สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาและพัฒนาการทำงานของมือกล 3 นิ้ว ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

A study and development of three robot hand controlled by microcontroller

T119372

สรวิชญ์ จันทร์เดือน
สุณิสา จุลโสภณศรี
เอกพัฒน์ รัฐวิวัฒน์

b.....
i.....

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119372
วัน,เดือน,ปี 7 S.A. 2554

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A study and development of three robot hand controlled by microcontroller

SORAWIT CHANDUEN

SUNISA CHULASOPHONSRI

EKKAPAT RATTHAWIWAT

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACADEMIC YEAR 2010

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาและการพัฒนาการทำงานของมือกล 3 นิ้วควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

A study and development of three robot hand controlled by microcontroller.

ผู้จัดทำ นาย สรวิชญ์ จันทร์เดือน รหัส 50011640

นางสาว สุณิสา จุลโสภณศรี รหัส 50011706

นาย เอกพัฒน์ รัฐวิวัฒน์ รหัส 50011971

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาและการพัฒนาการทำงานของมือกล 3 นิ้ว ควบคุมด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์

โดย

นาย สรวิชญ์ จันทร์เดือน รหัส 50011640

นางสาว สุณิสา จุลโสภณศรี รหัส 50011706

นาย เอกพัฒน์ รัฐวิวัฒน์ รหัส 50011971

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาและการพัฒนาการทำงานของของมือกล 3นิ้วควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ในช่วงแรกได้ทำการศึกษาโครงสร้างและกระบวนการทำงานของมือและลักษณะโครงสร้างของ robot hand ด้วยจากนั้นจึงนำมาประยุกต์เพื่อออกแบบให้ robot hand มีลักษณะการทำให้มีความใกล้เคียงกับมือจริงของมนุษย์มากที่สุด โดยโครงสร้างของมือจะใช้อะลูเนียมแผ่นบางมาทำเป็นนิ้วทั้ง 3 โดยนิ้วจะเคลื่อนไหวโดยมี servo motor เป็นตัวบังคับการควบคุม motor อาศัยสัญญาณ 5 V ที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวสั่งการโดยการควบคุมทั้งหมดจะควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ซึ่งเขียนโปรแกรมด้วยด้วยภาษาซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A study and development of three robot hand controlled by microcontroller

By

Mr.Sorawit Jundeon 50011640

Miss. Sunisa Chulasophonsri 50011706

Mr. Ekkapat Ratthawiwat 50011971

Advisor

Asst.Prof.Dr. Kongsak Anantahirunrat

Academic Year 2010

ABSTRACT

This project of education and development work of 3 fingers robot hand, which controlled by microcontroller, at first was studied about the structure and process of the robot hand . The 3 fingers structure were made of aluminium sheat. They will be moved by using pullre system which control revolving in alternating directing by servo motor. About controlling, All controlling system is controlled by PIC family which is written in C language

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้เป็นโครงงานเกี่ยวกับการนำความรู้ทางด้าน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้านอิเล็กทรอนิกส์ รวมไปถึงด้านเครื่องกล และยังได้ทำการศึกษาโครงสร้างการควบคุมมอเตอร์อีกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทำการสั่งจากคอมพิวเตอร์ ได้ศึกษาการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ จากการที่ได้ทำงานครั้งนี้ถึงแม้จะไม่สมบูรณ์ที่สุดแต่ก็ได้รับประโยชน์และความรู้ต่างๆอย่างมากทางด้านประสบการณ์การทำงาน ทางด้านการศึกษาทดลองเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น ทั้งนี้ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์ เป็นอย่างสูงที่ช่วยให้คำปรึกษา และแนะนำอย่างดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	**I**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**II**
กิตติกรรมประกาศ	**III**
สารบัญ	**IV**
สารบัญรูปภาพ	**VII**
สารบัญตาราง	**IX**
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 การศึกษาโครงสร้างของมือ	3
2.2 มือกล	4
2.3 หลักการการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 พื้นฐานของระบบควบคุม	7
2.5 มอเตอร์	9
2.5.1 การควบคุมความเร็วมอเตอร์	10
2.5.2 การควบคุมตำแหน่งมอเตอร์	10
2.5.3 ชุดควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	12
2.5.4 หลักในการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	13
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์	14
2.6.1 ขาและการทำงานของ PIC 16F877A	14
2.6.2 วงจรที่ใช้งาน	15
<u>บทที่ 3</u> การคำนวน ออกแบบ และ การสร้าง	16
3.1 การออกแบบและโครงสร้างของมือ	16
3.2 แบบจำลองนิ้วมือ	17
3.3 การออกแบบมือกล	19
3.3.1 ส่วนของฐาน	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.2 ส่วนของมือ	20
3.3.3 ส่วนของนิ้วมือ	21
3.4 วงจรควบคุมมือกล	24
3.4.1 วงจรขับมอเตอร์	24
3.4.2 วงจรควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	26
<u>บทที่ 4</u> การทดลอง	28
4.1 การทดสอบและลักษณะการทำงานของนิ้วมือ	28
4.2 การทดสอบมือกล	30
<u>บทที่ 5</u> บทวิจารณ์และสรุป	32
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	32
5.1.1 ส่วนโครงสร้างและออกแบบทางกล	32
5.1.2 ส่วนโครงสร้างและการออกแบบทางวงจรอิเล็กทรอนิกส์	32
5.2 แนวทางในการพัฒนา	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	35
ภาคผนวก ก ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในการออกแบบ	35
ภาคผนวก ข ระบบควบคุมและมอเตอร์	49
ภาคผนวก ค การออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ	76
ภาคผนวก ง โปรแกรมควบคุมการทำงาน	81
ภาคผนวก จ เอกสารคู่มืออุปกรณ์ที่ใช้	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ตารางเปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างการเคลื่อนที่เชิงเส้นกับการเคลื่อนที่เชิงมุม 37

ตารางที่ 1.2 ตารางเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่เชิงเส้นกับการเคลื่อนที่เชิงมุมในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ 38

ตารางที่ 1.3 ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุขึ้นอยู่กับรูปร่างของวัตถุ 43

ตารางที่ 1.4 นิยามการหมุน 48

ตารางที่ 1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างเชิงเส้นกับเชิงมุม 48

ตารางที่ 2.1 ระบบควบคุมแบบลูปปิด 67

ตารางที่ 2.2 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติทั่วๆ ไปของอินดัคชั่นมอเตอร์กับเซอร์โวมอเตอร์ 73

ตารางที่ 2.3 ตารางความหมายของคุณสมบัติของเซอร์โวมอเตอร์ 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 โครงสร้างมือ 3
รูปที่ 2.2 ลักษณะการทำงานของมือ 4
รูปที่ 2.3 ลักษณะการจับสิ่งของในแบบที่ต่างกัน 4
รูปที่ 2.4 มือกล 4
รูปที่ 2.5 รูปแสดงทิศทางของโมเมนต์ 6
รูปที่ 2.6 โครงสร้างของระบบควบคุม 7
รูปที่ 2.7 โครงสร้างของระบบควบคุมตำแหน่ง 11
รูปที่ 2.8 แสดงส่วนประกอบต่างๆของ Servo Motor 12
รูปที่ 2.9 แสดงขาการทำงานของ PIC 16F877A 14
รูปที่ 2.10 แสดงวงจรพื้นฐานของ PIC 15
รูปที่ 3.1 รูปแบบนิ้วมือ 16
รูปที่ 3.2 การออกแบบชิ้นส่วนต่างๆด้วยโปรแกรม solidworks 17
รูปที่ 3.3 นิ้วมือหลังประกอบ ด้านข้าง 18
รูปที่ 3.4 นิ้วมือหลังประกอบ ด้านบน 18
รูปที่ 3.5 ฐานของมือกล 19
รูปที่ 3.6 ตัวมือของมือกล 20
รูปที่ 3.7 นิ้วมือของมือกล 1 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.8 นิ้วมือของมือกล 2	21
รูปที่ 3.9 แสดงสปริงที่อยู่ภายในนิ้วมือ	22
รูปที่ 3.10 มือกลหลังประกอบ 1	23
รูปที่ 3.11 มือกลหลังประกอบ 2	23
รูปที่ 3.12 แสดงกราฟความกว้างของสัญญาณพัลส์	24
รูปที่ 3.13 แสดงทิศทางการหมุนและความกว้างของพัลส์	24
รูปที่ 3.14 วงจรควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ 1	26
รูปที่ 3.15 วงจรควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ 2	27
รูปที่ 4.1 นิ้วมือขณะเริ่มงอ	28
รูปที่ 4.2 นิ้วมือขณะงอ	29
รูปที่ 4.3 นิ้วมือขณะงอสุด	29
รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะมือขณะก่อนจับสิ่งของ โดยนิ้วมือกางออก	30
รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะมือขณะจับสิ่งของ โดยนิ้วมือหุบเข้า (กำมือ)	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบันนี้สภาพแวดล้อมและสภาพเศรษฐกิจในการปฏิบัติงานเปลี่ยนแปลงไปในบางโรงงานนั้นต้องมีการลดต้นทุนในการปฏิบัติงานลงไป ซึ่งอาจทำได้โดยการลดพื้นที่ใช้สอยในการปฏิบัติงาน หรืออาจลดแรงงานคนในการปฏิบัติงาน รวมทั้งอาจเพิ่มเวลาการทำงานมากขึ้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนทำให้เกิดปัญหาในการทำงานขึ้นมาบ่อยครั้ง ดังเช่น ตัวอย่างที่เป็นข่าวตามหน้าหนังสือพิมพ์ต่างๆ ซึ่งอันตรายเหล่านี้ล้วนเกิดกับผู้ใช้แรงงานเป็นส่วนมาก โดยอวัยวะที่พบปัญหาได้บ่อยครั้ง คือ มือและนิ้วซึ่งเป็นอวัยวะที่สามารถใช้ให้เกิดประโยชน์มากมาย ทางกลุ่มข้าพเจ้าจึงร่วมกันคิดว่า อาจมีสิ่งใดที่นำมาใช้ทดแทนเพื่อลดปัญหาเหล่านี้ได้บ้าง จึงร่วมกันคิดค้นส่วนที่ใช้แทนนิ้วและมือ เพื่อใช้ในการหยิบจับสิ่งของ ใช้ในสภาพแวดล้อมอันตราย ใช้ปฏิบัติงานต่างๆเพื่อใช้ลดแรงงานคน ลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับมนุษย์ รวมทั้งอาจสามารถพัฒนาเพื่อใช้กับผู้ที่มีปัญหาพิการทางด้านมือและนิ้วได้อีกด้วย โดยนิ้วมือที่คิดค้นนั้นจะมีด้วยกัน 3 นิ้ว เพื่อที่สามารถใช้กับสถานที่ที่อาจคับแคบ และไม่สะดวกที่จะใช้พื้นที่มากนัก ซึ่งนิ้วมือนั้นสามารถใช้หยิบจับสิ่งของได้ ใช้งานได้ง่ายสะดวกและมีความแม่นยำถูกต้องในการทำงานและยังสามารถพัฒนาไปในด้านต่างๆอีกมากมายเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกันกับงานในด้านต่างๆ

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาโครงสร้างและการทำงานของมือ

2. จำลองและออกแบบโครงสร้างของมือ

3. ศึกษาระบบที่ใช้ควบคุมการทำงานของมือ

4. ศึกษาไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของมือ 3 นิ้ว

6. สร้างมือกล 3 นิ้วควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3 ขอบข่ายของงาน

1. การศึกษาโครงสร้างการทำงานของมือและลักษณะการทำงานไม่ว่าเป็น การหยิบของ การกำของ มือเป็นต้น เพื่อเป็นต้นแบบการทำงานของมือกล 3 นิ้ว

2. การออกแบบชุดควบคุมที่สามารถที่จะนำมาใช้ควบคุมมือกล 3 นิ้วให้มีการทำงานตามที่เราต้องการและมีความคล้ายกับลักษณะการทำงานของมือจริงมากที่สุดเท่าที่จะที่จะทำได้

3. ลักษณะของการทำงานของมือกล 3 นิ้ว

4. สร้างมือกล 3 นิ้ว

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นต้นแบบของมือกลช่วยลดปัญหาให้กับผู้ที่ต้องใช้มือในการปฏิบัติหน้าที่ในโรงงานอุตสาหกรรม

2. ทำให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและการทำงานของมือ

3. ทำให้รู้จักและเข้าใจการทำงานของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าชนิดต่างๆ

4. ทำให้มีความรู้ทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์และการเขียนโปรแกรมที่ใช้ควบคุมมือกล 3 นิ้ว

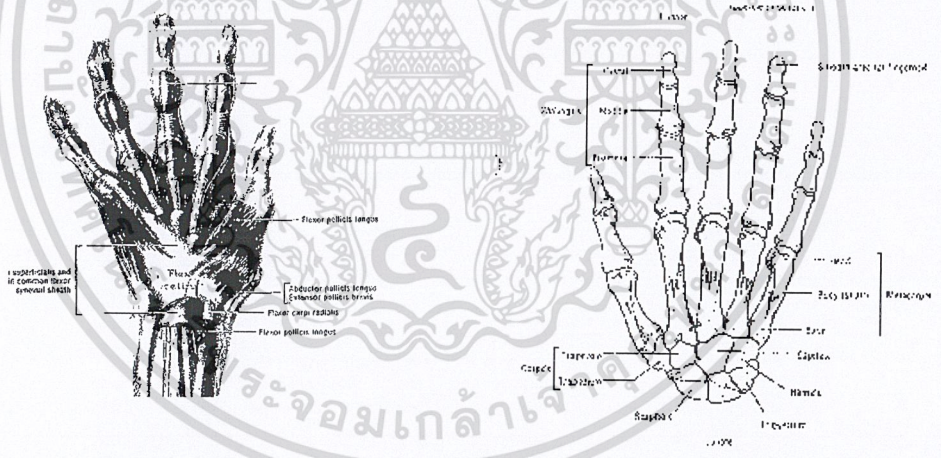
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

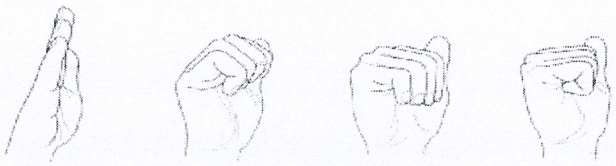
2.1 การศึกษาโครงสร้างของมือ

ในการศึกษาโครงสร้างของมือนั้นได้พบว่าในโครงสร้างของมือจะประกอบไปด้วยกระดูก ข้อต่อ กล้ามเนื้อและเส้นเอ็นเป็นจำนวนมาก โดยกระดูกจะเป็นแกนให้สามารถคงรูปได้ส่วนเส้นเอ็นจะทำให้นิ้วสามารถเคลื่อนไหวได้โดยการที่เราสามารถที่จะงอได้หลายรูปแบบนั้นเพราะว่าในมือมีข้อต่อหลายส่วนที่เป็นอิสระต่อกันสามารถที่จะบังคับให้ทำงานไม่พร้อมกันก็ได้ดังรูป

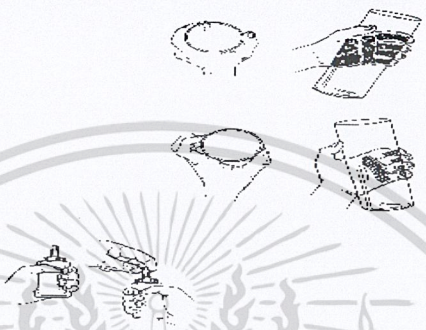


รูปที่ 2.1 โครงสร้างมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ลักษณะการทำงานของมือ

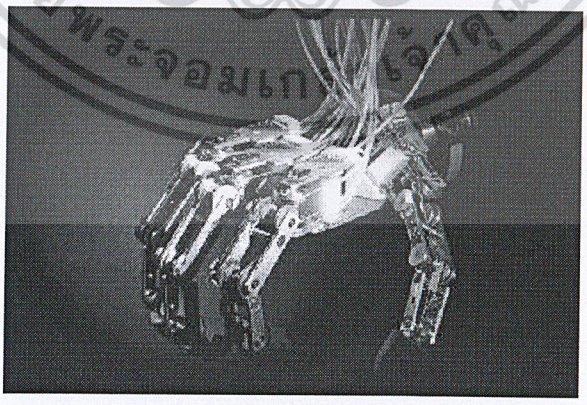


รูปที่ 2.3 ลักษณะการจับสิ่งของในแบบที่ต่างกัน

2.2 มือกล

จากการศึกษาการทำงานของมือจริงเปรียบเทียบกับการทำงานของมือกลทำให้ได้แนวคิดในการประดิษฐ์โดยสรุปได้ดังนี้

แบบที่ 1 ต้นแบบมือกลที่อาศัยเส้นเอนและมอเตอร์



รูปที่ 2.4 มือกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

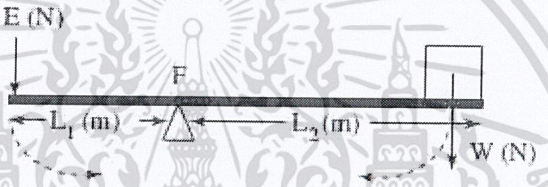
2.3 หลักการการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ

โมเมนต์ของแรง (moment of force) หรือโมเมนต์ (moment) หมายถึง ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุเพื่อให้วัตถุหมุนไปรอบจุดหมุน ดังนั้น โมเมนต์ของแรงก็คือ ผลคูณของแรงกับระยะตั้งฉากจากแนวแรงถึงจุดหมุน

โมเมนต์ (Nm) = แรง (N) X ระยะตั้งฉากจากแนวแรงถึงจุดหมุน (m)

ทิศทางของโมเมนต์ มี 2 ทิศทาง คือ

1. โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา
2. โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา



รูปที่ 2.6 รูปแสดงทิศทางของโมเมนต์

จากรูป โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา = WxL2 (นิวตัน-เมตร)

โมเมต์ทวนเข็มนาฬิกา = ExL1 (นิวตัน-เมตร)

ถ้ามีแรงหลายแรงกระทำต่อวัตถุชิ้นหนึ่ง แล้วทำให้วัตถุนั้นอยู่ในสภาวะสมดุลจะได้ว่า

ผลรวมของโมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา = ผลรวมของโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา

หลักการของโมเมนต์ เรานำมาใช้กับอุปกรณ์ที่เรียกว่า คาน (lever) หรือคานดีดคานงัด คานเป็นเครื่องกลชนิดหนึ่งที่ใช้ดีดงัดวัตถุให้เคลื่อนที่รอบจุดหมด (fulcrum) มีลักษณะเป็นแท่งยาว หลักการทำงานของคานใช้หลักของโมเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของคาน ส่วนประกอบที่สำคัญในการทำงานของคานมี 3 ส่วน คือ

1. จุดหมุนหรือจุดฟัลกรัม (Fulcrum) F
2. แรงความต้านทาน (W) หรือน้ำหนักของวัตถุ
3. แรงความพยายาม (E) หรือแรงที่กระทำต่อคาน

การจำแนกคาน คานจำแนกได้ 3 ประเภทหรือ 3 อันดับ ดังนี้

1. คานอันดับที่ 1 เป็นคานที่มีจุด (F) อยู่ระหว่างแรงความพยายาม (E) และแรงความต้านทาน (W) เช่น กรรไกรตัดผ้า กรรไกรตัดเล็บ คีมตัดลวด เรือแจว ไม้กระดก เป็นต้น

2. คานอันดับ 2 เป็นคานที่มีแรงความต้านทาน (W) อยู่ระหว่างแรงความพยายาม (E) และจุดหมุน (F) เช่น ที่เปิดขวดน้ำอัดลม รถเข็นทราย ที่ตัดกระดาษ เป็นต้น

3. คานอันดับที่ 3 เป็นคานที่มีแรงความพยายาม (E) อยู่ระหว่างแรงความต้านทาน (W) และจุดหมุน (F) เช่น ตะเกียบ คีมคีบถ่าน แหนบ เป็นต้น

การผ่อนแรงของคาน จะมีค่ามากหรือน้อยโดยดูจากระยะ E ถึง F และ W ว่าถ้าระยะ EF ยาวหรือสั้นกว่าระยะ WF ถ้าในกรณีที่ยาวกว่าก็จะช่วยผ่อนแรง ถ้าสั้นกว่าก็จะไม่ผ่อนแรง

หลักการคำนวณเรื่องคาน มีดังนี้

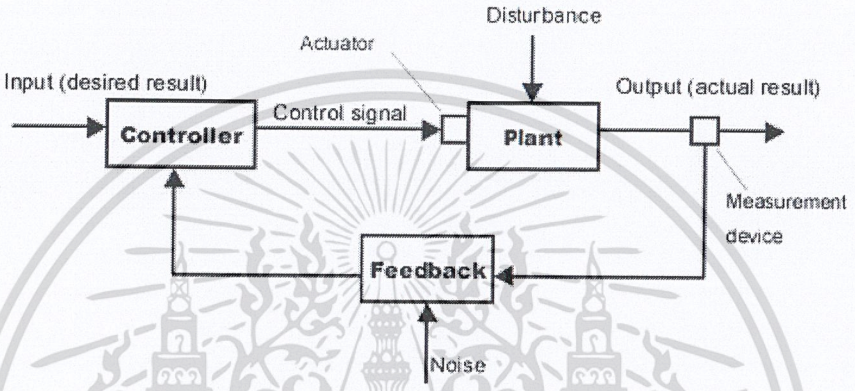
1. น้ำหนักคาน ถือว่าน้ำหนักของคานจะอยู่จุดกึ่งกลางคานเสมอ
2. เมื่อคานอยู่ในสภาวะสมดุล โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกาเท่ากับโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา
3. โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา หรือ โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกามีค่าเท่ากับ ผลบวกของโมเมนต์ย่อยแต่ละชนิด
4. เมื่อมีแรงมากระทำที่จุดหมุน ค่าของโมเมนต์มีค่าเท่ากับศูนย์เพราะระยะทางเป็นศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 พื้นฐานระบบควบคุม

ในที่นี้เราจะกล่าวถึงระบบควบคุมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรม รวมถึงระบบควบคุมตำแหน่ง ซึ่งเรา จะใช้ในการสร้างระบบควบคุมการเคลื่อนที่เราต้องการ

ระบบควบคุมที่แพร่หลายในปัจจุบันคงหนีไม่พ้นระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ซึ่งโครงสร้างอย่างง่ายของระบบแสดงดังรูป



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของระบบควบคุม

ระบบควบคุมแบบป้อนกลับสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายแบบ แต่ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมคงเป็นระบบควบคุมแบบ PID ซึ่งการออกแบบสามารถทำได้ทั้งแบบอนาล็อกและแบบดิจิตอล โดยแต่ละอย่างก็มข้อดีข้อเสียต่างกัน เช่นเรื่อง ความละเอียดของการควบคุม การขจัดสัญญาณรบกวน ความยากง่ายในการสร้าง แต่ในปัจจุบันตัวควบคุม PID มักเป็น แบบดิจิตอล เนื่องจากความสะดวก และประสิทธิภาพที่คาดเดาได้ง่าย (อัลกอริทึมที่ใช้เขียน) โดยมักถูกสร้างขึ้นโดยใช้ เครื่องมือหลายๆแบบเช่น Microcontroller ,DSP,CPLD,FPGA รวมทั้งบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมแบบ PID สามารถแทนด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์ สำหรับสมการ (Continous) ต่อเนื่องได้ดังนี้

$$m(t) = K_c\left[e(t) + \frac{1}{T_i}\int e(t)dt + T_d\frac{de(t)}{dt}\right]$$

จากสมการข้างต้นเป็นสมการแบบอนาล็อก

$$m[n] = K_c\left[e[n] + \frac{T_s}{T_i}\sum_{i=0}^{n} e[i] + \frac{T_d}{T_s}(e[n] - e[n-1])\right]$$

สำหรับรายละเอียดเบื้องลึก จะไม่ขอกล่าวในที่นี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 มอเตอร์

อุปกรณ์ที่ใช้ขับเคลื่อนในระบบควบคุมตำแหน่งคงหนีไม่พ้นมอเตอร์ นอกจากมอเตอร์แล้วเรายังมีอุปกรณ์จำพวก ไฮดรอลิก (น้ำ) และ นิวแมติก(ลม) แต่ในที่นี้เราจะกล่าวถึงมอเตอร์ (กระแสไฟฟ้า)

มอเตอร์ ใช้หลักการการสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (ทำได้โดยการบังคับลักษณะการไหลของกระแสไฟฟ้า) ให้เกิดแรง หมุน เพื่อให้เพลาของมอเตอร์หมุนได้ โดยกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างสนานแม่เหล็กในลักษณะที่ต้องการมี 4 แบบดังนี้

1. ไฟฟ้ากระแสตรง เช่น ดีซีมอเตอร์
2. ไฟฟ้ากระแสสลับ เช่น เอซีมอเตอร์
3. กระแสไฟฟ้าแบบพัลส์ เช่น สเตบมอเตอร์

นอกจากนี้ยังมีมอเตอร์บางประเภทที่ผสมผสานใช้ทั้ง ไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระสลับเพื่อให้เกิดการหมุน เช่น Synchronous ac motor เป็นต้น

เซอร์โวมอเตอร์เกิดจากการรวมคำว่า มอเตอร์ ซึ่งอาจเป็นดีซีหรือเอซี รวมกับคำว่า เซอร์โว ซึ่งหมายถึงระบบการควบคุม ดังนั้น ความหมายของคำว่าเซอร์ โวมอเตอร์ ก็คือมอเตอร์ที่เกี่ยวกับหรือมีส่วนเกี่ยวข้องกับการควบคุม ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมตำแหน่ง หรือการควบคุม ความเร็ว โดยเซอร์โวมอเตอร์ก็มี 2 แบบคือ

1. ดีซีเซอร์โวมอเตอร์
2. เอซีเซอร์โวมอเตอร์

เนื่องจากว่ามอเตอร์ต้องการกระแสไฟฟ้าในการ สร้างสนามแม่เหล็ก ยิ่งมอเตอร์มีขนาดใหญ่เท่าใด ก็ยิ่งต้องการกระแสไฟฟ้าจำนวนมากเท่านั้น ซึ่งเราจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ หรือวงจรที่จะจัดสรร จัดการเรื่องกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ อุปกรณ์นี้ก็คือ เซอร์โวไดรว์ เมื่อเรานำสองส่วนนี้มารวมกัน เราก็จะได้ระบบควบคุมมอเตอร์ (อาจจะเป็น การควบคุมตำแหน่งหรือความเร็วก็ได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 การควบคุมความเร็วมอเตอร์

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์สามารถทำได้โดยการควบคุมระดับแรงดันตกคร่อมตัวมอเตอร์ และ วิธีการที่นิยมใช้จะมีสองวิธีดังนี้

1. การปรับระดับแรงดันโดยใช้หลักการเปลี่ยนค่าความต้านทานของวงจร ซึ่งทำให้แรงดันตกคร่อมเปลี่ยนไปด้วย แต่จะเห็นว่ามีวิธีนี้เป็นการสร้างความสูญเสียเนื่องจากกำลังไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้าน (พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลัง งานความร้อน)

2. การปรับระดับแรงดันโดนการเปิดปิดแหล่งจ่ายไฟ โดยระดับแรงดันเฉลี่ยที่ได้จะขึ้นกับช่วงเปิดและช่วงปิด เรา เรียกวิธีการนี้ว่า Pulse width modulation และเรียกอัตราส่วนของช่วงเปิดและช่วงปิดว่า Duty cycle วิธีการนี้มี ข้อเสียคือ หากเราเลือกความถี่ของพัลส์ไม่เหมาะสม อาจทำให้มอเตอร์สั่น

2.5.2 การควบคุมตำแหน่งมอเตอร์

การควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์ก็คือ การควบคุมความเร็วนั่นเอง ยกตัวอย่างเช่น หากเราต้องการให้มอเตอร์ หมุน10 อาศา ในตอน 0-10 องศา เราต้องควบคุมให้มอเตอร์มีความเร็ว (ค่าหนึ่ง) และ เมื่อถึงตำแหน่ง 10 องศาแล้วเรา จึงสั่งให้มอเตอร์มีความเร็วเป็น 0 ในขณะเดียวกัน หากเรากลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ นั่นก็คือเราสั่งให้มอเตอร์ หมุนด้วยความเร็วที่เป็นลบนั่นเอง

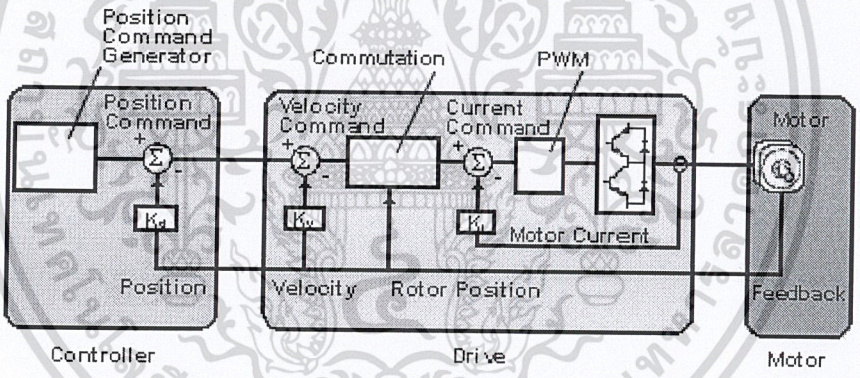
สำหรับการใช้ระบบควบคุมป้อนกลับเพื่อควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์นั้น เราจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ในการป้อนกลับตำแหน่ง ปัจจุบันของมอเตอร์ อุปกรณ์ดังกล่าวมีหลายประเภท รายละเอียดจะขอกล่าวในภายหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบระบบควบคุมตำแหน่ง เราจะต้องต้างระบบควบคุมความเร็วก่อน และอาศัยสัญญาณผลต่างของตำแหน่ง ที่ต้องการเคลื่อนที่ไป และสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์ป้อนกลับ (เรียกสัญญาณนี้ว่าสัญญาณคลาดเคลื่อน)สัญญาณที่ได้ นี้จะถูกป้อนเป็นสัญญาณขาเข้าของตัวควบคุม หลังจากนั้นตัวควบคุมจะประมวลผลเพื่อให้สัญญาณขับ เพื่อให้มอเตอร์ หมุนไปในตำแหน่งที่ต้องการ

จะเห็นว่าหากตำแหน่งที่ต้องการเคลื่อนที่ไปมีค่าเท่ากับตำแหน่งที่อ่านได้จากการอ่านตำแหน่งป้อนกลับ สัญญาณคลาด เคลื่อนจะมีค่าเป็นศูนย์ นั่นคือจะไม่มีสัญญาณขับออกมาจากตัวควบคุม ทำให้มอเตอร์ไม่มีการหมุนหรือมอเตอร์มีความ เร็วเป็นศูนย์

โครงสร้างของระบบควบคุมตำแหน่ง สามารถแสดงอย่างคร่าวๆได้ดังรูป

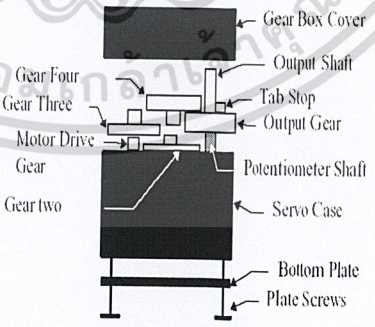


รูปที่ 2.8 โครงสร้างของระบบควบคุมตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ชุดควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

ทางกลุ่มได้ทดลองใช้ Servo Motor ในการควบคุม ซึ่ง Servo Motor คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) ที่ถูกประกอบรวมกับ ชุดเกียร์ และ ส่วนควบคุม ต่างๆ ไว้ในโมดูลเดียวกัน หรือ ภายในกล่องพลาสติกเดียวกัน โดยมอเตอร์ชนิดนี้จะมีสายต่อใช้งานเพียง 3 เส้นเท่านั้น คือ VCC,GNDและ สายสัญญาณควบคุม(Control Line) ซึ่งสามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนซ้าย หรือ ขวาได้จากสายสัญญาณเพียงเส้นเดียวโดยสัญญาณที่ใช้ควบคุมนี้จะเป็นสัญญาณ พัลส์วิดมอด (PWM) แบบ TTL Level ระดับแรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์นี้จะอยู่ในช่วงประมาณ 4 ถึง 6 โวลท์ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัว ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้ก็คือ จะมีขนาดเล็กน้ำหนักเบา,ให้แรงบิตสูง กินพลังงานน้อย และ สามารถควบคุม ด้วยแรงดันลอจิกที่เป็น TTL ได้โดยตรงไม่จำเป็นต้องต่อวงจรขับ(Driver) อื่นๆ เพราะ มอเตอร์ชนิดนี้จะมีวงจรควบคุมบรรจุไว้ภายในอยู่แล้ว ซึ่งมอเตอร์ชนิดนี้สามารถควบคุมให้หมุนไปในตำแหน่ง หรือ ทิศทางองศาที่ต้องการได้ โดยอาศัยสัญญาณความกว้างพัลส์ ที่ป้อนให้มอเตอร์ แต่เซอร์โวมอเตอร์นี้จะหมุนได้แค่เพียงในช่วงประมาณ 180° หรือ ครึ่งรอบเท่านั้น หรือ บางรุ่นอาจหมุนได้ถึง 210° แต่จะไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้ เนื่องจากโครงสร้างภายในจะประกอบด้วย ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (VR) ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์ และ ตัวต้านทานนี้จะถูกยึดติดกับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งจากการที่ตัวต้านทานปรับค่านี้ไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้ ดังนั้น เซอร์โวมอเตอร์จึงถูกออกแบบให้หมุนได้เพียงแค่ประมาณ 180 องศา หรือ ครึ่งรอบเท่านั้น เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับตัวต้านทานปรับค่าได้ แต่ถ้าหากเราต้องการให้มอเตอร์หมุนเป็นวงรอบ (360°) นั้นก็สามารถทำได้ โดยจะต้องทำการปรับแต่ง (Modify)



รูปที่ 2.9 แสดงส่วนประกอบต่างๆของ Servo Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 หลักในการควบคุม SERVO MOTOR

การศึกษาโมเดลของสิ่งที่เราต้องการควบคุม รวมทั้งสิ่งที่เราต้องการใน การควบคุม เช่น คุณลักษณะ หรือปริมาณต่างๆของสิ่งที่เราต้องการควบคุม สิ่งที่เราต้องศึกษาในลำดับถัดมาก็คือ เราจะควบคุมอย่างไร ซึ่งหัวใจหลักของการควบคุม โดยเราสามารถแบ่งยุคของการควบคุมออกเป็น 2 แบบดังนี้

- การควบคุมแบบคลาสสิค
- การควบคุมแบบสมัยใหม่

ความแตกต่างของการควบคุมทั้งสองคือความแตกต่างในการแทนโมเดลของสิ่งที่เราต้องการควบคุม โดยการควบคุม แบบคลาสสิคจะพิจารณาระบบด้วยสมการ Transfer function วิเคราะห์และออกแบบระบบโดยใช้วิธีการ Transform เช่นใช้เครื่องมือเช่น Laplace Transform, Z Transform วิเคราะห์ระบบโดยการพิจารณา Root Locus รวมทั้ง Frequency Response โดยจะสามารถสนับสนุนสัญญาณเข้าและออกได้เพียงสัญญาณเดียว (ไม่นับรวมสัญญาณรบกวน)

การควบคุมสมัยใหม่มักจะศึกษาโมเดลของสิ่งที่ต้องการควมคุมโดยระเอียดเช่น การใช้หลักการของ State Space Model เข้ามาเกี่ยวข้อง ใช้วิธีการอธิบาย dynamic ของระบบด้วย State Equation ระบบสามารถมีสัญญาณเข้าและออกได้หลายตัว

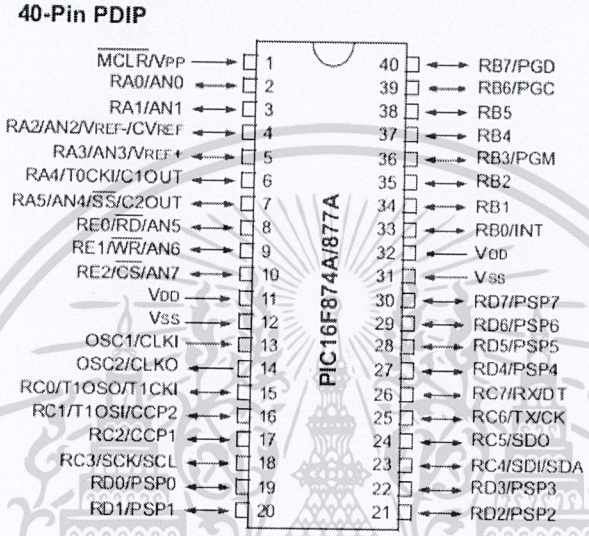
ความเหมาะสมของการเลือกวิธีการควบคุมมักขึ้นกับวัตถุประสงค์ และความพอใจในประสิทธิภาพการทำงาน อย่างไรก็ ตาม ในระบบอุตสาหกรรม รวมทั้งระบบควบคุมการเคลื่อนที่ยังนิยมใช้การควบคุมแบบคลาสสิค (PID) เนื่องจากการ หาโมเดลของระบบทั้งหมดเป็นสิ่งที่ทำได้ยากมาก รวมทั้งความสะดวกในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์

จากการศึกษาการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877A ในการควบคุม Servo Motor ที่ใช้ควบคุมการทำงาน ของนิ้วมือ h

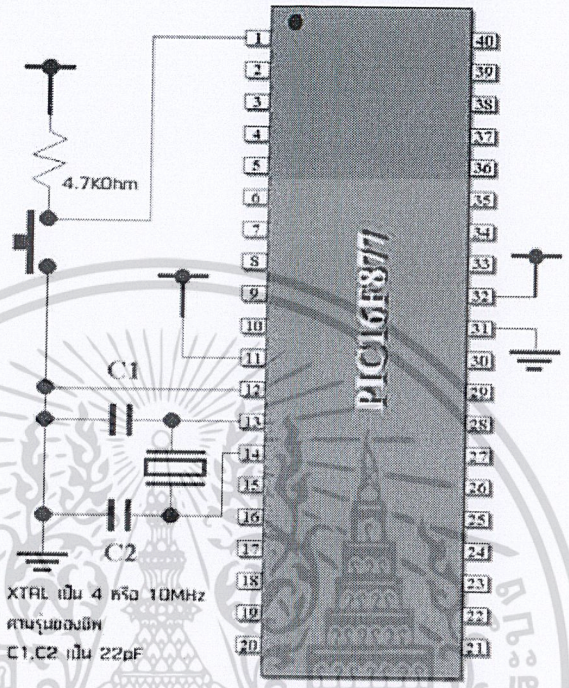
2.6.1 ขาและการทำงานของ PIC 16F877A



รูปที่ 2.10 แสดงขาการทำงานของ PIC 16F877A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 วงจรใช้งาน



รูปที่ 2.11 แสดงวงจรพื้นฐานของ PIC

จากวงจรพื้นฐานดังรูปที่ 2.9 ทางกลุ่มสามารถนำไปปรับปรุงให้สามารถได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

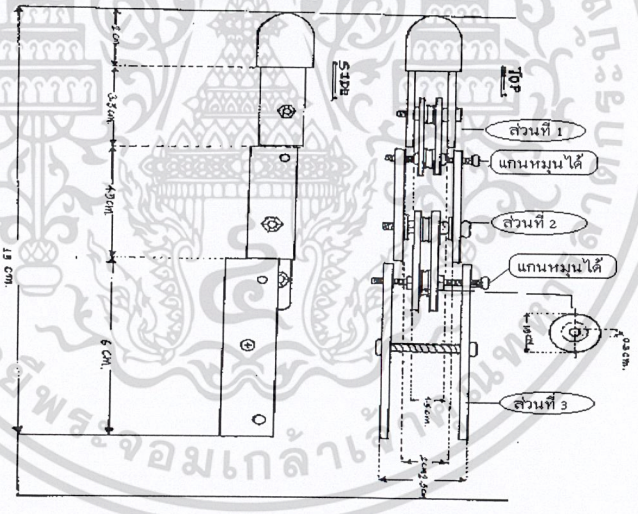
บทที่ 3

การคำนวณ ออกแบบ และ การสร้าง

3.1 การออกแบบและโครงสร้างของมือกล

ในการออกแบบนั้นเราจะใช้อะครีลิกมาทำเป็นโครงของมือ โดยในขั้นนี้ได้จัดทำเป็นนิ้วทดลองขึ้นมาก่อนมีขนาดและรูปร่างคล้ายของจริงมากที่สุดก่อนที่จะลงมือทำให้เป็นชิ้นมือจริง

3.1.1 การออกแบบโครงสร้างขอนิ้วมือ

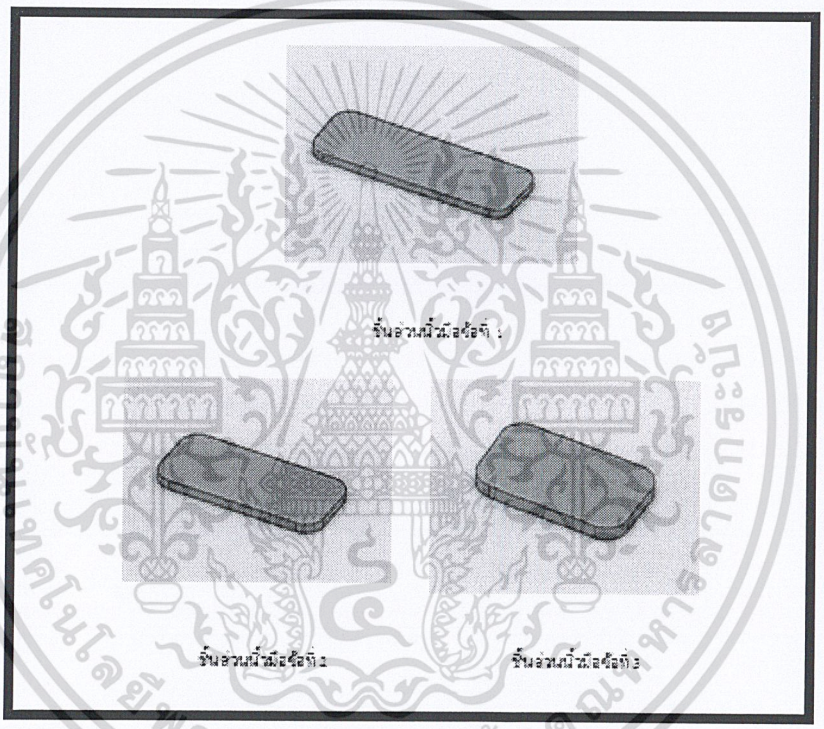


รูปที่3.1 รูปแบบนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
119372

3.2 แบบจำลองนิ้วมือ

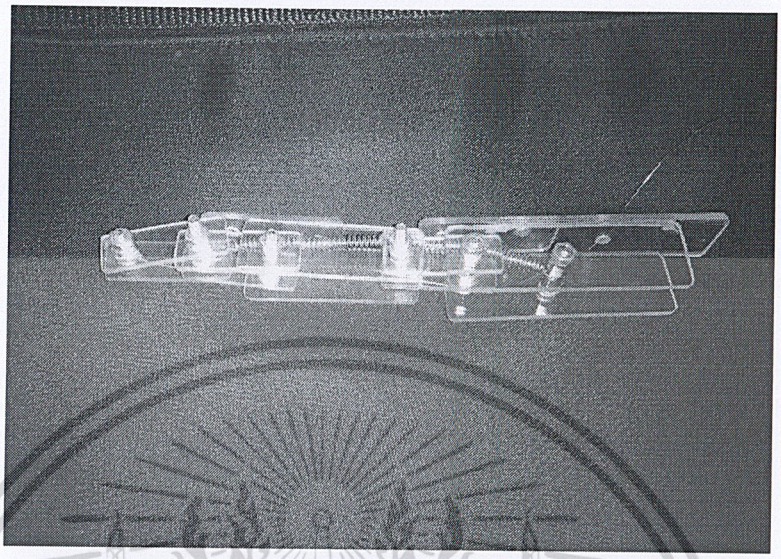
จากการทดลองทางกลุ่มได้ทดลองสร้างแบบจำลองนิ้วมือ โดยใช้โปรแกรม solidwork ในการออกแบบแผ่น อะครีลิกที่ใช้เป็นส่วนประกอบของนิ้วมือกล ซึ่งโปรแกรมนี้เราจะต้องทำการวาดตามแบบที่เราได้ออกแบบไว้ แล้วโปรแกรมจะทำการแปลงเป็น G Code เพื่อนำไปใช้เป็นคำสั่งในการตัดแผ่นอะครีลิก



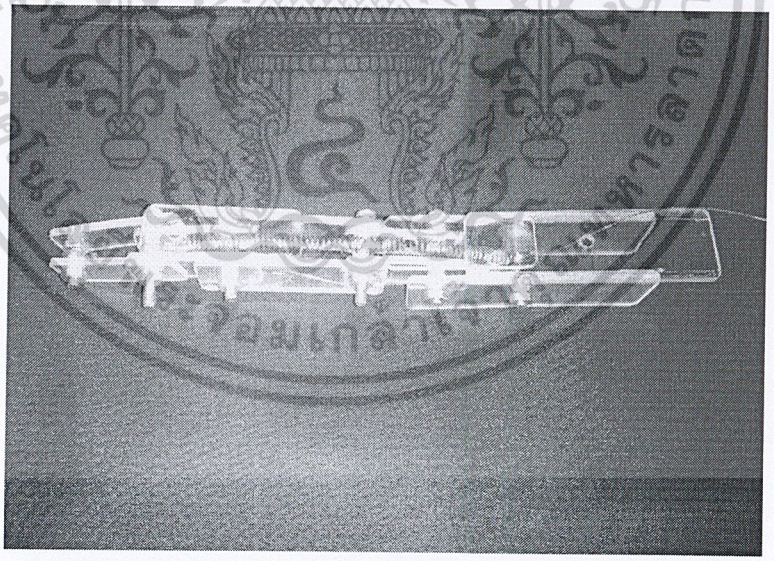
รูปที่ 3.2 การออกแบบชิ้นส่วนต่างๆด้วยโปรแกรม solidworks

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำชิ้นส่วนจากอะครีลิกมาประกอบกันด้วยน้ำยาประสาน จะได้ส่วนของนิ้วมือตามรูป ดังนี้



รูปที่ 3.3 นิ้วมือหลังประกอบ ด้านข้าง



รูปที่ 5.4 นิ้วมือหลังประกอบ ด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบมือกลโดย

ในการออกแบบสามารถ แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

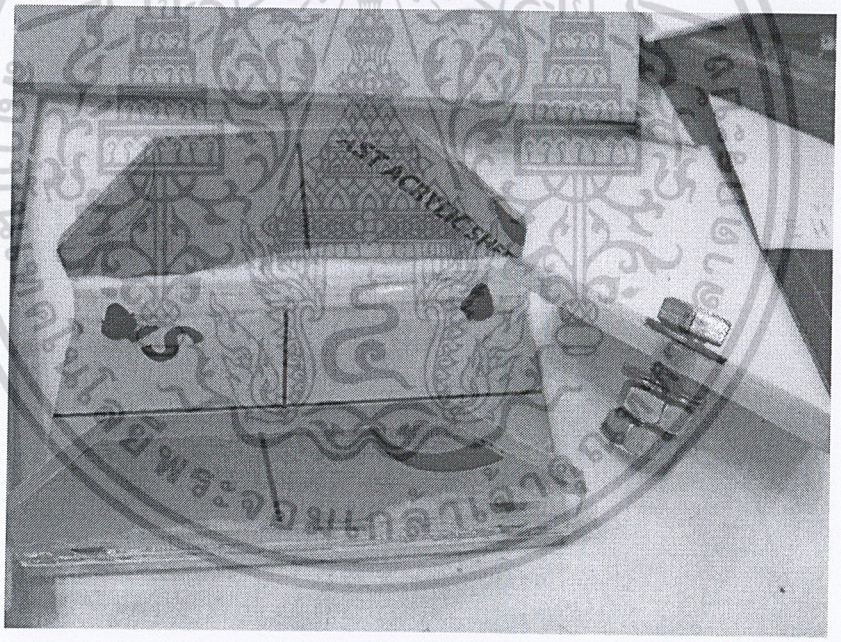
3.3.1 ส่วนของฐาน

3.3.2 ส่วนของฝ่ามือ

3.3.3 ส่วนของนิ้วมือ

ซึ่งในแต่ละส่วนมีรายละเอียดในการออกแบบที่สำคัญ ดังนี้

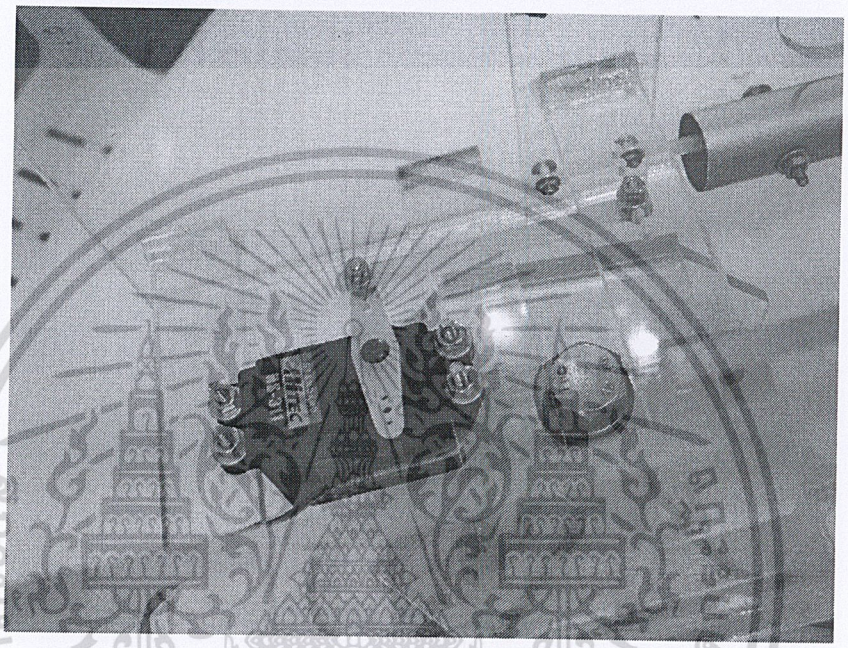
3.3.1 ส่วนของฐาน การออกแบบในส่วนนี้ จะมีโครงสร้างเป็นแผ่นอะครีลิก เพราะ เป็นวัสดุที่หาง่าย ง่ายต่อการออกแบบ ส่วนฐานของแขนที่ใช้ติดกับพื้น มีการติดน็อตตัวใหญ่เพื่อเชื่อมกับตัวฐานของฝ่ามือ เพื่อใช้เป็นจุดหมุนใน ให้การหมุนของแขนมีอิสระมากขึ้น และยังสามารถใช้รับน้ำหนักของแขนและนิ้วได้อีกด้วย



รูปที่ 3.5 ฐานของมือกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

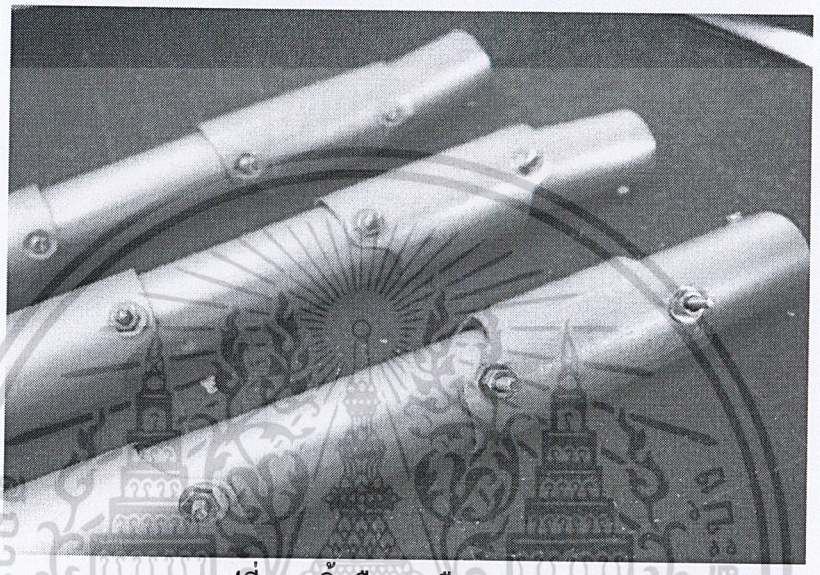
3.3.2 ส่วนของมือ มีโครงสร้างเป็นแผ่นอะครีลิกในส่วนนี้จะมีการติดตั้ง Servo Motor เพื่อใช้ในการบังคับการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ motor ซึ่งจากการออกแบบในครั้งหลังนี้เราได้ออกแบบให้ motor 1 ตัวสามารถสั่งการนิ้วมือได้ 3 นิ้ว โดยใช้หลักการของคาน



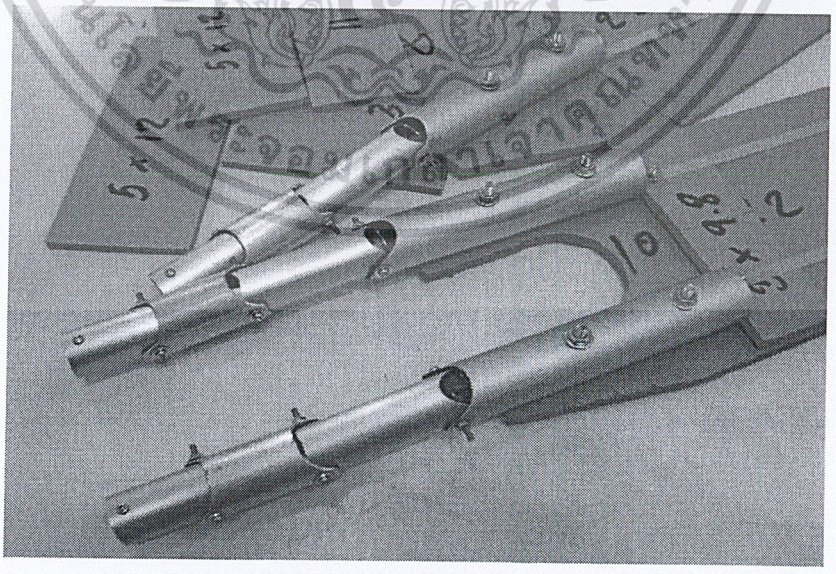
รูปที่ 3.6 ตัวมือของมือกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ส่วนของนิ้วมือ การออกแบบในส่วนนี้เราเลือกใช้อะลูมิเนียมทรงกระบอก โดยแต่ละนิ้วจะแบ่งเป็นข้อๆจำนวน 4 ข้อ มีความยาวที่แตกต่างกันออกไปและเชื่อมแต่ละข้อด้วยน็อต โดยภายในแต่ละนิ้วจะใส่สปริง และ สลิง สำหรับใช้ดึง และดันนิ้วมือ ก่อนที่จะนำไปต่อกับส่วนของฝ่ามือ นิ้วแต่ละนิ้วจะถูกดึงให้งอตัว และ คลายตัวตามตำแหน่งของ servo motor

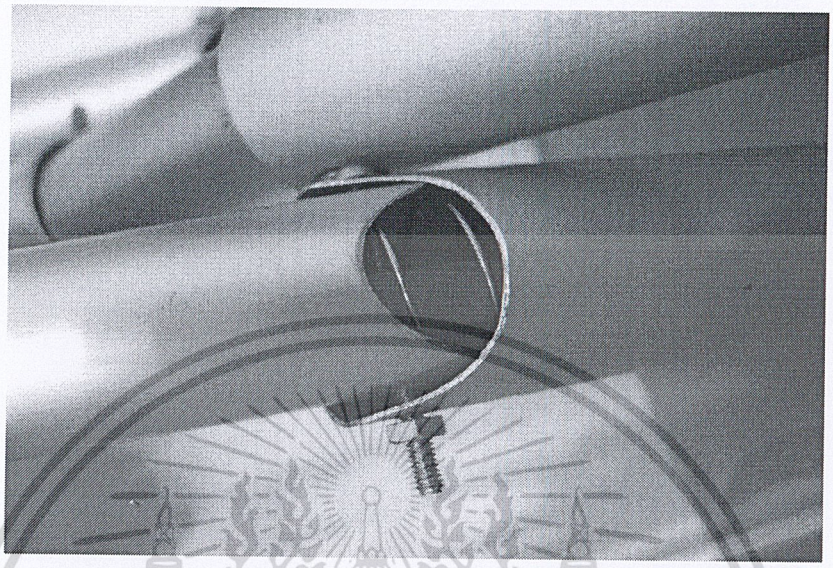


รูปที่ 3.7 นิ้วมือของมือกล 1



รูปที่ 3.8 นิ้วมือของมือกล 2

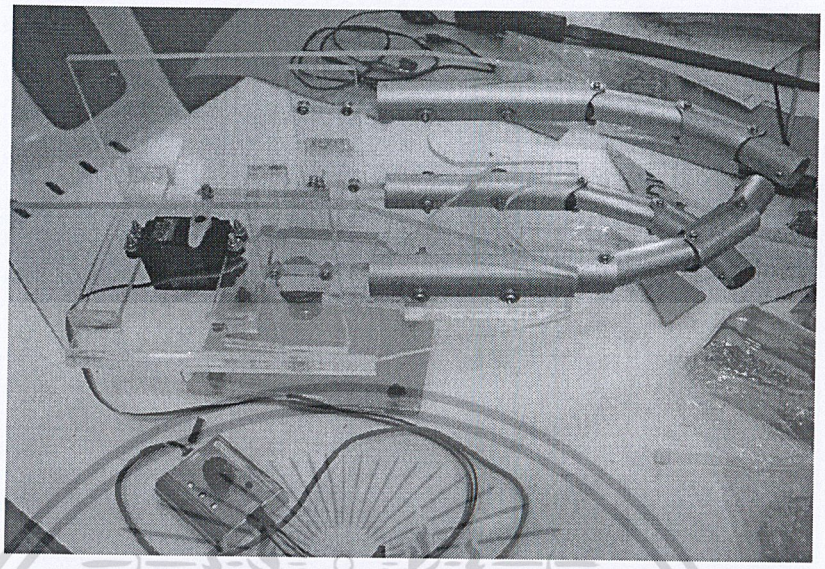
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



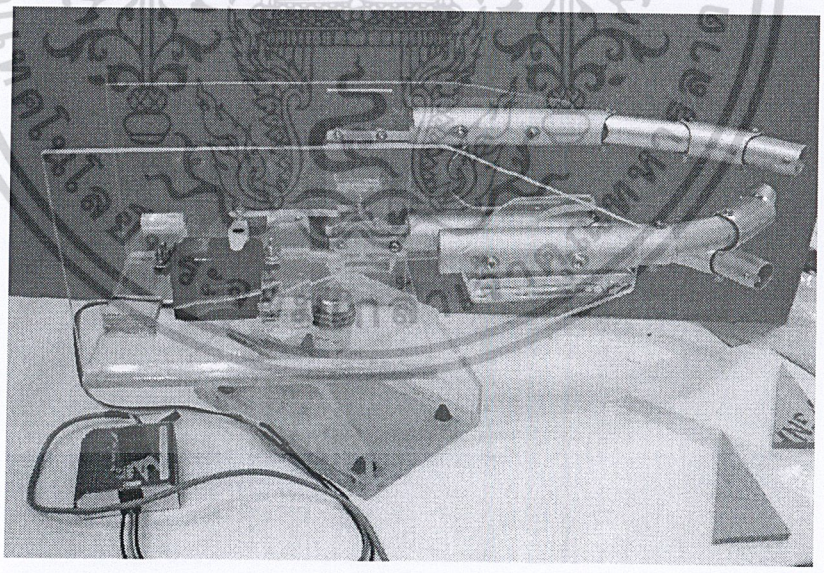
รูปที่ 3.9 แสดงสปริงภายในนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำทั้ง 3 ส่วนมาประกอบกัน



รูปที่ 3.10 มือกลหลังประกอบ 1



รูปที่ 3.11 มือกลหลังประกอบ 2

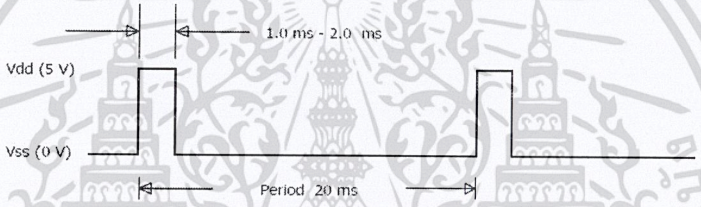
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรควบคุมมือกล

ในการออกแบบมือกลนี้เลือกใช้ SERVO MOTOR 1 ตัว โดย SERVO MOTOR นี้จะใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของนิ้วมือ

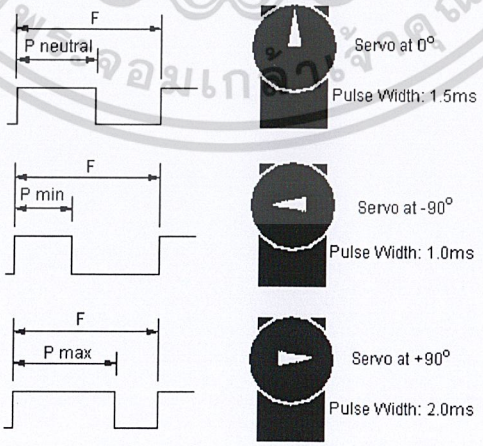
3.4.1 วงจรขับมอเตอร์

ตามปกติแล้ว servo motor จะมีวงจรขับอยู่ภายในแล้ว โดยจากการทดลองพบว่า การควบคุมการทำงานของ servo motor ทำได้โดย การป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ ให้กับมอเตอร์ซึ่งตำแหน่งและทิศทางการหมุนของมอเตอร์นี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของความกว้างของพัลส์นั้นๆ โดยทั่วไปแล้วความกว้างของสัญญาณพัลส์จะมีจุดให้อ้างอิง 3 จุด ดังรูป คือ



รูปที่ 3.12 แสดงกราฟความกว้างของสัญญาณพัลส์

และ ถ้าเราต้องการ ให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปตามมุมต่างๆจะต้องกำหนดค่า pulse width ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.13 แสดงทิศทางการหมุนและความกว้างของพัลส์

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1.5 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม 0 องศา หรือ จุดกึ่งกลางของมอเตอร์

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม - 90 องศา หรือ ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 2 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม + 90 องศา หรือ ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

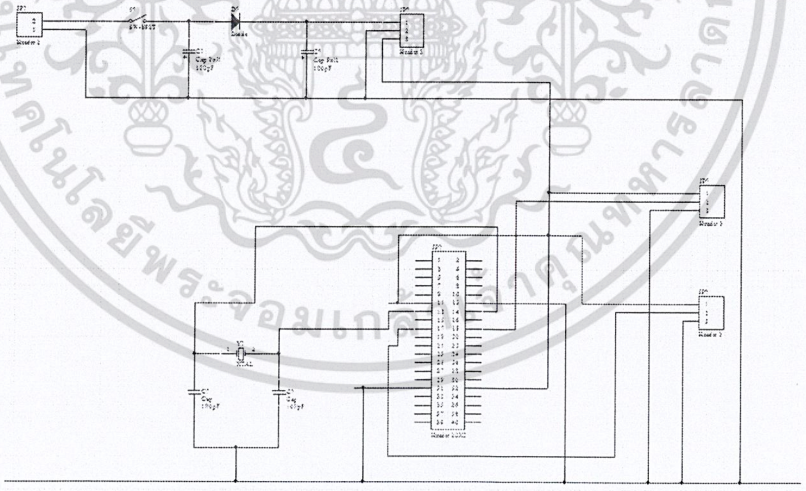
ส่วนการที่จะควบคุมให้มอเตอร์หมุนเป็นมุมอื่นๆ นั้นก็สามารถทำได้โดยการป้อนสัญญาณพัลส์เป็นระดับความกว้างต่างๆ โดยอ้างอิงจากจุด ทั้ง 3 จุดที่กล่าวมานี้ ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปที่มุม - 45 องศา เราก็จะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้าง 1.25 ms เป็นต้น และ สัญญาณพัลส์นี้จะต้องจ่ายให้มอเตอร์ทุกๆ 20 ms (Period) เพื่อรักษาสภาพตำแหน่งของมอเตอร์ไว้ โดยหลักการก็คือจะอาศัยการเปรียบเทียบช่วงเวลาของความกว้างพัลส์ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุมกับค่าเวลาของวงจร RC ภายในบอร์ดควบคุมในตัวของมอเตอร์ ซึ่งค่าเวลาของวงจร RC นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงตามการหมุนของมอเตอร์เนื่องจากตัวต้านทานปรับค่าจะถูกยึดติดอยู่กับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งการหมุนของมอเตอร์จะทำให้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่า (VR) เปลี่ยนแปลงไป เป็นผลทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยในขณะที่เราป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุม สัญญาณนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าเวลาของวงจร RC หากค่าทั้ง 2 ไม่เท่ากันมอเตอร์ก็จะหมุนทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงจนกระทั่งค่าเวลาความกว้างพัลส์ของ วงจร RC เปลี่ยนแปลงจนเท่ากับสัญญาณพัลส์ทางขาควบคุม (Control line) มอเตอร์จึงจะหยุดหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 วงจรรวมควบคุมเซอร์โซมอเตอร์

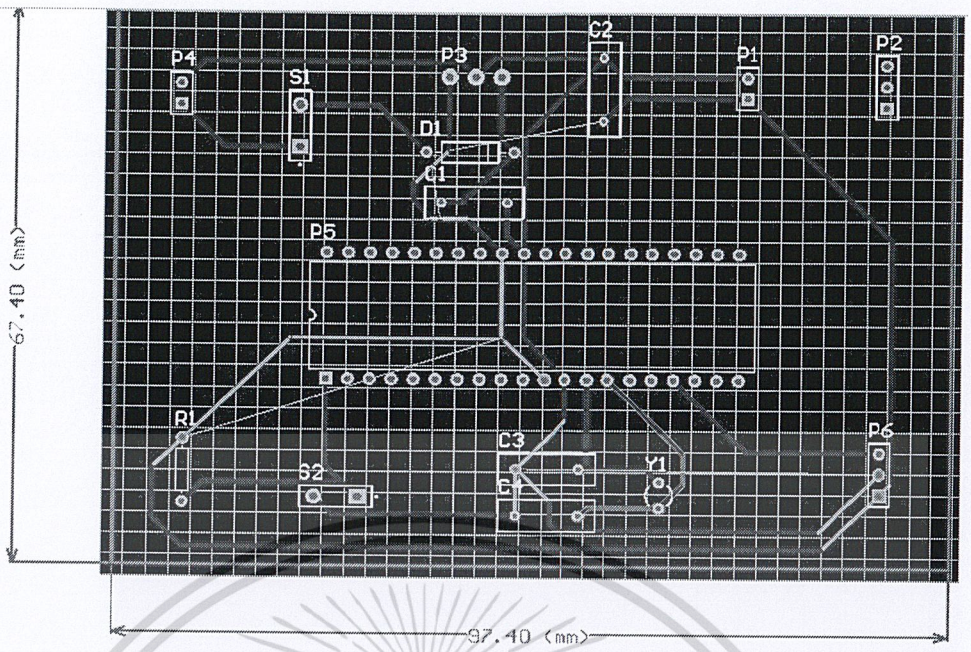
ในการออกแบบมือกลครั้งนี้ได้ใช้ servo motor จำนวน 1 ตัว โดย servo motor นี้จะใช้ในการควบคุมการ เคลื่อนที่ของนิ้วมือใช้ขับเคลื่อนให้นิ้วทั้งสองข้างสามารถพับเข้าหากันได้โดยการควบคุมเคลื่อนที่นั้นจะใช้คำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877A โดยเขียนคำสั่งการทำงานลงใน PIC ว่าจะให้นิ้วมือหุบเข้า หรือ กางออก ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ แล้วส่งไปยัง servo motor โดยใช้หลักการของคานที่ตัว servo motor เป็นตัวดึงนิ้วมือเข้าหากัน

ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ จะรับค่าโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์ เพื่อนำมาสร้างพัลส์ที่สามารถเปลี่ยนความถี่ได้ให้แก่เซอร์โวมอเตอร์ในการพับส่วนของนิ้วมือทั้ง 2 ข้าง ซึ่งตรงส่วนนี้เราไม่ต้องมี feedback เพราะ เซอร์โวมอเตอร์กำหนดตำแหน่งด้วยความถี่ซึ่งเป็นตำแหน่งที่แน่นอน ดังนั้นเราจึงสามารถควบคุมตำแหน่งของการเคลื่อนที่ได้โดยเปลี่ยนความถี่ที่ป้อนเข้าขาสัญญาณควบคุมของเซอร์โวมอเตอร์



รูปที่ 3.14 วงจรควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 วงจรควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ 2

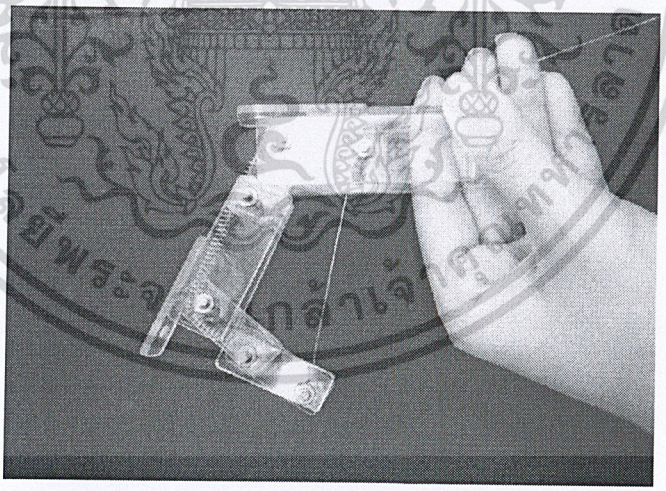
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง

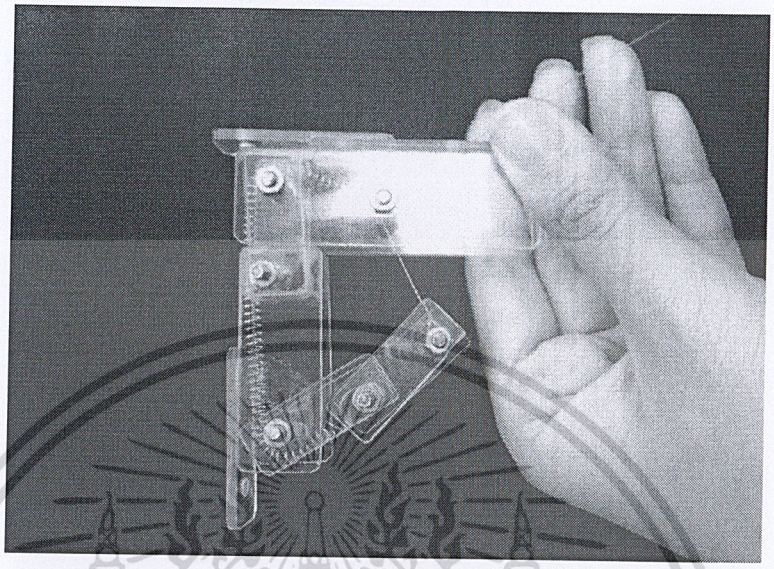
4.1 การทดสอบและลักษณะการทำงานของนิ้วมือ

จากการทดลองออกแบบมือกล และทดสอบการใช้งานจึงทำให้เราทราบว่าแบบที่ออกแบบมาในตอนแรกนั้นมีประสิทธิภาพการใช้งานต่ำ เนื่องจากทำจากวัสดุที่มีความลื่นบนพื้นผิวมากและมีความคงทนต่ำทำให้ใช้งานจริงได้ไม่ดีนัก จึงได้นำความคิดและปัญหาพื้นฐานเหล่านี้มาใช้ในการปรับปรุงออกแบบมือเป็นแบบใหม่ซึ่งออกแบบให้คล้ายคลึงกับมือและนิ้วจริงของมนุษย์ให้มากขึ้นไปอีก โดยแบบที่ออกแบบมาในครั้งใหม่นั้นเราเลือกใช้อะลูมิเนียมเป็นวัสดุในการทำนิ้วมือเนื่องจากมีน้ำหนักเบา และคงทน แข็งแรง แต่สำหรับในส่วนอื่นๆที่ไม่ใช่นิ้วมือนั้น เราสามารถใช้อะครีลิคเป็นวัสดุในการทำได้ เพียงแต่ใช้อะครีลิคที่มีความหนาเพิ่มขึ้น เป็น 5 mm

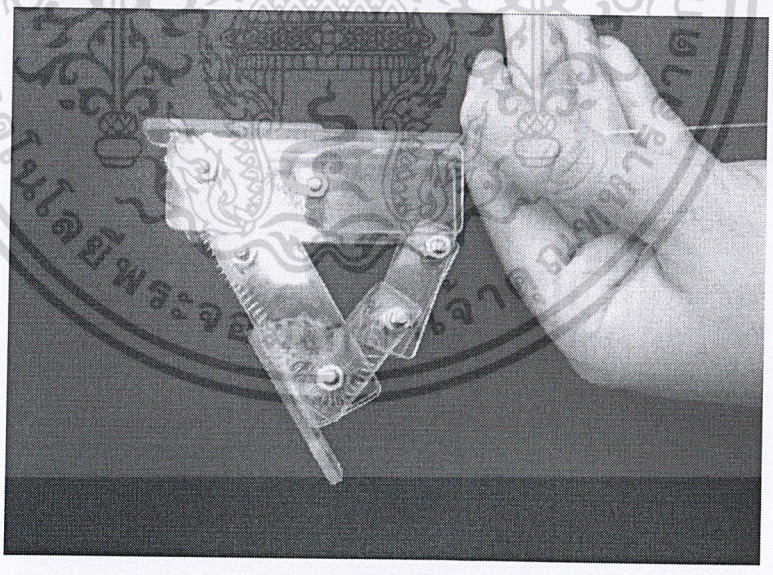


รูปที่ 4.1 นิ้วมือขณะเริ่มงอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 นิ้วมือขณะงอ

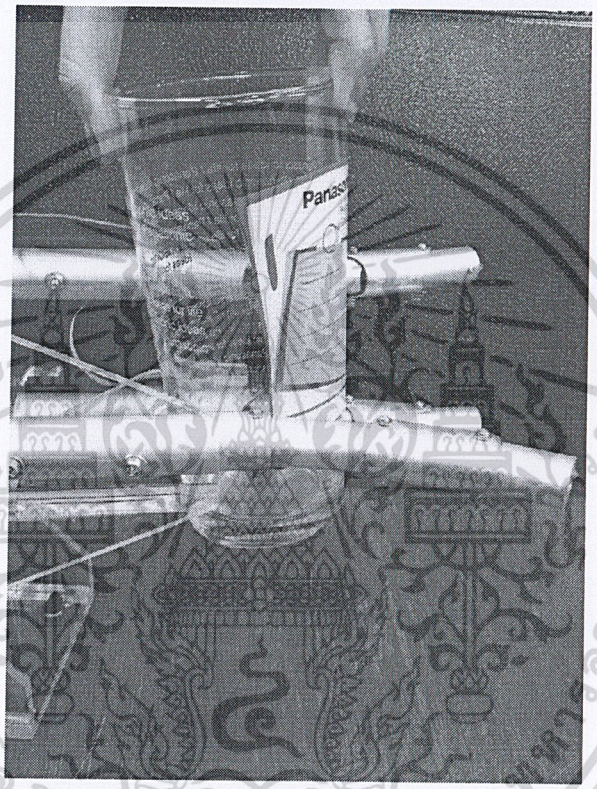


รูปที่ 4.3 นิ้วมือขณะงอสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

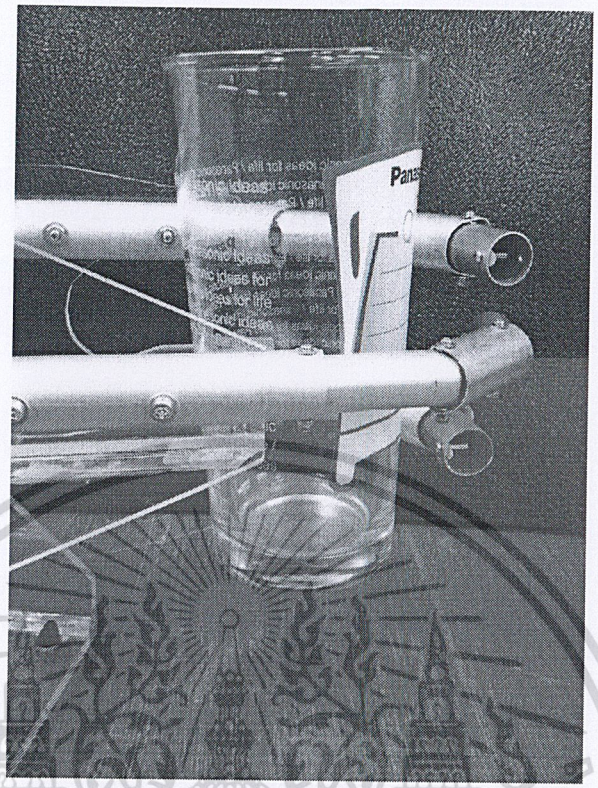
4.2 การทดสอบมือกล (แบบใหม่)

หลังจากที่มือจากการออกแบบครั้งแรกประสบปัญหา จึงได้สร้างมือแบบใหม่โดยปรับปรุงจากปัญหาที่เคยเกิดขึ้น ซึ่งได้นำมาทดสอบโดยการสั่งการให้มือกลหยับจับแก้วน้ำ ดังรูป



รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะมือขณะก่อนจับสิ่งของ โดยนิ้วมือกางออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะมือขณะจับสิ่งของ โดยนิ้วมือหุบเข้า (กำมือ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการศึกษา ทดลอง และจัดสร้าง โครงงานนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนโครงสร้างและการออกแบบทางกล , ส่วนโครงสร้างและการออกแบบทางวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และส่วนโปรแกรมควบคุมการทำงาน รูปแบบการเคลื่อนที่ของมือกล

5.1.1 ส่วนโครงสร้างและออกแบบทางกล

1.นิ้วมือ ใช้เครื่องตัด ในการตัดอะลูมิเนียม ปัญหาที่พบ คือ ขาดความชำนาญในการใช้เครื่องมือ ทำให้การทำงานล่าช้า และปัญหาอีกประการที่พบ คือ การหาสปริงที่เหมาะสมมาใช้กับนิ้ว

2.ฝ่ามือและฐาน ใช้เครื่อง CNC และโปรแกรม Solidworks ในการตัดแผ่นอะครีลิก ปัญหาที่พบ คือในระยะแรกไม่ชำนาญในการใช้เครื่อง ทำให้การออกแบบนิ้วไม่สามารถใช้งานได้จริง เนื่องจากเมื่อทำงานจริงแล้วไม่สามารถที่จะใช้หยิบสิ่งของได้ ดังนั้น จึงต้องมีการแก้ไข โดยอาจต้องมีการวาดภาพใน solid work ใหม่อีกหลายครั้งซึ่งทำให้การทำงานเกิดความล่าช้า

5.1.2 ส่วนโครงสร้างและการออกแบบทางวงจรอิเล็กทรอนิกส์

1.SERVO MOTOR ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญเนื่องจากไม่มีประสบการณ์ในการใช้ SERVO MOTOR มาก่อน จึงไม่สามารถที่จะหาขนาดของ SERVO MOTOR ที่เหมาะสมกับขอบเขตของงาน และ SERVO MOTOR มีราคาแพง และหาซื้อยากอีกด้วย

2.วงจรควบคุมต่างๆ มักประสบปัญหาเนื่องจากการต่อวงจรที่ผิดพลาด ทำให้การทำงานล่าช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุม ทางกลุ่มได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PIC เบอร์ 16F877A ซึ่งปัญหาที่พบ คือ ไม่มีความชำนาญในการเขียนโปรแกรม ทำให้เกิดความผิดพลาดหลายครั้ง ทำให้การทำงานล่าช้า

5.2 แนวทางในการพัฒนา

สามารถเพิ่มเติมส่วนประกอบต่างๆได้อีกเพื่อขยายความสามารถของแขนกลนี้ เช่น การพัฒนาในส่วนของวงจรควบคุมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น การพัฒนาในส่วนโปรแกรมควบคุมการทำงาน ก็เป็นสิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ควรได้รับการพัฒนามากขึ้นด้วย เพื่อให้มือกลมีขีดความสามารถมากขึ้น เช่น การหยิบเคลื่อนย้ายสิ่งของให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1.] ดอนสัน ปงผาบ , ทิพวัลย์ คำน้ำนอง. **ไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้งาน.**

กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)

[2.] Maureen salter and Lynn Cheshire **. Hand Therapy Principles and Practice .** Fouth Edition. McGraw Hill Book Company

[3.] ธีรวัฒน์ ประกอบผล . **การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์** . พิมพ์ครั้งที่ 2 .

กรุงเทพฯ : บริษัท แซทโฟร์ พริ้นติ้ง จำกัด

[4.] P.C. SEN . **Principle of electric machines** .Second edition . United states of America

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

หลักการที่ใช้ในการออกแบบ

การจำแนกคาน คานจำแนกได้ 3 ประเภทหรือ 3 อันดับ ดังนี้

1. คานอันดับที่ 1 เป็นคานที่มีจุด (F) อยู่ระหว่างแรงความพยายาม (E) และแรงความต้านทาน (W) เช่น กรรไกรตัดผ้า กรรไกรตัดเล็บ คีมตัดลวด เรือแจว ไม้กระดก เป็นต้น

2. คานอันดับ 2 เป็นคานที่มีแรงความต้านทาน (W) อยู่ระหว่างแรงความพยายาม (E) และจุดหมุน (F) เช่น ที่เปิดขวดน้ำอัดลม รถเข็นทราย ที่ตัดกระดาษ เป็นต้น

3. คานอันดับที่ 3 เป็นคานที่มีแรงความพยายาม (E) อยู่ระหว่างแรงความต้านทาน (W) และจุดหมุน (F) เช่น ตะเกียบ คีมคีบถ่าน แหนบ เป็นต้น

การผ่อนแรงของคาน จะมีค่ามากหรือน้อยโดยดูจากระยะ E ถึง F และ W ว่าถ้าระยะ EF ยาวหรือสั้นกว่าระยะ WF ถ้าในกรณีที่ยาวกว่าก็จะช่วยผ่อนแรง ถ้าสั้นกว่าก็จะไม่ผ่อนแรง

หลักการคำนวณเรื่องคาน มีดังนี้

1. น้ำหนักคาน ถือว่าน้ำหนักของคานจะอยู่จุดกึ่งกลางคานเสมอ
2. เมื่อคานอยู่ในสภาวะสมดุล โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกาเท่ากับโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา
3. โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา หรือโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกามีค่าเท่ากับ ผลบวกของโมเมนต์ย่อยแต่ละชนิด
4. เมื่อมีแรงมากระทำที่จุดหมุน ค่าของโมเมนต์มีค่าเท่ากับศูนย์เพราะระยะทางเป็นศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหมุน ประกอบด้วย

-นิยามการหมุน
-จลศาสตร์การหมุน
-กฎการหมุน
-ทฤษฎีแกนตั้งฉากและทฤษฎีแกนขนาน
-รัศมีไจเรชั่น
-การประยุกต์ใช้กฎการหมุน
-พลังงานจลน์ในการหมุน

ตารางเปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างการเคลื่อนที่เชิงเส้นกับการเคลื่อนที่เชิงมุม

การเคลื่อนที่เชิงเส้น	**การเคลื่อนที่เชิงมุม**
ตำแหน่ง : จะบอกด้วยระยะทางซึ่งวัดจากแกนอ้างอิงมุมฉากถึงตำแหน่งที่วัตถุอยู่	**มุม** : จะบอกด้วยมุมซึ่งวัดจากแกนอ้างอิงมุมฉากถึงตำแหน่งที่วัตถุอยู่
การกระจัดชิงเส้น : การเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง	**การกระจัดเชิงมุม** : การเปลี่ยนแปลงมุม
ความเร็ว : การกระจัดที่เปลี่ยนไป	**ความเร็วเชิงมุม** : การกระจัดเชิงมุมที่เปลี่ยนไป
ความเร่ง : การเปลี่ยนแปลงความเร็ว	**ความเร่งเชิงมุม** : การเปลี่ยนแปลงความเร็วเชิงมุม

ตารางที่ 1.1 แสดงตารางเปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างการเคลื่อนที่เชิงเส้นกับการเคลื่อนที่เชิงมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

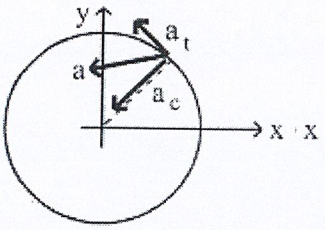
ตารางเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่เชิงเส้นกับการเคลื่อนที่เชิงมุมในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์

การเคลื่อนที่เชิงเส้น	**การเคลื่อนที่เชิงมุม**	**ความสัมพันธ์**
ตำแหน่ง : x	มุม : θ	$s = r\theta$
การกระจัด : dx	การกระจัดเชิงมุม : $d\theta$	$ds = rd\theta$
ความเร็ว : $v = \frac{dx}{dt}$	ความเร็วเชิงมุม : $\omega = \frac{d\theta}{dt}$	$v \equiv \frac{ds}{dt} = r\frac{d\theta}{dt} \Rightarrow v_t = r\omega$
ความเร่ง : $a = \frac{dv}{dt}$	ความเร่งเชิงมุม : $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$	$a \equiv \frac{dv}{dt} \Rightarrow a_t = \frac{dv_t}{dt}$ $= r\frac{d\omega}{dt} \Rightarrow a_t = r\alpha$ $a_c = \frac{v_t^2}{r} = \frac{(r\omega)^2}{r}$ $\Rightarrow a_c = \omega^2 r$

ตารางที่ 1.2 ตารางเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่เชิงเส้นกับการเคลื่อนที่เชิงมุมในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จลศาสตร์การหมุน



การเคลื่อนที่เชิงเส้นของวัตถุด้วยความเร่ง a คงที่ สมการเหล่านี้ได้มาจากการ integrate ชุดสมการจลศาสตร์ดังนี้

$$\left.\begin{aligned} v &= \frac{dx}{dt} \\ a &= \frac{dv}{dy} \\ \frac{da}{dt} &= 0 \end{aligned}\right\} a\ bunch\ of\ math \Rightarrow \begin{cases} v = v_0 + at \\ x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \\ v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0) \\ x - x_0 = \frac{1}{2}(v + v_0)t \\ x = x_0 + vt - \frac{1}{2}at^2 \end{cases}$$

เมื่อพิจารณาสัญลักษณ์ที่ใช้แทนการเคลื่อนที่เชิงเส้นและเชิงมุมเช่น v กับ ω ; x กับ θ เป็นต้น มาเปรียบเทียบกับสมการการเคลื่อนที่เชิงเส้นเมื่อ a คงที่ เราจะได้สมการการเคลื่อนที่เชิงมุมของวัตถุเมื่อ α คงที่ดังนี้

$$\left.\begin{aligned} \omega &= \frac{d\theta}{dt} \\ \alpha &= \frac{d\omega}{dt} \\ \frac{d\alpha}{dt} &= 0 \end{aligned}\right\} the\ very\ same\ math \Rightarrow \begin{cases} \omega = \omega_0 + \alpha t \\ \theta = \theta_0 + \omega t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \\ \omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha(\theta - \theta_0) \\ \theta - \theta_0 = \frac{1}{2}(\omega + \omega_0)t \\ \theta = \theta_0 + \omega t - \frac{1}{2}\alpha t^2 \end{cases}$$

การใช้สมการการเคลื่อนที่เชิงเส้นใช้ได้เมื่อ a คงที่ เช่นเดียวกับสมการการหมุนใช้ได้เมื่อ α คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหมุน

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันใช้ได้ดีกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ ทำนองเดียวกันเราใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับการหมุนด้วย

กฎข้อที่หนึ่งของนิวตันสำหรับการหมุน

วัตถุทุกชนิดจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเชิงมุมคงที่ นอกจากมี ทอร์กมากระทำต่อวัตถุนั้น



รูปที่ 10.3



รูปที่ 10.4

จะสังเกตุเห็นว่าแนวแรงที่กระทำผ่านจุดหมุน (pivot) กรณีนี้จะไม่เกิดการหมุน แต่ถ้าแนวแรงที่กระทำไม่ผ่านจุดหมุน กรณีนี้จะเกิดการหมุน นอกจากนี้แรงที่กระทำสามารถแยกออกเป็นองค์ประกอบย่อยเป็นแรงที่ตั้งฉากและแรงที่ชนานดังรูปที่ 10.4 แรงที่มีผลต่อการหมุนคือแรงที่ตั้งฉากเท่านั้น

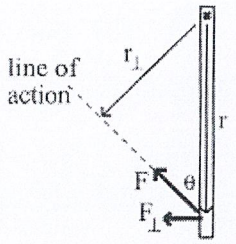
$$\tau = F_{\perp} r = (F \sin\theta) r$$

$$= F(r \sin\theta)$$

$$= F r_{\perp}$$

เมื่อ τ คือผลคูณระหว่างระยะทางที่ลากจากจุดหมุนมาตั้งฉาก (แขนหมุน) กับแนวแรง หรือผลคูณระหว่างแรงที่ตั้งฉากกับแขนหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ทอร์คเมื่อเขียนอยู่ในรูปของเวกเตอร์ หรือ cross product

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

รูปที่

กฎข้อสองของนิวตันสำหรับการหมุน

ความเร่งเชิงมุมของวัตถุจะเปลี่ยนแปลงตามค่าทอร์ค แต่ไม่ขึ้นกับโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุ

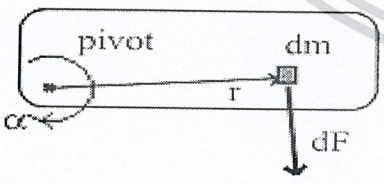
จาก $\sum F = ma$

$\sum \tau = I\alpha$ เมื่อ I คือ โมเมนต์ความเฉื่อย

กฎข้อสองสำหรับการหมุน

$$\sum \tau = I\alpha$$

วัตถุรูปทรงใด ๆ แขวนอยู่ดังรูปที่ 10.7 โดยมีความเร่งเชิงมุม α พิจารณามวลก้อนเล็ก ๆ dm ถูกกระทำด้วยแรง dF ซึ่งตั้งฉากกับแขนหมุนทำให้ dm มีความเร่งเชิงมุม α ด้วย



รูปที่

อาศัยสมการ $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$

จะได้ว่า $d\tau = rdF$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ dF คือแรงในแนวเส้นสัมผัส แทนด้วย F_t จะได้ความเร่งในแนวเส้นสัมผัส a_t ด้วย

$$d\tau = rdF_t = rd(ma_t)$$

$$= ra_t dm$$

$$= \alpha r^2 dm$$

$$\int d\tau = \int \alpha r^2 dm$$

$$\tau = \alpha \int r^2 dm$$

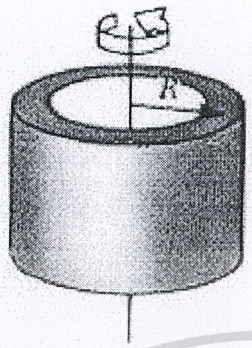
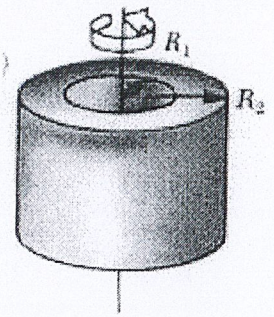
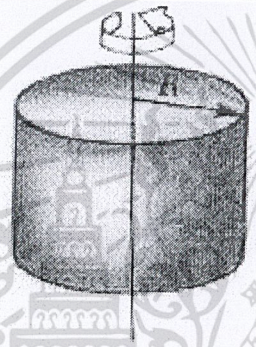
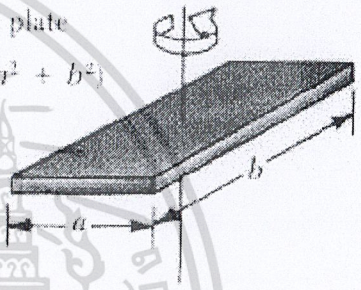
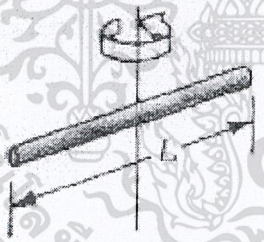
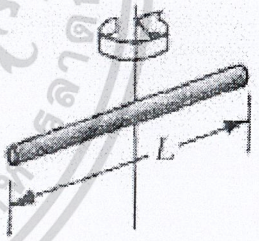
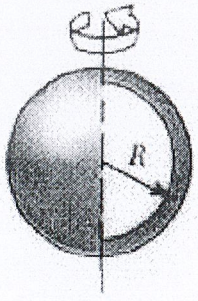
เปรียบเทียบสมการที่ได้กับกฎข้อสองของการหมุนเมื่อ τ ที่ได้คือผลรวมของทอร์คทั้งหมดที่เกิดจากมวลย่อย ๆ dm จะได้ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุรูปทรงใด ๆ คือ

$$I = \int r^2 dm$$

ตามปกติความเฉื่อยต่อการเลื่อนตำแหน่งของวัตถุขึ้นอยู่กับมวล แต่ความเฉื่อยต่อการหมุน (โมเมนต์ความเฉื่อย) จะไม่ขึ้นกับมวลแต่ขึ้นอยู่กับรูปทรงของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.3 ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุขึ้นอยู่กับรูปร่างของวัตถุ

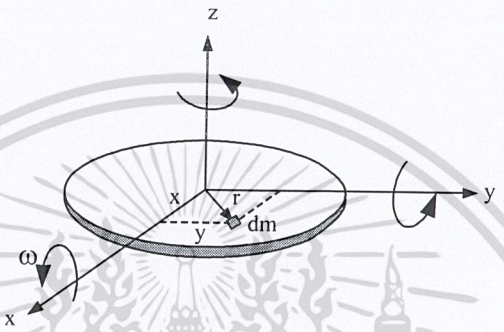
ตารางที่	
Hoop or cylindrical shell $I_c = MR^2$ 	Hollow cylinder $I_c = \frac{1}{2}M(R_1^2 + R_2^2)$ 
Solid cylinder or disk $I_c = \frac{1}{2}MR^2$ 	Rectangular plate $I_c = \frac{1}{12}M(a^2 + b^2)$ 
Long thin rod $I_c = \frac{1}{12}ML^2$ 	Long thin rod $I_c = \frac{1}{12}ML^2$ 
Solid sphere $I_c = \frac{2}{5}MR^2$ 	Thin spherical shell $I_c = \frac{2}{3}MR^2$ 

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีแกนตั้งฉากและทฤษฎีแกนขนาน

ในบางกรณีการคำนวณค่าโมเมนต์ความเฉื่อยมีความยุ่งยากซับซ้อนเราสามารถทำให้ง่ายขึ้น โดยใช้ทฤษฎีแกนตั้งฉาก หรือทฤษฎีแกนขนานเข้ามาช่วย

ทฤษฎีแกนตั้งฉาก เป็นทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุแข็งเกร็งที่มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ พิจารณาวัตถุหมุนรอบแกน x , y และ z



รูปที่ 10.11

จาก $$I = \int r^2 dm$$

เมื่อ r เป็นระยะจาก dm ถึงแกน x และ y เนื่องจากเป็นวัตถุแผ่นบางจะได้

$$I_Z = \int r^2 dm$$

แต่ $r^2 = x^2 + y^2$

$$I_Z = \int (x^2 + y^2) dm$$

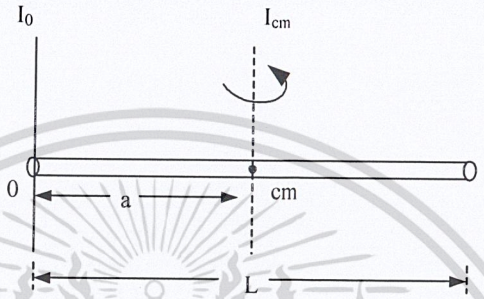
$$= \int x^2 dm + \int y^2 dm$$

$$I_Z = I_X + I_y$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีแกนขนาน

ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุโดยทั่ว ๆ ไปเราจะทราบค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุรอบแกนที่ผ่านจุดศูนย์กลางของมวลของวัตถุ ถ้าต้องการจะหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุนั้นรอบแกนหมุนใด ๆ ซึ่งขนานกับแกนหมุนที่ผ่านจุดศูนย์กลางมวล และห่างออกมาเท่ากับ a



รูปที่

$$I_0 = I_{cm} + Ma^2$$

เมื่อ

I_0 คือโมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนใด ๆ ที่ขนานกับแกนที่ผ่านจุดศูนย์กลางมวล

I_{cm} คือโมเมนต์ความเฉื่อยรอบจุดศูนย์กลางมวล

M คือมวลของวัตถุนั้น

a เป็นระยะห่างระหว่างแกนทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รัศมีไจเรชั่น

วัตถุที่มีรูปร่างต่างๆ กันย่อมมีสมการโมเมนต์ความเฉื่อยต่างกัน ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการคำนวณ จึงได้มีการกำหนดสมการทั่วไปสำหรับโมเมนต์ของความเฉื่อยของวัตถุทุกรูปร่างขึ้นมาเมื่อ

$$I = Mk^2$$

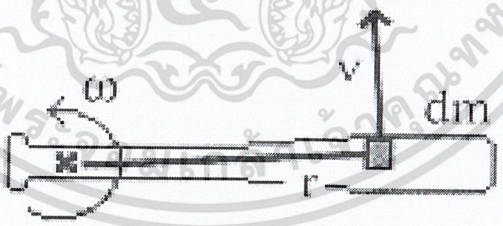
เมื่อ I คือโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุทุกรูปร่าง

M คือมวลของวัตถุนั่น

k คือรัศมีไจเรชั่น

พลังงานจลน์ในการหมุน

คือกฎการอนุรักษ์พลังงาน เนื่องจากเมื่อใช้พลังงานคำนวณจะทำให้ง่ายและสะดวกกว่าการคำนวณเมื่อใช้แรงและทอร์ค แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือพลังงานจนล์มีผลต่อการหมุนอย่างไร พิจารณาดังรูป เมื่อจากนิยามของพลังงานจลน์เชิงเส้นของมวลเล็ก ๆ



$$dk = \frac{1}{2}v^2 dm$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ v คือความเร็วในแนวเส้นสัมผัส $v = r\omega$ จะได้

$$dk = \frac{1}{2}\omega^2 r^2 dm$$

คิดทั้งหมด

$$\int dk = \frac{1}{2}\omega^2 \int r^2 dm$$

เมื่อสมการทางซ้ายมือคือพลังงานจลน์ในการหมุนของวัตถุทั้งก้อน ส่วนสมการทางขวามือคือ โมเมนต์ความเฉื่อย

พลังงานจลน์ในการหมุน

$$k = \frac{1}{2} I\omega^2$$

จะสังเกตุเห็นว่าพลังงานจลน์เชิงเส้นจะมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของผลคูณระหว่างความเฉื่อย (มวล) กับความเร็วกำลังสอง ในทำนองเดียวกันพลังงานจลน์ในการหมุนจะมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของผลคูณระหว่างโมเมนต์ความเฉื่อยและความเร็วเชิงมุมยกกำลังสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป นิยามการหมุน

มุม : θ	การกระจัดเชิงมุม : $d\theta$
ความเร็วเชิงมุม : $\omega = \frac{d\theta}{dt}$	ความเร่งเชิงมุม : $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$

ตารางที่ 1.4

ความสัมพันธ์ระหว่างเชิงเส้นกับเชิงมุม

$s = r\theta$	$v_t = r\omega$	$a_t = r\alpha$	$a_c = \omega^2 r$

ตารางที่ 1.5

สมการการหมุนจะใช้ได้เมื่อความเร่งเชิงมุม (α) คงที่

นิยามของทอร์ค : $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$

กฎข้อสองของการหมุน : $\sum \tau = I\alpha$

นิยามของโมเมนต์ความเฉื่อย : $I = \int r^2 dm$

ทฤษฎีแกนตั้งฉาก : $I_z + I_x + I_y$

ทฤษฎีแกนขนาน : $I = I_{cm} + ma^2$

พลังงานจลน์ในการหมุน : $k = \frac{1}{2} I\omega^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

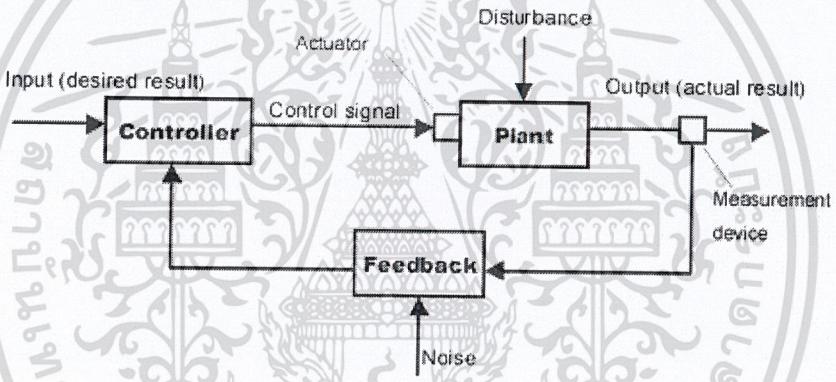
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ระบบควบคุมและมอเตอร์

พื้นฐานระบบควบคุม

ระบบควบคุมที่แพร่หลายในปัจจุบัน8อระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ซึ่งโครงสร้างอย่างง่ายของระบบแสดง ดังรูป



รูปที่ 2.1 แสดงแผนภาพของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

ระบบควบคุมแบบป้อนกลับสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายแบบ แต่ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมคงเป็นระบบควบคุมแบบ PID ซึ่งการออกแบบสามารถทำได้ทั้งแบบอนาล็อกและแบบดิจิตอล โดยแต่ละอย่างก็มข้อดีข้อเสียต่างกัน เช่น ความละเอียดของการควบคุม การขจัดสัญญาณรบกวน ความยากง่ายในการสร้าง แต่ในปัจจุบันตัวควบคุม PID มักเป็น แบบดิจิตอล เนื่องจากความสะดวก และประสิทธิภาพที่คาดเดาได้ง่าย (อัลกอริทึมที่ใช้เขียน) โดยมักถูกสร้างขึ้นโดยใช้ เครื่องมือหลายๆแบบเช่น Microcontroller ,DSP,CPLD,FPGA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมแบบ PID สามารถแทนด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์ สำหรับสมการ (Continous) ต่อเนื่องได้ดังนี้

$$m(t) = K_c\left[e(t) + \frac{1}{T_i}\int e(t)dt + T_d\frac{de(t)}{dt}\right]$$

จากสมการข้างต้นเป็นสมการแบบอนาล็อก

$$m[n] = K_c\left[e[n] + \frac{T_s}{T_i}\sum_{i=0}^{n} e[i] + \frac{T_d}{T_s}(e[n] - e[n-1])\right]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์

อุปกรณ์ที่ใช้ขับเคลื่อนในระบบควบคุมตำแหน่งคงหนีไม่พ้นมอเตอร์ นอกจากมอเตอร์แล้วเรายังมีอุปกรณ์จำพวก ไฮดรอลิก (น้ำ) และ นิวแมติก(ลม) แต่ในที่นี้เราจะกล่าวถึงมอเตอร์ (กระแสไฟฟ้า)

มอเตอร์ ใช้หลักการการสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (ทำได้โดยการบังคับลักษณะการไหลของกระแสไฟฟ้า) ให้เกิดแรง หมุน เพื่อให้เพลาของมอเตอร์หมุนได้ โดยกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างสนานแม่เหล็กในลักษณะที่ต้องการมี 4 แบบดังนี้

1. ไฟฟ้ากระแสตรง เช่น ดีซีมอเตอร์
2. ไฟฟ้ากระแสสลับ เช่น เอซีมอเตอร์
3. กระแสไฟฟ้าแบบพัลส์ เช่น สเตบมอเตอร์

นอกจากนี้ยังมีมอเตอร์บางประเภทที่ผสมผสานใช้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระสลับเพื่อให้เกิดการหมุน เช่น Synchronous ac motor เป็นต้น

เซอร์โวมอเตอร์เกิดจากการรวมคำว่า มอเตอร์ ซึ่งอาจเป็นดีซีหรือเอซี รวมกับคำว่า เซอร์โว ซึ่งหมายถึงระบบการควบคุม ดังนั้น ความหมายของคำว่าเซอร์ โวมอเตอร์ ก็คือมอเตอร์ที่เกี่ยวกับหรือมีส่วนเกี่ยวข้องกับการควบคุม ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมตำแหน่ง หรือการควบคุม ความเร็ว โดยเซอร์โวมอเตอร์ก็มี 2 แบบคือ

1. ดีซีเซอร์โวมอเตอร์
2. เอซีเซอร์โวมอเตอร์

เนื่องจากว่ามอเตอร์ต้องการกระแสไฟฟ้าในการ สร้างสนามแม่เหล็ก ยิ่งมอเตอร์มีขนาดใหญ่เท่าใด ก็ยิ่งต้องการกระแสไฟฟ้าจำนวนมากเท่านั้น ซึ่งเราจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ หรือวงจรที่จะจัดสรร จัดการเรื่องกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ อุปกรณ์นี้ก็คือ เซอร์โวไดรว์ เมื่อเรานำสองส่วนนี้มารวมกัน เราก็จะได้ระบบควบคุมมอเตอร์ (อาจจะเป็น การควบคุมตำแหน่งหรือความเร็วก็ได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมความเร็วมอเตอร์

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์สามารถทำได้โดยการควบคุมระดับแรงดันตกคร่อมตัวมอเตอร์ และ วิธีการที่นิยมใช้จะมีสองวิธีดังนี้

1. การปรับระดับแรงดันโดยใช้หลักการเปลี่ยนค่าความต้านทานของวงจร ซึ่งทำให้แรงดันตกคร่อมเปลี่ยนไปด้วย แต่จะเห็นว่ามีวิธีนี้เป็นการสร้างความสูญเสียเนื่องจากกำลังไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้าน (พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลัง งานความร้อน)

2. การปรับระดับแรงดันโดนการเปิดปิดแหล่งจ่ายไฟ โดยระดับแรงดันเฉลี่ยที่ได้จะขึ้นกับช่วงเปิดและช่วงปิด เรา เรียกวิธีการนี้ว่า Pulse width modulation และเรียกอัตราส่วนของช่วงเปิดและช่วงปิดว่า Duty cycle วิธีการนี้มี ข้อเสียคือ หากเราเลือกความถี่ของพัลส์ไม่เหมาะสม อาจจะทำให้มอเตอร์สั่นได้

การควบคุมตำแหน่งมอเตอร์

การควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์ก็คือ การควบคุมความเร็วนั่นเอง ยกตัวอย่างเช่น หากเราต้องการให้มอเตอร์ หมุน10 อาศา ในตอน 0-10 องศา เราต้องควบคุมให้มอเตอร์มีความเร็ว (ค่าหนึ่ง) และ เมื่อถึงตำแหน่ง 10 องศาแล้วเรา จึงสั่งให้มอเตอร์มีความเร็วเป็น 0 ในขณะเดียวกัน หากเรากลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ นั่นก็คือเราสั่งให้มอเตอร์ หมุนด้วยความเร็วที่เป็นลบนั่นเอง

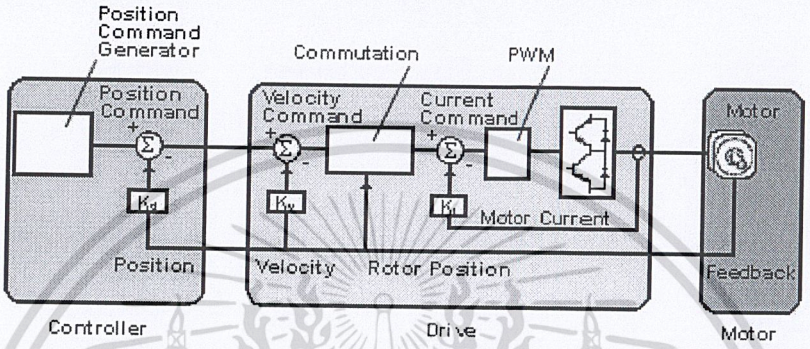
สำหรับการใช้ระบบควบคุมป้อนกลับเพื่อควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์นั้น เราจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ในการป้อนกลับตำแหน่ง ปัจจุบันของมอเตอร์ อุปกรณ์ดังกล่าวมีหลายประเภท รายละเอียดจะขอกล่าวในภายหลัง

ในการออกแบบระบบควบคุมตำแหน่ง เราจะต้องต้างระบบควบคุมความเร็วก่อน และอาศัยสัญญาณผลต่างของตำแหน่ง ที่ต้องการเคลื่อนที่ไป และสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์ป้อนกลับ (เรียกสัญญาณนี้ว่าสัญญาณคลาดเคลื่อน)สัญญาณที่ได้ นี้จะถูกป้อนเป็นสัญญาณขาเข้าของตัวควบคุม หลังจากนั้นตัวควบคุมจะประมวลผลเพื่อให้สัญญาณขับ เพื่อให้มอเตอร์ หมุนไปในตำแหน่งที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าหากตำแหน่งที่ต้องการเคลื่อนที่ไปมีค่าเท่ากับตำแหน่งที่อ่านได้จากการอ่านตำแหน่งป้อนกลับ สัญญาณคลาด เคลื่อนจะมีค่าเป็นศูนย์ นั่นคือจะไม่มีสัญญาณขับออกมาจากตัวควบคุม ทำให้มอเตอร์ไม่มีการหมุนหรือมอเตอร์มีความ เร็วเป็นศูนย์

โครงสร้างของระบบควบคุมตำแหน่ง สามารถแสดงอย่างคร่าวๆได้ดังรูป

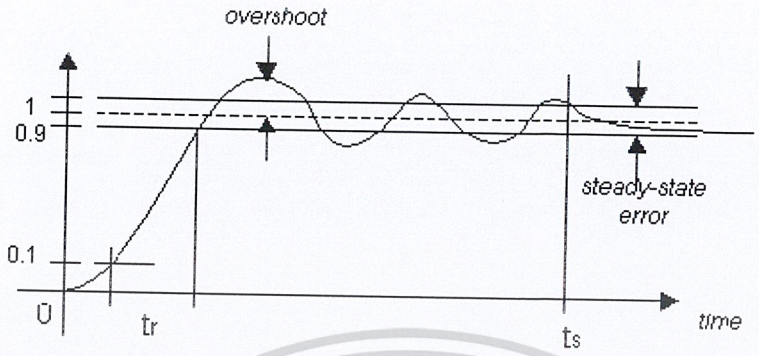


Motion kinemetics

เมื่อกล่าวถึงการเคลื่อนที่ เรามักนึกถึงระยะทาง ทิศทาง ความเร็ว ความเร่ง ของการเคลื่อนที่และหากเราพูดถึงการควบ คุมการเคลื่อนที่ แน่นนอนว่าเราต้องการควบคุมสิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ดังกล่าว และเป็นที่ทราบกันดี ว่าวัตถุใดๆในโลกนี้มีมวล และถูกโลกดึงดูดไว้ด้วยแรงค่าหนึ่ง เมื่อเราพยายามออกแรงเพื่อให้วัตถุใดๆ เกิดการเคลื่อนที่ จะเห็นได้ว่าเมื่อออกแรงในตอนแรก วัตถุจะไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ทันที เปรียบเสมือนระบบควบคุมใดๆ ที่ไม่สามารถ ขับให้มอเตอร์(รวมทั้งที่มอเตอร์เชื่อมต่ออยู่) เคลื่อนที่ไปในตำแหน่งที่ต้องการได้ทันทีทันได ยกตัวอย่างเช่น เราป้อน สัญญาณแบบขั้นบันไดให้กับระบบควบคุมความเร็ว (หรือระบบควบคุมตำแหน่ง) จะเห็นว่าระบบไม่สามารถเคลื่อนที่ ได้ในทันทีเหมือนกับคำสั่งที่ป้อนเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยลักษณะการตอบสนองของระบบจะเป็นดังรูป



จะเห็นลักษณะการตอบสนองที่เราสนใจประกอบไปด้วย

1. เวลาในการตอบสนองต่อสัญญาณเข้า (คำสั่ง) โดยแบ่งออกเป็นสองค่าคือ
   - Rise Time , tr
   - Settling Time ,ts
2. Overshoot
3. Steady-state error

ลักษณะการตอบสนองของระบบที่ต้องการขึ้นอยู่กับลักษณะของระบบที่เราต้องการควบคุม เช่น บางระบบต้องการต้องการความถูกต้องของระบบควบคุม บ้างต้องการการตอบสนองที่รวดเร็ว

หากเราจำเพาะเจาะจงไปที่ระบบควบคุมการเคลื่อนที่จะเห็นว่าเราต้องการการเคลื่อนที่ที่แม่นยำ (Steady-state error น้อยๆ) ไม่ต้องการ Overshoot รวมทั้งการตอบสนองที่ค่อนข้างเร็ว แต่ดังที่ได้กล่าวข้างต้นว่าการเคลื่อนที่ของวัตถุ ใดๆ (ที่เราต้องการควบคุม) มักมีแรงต้านและความเฉื่อย ซึ่งมีผลต่อการออกแบบระบบควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Motion command generation

หากเราต้องการให้เครื่องจักรสามารถเคลื่อนที่ได้เหมือนมนุษย์ (มีความนุ่มนวลและการคาดการ ล่วงหน้าได้) นั่นคือเราต้องมีส่วนทีเรียกว่า AI เพื่อทำการวางแผนการเคลื่อนที่ เพื่อให้สอดคล้องสภาพแวดล้อม หรือ คำสั่งที่ได้รับ (ระบบควบคุมตำแหน่งอาจรับคำสั่งโดยอ่านจากเซ็นเซอร์และตัดสินใจในการเคลื่อนที่เอง หรือหาก เป็นเครื่องจักรก็จะมีการเขียนรหัสคำสั่งเช่น G CODE และให้เครื่องจักรวางแผนการเคลื่อนที่รสมทั้งสั่งให้มอเตอร์ ของแต่ละแกนนั้นๆหมุนเพื่อให้เส่นทาง รวมทั้งความเร็ว ความเร่งที่ต้องการ)

โดยทั่วไปการทำงาน ทั้งหมดขึ้นอยู่กับการเขียนโปรแกรมของผู้ออกแบบระบบ ซึ่งส่วนกำเนิดคำสั่งมักจะประกอบด้านกระบวนการดังต่อไปนี้

1. **Path planning** เป็นการวางแผนเกี่ยวกับเส้นทางที่ต้องการเคลือนที่ เช่น เส้นตรง(linear) วงกลม (circle)หรือส่วนของวงกลม(arc) และเส้นโค้ง(curve)
2. **Trajectory Planning** เป็นการวางแผนเรื่องความเร็วความเร่ง เพื่อให้ได้การเคลื่อนที่ที่ต่อเนื่อง และนุ่มนวล

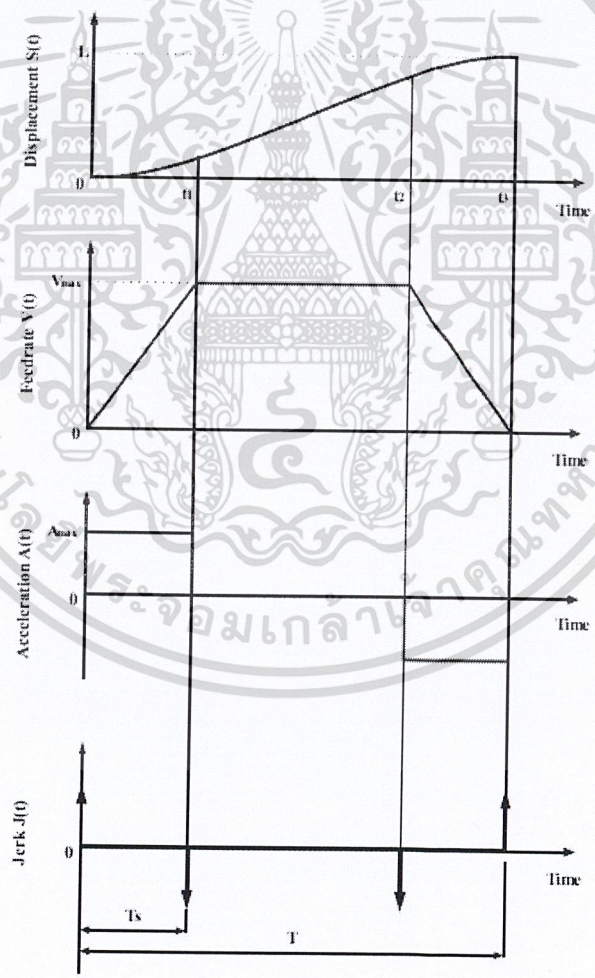
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Motion profile

ลักษณะการเคลื่อนที่ที่จะทำให้วัตถุสามารถลดปัญหาเรื่อง เฉพาะตัวของวัตถุ(แรงต้าน แรงเฉื่อย)เนื่องจากวัตถุไม่สามารถเปลี่ยนความเร็วจากค่าหนึ่งไปค่าหนึ่งได้แบบทันทีทันได ดังนั้น ลักษณะการ เคลื่อนที่จะเป็นแบบค่อยเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่เข้าสู่ความเร็วที่ต้องการ หากต้องการ หยุดการเคลื่อนที่ เราก็ค่อยๆลดความเร็วเพื่อให้สามารถหยุดได้ทัน โดยยังสามารถรักษาตำแหน่งได้

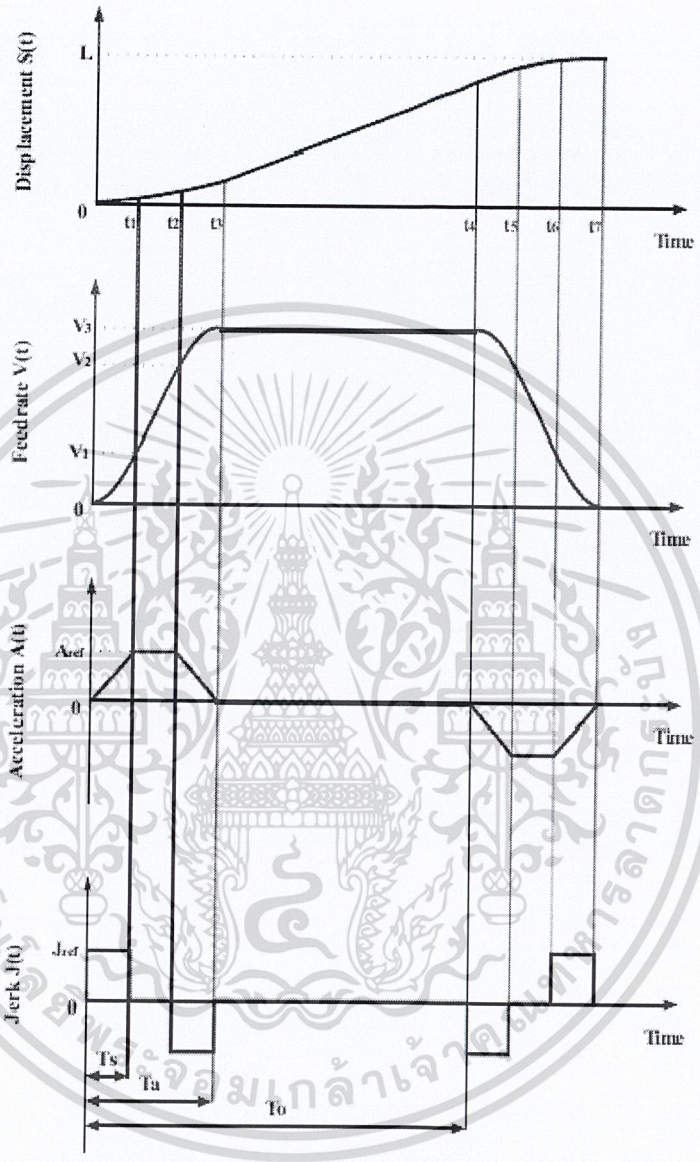
motion profile ที่นิยมใช้แบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. **Tapezoidal velocity profile**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **S-curve velocity profile**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Motion Interpolation

หากเราพิจารณา velocity profile ข้างต้น จะเห็นว่า jerk ก็คือค่า differential ของความเร่ง ความเร่งเป็น differential ของ ความเร็ว และท้ายสุด ความเร็วเป็น differential ของการกระจัด (Displacement) และหากเรามองย้อนกลับ การกระจัดก็ คือ integral ของความเร็ว รวมทั้งในกรณีของ ความเร่งและ jerk นั่นคือทำให้เราทราบถึงความสัมพันธ์ของปริมาณเหล่านี้

หากเราพิจารณากราฟเป็นหลัก เราจะพบว่าหลักการจะคล้ายกับการ curve fitting ของกราฟทั้งหมดเข้าด้วยกันเป็น ฟังก์ชันเดียว ซึ่งทางคณิตศาสตร์เราเรียกว่าการ Interpolation เนื่องจากเราจะทราบเพียงค่าเริ่มต้นและค่าสุดท้าย เท่านั้น (จากการที่เราวางแผนไว้) นั่นคือเราต้องมีวิธีการที่จะสร้าง profile การเคลื่อนที่ระหว่างค่าทั้งสองนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักในการควบคุม SERVO MOTOR

การศึกษาโมเดลของสิ่งที่เราต้องการควบคุม รวมทั้งสิ่งที่เราต้องการใน การควบคุม เช่น คุณลักษณะ หรือปริมาณต่างๆของสิ่งที่เราต้องการควบคุม สิ่งที่เราต้องศึกษาในลำดับถัดมาก็คือ เราจะควบคุมอย่างไร ซึ่งหัวใจหลักของการควบคุม โดยเราสามารถแบ่งยุคของการควบคุมออกเป็น 2 แบบดังนี้

- การควบคุมแบบคลาสสิค
- การควบคุมแบบสมัยใหม่

ความแตกต่างของการควบคุมทั้งสองคือความแตกต่างในการแทนโมเดลของสิ่งที่เราต้องการควบคุม โดยการควบคุม แบบคลาสสิคจะพิจารณาระบบด้วยสมการ Transfer function วิเคราะห์และออกแบบระบบโดยใช้วิธีการ Transform เช่นใช้เครื่องมือเช่น Laplace Transform, Z Transform วิเคราะห์ระบบโดยการพิจารณา Root Locus รวมทั้ง Frequency Response โดยจะสามารถสนับสนุนสัญญาณเข้าและออกได้เพียงสัญญาณเดียว (ไม่นับรวมสัญญาณรบกวน)

การควบคุมสมัยใหม่มักจะศึกษาโมเดลของสิ่งที่ต้องการควมคุมโดยระเอียดเช่น การใช้หลักการของ State Space Model เข้ามาเกี่ยวข้อง ใช้วิธีการอธิบาย dynamic ของระบบด้วย State Equation ระบบสามารถมีสัญญาณเข้าและออกได้หลายตัว

ความเหมาะสมของการเลือกวิธีการควบคุมมักขึ้นกับวัตถุประสงค์ และความพอใจในประสิทธิภาพการทำงาน อย่างไรก็ ตาม ในระบบอุตสาหกรรม รวมทั้งระบบควบคุมการเคลื่อนที่ยังนิยมใช้การควบคุมแบบคลาสสิค (PID) เนื่องจากการ หาโมเดลของระบบทั้งหมดเป็นสิ่งที่ทำได้ยากมาก รวมทั้งความสะดวกในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับแต่ง Servo motor

จากคุณสมบัติของ Servo Motor ที่ผลิตออกมาจากโรงงานจะสามารถหมุนได้แค่พียงประมาณ 180 องศา หรือประมาณครึ่งรอบเท่านั้น หากเราต้องการนำเอา Servo Motor ไปใช้งานในลักษณะที่หมุนเป็นวงรอบนั้นก็สามารถทำได้ แต่ก็จะสูญเสียการควบคุมในเรื่องของการสั่งให้มอเตอร์หมุนไปในตำแหน่ง หรือ มุมที่ต้องการไปด้วย จะทำได้ก็เพียงในเรื่องของการสั่งให้หมุนซ้าย , ขวา และหยุด เท่านั้น โดยการทำให้มอเตอร์สามารถหมุนเป็นวงรอบได้นั้นจะต้องทำการปรับแต่ง หรือแก้ไขโครงสร้างภายในบางส่วนของมอเตอร์ ซึ่งได้แก่

- การต่อตัวต้านทานคงที่ 2 ตัวอนุกรม แทนตัวต้านทานปรับค่าได้
- ตัดชิ้นส่วนของแกนเฟืองที่ทำหน้าที่หยุดมอเตอร์ (TAB STOP) ออก
- การดัดแปลงตัวต้านทานปรับค่าได้(VR) ให้สามารถหมุนได้รอบทิศทาง (360°)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HS-311 Standard

MAXIMUM TORQUE 49 oz-in. **MAXIMUM SPEED** 0.15 sec/60°

The HS-311 is the perfect servo for inexpensive applications. Do not let the price fool you though, this servo features many of the same aspects of more expensive servos. One peice circuit board and tight mesh gears ensu great durability. Comes with a number of various servo horns and arms with mounting hardware.



Control System: +Pulse Width Control 1500usec Neutral

Required Pulse: 3-5 Volt Peak to Peak Square Wave

Operating Voltage: 4.8-6.0 Volts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Operating Temperature Range: -20 to +60 Degree C

Operating Speed (4.8V): 0.19sec/60° at no load

Operating Speed (6.0V): 0.15sec/60° at no load

Stall Torque (4.8V): 42 oz/in (3.0 kg/cm)

Stall Torque (6.0V): 49 oz/in (4.5 kg/cm)

Current Drain (4.8V): 7.4mA/idle, 160mA no load operating

Current Drain (6.0V): 7.7mA/idle, 180mA no load operating

Dead Band Width: 5usec

Operating Angle: 45° one side pulse traveling 450usec

Direction: Multi-directional

Motor Type: Cored Metal Brush

Potentiometer Drive: 4 Slider/Direct Drive

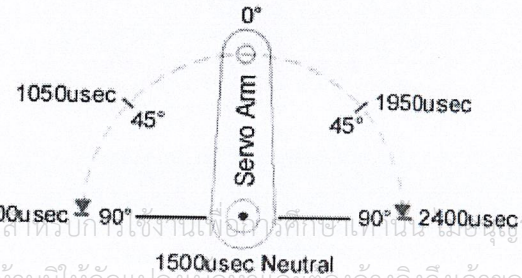
Bearing Type: Top Resin Bushing

Gear Type: Nylon

360 Modifiable: Yes

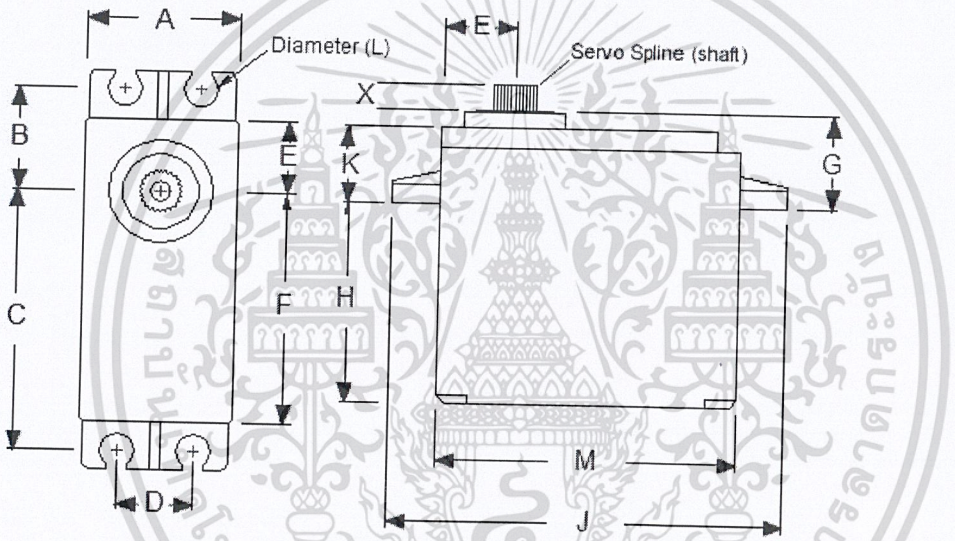
Connector Wire Length: 11.81" (300mm)

Weight: 1.52oz (43g)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This servo can operate 180° when given a pulse signal ranging from 600usec to 2400usec. Since most R/C controllers cannot generate this wide of signal range, you will need to use our servo stretcher for 180° operation.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบขับเคลื่อนเซอร์โว (Servo Drive System)

เซอร์โวมอเตอร์คืออะไร ทำไมต้องใช้เซอร์โว ?

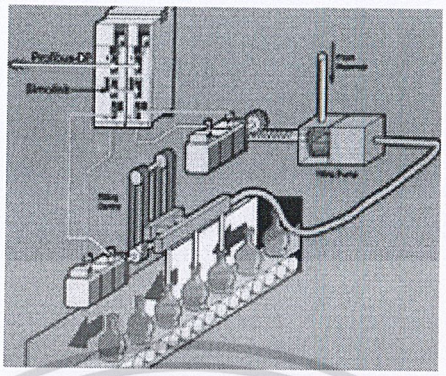
คำว่า"เซอร์โวมอเตอร์" อาจจะเป็นคำศัพท์ที่ไม่ค่อยเป็นที่คุ้นเคยกันสักเท่าไหร่สำหรับบางท่าน แต่บางท่านอาจจะคุ้นหูบ้างและจำคำว่า"เซอร์โวมอเตอร์"ได้อย่างฝังใจเมื่อได้ รับใบเสนอราคาจากผู้ขาย (เนื่องจากในอดีตระบบเซอร์โวนี้จะมีราคาที่ค่อนข้างสูงมากเมื่อเปรียบเทียบ ระบบขับเคลื่อนทางไฟฟ้าอื่นๆ)

ช่วงที่ผ่านมาการใช้งานระบบเซอร์โวจะจำกัดอยู่ในกลุ่มของเครื่อง จักรบางประเภทเท่านั้น แต่ปัจจุบันซึ่งเป็นยุคของความเร็ว(speed) ซึ่งเป็นยุคที่ต้องแข่งขันกันด้วยความเร็วที่นอกเหนือจากคุณภาพและราคาซึ่ง เป็นปัจจัยพื้นฐานของการผลิตสินค้าและการแข่งขันแบบเดิมๆ ทำให้อุตสาหกรรมยุคใหม่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการพึ่งพาเทคโนโลยีที่มีการตอบ สนองต่อเวลาที่รวดเร็วถูกต้องแม่นยำและมีความน่าเชื่อถือสูงเป็นเครื่องมือประกอบการผลิตและการทำ ธุรกิจ

ความต้องการดังกล่าวทำให้ชื่อของเซอร์โวมอเตอร์ได้รับการกล่าวขานมากขึ้น ส่วนราคาก็ลดลงตามปริมาณการใช้งานที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งกลายมาเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของนวตกรรมและเครื่องจักรรุ่นใหม่ๆใน สังคมอุตสาหกรรมสมัยใหม่และเครื่องจักรอัตโนมัติในปัจจุบัน ดังตัวอย่างดังนี้ ตามนิยามของวิศวกรรมการคอนโทรลแบบอัตโนมัติ (Automatic Control)หรือระบบการคอนโทรลอัตโนมัติแบบป้อนกลับ(Feedback Control System)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถจำแนกระบบควบคุมแบบลูปปิด(Closed loop control) ได้เป็นสาขาต่างๆดังนี้



ตัวอย่างการประยุกต์ใช้เซอร์มอเตอร์กับระบบ Bottle Filling

เครื่องบรรจุภัณฑ์ Bagging or Packaging	เครื่องเติมหรือบรรจุขวด Bottle Filling
เครน Crane	เครื่องพิมพ์ต่างๆ Offset Printing
เครื่องซีเอ็นซี CNC machine	หุ่นยนต์อุตสาหกรรม Industrial Robot
เครื่องจักรกลในอุตสาหฯยาง Rubber Machine	เครื่องจักรกลในอุตสาหฯกระดาษ Paper
Rolling Mill	Converting Line
Composite Drilling	Fiber Line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบเซอร์โวคืออะไร ?

ตามนิยามของวิศวกรรมการคอนโทรลแบบอัตโนมัติ (Automatic Control)หรือระบบการคอนโทรลอัตโนมัติแบบป้อนกลับ(Feedback Control System)สามารถจำแนกระบบควบคุมแบบลูปปิด(Closed loop control) ได้เป็นสาขาต่างๆดังนี้

ระบบควบคุมแบบลูปปิด (Closed loop control)		
ระบบไฟฟ้า	ระบบไดนามิคส์(ระบบเซอร์โว)	ระบบกระบวนการ(Process)
โวลท์เตจและกระแสเร็คกูเลเตอร์ ฟีคแบ็คแอมปลิไฟเออร์	ควบคุมความเร็ว (Speed Control) ควบคุมแรงบิด (Torque Control) ควบคุมตำแหน่ง (Position Control) ควบคุมอัตราเร่ง (Velocity Control)	ควบคุมอุณหภูมิ(Temp. Control) ควบคุมแรงดัน(Pressure Control) ควบคุมการไหล(Flow Control) ควบคุมความหนาแน่น(density Control)

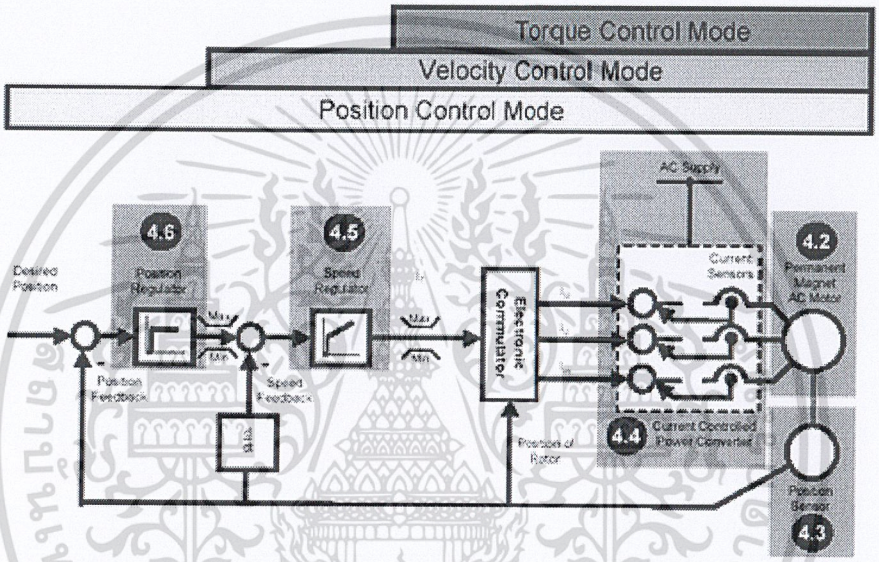
ตารางที่ 2.1

***จากตารางสารมารถสรุปได้ว่าระบบเซอร์โว คือการควบคุมเครื่องจักรกลให้ทำงานตอบสนองด้านไดนามิคส์(Dynamic Response)เช่นความเร็ว อัตราเร่ง แรงบิด และตำแหน่ง ให้ได้ดีที่สุด(Optimum Solution)และใช้เวลาน้อยที่สุด(Time Optimum)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างระบบควบคุมเซอร์โวเป็นอย่างไร ?

ลักษณะของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์จะเป็นระบบควบคุมแบบลูปปิด(Closed loop control) ซึ่งประกอบด้วย 3 โหมดการควบคุมคือ โหมดการควบคุมแรงบิด(Torque Control Mode) ซึ่งอยู่วงรอบหรือลูปในสุด โหมดการควบคุมอัตราเร่ง(Velocity Control Mode) และโหมดการควบคุมตำแหน่ง(Position Control Mode) ซึ่งอยู่ลูปด้านนอกสุด โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญๆดังรูป



1) »» เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) (4.2)

2) »» ชุดควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โว

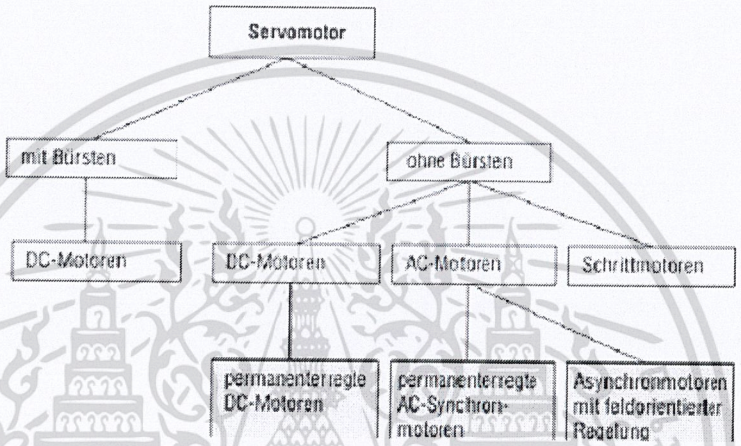
(Servo Drive,Servo Amplifier หรือบ้างก็เรียกว่า servo controller) (4.4,4.5,4.6)

3) »» อุปกรณ์ป้อนกลับ (Feedback Device เช่น Speed encoder และ Position Sensor) (4.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซอร์โวมอเตอร์คืออะไร และมีการแยกประเภทอย่างไร ?

ประเภทของเซอร์โวมอเตอร์โดยทั่วจะมีทั้งดีซีและเอซีเซอร์โว ในเครื่องจักรรุ่นเก่าๆเราจะพบว่า dc servo motor มีการใช้เครื่องจักรกลอุตสาหกรรมมากกว่า ac servo motor เนื่องจากช่วงที่ผ่านมาการควบคุมกระแสกระแสสูงๆนั้นจะต้องใช้ SCRs แต่ปัจจุบันทรานซิสเตอร์ได้พัฒนาขีดความสามารถให้ตัดต่อกระแสสูงและใช้งาน ที่ความถี่ได้สูงๆขึ้น จึงทำให้ระบบควบคุมทางเอซีและระบบเซอร์โวได้ถูกนำมาใช้งานมากขึ้น ซึ่งสามารถแยกประเภทของเซอร์โวได้ดังนี้



มอเตอร์ชนิดที่มีแปรงถ่าน (Brush Type = mit Bursten)

เซอร์โวมอเตอร์ชนิดนี้ที่สเตเตอร์จะเป็นแม่เหล็กถาวร ส่วนโรเตอร์ยังใช้แปรงถ่านและคอมมิวเตอร์เรียงกระแสเข้าสู่ขดลวดอาร์เมเจอร์ เหมือนกับดีซีมอเตอร์ทั่วไป

เซอร์โวมอเตอร์ชนิดที่ไม่มีแปรงถ่าน (Brushless Type =Ohne Bursten)

เซอร์โวมอเตอร์ในกลุ่มนี้ประกอบด้วยดีซีเซอร์โว (dc brushless servo โรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร)

เอซีเซอร์โว (AC Servo) ซึ่งมีทั้งแบบซิงโครนัสเซอร์โว

อะซิงโครนัสเซอร์โว (การนำอินดัคชั่นมอเตอร์มาใช้ทำเป็นระบบขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์)

และ สเต็ปปิง เซอร์โวมอเตอร์

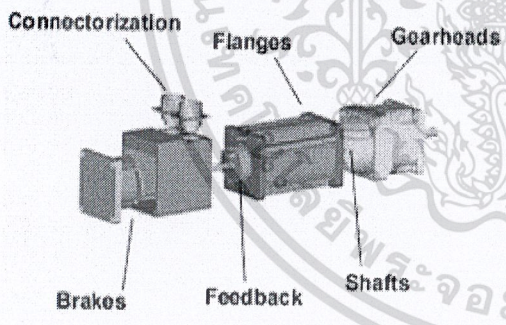
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซอร์โวมอเตอร์มีโครงสร้างและหลักการทำงานเป็นอย่างไร ?

จะขอกล่าวถึงเฉพาะเอซีเซอร์โวมอเตอร์ หรือซิงโครนัสเซอร์โวมอเตอร์ก่อน เนื่องจากเป็นชนิดที่กำลังมีบทบาทสำคัญต่อภาคอุตสาหกรรม (ส่วนเซอร์โวมอเตอร์ชนิดอื่นๆจะกล่าวถึงในตอนต่อๆไป)

ข้อจำกัดอย่างหนึ่งของระบบควบคุมเซอร์โว ก็คือการใช้งานจะต้องเป็นแบบ closed loop เท่านั้น การใช้งานระบบควบคุมเซอร์โวไม่สามารถเลือกควบคุมเป็นแบบ open loop ได้เหมือนกันระบบขับเคลื่อนเอซี(ac drives) การตอบสนองของระบบเซอร์โว เช่น อัตราเร่ง แรงบิด และตำแหน่งที่ควบคุม จะไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์หากไม่มีสัญญาณป้อนกลับไปยังชุดขับเคลื่อนเซอร์ โว

การควบคุมการทำงานในระบบนี้อุปกรณ์ป้อนกลับหรือเอ็นโค๊ดเตอร์(encoder) จะมีบทบาทความสำคัญอย่างยิ่งเสมือนกับเป็นของคู่กันชนิดที่เรียกว่าขาดซึ่ง กันและกันไม่ได้ ในทางปฏิบัติจึงทำเซอร์โวมอเตอร์และเอ็นโค๊ดเตอร์ ถูกออกแบบและผลิตสร้างขึ้นมาคู่กันในลักษณะเป็นแพ็คเกจ(package) ซึ่งมี encoder ติดอยู่ที่ส่วนท้ายของมอเตอร์ ดังรูป



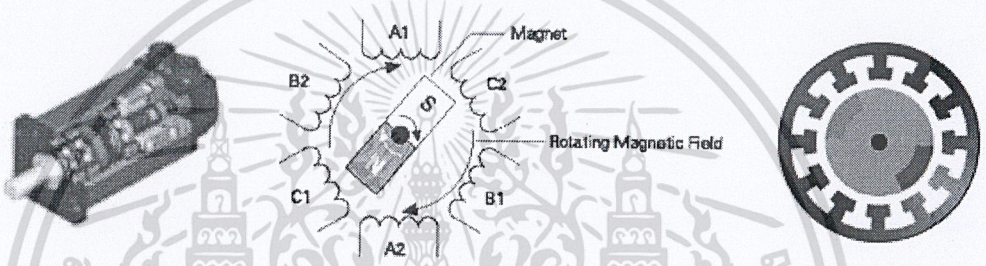
Gearheads = เกียร์สำหรับลดความเร็วรอบเพื่อเพิ่ม แรงบิด
Shafts = เพลาของมอเตอร์
Flanges = หน้าแปลนสำหรับติดตั้งมอเตอร์
Feed back = อุปกร์ป้อนกลับหรือ encoder
Connectorization = ขั้วต่อสายไฟเข้ามอเตอร์ และขั้วต่อสายสำหรับ encoder
Breakes = ชุดเบรก

โครงสร้างของ AC servo Motor จะคล้ายกับมอเตอร์ 3 เฟสทั่ว ๆ ไป ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ สเตเตอร์และโรเตอร์ โดยสเตเตอร์จะประกอบด้วยขดลวด 3 ชุด ขดลวดภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้เขียน ผู้ที่ละเมิดจะถูกดำเนินคดีตามกฎหมายไปใช้

จะต่อเป็นแบบสตาร์ (Star หรือ WYE) และมีสายต่อมาที่ขั้วต่อสายด้านนอก 3 เส้น (จุดนิวทรอลจะอยู่ด้านใน) ส่วนโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร(Permanent Magnet) ไม่มีขดลวดพัน,ไม่มีคอมมิวเตเตอร์ และไม่มีแปรงถ่าน (Brushless)

(****โครงสร้างที่ไม่มีขดลวดพันไม่ และแปรงถ่าน จะทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์สูงขึ้น ไม่มีการสูญเสียในขดลวดทองแดง ไม่ต้องรบำรุงรักษาเนื่องจากแปรงถ่าน ไม่เกิดประกายไฟเนื่องจากการเรียงกระแสจากแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตอร์ไปยังขด ลวดทองแดงที่พันอยู่ในตัวโรเตอร์)



การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ชนิดนี้จะคล้ายกับการทำงานของซิงโครนัสมอเตอร์3 เฟส กล่าวคือเมื่อมีการควบคุมให้คอนโทรลเลอร์จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดที่ สเตเตอร์ แกนเหล็กของสเตเตอร์จะกลายเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า และหมุนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่แปรผันตามความถี่ ซึ่งเรียกว่า"ความเร็วซิงโครนัส(synchronous speed)หรือความเร็วสนามแม่เหล็กหมุน " และจะดูดให้โรเตอร์ซึ่งเป็นแม่เหล็กถาวรหมุนเคลื่อนที่ตาม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซอร์โวมอเตอร์แตกต่างกับมอเตอร์ชนิดอื่นๆอย่างไร ?

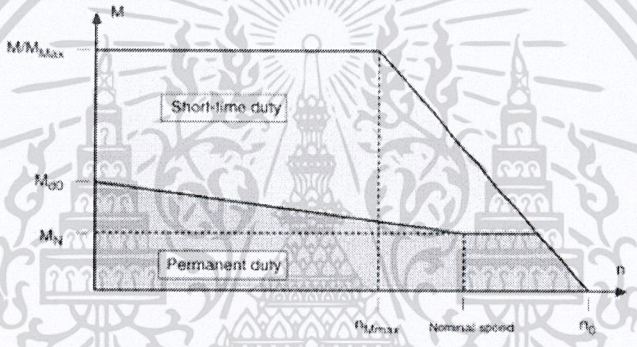
นอกเหนือจากโครงสร้างที่พยายามออกแบบให้โรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร ไม่มีขดลวดพัน ไม่ต้องใช้แปรงถ่านและคอมมิวเตอร์เพื่อลดอันที่จะเกิด จะทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์สูงขึ้น ไม่มีการสูญเสียในขดลวดทองแดง ไม่ต้องรบำรุงรักษาเนื่องจากแปรงถ่าน ไม่เกิดประกายไฟเนื่องจากการเรียงกระแสจากแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตอร์ไปยังขด ลวดทองแดงที่พันอยู่ในตัวโรเตอร์)การตอบสนองทางด้านไดนามิคส์ที่ดีกว่าคือ ความแตกต่างที่ชัดเจนของเซอร์โวมอเตอร์ ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อเติมเต็มความต้องการคุณสมบัติการตอบสนองด้านไดนามิคส์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับงานที่ต้องมีการควบคุมตำแหน่ง (Position Control) ซึ่งเป็นระบบที่ต้องการความละเอียดและความแม่นยำของตัวขับเคลื่อนเป็นอย่างยิ่งในการควบคุม

คำอธิบาย	Asynchronous	Permanent Magnet Synchronous Servo
เปรียบเทียบที่พิกัดกำลังเท่าๆกัน (Rated power)	0.75 kW	0.75 kW
ความเร็วพิกัด (Rated speed)	2825 min^{-1}	3000 min^{-1}
แรงบิดพิกัด (Rated torque)	2,5 Nm	2.4 Nm
แรงบิดสูงสุด (Max. torque)	6,6 Nm	12.0 Nm
***** แรงเฉื่อยของโรเตอร์ (Rotor moment of inertia)	5.7 x 10^{-4} kgm^2	2.7 x 10^{-4} kgm^2
เปรียบเทียบเวลาที่ใช้เร่งความเร็วไปที่ 3000 รอบต่อนาที (ตามทฤษฎี) (Theor. acceleration time to 3000 min^{-1})	27 ms	7 ms
กระแสพิกัด (Rated current)	3.0 A	2.6 A
แรงดันพิกัด (Rated voltage)	230 V	190 V
ประสิทธิภาพ (Efficiency)	77 %	88 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางปฏิบัติเพื่อให้ได้มาซึ่งคุณสมบัติดังกล่าว การวิจัยคิดค้นและกระบวนการผลิตจึงได้พยายามออกแบบให้โรเตอร์มีเส้นผ่าสูนย์ กลางและรัศมีเล็กๆ รวมถึงการทำให้โรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวรเพื่อเป็นการลดแรงเฉื่อยของโร เตอร์(Rotor moment of inertia) และชดเชยแรงบิดหรือทอร์คที่หายไปเนื่องจากโรเตอร์มีขนาดเล็กลงด้วยการเพิ่ม ความยาวโรเตอร์ ดังนั้นรูปร่างโครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์ ที่เราพบเห็นทั่วไปจึงมีลักษณะผอมบางและมีความยาวมากกว่ามอเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป นอกจากนั้นยังมีแรงบิดสูงกว่ามอเตอร์ทั่วไปอีกด้วย (หากพิจารณาที่พิกัดกำลังเท่าๆกัน) ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้คล้ายกับคนที่มีรูปร่าง " สูง ผอมบาง แต่แรงดี " เป็นต้น

เปรียบเทียบคุณสมบัติทั่วๆไปของอินดัคชั่นมอเตอร์กับ(Asynchronous) เซอร์โวมอเตอร์ P.M.Synchronous Servo motor



กราฟแสดงคุณสมบัติด้านความเร็ว - แรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์

จากกราฟ แสดงคุณสมบัติจะเห็นว่าพื้นที่การใช้งานของเซอร์โวจะประกอบด้วย 2 ย่าน คือ ย่านใช้งานปกติแบบต่อเนื่อง(Permanent duty)และย่านใช้งานช่วงสั้นๆ (Short time duty) ส่วนกราฟก็จะประกอบด้วยแกนความเร็ว(X)และแกนทอร์ค(Y)

แกนความเร็ว(X)จะประกอบด้วย 3 จุดที่ต้องพิจารณาคือความเร็วขณะไม่มีโหลด(no) , ความเร็วใช้งานปกติตามพิกัด(Nominal Speed) และความเร็วที่จ่ายทอร์คสูงสุด(nMmax)

ส่วนแกนทอร์ค (Y)ก็จะประกอบด้วย3 จุดที่ต้องพิจารณาเช่นกันคือ ทอร์คที่ใช้งานปกติตามพิกัด (MN) ,ทอร์คในขณะที่หยุดนิ่งอยู่กับที่ (Mdo) และทอร์คสูงสุด (Mmax)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยแต่ละจุดมีความหมายดังนี้

อักษรย่อ		คำอธิบาย	หมายเหตุ
MN (Rated Torque	=	ทอร์ค/แรงบิดพิกัด	ย่านที่มอเตอร์สามารถขับโหลดหรือใช้งานต่อเนื่อง
Mdo Stall Torque	=	ทอร์คขณะหยุดนิ่ง	ทอร์คที่เซอร์โวมอเตอร์สามารถจ่ายโหลดได้ในขณะที่หยุดนิ่งอยู่กับที่หรือความเร็วเป็น 0 รอบ
Mmax	=	ทอร์คสูงสุด	แรงบิดสูงสุดที่มอเตอร์สามารถสามารถขับโหลดได้ โดยทั่วไปเซอร์โวมอเตอร์สามารถจ่ายทอร์คสูงสุดได้ประมาณ 5 เท่าของทอร์คพิกัด (Mmax = 5*MN)
nMmax	=	ความเร็วขณะทอร์คสูงสุด	ความเร็วขณะที่จ่ายทอร์คสูงสุด
Nominal Speed	=	ความเร็วพิกัด	ความเร็วใช้งานปกติ
no	=	ความเร็วขณะไม่มีโหลด	

ตารางที่ 2.3

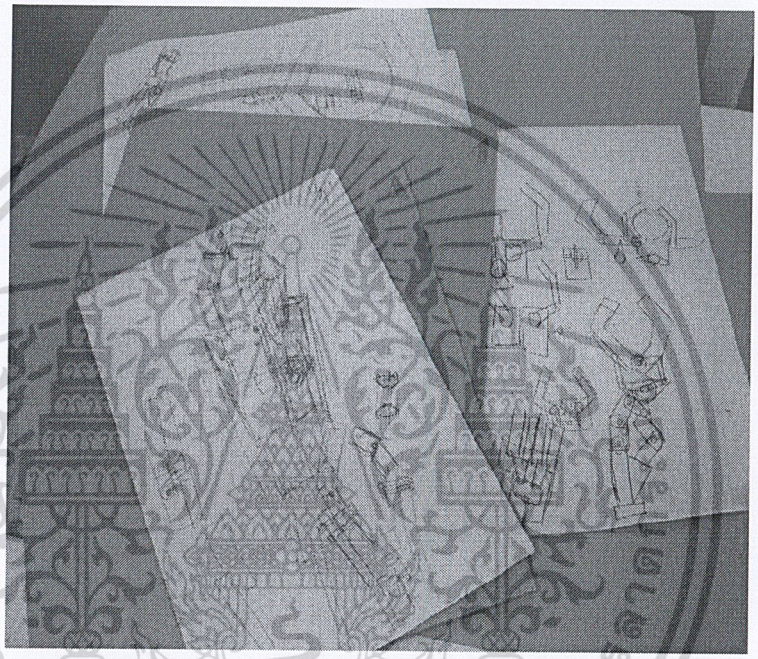
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แนวความคิดในการออกแบบ



รูปที่ 3.1 แสดงแบบโครงร่างรูปมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองชิ้นส่วนต่างๆในโปรแกรม Solidworks

ในการออกแบบชิ้นส่วนของมือ ในส่วนนี้เราใช้อะครีลิกในการออกแบบ 2 ส่วน คือ

1.) ส่วนของฐาน



รูปที่ 3.2 แสดงแบบชิ้นส่วนประกอบของฐาน

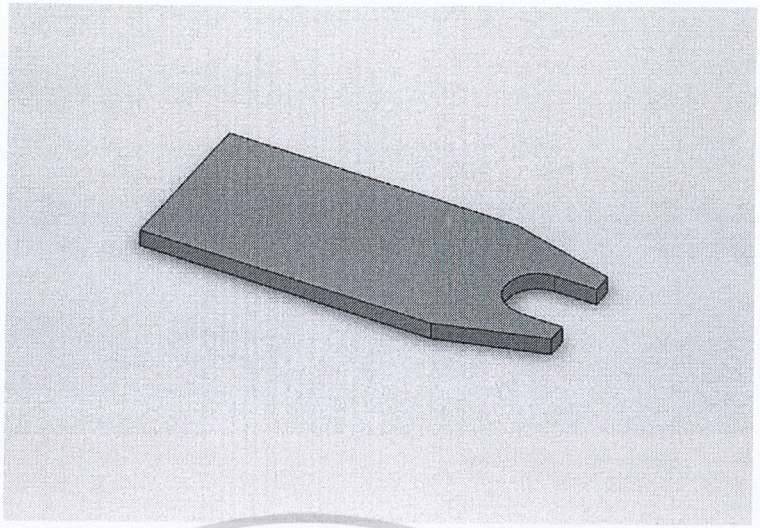
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) ส่วนของฝ่ามือ



รูปที่ 3.3 แสดงแบบชิ้นส่วนประกอบของฝ่ามือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 3.4 แสดงแบบชิ้นส่วนประกอบของฝ่ามือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

โปรแกรมควบคุมการทำงาน

```
#include<16F877A.h>                          // header file for PIC16F877A

#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP              // configuration word

#use delay(clock=20000000)                   // Change OSC here (default 20MHz)



#define SERVO_PIN   PIN_C0                   // pin servo control

#define PULSE_LEFT  2                        // 2.0 ms

#define PULSE_RIGHT 1                        // 1.0 ms

#define PULSE_STOP  1500                     // 1.5 ms (1500us)

#define PULSE_LOW   20                       // 20.0 ms



/** Driver motor forward,backword,stop */



void servo_left(void)

{

    output_high(SERVO_PIN);

    delay_ms(PULSE_LEFT);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        output_low(SERVO_PIN);
        delay_ms(PULSE_LOW);
    }
    /** Counterclockwise*/
    void servo_right(void)
    {
        output_high(SERVO_PIN);
        delay_ms(PULSE_RIGHT);
        output_low(SERVO_PIN);
        delay_ms(PULSE_LOW);
}

/** center */
void servo_stop(void)
{
    output_high(SERVO_PIN);
    delay_ms(PULSE_STOP);
    output_low(SERVO_PIN);
    delay_ms(PULSE_LOW);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/************************************************************ Main
Function */
void main()
{
    int i;

    set_tris_c(0x00);                                    // port c all output

    while (True) {
      for (i=0;i<100;i++);
          servo_left();
      for (i=0;i<100;i++);
          servo_right();
      for (i=0;i<100;i++);
          servo_stop();

   }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

1.) ข้อมูลพื้นฐานของ SERVO MOTOR รุ่นต่างๆ

- GWS รุ่น MICRO/STD/JR (A-MO-M-00007) เป็นรุ่นที่มีขนาดเล็กน้ำหนักเบา
- GWS รุ่น S03N/STD/JR (A-MO-M-00005) เป็นรุ่นมาตรฐานใช้งานทั่วไป
- GWS รุ่น S03NXF/STD/JR (A-MO-M-00044) เป็นรุ่นที่มี SPEED เร็วแต่จะมีแรงบิดต่ำกว่า S03N
- GWS รุ่น S03T/STD/JR (A-MO-M-00006) เป็นรุ่นมาตรฐานแต่จะมีแรงบิดสูงกว่า S03N
- GWS รุ่น S03T/2BB/J (A-MO-M-00073) เป็นรุ่นขนาดเดียวกับ S03T มีจุดหมุนเป็น Ball Bearings
- GWS รุ่น S03T/2BBMG/J (A-MO-M-00074) เป็นรุ่นมีจุดหมุนเป็น Ball Bearings และเฟืองในเป็นโลหะทองเหลือง
- GWS รุ่น S03TXF/STD/JR (A-MO-M-00045) เป็นรุ่นที่มี SPEED เร็วแต่จะมีแรงบิดต่ำกว่า S03T
- GWS รุ่น S04/BBM/JR (A-MO-M-00008) เป็นรุ่นที่ใหญ่ขึ้นมีแรงบิด 13 Kg-CM
- GWS รุ่น S666/STD/JR (A-MO-M-00009) เป็นรุ่นที่ใหญ่ที่สุดมีแรงบิด 15Kg-CM
- GWS รุ่น S666/NMG/J (A-MO-M-00075) เป็นรุ่นมีจุดหมุนเป็น Ball Bearings และเฟืองในเป็นโลหะทองเหลือง
- GWS รุ่น PICO/STD/JR (A-MO-M-00023) เป็นรุ่นที่มีขนาดเล็กที่สุด น้ำหนักเบา 5.4g
- GWS รุ่น MICRO/2BBMG/JR (A-MO-M-00037) เป็นรุ่นที่มีขนาดเล็กน้ำหนักเบา, ชุดเกียร์เป็นแบบโลหะ
- HITEC รุ่น HS-322 (A-MO-M-00004) เป็นรุ่นมาตรฐานของ HITEC มี แรงบิด 3.5 Kg-CM
- FUTABA รุ่น S3003 (A-MO-Y-00025) เป็นรุ่นมาตรฐานของ FUTABA มีแรงบิด 4.1 kg-CM

Model	STD	BBM	Size (L x W x H) Mm/in	Weight		4.8V			6V			Modify 360 °
				g	oz	SPEED (sec / 60°)	Torque		SPEED (sec / 60°)	Torque		
							Kg-cm	Oz-in		Kg-cm	Oz-in	
Micro	✓		28 x 14 x 29.8 1.1 x 0.55 x 1.17	18	0.63	0.16	1.8	25	0.13	2.30	32	✓
S03N	✓		39.5 x 20.0 x 35.6 1.56 x 0.79 x 1.40	41	1.44	0.23	2.40	47	0.18	4	56	✓
S03NXF	✓		39.5 x 20.0 x 35.6 1.56 x 0.79 x 1.40	41	1.45	0.15	2.20	31	0.12	2.45	34	✓
S03T	✓		39.5 x 20.0 x 39.6 1.56 x 0.79 x 1.56	46	1.62	0.33	7.20	100	0.27	8	111	✓
S03TXF	✓		39.5 x 20.0 x 39.6 1.56 x 0.79 x 1.56	46	1.62	0.21	5	69	0.17	6.20	86	✓
S04		✓	54.4 x 26.5 x 51.5 2.14 x 1.04 x 2.03	114	4	0.25	10	138.88	0.20	13	180.5	
S666	✓		63.0 x 32.0 x 61.6 2.48 x 1.26 x 2.43	142.4	5.02	0.28	13	181	0.22	15	208	✓
PICO	✓		22.8 x 9.5 x 15.5 0.90 x 0.37 x 0.61	5.40	0.19	0.12	0.70	10	0.09	0.84	12	✓
MICRO/ 2BBM		✓	28 x 14 x 29.8 1.1 x 0.55 x 1.17	18	0.63	0.16	1.80	25	0.13	2.30	32	✓
HS-322	✓		40 x 20 x 36.5 1.57 x 0.78 x 1.43	43	1.51	0.19	3	41.66	0.15	3.5	48.6	✓
S3003	✓		41 x 20 x 36 1.6 x 0.8 x 1.4	37.2	1.3	0.23	3.2	44	0.19	4.1	56.8	✓
S03T/ 2BB/J		✓	39.5 x 20.0 x 39.6 1.56 x 0.79 x 1.56	46.0	1.62	0.33	7.2	100	0.27	8	111	✓
S03T/2B BMG/J		✓	40.6 x20.0 x 42.8 1.60 x 0.79 x 1.70	73	2.57	0.33	7.4	103	0.27	8.6	119	✓
S666/ NMG/J		✓	63.0 x 32.0 x 61.6 2.48 x 1.26 x 2.43	180	6.35	0.24	24	333	0.2	28.8	400	✓

● STD = Oilless Bearing 2BB = 2 Ball Bearings MG = Metal Gear With Ball Bearings NMG = 2BBMG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC 16F877A

28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

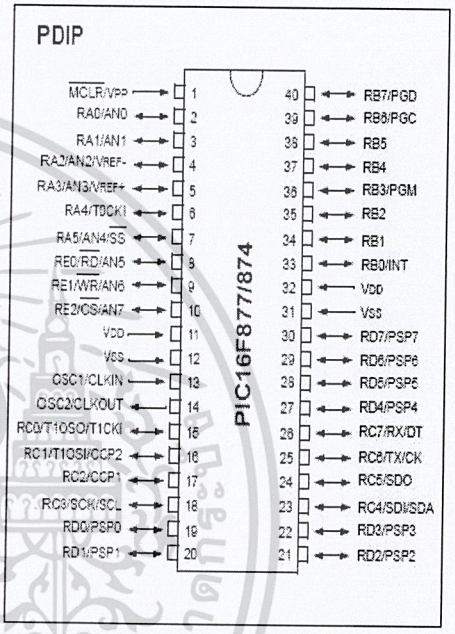
Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873
- PIC16F874
- PIC16F876
- PIC16F877

Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
  DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,
  Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
  Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and
  Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature ranges
- Low-power consumption:
  - < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz
  - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
  - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram



Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during SLEEP via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023)	PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
Operating Frequency	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz
RESETS (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory	128	128	256	256
Interrupts	13	14	13	14
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 instructions	35 instructions	35 instructions	35 instructions

1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information. Additional information may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023), which may be obtained from your local Microchip Sales Representative or downloaded from the Microchip website. The Reference Manual should be considered a complementary document to this data sheet, and is highly recommended reading for a better understanding of the device architecture and operation of the peripheral modules.

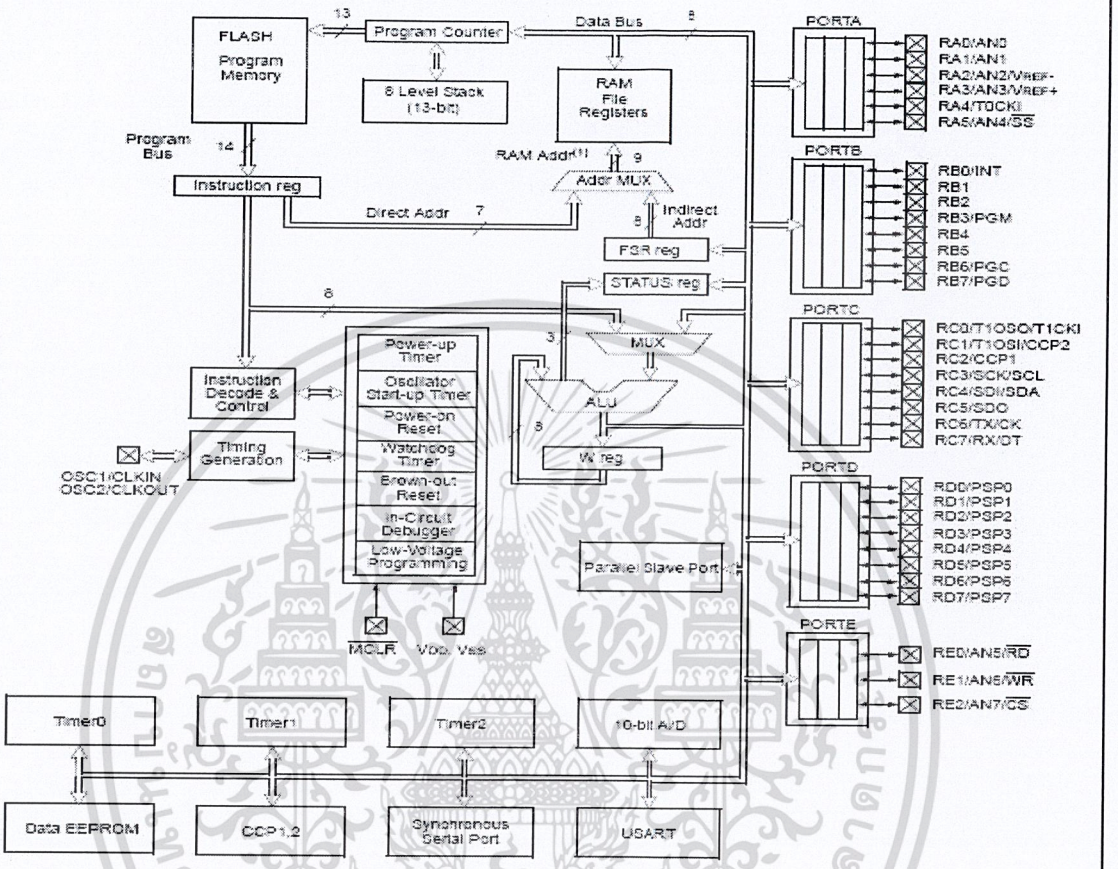
There are four devices (PIC16F873, PIC16F874, PIC16F876 and PIC16F877) covered by this data sheet. The PIC16F876/873 devices come in 28-pin packages and the PIC16F877/874 devices come in 40-pin packages. The Parallel Slave Port is not implemented on the 28-pin devices.

The following device block diagrams are sorted by pin number; 28-pin for Figure 1-1 and 40-pin for Figure 1-2. The 28-pin and 40-pin pinouts are listed in Table 1-1 and Table 1-2, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 BLOCK DIAGRAM

Device	Program FLASH	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F874	4K	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F877	8K	368 Bytes	256 Bytes



Note 1: Higher order bits are from the STATUS register.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	13	14	30	I	ST/CMOS(4)	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	14	15	31	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
$\overline{MCLR}$/VPP	1	2	18	I/P	ST	Master Clear (Reset) input or programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.
						PORTA is a bi-directional I/O port.
RA0/AN0	2	3	19	I/O	TTL	RA0 can also be analog input0.
RA1/AN1	3	4	20	I/O	TTL	RA1 can also be analog input1.
RA2/AN2/VREF-	4	5	21	I/O	TTL	RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage.
RA3/AN3/VREF+	5	6	22	I/O	TTL	RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage.
RA4/T0CKI	6	7	23	I/O	ST	RA4 can also be the clock input to the Timer0 timer/counter. Output is open drain type.
RA5/$\overline{SS}$/AN4	7	8	24	I/O	TTL	RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.
						PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.
RB0/INT	33	36	8	I/O	TTL/ST(1)	RB0 can also be the external interrupt pin.
RB1	34	37	9	I/O	TTL	
RB2	35	38	10	I/O	TTL	
RB3/PGM	36	39	11	I/O	TTL	RB3 can also be the low voltage programming input.
RB4	37	41	14	I/O	TTL	Interrupt-on-change pin.
RB5	38	42	15	I/O	TTL	Interrupt-on-change pin.
RB6/PGC	39	43	16	I/O	TTL/ST(2)	Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock.
RB7/PGD	40	44	17	I/O	TTL/ST(2)	Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
— = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
						PORTC is a bi-directional I/O port.
RC0/T1OSO/T1CKI	15	16	32	I/O	ST	RC0 can also be the Timer1 oscillator output or a Timer1 clock input.
RC1/T1OSI/CCP2	16	18	35	I/O	ST	RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output.
RC2/CCP1	17	19	36	I/O	ST	RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output.
RC3/SCK/SCL	18	20	37	I/O	ST	RC3 can also be the synchronous serial clock input/ output for both SPI and I^2C modes.
RC4/SDI/SDA	23	25	42	I/O	ST	RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I^2C mode).
RC5/SDO	24	26	43	I/O	ST	RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode).
RC6/TX/CK	25	27	44	I/O	ST	RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock.
RC7/RX/DT	26	29	1	I/O	ST	RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.
						PORTD is a bi-directional I/O port or parallel slave port when interfacing to a microprocessor bus.
RD0/PSP0	19	21	38	I/O	ST/TTL(3)	
RD1/PSP1	20	22	39	I/O	ST/TTL(3)	
RD2/PSP2	21	23	40	I/O	ST/TTL(3)	
RD3/PSP3	22	24	41	I/O	ST/TTL(3)	
RD4/PSP4	27	30	2	I/O	ST/TTL(3)	
RD5/PSP5	28	31	3	I/O	ST/TTL(3)	
RD6/PSP6	29	32	4	I/O	ST/TTL(3)	
RD7/PSP7	30	33	5	I/O	ST/TTL(3)	
						PORTE is a bi-directional I/O port.
RE0/$\overline{RD}$/AN5	8	9	25	I/O	ST/TTL(3)	RE0 can also be read control for the parallel slave port, or analog input5.
RE1/$\overline{WR}$/AN6	9	10	26	I/O	ST/TTL(3)	RE1 can also be write control for the parallel slave port, or analog input6.
RE2/$\overline{CS}$/AN7	10	11	27	I/O	ST/TTL(3)	RE2 can also be select control for the parallel slave port, or analog input7.
Vss	12,31	13,34	6,29	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	11,32	12,35	7,28	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1,17,28, 40	12,13, 33,34		—	These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
— = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

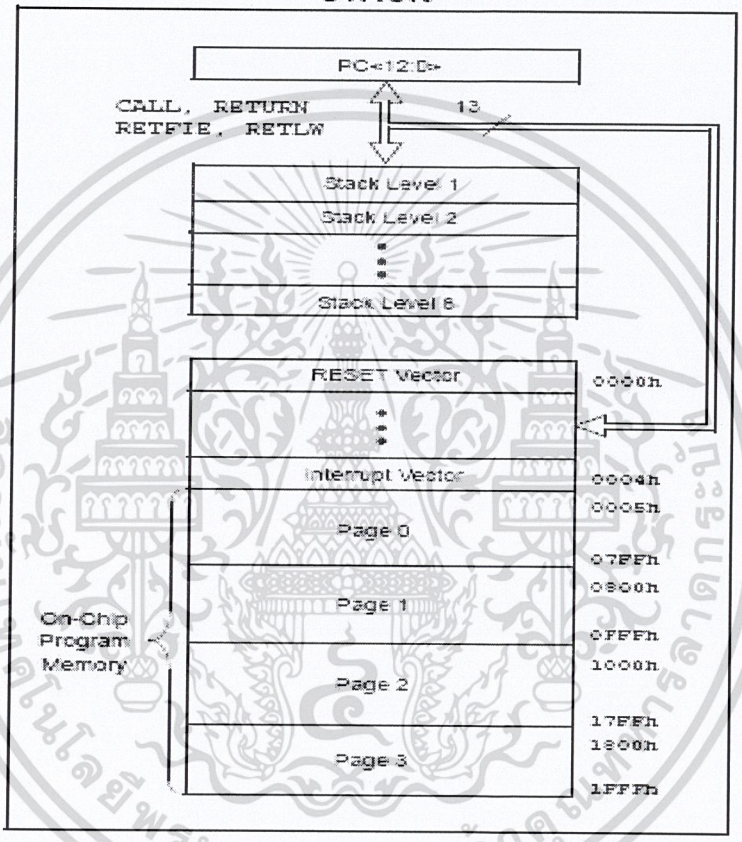
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.0 MEMORY ORGANIZATION

There are three memory blocks in each of the PIC16F87X MCUs. The Program Memory and Data Memory have separate buses so that concurrent access can occur and is detailed in this section. The EEPROM data memory block is detailed in Section 4.0.

Additional information on device memory may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023).

FIGURE 2-1: PIC16F877/876 PROGRAM MEMORY MAP AND STACK



2.2 Data Memory Organization

The data memory is partitioned into multiple banks which contain the General Purpose Registers and the Special Function Registers. Bits RP1 (STATUS<6>) and RP0 (STATUS<5>) are the bank select bits.

RP1:RP0	Bank
00	0
01	1
10	2
11	3

Each bank extends up to 7Fh (128 bytes). The lower locations of each bank are reserved for the Special Function Registers. Above the Special Function Registers are General Purpose Registers, implemented as static RAM. All implemented banks contain Special Function Registers. Some frequently used Special Function Registers from one bank may be mirrored in another bank for code reduction and quicker access.

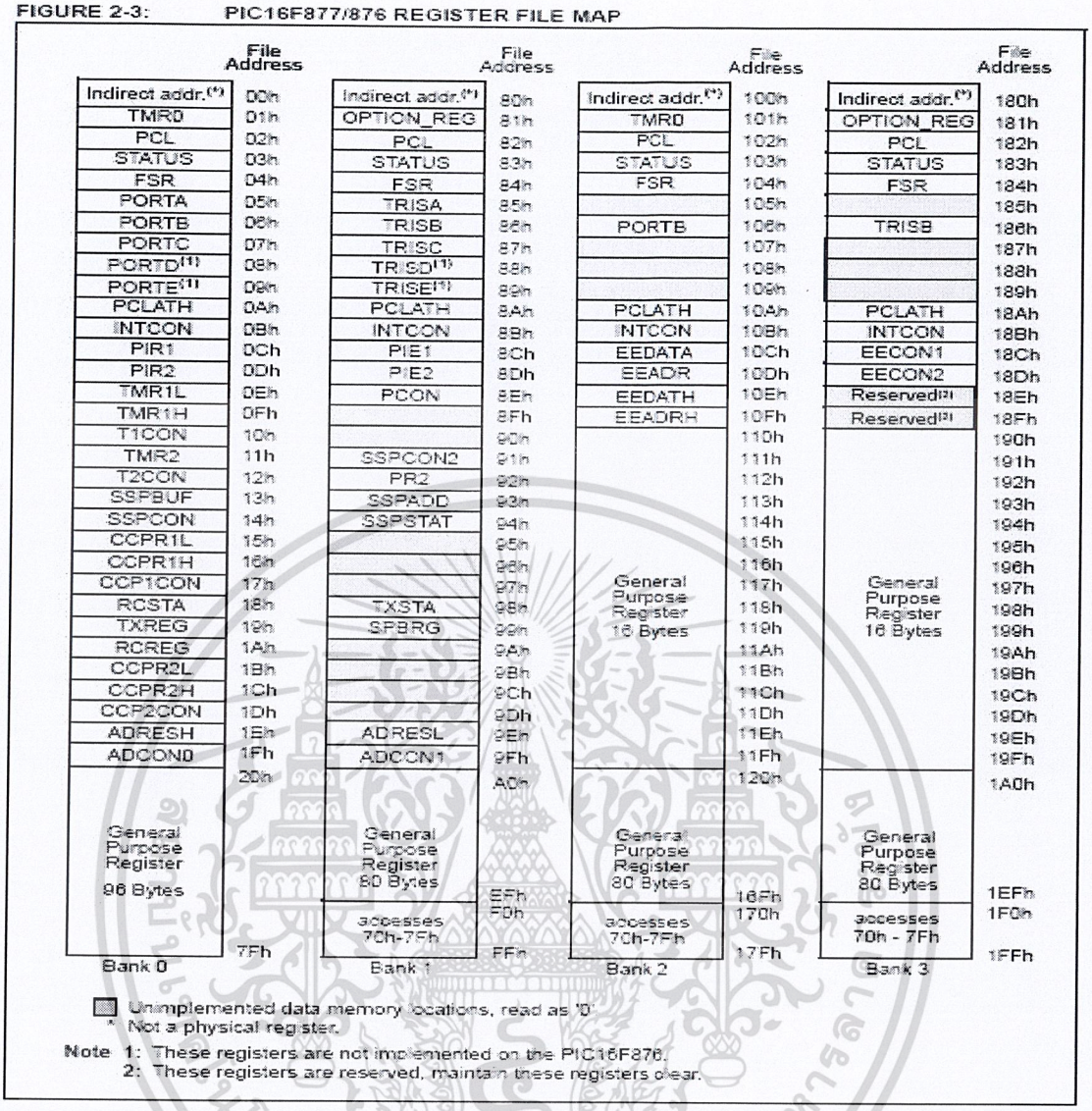
Note:	EEPROM Data Memory description can be found in Section 4.0 of this data sheet.

2.2.1 GENERAL PURPOSE REGISTER FILE

The register file can be accessed either directly, or indirectly through the File Select Register (FSR).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 2-3: PIC16F877/876 REGISTER FILE MAP



Unimplemented data memory locations, read as '0'.
* Not a physical register.

Note 1: These registers are not implemented on the PIC16F876.
2: These registers are reserved, maintain these registers clear.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.0 I/O PORTS

Some pins for these I/O ports are multiplexed with an alternate function for the peripheral features on the device. In general, when a peripheral is enabled, that pin may not be used as a general purpose I/O pin.

Additional information on I/O ports may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023).

3.1 PORTA and the TRISA Register

PORTA is a 6-bit wide, bi-directional port. The corresponding data direction register is TRISA. Setting a TRISA bit (= 1) will make the corresponding PORTA pin an input (i.e., put the corresponding output driver in a Hi-Impedance mode). Clearing a TRISA bit (= 0) will make the corresponding PORTA pin an output (i.e., put the contents of the output latch on the selected pin).

Reading the PORTA register reads the status of the pins, whereas writing to it will write to the port latch. All write operations are read-modify-write operations. Therefore, a write to a port implies that the port pins are read, the value is modified and then written to the port data latch.

Pin RA4 is multiplexed with the Timer0 module clock input to become the RA4/T0CKI pin. The RA4/T0CKI pin is a Schmitt Trigger input and an open drain output. All other PORTA pins have TTL input levels and full CMOS output drivers.

Other PORTA pins are multiplexed with analog inputs and analog VREF input. The operation of each pin is selected by clearing/setting the control bits in the ADCON1 register (A/D Control Register1).

Note:	On a Power-on Reset, these pins are configured as analog inputs and read as '0'.

The TRISA register controls the direction of the RA pins, even when they are being used as analog inputs. The user must ensure the bits in the TRISA register are maintained set when using them as analog inputs.

EXAMPLE 3-1: INITIALIZING PORTA

```
BCF     STATUS, RP0     ;
BCF     STATUS, RP1     ; Bank0
CLRF    PORTA           ; Initialize PORTA by
                        ; clearing output
                        ; data latches
BSF     STATUS, RP0     ; Select Bank 1
MOVLW   0x06            ; Configure all pins
MOVWF   ADCON1          ; as digital inputs
MOVLW   0xCF            ; Value used to
                        ; initialize data
                        ; direction
MOVWF   TRISA           ; Set RA<3:0> as inputs
                        ; RA<5:4> as outputs
                        ; TRISA<7:6> are always
                        ; read as '0'.
```

FIGURE 3-1: BLOCK DIAGRAM OF RA3:RA0 AND RA5 PINS

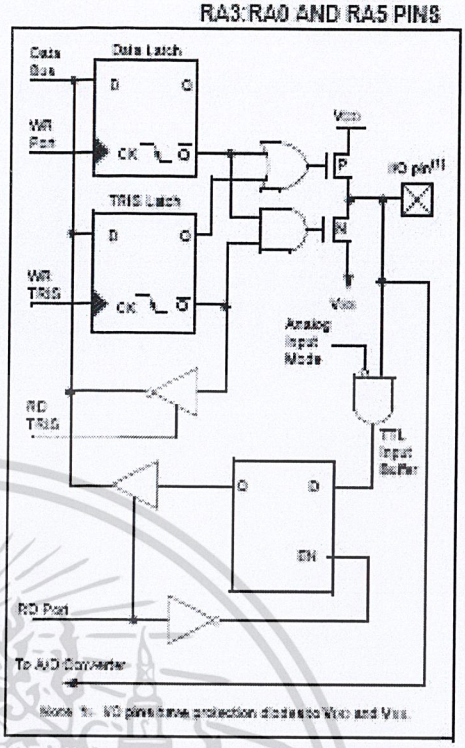
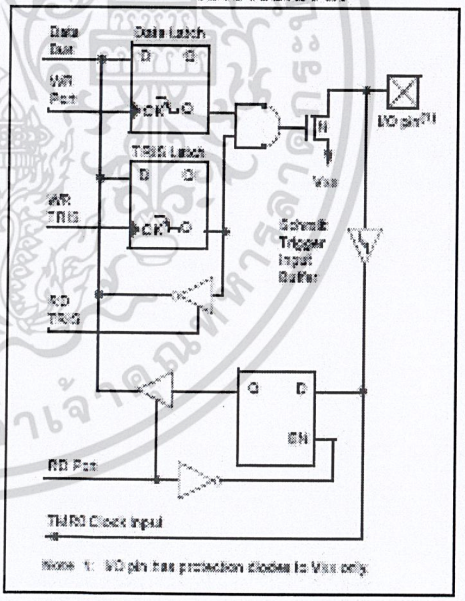


FIGURE 3-2: BLOCK DIAGRAM OF RA4/T0CKI PIN



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้