือกขนาดของมอเตอร์



สมมติฐานการทดลอง

$$F_1 r_1 = F_2 r_2$$

N.m

เลือกขนาดของมอเตอร์

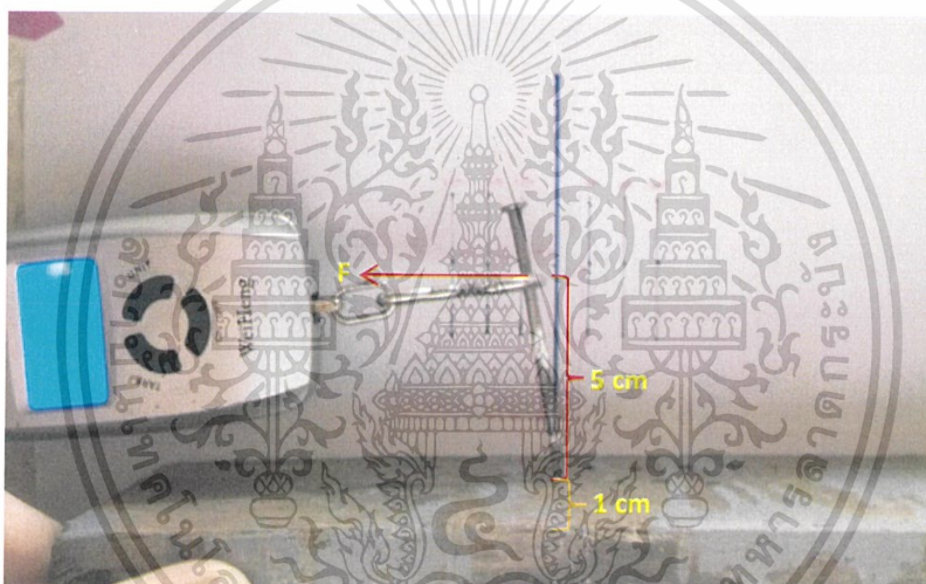
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|--------------------------|-----------|
| 1. ตาชั่งสปริงแบบดิจิตอล | 1 เครื่อง |
| 2. ตะปู | 4 ดอก |
| 3. ค้อนตอกตะปู | 1 อัน |
| 4. ท่อนไม้แข็ง | 1 ท่อน |

วิธีการทดลอง

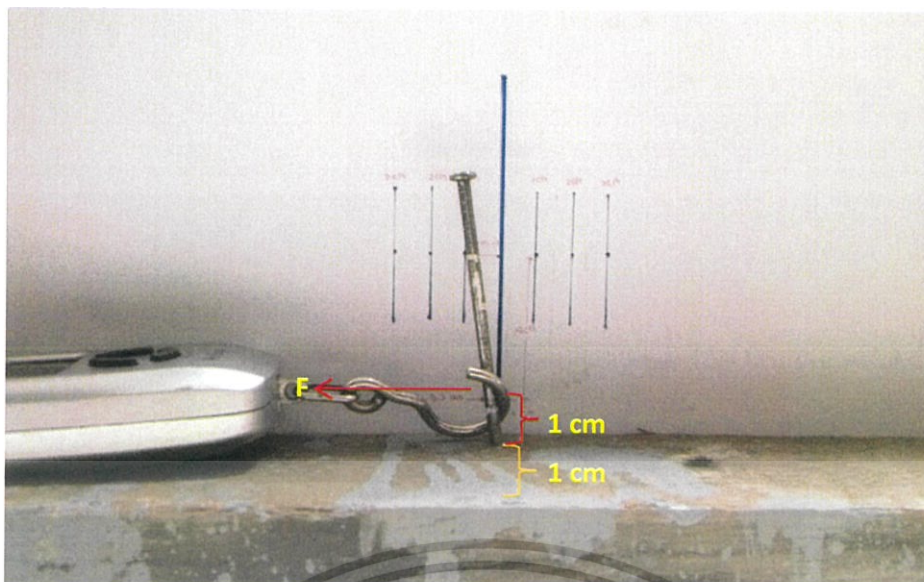
1. ตอกตะปูลงไปในท่อนไม้ ลึก 1 ซม.
2. ใช้ตาชั่งสปริงออกแรงดึงตะปูที่ระยะ 5 ซม. จากท่อนไม้ ให้โยกจากจุดอ้างอิง 1 ซม. (ดังรูปที่ 3.1)
3. อ่านค่าที่วัดได้แล้วบันทึกผล ทำการทดลองซ้ำอีก 3 ครั้ง โดยการเปลี่ยนตะปู



รูปที่ 3.1 การออกแรงดึงที่ระยะ 5 ซม.

4. ใช้ตาชั่งสปริงออกแรงดึงตะปูที่ระยะ 1 ซม. จากท่อนไม้ ให้โยกจากจุดอ้างอิง 1 ซม. (ดังรูปที่ 3.2)
5. อ่านค่าที่วัดได้แล้วบันทึกผล ทำการทดลองซ้ำอีก 3 ครั้ง โดยการเปลี่ยนตะปู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 การออกแรงดึงที่ระยะ 1 ซม.

ตารางที่ 3.1 ผลการทดลองของการหาขนาดแรงบิดเพื่อเลือกขนาดของมอเตอร์

การทดลอง ครั้งที่	แรงที่ได้จากการดึงที่ระยะ 5 ซม. (Kg)	แรงที่ได้จากการดึงที่ระยะ 1 ซม. (Kg)
1	3.3	9.6
2	2.4	8.2
3	3.0	8.9
4	3.1	9.0
เฉลี่ย	2.950	8.925

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ที่ระยะ 5 ซม.

จากการทดลองออกแรงที่ระยะ 5 ซม. ได้แรงออกมา 2.950 Kg

$$F_2 = 2.950 \times 9.81 = 28.940 \text{ N}$$

แรงบิดที่ใช้ในการโยกตะปูที่ระยะ 5 ซม. เหนือท่อนไม้

$$F_2 r_2 = 28.940 \times (0.01 + 0.05) = 1.736 \text{ N.m}$$

ที่ระยะ 1 ซม.

จากการทดลองออกแรงที่ระยะ 1 ซม. ได้แรงออกมา 8.925 Kg

$$F_1 = 8.925 \times 9.81 = 87.554 \text{ N}$$

แรงบิดที่ใช้ในการโยกตะปูที่ระยะ 1 ซม. เหนือท่อนไม้

$$F_1 r_1 = 87.554 \times (0.01 + 0.01) = 1.751 \text{ N.m}$$

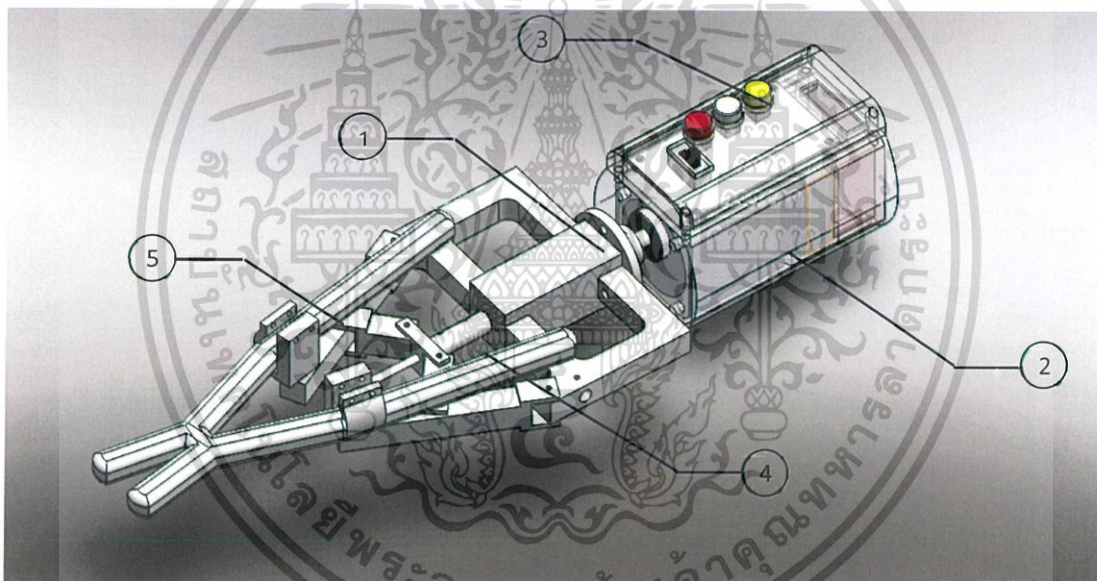
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า การออกแรงดึงที่ระยะ 1 ซม. จะใช้แรงมากกว่าที่ระยะ 5 ซม. แต่เมื่อนำแรงที่ได้คูณกับระยะแขนของแรงจะได้แรงบิดที่เท่ากันไม่ว่าจะดึงจากระยะไหน ซึ่งมีค่าประมาณ 1.740 N.m

3.2 การออกแบบชิ้นงานทางกล

ในการออกแบบชิ้นงานทางกลครั้งนี้ ทางผู้วิจัยออกแบบผ่านโปรแกรม Solid Work ก่อนที่จะสั่งทำชิ้นงานจริง ซึ่งโปรแกรม Solid Work เป็นโปรแกรมออกแบบชิ้นงาน 3 มิติ ช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพด้านงานออกแบบได้ดี โดยการจำลองชิ้นงานผ่านโปรแกรม Solid Work มีประโยชน์ช่วยให้สามารถมองเห็นภาพชิ้นงานก่อนสร้างจริง อีกทั้งยังช่วยจำลองการเคลื่อนที่ตามกลไกต่างๆ ให้ผู้วิจัยได้เห็นการเคลื่อนที่ที่จำลองและสามารถแก้ไขความผิดพลาดต่างๆ ได้

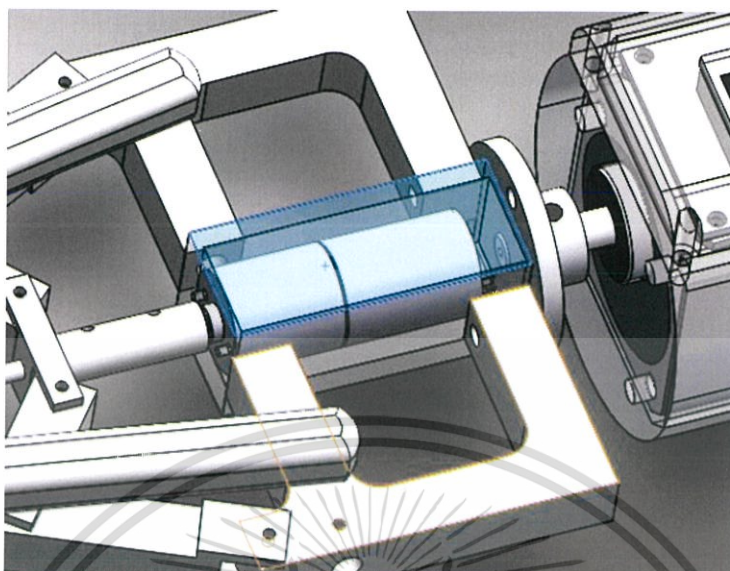


รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบต่างๆของการออกแบบชิ้นงานทางกล

1. DC Motor: ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานให้เคลื่อนที่ในทิศทางการบีบ
2. Stepping Motor: ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานให้เคลื่อนที่ในทิศการหมุน
3. Switch Control: ทำหน้าที่รับคำสั่งการทำงานจากผู้ใช้งาน แล้วส่งไปยังอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อสั่งมอเตอร์ให้ทำงานต่อไป
4. แกนหมุน: เป็นกลไกการทำงานที่เปลี่ยนการหมุนของ DC Motor ให้เป็นการเคลื่อนที่แบบบีบ โดยเมื่อ DC Motor หมุน แกนหมุนจะเคลื่อนที่ไหลลงตามเกลียวของน็อต
5. จุดยึดคีม: ทำหน้าที่จับยึดคีมทันตรกรรมเข้ากับตัวชิ้นงาน

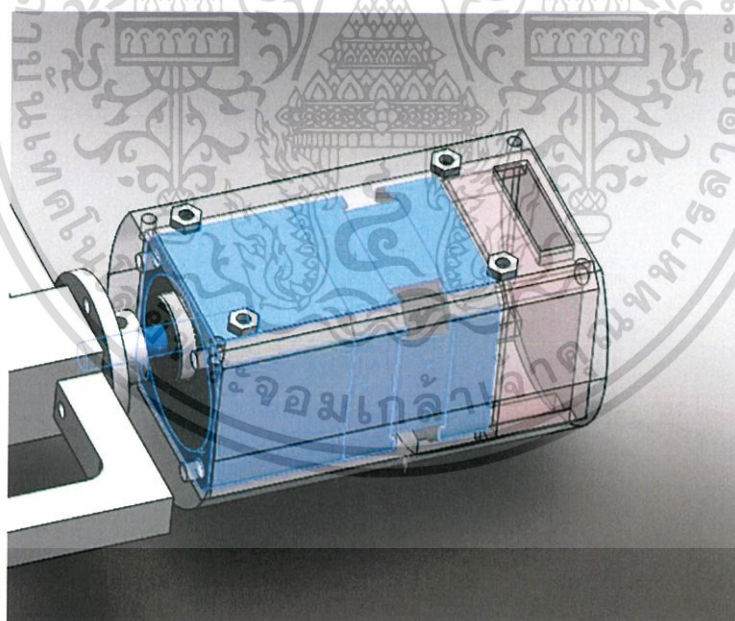
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 แสดงชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ ของชิ้นงาน



รูปที่ 3.4 DC Motor

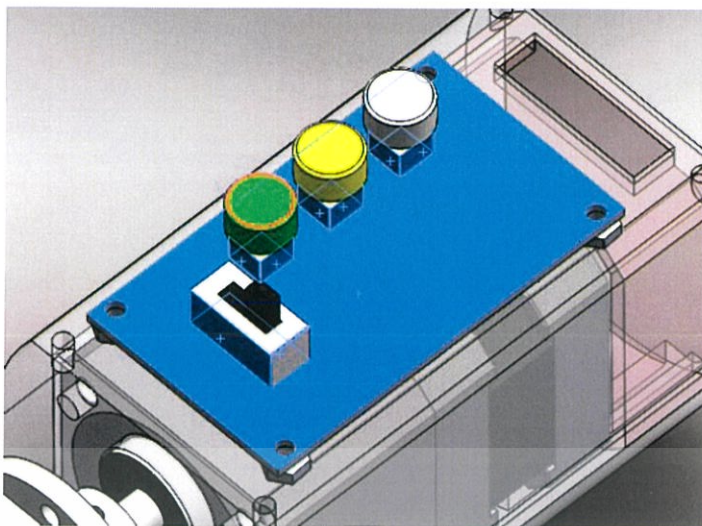
- DC Motor พิกัด 6V พร้อมเฟืองทดรอบการหมุน ความเร็ว 100 rpm



รูปที่ 3.5 Stepping Motor

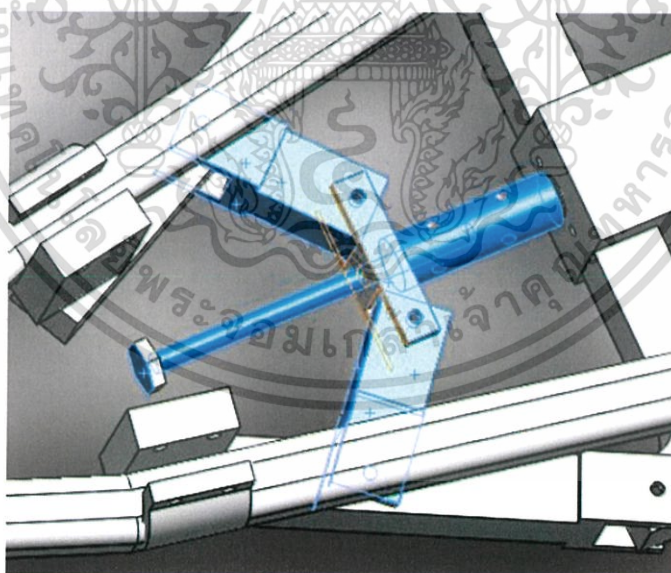
- 5-phase Stepping Motor รุ่น PK543AW-T30 ทำงานร่วมกับ Driver 24 Vdc input Microstep drive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 Switch Board

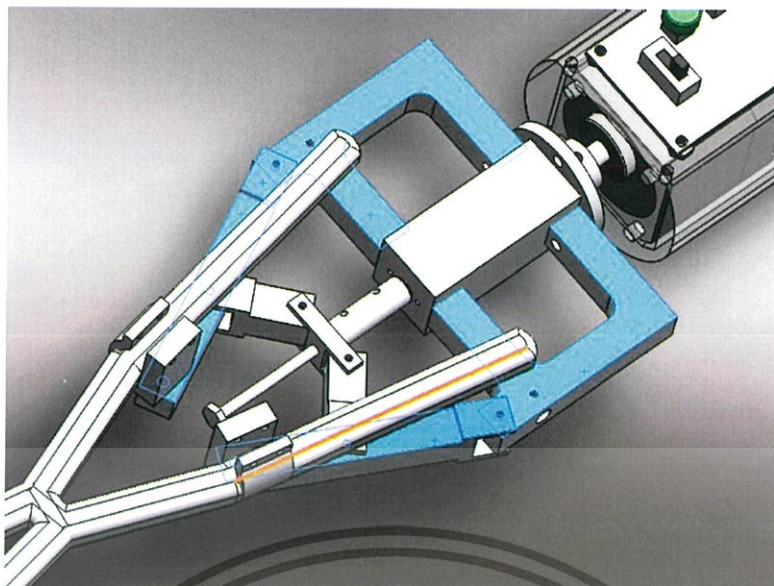
- แผง Switch Board ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์โดย
 - ปุ่มสีเขียวควบคุมให้อุปกรณ์หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา
 - ปุ่มสีเหลืองควบคุมให้อุปกรณ์หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา
 - ปุ่มสีขาวสั่งหยุดการทำงานและรีเซ็ตอุปกรณ์เคลื่อนที่กลับตำแหน่งเดิม
 - สวิตช์สองทางเปลี่ยนโหมดการทำงานระหว่าง DC Motor และ Stepping Motor



รูปที่ 3.7 แกนหมุน DC Motor

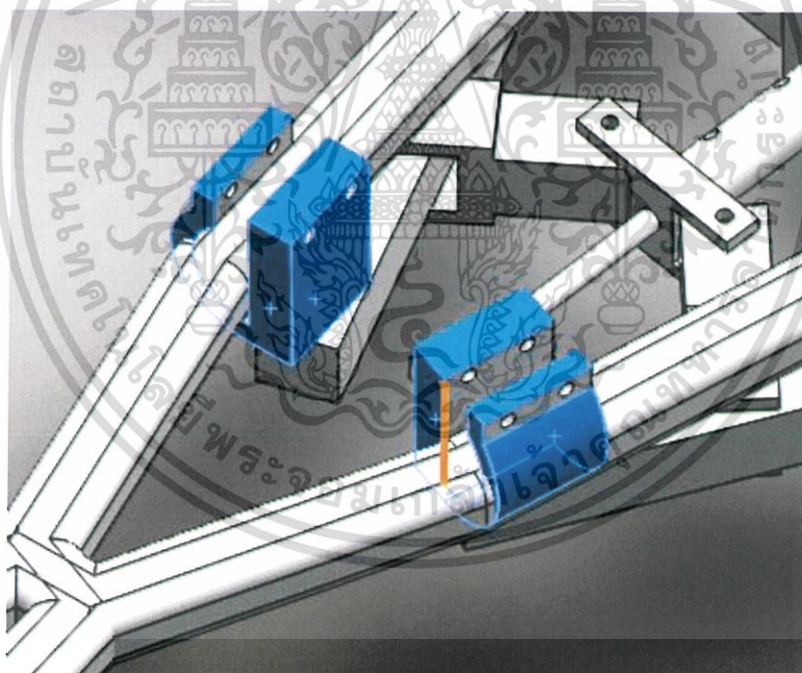
- ทำหน้าที่เปลี่ยนการหมุนของมอเตอร์เป็นการเคลื่อนที่ตามแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 คานรับน้ำหนัก

- ทำหน้าที่รับน้ำหนักตัวคีมและเป็นแขนให้คีมเคลื่อนที่ได้



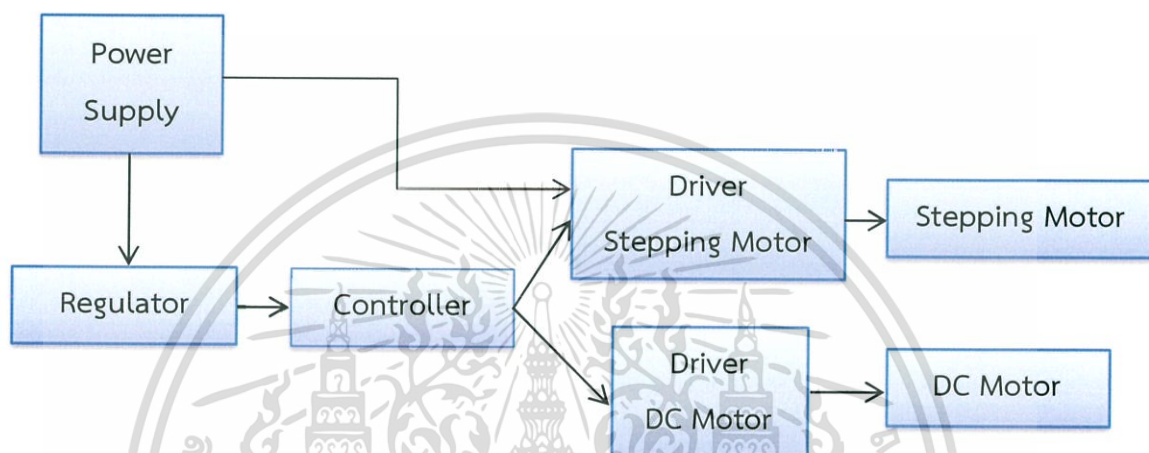
รูปที่ 3.9 จุดจับยึดคีมกันตรกรรม

- ทำหน้าที่จับยึดคีมกันตรกรรมเข้ากับอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบชิ้นงานทางไฟฟ้า

การออกแบบชิ้นงานในส่วนของไฟฟ้า จะใช้ไฟฟ้ากระแสสลับจากบ้าน 220 Vac และใช้ Power Supply แปลงไฟฟ้าจากกระแสสลับเป็นกระแสตรง 24 Vdc จ่ายให้กับ Driver Stepping Motor และ Regulator เพื่อแปลงให้มีแรงดัน 5V สำหรับ Controller ใช้ควบคุม เครื่องมือผ่อนแรงคีมถอนฟันและแรงดันไฟฟ้า 6V สำหรับ Driver DC motor ซึ่งใช้ IC : L293D ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 3.10 แผนผังการทำงานของชิ้นงานทางไฟฟ้า

3.3.1 Regulator ที่นำมาใช้ในการออกแบบ

Regulator ที่ใช้คือ LM2596 DC-to-DC Step down Converter Module โดยมีแรงดันไฟฟ้าขาเข้าอยู่ในช่วง 4-35 V แรงดันไฟฟ้าขาออกอยู่ในช่วง 1.25-35 V และกระแสไฟฟ้าขาออกสูงสุด 3 A



รูปที่ 3.11 Regulator LM2596 DC-to-DC Step down Converter Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 Stepping Motor ที่นำมาใช้ในการออกแบบ

Stepping Motor ที่นำมาใช้งานเป็นของยี่ห้อ Oriental Motor รุ่น PK543AW-T30 โดยขดลวดเป็นลักษณะการต่อแบบ Pentagon คือมีห้าขดลวดเชื่อมต่อกันทั้งหมด

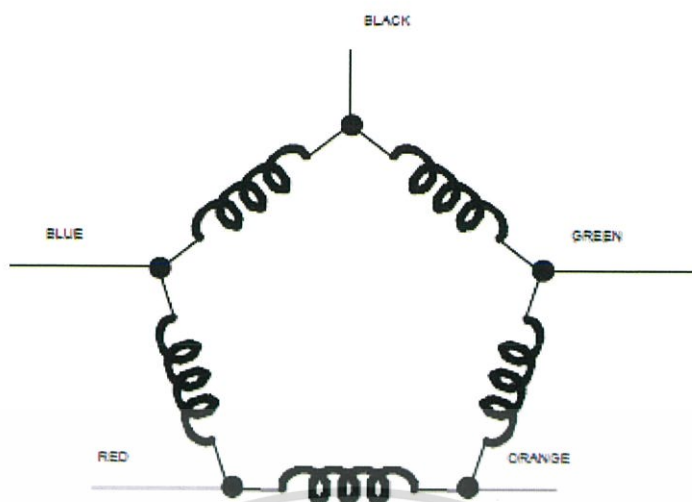
เป็น Stepping Motor ที่มีมุม 0.36° และ 0.72° ต่อสเต็ป ซึ่งขดลวดจะพันอยู่ที่ขั้วเดียวกันในลักษณะ Bipolar ดังนั้นการกำหนดค่าใหม่ของการต่อขดลวดแบบ Pentagon จึงจำเป็นต้องมีไดรฟ์เวอร์ที่เป็นแบบ Bipolar ด้วย ซึ่งไดรฟ์เวอร์แบบ Bipolar จะทำให้ Stepping Motor สามารถทำการขับเคลื่อนมอเตอร์หรือการกระตุ้นเฟสในแบบ Full Step และ Half Step หรือแม้กระทั่ง Microstep ได้ โดยขณะนั้นจะมั่นใจได้ว่าแรงบิดสูงสุดจะถูกสร้างขึ้นโดยมอเตอร์ในทุกสเต็ปของการหมุน นอกจากนี้ยังมีวิธีสำหรับการหมุนแต่ละสเต็ปที่ราบเรียบมากขึ้นเช่นเดียวกับการรักษาแรงบิดให้คงที่และสเต็ปของการหมุนที่ถูกต้องและแม่นยำ

Stepping Motor ที่มีการต่อขดลวดแบบ Pentagon และวงจรขับนี้สามารถที่จะใช้งานได้ตรงตามประสิทธิภาพ เนื่องจากมอเตอร์นี้ขดลวดจะเชื่อมโยงกันหมดทั้งห้าขด ดังแสดงในรูปที่ 3.13

เมื่อทุกขดลวดเชื่อมโยงกันทั้งหมด จะมีเพียงหนึ่งขดลวดที่ต้องการพลังงานสำหรับให้ Stepping Motor ทำงานได้ โดยต้องการหนึ่งวงจรในการควบคุมมอเตอร์ วงจรขับนี้สามารถควบคุมปริมาณของกระแสที่เข้าไปใน Stepping Motor ได้ ซึ่งทำให้มีแรงบิดที่คงที่และตำแหน่งมีความถูกต้องแม้ในขณะที่มีการหมุนแบบ Microstep เพิ่มขึ้น



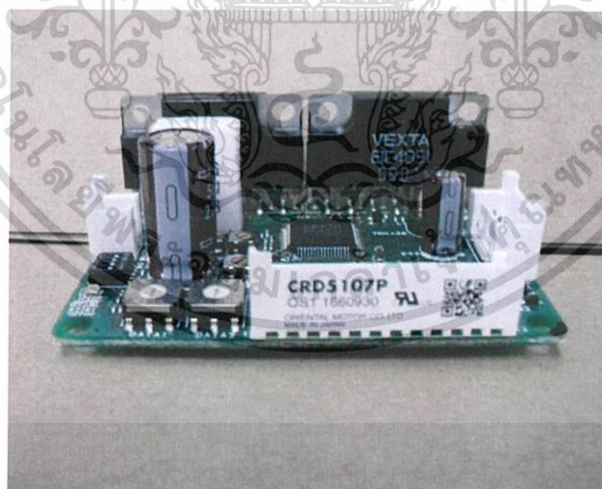
รูปที่ 3.12 Stepping Motor ยี่ห้อ Oriental Motor รุ่น PK543AW-T30



รูปที่ 3.13 การต่อขดลวดแบบ Pentagon ของ Stepping Motor

3.3.3 Driver Stepping Motor

สำหรับวงจรขับของการต่อขดลวดแบบ Pentagon มีการกระตุ้นเฟสแบบ Full Step ทั้งหมด 10 สเต็ปในวงจรไฟฟ้าทั้งหมด โดย 3 เฟสจะอยู่ในสถานะ ON ภายในเวลาที่ระบุ แต่ ละสเต็ปของการกระตุ้นแบบ Full Step จะเท่ากับ 0.72° ของการหมุน ซึ่ง 3 เฟสจะอยู่ในสถานะ ON จะแสดงในตาราง 3.2 และ “H” หมายถึง MOSFET มีการทำงาน



รูปที่ 3.14 Driver Stepping Motor รุ่น CRD5107P

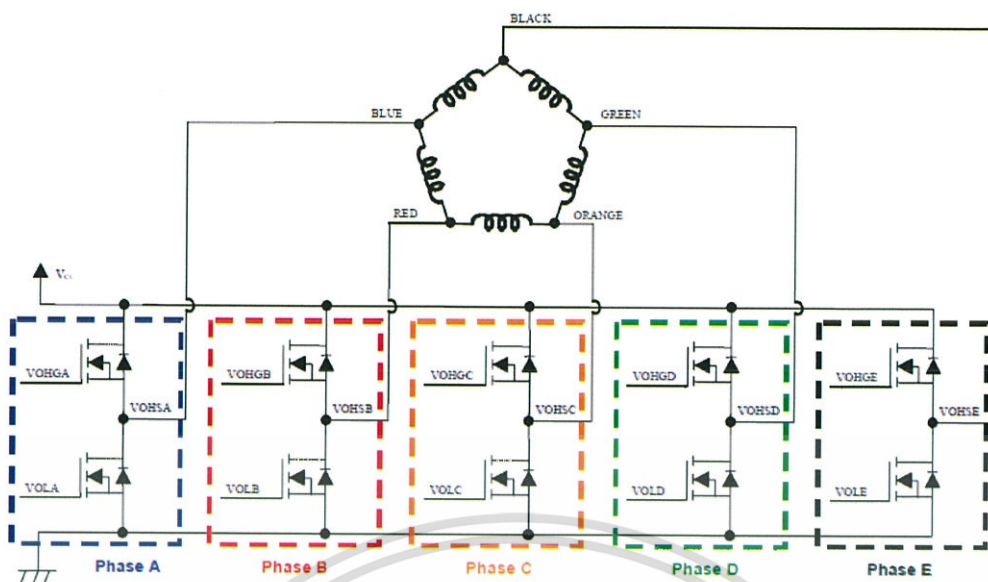
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 การกระตุ้นแบบ Full Step และ 3 เฟสจะอยู่ในสถานะ ON

Step	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VOHGA	H	H	L	L	L	L	L	L	L	H
VOHGB	L	H	H	H	L	L	L	L	L	L
VOHGC	L	L	L	H	H	H	L	L	L	L
VOHGD	L	L	L	L	L	H	H	H	L	L
VOHGE	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H
VOLA	L	L	L	L	H	H	H	L	L	L
VOLB	L	L	L	L	L	L	H	H	H	L
VOLC	H	L	L	L	L	L	L	L	H	H
VOID	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L
VOLE	L	L	H	H	H	L	L	L	L	L
TIM	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L
CW	→									
CCW	←									

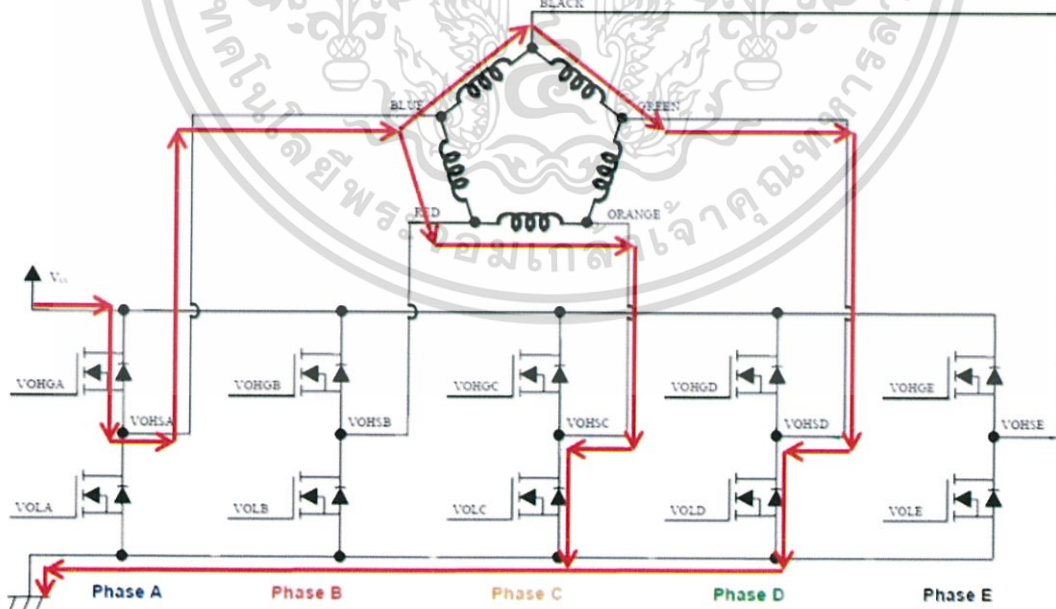
แผนภาพของวงจรขาออกสำหรับวงจรขับของการต่อขดลวดแบบ Pentagon ดังแสดงในรูปที่ 3.15 วงจรขับของการต่อขดลวดแบบ Pentagon ที่เป็นแบบ Bipolar จะใช้ทรานซิสเตอร์ 10 ตัว ตามรูป โดยทรานซิสเตอร์ 5 ตัว แสดงในแถวบนไว้ตรวจสอบที่ขดลวดของมอเตอร์ว่าแรงดันไฟฟ้าที่จะเข้าสู่มอเตอร์ในขดลวด (ด้านสูง) ในขณะที่ทรานซิสเตอร์อีก 5 ตัว แสดงในแถวด้านล่างเพื่อตรวจสอบขดลวดของมอเตอร์ว่าแรงดันไฟฟ้าจะไหลผ่านไปยังพื้นดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



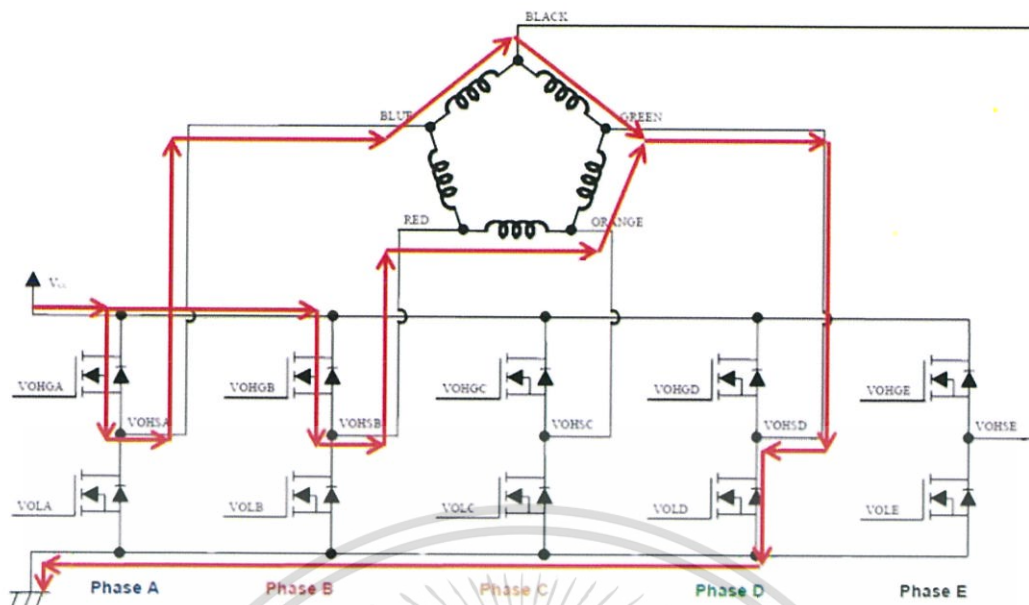
รูปที่ 3.15 แผนภาพของวงจรขอกสำหรับวงจรขับของการต่อขดลวดแบบ Pentagon

เมื่อวงจรขับมีการ ON ครั้งแรกหรือการตั้งค่าใหม่ สถานการณ์กระตุ้นจะตั้งค่าที่สแต็ป 0 หมายถึงสถานะกระตุ้นตามตารางที่ 3.1 โดยจะเห็นกระแสที่ไหลผ่านมอเตอร์ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.16 และรูปที่ 3.17 ซึ่งแสดงการไหลของกระแสแบบ Full Step สำหรับสแต็ป 0 และ 1 ตามลำดับ

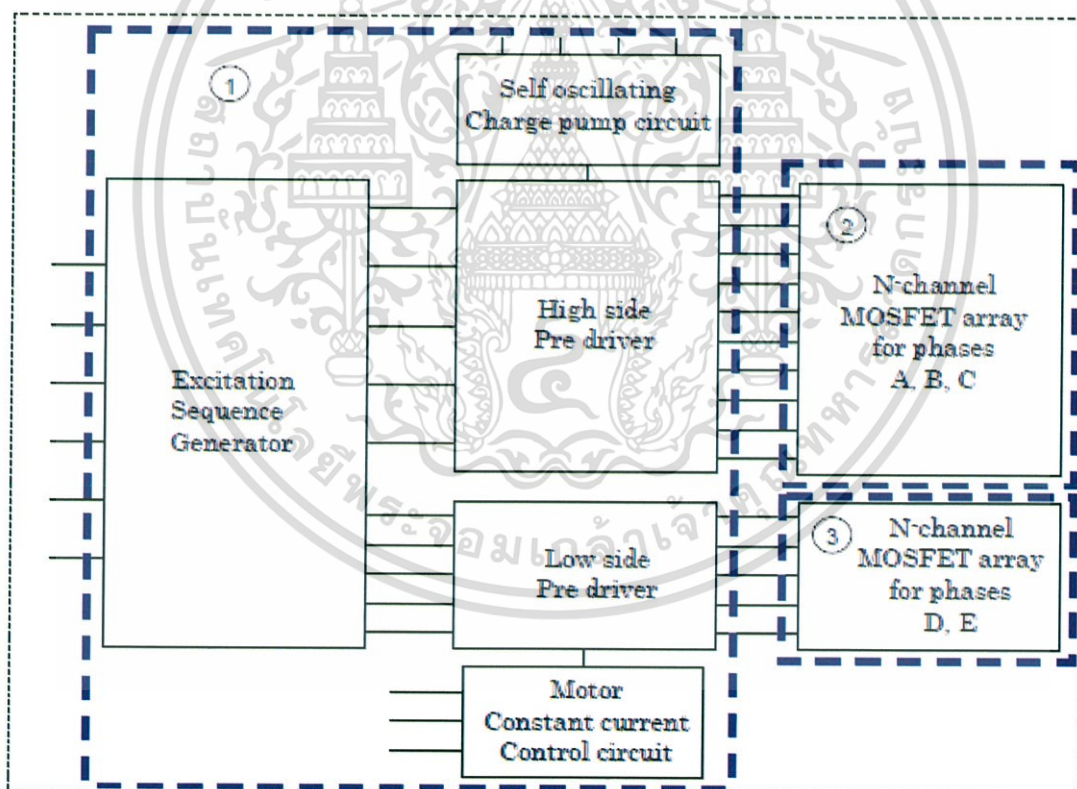


รูปที่ 3.16 กระแสที่ไหลผ่านของการขับแบบ Full step “0”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 กระแสที่ไหลผ่านของการขับแบบ Full step “1”

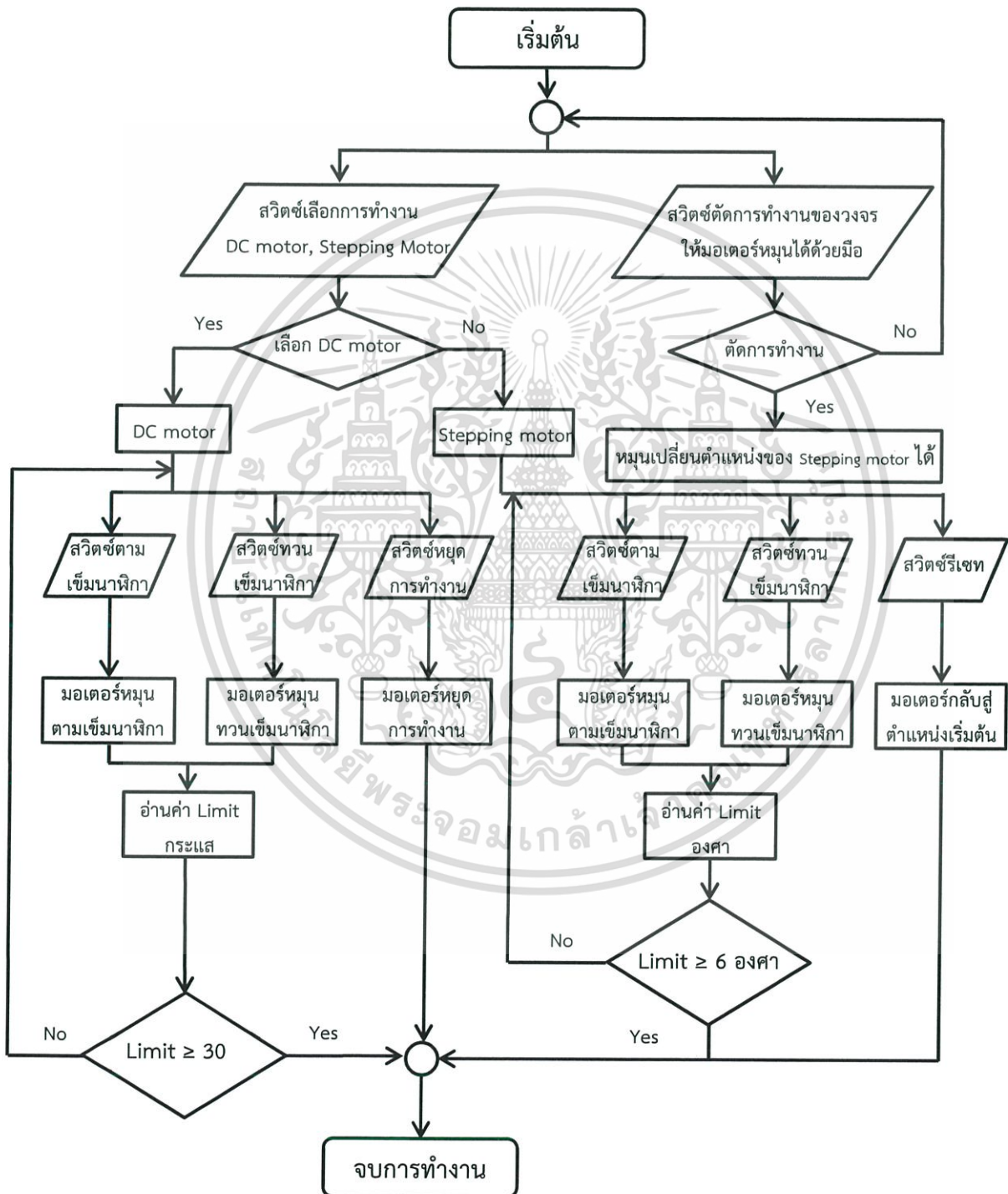


รูปที่ 3.18 Layout ของ Driver Stepping Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

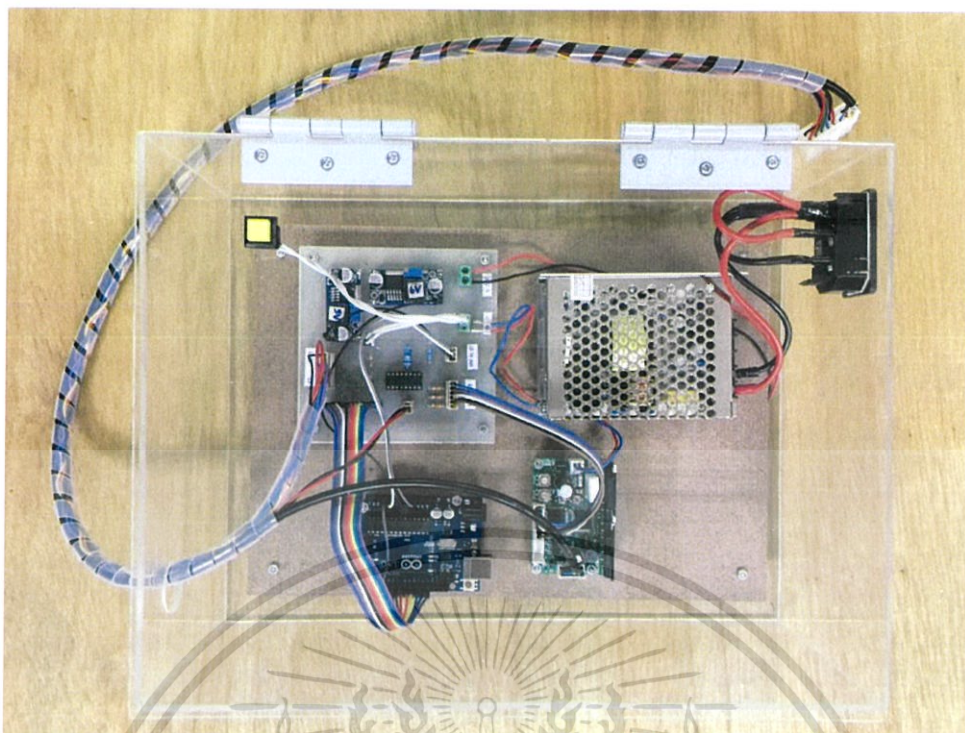
3.4 การทำงานของโปรแกรมควบคุม

ในปฏิยานิพนธ์เล่มนี้ ได้เขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนไหวนของเครื่องมือผ่อนแรงสำหรับคีมถอนฟัน โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ซึ่งใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรม เพื่อนำไปควบคุมการเคลื่อนไหวน โดยมีขั้นตอนการทำงานของโปรแกรกดังรูป

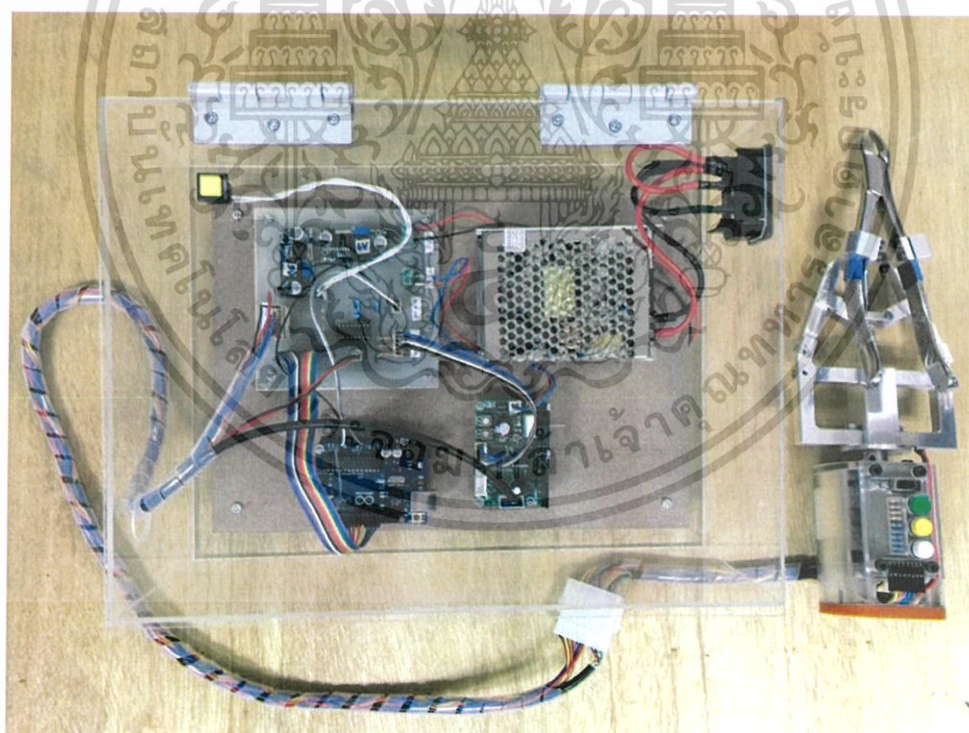


รูปที่ 3.19 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 การออกแบบชิ้นงานไฟฟ้า



รูปที่ 3.23 การออกแบบชิ้นงานทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

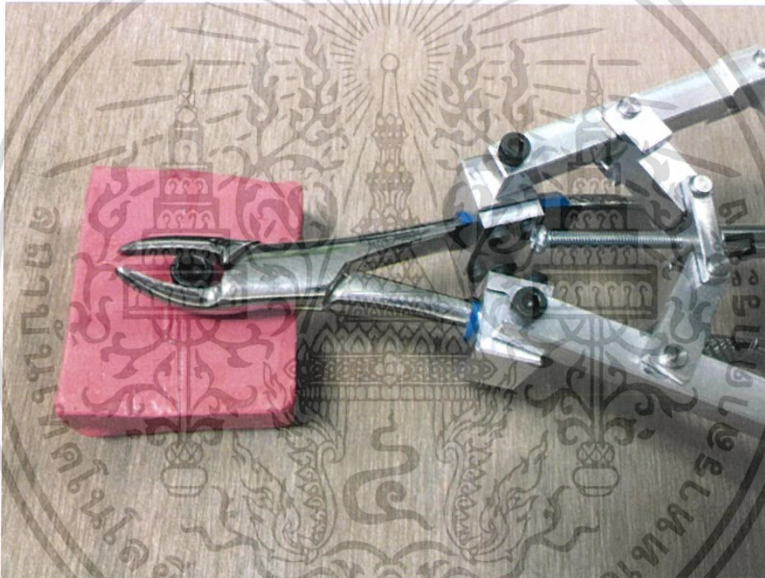
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองหาขนาดการบีบที่เหมาะสมของ DC Motor

ตารางที่ 4.1 การทดลองหาขนาดการบีบที่เหมาะสมของ DC Motor

Delay Time (ms)	ผลการทดลอง
50	ยึดไม่อยู่
100	ยึดไม่อยู่
150	ยึดแน่น
200	ยึดแน่น



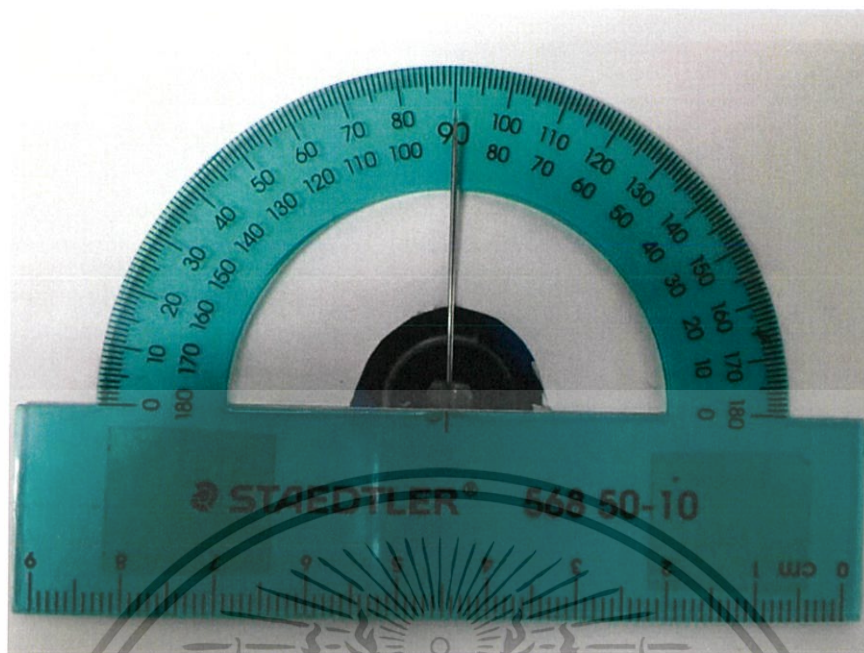
รูปที่ 4.1 การบีบที่เหมาะสมของ DC Motor

4.2 การทดลองเพื่อหาตำแหน่งการหมุนที่เหมาะสมของ Stepping Motor

ตารางที่ 4.2 การทดลองเพื่อหาตำแหน่งการหมุนที่เหมาะสมของ Stepping Motor

จำนวน pulse	องศา (degree)
-6000 ถึง 6000	360
-3000 ถึง 3000	180
-1500 ถึง 1500	90
-500 ถึง 500	30
-100 ถึง 100	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ตำแหน่งเริ่มต้นของแกน Stepping Motor

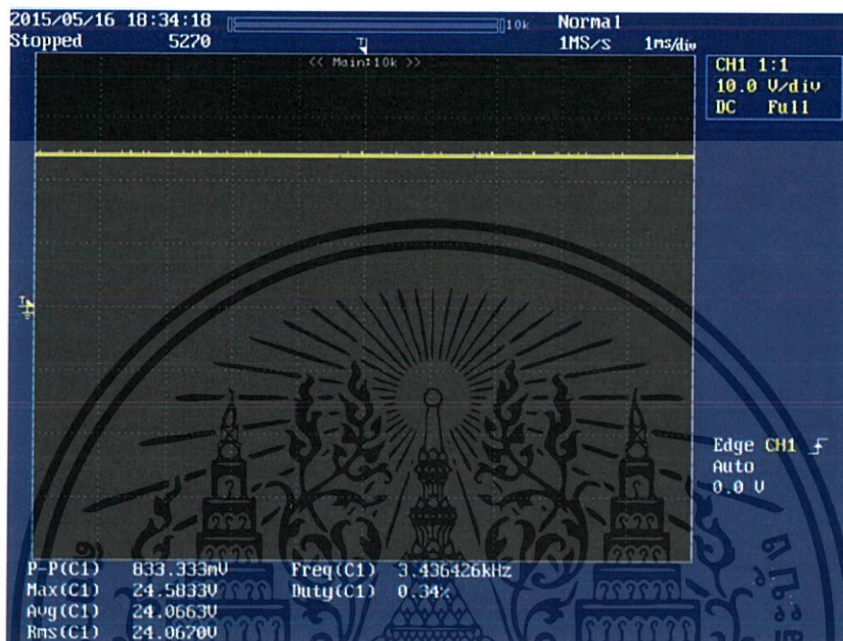


รูปที่ 4.3 ตำแหน่งการหมุนไป 6 องศาของแกน Stepping Motor

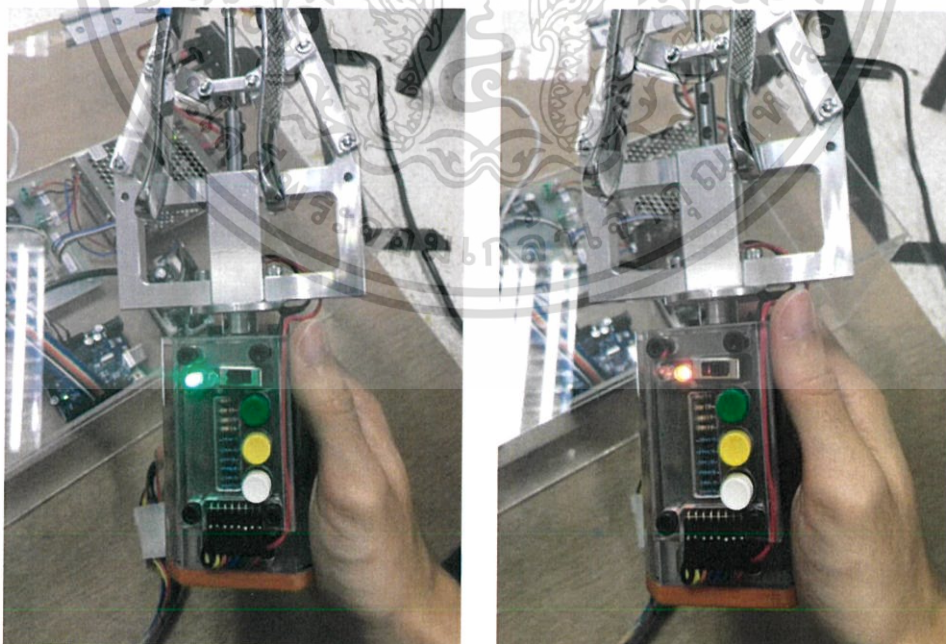
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองการทำงานของชิ้นงาน

ในการทดลองการทำงานของชิ้นงานนั้น เราใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 24 V และการบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการทำงาน โดยหลักๆจะแบ่งเป็น 2 ส่วนการทำงานคือ 1. การทำงานในลักษณะการบีบและ 2. การทำงานในลักษณะการบิด



รูปที่ 4.4 แรงดัน 24 Vdc จากแหล่งจ่าย



ก)

ข)

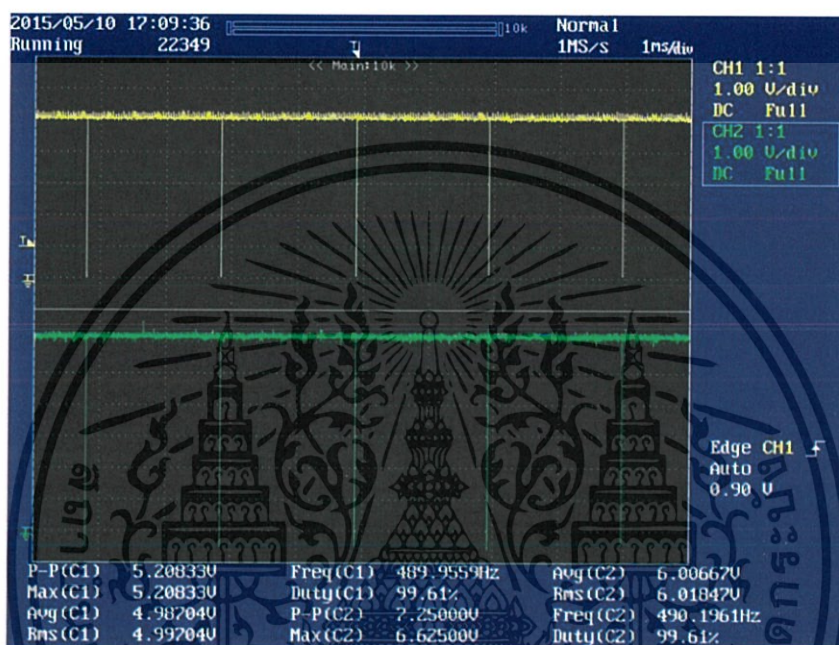
รูปที่ 4.5 LED แสดงสถานะโหมดการทำงาน

เมื่อ ก)โหมดการบีบ ข)โหมดการบิด

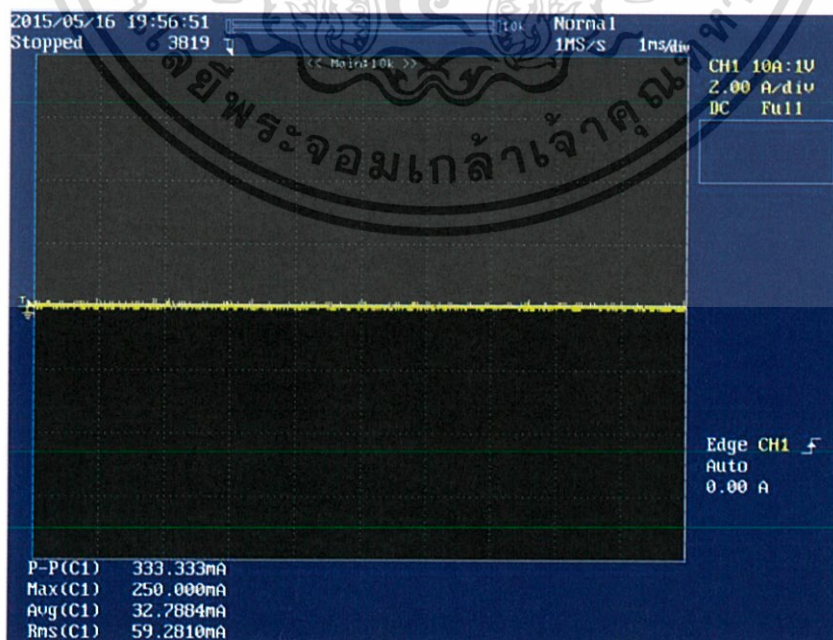
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 การทำงานในลักษณะการบีบ

เราควบคุมโดยการกดสวิตช์ตามเข็มนาฬิกาหรือสวิตช์ทวนเข็มนาฬิกาให้ DC Motor หมุนร่วมกับแกนหมุน เพื่อให้ตัวคิมทันตรกรรมเคลื่อนที่ในลักษณะการบีบหรือคลายตามลำดับ จนกระทั่งปีวีสถุจนแน่น และมีการใช้โปรแกรมในการจำกัดกระแสเพื่อไม่ให้ DC Motor ได้รับความเสียหาย หากต้องการเปลี่ยนโหมดการทำงานไปใช้การทำงานในลักษณะการบิด ให้กดที่ปุ่มสวิตช์สองทาง

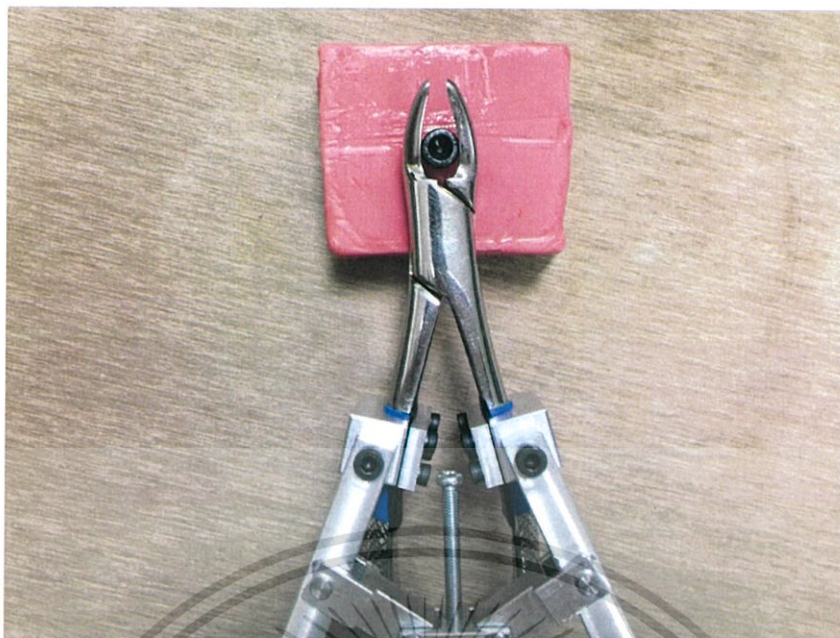


รูปที่ 4.6 สัญญาณแรงดันจากคอนโทรลเลอร์เทียบกับสัญญาณที่ติชี่มอเตอร์



รูปที่ 4.7 สัญญาณกระแสไฟฟ้าของ DC Motor

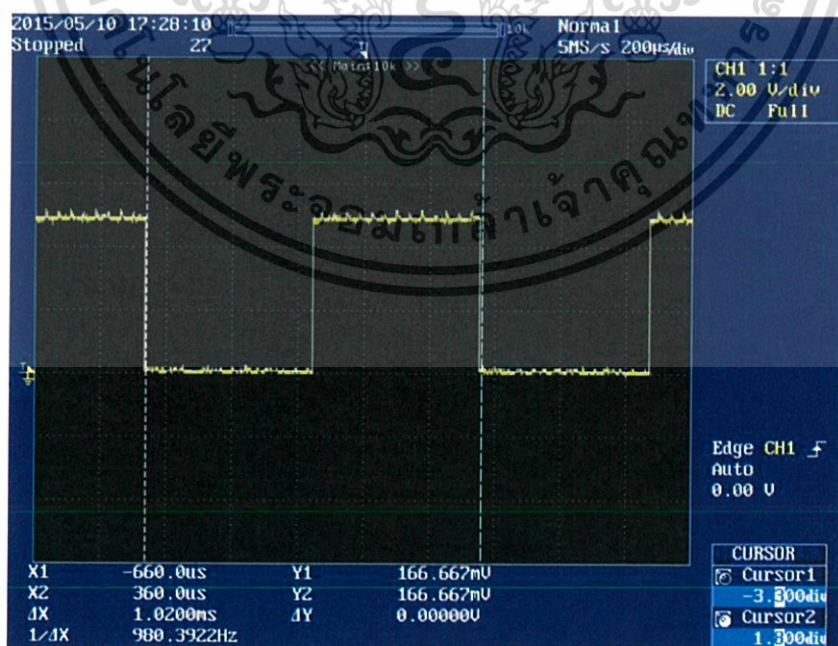
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 การทำงานในลักษณะการบีบ

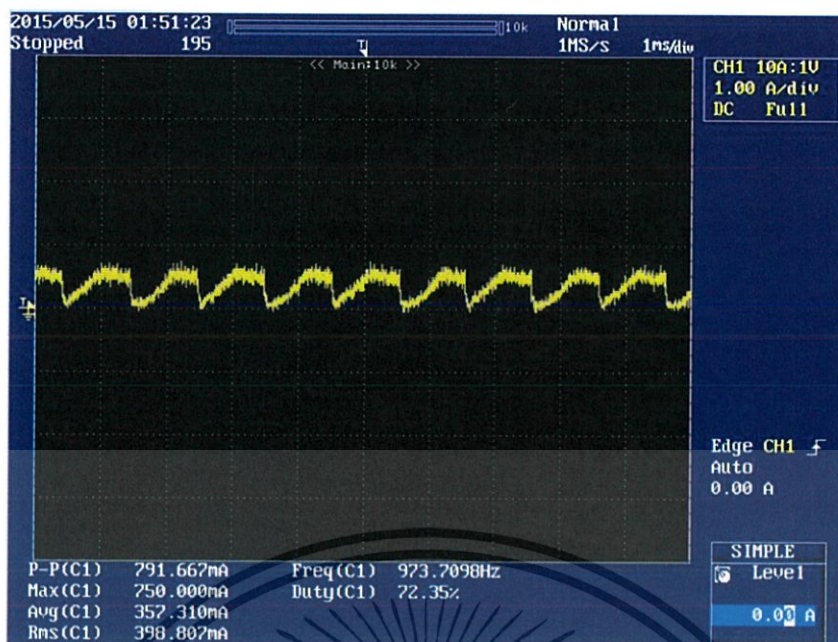
4.3.2 การทำงานในลักษณะการบิด

ในส่วนนี้จะใช้การควบคุมด้วยสวิตช์ตามเข็มนาฬิกาหรือสวิตช์ทวนเข็มนาฬิกา ร่วมกับ Stepping Motor โดยควบคุมผ่าน Driver Stepping Motor ที่ใช้แรงดัน 24 Vdc และใช้ สัญญาณพัลส์ที่มีความถี่ 1kHz จากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ อีกทั้งมีการจำกัดที่จำนวนพัลส์ที่เข้ามา ที่ Driver Stepping Motor เพื่อจำกัดองศาตามที่เรตต้องการได้

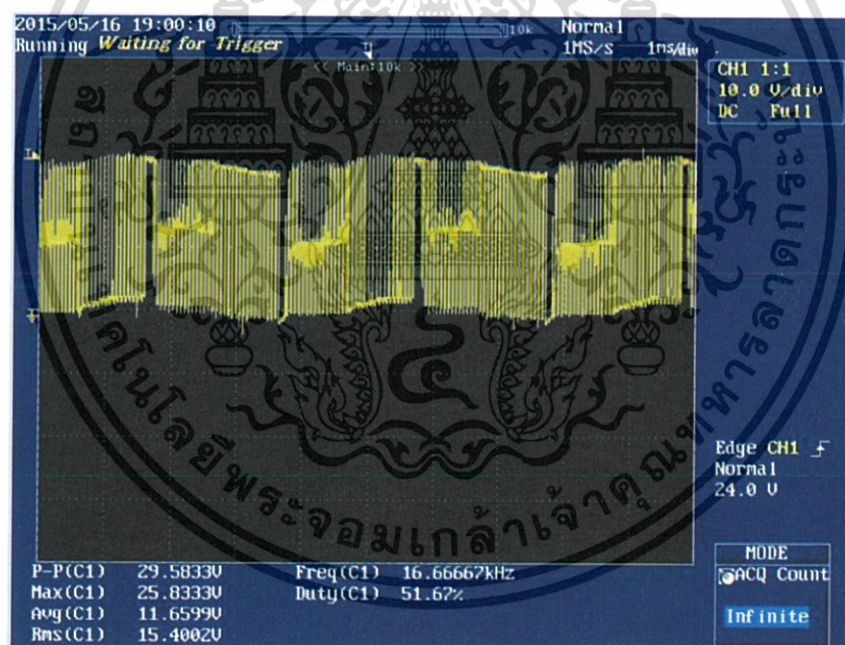


รูปที่ 4.9 สัญญาณแรงดันจากคอนโทรลเลอร์ที่ส่งให้กับ Driver Stepping Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

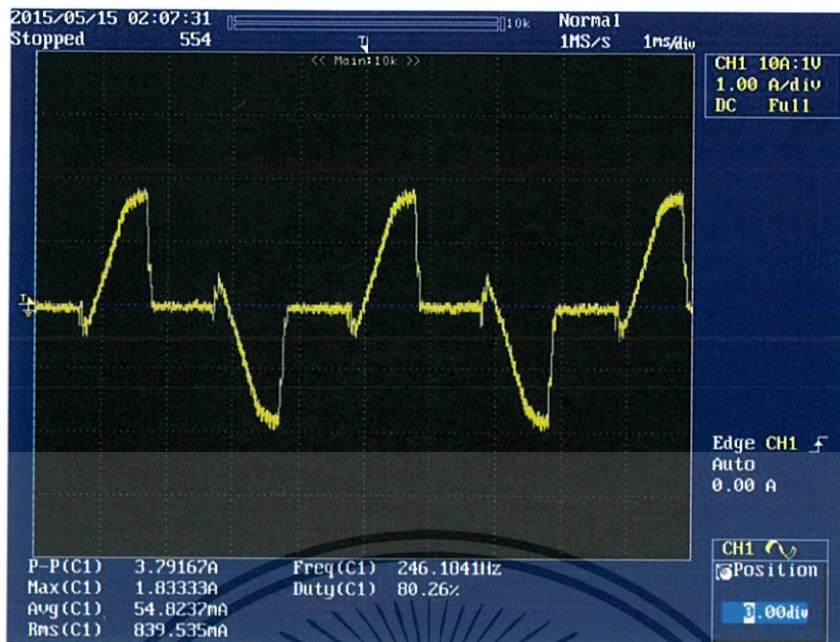


รูปที่ 4.10 สัญญาณกระแสไฟฟ้าที่ Driver Stepping Motor

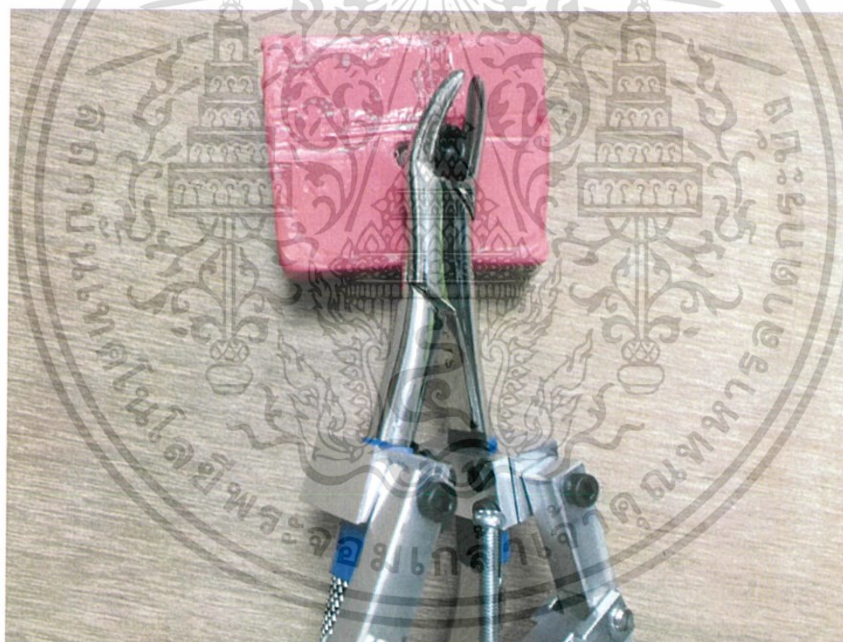


รูปที่ 4.11 สัญญาณแรงดันของ phase A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 สัญญาณกระแสไฟฟ้าที่ขดลวด phase A



รูปที่ 4.13 การทำงานในลักษณะการบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องมือช่วยผ่อนแรงสำหรับคีมถอนฟัน โดยมีหลักการทำงานคือใช้แรงบิดจาก DC Motor และ Stepping Motor ช่วยในการออกแรงโยกฟันไปในทิศทางที่ต้องการ เพื่อส่งผ่านแรงไปยังคีมถอนฟันที่นำมาประกอบกับเครื่องมือได้ เพื่อผ่อนแรงของทันตแพทย์ โดยเครื่องมือช่วยผ่อนแรงสำหรับคีมถอนฟันนี้มีการควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328 ที่สามารถจำกัดระดับตำแหน่งการหมุนได้

โดยการทำงานของอุปกรณ์จะแบ่งโหมดการทำงานออกเป็น 2 โหมดการทำงาน คือ โหมดการทำงานการเคลื่อนที่แบบบิ๊บซึ่งควบคุมโดย DC Motor และโหมดการทำงานการเคลื่อนที่แบบหมุนซึ่งควบคุมโดย Stepping Motor ซึ่งสองโหมดการทำงานนี้ทำงานภายใต้เงื่อนไขว่า การบิ๊บของ DC Motor นั้นจะต้องบิ๊บไม่แรงมากจนฟันเสียหาย และการหมุนของ Stepping Motor นั้นจะต้องหมุนไม่เกินองศาที่ทำให้รากฟันเสียหาย แต่เนื่องจากการทดลองใช้จริงกับผู้ป่วยนั้นเป็นเรื่องยากซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือจากทันตแพทย์และได้รับความสมัครใจจากคนไข้ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ออกแบบการทดลองนั้นแบบจำลอง ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองคือ

1. การทดลองเพื่อหาขนาดแรงบิ๊บที่เหมาะสมของ DC Motor โดยการนำ DC Motor ออกแรงบิ๊บวัสดุที่มีความแข็งแรงเทียบเท่าฟัน โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะแสดงค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมกับ DC Motor เมื่อ DC Motor บิ๊บแบบจำลองได้ในขนาดที่เหมาะสมที่จับยึดแน่นและไม่ทำให้แบบจำลองแตก ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะสั่งให้ DC Motor หยุดทำงานที่ค่ากระแสนั้นๆ

2. การทดลองเพื่อหาตำแหน่งการหมุนที่เหมาะสมของ Stepping Motor โดยทดลองเพื่อหาองศาการหมุนของ Stepping Motor ที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการโยกหลุดของฟัน โดยเมื่อ Stepping Motor โยกฟันได้ในตำแหน่งที่เหมาะสมแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะสั่งให้ Stepping Motor หยุดการหมุนในทิศทางนั้นๆ แต่สามารถหมุนกลับอีกทางได้ ทั้งนี้การควบคุมตำแหน่งของ Stepping Motor นั้นทำได้โดยการควบคุมจำนวนพัลส์ที่ป้อนให้กับ Stepping Motor จากไมโครคอนโทรลเลอร์

จากผลการทดลองพบว่า อุปกรณ์ที่ออกแบบนั้นสามารถบิ๊บและโยกฟันในแบบจำลองให้สามารถหลุดได้จริง ซึ่งขนาดการแรงบิ๊บที่เหมาะสมของ DC Motor ที่แสดงในไมโครคอนโทรลเลอร์ Delay time จะเท่ากับ 150 ms และตำแหน่งการหมุนที่เหมาะสมของ Stepping Motor ในการโยกฟันคือ 6 องศา คิดเป็นจำนวนพัลส์ที่ป้อนคือ 100 พัลส์

การทดลองนี้เป็นเพียงการทดลองที่อ้างอิงจากแบบจำลองเท่านั้น ผลการทดลองอาจคลาดเคลื่อนไปจากการทดลองกับหุ่นคนไข้จริงๆ แต่จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ที่ออกแบบมานั้นสามารถเคลื่อนที่ได้จริงตามกลไกการทำงานและเป็นประโยชน์ต่อทันตแพทย์ได้ ซึ่งหากได้รับการทดลองกับคนไข้จริงแล้ว ก็จะสามารถกำหนดค่าที่ถูกต้องผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์และสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ได้อย่างปลอดภัย สามารถช่วยผ่อนแรงของทันตแพทย์ได้

5.2 ปัญหาที่พบในการทำวิจัยและแนวทางในการแก้ปัญหา

1. เนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูลทางการแพทย์ซึ่งไม่ทราบขนาดแรงยึดของฟันในหน่วย นิวตัน.เมตร ทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถเลือกขนาดของมอเตอร์ที่เพียงพอต่อการถอนฟันได้ จึงแก้ปัญหาโดยออกแบบการทดลองหาแรงยึดของตะปูกับแผ่นไม้ โดยตั้งสมมติฐานว่าแรงยึดของตะปูกับแผ่นไม้มีค่าใกล้เคียงกับแรงยึดของฟัน แต่ข้อมูลที่ได้เป็นเพียงการตั้งสมมติฐานเท่านั้น หากจะนำไปใช้จริงจะต้องขอความร่วมมือทางการแพทย์เพื่อทำการทดลองหาขนาดแรงยึดของฟันของคนจริงๆ เพื่อข้อมูลที่ถูกต้อง

2. การใช้ DC motor ในการบีบอุปกรณ์นั้น เมื่อมีโหลดเพิ่มขึ้นจะทำให้กระแสของ DC motor เพิ่มขึ้นอย่างฉับพลัน ดังนั้นจึงต้องทำการตรวจจับกระแสเพื่อหยุด DC motor ในขั้นแรกเราใช้ ACS (Automatic Current Sensor) ในการตรวจจับกระแส แต่ ACS นั้นมีการตอบสนองต่อกระแสในปริมาณที่มาก ตอบสนองไม่ดีต่อการเปลี่ยนแปลงกระแสปริมาณน้อย จึงแก้ปัญหาโดยการนำตัวต้านทาน 1 โอห์ม มาต่ออนุกรมกับ DC motor แล้วทำการวัดแรงดันที่ตกคร่อมความต้านทาน ซึ่งให้การตอบสนองที่ดีกว่า

3. จากข้อมูลทางทันตกรรมกำหนดว่า การโยกฟันแต่ละครั้งไม่ควรเกินครึ่งละ 2 มิลลิเมตรเมตร จึงแก้ปัญหาโดยการใช้ Stepping Motor ในการโยกฟัน ซึ่งควบคุมการเคลื่อนที่โดยการควบคุมจำนวนของพัลส์ที่ป้อนให้กับ Stepping Motor

4. ในการถอนฟันต้องใช้คีมทันตกรรมที่มีการออกแบบรูปร่างแน่นอนอยู่แล้วห้ามออกแบบใหม่ อีกทั้งตัวคีมทันตกรรมต้องนำเข้าตู้อบความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อได้ ทำให้ต้องออกแบบอุปกรณ์สามารถจับกับคีมทันตกรรมและสามารถถอดประกอบได้ ซึ่งออกแบบได้ยากและทำให้อุปกรณ์มีขนาดใหญ่

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

1. เนื่องจาก Stepping Motor ที่ใช้เป็นชนิด Permanent Magnet ไม่สามารถปรับขนาดกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กเพื่อปรับขนาดของแรงบิดได้ จึงควรพัฒนาโดยการเลือกชนิดมอเตอร์ที่สามารถปรับขนาดของแรงบิดได้หรือออกแบบโดยการใช้เฟืองทดรอบเพื่อเปลี่ยนขนาดแรงบิด เพื่อความสะดวกและใกล้เคียงจริงกับการถอนฟันของทันตแพทย์มากขึ้น

2. ในการกำหนดขนาดของแรงบีบของคีมให้เหมาะสม เพื่อให้คีมบีบแน่นและไม่แน่นเกินไปจนทำให้ฟันเสียหาย อาจพัฒนาได้โดยการติด Sensor ที่ปลายคีมเพื่อทราบขนาดของแรงบีบที่แน่นอน

3. อุปกรณ์ยังต้องอาศัยแรงคนในการออกแรงต้านการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์อยู่ ควรพัฒนาออกแบบอุปกรณ์ที่ช่วยผ่อนแรงได้มากกว่านี้ เช่น แขนกลเลียนแบบการเคลื่อนที่ของแขนมนุษย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Gyril G. Veinott, Joseph E.Martin: Fractional and subfractional electric motors., McGRAW-HILL BOOK COMPANY 1987.
- [2] A.Kent Stiffler: Design with microprocessor for mechanical engineers., McGRAW-HILL BOOK COMPANY 1992.
- [3] รศ.พิชิต ล้ายอง, “เครื่องจักรกลไฟฟ้า”. กรุงเทพมหานคร: มีน เซอร์วิส ซัพพลาย, พฤษภาคม 2554.
- [4] ดร.กฤษ เฉยไสย., [Online]. Available:
<https://www.scribd.com/doc/48595162/5/Step-down-Buck-converter>
- [5] “บทความ PCBs Designed Arduino”, [Online]. Available:
<http://www.wara.com/modules.php?name=News&file=article&sid=711>
- [6] “Arduino”, [Online]. Available: <http://www.logicthai.net/>
- [7] Ton, “หลักการสร้างสัญญาณ PWM”, 2550., [Online]. Available:
<http://introduction-pwm.blogspot.com/2007/09/pwm.html>
- [8] MountainA, “Arduino and Motor Control”, 2556., [Online]. Available:
<http://www.arduitronics.com/article/arduino-and-motor-control-part-2>
- [9] Gerald Recktenwald. Basic Pulse Width Modulation. [n.p., n.d.]
- [10] mancunian, “รวบรวมถามเกี่ยวกับอัตราทอร์กกับอัตราการทด”, [Online]. Available:
<http://topicstock.pantip.com/wahkor/topicstock/2008/03/X6457254/X6457254.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบเครื่องมือช่วยผ่อนแรงสำหรับคีมถอนฟัน

LABOR-SAVING DEVICES FOR TOOTH EXTRACTING FORCEPS DESIGN

กชกร มณีบาง¹ กุลเดช พงษ์เภา¹ และ กุลพัชร พรหมน้อย¹

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอย ฌลองกรูง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925 E-mail: fakfak3@msn.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องมือช่วยผ่อนแรงสำหรับคีมถอนฟัน โดยมีหลักการทำงาน คือใช้แรงบิดจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและ Stepping motor ช่วยในการออกแรงโยกฟันไปในทิศทางที่ต้องการ เพื่อส่งผ่านแรงไปยังคีมถอนฟันที่นำมาประกอบกับเครื่องมือได้ เพื่อผ่อนแรงของทันตแพทย์ โดยเครื่องมือช่วยผ่อนแรงสำหรับคีมถอนฟันนี้มีการควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328 สามารถจำกัดระบุตำแหน่งการหมุนได้เพื่อที่จะนำไปสู่การพัฒนาทางด้านทันตกรรมให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้นต่อไป

คำสำคัญ: เครื่องผ่อนแรง, คีมถอนฟัน

ABSTRACT

This research present about labor-saving devices for tooth extracting forceps design by using DC motor and Stepping motor that will assist to move the tooth along the direction. These devices can be adjustable for any tooth extracting forceps. Labor-saving devices for tooth extracting forceps are controlled by ATmega328 that can identify position. This research can improve performance of the dental.

Keywords: Labor-saving, Tooth extracting forceps

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันอุปกรณ์ทางการแพทย์มีความสำคัญมาก

ส่งผลกระทบต่อชีวิตของคนไข้และประสิทธิภาพการรักษา ปัจจุบันมีความก้าวหน้าและมีการวิจัยและพัฒนาด้านเครื่องมือแพทย์ อุปกรณ์เครื่องมือทางการแพทย์ (Medical device) เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการรักษาผู้ป่วยซึ่งมีบทบาทสำคัญ ทำให้การรักษามีประสิทธิภาพมากขึ้น

ในปัจจุบันสำหรับการรักษาทางทันตกรรม การถอนฟันของทันตแพทย์นั้นต้องออกแรงผ่านคีมไปที่ฟันของคนไข้ ซึ่งถ้าหากเป็นฟันกรามด้วยแล้วต้องใช้แรงมากในการถอนฟันและยังมีกรณีของผู้ป่วยมะเร็งที่ต้องได้รับการรักษาด้วยคีโม ก่อนที่จะเข้าฉายแสงผู้ป่วยต้องได้รับการถอนฟันออกทั้งหมดและจากการเพิ่มขึ้นของผู้ป่วยมะเร็งอย่างต่อเนื่องในแต่ละปี ทำให้การรักษานั้นต้องเพิ่มขึ้นไปด้วย ทางผู้วิจัยจึงได้คิดค้นและพัฒนาเครื่องมือค้ำยันแบบที่นำมาช่วยผ่อนแรงในการถอนฟันเพื่อที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น

การศึกษาและวิจัยครั้งนี้เป็นการนำองค์ความรู้ต่างๆทางวิศวกรรมหลายๆ ด้านมารวมกัน โดยมีหลักการทำงานคือ ใช้แรงบิดจากมอเตอร์ช่วยในการมาช่วยออกแรงในทิศทางการโยกของฟัน เป็นการให้ความรู้ด้านเทคโนโลยีหลายๆด้านมารวมกัน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานวิจัยชิ้นนี้จะสามารถเข้ามาช่วยแก้ปัญหาและพัฒนากระบวนการรักษาทางการแพทย์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. ทฤษฎี

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำหน้าที่แปลงรูปพลังงานจากพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงไปเป็นพลังงานกล โดยเมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงเข้าส่วนที่เป็นอาร์มาเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและซีคอมมิวเตเตอร์กับแปรงถ่านจะทำหน้าที่จัดเรียงกระแสที่ไหลเข้าขดลวดอาร์มาเจอร์ ซึ่งกระแสที่จัดเรียงจะมีลักษณะภายใต้ขั้วแม่เหล็กหนึ่งไหลทิศทางหนึ่งและภายใต้ขั้วตรงข้ามกระแสจะไหลในทิศตรงข้าม ผลที่ได้

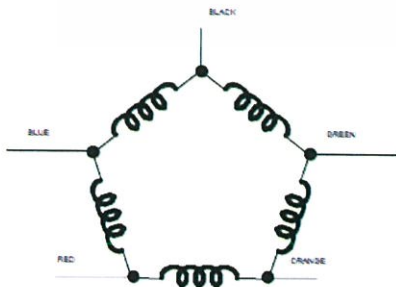
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ แรงบิดที่เกิดจากสนามแม่เหล็กทั้งสองขั้วแม่เหล็กที่อยู่ตรงข้ามกันจะมีแรงบิดที่เสริมกัน ส่วนขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กขึ้นในบริเวณที่ต้องการ ซึ่งอาจจะสร้างโดยขดลวดกระตุ้นสนามแม่เหล็ก (Field excited coil) ที่มีการป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นให้เกิดสนามแม่เหล็กหรือใช้แม่เหล็กถาวร (Permanent magnet) เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดสนามแม่เหล็ก

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขั้วแม่เหล็กถาวร (Permanent magnet poles) ซึ่งขั้วแม่เหล็กชนิดนี้จะมีแม่เหล็กถาวรเป็นตัวให้แรงเคลื่อนทางแม่เหล็ก (mmf) เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กต่อขั้ว (ϕ) โดยแม่เหล็กถาวรเป็นสารแม่เหล็กที่มีความหนาแน่นของสนามแม่เหล็กตกค้างอยู่ (Permanent magnetic flux density หรือ Residual magnetic flux density : B_r) อยู่ในแกนเหล็กสูงเพียงพอที่จะนำไปใช้งานโดยที่ไม่จำเป็นต้องป้อนกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็ก ทำให้ลดความจำเป็นที่จะต้องเป็นมีขดลวดกระตุ้นสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดข้อดีคือ ไม่ต้องมีวงจรของขดลวดกระตุ้นสนามแม่เหล็ก ซึ่งส่งผลให้ขนาดของมอเตอร์จะเล็กกว่าแบบขดลวดกระตุ้นสนามแม่เหล็ก และไม่มีควมสูญเสียจากวงจรถ่ายสนามแม่เหล็ก ส่งผลให้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและลดความร้อนของมอเตอร์ แต่มีข้อเสียคือ สร้างขนาดใหญ่ได้ยาก ไม่สามารถควบคุมสนามแม่เหล็ก และมีภาวะอิ่มตัวและลดลงของสนามแม่เหล็ก

Stepping Motor ที่นำมาใช้งานขดลวดเป็นลักษณะการต่อแบบ Pentagon ก็มีห้าขดลวดเชื่อมต่อกันทั้งหมด

เป็น Stepping Motor ที่มีมุม 0.36° และ 0.72° ต่อสเต็ป ซึ่งขดลวดจะพันอยู่ที่ขั้วเดียวกันในลักษณะ Bipolar โดยใช้ร่วมกับไดรฟ์เวอร์แบบ Bipolar จะทำให้ Stepping Motor สามารถทำการขยับมอเตอร์หรือการกระตุ้นเฟสในแบบ Full Step และ Half Step หรือแม้กระทั่ง Microstep ได้ โดยแรงบิดสูงสุดจะถูกสร้างขึ้นโดยมอเตอร์ในทุกสเต็ปของการหมุน นอกจากนี้การหมุนแต่ละสเต็ปจะราบเรียบเช่นเดียวกับการรักษาแรงบิดให้คงที่และสเต็ปของการหมุนที่ถูกต้องและแม่นยำ



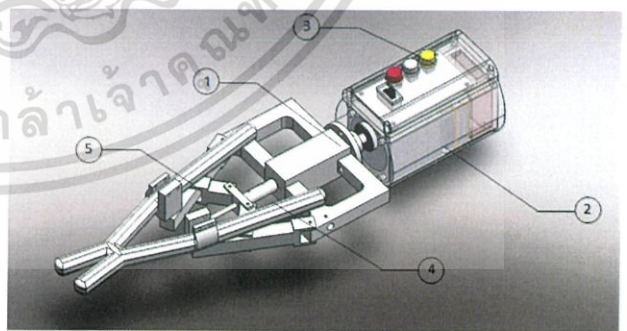
รูปที่ 1 การต่อขดลวดแบบ Pentagon ของ Stepping Motor

สำหรับวงจรขับของการต่อขดลวดแบบ Pentagon มีการกระตุ้นเฟสแบบ Full Step ทั้งหมด 10 สเต็ปในวงจรไฟฟ้าทั้งหมด โดย 3 เฟสจะอยู่ในสถานะ ON ภายในเวลาที่ระบุ แต่ละสเต็ปของการกระตุ้นแบบ Full Step จะเท่ากับ 0.72° ของการหมุน ซึ่ง 3 เฟสจะอยู่ในสถานะ ON จะแสดงในตารางที่ 1 และ "H" หมายถึง MOSFET มีการทำงาน

ตารางที่ 1 การกระตุ้นแบบ Full Step และ 3 เฟสจะอยู่ในสถานะ ON

Step	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VOHGA	H	H	L	L	L	L	L	L	L	H
VOHGB	L	H	H	H	L	L	L	L	L	L
VOHGC	L	L	L	H	H	H	L	L	L	L
VOHGD	L	L	L	L	L	H	H	H	L	L
VOHGE	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H
VOLA	L	L	L	L	H	H	H	L	L	L
VOLB	L	L	L	L	L	L	H	H	H	L
VOLC	H	L	L	L	L	L	L	L	H	H
VOLD	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L
VOLE	L	L	H	H	H	L	L	L	L	L
TIM	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L
CW	→									
CCW	←									

3. การออกแบบชิ้นงาน



รูปที่ 2 ส่วนประกอบต่างๆของการออกแบบชิ้นงานทางกล

1. DC Motor: ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานให้เคลื่อนที่ในทิศทางกรีน โดย DC Motor พิกัด 6V พร้อมเฟืองทดรอบการหมุน ความเร็ว 100 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องมือช่วยผ่อนแรงสำหรับคีมถอนฟัน โดยมีหลักการการทำงานคือใช้แรงบิดจาก DC Motor และ Stepping Motor ช่วยในการออกแรงโยกฟันไปในทิศทางที่ต้องการ เพื่อส่งผ่านแรงไปยังคีมถอนฟันที่นำมาประกอบกับเครื่องมือได้ โดยมีการควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328 ที่สามารถจำกัดระดับตำแหน่งการหมุนได้

โดยการทำงานของอุปกรณ์จะแบ่งโหมดการทำงานออกเป็น 2 โหมดการทำงาน คือ โหมดการทำงานการเคลื่อนที่แบบบิซึ่งควบคุมโดย DC Motor และโหมดการทำงานการเคลื่อนที่แบบหมุนซึ่งควบคุมโดย Stepping Motor ซึ่งสองโหมดการทำงานนี้ทำงานภายใต้เงื่อนไขว่าการบีบของ DC Motor นั้นจะต้องบีบไม่แรงมากจนฟันเสียหาย และการหมุนของ Stepping Motor นั้นจะต้องหมุนไม่เกินองศาที่ทำให้รากฟันเสียหาย ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองคือ

จากผลการทดลองพบว่า อุปกรณ์ที่ออกแบบนั้นสามารถบีบและโยกฟันในแบบจำลองให้สามารถหลุดได้จริง ซึ่งขนาดการแรงบีบที่เหมาะสมของ DC Motor ที่แสดงในไมโครคอนโทรลเลอร์ Delay time จะเท่ากับ 150 ms และตำแหน่งการหมุนที่เหมาะสมของ Stepping Motor ในการโยกฟันคือ 6 องศา คิดเป็นจำนวนพัลส์ที่ป้อนคือ 100 พัลส์

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ที่ออกแบบมานั้นสามารถเคลื่อนที่ได้จริงตามกลไกการทำงานและเป็นประโยชน์ต่อทันตแพทย์ได้ ซึ่งหากได้รับการทดลองกับคนไข้จริงแล้ว ก็จะสามารถกำหนดค่าที่ถูกต้องผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์และสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ได้อย่างปลอดภัย สามารถช่วยผ่อนแรงของทันตแพทย์ได้

5.2 ปัญหาที่พบในการทำวิจัยและแนวทางในการแก้ปัญหา

1. เนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูลทางการแพทย์ซึ่งไม่ทราบขนาดแรงยึดของฟันในหน่วย นิวตัน.เมตร ทำให้ไม่สามารถเลือกขนาดของมอเตอร์ที่เพียงพอต่อการถอนฟันได้ จึงแก้ปัญหาโดยออกแบบการทดลองหาแรงยึดของตะปูกับแผ่นไม้ โดยตั้งสมมติฐานว่าแรงยึดของตะปูกับแผ่นไม้มีค่าใกล้เคียงกับแรงยึดของฟัน แต่ข้อมูลที่ได้เป็นเพียงการตั้งสมมติฐานเท่านั้น หากจะนำไปใช้จริงจะต้องขอความร่วมมือทางการแพทย์เพื่อทำการทดลองหาขนาดแรงยึดของฟันของคนจริงๆ เพื่อข้อมูลที่ถูกต้อง

2. การใช้ DC motor ในการบีบอุปกรณ์นั้น เมื่อมีโหลดเพิ่มขึ้นจะทำให้กระแสของ DC motor เพิ่มขึ้นอย่างฉับพลัน ดังนั้นจึงต้องทำการตรวจกระแสเพื่อหยุด DC motor ในขั้นแรกเราใช้ ACS (Automatic Current Sensor) ในการตรวจกระแส แต่ ACS นั้นมีการตอบสนองต่อกระแสในปริมาณที่มาก ตอบสนองไม่ดีต่อการเปลี่ยนแปลงกระแสปริมาณน้อย จึงแก้ปัญหาโดยการนำตัวต้านทาน 1 โอห์ม มาต่ออนุกรมกับ DC motor แล้วทำการวัดแรงดันที่ตกคร่อมความต้านทาน ซึ่งให้การตอบสนองที่ดีกว่า

3. จากข้อมูลทางทันตกรรมกำหนดว่า การโยกฟันแต่ละครั้งไม่ควรเกินครั้งละ 2 มิลลิเมตรเมตร จึงแก้ปัญหาโดยใช้ Stepping Motor ในการโยกฟัน ซึ่งควบคุมการเคลื่อนที่โดยการควบคุมจำนวนของพัลส์ที่ป้อนให้กับ Stepping Motor

4. ในการถอนฟันต้องใช้คีมทันตกรรมที่มีการออกแบบรูปร่างแน่นอนอยู่แล้วห้ามออกแบบใหม่ อีกทั้งตัวคีมทันตกรรมต้องนำเข้าสู่ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อได้ ทำให้ต้องออกแบบอุปกรณ์สามารถจับกับคีมทันตกรรมและสามารถถอดประกอบได้ ซึ่งออกแบบได้ยากและทำให้อุปกรณ์มีขนาดใหญ่

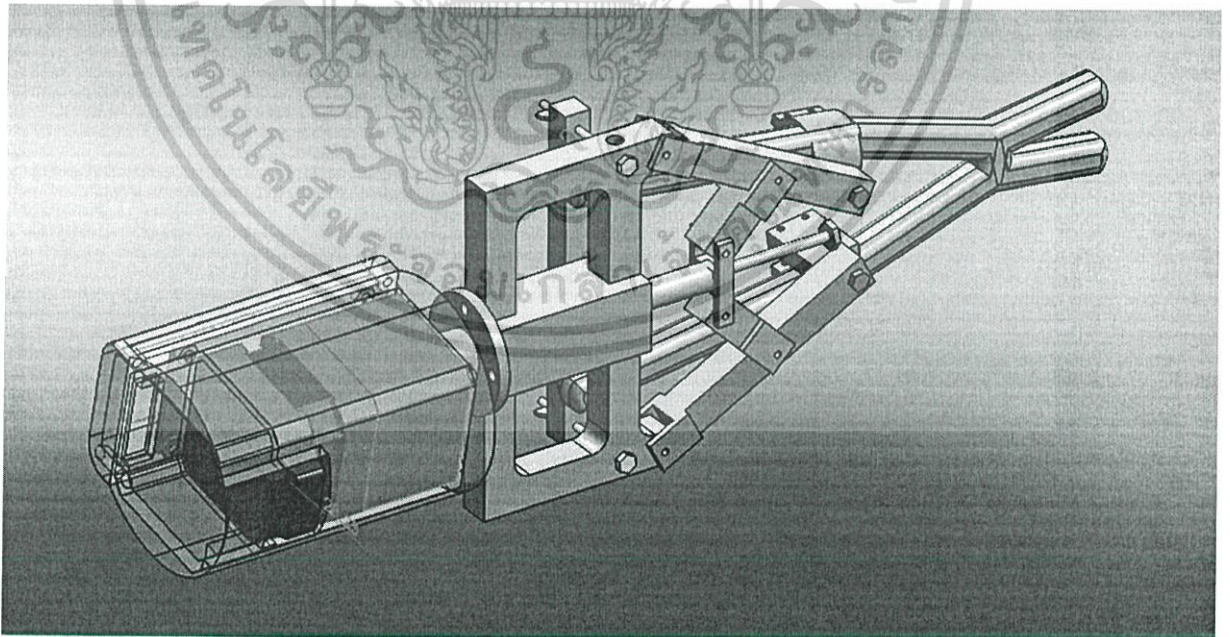
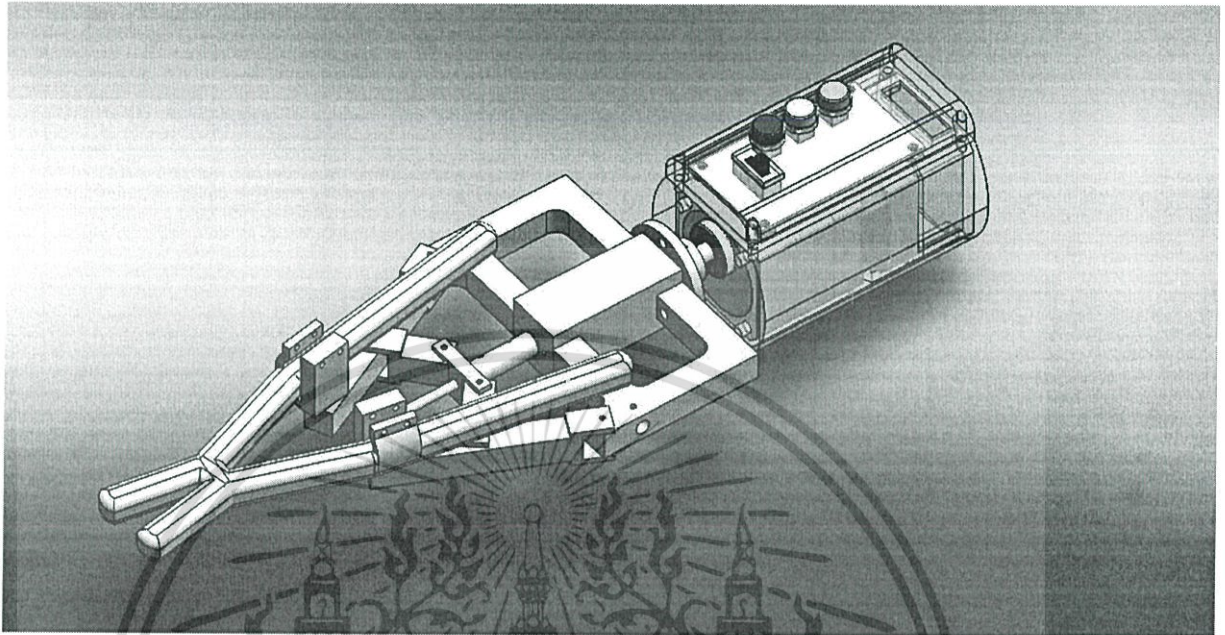
เอกสารอ้างอิง

- [1] Gyril G. Veinott, Joseph E.Martin: Fractional and subfractional electric motors., McGRAW-HILL BOOK COMPANY 1987.
- [2] A.Kent Stiffler: Design with microprocessor for mechanical engineers., McGRAW-HILL BOOK COMPANY 1992.
- [3] รศ.พิชิต คำของ, “เครื่องจักรกลไฟฟ้า”. กรุงเทพมหานคร: มินเซอรัวส์ ซัพพลาย, พฤษภาคม 2554.

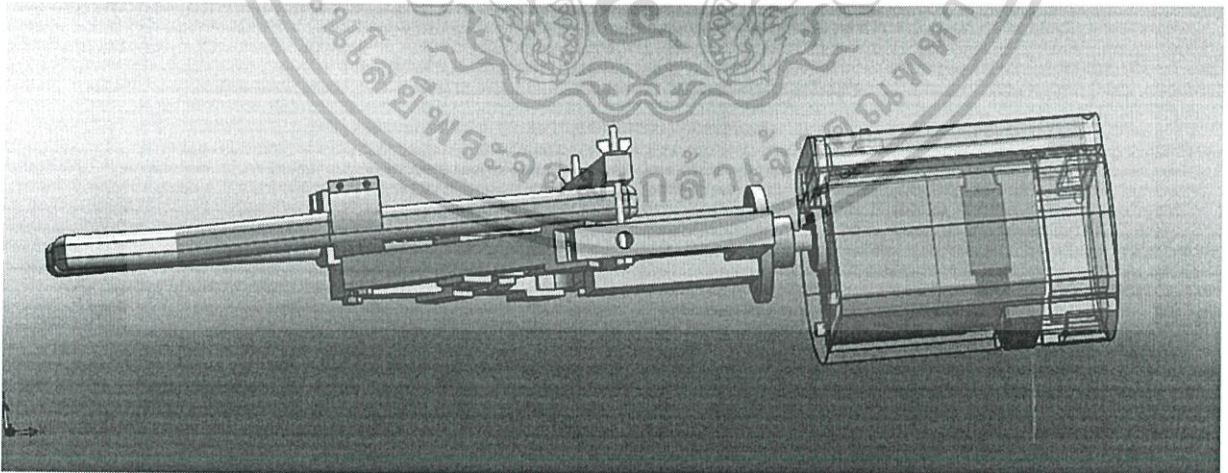
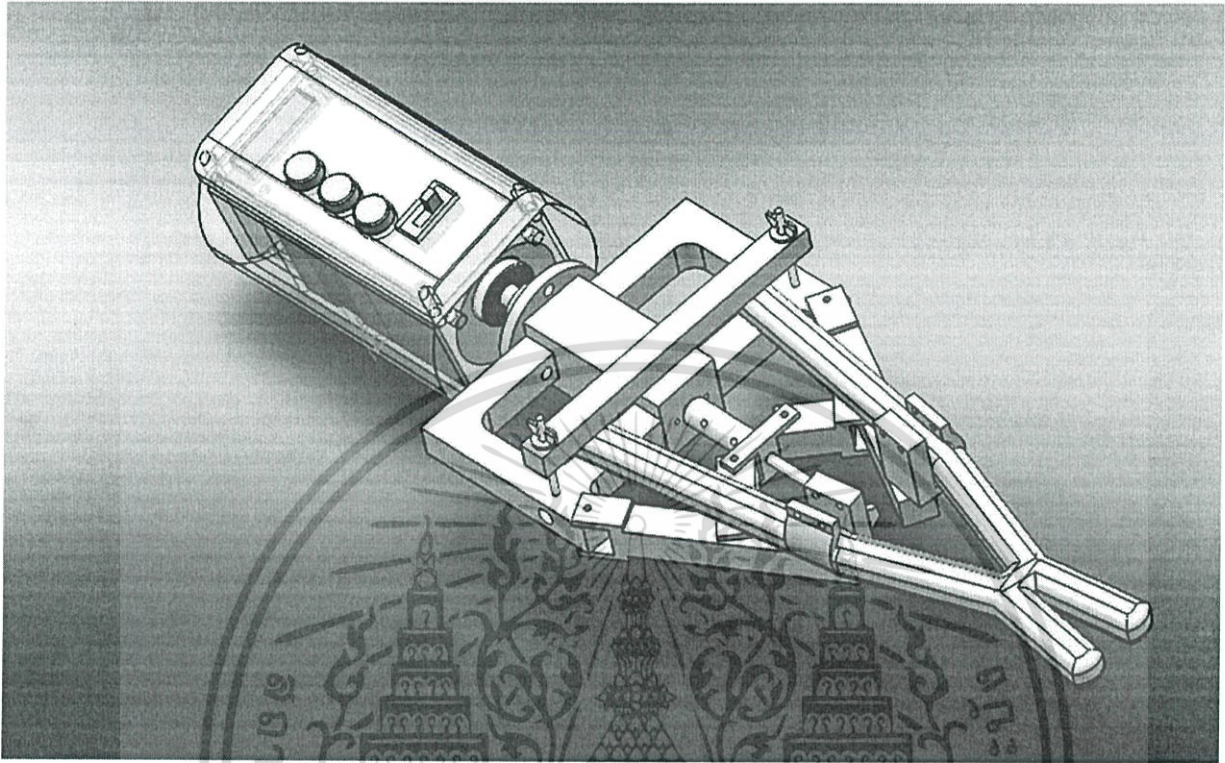


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงภาพ 3 มิติ ภาพรวมการออกแบบทางกล



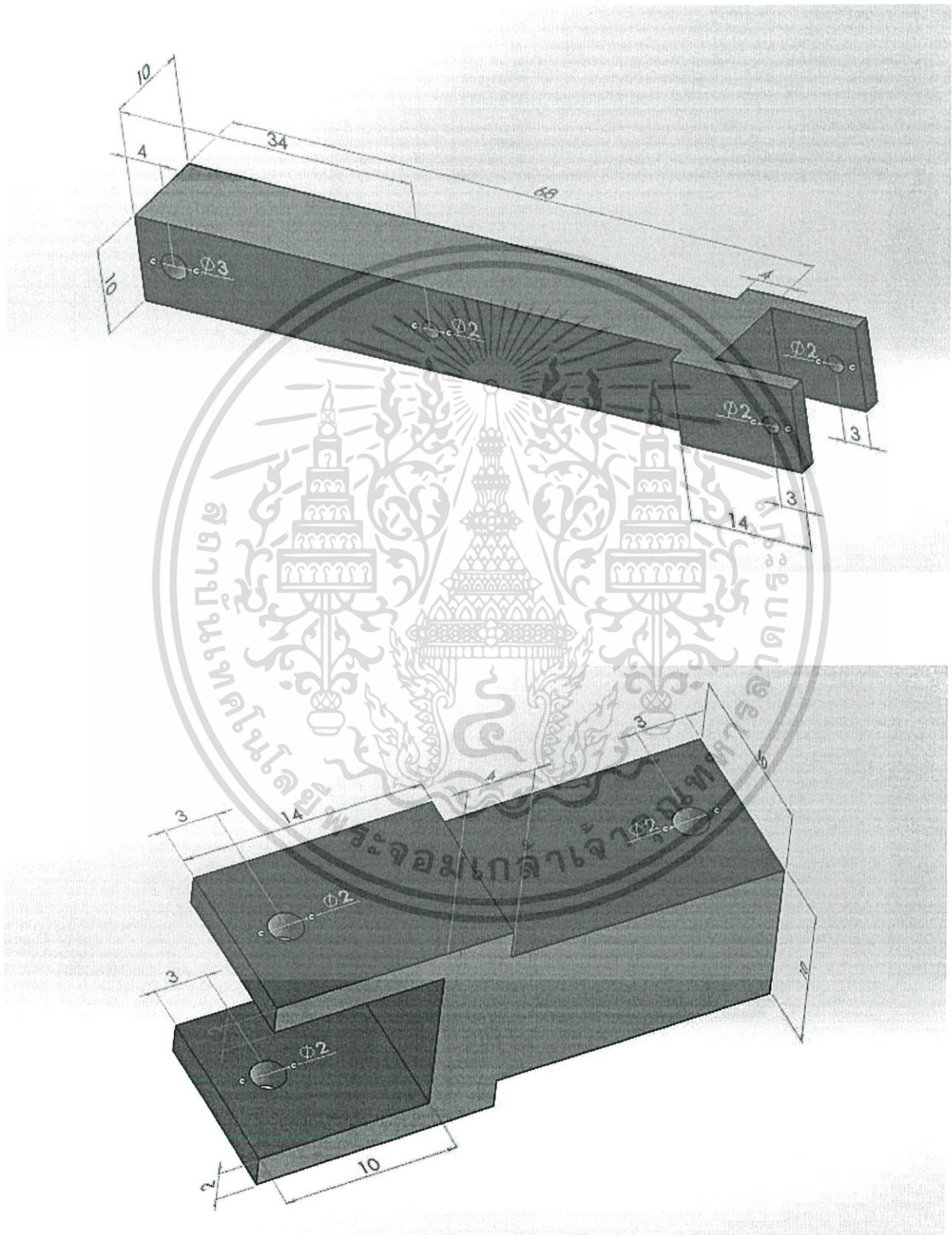
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



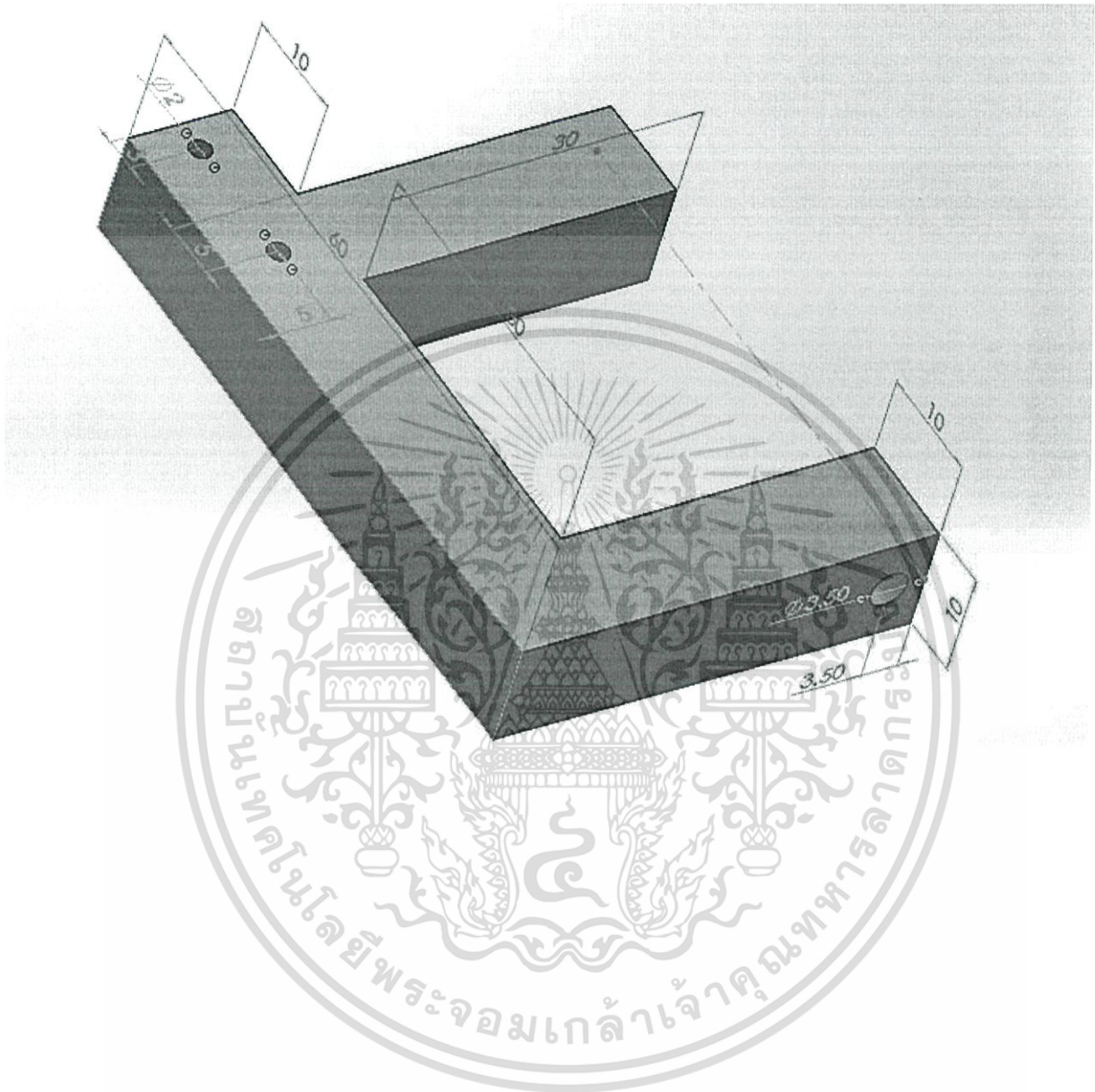
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงภาพ 3 มิติการออกแบบทางกลของชิ้นส่วนต่างๆ

ภาพแสดงชิ้นส่วนจับยึด

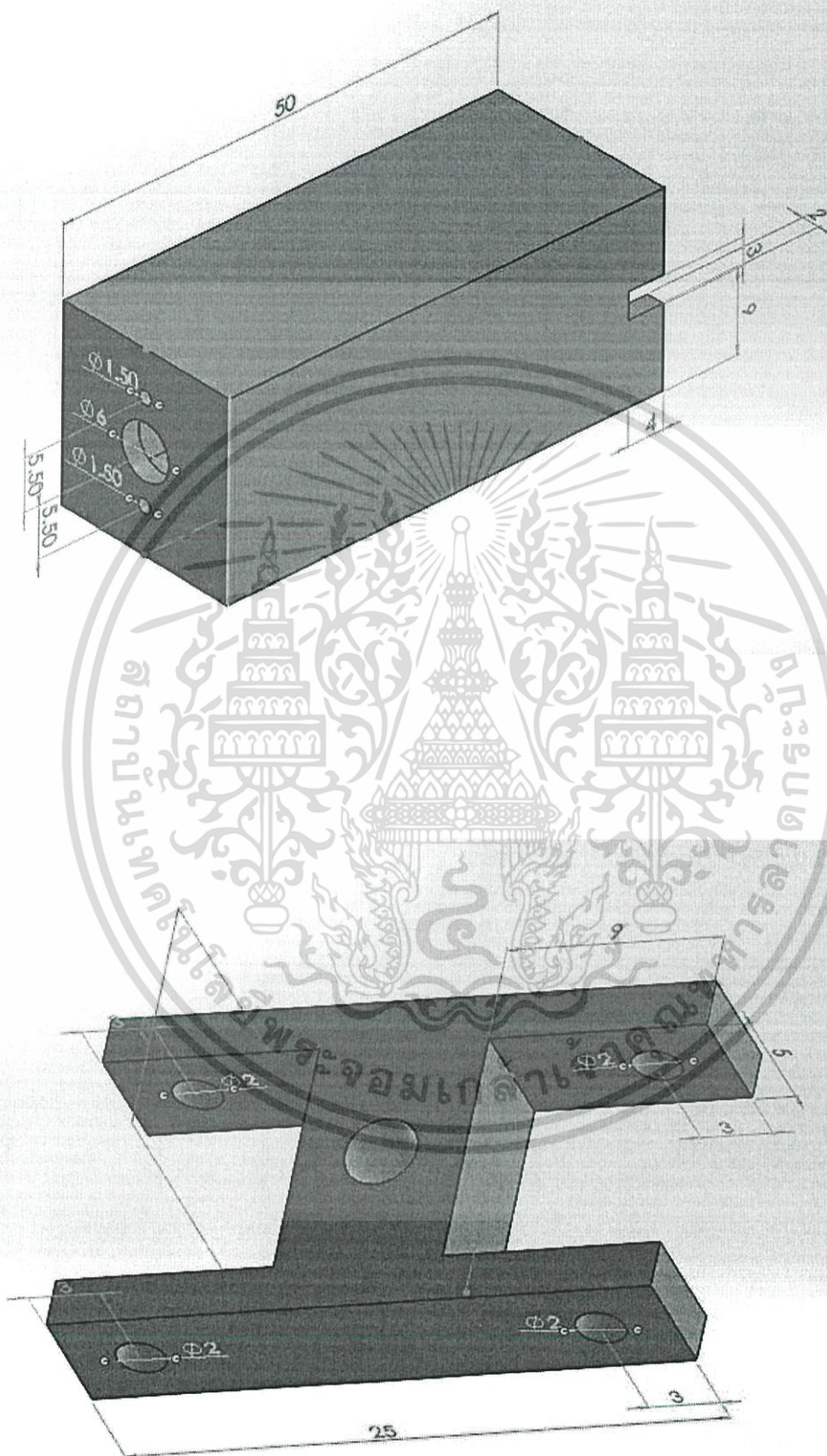


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



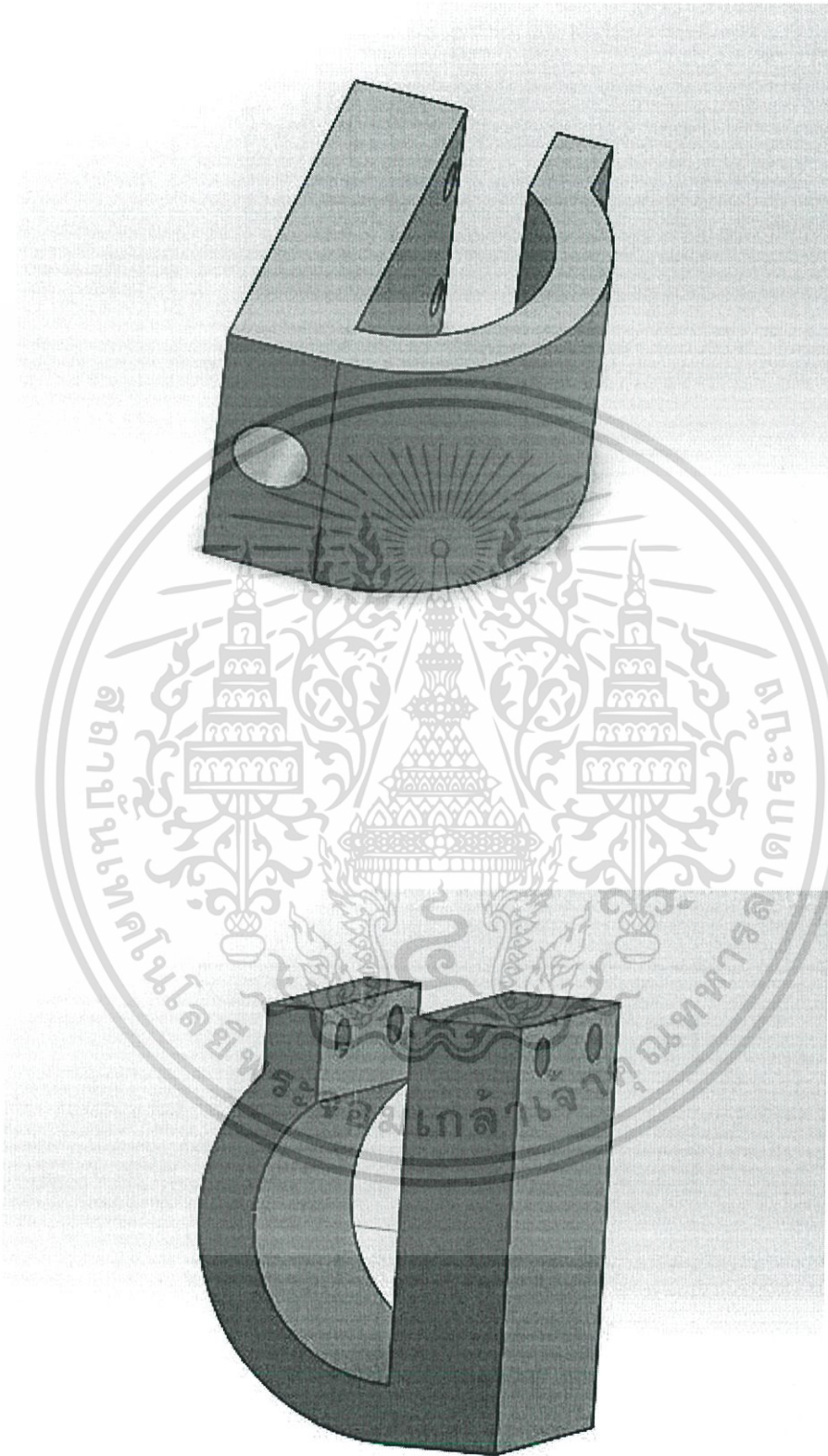
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงชิ้นส่วนจับยึดกับ DC motor



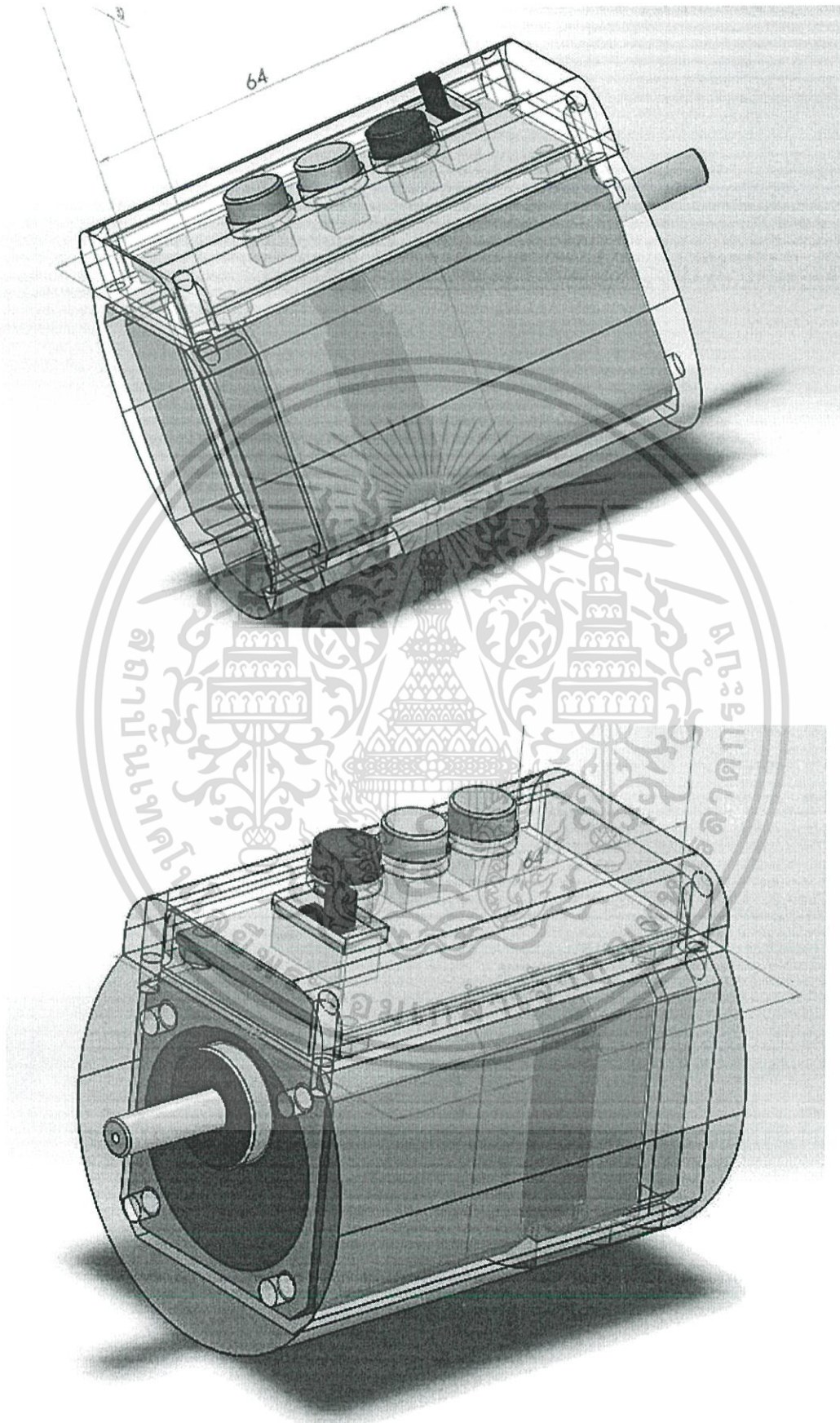
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงชิ้นส่วนจับยึดคีมทันกรรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงชิ้นส่วนที่หุ้ม Stepping Motor

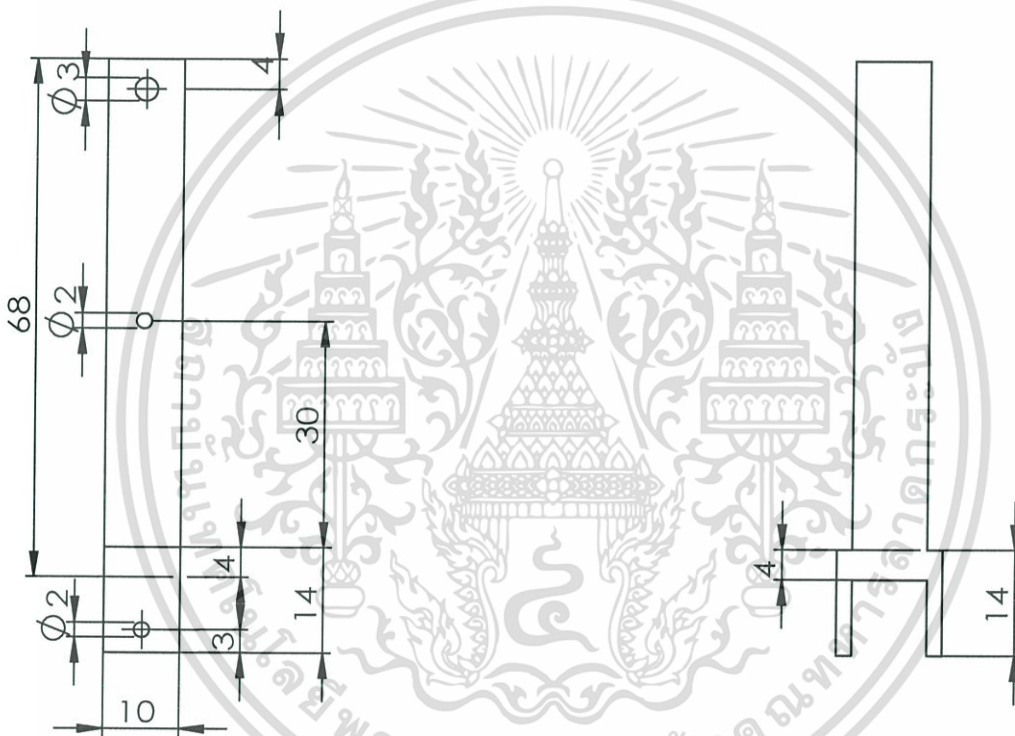
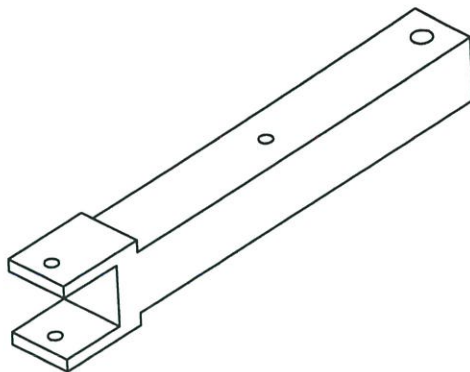
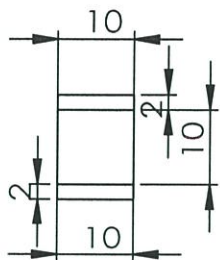


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



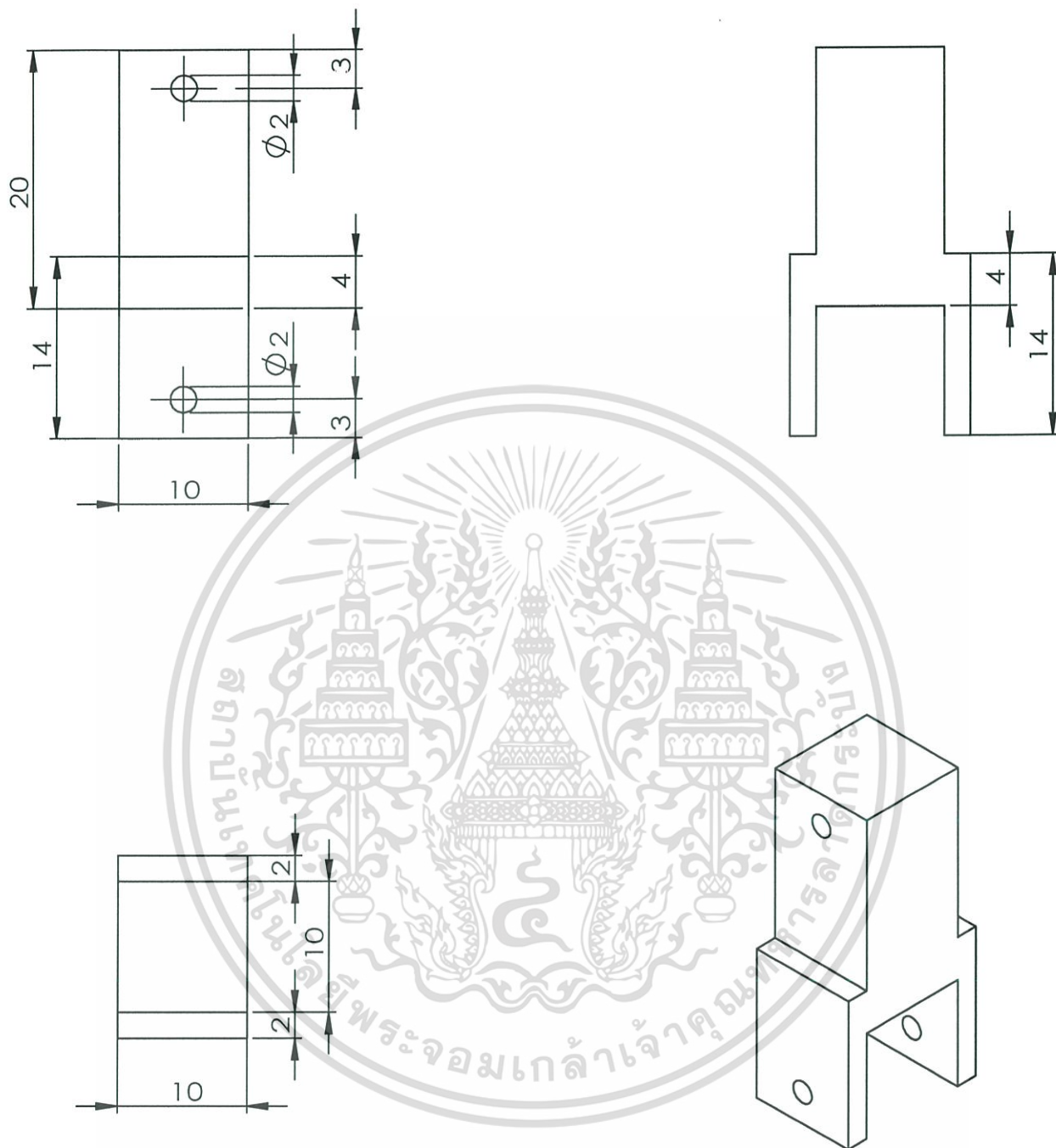
แสดงภาพถ่ายการออกแบบชิ้นส่วนทางกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



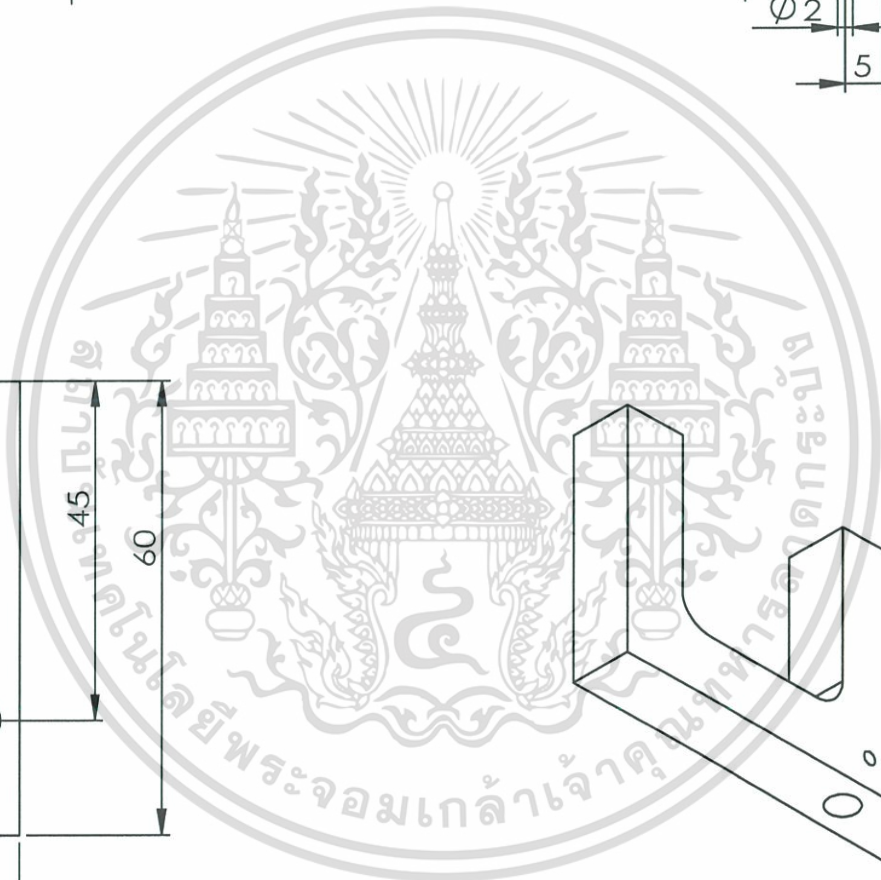
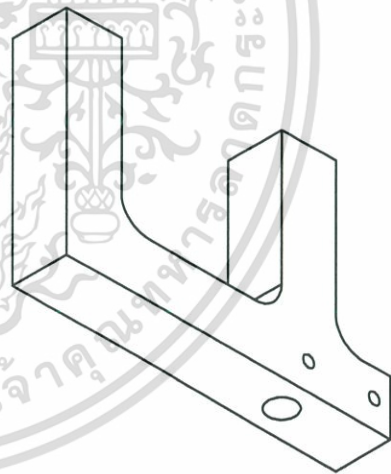
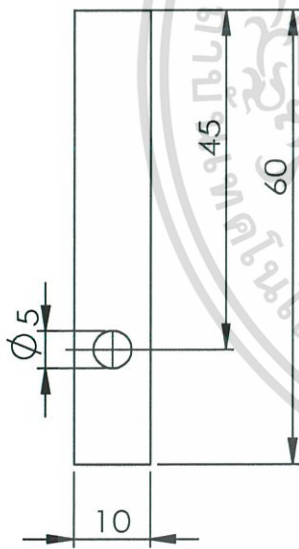
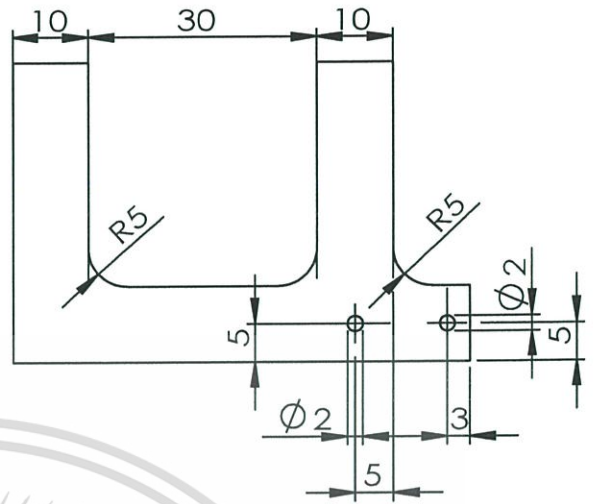
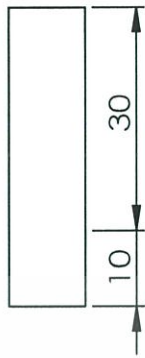
DWG NO.	1	
TITLE:	ARM70mm	
MATERIAL:	Aluminium	A4
SCALE: 1:1	SHEET 1 OF 1	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุยให้เผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขให้ตัดแปลงเนื้อหา แม้เพียงอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกฉบับที่มิให้นำไปใช้



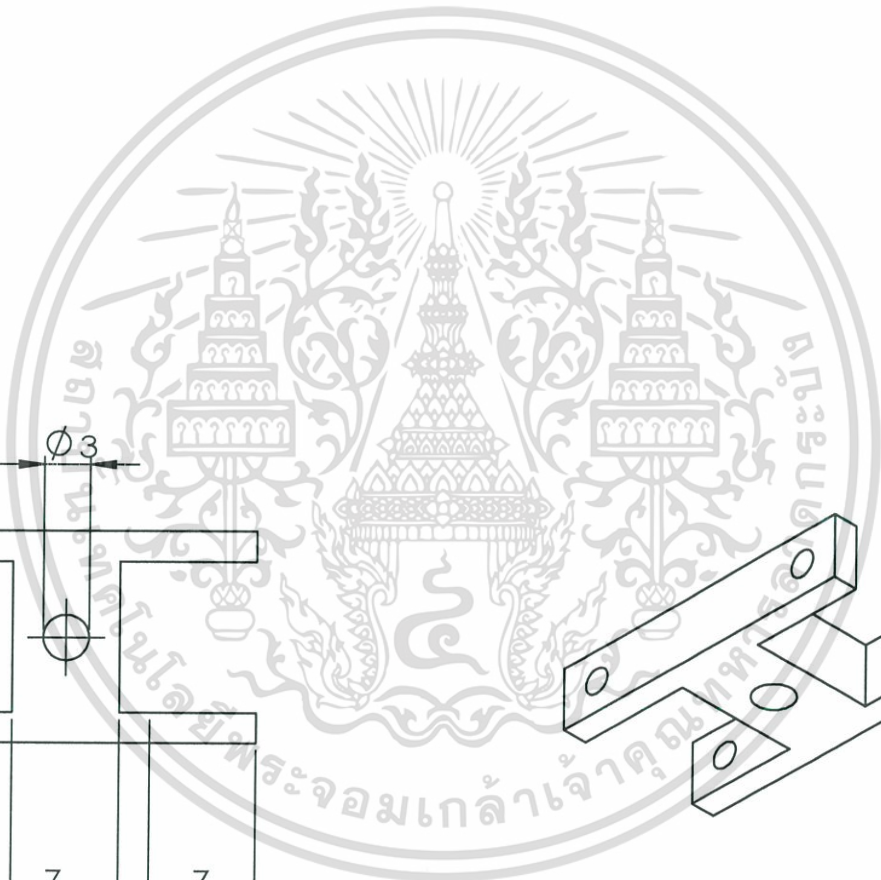
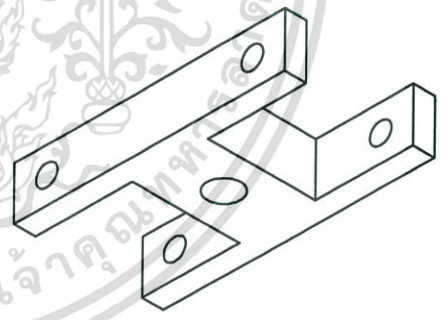
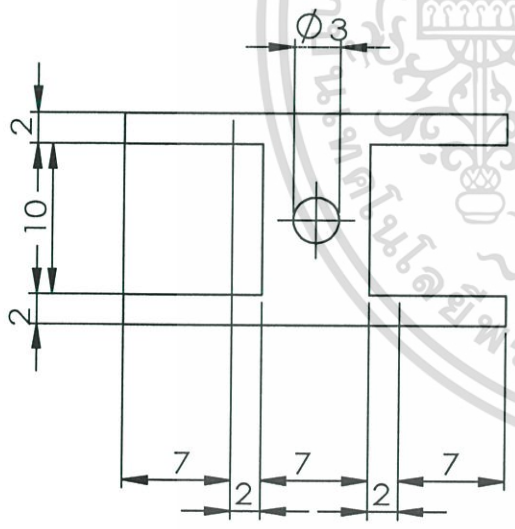
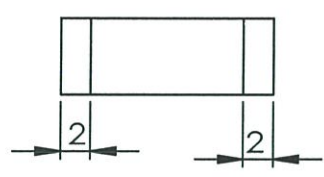
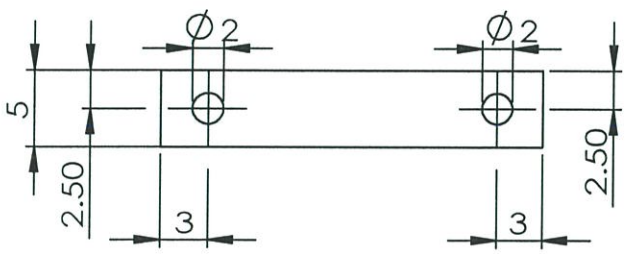
DWG NO.	2	
TITLE:	ARM25mm	
MATERIAL:	Aluminium	
SCALE:2:1	SHEET 2 OF 11	
		A4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารฉบับนี้ที่ส่งนำไปใช้



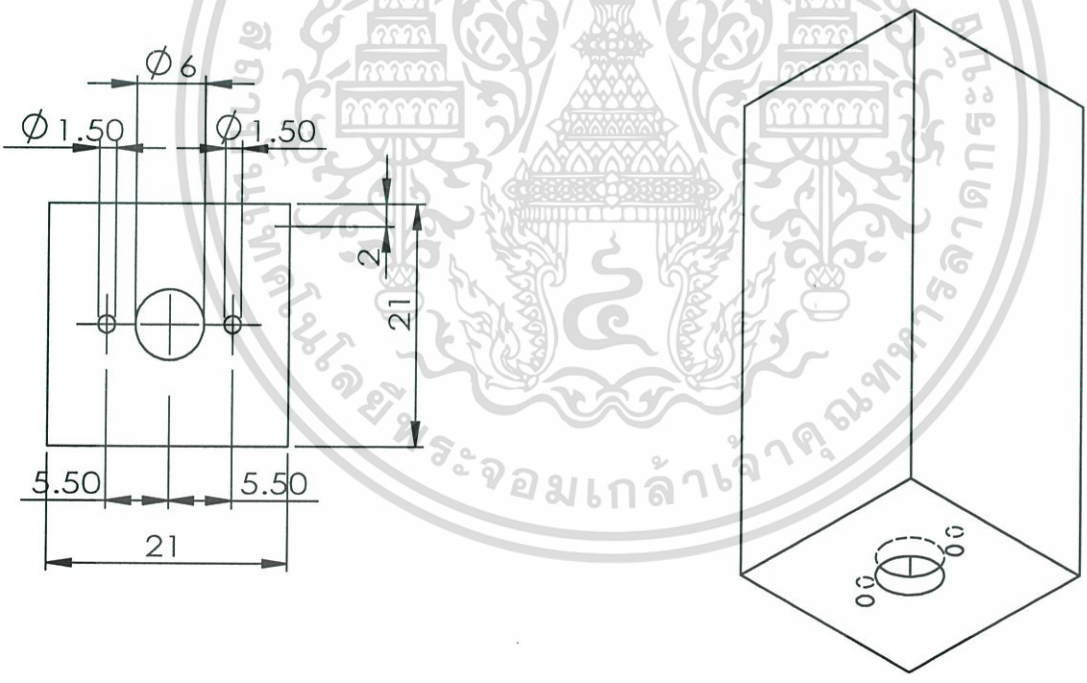
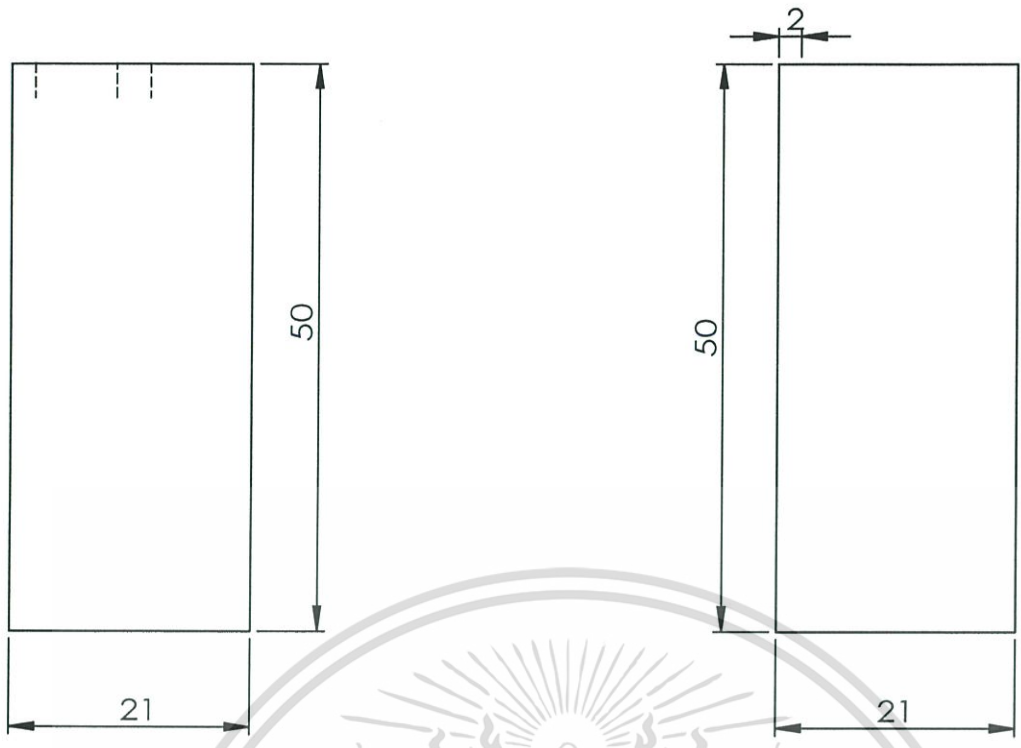
DWG NO.	3	
TITLE:	Fbar	
MATERIAL:	Aluminium	
SCALE:1:1	SHEET 3 OF 11	A4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารฉบับนี้ที่ส่งมอบไปใช้



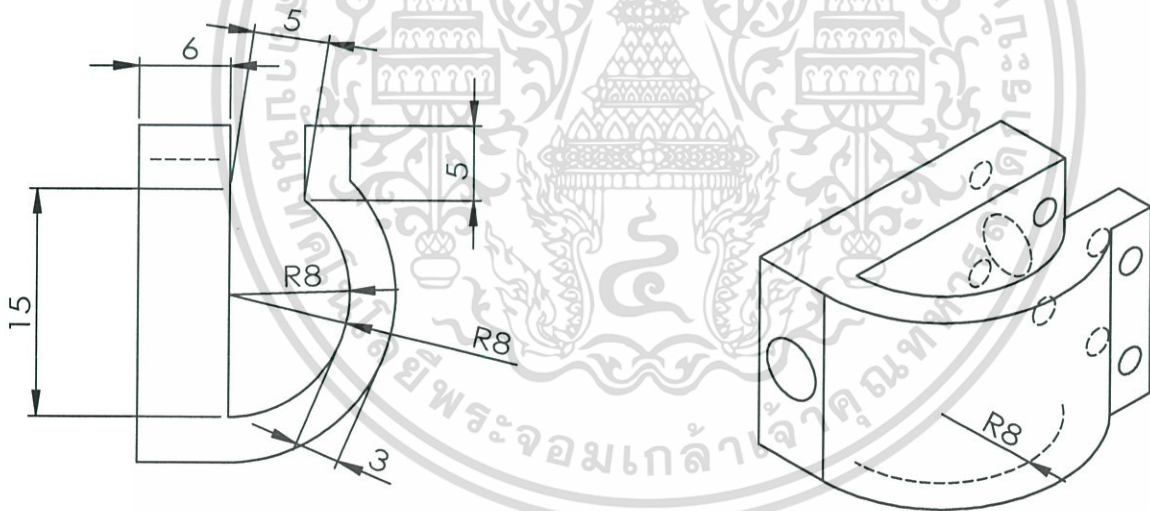
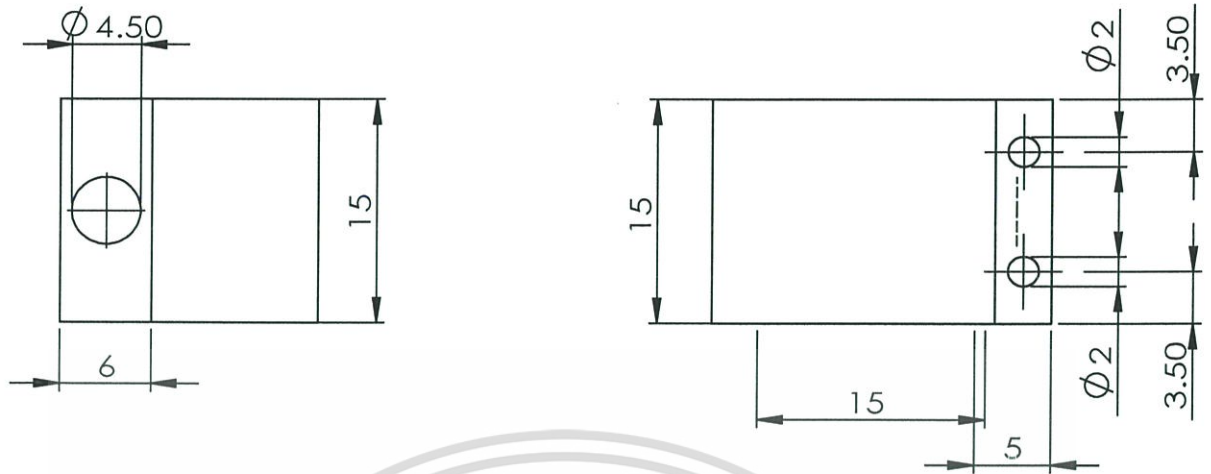
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารฉบับนี้ที่ได้นำไปใช้

DWG NO.	4	
TITLE:	Hbar	
MATERIAL:	Aluminium	A4
SCALE:2:1	SHEET 4 OF 11	



DWG NO.	5	
TITLE:	DCbox	
MATERIAL:	Aluminium	A4
SCALE:2:1	SHEET 5 OF 11	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DWG NO.

6

TITLE:

LOCK1

MATERIAL:

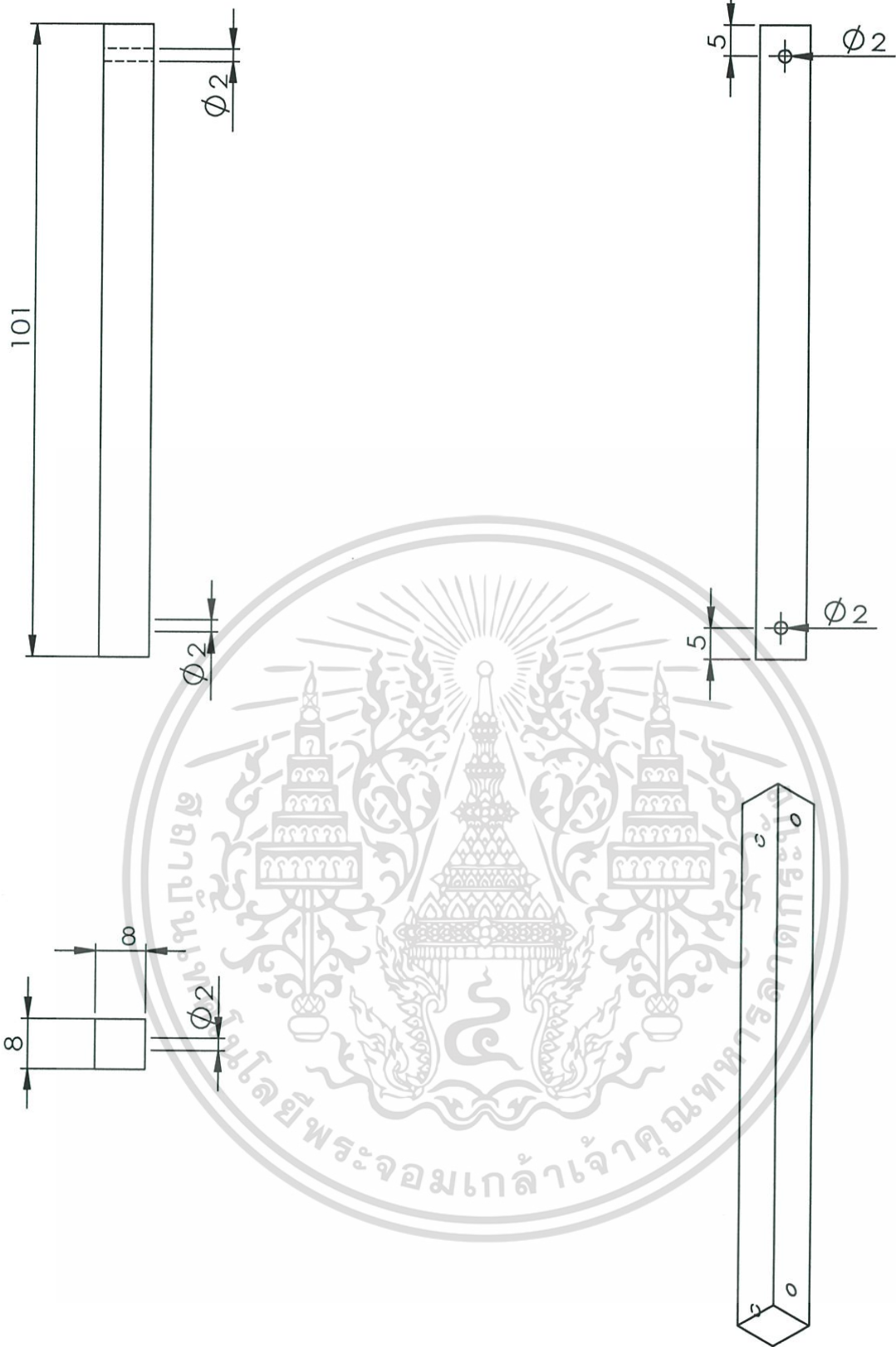
Aluminium

A4

SCALE:2:1

SHEET 6 OF 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารฉบับนี้ที่ได้นำไปใช้



DWG NO.

7

TITLE:

LOCK2

MATERIAL:

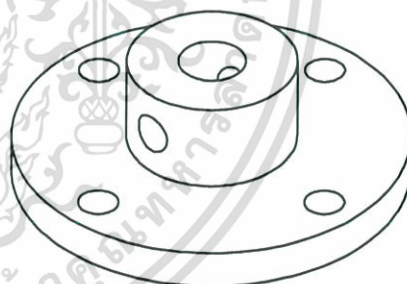
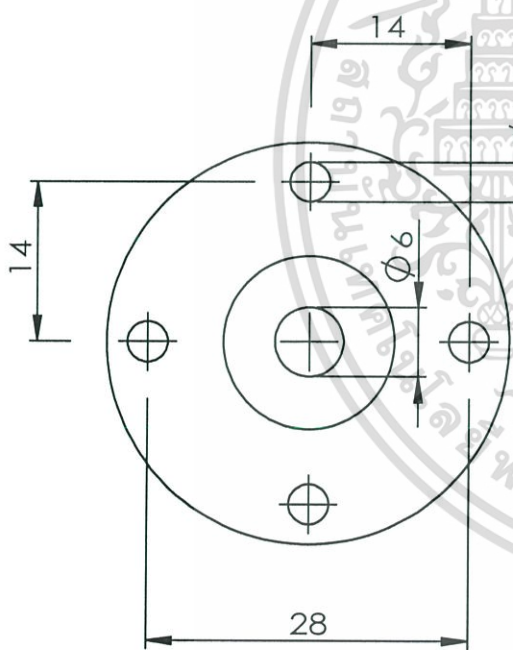
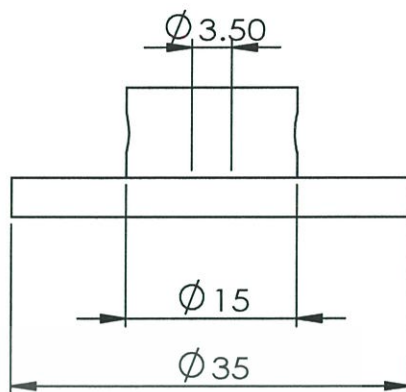
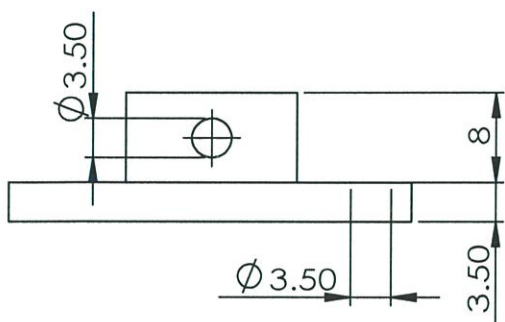
Aluminium

A4

SCALE:1:1

SHEET 7 OF 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DWG NO.	8	
TITLE:	COUPLING	
MATERIAL:	Aluminium	A4
SCALE:1:1	Unit : millimeter	SHEET 8 OF 11

The New Pentagon Bipolar Driver for 0.36°/0.72° Stepping Motors

Oriental Motor stepping motors with a step angles of 0.36° or 0.72° are wound in the bipolar New Pentagon configuration and, therefore, require a bipolar type driver. The New Pentagon bipolar driver allows the stepping motor to be driven at full step, half step and even microstep resolutions while ensuring that maximum torque is being generated by the motor on every step. This is a unique advantage for 0.36° or 0.72° stepping motors. The New Pentagon bipolar drive method also provides extremely smooth motion as well as maintaining torque and step accuracy regardless of the step resolution.

The New Pentagon motor/driver system is able to achieve this performance because the motor windings are all interconnected, as shown in the figure below. Since the coils are all interconnected, there is only one winding circuit that needs to be energized for the motor to operate. By having only one circuit to control, the driver can do a better job of controlling the amount of current in the motor, which leads to better torque stability and no loss of positioning accuracy as the microstepping resolution is increased.

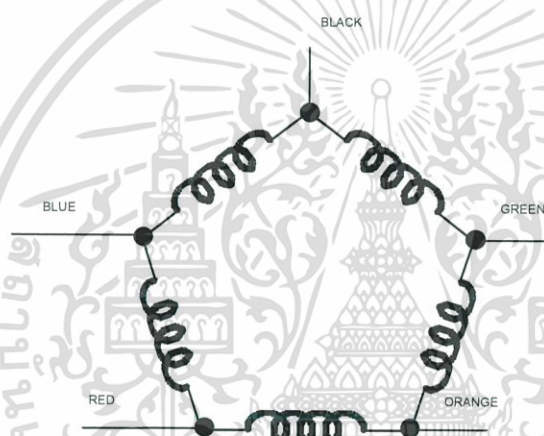


Figure 1: New Pentagon stepping motor wiring diagram

For a New Pentagon driver, there are 10 full steps in an electrical cycle with 4 phases being ON at any given time. Each full step results in 0.72° (0.36°) of shaft rotation. The 4-phase ON excitation state table is shown in table 1 below. An “H” represents that the respective MOSFET is active.

Step	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VOHGA	H	H	L	L	L	L	L	L	L	H
VOHGB	L	H	H	H	L	L	L	L	L	L
VOHGC	L	L	L	H	H	H	L	L	L	L
VOHGD	L	L	L	L	L	H	H	H	L	L
VOHGE	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H
VOLA	L	L	L	L	H	H	H	L	L	L
VOLB	L	L	L	L	L	L	H	H	H	L
VOLC	H	L	L	L	L	L	L	L	H	H
VOLD	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VOLE	L	L	H	H	H	L	L	L	L	L
TIM	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L
CW	→									
CCW	←									

Table 1: 4-Phase ON Full Step excitation

Half stepping, or $0.36^\circ/\text{step}$ ($0.18^\circ/\text{step}$), is possible by alternately turning 4-phases ON and then 5 phases ON. The 4~5-phase ON excitation sequence has 20 steps in its electrical cycle and is shown in table 2 below. An “H” represents that the respective MOSFET is active.

Step	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
VOHGA	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H
VOHGB	L	L	H	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
VOHGC	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L
VOHGD	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	L	L	L	L	L
VOHGE	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	L
VOLA	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L
VOLB	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	L	L
VOLC	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H
VOLD	H	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
VOLE	L	L	L	L	H	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
TIM	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
CW	→																			
CCW	←																			

Table 2: 4-5 Phase ON Full Step excitation table

The output circuit diagram for a New Pentagon driver is shown in figure 2 below. The New Pentagon bipolar driver uses 10 transistors which are shown below. Simply stated, the 5 transistors shown in the top row determine which motor coils the voltage will enter the motor windings (High side) while the 5 transistors shown in the bottom row determine which motor coils the voltage will flow to ground through.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

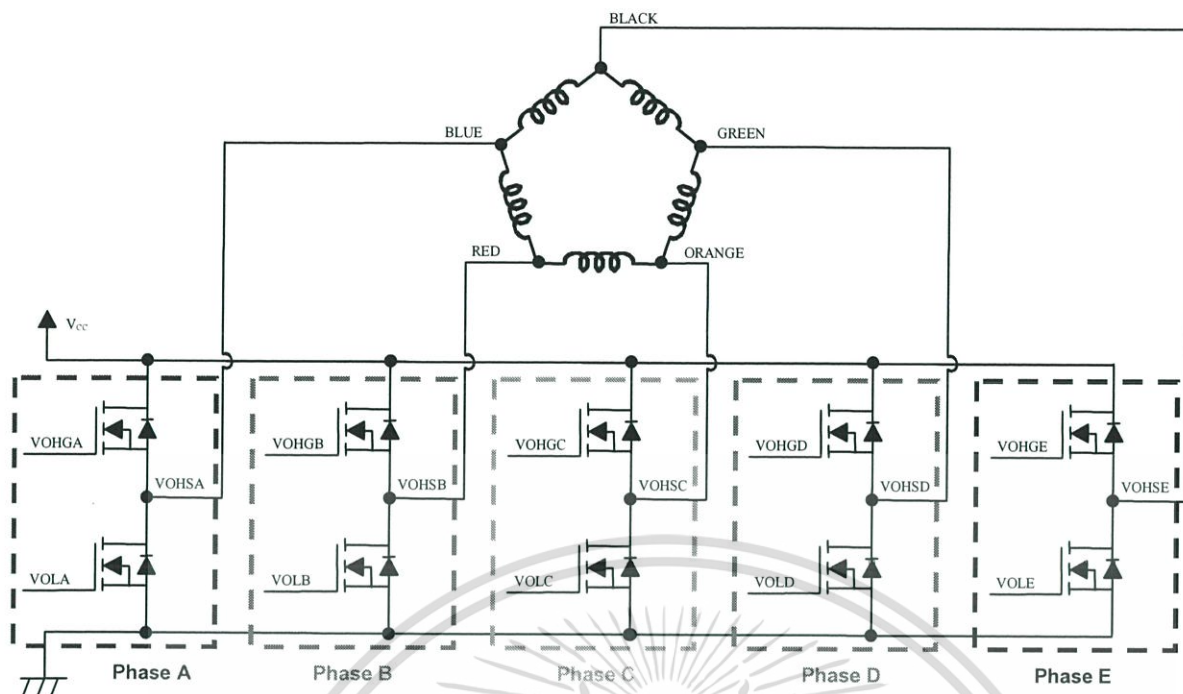
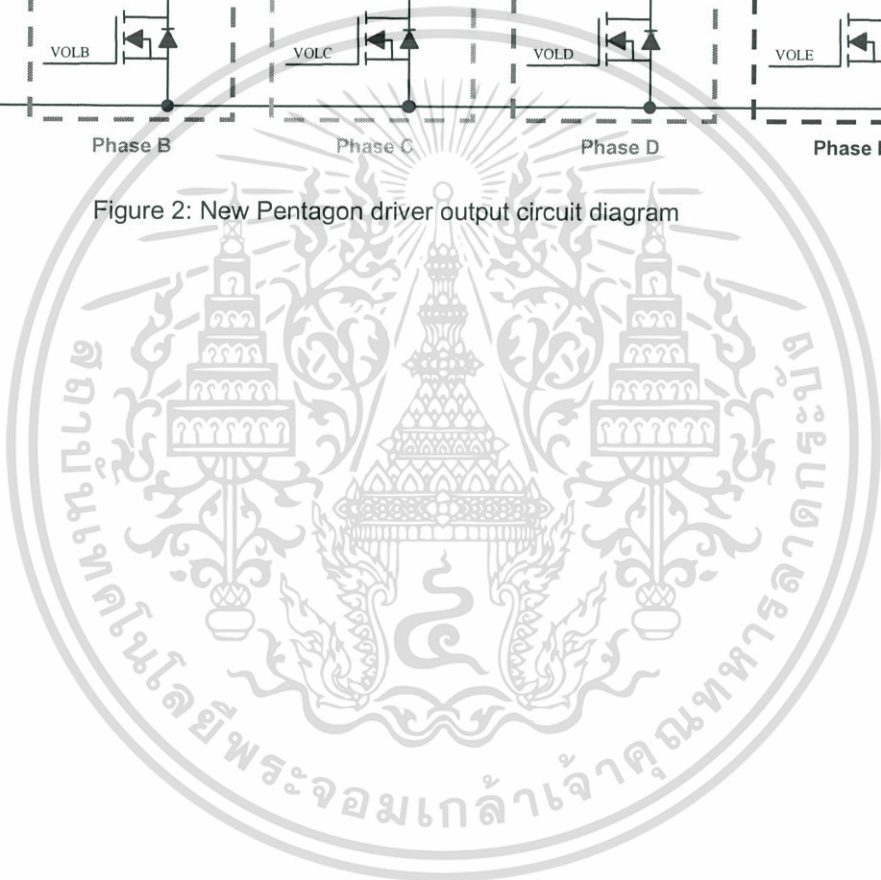


Figure 2: New Pentagon driver output circuit diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

When the driver is first powered on or reset, the excitation state is set step 0. By referring to excitation state table 1, we can see that current will be flowing through the motor as shown in in figure 3. Figures 4 and 5 show the current flow for Full steps 1 and 2, respectively.

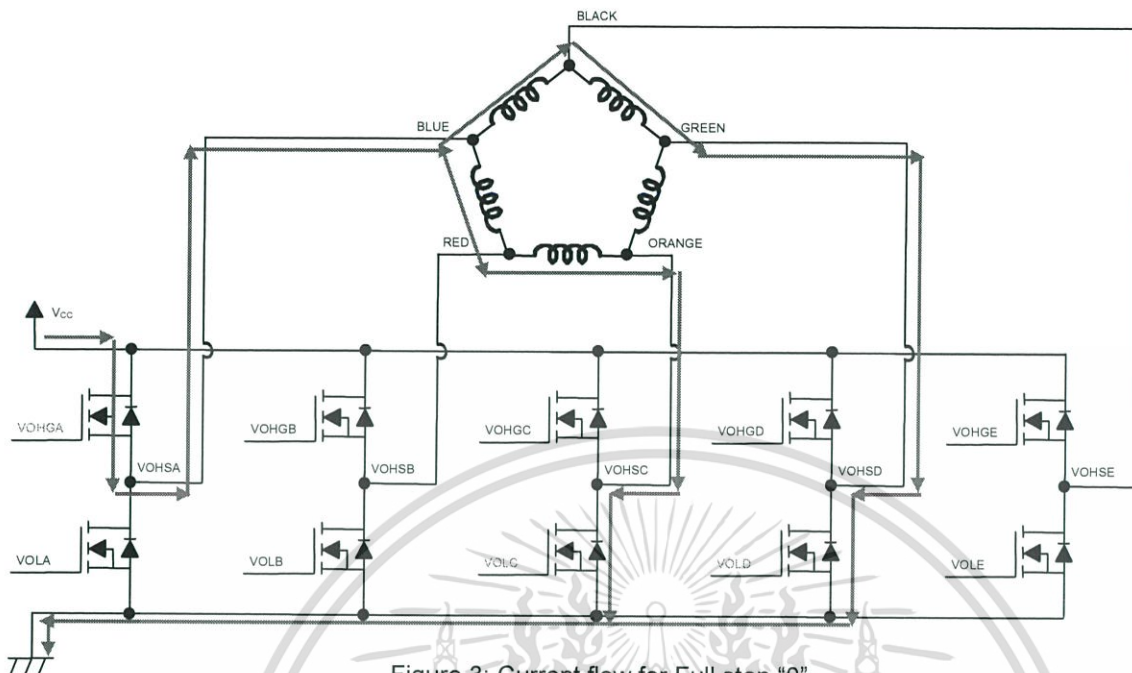


Figure 3: Current flow for Full step "0"

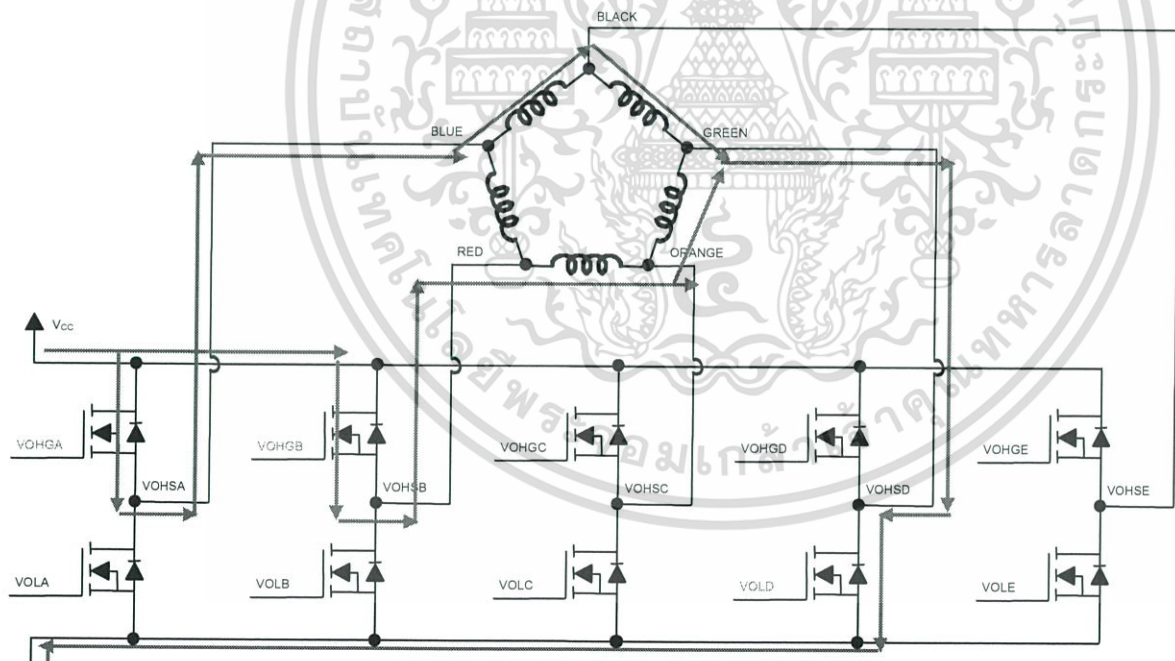


Figure 4: Current flow for Full Step "1"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

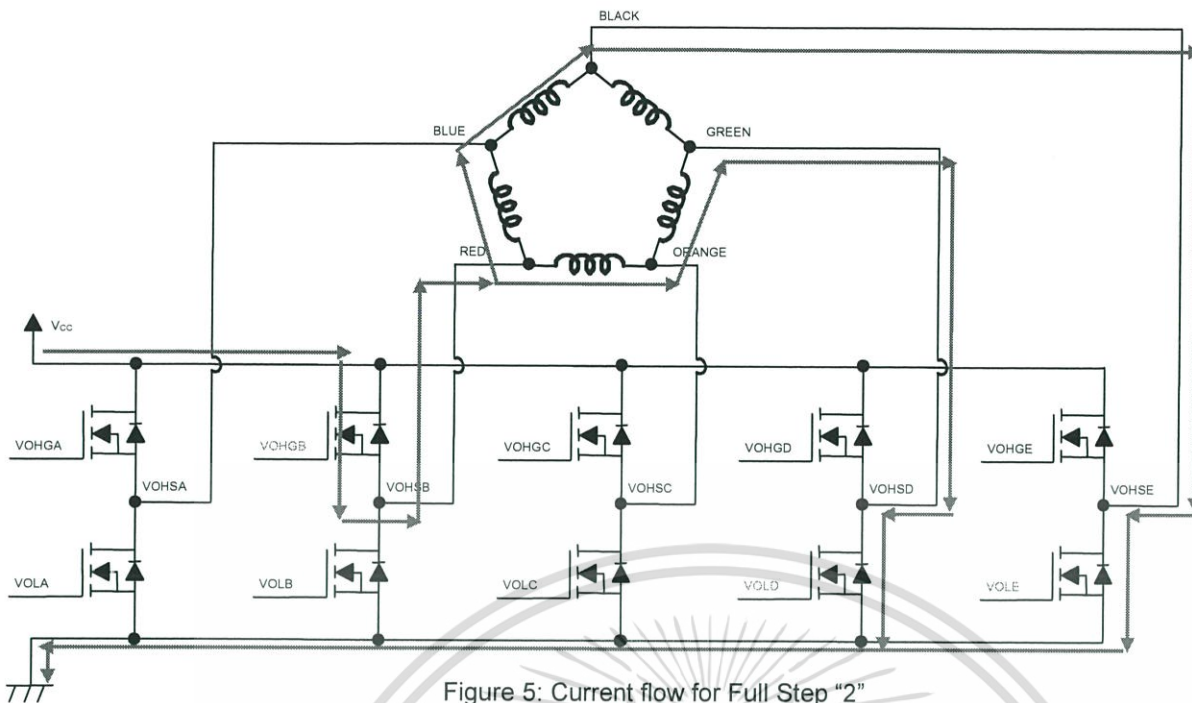


Figure 5: Current flow for Full Step "2"

The current flow for the first three steps of Half stepping mode is shown in figure 6, 7 and 8

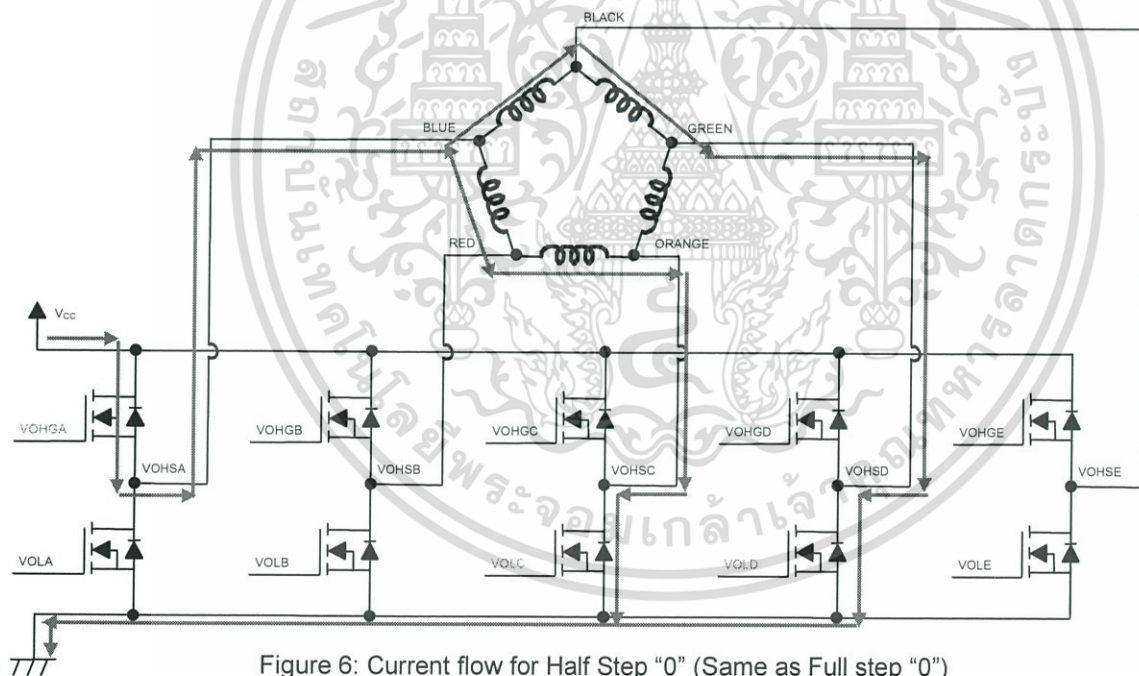


Figure 6: Current flow for Half Step "0" (Same as Full step "0")

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

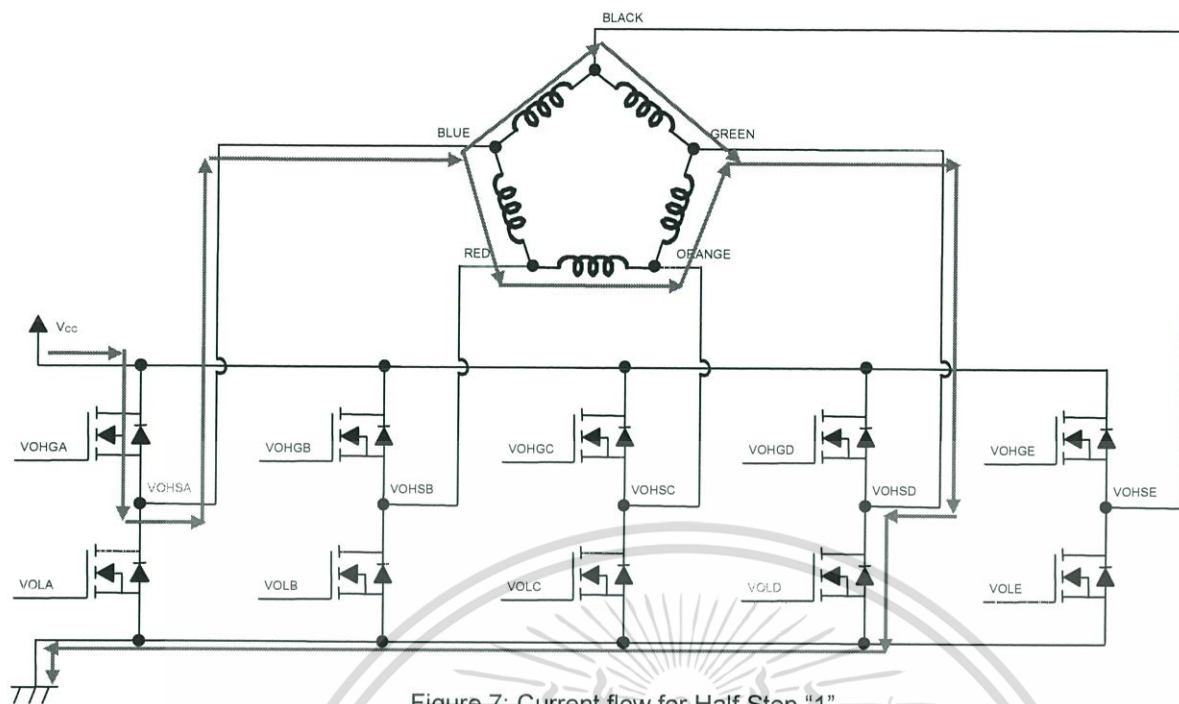


Figure 7: Current flow for Half Step "1"

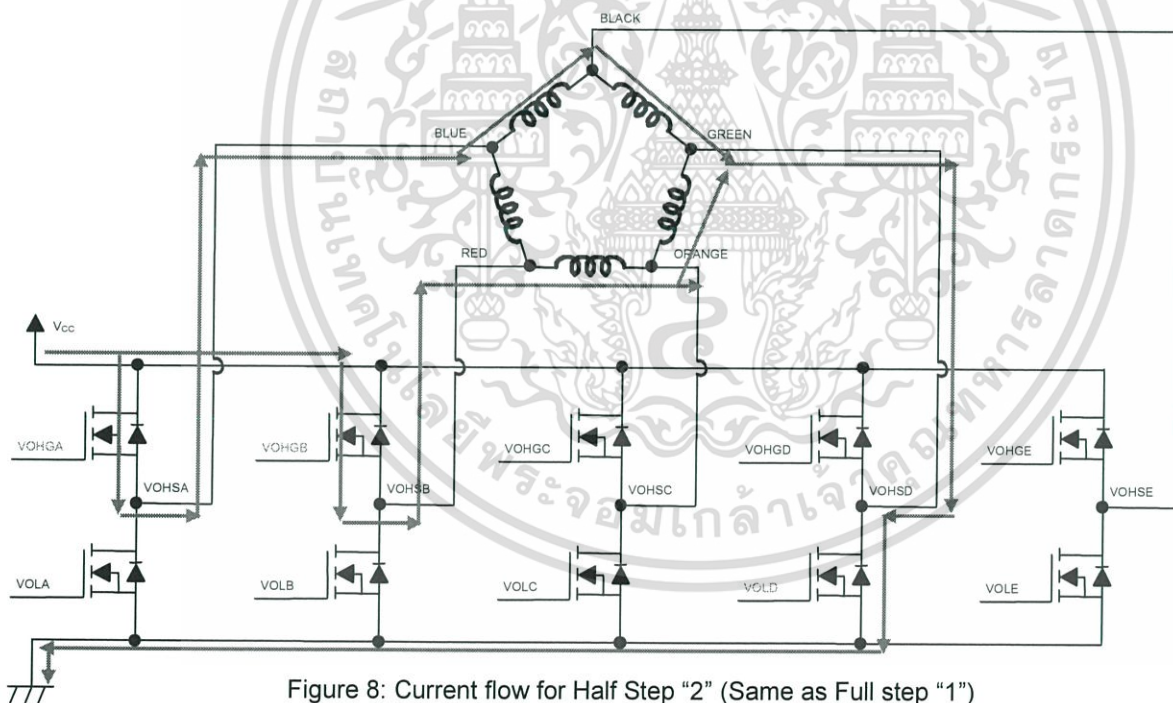


Figure 8: Current flow for Half Step "2" (Same as Full step "1")

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

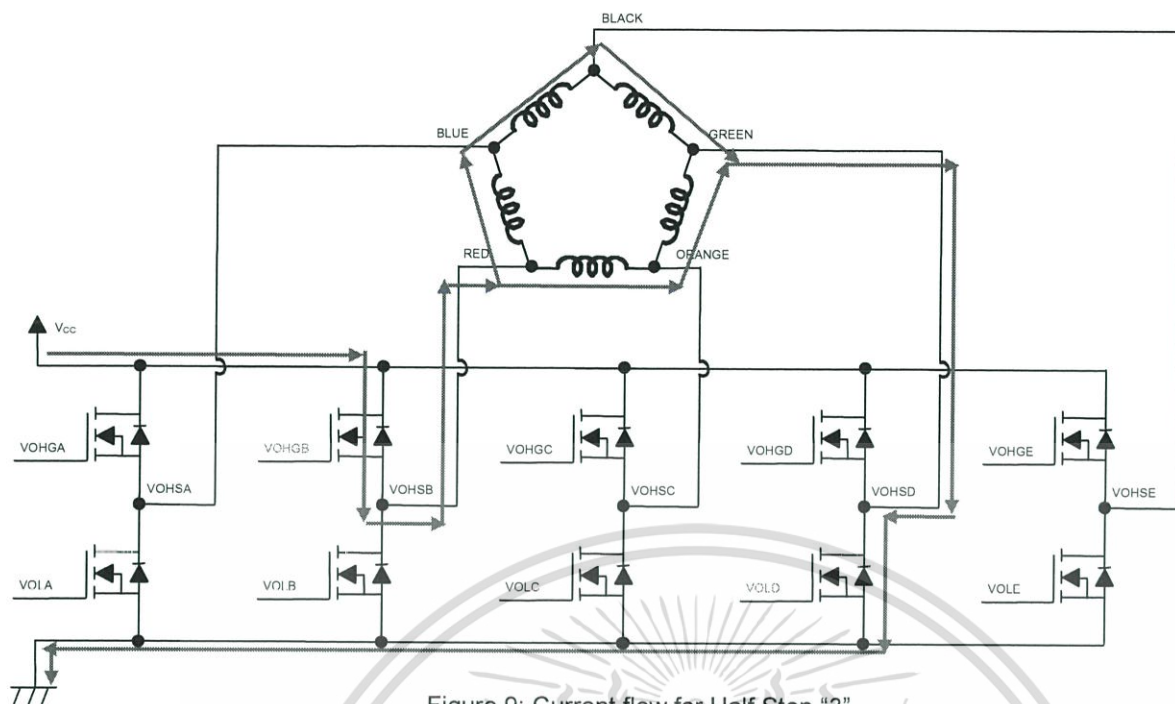


Figure 9: Current flow for Half Step "3"

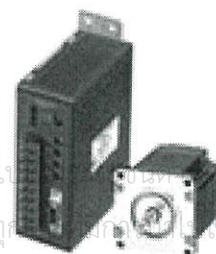
Oriental Motor offers several different New Pentagon bipolar driver options. Which driver option you may choose is determined by several factors

In general, a method for selecting what driver to use would use the following thought process:

1. **What input voltage is available?** Drivers are available that accept all common single and three phase AC power supplies as well as drivers that accept DC voltage input.
2. **What motor shaft speed is required?** Higher shaft speeds require higher applied voltage to the motor windings. AC power input versions of Oriental Motor drivers apply approximately 162VDC to the motor windings, allowing the motor to produce useful torque levels in excess of 4000 rpm. Items 1 and 2 go hand-in-hand. In some cases, an AC input driver may be the only option based on speed requirements.
3. **What output torque is required?** The amount of torque required for the application will determine the frame size and stack length of the stepping motor. The larger the motor, the higher the current per phase rating it will have. The output current capability of the driver can affect its size and how it should be the amount of cooling that may be required.
4. **What motor resolution is required?** The number of steps per revolution that the motor needs to take will also narrow down the search for which driver to use. Either a full/half step driver or a microstepping driver can be selected.
5. **Does the driver need to be "intelligent"?** Drivers will either accept step & direction commands from separate controller/pulse generator or it can be programmed to create its own motion profiles.
6. **How much space is available for the driver?** Drivers can be mounted either independently or incorporated into a circuit board design.

For higher speed and load applications, an AC power input drive will most likely be required. For these applications, the [RK Series](#) Microstep driver would be the best choice. The [RK Series](#) offers:

- Single-Phase 100~115 VAC or Single-Phase 200~230 VAC power input, both complying with international safety standards (UL/CSA and EN) along with RoHS.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้เพื่อการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

- Smooth Drive Function which ensures low-vibration and low-noise operation at low speeds by internally executing microstepping within the driver, working independently of the input pulse frequency of your controller.
- Microstep Drive capability with the ability to divide the basic step angle of the motor up to 250 times offering a maximum resolution of 125,000 steps per revolution.
- Available for 0.36°/0.72° motors with a current rating of up to 1.4A/phase.
- Shaft speeds in excess of 4000 rpm can be attained.
- For use with 0.36°/0.72° stepping motors that have the New Pentagon winding configuration.

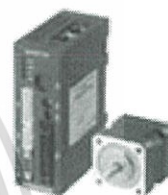
The RK Series driver can be mounted in a control panel with other equipment and only requires steps and direction inputs to make the motor move.

More details and information about the RK Series can be found online by clicking [here](#).

For applications where the speed and/or torque requirements are not so high, a DC voltage input driver can be used. Oriental Motor currently offers 5 DC input driver options to suit your needs.

If your application requires the driver to be able stand alone and control the motion by itself, the CRK Series with Built-in Controller should suit your needs. The CRK Series with Built-in Controller offers many features including:

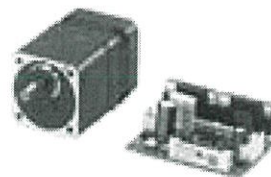
- 24VDC input with EN (Low Voltage Directive) and RoHS compliance.
- Microstep Drive capability with the ability to divide the basic step angle of the motor up to 250 times offering a maximum resolution of 250,000 steps per revolution (with 0.36° basic step angle motor).
- High resolution microstepping offers lower vibration and noise compared to conventional stepping motor systems.
- Compact microstep driver with a powerful, feature-rich controller built-in.
- Supports stand alone or RS-485 communications with multi-drop capability for network operation and I/O control.
- 11 dedicated function (e.g. Start, Abort, Home) inputs.
- 6 programmable inputs.
- 2 dedicated function (e.g. Move, Alarm) outputs.
- 4 programmable outputs.
- Encoder feedback capability.
- Compact microstep driver/controller is 35mm W x 70 D x 100mm H
- For use with 0.36°/0.72° stepping motors that have the New Pentagon winding configuration.



More details and information about the CRK Series with Built-in Controller can be found online by clicking [here](#).

The CRK Series microstepping driver would be the choice when a separate pulse generator or controller is going to be used.

- 24VDC input with EN (Low Voltage Directive) and RoHS compliance.
- The Smooth Drive Function automatically controls operations via microstep drive at the same travel distance and speed used in the full-step mode, without requiring the operator to change the pulse input settings. This function is particularly useful when the CRK Series is used in full-step or half-step mode.
- Photocoupler inputs.
- High resolution microstepping offers lower vibration and noise compared to conventional stepping motor systems.



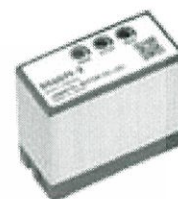
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Enables high resolution performance to be used in lower resolution systems.
- Microstep Drive capability with the ability to divide the basic step angle of the motor up to 250 times offering a maximum resolution of 250,000 steps per revolution (with 0.36° basic step angle motor).
- This compact microstep driver is 65mm W x 45 D x 25mm H
- For use with 0.36°/0.72° stepping motors that have the New Pentagon winding configuration.

More details and information about the CRK Series can be found online by clicking [here](#).

When an extremely small mounting foot print is required, the DS Series On-board New Pentagon driver would be the choice. The DS Series is intended to be mounted directly on a circuit board reducing the size of the of overall control system of the application.

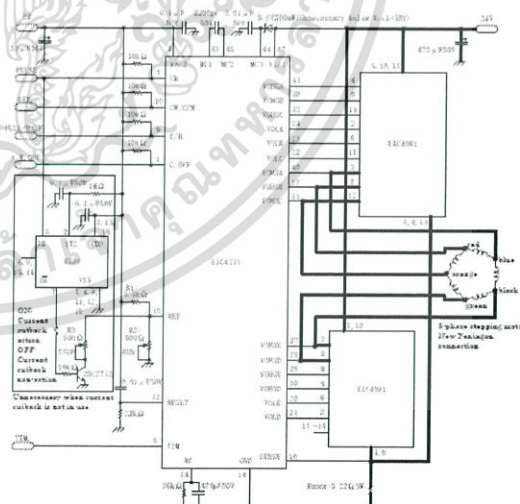
- Extremely compact driver is 34mm W x 15.8 D x 30mm H. The driver is mounted via 2mm pitch x 30 pins connection.
- 12 to 24VDC input (separate 5VDC required for logic).
- Both microstep and full/half step driver versions are available.
- Available for 0.36°/0.72° motors with current ratings of 0.35, 0.75 and 1.4A/phase.
- High resolution microstepping offers lower vibration and noise compared to conventional stepping motor systems.
- RUN, STOP and ECO current settings potentiometers are included.
- Low cost high resolution performance can be used in existing lower resolution systems.
- For use with 0.36°/0.72° stepping motors that have the New Pentagon winding configuration.



More details and information about the DS Series can be found online by clicking [here](#).

If you would like to use discreet components to build your own 0.36°/0.72° stepping motor driver, there is an option for that, too. Oriental Motor can provide a chip set with the IC chips necessary to build your own board level driver. The chip set is comprised of three chips; two chips are FET arrays for supplying current to the motor and one chip acts as a pre-drive for the FET arrays and logic control responsible for the functions of:

- Pulse & Direction input
- Full/Half stepping
- All Windings Off
- Run current level
- Standstill current level
- Timing output
- For use with 0.36°/0.72° stepping motors that have the New Pentagon winding configuration.



The chips are available in both DIP and surface mount configurations.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Our chip set offerings can be described as shown below

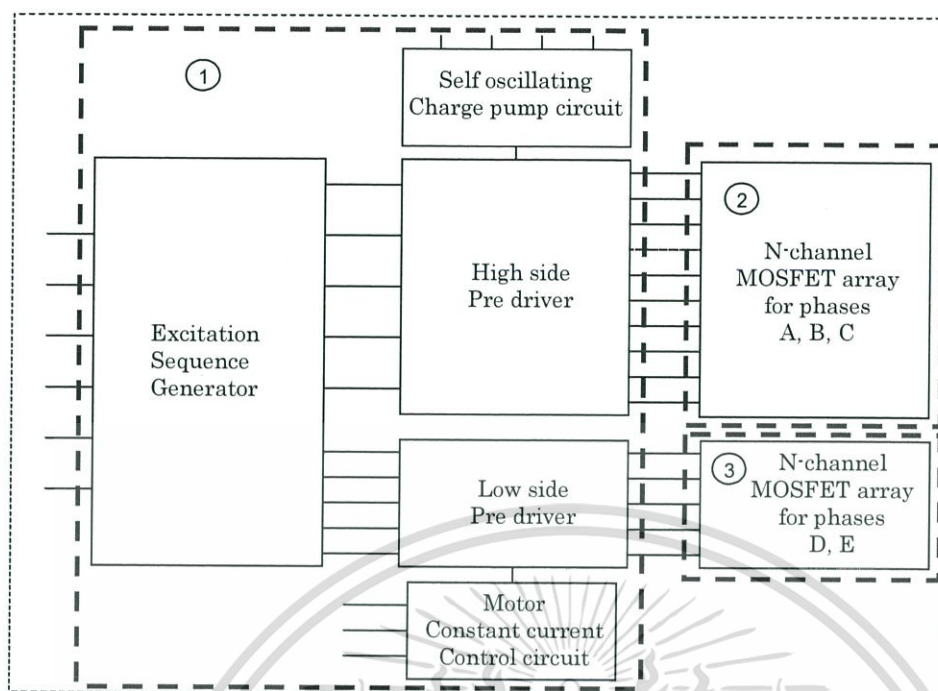


Figure 10: Oriental Motor New Pentagon driver ASIC layout

1. **Control IC:** The control IC performs/includes the following functions:

- A Full/Half step sequence generator
- A self-oscillating charge pump circuit
- A High side pre-driver
- A Low side pre-driver
- A Motor constant current control circuit
- Logic for TIMing output
- Logic for All Windings Off function

This chip is available in two versions: a 30 pin DIP package and a 48 pin surface mount (QFP) package

2. **N-channel MOSFET Array for phases A, B, C:** This chip contains 6 of the 10 MOSFET's (each phase requires two MOSFET's) required for the output circuit. This chip controls phases A, B and C. Two versions of this chip are available, depending on the current per phase rating of the motor being used.

3. **N-channel MOSFET Array for phases D, E:** This chip contains 4 of the 10 MOSFET's (each phase requires two MOSFET's) required for the output circuit. This chip controls phases D and E. Two versions of this chip are available, depending on the current per phase rating of the motor being used.

Control IC Part #	Mounting type	Motor Current Rating (A/phase)
EIC4101		30 pin DIP
EIC4131	0.35, 0.75, 1.4, 2.8	48 pin QFP

Table 3: Control IC product lineup

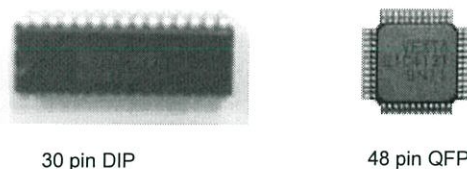


Figure 13: Control Logic IC's

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOSFET Array Part #	Function	Motor Current Rating	Mounting Type
EIC4081	A, B, C Phase MOSFETS	0.35, 0.75, 1.4 (A/phase)	15 pin SIP with heatsink fin
EIC4091	D, E Phase MOSFETS		
EIC4111	A, B, C Phase MOSFETS	2.8 (A/phase)	
EIC4121	D, E Phase MOSFETS		

Table 4: MOSFET Array IC product lineup

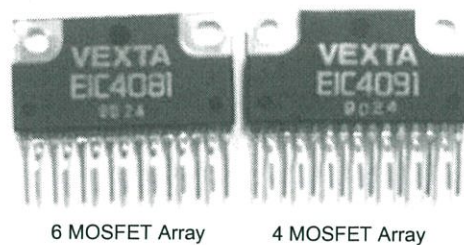


Figure 14: MOSFET Array IC's

For more information on the DS Series of on-board drivers or the lineup of integrated circuit chips, please contact your local Oriental Motor sales office.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specifications RoHS



Product Name	Single Shaft	CRK543AK-T3.6	CRK543AK-T7.2	CRK543AK-T10	CRK543AK-T20	CRK543AK-T30
	Double Shaft	CRK543BK-T3.6	CRK543BK-T7.2	CRK543BK-T10	CRK543BK-T20	CRK543BK-T30
Maximum Holding Torque	N·m	0.35	0.7	1	1.5	
Rotor Inertia	J: kg·m ²	35×10 ⁻⁷				
Rated Current	A/Phase	0.75				
Basic Step Angle		0.2°	0.1°	0.072°	0.036°	0.024°
Gear Ratio		3.6	7.2	10	20	30
Permissible Torque	N·m	0.35	0.7	1	1.5	
Backlash	arc minute (degrees)	45 (0.75°)	25 (0.417°)		15 (0.25°)	
Permissible Speed Range	r/min	0~500	0~250	0~180	0~90	0~60
Power Supply Input		24 VDC±10% 1.4 A				
Excitation Mode		Microstep				
Mass	Motor	kg			0.35	
	Driver	kg			0.12	
Dimensions No.	Motor				[6]	
	Driver				[11]	

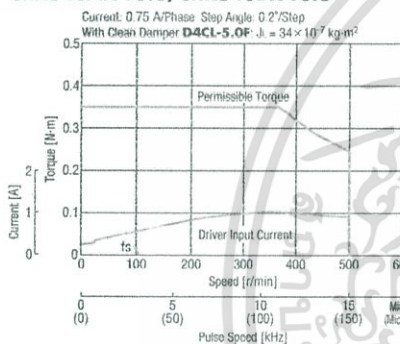
How to read specifications table → Page 6

Note

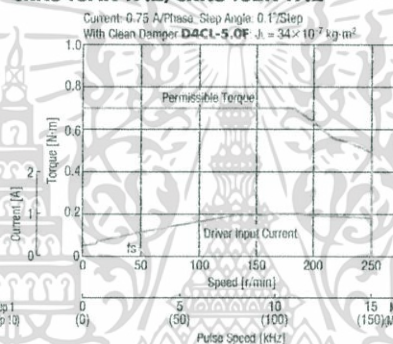
The rotation direction of the motor and that of the gear output shaft are the same for the gear ratios 3.6, 7.2 and 10. It is the opposite for the 20 and 30 gear ratios.

Speed – Torque Characteristics

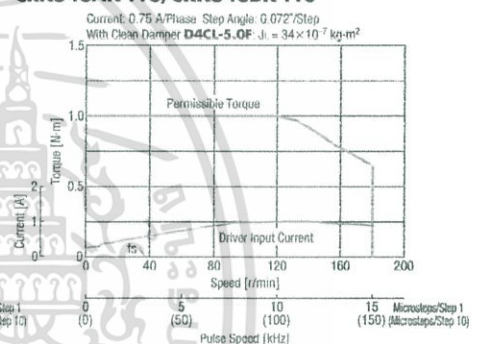
CRK543AK-T3.6/CRK543BK-T3.6



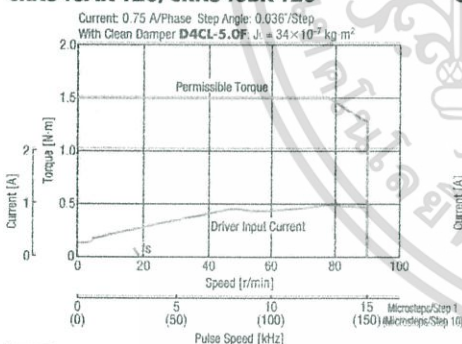
CRK543AK-T7.2/CRK543BK-T7.2



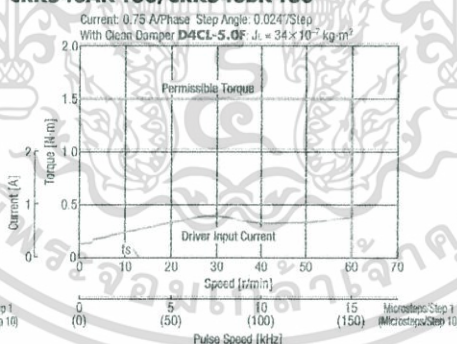
CRK543AK-T10/CRK543BK-T10



CRK543AK-T20/CRK543BK-T20



CRK543AK-T30/CRK543BK-T30



Note

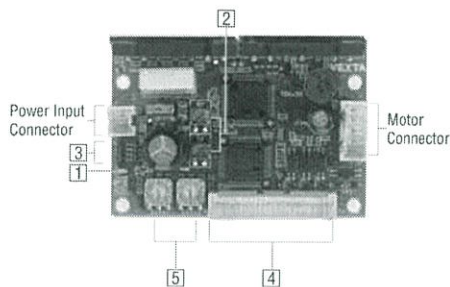
Depending on the driving conditions, a considerable amount of heat may be generated by the motor. Be sure to keep the motor case temperature at 100°C or less.

The driver's automatic current cutback function at motor standstill reduces maximum holding torque by approximately 50%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ Connection and Operation

● Names and Functions of Driver Parts



1 Power Input Display

Color	Function	When Activated
Green	Power supply indication	Lights when power is on.

2 Current Adjustment Potentiometers

Indication	Potentiometer Name	Function
RUN	Motor run current potentiometer	For adjusting the motor running current.
STOP	Motor stop current potentiometer	For adjusting the motor current at standstill.

3 Function Select Switches

Indication	Switch Name	Function
1P/2P	Pulse input mode switch	Switches between 1-pulse input and 2-pulse input.
OFF/SD	Smooth drive function switch	Enables or disables the smooth drive function.
R2/R1	Resolution select switch	Switches the basic step angle between R1 and R2.

4 Input/Output Signals

Indication	Input/Output	Pin No.	Signal Name	Function	
	Input	1	Pulse signal (CW pulse signal)	Operation command pulse signal (The motor will rotate in the CW direction when in 2-pulse input mode.)	
		2			
		3	Rotation direction signal (CCW pulse signal)	Rotation direction signal Photocoupler ON: CW, Photocoupler OFF: CCW (The motor will rotate in the CCW direction when in 2-pulse input mode.)	
		4			
		5	All windings off signal	Cuts the output current to the motor and allows the motor shafts to be rotated manually.	
		6			
		7	Step angle select signal	Switches to step angle set in DATA1 and DATA2.	
		8			
		9	Automatic current cutback release signal	This signal is used to disable the automatic current cutback function.	
		10			
		Output	11	Excitation timing signal	Outputs signals when the excitation sequence is at STEP "0."
			12		

Description of input/output signals → Page C-160

5 Step Angle Setting Switches

Indication	Switch Name	Function
DATA1	Step angle setting switch	Each switch can be set to the desired resolution from the 16 resolution levels.
DATA2		

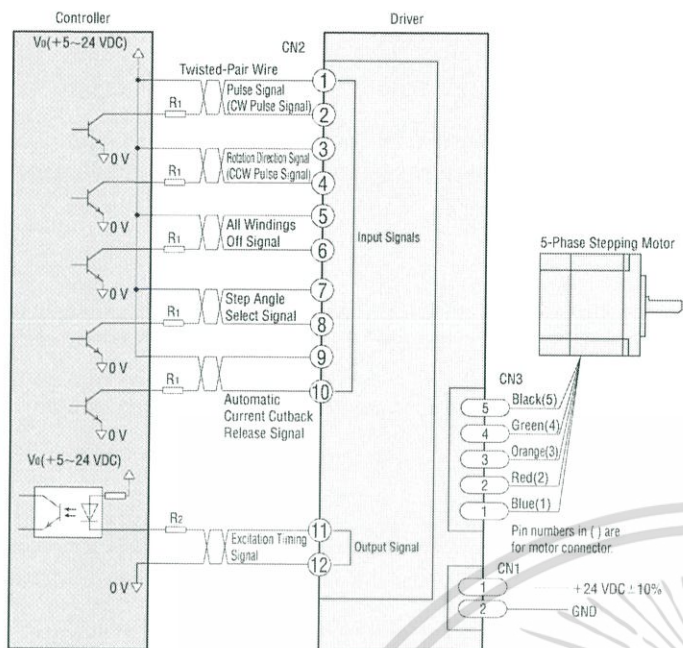
R1				R2			
DATA1 DATA2	Microsteps/ Step 1	Resolution 1	Step Angle 1	DATA1 DATA2	Microsteps/ Step 2	Resolution 2	Step Angle 2
0	1	500	0.72°	0	×2.5	200	1.8°
1	2	1000	0.36°	1	×1.25	400	0.9°
2	2.5	1250	0.288°	2	1.6	800	0.45°
3	4	2000	0.18°	3	2	1000	0.36°
4	5	2500	0.144°	4	3.2	1600	0.225°
5	8	4000	0.09°	5	4	2000	0.18°
6	10	5000	0.072°	6	6.4	3200	0.1125°
7	20	10000	0.036°	7	10	5000	0.072°
8	25	12500	0.0288°	8	12.8	6400	0.05625°
9	40	20000	0.018°	9	20	10000	0.036°
A	50	25000	0.0144°	A	25.6	12800	0.028125°
B	80	40000	0.009°	B	40	20000	0.018°
C	100	50000	0.0072°	C	50	25000	0.0144°
D	125	62500	0.00576°	D	51.2	25600	0.0140625°
E	200	100000	0.0036°	E	100	50000	0.0072°
F	250	125000	0.00288°	F	102.4	51200	0.00703125°

Notes:

- The step angle is calculated by dividing the basic step angle by the number of microstep. The above figures are based on a basic step angle of 0.72°.
- With the high-resolution type, the basic step angle and resolution are 0.36° and 1000 (microsteps/step 1), respectively.
- If you are using a geared type, the step angle divided by the gear ratio becomes the actual step angle.
- The number of microstep that can be switched by the "Step Angle Select" signal are limited to those selected in step angles 1 and 2.
- Do not change the "Step Angle Select" signal input or step angle setting switch while the motor is operating. It may cause the motor to misstep and stop.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

● Connection Diagram



◇ Input Signal Connection

Signals can be connected directly when 5 VDC is supplied. If the signals are used at a voltage exceeding 5 VDC, be sure to provide an external resistor to prevent the current exceeding 20 mA from flowing. Internal components will be damaged if a voltage exceeding 5 VDC is supplied directly without using an external resistor.

Example: If the voltage is 24 VDC, connect a resistor (R₁) of 1.5 to 2.2 kΩ and 0.5 W or more.

◇ Output Signal Connection

Use output signals at 24 VDC or less and 10 mA or less. If these specifications are exceeded, the internal components may be damaged. Check the specification of the connected equipment. When the current is above 10 mA, connect an external resistor R₂.

◇ Power Supply

Use a power supply that can supply sufficient input current. When power supply capacity is insufficient, a decrease in motor output can cause the following malfunctions:

- Motor does not operate properly at high-speed
- Slow motor startup and stopping

◇ Notes on Wiring

- Use twisted-pair wires of AWG24~22 and keep wiring as short as possible [within 2 m (6.6 ft.)].
- Note that as the length of the pulse signal line increases, the maximum transmission frequency decreases. Technical reference → Page F-54
- Use wires of AWG22 or thicker for the power supply lines. When assembling the connector, use the hand-operated crimp tool or the crimped driver lead wire set (sold separately). The crimp tool is not provided with the package. It must be purchased separately.
- Provide a minimum distance of 2 cm (0.79 in.) between the signal lines and power lines (AC lines, motor lines and other large-current circuits). Do not run the signal lines in the same duct as power lines or bundle them with power lines.
- If noise generated by the motor lead wires causes a problem, insert ferrite cores in the motor lead wire.
- Incorrect connection of DC power input will lead to driver damage. Make sure that the polarity is correct before turning power on.

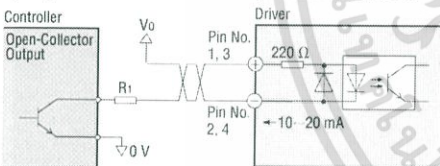
● Description of Input/Output Signals

Indication of Input/Output Signal "ON"/"OFF"

Input (output) "ON" indicates that the current is sent into the photocoupler (transistor) inside the driver. Input (output) "OFF" indicates that the current is not sent into the photocoupler (transistor) inside the driver. The input/output remains "OFF" if nothing is connected.

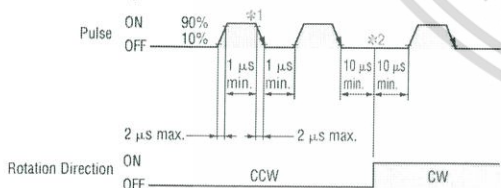
Pulse (CW) and Rotation Direction (CCW) Input Signal

◇ Input Circuit and Sample Connection

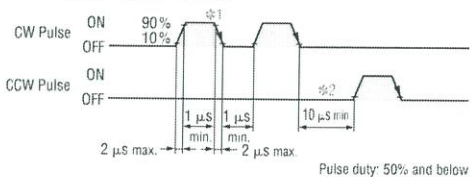


◇ Pulse Waveform Characteristics

● 1-Pulse Input Mode



● 2-Pulse Input Mode



※1 The shaded area indicates when the photocoupler diode is ON. The motor moves when the photocoupler state changes from ON to OFF.

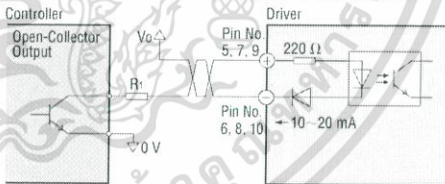
※2 The minimum interval time when changing rotation direction is 20 μs (10 μs in 2-pulse input mode). This value varies greatly depending on the motor type and load inertia.

All Windings Off (A.W.OFF) Input Signal

Step Angle Select (C/S) Input Signal

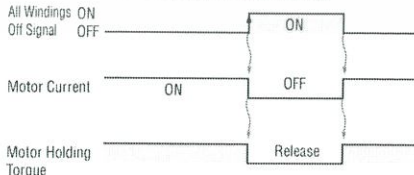
Automatic Current Cutback Release (C.D.INH) Input Signal

◇ Input Circuit and Sample Connection



◇ All Windings Off (A.W.OFF) Input Signal

- Inputting this signal puts the motor in a non-excitation (free) state.
- This signal is used to move the motor shaft with external force or manual home position is desired. The photocoupler must be "OFF" when the motor is operating.



The shaded area indicates that the motor provides holding torque in proportion to standstill current set by STOP switch.

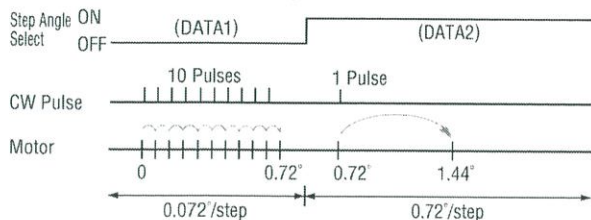
- Switching the "All Windings Off" signal from "photocoupler ON" to "photocoupler OFF" does not alter the excitation sequence. When the motor shaft is manually adjusted with the "All Windings Off" signal input, the shaft will shift up to ±3.6° (Geared type: ±3.6°/gear ratio) from the position set after the "All Windings Off" signal is released.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

◇ Step Angle Select (C/S) Input Signal

- You may select two step angles (resolutions) from 16 available step angles (resolutions) with the step angle setting switches DATA1 and DATA2.
- When the signal is at "photocoupler OFF," a step angle set by DATA1 is selected; at "photocoupler ON," DATA2 is selected.

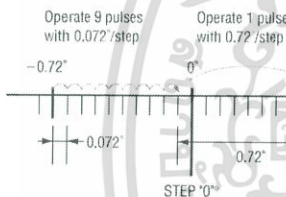
Example: Changing the step angle from 0.072° to 0.72°.



- Be sure to change step angle select inputs only when the pulse signals are at rest. Switching while moving may cause a positional error of the motor.
- When the step angle is changed by the "Step Angle Select" signal, the "Excitation Timing" signal output may become impossible for some combinations of step angles. When the "Excitation Timing" signal is used, adjust the number of pulses so that the motor can operate with angles that are multiples of 7.2°.

Example:

After moving 9 pulses with 0.072°/step setting, change the step angle to 0.72°/step and move 1 pulse. In this case, "Excitation Timing" signal will not be output because the step "0" position is skipped.



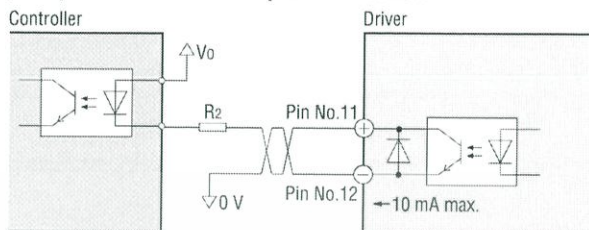
* "Excitation Timing" signal is only output at step "0" position.

◇ Automatic Current Cutback Release (C.D.INH) Input Signal

- When this signal is in the "photocoupler ON" state, the automatic current cutback function is disabled. When this signal is in the "photocoupler OFF" state, the automatic current cutback function will be activated after the motor stops (after approximately 100 msec).
- The photocoupler must be "OFF" except when the running current is adjusted.

Excitation Timing (TIMING) Output Signal

◇ Output Circuit and Sample Connection

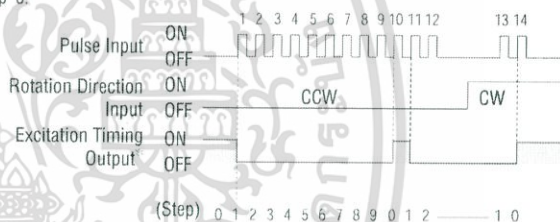


- The "Excitation Timing" signal is output to indicate when the motor excitation is in the initial stage (step "0" at power up).
- The "Excitation Timing" signal is output simultaneously with a pulse input each time the excitation sequence returns to step "0." The excitation sequence will complete one cycle for every 7.2° rotation of the motor output shaft.

Microsteps/step 1: Signal is output once every 10 pulses.
Microsteps/step 10: Signal is output once every 100 pulses.

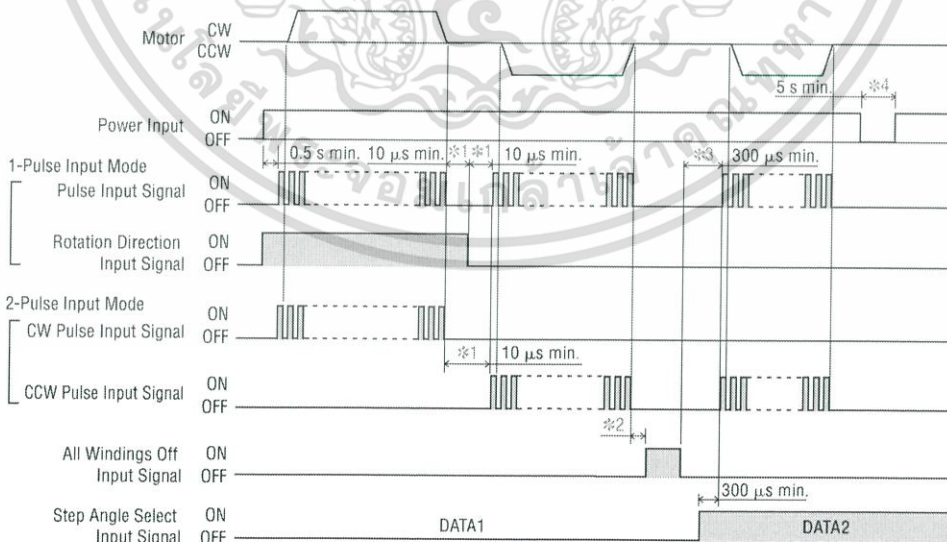
Timing chart at 0.72°/step (Microsteps/step 1)

* When connected as shown in the sample connection, the signal will be "photocoupler ON" at step "0."



Note:
● When power is turned ON, the excitation sequence is reset to step "0" and the "Excitation Timing" signal is output.

● Timing Chart



The shaded section indicates that the photocoupler diode is emitting light.

- *1 The minimum switching time to change direction (1-pulse input mode), and switching time to change CW, CCW pulse (2-pulse input mode) 10 μs is shown as a response time of circuit. The motor may need more time than that.
- *2 Depends on load inertia, load torque and starting frequency.
- *3 Never input a pulse signal immediately after switching the "All Windings Off" signal to the "photocoupler OFF" state. The motor may not start.
- *4 Wait at least 5 seconds before turning on the power again.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

■ Adjusting the Current

● Adjusting the Motor Current

Use the "RUN" potentiometer to decrease the current and suppress the temperature rise in the motor/driver, or when there is sufficient motor torque and you want to suppress vibration by lowering the current.

Use the "STOP" potentiometer to readjust the current at motor standstill in relation to the holding-brake force of the motor.

Factory settings

Running current: Rated current

Current at motor standstill: 50% of rated current

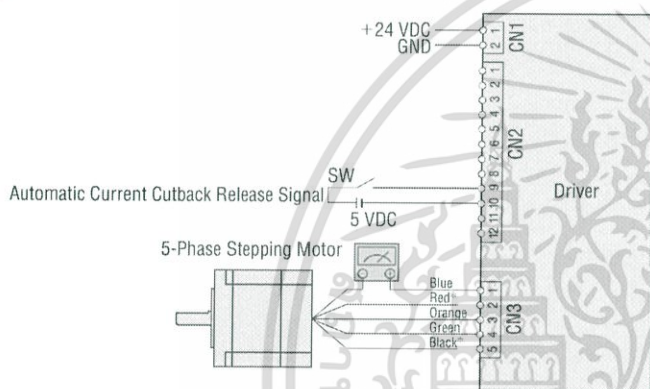
Follow the procedure below to adjust the motor current.

◇ Connecting an Ammeter

Connect a DC ammeter as illustrated below.

Connect a DC ammeter in series to the blue motor lead wire and motor connector pin No. 1. Set all driver input signals to the "photocoupler OFF" state.

Disconnect the red motor lead wire from connector pin No. 2, and black motor lead wire from connector pin No. 5.



Note:

● Do not input pulse signals.

* Electric shock may result if the red and black motor lead wires contact each other. Insulate these motor lead wires to prevent electric shock.

◇ Adjusting the Motor Running Current

To adjust the motor running current, follow the procedure below:

1. Set the automatic current cutback release signal to the "photocoupler ON" state. Keep other signals in the "photocoupler OFF" state.
2. Turn on the power to the driver.
3. Use the "RUN" potentiometer to adjust the motor running current.
4. When the power is turned on, the value measured by the ammeter represents the total current in two phases through the blue motor lead wire. The current for one phase is equivalent to one-half the ammeter value. (Example: To set the current to 1.0 A/phase, adjust the current level until the ammeter reads 2.0 A.)
5. When the running current has been adjusted, set the automatic current cutback release signal to the "photocoupler OFF" state.

Notes:

● Be sure to use the motor at the rated current or below.

● Adjusting the running current will also change the current at standstill.

◇ Adjusting the Current at Motor Standstill

To adjust the current at motor standstill, follow the procedure below:

1. Set the automatic current cutback release signal to the "photocoupler OFF" state. Keep other signals in the "photocoupler OFF" state.
2. Turn on the power to the driver.
3. Use the "STOP" potentiometer to adjust the motor current at standstill.
4. When the power is turned on, the value measured by the ammeter represents the total current in two phases through the blue motor lead wire. The current for one phase is equivalent to one-half the ammeter value. (Example: To set the current to 0.5 A/phase, adjust the current level until the ammeter reads 1.0 A.)

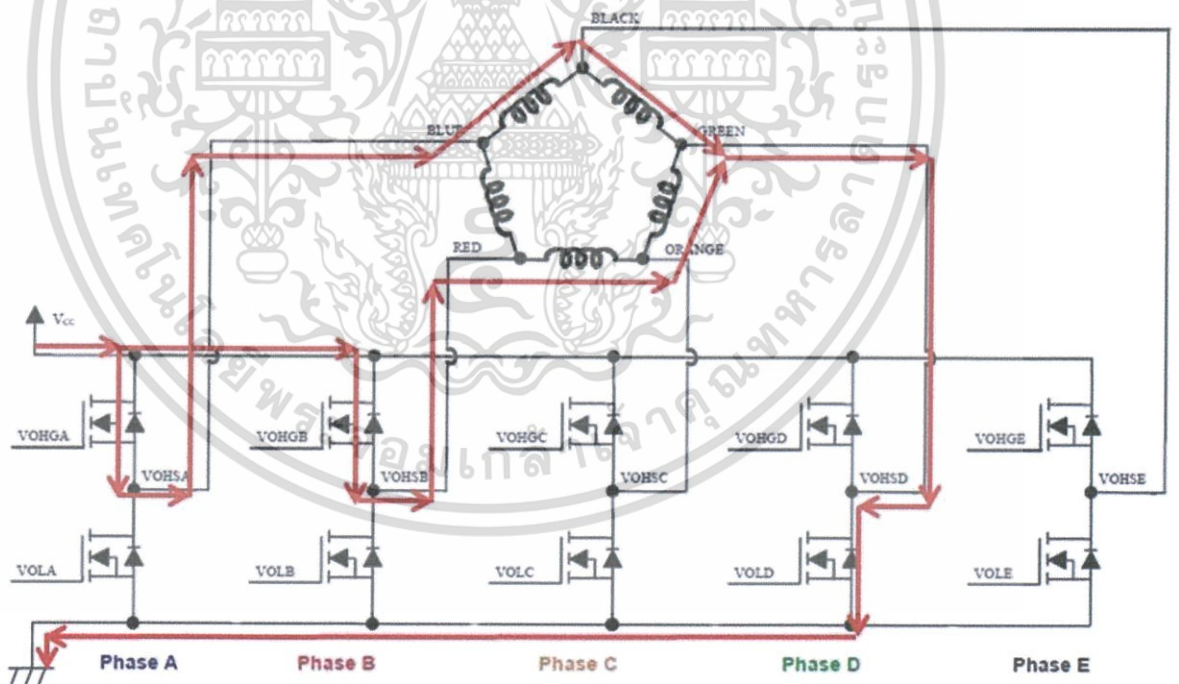
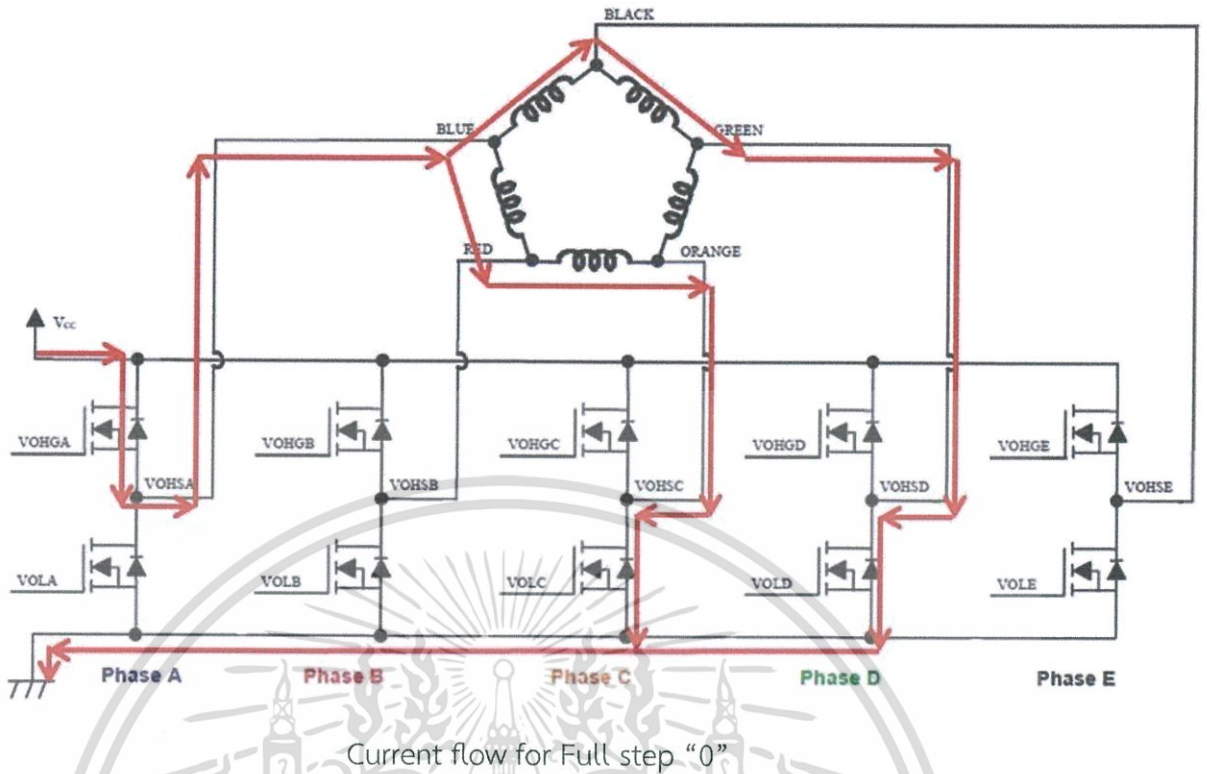
$$\text{Holding Torque [N}\cdot\text{m (oz}\cdot\text{in)]} = \frac{\text{Maximum Holding Torque [N}\cdot\text{m (oz}\cdot\text{in)]} \times \text{Current at Standstill [A]}}{\text{Motor Rated Current [A]}}$$

Notes:

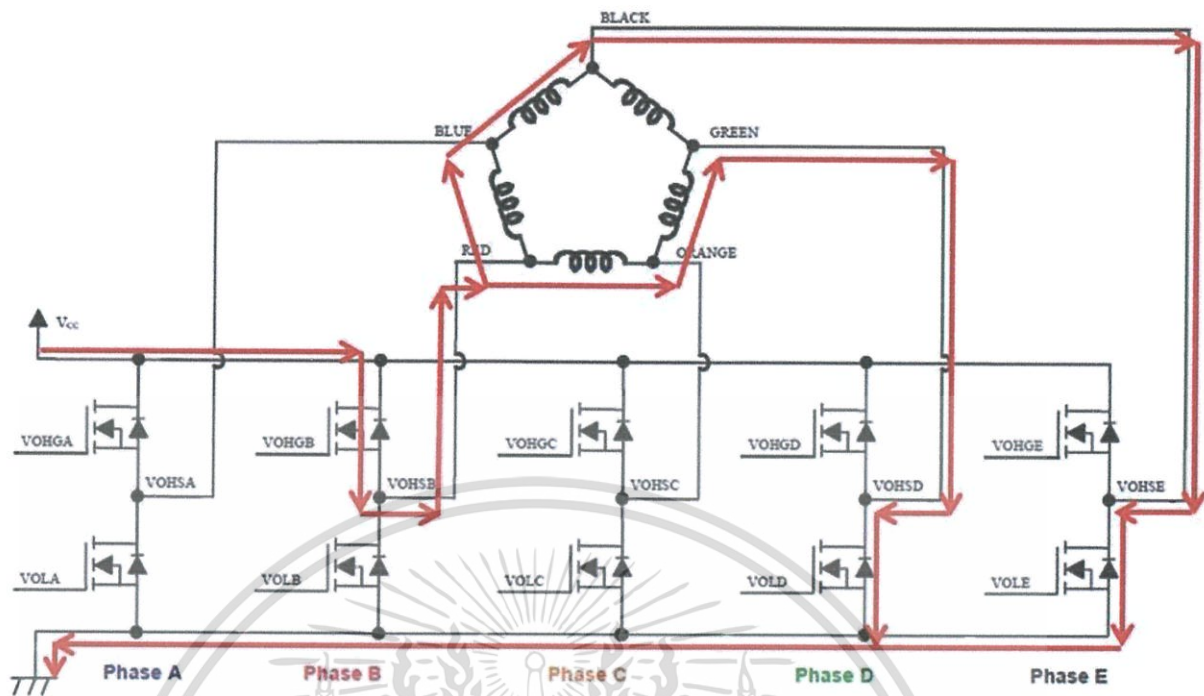
● Always set the running current first, turn off the driver power and turn it back on, and then set the current at standstill. Setting the running current after current at standstill may change the current setting at standstill.

● Setting the current at motor standstill too low may affect the starting of the motor or the position-holding action.

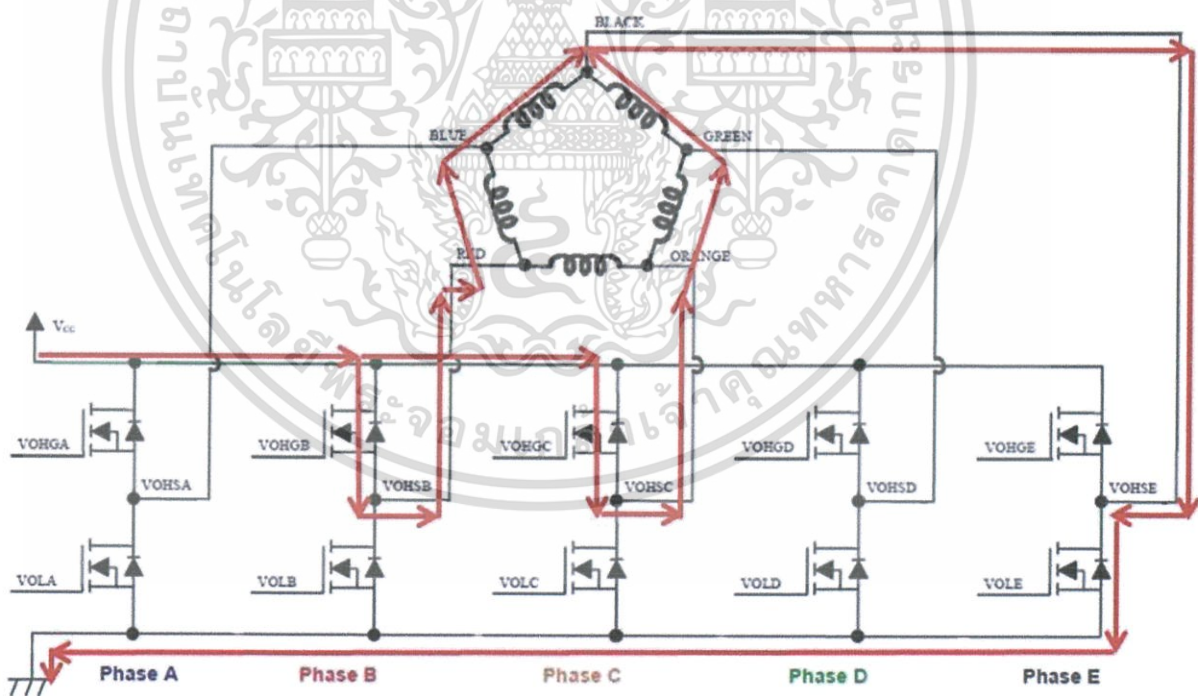
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

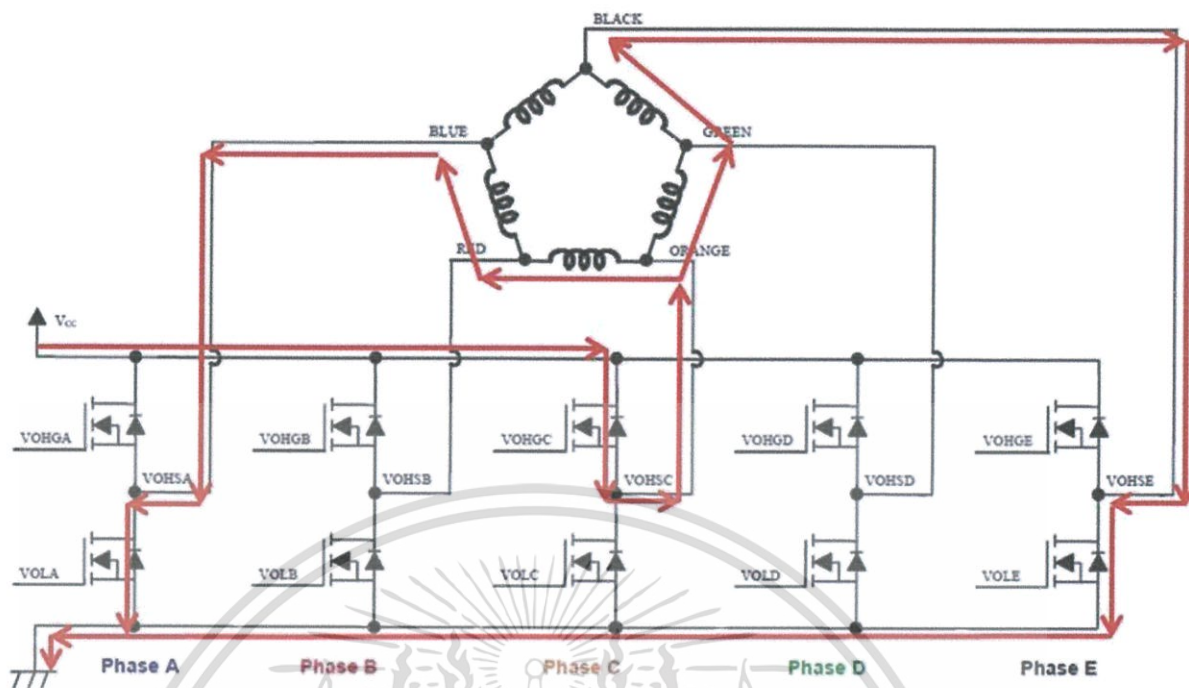


Current flow for Full step "2"

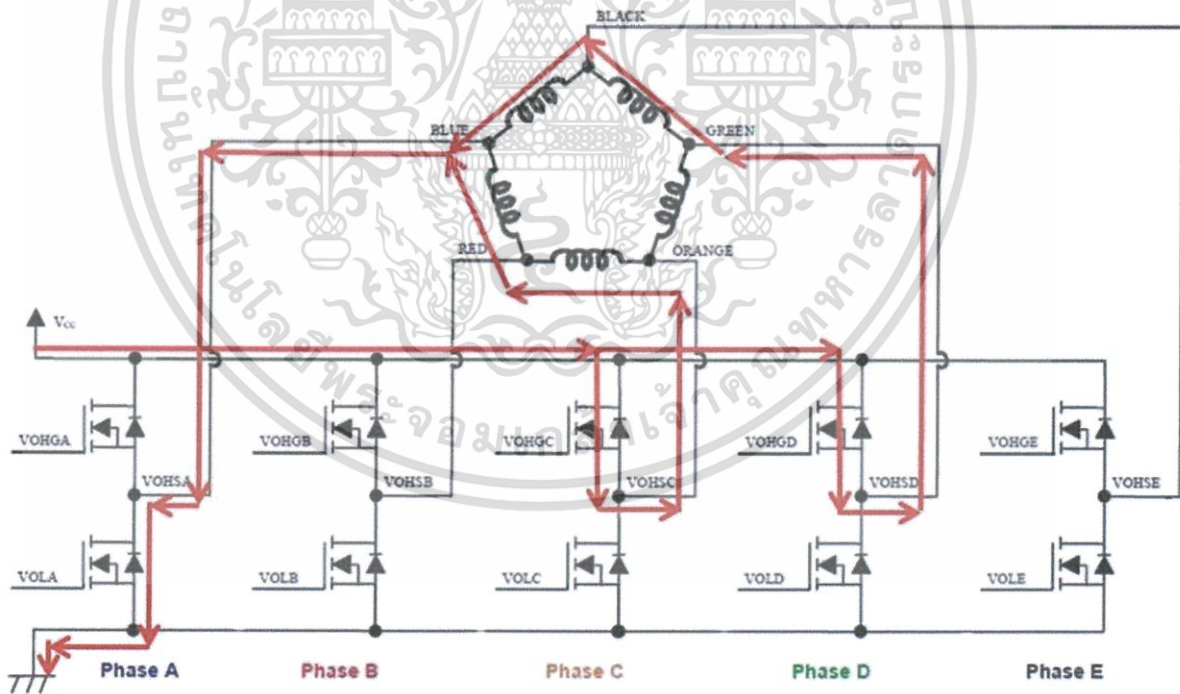


Current flow for Full step "3"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

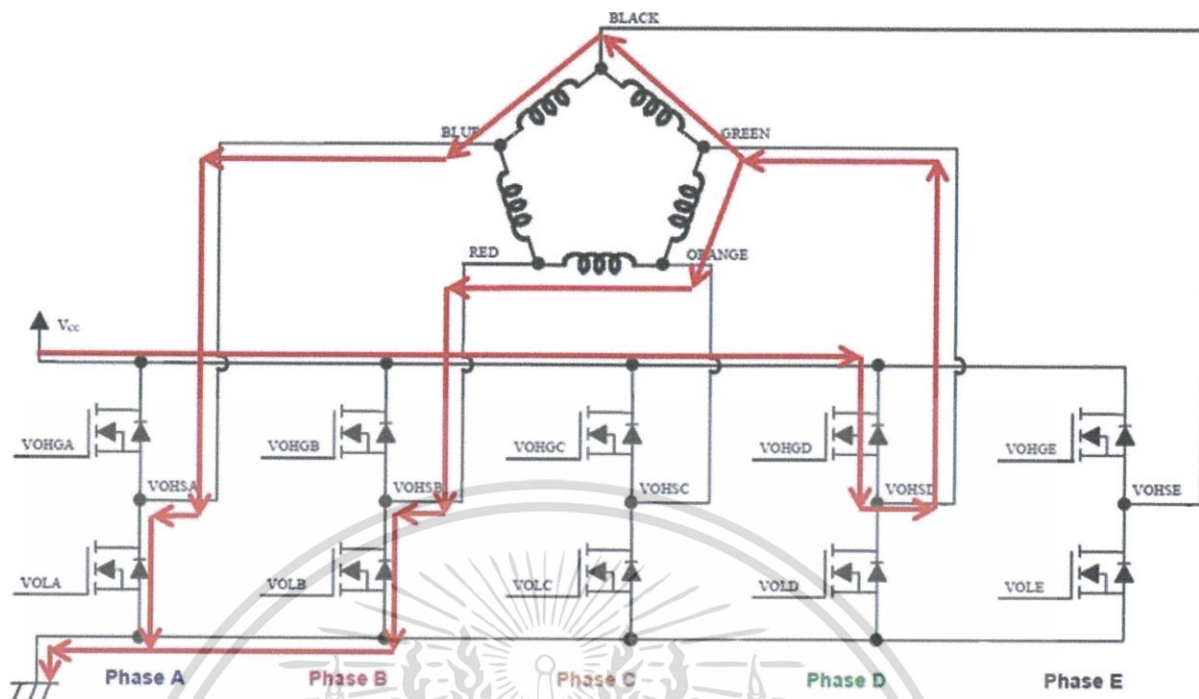


Current flow for Full step "4"

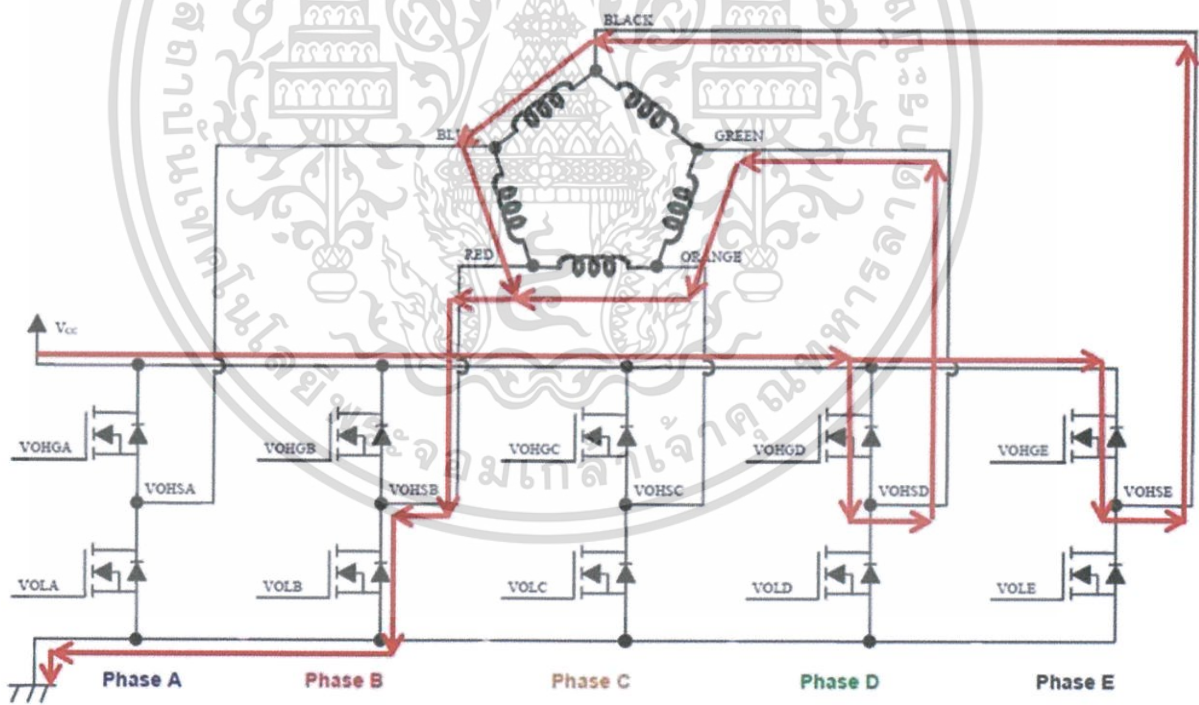


Current flow for Full step "5"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

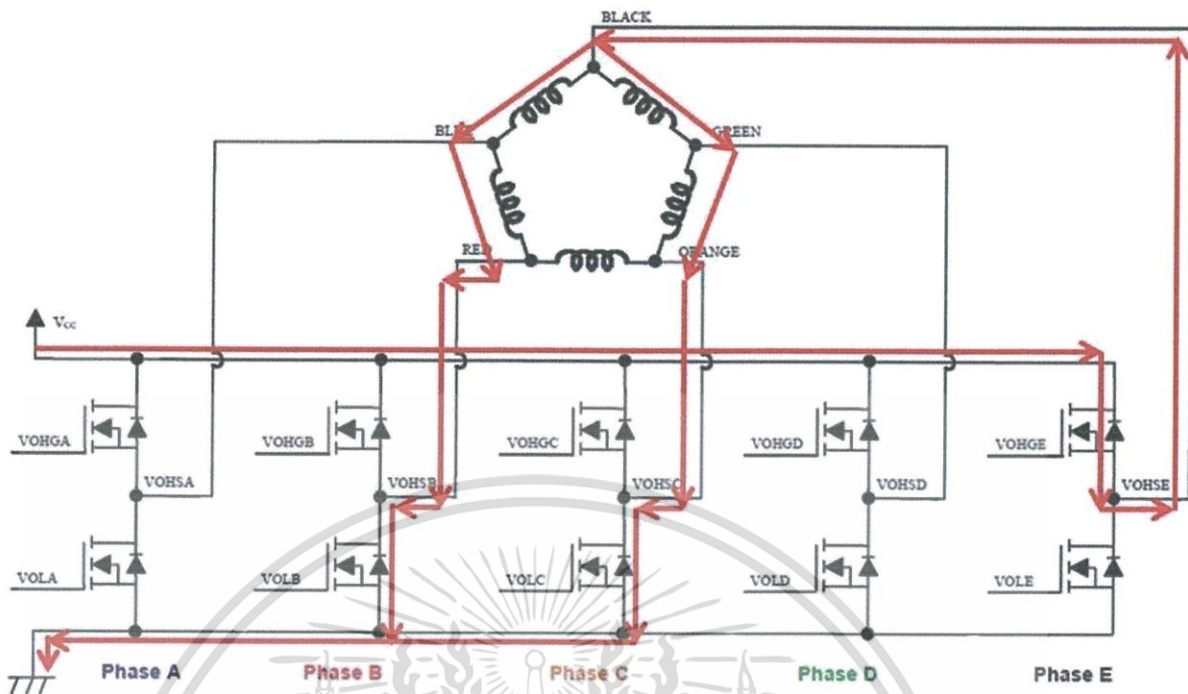


Current flow for Full step "6"

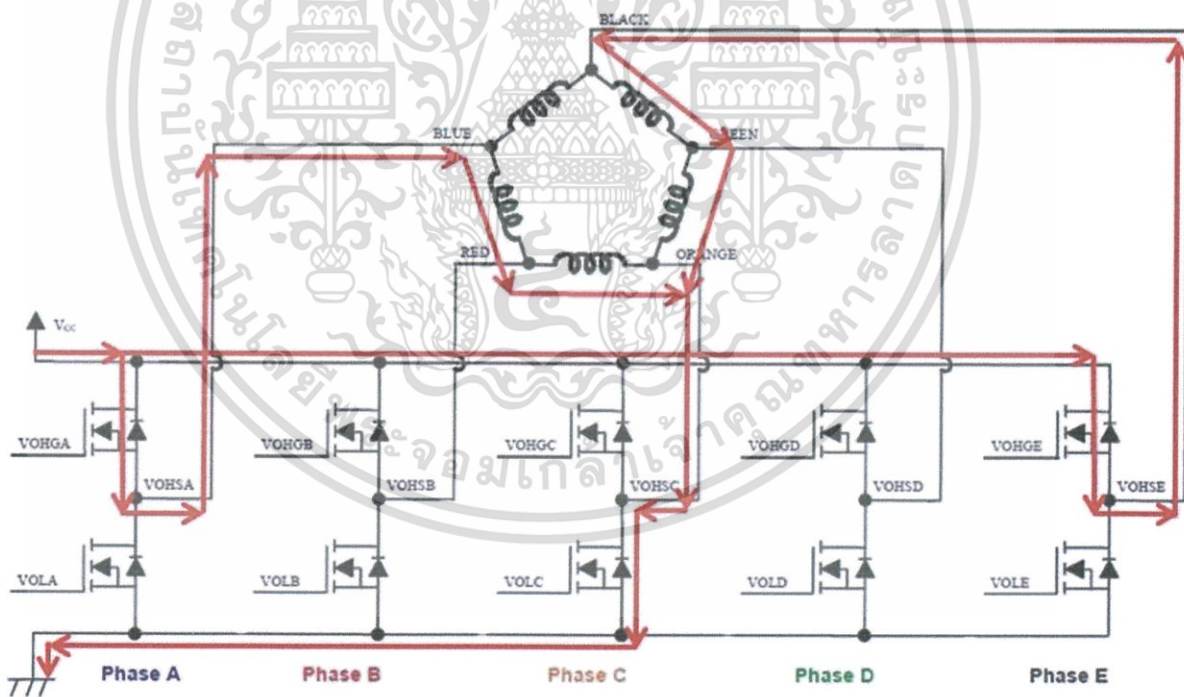


Current flow for Full step "7"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Current flow for Full step "8"



Current flow for Full step "9"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#define dc_motor_cw_pin 10 //กำหนด pin10 ของdc motor ทิศทางตามเข็มนาฬิกา
#define dc_motor_ccw_pin 11 //กำหนด pin11 ของdc motor ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
#define sw_cw_dc_motor 8 //กำหนด pin8 เป็นสวิตซ์ทิศทางตามเข็มนาฬิกา
#define sw_ccw_dc_motor 12 //กำหนด pin12 เป็นสวิตซ์ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
#define sw_stop_dc_pin 7 //กำหนด pin7 เป็นสวิตซ์หยุดการทำงาน

#define sw_state_pin A1 //กำหนด pinA1 เป็นสวิตซ์เปลี่ยนการทำงานของ dcกับstep motor

#define step_pin 5 //กำหนด pin5 ของstep motor ทิศทางตามเข็มนาฬิกา
#define step_direct_pin 6 //กำหนด pin6 ของstep motor ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

#define step_all_off_pin 9
#define sw_all_windings_off_pin 13 //กำหนด เป็นสวิตซ์ manual
#define led_green_pin 3
#define led_red_pin 2
#define limit_pin A0
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(dc_motor_cw_pin, OUTPUT); //ให้ pin ของdc motor ทั้งสองเป็น output
  pinMode(dc_motor_ccw_pin, OUTPUT);
  pinMode(sw_cw_dc_motor, INPUT); //ให้ pin ของสวิตซ์ทั้งสี่เป็น input
  pinMode(sw_ccw_dc_motor, INPUT);
  pinMode(sw_stop_dc_pin,INPUT);
  pinMode(sw_state_pin, INPUT);
  pinMode(step_pin, OUTPUT); //ให้ pin ของstep motor ทั้งสองเป็น output
  pinMode(step_direct_pin,OUTPUT);
  pinMode(step_all_off_pin,OUTPUT);
  pinMode(sw_all_windings_off_pin,INPUT);
  pinMode(led_green_pin,OUTPUT);
  pinMode(led_red_pin,OUTPUT);
  pinMode(limit_pin,INPUT);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int sw_cw_dc = 0; //ให้ค่าเริ่มต้นของทุกสวิตช์มีสถานะเป็นศูนย์
int sw_ccw_dc = 0;
int sw_stop_dc = 0;
int sw_state = 0;
int count = 0;
int sw_all_windings_off = 0;
int limit = 0;
float current = 0.0;
int i=0;
void loop() { //เข้าสู่รูปของ dc motorxxxxxxx
  sw_state = digitalRead(sw_state_pin);
  sw_all_windings_off = digitalRead(sw_all_windings_off_pin);
  delay(10);
  if((sw_state == 0)&&(sw_all_windings_off == 0)) //ให้สวิตช์เปลี่ยนการทำงานเป็น dc
motor โดยให้ค่าสถานะเป็นศูนย์
  {
    //Serial.println("DC");
    digitalWrite(3,HIGH);
    digitalWrite(2,LOW);
    sw_cw_dc = digitalRead(sw_cw_dc_motor);
    sw_ccw_dc = digitalRead(sw_ccw_dc_motor);
    sw_stop_dc = digitalRead(sw_stop_dc_pin);
    delay(10);
    if(sw_cw_dc == 1) //ให้สวิตช์ทิศทางการหมุนนาฬิกา มีค่าสถานะเป็นหนึ่ง เมื่อกดสวิตช์
    {
      //cw
      for (i =0 ; i<255 ; i++)
      {
        analogWrite(dc_motor_cw_pin,i);
        analogWrite(dc_motor_ccw_pin, 0);
      }
    }
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

else if (sw_ccw_dc == 1) //ให้สวิตซ์ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา มีค่าสถานะเป็นหนึ่ง เมื่อกดสวิตซ์

```
{
  //ccw
  for (i =0 ; i<255 ; i++)
  {
    analogWrite(dc_motor_cw_pin, 0);
    analogWrite(dc_motor_ccw_pin,i);
  }
}
```

else if (sw_stop_dc == 1) //ให้สวิตซ์หยุดการทำงาน มีค่าสถานะเป็นหนึ่ง เมื่อกดสวิตซ์

```
{
  analogWrite(dc_motor_cw_pin, 0);
  analogWrite(dc_motor_ccw_pin, 0);
}
```

limit = analogRead(limit_pin);

Serial.print("Limit = ");

Serial.println(limit);

delay(200);

if(limit >= 30)

```
{
```

delay(200);

analogWrite(dc_motor_cw_pin, 0);

analogWrite(dc_motor_ccw_pin, 0);

```
}
```

```
}
```

else if ((sw_state ==1)&&(sw_all_windings_off == 0)) //ให้สวิตซ์เปลี่ยนการทำงานเป็น step motor โดยให้ค่าสถานะเป็นหนึ่ง

```
{
```

Serial.println("Step");

digitalWrite(2,HIGH);

digitalWrite(3,LOW);

analogWrite(dc_motor_cw_pin, 0);

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

analogWrite(dc_motor_ccw_pin, 0);
sw_cw_dc = digitalRead(sw_cw_dc_motor);
sw_ccw_dc = digitalRead(sw_ccw_dc_motor);
sw_stop_dc = digitalRead(sw_stop_dc_pin);
delay(10);
while((sw_cw_dc == 1)&&(count < 6000)) //เมื่อสวิตช์ทิศทางการเดินตามเข็มนาฬิกามีสถานะเป็น
หนึ่งและนับ pulse ที่จ่ายให้ไม่เกิน 4000
{
    digitalWrite(step_direct_pin, LOW); //ให้ pin ทิศทางเดินตามเข็มนาฬิกามีสถานะเป็นศูนย์ และเมื่อ
กดสวิตช์ pulse จากหนึ่งจะบวกไปเรื่อยๆจนถึงสิบ
    for(int i = 1 ; i <= 10 ; i++)
    {
        digitalWrite(step_pin, HIGH);
        delayMicroseconds(500);
        digitalWrite(step_pin, LOW);
        delayMicroseconds(500);
        sw_stop_dc = digitalRead(sw_stop_dc_pin);

        if(sw_stop_dc == 1) //เมื่อกดสวิตช์หยุด มอเตอร์จะหยุดการทำงาน
            break;
    }
    count = count + 10; //มีการนับบวกค่าตอนกดสวิตช์ไปเรื่อยๆ
    sw_cw_dc = digitalRead(sw_cw_dc_motor);
}
while ((sw_ccw_dc == 1)&&(count > -6000)) //เมื่อสวิตช์ทิศทางการเดินตามเข็มนาฬิกามีสถานะ
เป็นหนึ่งในและนับ pulse ที่จ่ายให้ไม่เกิน 4000
{
    digitalWrite(step_direct_pin, HIGH); //ให้ pin ทิศทางเดินตามเข็มนาฬิกามีสถานะเป็นหนึ่ง และเมื่อ
กดสวิตช์ pulse จากหนึ่งจะบวกไปเรื่อยๆจนถึงสิบ
    for(int i = 1 ; i <= 10 ; i++)
    {
        digitalWrite(step_pin, HIGH);
        delayMicroseconds(500);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

digitalWrite(step_pin, LOW);
delayMicroseconds(500);

sw_stop_dc = digitalRead(sw_stop_dc_pin);
if(sw_stop_dc== 1)
    break;
}
count = count - 10; //มีการนับลบค่าตอนกดสวิทช์ไปเรื่อยๆ
sw_ccw_dc = digitalRead(sw_ccw_dc_motor);
}
if (sw_stop_dc ==1) //เมื่อสวิทช์หยุดการทำงานมีสถานะเป็นหนึ่ง ตำแหน่งจะกลับไปเริ่มต้น
{
    if (count >= 0)
    {
        digitalWrite(step_direct_pin,HIGH);
        for(int i = 1 ; i<= count ; i++)
        {
            digitalWrite(step_pin, HIGH);
            delayMicroseconds(500);
            digitalWrite(step_pin, LOW);
            delayMicroseconds(500);
        }
        count = 0;
    }
    else if (count <= 0)
    {
        digitalWrite(step_direct_pin,LOW);
        for(int i = count ; i<= 0 ; i++)
        {
            digitalWrite(step_pin, HIGH);
            delayMicroseconds(500);
            digitalWrite(step_pin, LOW);
            delayMicroseconds(500);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    count = 0;
  }
}
digitalWrite(step_direct_pin,LOW);
digitalWrite(step_pin, LOW);
}
else if (sw_all_windings_off == 1)
{
  Serial.println("step_all_off");
  digitalWrite(3,LOW);
  digitalWrite(2,LOW);
  while(1)
  {
    digitalWrite(step_all_off_pin,HIGH);
    sw_all_windings_off = digitalRead(sw_all_windings_off_pin);
    if(sw_all_windings_off == 0)
    break;
  }
  digitalWrite(step_all_off_pin,LOW);
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



นางสาว กชกร มณีบาง

วัน เดือน ปีเกิด 22 มีนาคม พ.ศ. 2536

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน
ปากช่อง

ปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



นาย กุลเดช พงษ์เภา

วัน เดือน ปีเกิด 3 กรกฎาคม พ.ศ. 2535

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน
อุดรพิทยานุกูล

ปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



นาย กุลพัชร พรหมน้อย

วัน เดือน ปีเกิด 14 สิงหาคม พ.ศ. 2535

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน
อุดรดิตถ์

ปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้