สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องบรรจุไส้กรอก

SAUSAGE TABLE TOP STUFFER

โดย

นายคธาวุธ ยาทุม

นายเดชา ฟักคูม

นางสาวมุจรี ผลเพียร

นายพงษ์ฉัตร บุญญพาศ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 62903
วัน,เดือน,ปี..... 23 ส.ค. 2549

ว.....
ส.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2548

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **เครื่องบรรจุไส้กรอก**

SAUSAGE TABLE TOP STUFFER

ผู้จัดทำ	**นายคธาวุธ**	**ยาทุม**	**46015296**
	นายเดชา	**ฟักคูม**	**46015304**
	นางสาวนุชรี	**ผดเพียร**	**46015308**
	นายพงษ์ฉัตร	**บุญญพาศ**	**46015315**

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.พรชุช รติโรจน์อนันต์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.ปานมนัช ศิริธมบรณ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.โยธิน เปรมปราณีรัชต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องบรรจุไส้กรอก

Sausage Table Top Stuffer

โดย

นายคธาวุธ	ยาทุม	46015296
นายเลขา	ฟักดูม	46015304
นางสาวนุจรี	ผดเพียง	46015308
นายพงษ์ฉัตร	บุญญพาห	46015315

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.พรสุข	รดิโรจน์อนันต์
รศ.ดร. ปานมนัส	สิริสมบูรณ์
รศ.ดร.โยธิน	เปรมปราณีรัชต์

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ศึกษาขั้นตอนการสร้างและออกแบบเครื่องบรรจุไส้กรอก เพื่อนำไปใช้สำหรับอุตสาหกรรมระดับ SME หรืออุตสาหกรรมครัวเรือน โครงสร้างของเครื่องประกอบด้วยถังบรรจุไส้กรอกและฝาอัดที่ขับเคลื่อนด้วย DC มอเตอร์สำหรับอัดไส้กรอกเข้าไปบรรจุในไส้เทียม ความเร็วของมอเตอร์มีความสำคัญต่อการอัดบรรจุมาก ต้องควบคุมให้เหมาะสม และเพื่อลดเวลาในการผลิตไส้กรอก ฝาอัดต้องเคลื่อนตัวเร็วทั้งในจังหวะที่ยังไม่ลงมาแตะเนื้อไส้กรอกและจังหวะที่วิ่งกลับขึ้นตัวเปล่าหลังจากเนื้อไส้กรอกหมดถัง และเคลื่อนตัวช้าเมื่อฝาอัดแตะเนื้อไส้กรอก

โครงงานนี้ ใช้ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ที่ประกอบด้วย ส่วนวงจร Pulse Width Modulation (PWM) ส่วน encoder และส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ เครื่องบรรจุไส้กรอกที่สร้างขึ้นสามารถทำงานทั้งโหมดอัตโนมัติและโหมดควบคุมด้วยมือ ปริมาตร/น้ำหนักของไส้กรอกที่ทำได้ขึ้นกับความสัมพันธ์ของระยะการเคลื่อนตัวลงต่อหน่วยเวลาของฝาอัด ขนาดของไส้กรอก และปริมาตรของถังบรรจุไส้กรอก จากผลการทดลองพบว่าเครื่องบรรจุไส้กรอกที่ได้สร้างขึ้นมาสามารถทำงานตามเป้าหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องบรรจุไส้กรอก

Sausage Table Top Stuffer

โดย

นายคธาวุธ ยาทุม 46015296

นายเดชา ฟักคูม 46015304

นางสาวนุจรี ผดเพียร 46015308

นายพงษ์ฉัตร บุญญพาศ 46015315

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.พรสุข รติโรจน์อนันต์

รศ.ดร. ปานมนัส ศิริธรมบูรณ์

รศ.ดร.โยธิน เปรมปราณีรัชต์

ABSTRACT

This project presents the design method and constructs a sausage table top stuffer for the SME industrial level or family industrial. The sausage table top stuffer composes of a sausage material tank and the press plate that drove by the DC motor to produce the sausages. The pressing speed of the press plate is very important. It should be controller properly . And in order to reduce the production time, the press plate has to move quickly during the moving down period that not yet touches the sausage material and during the period that moves back to the home position. The press plate has to keep the slow speed during the period of pressing the sausage material.

Pulse Width Modulation module, encoder module and micro-controller module are introduced for controlling such desired speed. The sausage table top stuffer could provide both the automatic and manual operations. The volume or weight of the produced sausages depend on the relation of the moving distant per unit time of the press plate, the size of the sausage and the volume of the sausage material tank. The experiment results show that the sausage table top stuffer can reaches the project target.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การออกแบบ	3
2.1 ชนิดของไส้กรอก	3
2.2 ทฤษฎีเกลียวส่งกำลัง	4
2.2.1 ชนิดของเกลียวสำหรับสกรูส่งกำลัง	5
2.2.2 เกลียวในระบบหน่วยอังกฤษ	5
2.2.3 เกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐานไอเอสโอ	7
2.2.4 การออกแบบสกรูส่งกำลัง	10
2.2.5 ค่าความปลอดภัย	13
2.2.6 การคำนวณหาขนาดเกลียวที่ใช้ในการส่งถ่ายกำลัง	15
2.3 ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)	16
2.3.1วงจรสมมูลย์ และค่าแรงบิด	18
2.4 พื้นฐานภาษา C	22
2.4.1 โครงสร้างภาษา C	22
2.4.1.1 พรีโปรเซสเซอร์ไดเร็กตีฟ (Preprocessor directives)	22
2.4.1.2 การประกาศ (Declarations)	22
2.4.1.3 การกำหนดค่า (Definitions)	22
2.4.1.4 นิพจน์ (Expressions)	22
2.4.1.5 สเตตเมนต์ (Statements)	22
2.4.1.6 ฟังก์ชั่น (Functions)	22
2.4.1.7 ฟังก์ชั่นหลัก (main function)	22
2.5 คำสั่งควบคุมโปรแกรม (Program Control Statement)	23
2.5.1 ชุดคำสั่งกำหนดเงื่อนไข	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.1 คำสั่ง if...else... 23
2.5.1.2 คำสั่ง switch 23
2.5.2 ชุดคำสั่งการวนลูป 24
2.5.2.1 คำสั่งลูป while () 24
2.5.2.2 คำสั่งลูป do ... while() 24
2.5.2.3 คำสั่ง for 24
2.6 ใช้งานโมดูลแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล
ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ด้วยโปรแกรมภาษา C 25
บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการ 26
3.1 การออกแบบส่วนประกอบต่างๆ 26
3.1.1 การออกแบบโครงสร้างของเครื่อง 26
3.1.2 การออกแบบชุดถังบรรจุ 27
3.1.3 การออกแบบชุดเกลียวส่งกำลัง 29
3.1.4 การออกแบบชุดต้นกำลัง 30
3.1.5 การออกแบบชุดติดตั้งดีซีมอเตอร์ 31
3.2 การออกแบบควบคุมการทำงานของเครื่องบรรจุไส้กรอก 32
3.3 กำหนด speed profile ของมอเตอร์ในการทำงานของเครื่องบรรจุไส้กรอก 1
รอบการทำงาน 33
3.4 การออกแบบวงจรควบคุมอัตโนมัติ 34
3.4.1 อธิบายการทำงาน 36
3.4.2 การทำงานของวงจร DAC 0832 39
3.4.3 การทำงานของวงจรสวิตช์เมตริกซ์ 40
3.5 การออกแบบวงจรควบคุมด้วยมือ 41
3.5.1 การออกแบบวงจรควบคุม 41
3.5.2 การออกแบบวงจรกำลัง 41
3.5.3 การทำงานของวงจร 42
บทที่ 4 การทดลอง 43
4.1 ผลการทดลองที่ 1 47
4.1.1 การทดลองวัดสัญญาณจากวงจร PWM 47
4.2 ผลการทดลองที่ 2 51
4.2.1 การทดลองวัดค่ากระแสที่ไหลผ่านมอเตอร์ 51
4.2.1.1 ผลการทดลองของการควบคุมแบบควบคุมด้วยมือ 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 ผลการทดลองของการควบคุมแบบอัตโนมัติ 52
4.3 ผลการทดลองที่ 3 53
4.3.1 การทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้า 53
4.3.1.1 การหาค่ากำลังไฟฟ้าของระบบการควบคุมด้วยมือ 53
4.3.1.2 การหากำลังไฟฟ้าของระบบควบคุมอัตโนมัติ 55
4.4 ผลการทดลองที่ 4 56
4.4.1 ปริมาตร/น้ำหนักของไส้กรอกจากการคำนวณ 56
4.5 ผลการทดลองที่ 5 57
4.5.1 ปริมาตร/น้ำหนักของไส้กรอกจากการทดลอง 57
4.6 การทดลองที่ 6 59
4.6.1การทดสอบสมรรถนะของเครื่องบรรจุไส้กรอก 59
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ 63
ภาคผนวก 65
บรรณานุกรม 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สัดส่วนต่างๆ ของเกลียวสำหรับสกรูส่งกำลัง	6
2.2 มิติมูลฐานของเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐาน ISO2901 -1977(E)	8
2.3 มิติมูลฐานของเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐาน ISO2904 -1977(E)	9
2.4 ค่าความปลอดภัย	13
2.5 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาและเหล็กกล้าผสม	14
4.1 การวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมอเตอร์	52
4.2 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของการทำงานแบบอัตโนมัติ	53
4.3แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของการทำงานแบบควบคุมด้วยมือ	54
4.4 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของการทำงานแบบอัตโนมัติ	55
4.5 บันทึกผลการทดลองการบรรจุไส้กรอก	61
4.6 แสดงค่าอัตราการบรรจุ (kg/min) และประสิทธิภาพในการบรรจุ	61
4.7 แสดงประสิทธิการบรรจุวัสดุอาหารเทียบที่ 3 kg	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 เกลียวสี่เหลี่ยมคางหมู	4
2.2 มุมหลีด	5
2.3 ชนิดของเกลียวสำหรับสกรูส่งกำลัง	5
2.4 ขนาดต่างๆ ของเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมู	7
2.5 ฟันเกลียวรับแรงคล้ายกับคานยื่น	12
2.6 DC. Motor	17
2.7 แสดงวงจรสมมูลย์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	18
3.1 โครงสร้างของเครื่องบรรจุอาหาร	26
3.2 ถังบรรจุที่สร้างขึ้น	27
3.3 ฝาอัดอาหารที่มีลักษณะคล้ายลูกสูบ	28
3.4 กรวยป้อนทั้ง 3 ขนาด	28
3.5 เกลียวส่งกำลังที่ใช้ในการดันลูกสูบฝาอัดลงในถังบรรจุ	29
3.6 เกลียวในที่เป็นตัวอัดลูกสูบลงไปในถัง	29
3.7 ระบบการคัพปลิ้งของเกียร์	31
3.8 ฐานสำหรับติดตั้งมอเตอร์	31
3.9 การทำงานโดยรวมของเครื่องบรรจุไส้กรอก	32
3.10 ความสัมพันธ์ของ angular velocity กับ displacement	33
3.11 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมการทำงานแบบอัตโนมัติ	34
3.12 บล็อกไดอะแกรมที่ใช้ในการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ	35
3.13 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของส่วนที่ 1	36
3.14 การเปรียบเทียบสัญญาณสามเหลี่ยมกับสัญญาณระดับ	37
3.15 การควบคุมมอเตอร์แบบ H-Bridge	38
3.16 การต่ออุปกรณ์ภายนอกร่วมกับ PIC16F877	39
3.17 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก	39
3.18 รูปวงจรสวิตช์เมตริกซ์	40
3.16 วงจรควบคุมมอเตอร์	41
3.17 วงจรกำลัง	41
4.1ชุดควบคุมด้วยมือ จะประกอบด้วยวงจรควบคุมและวงจรกำลัง	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ชุดควบคุมอัตโนมัติจะประกอบด้วยวงจร PWM 44
4.3 วงจร PIC 44
4.4 วงจรแปลงไฟ 15 V AC เป็น + 15 และ – 15 45
4.5 มอเตอร์ขับเพลาส่งกำลัง 45
4.6 ชุดฝาอัด 46
4.7 คือรูปของเครื่องบรรจุไส้กรอกที่เสร็จสมบูรณ์แล้วพร้อมที่จะนำไปใช้งานได้ 46
4.8 การวัดสัญญาณแต่ละภาคจากวงจร PWM 48
4.9 รูปสัญญาณภาคที่ 1 49
4.10 รูปสัญญาณภาคที่ 2 50
4.11 รูปสัญญาณภาคที่ 4 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

การดำเนินงานขั้นแรกเริ่มจากการศึกษาข้อมูลที่ว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่ ที่จะสามารถสร้างเครื่องบรรจุไส้กรอก ซึ่งก็ได้พบว่าการสร้างเครื่องบรรจุไส้กรอนั้นเป็นที่ต้องการของผู้ประกอบการรายย่อยและเกษตรกร จึงได้คิดประดิษฐ์เครื่องขึ้น โดยเริ่มจากหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเครื่องบรรจุไส้กรอกที่มีอยู่ แล้วหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องบรรจุไส้กรอก จากการศึกษาเครื่องบรรจุไส้กรอกเราได้สร้างโครงสร้างส่วนประกอบของเครื่องบรรจุไส้กรอก และเราได้มีการศึกษาเรื่อง ภาษาซี ศึกษาการออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์ (PWM) เอ็น โค๊ดเดอร์ (encoder)ชุดวงจรควบคุมด้วยมือและชุดวงจรควบคุมอัตโนมัติ หลังจากนั้นจึงได้ทำการออกแบบเครื่องออกมา ให้มีความประหยัดและเหมาะสมกับเกษตรกรและผู้ประกอบการรายย่อยโดยมีการแยกส่วนประกอบออกเป็นส่วนต่างๆ เพื่อสร้างเครื่องบรรจุไส้กรอกที่สามารถทำงานได้จริงตามที่ต้องการ และลดการนำเข้าเครื่องจักรจากต่างประเทศ อีกทั้งเป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมครัวเรือน (SME)

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 สร้างเครื่องบรรจุไส้กรอกที่สามารถทำงานได้ในโหมดการควบคุมด้วยมือและการควบคุมอัตโนมัติ

1.2.2 สามารถที่จะนำไปใช้ในครัวเรือนของเกษตรกรและผู้ประกอบการรายย่อยได้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาการทำงานของเครื่องบรรจุไส้กรอกทั้งแบบควบคุมด้วยมือและแบบอัตโนมัติ

1.3.2 กำหนดขนาดของถังบรรจุอาหารและฝาอัด ที่ใช้กับปริมาณของไส้กรอกจำนวน 3 กิโลกรัม

1.3.3 ออกแบบเกลียวตัวหนอนและชุดเฟืองทด ให้เหมาะกับความเร็วมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.4 กำหนดความเร็วมอเตอร์ที่เหมาะกับการอัดไส้กรอก โดยถ้าฝาอัดยังไม่สัมผัสกับอาหารที่บรรจุอยู่ในถังความเร็วของมอเตอร์ต้องเร็ว ถ้าฝาอัดสัมผัสกับอาหารที่อยู่ภายในถังความเร็วจะต้องช้า ๆ และถ้าอัดอาหารจนหมดถังแล้วมอเตอร์ต้องกลับทางหมุน ความเร็วของมอเตอร์ต้องเร็ว

1.3.5 คำนวณหาขนาดของ DC motor ที่คัพปิ้งกับ Encoder พร้อมทั้งการทดสอบความเร็วของชุดเฟืองทดที่ติดตั้งในตัวมอเตอร์

1.3.6 ออกแบบติดตั้งชุด DC motor ที่ขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง

1.3.7 ออกแบบและสร้างชุดควบคุมด้วยมือ

1.3.8 ศึกษาวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ 2 ทิศทางและศึกษาการออกแบบวงจร PWM

1.3.9 ศึกษาวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ 2 ทิศทาง พร้อม Encoder และวงจร Lead Lag compensation

1.3.10 เขียนโปรแกรมสั่งการทำงานของเครื่องบรรจุไส้กรอกแบบอัตโนมัติ

1.3.11 ทดสอบการทำงานจริง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ชนิดของไส้กรอกสามารถแบ่งตามลักษณะได้ 5 ชนิดคือ

1. ไส้กรอกสด (Fresh Sausage) เป็นไส้กรอกที่ทำจากเนื้อสด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เนื้อหมู เนื้อวัวบด และผสมเครื่องปรุงรส อัดไส้ มัดเป็นปล้องๆ เก็บไว้ในที่เย็น เมื่อจะรับประทานจึงนำมาทำให้สุกไส้กรอกประเภทนี้มักจะเสียง่ายถ้าเก็บไว้ในอุณหภูมิไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงต้องรีบนำมารับประทาน ตัวอย่างของไส้กรอกสด ได้แก่ ไส้กรอกหมูสด (Fresh Pork Sausage) บราทเวอร์สท (Bratwurst)

2. ไส้กรอกรมควัน (Smoked Sausage) เป็นไส้กรอกที่ทำมาจากเนื้อสดที่ผ่านการหมักแล้ว ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดต้องเก็บไว้ในตู้เย็นแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ไส้กรอกรมควันไม่สุก และไส้กรอกรมควันสุก

3. ไส้กรอกสุก (Cooked Sausage) มีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าไส้กรอกสด เพราะอาจมีการผสมเครื่องในและเลือดลงไปได้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้ทั้งเนื้อสดและเนื้อหมัก นำไปบดผสมเครื่องปรุงรส บรรจุในไส้และทำให้สุกพร้อมที่จะรับประทานได้เลย

4. ไส้กรอกแห้งและกึ่งแห้ง (Dry and Semi-dry Sausage) เป็นไส้กรอกที่ใช้เนื้อที่ผ่านการคัดเลือกเป็นอย่างดี ใช้เทคนิคมากในการทำ แบ่งเป็น 3 ประเภทคือ เซอเวลาท์ส (Cervelats) ไส้กรอกหมักแห้ง (Fermented Dry Sausage) กุนเชียง (Chinese Sausage)

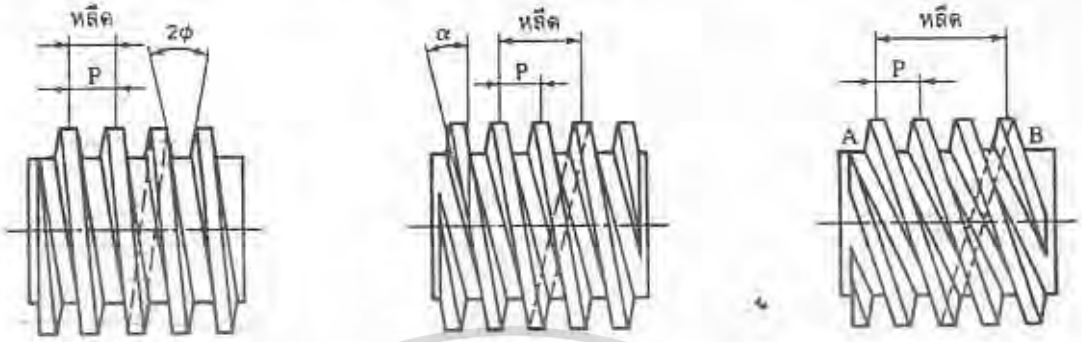
5. ไส้กรอกชนิดใหม่ (New Condition Sausage) เป็นไส้กรอกประเภทกึ่งเปียกกึ่งแห้ง ต่างจากไส้กรอกแห้งตรงวิธีการทำและทำให้สุกในตู้รมควัน ทำจากเนื้อหมูบดผสมเครื่องปรุงและหมักไว้ให้เปรี้ยวประมาณ 24 ชั่วโมง ก่อนทำให้สุก

ในส่วนของเครื่องบรรจุอาหารกึ่งเหลวนี้จะใช้ไส้กรอกสด การบรรจุไส้กรอกจึงต้องรู้ว่าจะใช้ความเร็วเท่าไรที่ทำให้ไส้หมูไม่แตก เกลียวส่งกำลังต้องมีความสัมพันธ์กับความเร็วของมอเตอร์อย่างไร ดังจะกล่าวในหัวข้อต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีเกลียวส่งกำลัง

ก่อนที่จะกล่าวถึงชนิดของเกลียวสำหรับสกรูส่งกำลัง จำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจกับคำจำกัดความบางคำซึ่งจะต้องใช้อยู่เสมอ โดยพิจารณาจากรูปที่ 2.1 ดังต่อไปนี้



(ก) หนึ่งปาก (ข) สองปาก (ค) สามปาก

รูปที่ 2.1 เกลียวสี่เหลี่ยมคางหมู

ระยะพิตช์ : P หมายถึงระยะทางที่วัดตามแนวแกนของสกรูจากจุดหนึ่งบนเกลียวหนึ่ง ไปยังจุดเดียวกันของเกลียวที่อยู่ถัดไป

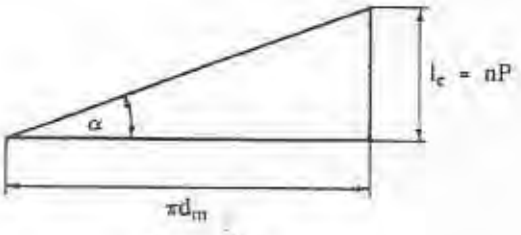
หลีด (Lead); le คือระยะทางที่สกรูเคลื่อนที่ได้ตามแนวแกนของสกรู ในขณะที่สกรูหมุนไปหนึ่งรอบ ถ้าเป็นสกรูหนึ่งปาก (single thread) ระยะของหลีดมีค่าเท่ากับระยะพิตช์ สำหรับสองปาก (double thread) เกลียวจะมีปากคาบระหว่างเกลียวสองเกลียว ดังรูปที่ 2.1(ข) ดังนั้นสกรูหมุนไปหนึ่งรอบ การเคลื่อนที่ในแนวแกนของสกรูจึงเป็นสองเท่าของระยะพิตช์ ในทำนองเดียวกันสำหรับสกรูสามปาก (triple thread) หลีดจะมีค่าเป็นสามเท่าของระยะพิตช์ ถ้าสกรูเป็น n ปากระยะของหลีดคือ

$$le = nP \tag{2.1}$$

มุมฮีลิกซ์หรือมุมหลีด(helix or lead angle) : หมายถึงมุมระหว่างระนาบที่สัมผัสกับความเอียงของเกลียวและระนาบที่ตั้งฉากกับแกนของสกรู ถ้าให้ d_m เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของสกรู และนำส่วนที่สกรูเคลื่อนที่ไปในขณะที่หมุนหนึ่งรอบมาคลี่ออก ก็จะได้ลักษณะดังรูปที่ 2.2 และมุมหลีดคือ

$$Tan\alpha = \frac{le}{\pi d_m} \tag{2.2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 มุมหลีด

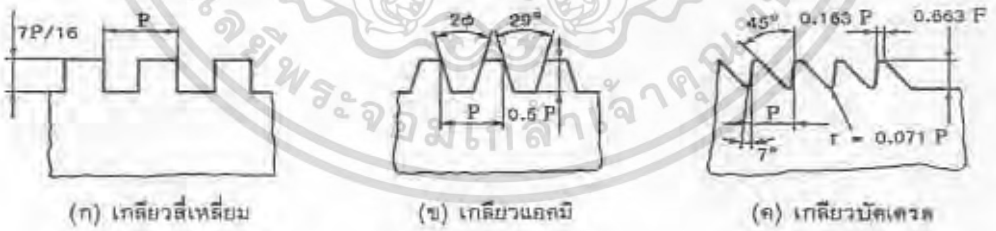
เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุดของสกรู ซึ่งนับรวมถึงความสูงของเกลียวด้วย ขนาดระบุ (nomimal size) ของสกรูส่งกำลังจะบอกโดยใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่เสมอ เส้นผ่านศูนย์กลางน้อยเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กของสกรู

2.2.1 ชนิดของเกลียวสำหรับสกรูส่งกำลัง

สกรูส่งกำลังที่ใช้ในปัจจุบันนี้ส่วนมากจะมีขนาดตามหน่วยระบบอังกฤษ ส่วนเครื่องจักรที่จะผลิตออกมาในอนาคตจะค่อยๆเปลี่ยนไปใช้ในระบบหน่วย SIซึ่งสำหรับสกรูส่งกำลังแล้วจะผลิตรูปร่าง และขนาดของเกลียวจะเป็นไปตามมาตรฐานระหว่างประเทศ ในที่นี้จะกล่าวถึงเกลียวที่ใช้กันมากในระบบหน่วยอังกฤษและเกลียวที่มีอยู่ตามมาตรฐานระหว่างประเทศเท่านั้น

2.2.2 เกลียวในระบบหน่วยอังกฤษ

เกลียวสี่เหลี่ยม(Square thread) เป็นเกลียวที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในจำพวกเกลียวของสกรูส่งกำลัง ซึ่งเรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่าเกลียวเซลเลอร์ (Sellers' thread) โดยมีลักษณะของเกลียวดังรูปที่ 2.3(ก) แต่เนื่องจากการตัดเกลียวสี่เหลี่ยมนี้ทำได้ยาก และค่าใช้จ่ายสูง จึงมีการนำมาใช้งานน้อยลง ดังนั้นเกลียวชนิดนี้จึงมิได้มีการทำเป็นมาตรฐานทั่วไป ตารางที่ 2.1 แสดงขนาดของสกรูส่งกำลังแบบเกลียวสี่เหลี่ยมซึ่งอาจจะนำมาประกอบกับการเลือกใช้ได้



(ก) เกลียวสี่เหลี่ยม (ข) เกลียวแอคมี (ค) เกลียวบัคเตรส

รูปที่ 2.3 ชนิดของเกลียวสำหรับสกรูส่งกำลัง

เกลียวแอคมี (acme thread) หรือเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมู เป็นเกลียวที่มีการใช้งานมาเป็นเวลานานที่สุด รูปร่างของเกลียวเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู โดยมีมุมของเกลียว(thread angle) 2° เท่ากับ 29° ดังในรูปที่ 2.3(ข) เนื่องจากตัดเกลียวได้ง่ายจึงมีการนำมาใช้งานเรื่อยมา มาตรฐานของเกลียวชนิดนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงอยู่ในตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2 ประสิทธิภาพของเกลียวชนิดนี้จะน้อยกว่าเกลียวสี่เหลี่ยม ถ้าเกิดความสึกหรอหลังจากใช้งานมาเป็นระยะเวลาหนึ่ง ก็สามารถที่จะปรับให้เกลียวของสกรูกับเกลียวตัวเมียได้สนิทเหมือนเดิม โดยการขันเกลียวตัวเมียซึ่งเป็นแบบ split nut เข้าไปให้กระชับกับเกลียวของตัวสกรูได้

เกลียวบัตเตรส (Buttress thread) เป็นเกลียวที่มีรูปร่างเป็นฟันเลื่อย จุดมุ่งหมายก็เพื่อที่จะใช้รับแรงในทิศทางเดียว เกลียวนี้มีความแข็งแรงมากกว่าเกลียวสองชนิดที่ได้กล่าวมาแล้ว เนื่องจากเกลียวชนิดนี้มีใช้ไม่มากนัก ดังนั้นจึงไม่ได้มีการกำหนดขนาดเป็นมาตรฐาน ค่าในตารางที่ 2.1 เป็นเพียงค่าที่แนะนำให้ทดลองใช้เท่านั้น

ขนาด	เกลียวสี่เหลี่ยม		เกลียวสี่เหลี่ยมคางหมู			เกลียวบัตเตรส
	เกลียวต่อนิ้ว	Dia.	เกลียวต่อนิ้ว	Dia.	Dia.	เกลียวต่อนิ้ว
1/4	10	0.193	16	0.188	0.213	
5/16			14	0.241	0.270	
3/8	8	0.286	12	0.292	0.325	
7/16			12	0.354	0.388	
1/2	6 1/2	0.356	10	0.400	0.440	20
5/8	5 1/2	0.466	8	0.500	0.550	20
3/4	5	0.575	6	0.583	0.650	16
7/8	4 1/2	0.681	6	0.708	0.755	16
1	4	0.781	5	0.800	0.860	12
1 1/2			5	0.925	1.005	12
1 1/4	3 1/2	1.000	5	1.050	1.130	10
1 3/8			4	1.125	1.225	10
1 1/2	3	1.208	4	1.250	1.350	8
1 3/4	2 1/2	1.400	4	1.500	1.600	7
2	2 1/3	1.612	4	1.750	1.850	6
2 1/2	2 1/4	1.862	3	1.917	2.050	6
2 1/2	2	2.063	3	2.167	2.300	6
2 3/4	2	2.313	3	2.417	2.550	5
3	1 3/4	2.500	2	2.500	2.700	5
3 1/2	1 5/8	2.962	2	3.000	3.200	5
4	1 1/2	3.415	2	3.500	3.700	4
4 1/2			2	4.000	4.200	4
5			2	4.500	4.700	4

ตารางที่ 2.1 สัดส่วนต่างๆ ของเกลียวสำหรับสกรูส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 เกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐานไอเอสโอ

ขนาดเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐานไอเอสโอบอกมิติต่างๆ เป็น mm และมีมุมเกลียวของ 2Φ เท่ากับ 30° ขนาดต่างๆ ของสกรูส่งกำลังชนิดนี้แสดงในรูปที่ 2.4 คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้คือ

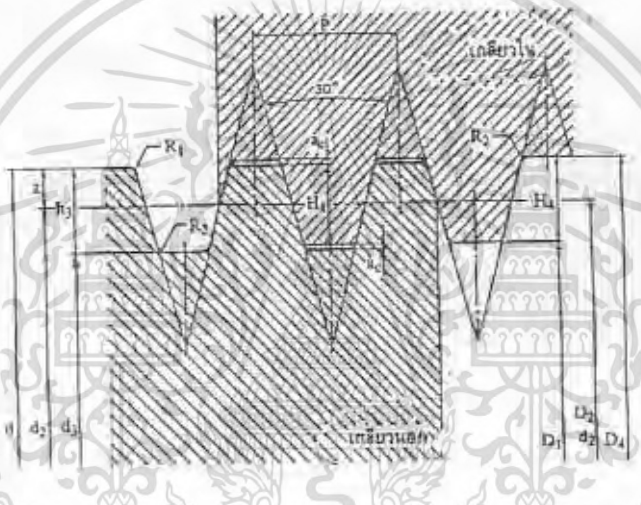
$$H_1 = 0.5P \qquad D_4 = d + 2a_c$$

$$H_4 = H_1 + a_c = 0.5P + a_c \qquad d_3 = d - 2h_3$$

$$h_3 = H_1 + a_c \qquad R_{1max} = 0.5a_c$$

$$Z = 0.25P = H_1/2 \qquad R_{2max} = a_c$$

$$D_1 = d - 2H_1 = d - P \qquad d_2 = D_2 = d - 2z = d - 0.5P$$



รูปที่ 2.4 ขนาดต่างๆ ของเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมู

โดยที่ a_c = คือช่องว่างบนยอดฟัน

D_4 = คือเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ของเกลียวใน

D_1 = คือเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยของเกลียวใน

D_2 = คือเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเกลียวใน

d = คือเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ของเกลียวนอก (เป็นขนาดระบุด้วย)

d_3 = คือเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยของเกลียวนอก

d_2 = คือเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเกลียวนอก

H_1 = คือความสูงเหลื่อม (overlapping) ของเกลียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H_4 = คือความสูงของฟันเกลียวใน

h_3 = คือความสูงของฟันเกลียวใน

P = คือระยะพิตช์

ตารางที่ 2.2 และตารางที่ 2.3 แสดงมิติมูลฐาน ซึ่งได้มาจากการคำนวณโดยใช้สมการชุดข้างบนนี้

ในการเลือกขนาดสกรูส่งกำลัง ให้เลือกขนาดในช่องแรกของตารางที่ 2.3 ก่อน ถ้ามีความจำเป็นที่จะต้องเลือกขนาดอื่นที่ไม่มีในช่องแรกก็ให้เลือกขนาดต่อไปในช่องที่สองเมื่อได้ขนาดของสกรูแล้วก็ให้เลือกพิตช์ในช่องที่สี่ จากตารางที่ 2.3 จะเห็นว่าสำหรับสกรูหนึ่งขนาดอาจเลือก ระยะพิตช์ได้หลายค่า แต่ค่าที่แนะนำให้ใช้คือค่าที่มีเครื่องหมาย * อยู่ข้างหน้า

P	a_c	$H_4 = h_3$	H_1	R_1 max.	R_2 max.
1.5	0.15	0.9	0.75	0.08	0.15
2	0.25	1.25	1	0.13	0.25
3	0.25	1.75	1.5	0.13	0.25
4	0.25	2.25	2	0.13	0.25
5	0.25	2.75	2.5	0.13	0.25
6	0.5	3.5	3	0.25	0.5
7	0.5	4	3.5	0.25	0.5
8	0.5	4.5	4	0.25	0.5
9	0.5	5	4.5	0.25	0.5
10	0.5	5.5	5	0.25	0.5
12	0.5	6.5	6	0.25	0.5
14	1	8	7	0.5	1
16	1	9	8	0.5	1
18	1	10	9	0.5	1
20	1	11	10	0.5	1
22	1	12	11	0.5	1
24	1	13	12	0.5	1
28	1	15	14	0.5	1
32	1	17	16	0.5	1
36	1	19	18	0.5	1
40	1	21	20	0.5	1
44	1	23	22	0.5	1

ขนาดเป็น mm

ตารางที่ 2.2 มิติมูลฐานของเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐาน ISO2901 -1977(E)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดรอบ			ระยะ			
ชุด 1	ชุด 2	ชุด 3	พิตช์ P	$d_2 = D_2$	D	d_1
8			1.5	7.250	8.300	6.200	6.500
	9		1.5	8.250	9.300	7.200	7.500
			*2	8.000	9.500	6.500	7.000
10			1.5	9.250	10.300	8.200	8.500
			*2	9.000	10.500	7.500	8.000
	11		2	10.000	11.500	8.500	9.000
			*3	9.500	11.500	7.500	8.000
12			2	11.000	12.500	9.500	10.000
			*3	10.500	12.500	8.500	9.000
	14		2	13.000	14.500	11.500	12.000
			*3	12.500	14.500	10.500	11.000
16			2	15.000	16.500	13.500	14.000
			*4	14.000	16.500	11.500	12.000
	18		2	17.000	18.500	15.500	16.000
			*4	16.000	18.500	13.500	14.000
20			2	19.000	20.500	17.500	18.000
			*4	18.000	20.500	15.500	16.000
	22		3	20.500	22.500	18.500	19.000
			*5	19.500	22.500	16.500	17.000
			8	18.000	23.000	13.000	14.000
24			3	22.500	24.500	20.500	21.000
			*5	21.500	24.500	18.500	19.000
			8	20.000	25.000	15.000	16.000
	26		3	24.500	26.500	22.500	23.000
			*5	23.500	26.500	20.500	21.000
			8	22.000	27.000	17.000	18.000
28			3	26.500	28.500	24.500	25.000
			*5	25.500	28.500	22.500	23.000
			8	24.000	29.000	19.000	20.000
	30		3	28.000	30.500	26.500	27.000
			*6	27.000	31.000	23.000	24.000
			10	25.000	31.000	19.000	20.000
32			3	30.500	32.500	28.500	29.000
			*6	29.000	33.000	25.000	26.000
			10	27.000	33.000	21.000	22.000

ขนาดเป็น mm

ตารางที่ 2.3 มิติมูลฐานของเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐาน ISO2904 -1977(E)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 การออกแบบสกรูส่งกำลัง

การคำนวณหาความเค้นในส่วนต่าง ๆ ของสกรูส่งกำลังโดยใช้สมการเบื้องต้นดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทก่อนหน้า เป็นการประมาณค่าของความเค้นที่เกิดขึ้นเท่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการขบกันระหว่างเกลียวของสกรูและแป้นเกลียว ตลอดจน การกระจายของแรงบนเกลียวว่าจะเข้าใกล้กับสภาพที่ได้สมมติเอาไว้เพียงใด เกลียวที่อยู่ใกล้กับน้ำหนักอาจรับแรงมากกว่าเกลียวที่อยู่ห่างออกไป ความหลวมของสกรูและแป้นเกลียวอาจทำให้แรงกระจายไม่สม่ำเสมอ หรือการโก่งของเกลียวอาจทำให้เกลียวบางเกลียวรับแรงมากเกินไป เป็นต้น แต่สิ่งเหล่านี้จะทราบได้อย่างแน่นอน ดังนั้นการคำนวณความเค้นในสกรูก็ยังถือหลักการเดิมที่ได้ใช้มาแล้วในบทก่อนในการออกแบบควรจะคิดถึงสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ความเค้นวิกฤต (critical or bucking screw) ในการคำนวณหาขนาดของสกรูที่รับแรงกดแต่เพียงอย่างเดียว ถ้าเป็นสกรูสั้นก็สามารถใช้สมการของความเค้น

$$\sigma_c = \frac{W}{A_r} \tag{2.3}$$

เนื่องจากฟันเกลียวก็จะช่วยรับแรงนี้ด้วย ดังนั้นพื้นที่รับแรง A_r ก็ควรจะมีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่ซึ่งคิดที่เส้นผ่านศูนย์กลางน้อย ซึ่งอาจจะประมาณได้ว่า ควรจะเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยและเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ เพื่อความสะดวกในการคำนวณจึงขอแนะนำให้ใช้พื้นที่ของเส้นผ่านศูนย์กลางน้อย

คำว่าสกรูสั้นหมายถึง สกรูซึ่งมีอัตราส่วนความเพรียว $L/k < 40$ ถ้าหากสกรูมีอัตราส่วนความเพรียวมากกว่านี้ สกรูอาจเกิดการโก่งงอขึ้นได้ก่อนที่ความเค้นจะถึงค่าที่กำหนดเอาไว้ก็ได้

สำหรับสกรูที่มีความยาวปานกลางให้ใช้สูตรของจอห์นสัน

$$W = \frac{A_r \sigma_y}{N}\left[1 - \frac{\sigma_y (Le/k)^2}{4\pi^2 E}\right] \quad 40 < Le/k < 110 \tag{2.4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับสกรูยาวให้ใช้สูตรของออยเลอร์

$$W = \frac{\pi^2 EI}{NLe^2} \quad Le/k > 110 \tag{2.5}$$

ถ้าวัสดุที่ใช้ทำตัวสกรูไม่ใช่เหล็กกล้า ค่าของความเพรียวที่แบ่งระหว่างการคำนวณสูตรของออยเลอร์และจอห์นสัน จะคำนวณได้จากสมการ

$$Le/k = \left[\frac{2\pi^2 E}{\sigma_y}\right]^{1/2} \tag{2.6}$$

2. ความเค้นผสม ถ้าสกรูยาวไม่มากนักก็จะไม่เกิดการโก่งงอขึ้นเมื่ออยู่ภายใต้แรงกดหรือในบางทีสกรูส่งกำลังอาจจะใช้รับแรงดึงก็ได้ นอกจากนี้แล้วก็ยังมีความเค้นเฉือนอันเนื่องมาจากการบิดของสกรูอีกด้วย การคำนวณในกรณีเช่นนี้ต้องใช้ความเค้นผสมซึ่งมีอยู่หลายทฤษฎี สำหรับทฤษฎีที่ปลอดภัยและใช้ได้ง่ายก็คือ ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดซึ่งมีสมการเป็น

$$\tau_d = \left[(\sigma/2)^2 + \tau^2\right]^{1/2} \tag{2.7}$$

โดยที่ τ_d เป็นค่าความเค้นเฉือนใช้งาน และ

$$\tau = \frac{Tr}{J} = \frac{16T}{\pi d_r^3}$$

โดยที่ d_r คือเส้นผ่านศูนย์กลางน้อย

ในการใช้ทฤษฎีนี้กับตัวสกรู ให้ใช้ แทนที่จะใช้ ดังเช่นที่กล่าวไว้ในทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด ทั้งนี้เป็นเพราะเกลียวของสกรูที่จะช่วยในการรับแรงด้วย แต่มิได้นำมาคิดในการหาความเค้นในตัวสกรู

3. ความเค้นอัด ความเค้นอัดในที่นี้ หมายถึงความเค้นที่เกิดจากการที่ผิวหน้าของฟันเกลียวของตัวสกรูตัวอัดกับผิวหน้าของฟันเกลียวของแป้นเกลียว หรือส่วนที่เป็นเกลียวตัวเมีย ในการคำนวณหาความเค้นอัดนี้ ให้ใช้พื้นที่ภาพฉายของเกลียวส่วนที่อัดกันอยู่ ถ้าจำนวนเกลียวดังกล่าวนี้เท่ากับ n เกลียวพื้นที่นี้ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

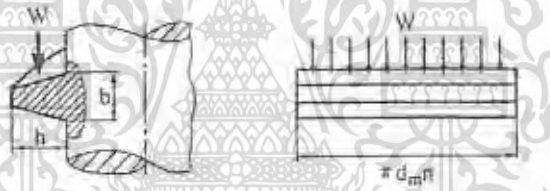
$$A=(\pi/4)\left[d^2-d_r^2\right]n$$

ดังนั้นความเค้นอัด

$$\sigma_c=\frac{4W}{\pi\left[d^2-d_r^2\right]n} \tag{2.8}$$

4. ความเค้นเฉือนในฟันเกลียว นอกจากความเค้นต่างๆที่ได้กล่าวมาแล้ว ในฟันเกลียวยังเกิดความเค้นดัดและความเค้นเฉือนทาโดนฟันเกลียวอีกด้วย ดังรูปที่ 2.5 เนื่องจากความสูงของฟันเกลียวมีค่าน้อย ดังนั้นโมเมนต์ดัดที่โดนฟันเกลียวจึงมีค่าน้อยด้วย ดังนั้นเกลียวส่วนมากจึงทดต่อความเค้นดัดได้ ส่วนความเค้นเฉือนอาจจะมีค่ามาก จากทฤษฎีกลศาสตร์วัสดุ ความเค้นเฉือนสูงสุดสำหรับพื้นที่หน้าตัดที่รับแรงเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเท่ากับ

$$\tau=\frac{3W}{2A}$$



รูปที่ 2.5 ฟันเกลียวรับแรงกล้ายกับคานยื่น

ให้ b เป็นความหนาของโดนฟันเกลียว ดังนั้นพื้นที่รับแรงเฉือน

$$A=\pi d_r bn$$

เพราะฉะนั้น

$$\tau_s=\frac{3W}{2\pi d_r bn} \tag{2.9}$$

ค่า d_r นี้ต้องเลือกใช้ที่โดนฟันเกลียวของสกรูหรือแป้นเกลียว แล้วแต่จะตรวจสอบที่ไหน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ค่าความปลอดภัย

ค่าความปลอดภัยที่จะเลือกใช้ขึ้นอยู่กับตัวประกอบจำนวนมากดังนี้

1. ชนิดของแรงที่มากระทำต่อชิ้นงานว่าเป็นแรงที่จัดอยู่ในประเภทอยู่นิ่งหรือเปลี่ยนแปลงขนาดอยู่ตลอดเวลาขณะใช้งาน
2. ลักษณะการใช้งานของชิ้นงานว่าเกี่ยวข้องกับการที่อาจสูญเสียชีวิต หรือทรัพย์สินเป็นจำนวนมากหรือไม่
3. น้ำหนักของชิ้นงาน ว่ามีความจำเป็นที่จะต้องเบาที่สุดหรือไม่ เช่น ชิ้นส่วนสำหรับเครื่องบิน เป็นต้น ในกรณีนี้การใช้ค่าความปลอดภัยจะต้องพิจารณาอย่างละเอียด เป็นพิเศษ
4. จำนวนชิ้นงานที่จะออกมาถ้าผลิตครั้งละมากควรระมัดระวังในการใช้ค่าความปลอดภัยที่ไม่สูงจนเกินไป ทั้งนี้เพื่อจะให้ประหยัดวัสดุได้มากที่สุด
5. เนื้อวัสดุออกมาอาจไม่สม่ำเสมอกัน ทำให้ความสามารถในการรับแรงต่างกัน

สำหรับผู้ที่ชำนาญในการออกแบบน้อย ก็อาจจะใช้ค่าที่แนะนำไว้ในตารางที่ 2.4 เป็นแนวทางในการคำนวณออกแบบได้

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียวและโลหะเหนียว		เหล็กหล่อและโลหะเปราะ
	N_d	N_d	N_d
แรงอยู่นิ่ง	1.5 – 2	3 – 4	5 – 6
แรงซ้ำทิศทางเดียว หรือแรงกระแทกเล็กน้อย	3	6	7 – 8
แรงซ้ำสองทิศทางหรือ	4	8	10 – 12
แรงกระแทกเล็กน้อย	5 - 7	10 - 15	15 - 20
แรงกระแทกอย่างหนัก			

ตารางที่ 2.4 ค่าความปลอดภัย

ในการหารอบความเร็วที่ต้องใช้ในการบรรจุนั้นได้มีการทดลอง เพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะ สมในการบรรจุ โดยให้ผู้ที่เคยทำงานจริงมาทดลองบรรจุ ซึ่งได้ใช้เครื่องวัดรอบวัดความเร็วขณะที่มีการบรรจุก็ได้ความเร็วรอบที่ต้องการคือ 12 รอบ/นาที โดยมีการนำความเร็วรอบที่ได้มาทำการหาอัตราทดที่จะใช้จริง มีอัตราทดเท่ากับ 2: 1 ซึ่งใช้เฟืองทด 25 ฟันกับ 50 ฟัน แล้วใช้วงจร PWM ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ให้ได้ 12 รอบ/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AISI Type	Condition	Tensile Strength, ksi	Yield strength, ksi	Elongat. in 2 in., %	Reduction in Area, %	Hardness,BHN	Machinability (Based on 1112 = 100)
1010	HR	64	42	28	67	107	45
	CD	78	68	16	63	129	55
	CDA	64	48	28	65	131	55
1020	HR	65	43	36	59	143	50
	CD	78	66	20	55	156	65
	A	57	52	37	66	111	90
	N	64	50	36	68	131	75
1030	HR&turne	72	44	31	63	140	-
	d	84	76	16	57	177	65
	CD	67	50	31	58	126	-
	A	76	51	32	61	149	-
1040	N	91	58	27	50	201	63
	HR	100	88	17	42	207	65
	CD	75	51	30	57	149	-
	A	85	50	28	55	170	60
1045	N	98	59	24	45	212	56
	HR	103	90	14	40	217	60
	CD	90	55	27	54	174	60
	A	99	61	25	49	207	-
1050	N	105	67	15	-	-	-
	HR	114	104	9	-	-	54
	CD	92	43	24	40	187	-
	A	109	62	20	39	217	-

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาและเหล็กกล้าผสม

(mechanical properties of plain cabon and alloy steels)

(ชิ้นทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25 มิลลิเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ :

HR	รีดร้อน	HRN	รีดร้อนและนอร์มัลไล
HRA	รีดร้อนและแอนนีล	A	แอนนีล
CD	รีดเย็น	N	นอร์มัลไล
CDA	รีดเย็นและแอนนีล		

2.2.6 การคำนวณหาขนาดเกลียวที่ใช้ในการส่งถ่ายกำลัง

ใช้เหล็กมาตรฐาน AISI Type 1040 ได้ Tensile strength 91 ksi Yield stength 58 ksi

$$\sigma u = 91 \times 6.895 = 627.445 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma y = 58 \times 6.895 = 399.91 \text{ N/mm}^2$$

เนื่องจากเป็นแรงหยุดนิ่ง

จากตารางที่ 2.4 ได้ค่าความปลอดภัย Nu = 3-4 กำหนดให้ Nu = 3.3

$$\sigma cd = \frac{400}{3.3} = 121.2 \text{ N/mm}^2$$

จากน้ำหนักที่ กระทำกับเกลียว = 494.33 kg

จะได้

$W = \sigma cd [(d/4)d_r^2]$

$4849.38 \text{ N} = 121.2 [(5/4) d_r^2]$

$d_r = 7.13 \text{ mm}$

เลือกขนาด 10 mm จากตาราง 2.3

$P = 2 \text{ mm}$

$D_3 = d_r = 7.5 \text{ mm}$

ความยาวของเกลียวที่จะใช้ = 220 mm

$Le = 0.707 \times 220 = 155.54 \text{ mm}$

$k = d_r/4 = 7.5/4 = 1.875 \text{ mm}$

$Le/k = 82.95 \; ; \; Le/k < 110$

ใช้สูตร $W = [(Ar \times \sigma y)/N] \times [(1-\sigma y(Le/k)^2)/4\pi^2 E]$ Eq.1

$Ar = (5/4)(7.5)^2 = 44.18 \text{ mm}^2$

$E = 206000 \text{ N/mm}^2$

แทนค่า ได้ W = 185.6 kg เทียบกับค่าแรงกดแล้วน้อยกว่ายังใช้ไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใหม่ ขนาด 14 mm จะได้ดังนี้

P	=	3 mm		
d_r	=	10.5 mm		
Le	=	0.707 x 220	=	155.54 mm
k	=	$d_r/4 = 7.5/4$	=	2.625 mm
Le/k	=	59.25 mm^2		
Ar	=	86.59 mm^2		

แทนค่าในสูตร Eq.1ใหม่ จะได้

W = 600.21 kg เทียบกับค่าแรงกด แล้วมากกว่า ใช้ได้

โดยที่

σu = Tensile strength (N/mm^2)

σy = Yield stength (N/mm^2)

σcd = ความเค้นวิกฤต (N/mm^2)

W = แรงกระทำลงบนเกลียว (N)

d_r = เส้นผ่านศูนย์กลางน้อย (mm)

P = ระยะพิตช์ (mm)

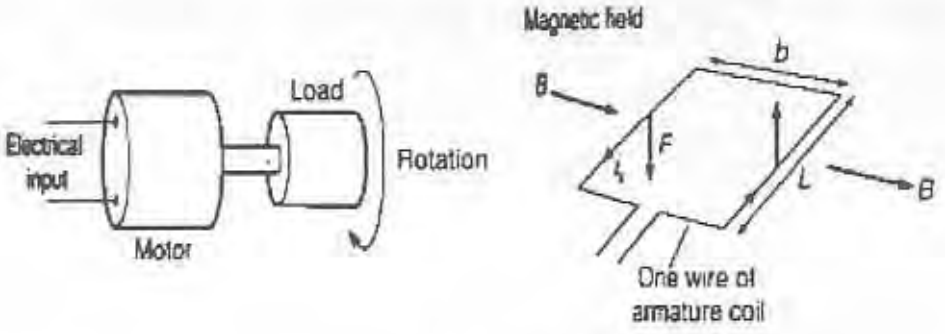
Le/k = อัตราส่วนความเพรียวของเกลียว (mm^2)

Ar = พื้นที่รับแรง (mm^2)

2.3 ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current, DC Motor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล หรือจะกล่าวได้ว่าเป็นระบบที่มีสัญญาณไฟฟ้าเป็นอินพุท และมีเอาท์พุทเป็นพลังงานกลก็ได้ โดยทั่วไปมอเตอร์จะประกอบด้วยขดลวดที่ส่วนหมุน หรือ armature coil ซึ่งสามารถที่จะหมุนไปได้อย่างอิสระ ขดลวดนี้จะวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก ซึ่งอาจจะเป็นแม่เหล็กถาวร หรือส่วนมากจะเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สร้างจากกระแสไฟฟ้าผ่าน field coils. เมื่อมีกระแสไฟฟ้า i_a ไหลผ่าน armature coil ซึ่งวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดแรงผลักทำให้ armature นี้เกิดการหมุน ตามที่แสดงในรูป 2.2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 DC Motor

แรงกระทำ F ที่กระทำบนขดลวดความยาว L ที่มีกระแส i_a ไหลผ่าน และวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก ที่มีความเข้มสนามแม่เหล็ก B แรง F ที่กระทำเป็นมุมฉากกับ B จะมีค่าเป็น

$$F = Bi_a L \tag{2.10}$$

ถ้ามีขดลวดจำนวน N เส้นจะได้

$$F = NBi_a L \tag{2.11}$$

แรงกระทำ F นี้จะยังผลให้เกิดแรงบิด T เมื่อ $T = Fb$ โดย b คือความกว้างของขดลวด ดังนั้น

$$F = NBi_a Lb \tag{2.12}$$

เราจะเห็นว่า แรงบิด T นี้จะเป็นสัดส่วนกับ Bi_a ส่วนพารามิเตอร์อื่นๆ ก็จะคงที่ สำหรับมอเตอร์หนึ่ง ๆ ดังนั้นเราสามารถเขียนสมการได้เป็น

$$T = k_1 Bi_a \tag{2.13}$$

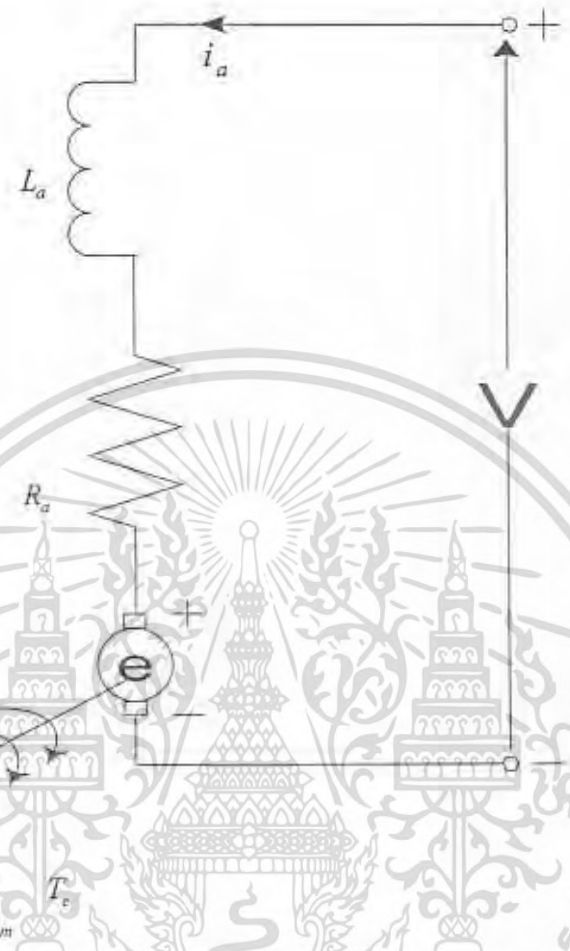
โดยที่

$k_1 = NLb$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
62903

2.3.1. วงจรสมมูลย์ และค่าแรงบิด

(Equivalent Circuit and Eletromagnetic Torque)



รูปที่ 2.7 แสดงวงจรสมมูลย์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ถ้าให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมดีซีมอเตอร์ V จะมีกระแสไหลเท่ากับ i_a โดยสามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ได้เป็น

$$V = e + R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} \tag{2.14}$$

จะได้พลังงานทางกล กับ แรงบิดที่เกิดจากอากาศ T_e ที่ความเร็วในการหมุน ω_m ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ในสภาวะคงตัวกระแสไฟฟ้า i_a จะมีค่าคงที่ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V = e + R_a i_a \tag{2.15}$$

กำลังไฟฟ้าจะได้เป็น

$$Vi_a = ei_a + R_a i_a^2$$

จากสมการจะพบว่า $R_a i_a^2$ จะเป็นค่า กำลังไฟฟ้าสูญเสียในขดลวดอาร์เมเจอร์และ Vi_a เป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามอเตอร์ ดังนั้น ei_a เป็นกำลังไฟฟ้าที่ส่งผ่านทางกล เรียกว่า P_a

$$P_a = \omega_m T_e = ei_a \tag{2.16}$$

ดังนั้น

$$T_e = \frac{ei_a}{\omega_m} \tag{2.17}$$

จากสมการ $e = K_b \omega_m$ จากการเกิดอีเอ็มเอฟจะได้ค่าแรงบิด T_e

$$T_e = ei_a K_b \tag{2.18}$$

เมื่อ K_b เป็นค่าคงที่อีเอ็มเอฟ (rad / sec)

ให้โมเมนต์ของโหลดเป็นค่าแรงเฉื่อย J_m in $kg-m^2/\sec^2$ กับ ค่าสัมประสิทธิ์ความหนืด B_l in $N.m/(rad/\sec)$. เมื่อ ค่าแรงบิดความเร่ง , T_a in $N.m$ จะได้สมการความสัมพันธ์เป็น

$$J\frac{d\omega_m}{dt} + B_l\omega_m = T_e - T_l = T_a \tag{2.19}$$

กำหนดให้ T_l เป็นแรงบิดที่โหลด

จากสมการที่กำหนด เป็นสมการที่เกิดขึ้นในช่วงชั่วขณะ (dynamic) ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงกับโหลด และสามารถสร้างบล็อกไดอะแกรม และฟังชั่นก์ได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V = e + R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} \tag{2.20}$$

$$J\frac{d\omega_m}{dt} + B_1\omega_m = T_e - T_1 = T_a \tag{2.21}$$

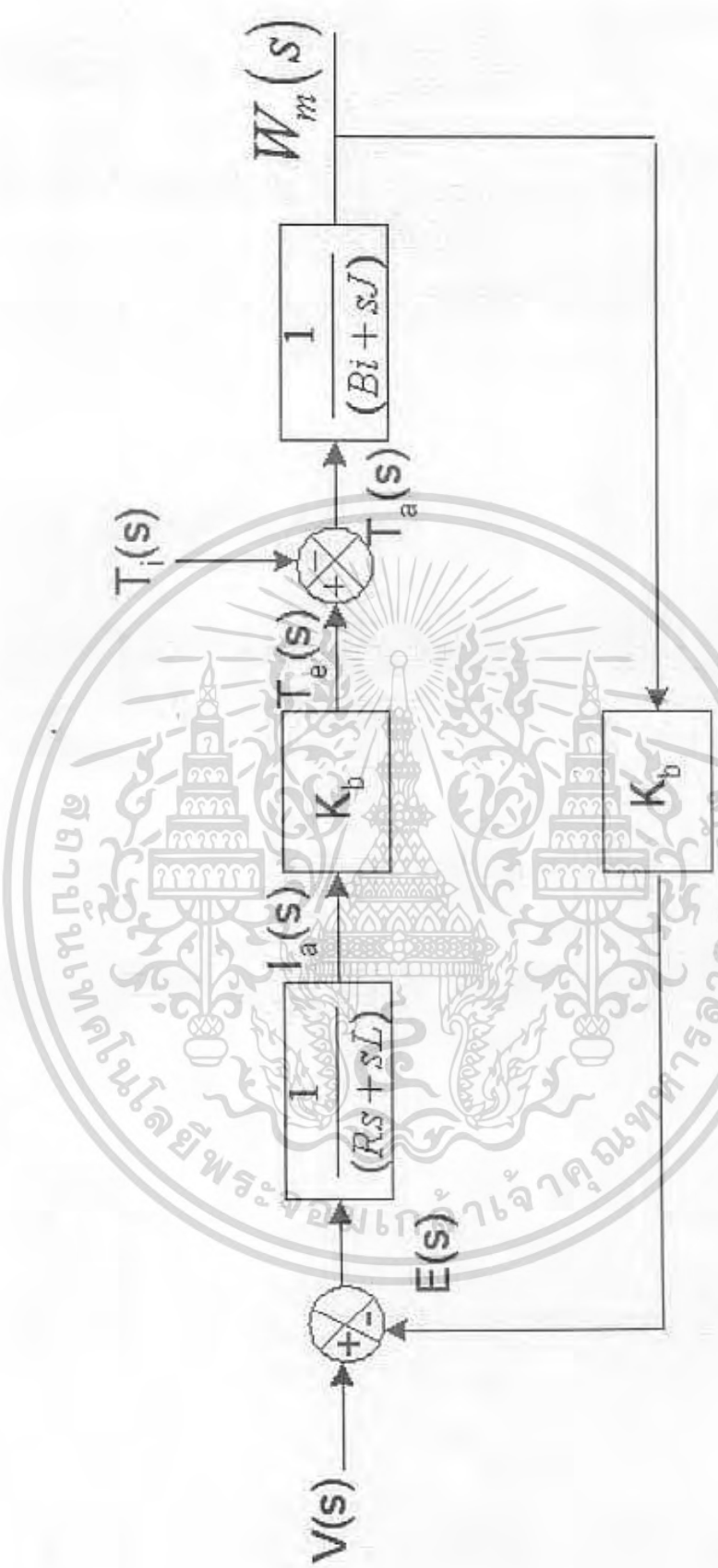
โดยรูปแบบของลาปลาททรานฟอร์ม และจัดรูปแบบใหม่ได้เป็น

$$I_a(s) = \frac{V(s) - K_b\omega_m(s)}{R_a + sL_a}$$

$$\omega_m(s) = \frac{K_b I_a(s) - T_1(s)}{(B_1 + sJ)}$$

จากสมการสามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ของ ได้เป็นบล็อกไดอะแกรมดังรูป 2.2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.2.3 บล็อกไดอะแกรมของดีซีมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 พื้นฐานภาษา C

ภาษา C เป็นตัวเลือกที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม สำหรับใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นตระกูล MCS-51, 68HC11,ST และไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC จากไมโครชิป (Microchip)

2.4.1 โครงสร้างภาษา C

โครงสร้างของ ภาษา C ในรูปแบบมาตรฐาน (ANSI Standard C) จะประกอบไปด้วยรายละเอียดดังนี้

2.4.1.1 พรีโปรเซสเซอร์ไดเร็กตีฟ (Preprocessor directives)

เป็นชุดคำสั่งในการจัดเตรียมข้อมูลสำหรับการประมวลผล โดย ก่อนที่จะมีการคอมไพล (compile) หรือแปรตัวโค้ดโปรแกรมให้เป็นภาษาเครื่องนั้น จะมาทำงานในส่วนนี้ก่อน จึงเรียกว่าพรีโปรเซสเซอร์

2.4.1.2 การประกาศ (Declarations)

ก่อนใช้งานตัวแปรหรือฟังก์ชั่น ต้องมีการประกาศและสร้างตัวแปรหรือฟังก์ชั่นขึ้นมาก่อน

2.4.1.3 การกำหนดค่า (Definitions)

การประกาศและจองหน่วยความจำ หรือกำหนดค่าให้กับตัวแปรหรือฟังก์ชั่น

2.4.1.4 นิพจน์ (Expressions)

นิพจน์คือ การกระทำระหว่าง ตัวดำเนินการ (operators) กับตัวถูกดำเนินการ (operands) เพื่อให้ได้ค่าใดค่าหนึ่ง

2.4.1.5 สเตตเมนต์ (Statements)

คำสั่งการทำงาน คือคำสั่งที่ใช้ในการทำงานตามความต้องการของผู้เขียนโปรแกรม

2.4.1.6 ฟังก์ชั่น (Functions)

ฟังก์ชั่น คือส่วนประกอบของโปรแกรมที่กำหนดให้ทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง จนเสร็จสิ้น โดยที่ฟังก์ชั่นจะประกอบไปด้วย การประกาศใช้งานตัวแปร การกำหนดค่าให้กับตัวแปร นิพจน์ และคำสั่งการทำงาน

2.4.1.7 ฟังก์ชั่นหลัก (main function)

เป็นฟังก์ชั่นที่จะต้องมีการประกาศทุกครั้งเพื่อมีการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C เพราะการทำงานของโปรแกรมจะเริ่มต้นที่ฟังก์ชั่นนี้ และเป็นฟังก์ชั่นที่ใช้ในการเรียกฟังก์ชั่นอื่นๆในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 คำสั่งควบคุมโปรแกรม (Program Control Statement)

จุดมุ่งหมายของการเขียนโปรแกรมคือ ต้องการให้โปรแกรมทำงานตามเงื่อนไขที่ต้องการ ไม่ว่าจะเป็นการทำงานในส่วนที่กำหนด การวนลูปชุดคำสั่งที่ต้องการ การทำงานในลักษณะนี้จะต้องมีชุดคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน นั่นคือ ชุดคำสั่งควบคุมที่มาพร้อมกับตัวภาษา และทุกๆ ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมก็จะมีชุดคำสั่งเหล่านี้ โดยจะแตกต่างกันไปในรายละเอียดเล็กน้อยขึ้นอยู่กับภาษานั้น สำหรับ ANSI C จะประกอบไปด้วยชุดคำสั่งควบคุมดังนี้

1. ชุดคำสั่งกำหนดเงื่อนไข (conditional statements)

2 . ชุดคำสั่งการวนลูป (loop statement)

2.5.1 ชุดคำสั่งกำหนดเงื่อนไข

คำสั่งกำหนดเงื่อนไขในลักษณะนี้ จะเป็นไปในรูปแบบที่มีทางเลือก อย่างใดอย่างหนึ่งในการทำงาน โดยขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ รายละเอียดของแต่ละคำสั่งมีดังนี้

2.5.1.1 คำสั่ง if...else...

คำสั่งการทำงานกำหนดเงื่อนไข จะแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

1. condition then Statement จะตรวจสอบเงื่อนไข ถ้าเป็นจริง ก็จะเข้าไปทำงานในส่วนของ Statement ถ้าเงื่อนไขเป็นเท็จก็จะข้ามการทำงานในส่วนของ Statement ไปทำงานในลำดับถัดไปของโปรแกรม

รูปแบบการใช้งาน

```
If (expr) stmt;
```

2. if condition then Statement Statement2 จะตรวจสอบเงื่อนไข ถ้าเป็นจริง จะเข้าไปทำงาน Statement1 ถ้าเงื่อนไขเป็นเท็จก็จะข้ามการทำงานในส่วนของ Statement2

รูปแบบการใช้งาน

```
If (expr) stmt; else stmt;
```

3. if condition1 then Statement1 elseif condition2 else Statement2 ในรูปแบบนี้จะตรวจสอบเงื่อนไขที่ 1 ก่อน ถ้าเป็นจริง ก็จะเข้าไปทำงานในส่วนของ Statement2 แต่ถ้าเป็นเท็จก็จะข้ามการทำงานในส่วนของ Statement2 ไปทำงานในลำดับถัดไปของโปรแกรม

รูปแบบการใช้งาน

```
If  (expr)  stmt;  elseif   (expr)  stmt;
```

2.5.1.2 คำสั่ง switch

คำสั่งการทำงานที่ประกอบไปด้วยหลายๆ เงื่อนไข ถ้าใช้ชุดคำสั่งกำหนดเงื่อนไขด้วย if ...else...อาจจะไม่สะดวกเท่ากับการใช้คำสั่ง switch แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบการใช้งาน

```
switch (expr) {
        case cexpr: stmt;       //one or more case
        [default:stmt]
}
```

2.5.2 ชุดคำสั่งการวนลูป

คำสั่งการวนลูป เป็นคำสั่งเงื่อนไขที่มีการทำงานซ้ำๆอยู่ในลูปของเงื่อนไข จนกว่าเงื่อนไขจะเป็นเท็จ จึงออกจากการทำงานของลูป รายละเอียดของแต่ละคำสั่งมีดังนี้

2.5.2.1 คำสั่งลูป while ()

การทำงานของคำสั่ง จะเริ่มต้นตรวจสอบเงื่อนไขในคำสั่ง while ว่าเป็นจริงหรือไม่ ถ้าเป็นจริงจะทำคำสั่งที่อยู่ในลูป while () และจะทำซ้ำไปเรื่อยๆจนกว่าเงื่อนไขจะเป็นเท็จ จากนั้นจึงจะหลุดจากคำสั่งลูป while

รูปแบบการใช้งาน

```
While (expr) stmt;
หรือ
While (expr) {
    Stmt1;
    Stmt2;
    ...
}
```

2.5.2.2 คำสั่งลูป do ... while()

คำสั่งการวนลูปด้วย do ... while () จะแตกต่างกับคำสั่ง while () ตรงที่คำสั่งลูปนี้จะมีการทำงานในลูปอย่างน้อย 1 ครั้งก่อนที่จะตรวจสอบเงื่อนไขในการวนลูป

รูปแบบการใช้งาน

```
Do { stmts; } while (expr);
```

2.5.2.3 คำสั่ง for

เป็นคำสั่งการวนลูปที่มีจำนวนแน่นอน และได้กำหนดไว้แล้วในส่วนของการวนลูป การกำหนดเงื่อนไขจะกำหนดใน expr ซึ่งเป็นค่าเริ่มต้น expr2 เป็นส่วนเปรียบเทียบเงื่อนไข และ expr3 เป็นส่วนเพิ่มเติมหรือลดค่าข้อมูล

รูปแบบการใช้งาน

```
For (expr1; expr2; expr3 ) stmt;
หรือ
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
For (expr1;  expr2;  expr3)   {
        Stmt1;
        Stmt2;
}
```

2.6 ใช้งานโมดูลแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ด้วยโปรแกรมภาษา C

การใช้งานโมดูลแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ด้วยโปรแกรมภาษา C นั้น CCS C คอมไพเลอร์ ได้เตรียมฟังก์ชั่นไว้ให้พร้อมแล้ว ไม่ว่าจะเป็นส่วนเตรียมความพร้อมและการเรียกใช้งานโมดูลแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล รวมถึงฟังก์ชั่นในการอ่านค่าสัญญาณเพื่อแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลดังนี้

1. ฟังก์ชั่นที่เกี่ยวกับการกำหนดขาพอร์ทอนาลอก ได้แก่ setup_adc() , setup_adc_ports() และ set_adc_channel()

2. ฟังก์ชั่นในการอ่านค่าสัญญาณอนาลอก ได้แก่ read_adc()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

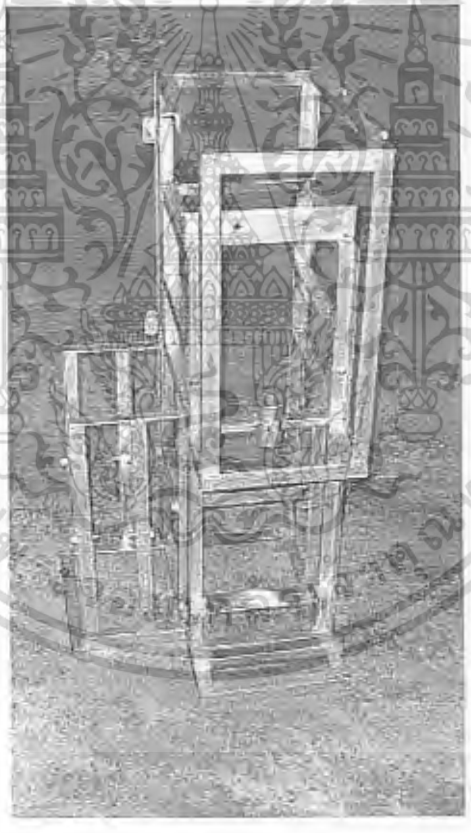
บทที่ 3
การสร้างและการออกแบบ

3.1 การออกแบบส่วนประกอบต่างๆ

ในการออกแบบเครื่องบรรจุไส้กรอก ได้มีการกำหนดขอบเขตไว้ดังนี้ ให้เป็นเครื่องบรรจุไส้กรอก โดยจะออกแบบให้ใช้หลักการของแรงดันในการดันอาหารออกมาบรรจุในไส้หมูหรือไส้เทียม

3.1.1 การออกแบบโครงสร้างของเครื่อง

การออกแบบโครงสร้างเครื่องโดยใช้เหล็กฉากขนาด 1 นิ้ว หนา 3.0 มิลลิเมตร เชื่อมติดกันเป็นโครงมีความแข็งแรงเพื่อรองรับน้ำหนักของถังบรรจุ ชุดส่งกำลังและมอเตอร์ต้นกำลัง และแรงกดที่เกิดขึ้นจากการอัดอาหารของเครื่องขณะกำลังทำงาน



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของเครื่องบรรจุไส้กรอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

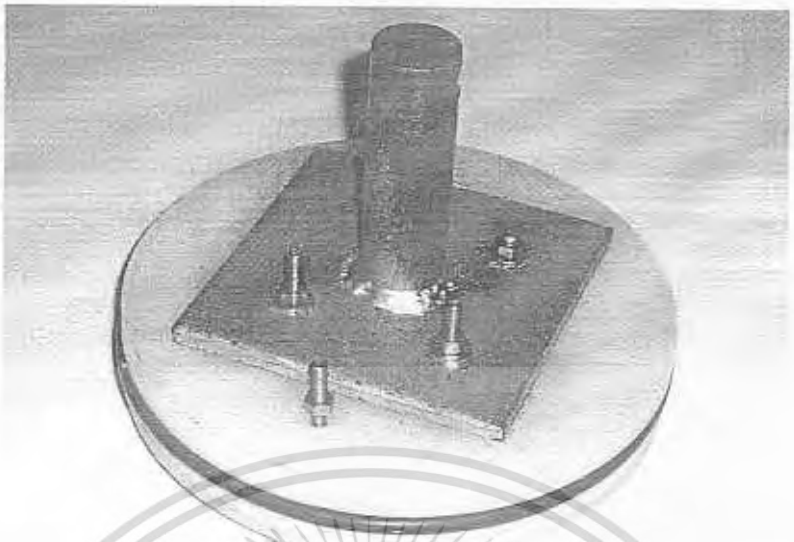
3.1.2 การออกแบบชุดถังบรรจุ

ถังบรรจุ ใช้ ท่อสแตนเลสหนา 3 มิลลิเมตร ขนาด 1 ½ นิ้ว ทำการม้วนสแตนเลสให้ได้แบบตามที่กำหนดไว้ทำเป็นถังบรรจุตามรูปที่ 3.2 ส่วนท่อทางออกใช้สแตนเลสหนา 1.5 มิลลิเมตรโดยถังมีความสูง 230 มิลลิเมตร ความสูงจากปากถังถึงก้น 180 มิลลิเมตร โดยถังมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 170 มิลลิเมตร มีการต่อท่อ ขนาด 1 ½ นิ้ว ออกมาจากก้นถังยาว 40 มิลลิเมตร ใช้ท่ออลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร ต่อออกมาตรงข้ามกันข้างละ 2.5 มิลลิเมตร เพื่อยึดถังให้ตรงตามตำแหน่งที่ต้องการฝาอัดหรือลูกสูบของถังบรรจุไส้กรอกดังรูปที่ 3.3 จะใช้พลาสติกเกรดอาหารหนา 32 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 167 มิลลิเมตร โดยมีการเซาะร่องเพื่อใส่โอริง ขนาด 165 มิลลิเมตร ยึดติดกับแผ่นยึดลูกสูบซึ่งต่อกับเพลาเพื่อยึดกับชุดเกลียวส่งกำลัง แผ่นยึดทำจากเหล็กแผ่นหนา 5 มิลลิเมตร ขนาด 10x10 เซนติเมตร เพลามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 7.5 มิลลิเมตร โดยใช้น็อตยึดขนาด M4x 1.25 ยึดติดกันระหว่างฝาอัดกับแผ่นเหล็กยึดฝาอัดมีช่องระบายอากาศขณะอัดอาหาร ขนาดถังบรรจุอาหารสามารถบรรจุอาหารได้สูงสุด 3 กิโลกรัม

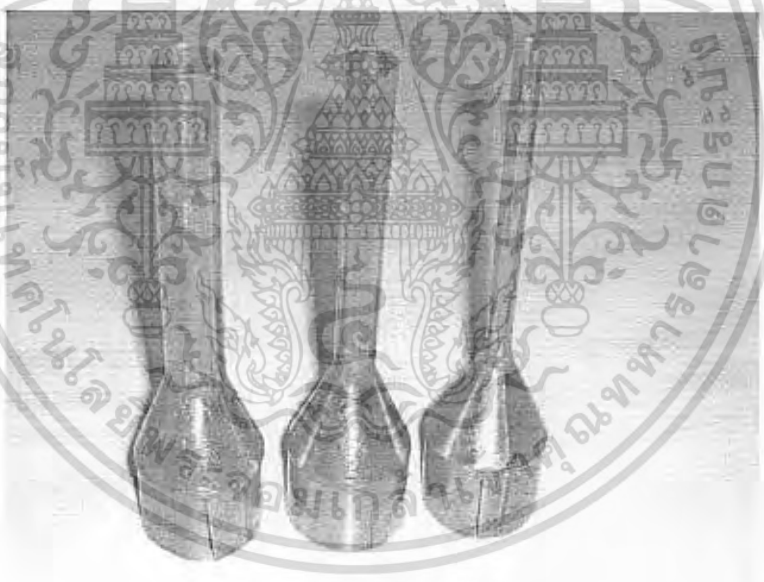
กรวยป้อนในรูปที่ 3.4 ทำจากสแตนเลสมีอยู่ด้วยกัน 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 มิลลิเมตร ขนาดกลางมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ขนาดเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร มีไว้สำหรับกำหนดขนาดของไส้กรอกที่จะทำ

รูปที่ 3.2 ถังบรรจุที่สร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ฝาอัดอาหารที่มีลักษณะคล้ายลูกสูบ

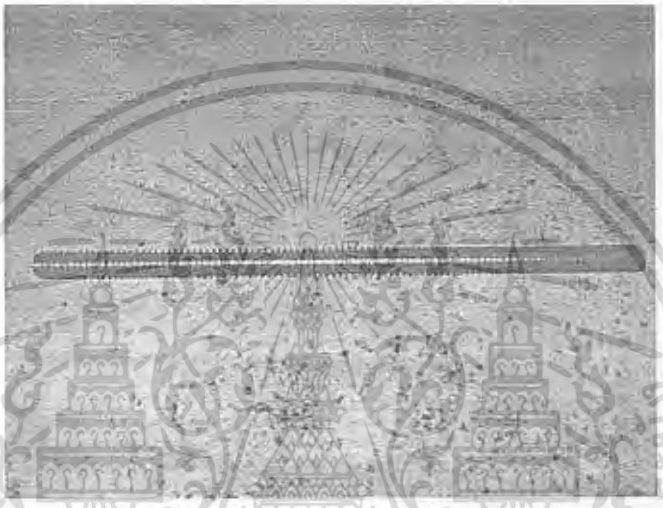


รูปที่ 3.4 กรวยป้อนทั้ง 3 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การออกแบบชุดเกลียวส่งกำลัง

มีการออกแบบการใช้เกลียวในการส่งกำลังจากมอเตอร์มายังฝาอัดอาหาร โดยเกลียวที่ใช้เป็นชนิดเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูปากเดียวดังรูปที่ 3.5และ3.6 เนื่องจากเกลียวชนิดนี้สามารถใช้ในการส่งถ่ายกำลังได้ดี โดยเกลียวส่งกำลังจะมีความยาว 22 เซนติเมตร เนื่องจากถังมีความสูง 18 เซนติเมตร และเผื่อระยะให้ลูกสูบลอยอยู่เหนือถัง ประมาณ 4 เซนติเมตร และสามารถเคลื่อนที่ขึ้นและลงในแนวดิ่งเท่านั้น โดยเกลียวนี้จะต่ออยู่กับลูกสูบของถังบรรจุ



รูปที่ 3.5 เกลียวส่งกำลังที่ใช้ในการดันลูกสูบฝาอัดลงในถังบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 เกลียวในที่เป็นตัวอัดลูกสูบลงไปในถัง

3.1.4 การออกแบบชุดต้นกำลัง

ในการออกแบบชุดต้นกำลังนี้เราจะใช้ต้นกำลังเป็นดีซีมอเตอร์ โดยเราสามารถคำนวณหาค่า แรงบิด, T_m ที่ดีซีมอเตอร์สร้างขึ้นได้ดังนี้

$$P_m = T_m.\omega_m$$

ดังนั้น

$$T_m = \frac{P_m}{\omega_m}$$

กำหนดให้ P_m เป็นค่ากำลังไฟฟ้าของดีซีมอเตอร์ และ ω_m เป็นค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ (rad/sec)

และสามารถคำนวณหาค่าแรงบิดของโหลด, T_L ซึ่งเป็นอาหารกึ่งเหลวที่บรรจุลงในถังได้ดังนี้

$$T_L = \frac{F.D}{2\eta}$$

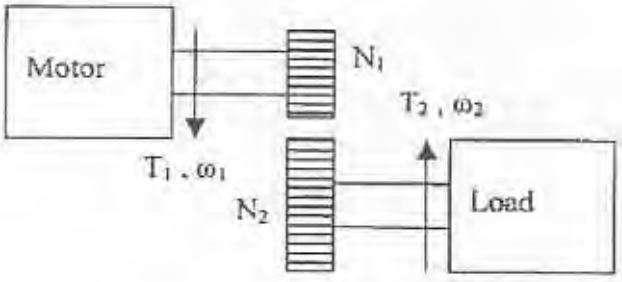
กำหนดให้ F เป็นค่าแรงต้าน (นิวตัน), D เป็นเส้นผ่านศูนย์กลาง (เมตร) และ η เป็นประสิทธิภาพของดีซีมอเตอร์

$$F = \mu.mg$$

กำหนดให้ μ เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานประมาณ 0.6-0.85 , m เป็นค่ามวลของวัตถุ (กิโลกรัม) และ g เป็นแรงดึงดูดของโลก (9.8 m/ s^2)

โดยค่าแรงบิดที่ดีซีมอเตอร์สร้างขึ้นต้องมีค่ามากกว่าแรงบิดที่โหลด แต่เนื่องจากโครงงานนี้มีการต่อเฟืองทดโดยมีการส่งผ่านแรงบิดกลับไปยังตัวต้นกำลัง จึงทำให้มีอัตราส่วนในการส่งผ่าน ครั้งนี้ 1:2 (25:50) ฟันเฟืองจึงทำให้ค่าแรงบิดที่ส่งผ่านกลับไปมีค่าลดลงตามอัตราส่วนของชุดเฟืองทด $\frac{N_2}{N_1}T_2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



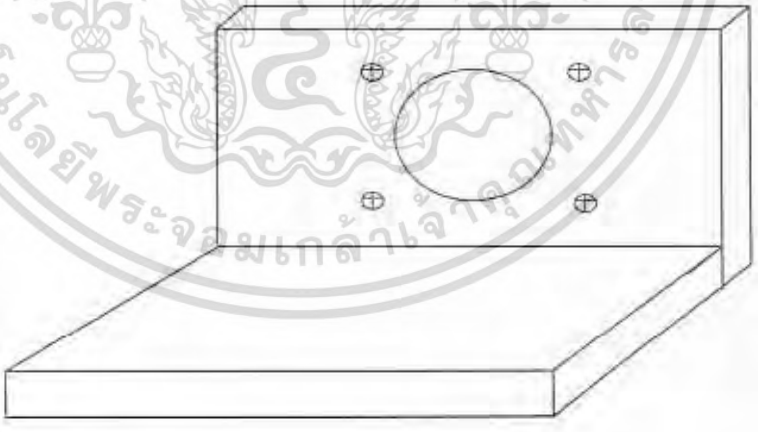
รูป 3.7 ระบบการคัพปลิ้งของเกียร์

เนื่องจากแรงบิดที่ดีซีมอเตอร์สร้างขึ้นเมื่อเทียบกับโหลดมีความแตกต่างกันมาก

การเลือกใช้ต้นกำลังเป็นดีซีมอเตอร์นั้น เพราะดีซีมอเตอร์มีขนาดเล็ก แรงบิดสูง ติดตั้งได้สะดวก และสามารถควบคุมการทำงานได้ง่ายกว่ามอเตอร์ชนิดอื่นๆ

3.1.5 การออกแบบชุดติดตั้งดีซีมอเตอร์

การติดตั้งตัวดีซีมอเตอร์ เราจะมีฐานที่ทำมาจากเหล็กแผ่นหนา 0.45 นิ้ว ขนาด 100*150*150 พับเป็นมุมฉากเพื่อยึดตัวมอเตอร์ โดยมีการเจาะรอยึดน็อต 4 ตัว และมีน็อตอีก 4 ตัวมีดติดกับโครงสร้าง

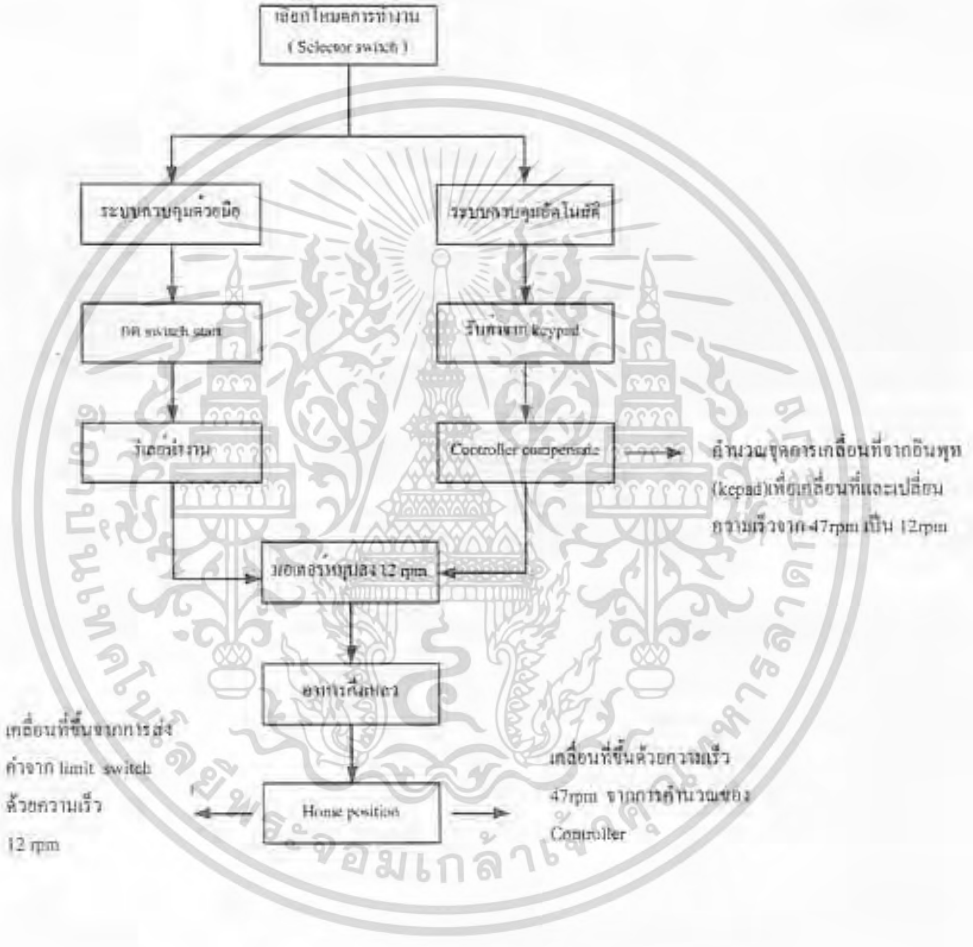


รูปที่ 3.8 ฐานสำหรับติดตั้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบการควบคุมการทำงานของเครื่องบรรจุไส้กรอก

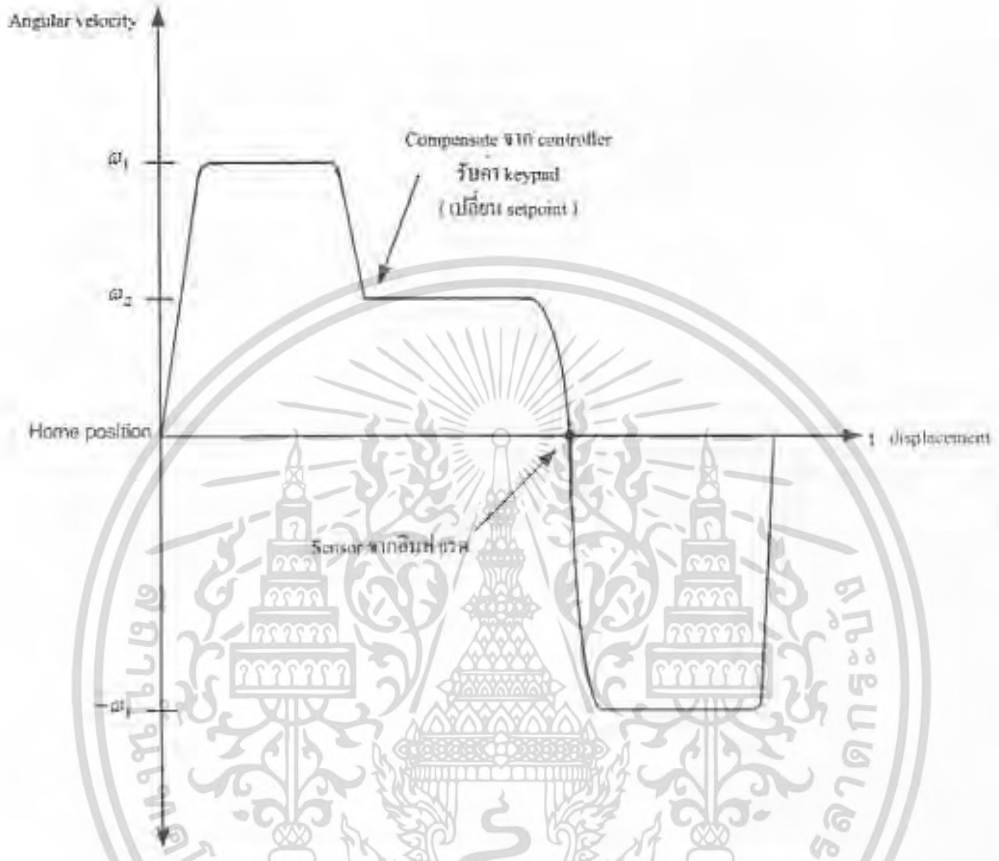
จากการศึกษาการทำงานเครื่องบรรจุไส้กรอกสามารถนำมาออกแบบการควบคุมการทำงานของเครื่องบรรจุไส้กรอกได้เป็น 2 โหมดการทำงานคือ การควบคุมด้วยมือโดยใช้รีเลย์และการควบคุมอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของเครื่อง เราสามารถนำข้อมูลต่างๆมาเขียนเป็นแบบจำลอง (model)ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การทำงานโดยรวมของเครื่องบรรจุไส้กรอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 กำหนด speed profile ของมอเตอร์ในการทำงานของเครื่องบรรจุไส้กรอก 1 รอบการทำงาน

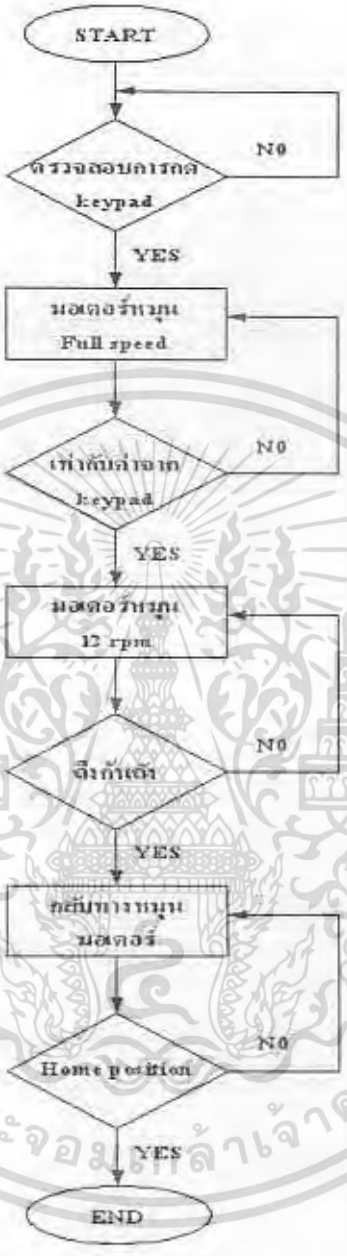


รูปที่ 3.10 ความสัมพันธ์ของ angular velocity กับ displacement

เมื่อทำการ start มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วคงที่ที่ความเร็ว w_1 (47 รอบต่อนาที) จนฝาอัดเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งของวัตถุดิบที่ใช้ทำไส้กรอกที่อยู่ภายในถัง ความเร็วของมอเตอร์จะลดลงมาอยู่ที่ความเร็ว w_2 (12 รอบต่อนาที)ฝาอัดจะอัดวัตถุดิบที่ใช้ทำไส้กรอกจนถึงก้นถัง เมื่อฝาอัด อัดวัตถุดิบที่ใช้ทำไส้กรอกจนถึงก้นถังแล้วมอเตอร์จะกลับทางหมุนด้วยความเร็ว $-w_1$ (47 รอบต่อนาที) ฝาอัดจะเคลื่อนที่กลับไปถึงตำแหน่งเริ่มต้น มอเตอร์ก็จะหยุดหมุน การกำหนด speed profile ของมอเตอร์ในการทำงานของเครื่องบรรจุไส้กรอก 1 รอบการทำงาน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

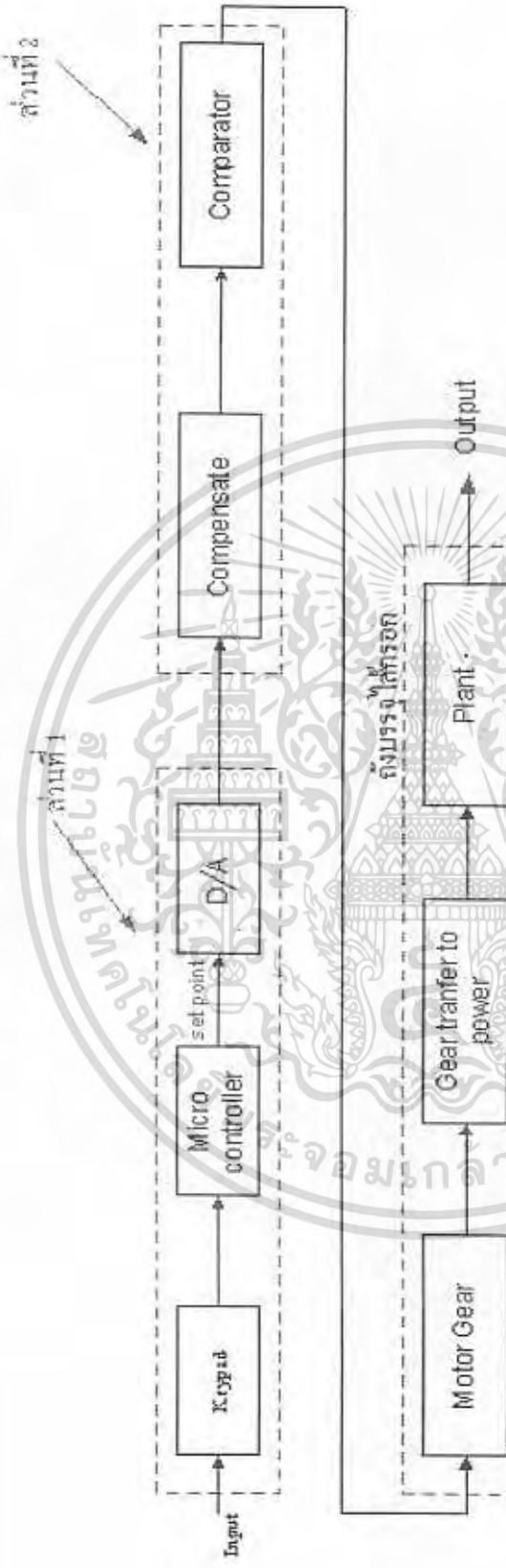
3.4 การออกแบบวงจรควบคุมอัตโนมัติ



รูปที่ 3.11 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมการทำงานแบบอัตโนมัติ

จากรูปการทำงานโดยรวมของเครื่องบรรจุไส้กรอก สามารถเขียนบล็อกไดอะแกรม ที่ใช้ในการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติดังรูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

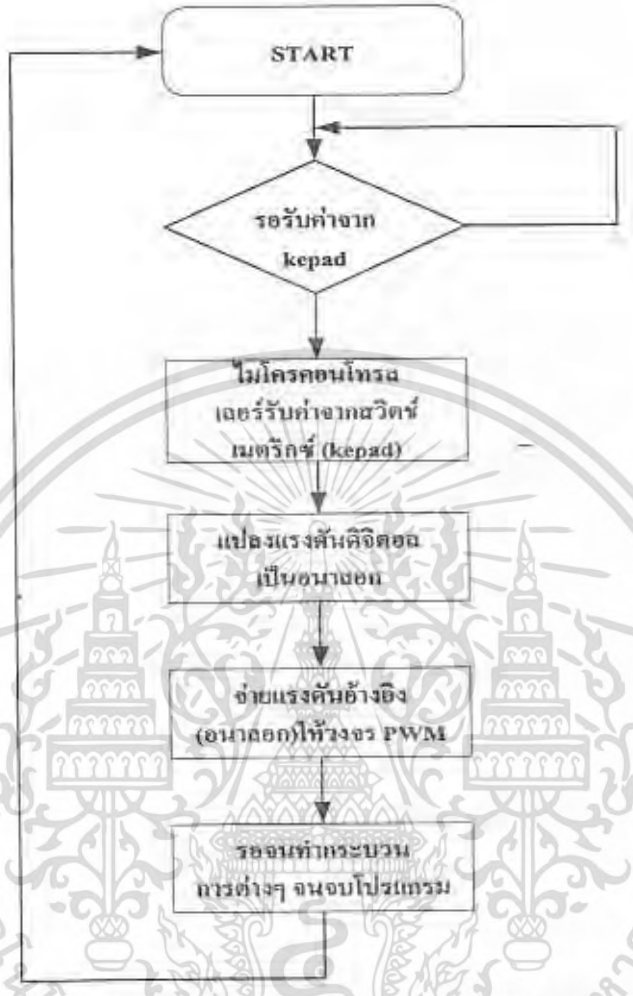


รูปที่ 3.12 บล็อกไดอะแกรมที่ใช้ในการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 อธิบายการทำงาน

การทำงานของส่วนที่ 1



รูปที่ 3.13 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของส่วนที่ 1

การทำงานจะเริ่มจากการวัดระดับของไส้กรอกที่ใส่ลงไปในถัง (วัดเป็นหน่วยเซนติเมตร โดยจะปัดเศษที่เป็นหน่วยมิลลิเมตร โดยจะปัดขึ้นทั้งหมด) แล้วนำค่าที่อ่านได้จากไม้บรรทัดมาหารสอง ถ้าหารแล้วเหลือเศษอีกก็ให้ปัดขึ้นเช่นกัน เช่น วัดระดับของเนื้อไส้กรอกได้ 5 เซนติเมตร หารสองก็จะได้ 2.5 ก็ให้ปัดขึ้น โดยค่าที่จะกดในคีย์แพด คือ 3 โดยก่อนที่จะกดเลขที่ได้จากการวัดนั้นก่อนการทำงานทุกครั้งเราต้องกดปุ่มคีย์ '#'ก่อนทุกครั้ง เมื่อกดเลขที่ได้จากการวัดแล้วไมโครคอลโทรเลอร์จะนำค่าที่กดนั้นไปเป็นตัวกำหนดระยะทั้งหมดในการทำงานหนึ่งรอบ โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งค่าดิจิตอล 8 บิต ไปยังอุปกรณ์แปลงแรงดันดิจิตอลเป็นแรงดันอนาล็อก (D to A converter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้สัญญาณอนาล็อก -5 โวลต์ ถึง 5 โวลต์ เพื่อนำแรงดันอนาล็อกนี้ไปเป็นแรงดันอ้างอิงจ่ายให้กับวงจร PWM ซึ่งกระบวนการทำงานจะมี 3 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 มอเตอร์จะหมุนลงด้วยความเร็วสูงสุดที่ 47 รอบต่อนาทีโดยจะส่งผ่านไปยังเกลียวส่งกำลังโดยมีอัตราส่วน 2:1 ไปยังฝาอัด เมื่อฝาอัดหมุนไปถึงระยะที่ไมโครคอนโทรลเลอร์กำหนดให้ คือระยะที่ถึงเนื้อไส้กรอกนั้น มอเตอร์จะเปลี่ยนความเร็วเป็น 12 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วที่เหมาะสมกับการอัดเนื้อไส้กรอก

ระยะที่ 2 มอเตอร์ที่หมุดด้วยความเร็ว 12 รอบต่อนาที จะหมุนไปจนสุดถึงก้นถัง และเมื่อถึงก้นถังมอเตอร์จะกลับทางหมุนด้วยความเร็วสูงสุด 47 รอบต่อนาที

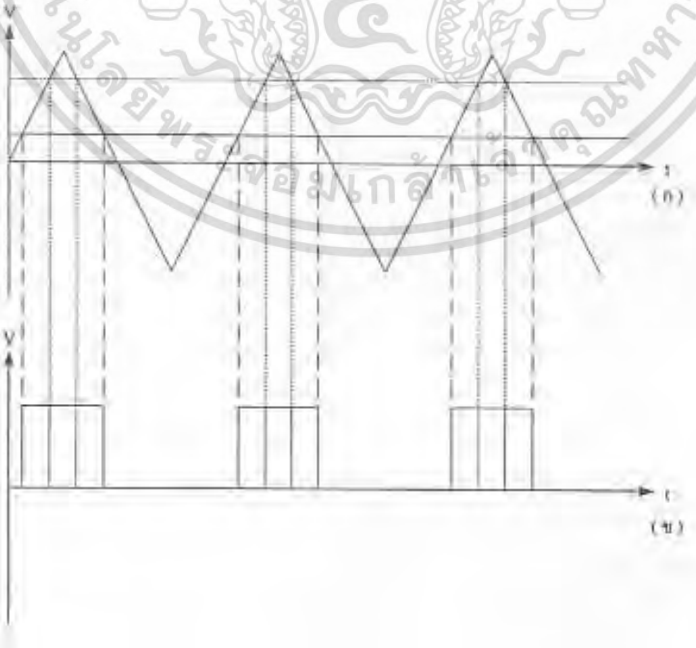
ระยะที่ 3 มอเตอร์ที่กลับทางหมุนด้วยความเร็วสูงสุดจะเคลื่อนที่ไปจนถึงตำแหน่งเริ่มต้นเพื่อรอการสั่งงานใหม่อีกครั้ง

การทำงานของส่วนที่ 2

ในส่วนของวงจรชดเชย (Compensate) ประกอบด้วย 3 วงจรดังนี้

1. Velocity Amplifier เป็นวงจรที่มีพฤติกรรมเป็นการอินทิเกรตเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน
2. Lag – Lead Compensate เป็นวงจรที่จะเพิ่ม gain margin ในช่วงความถี่ต่ำ
3. Current Amplifier เป็นการควบคุมทอล์กด้วยวิธีการป้อนกลับแบบกระแส

ในส่วนของวงจรเปรียบเทียบ(Comparater) จะเปรียบเทียบสัญญาณรูปสามเหลี่ยมกับสัญญาณระดับ โดยที่สัญญาณระดับจะเปลี่ยนแปลงและไปเปรียบเทียบกับสัญญาณที่คงที่ เช่น ตัวอย่างดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 การเปรียบเทียบสัญญาณสามเหลี่ยมกับสัญญาณระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปถ้าสัญญาณระดับเปลี่ยนแปลงจะทำให้การเปรียบเทียบออกมาได้ช่วง on-off ไม่เท่ากัน เพราะฉะนั้นแรงดันเฉลี่ยที่ได้จะไม่เท่ากันด้วย เราจึงสามารถควบคุมสัญญาณเอาพุทต์ได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงสัญญาณระดับ

การทำงานของส่วนที่ 3

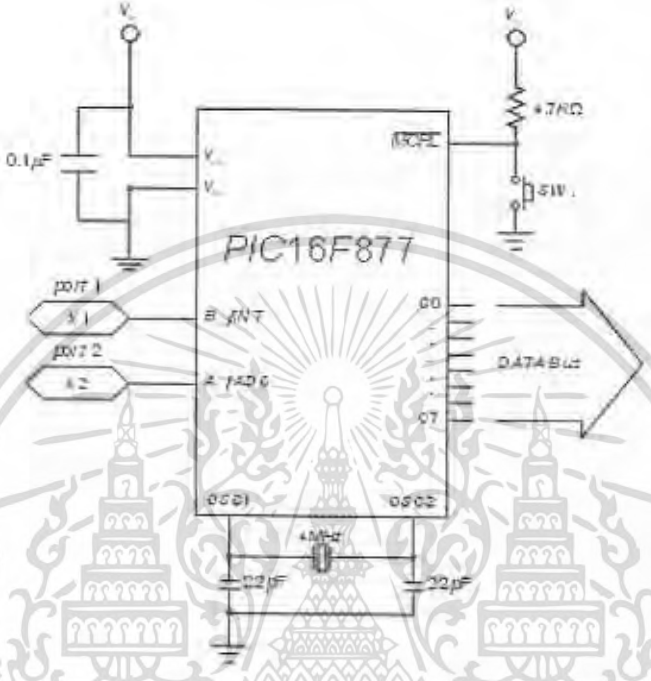
เมื่อแรงดันเฉลี่ยที่ได้จากส่วนที่ 2 จ่ายให้กับวงจรควบคุมทิศทางการหมุน(H-Bridge)ก็จะทำให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วที่แตกต่างออกไปเพราะช่วง on-off ของส่วนที่ 2 ซึ่งความเร็วได้ถูกกำหนดไว้ที่ 2 ระดับ คือ ความเร็วสูงสุด 47 รอบต่อนาทีและ 12 รอบต่อนาทีซึ่งเป็นเวลาที่เหมาะสมต่อการอัด เมื่อมอเตอร์ทำงานครบรอบตามที่ไมโครคอนโทรลเลอร์กำหนด และกลับไปหยุดยังจุดเริ่มต้น จะรอรับค่าใหม่จากการกดคีย์แพดอีกครั้ง

รูปที่ 3.15 การควบคุมมอเตอร์แบบ H-Bridge

ในการออกแบบจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ PIC16F877 เพื่อเป็นอุปกรณ์ประมวลผลและควบคุมการทำงาน โดยใช้ ภาษาซี ในการเขียนโปรแกรมและยังมีส่วนประกอบอื่นๆที่ต่อร่วมเพื่อให้ได้ผลตามที่ต้องการ คือสัญญาณอนาล็อก เพื่อจ่ายแรงดันอ้างอิงให้วงจรชดเชย โดยที่ใช้อุปกรณ์ เบอร์ DAC0832 ในการแปลงสัญญาณดิจิตอลที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นสัญญาณอนาล็อก และคำนวณการเคลื่อนที่

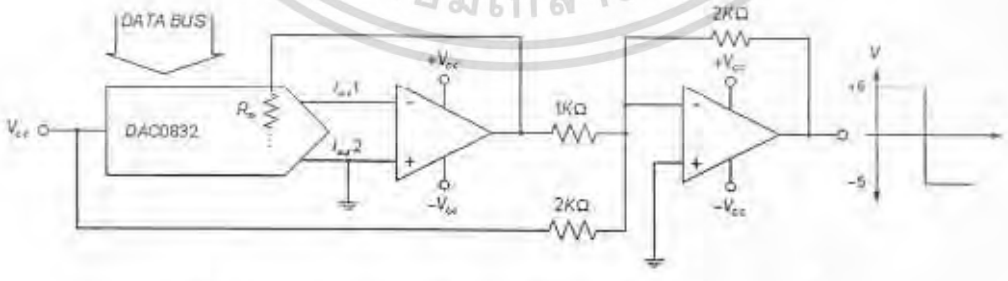
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของฝาอัดจากจุดเริ่มต้นจนทำกระบวนการจบแล้วกลับมาจุดเริ่มต้นอีกครั้ง โดยใช้อัตราส่วนของความเร็วสูงสุด 47 rpm และความเร็ว 12 rpm มาเป็นสัดส่วนกับการเคลื่อนที่หน่วยเป็นเซนติเมตรจะได้เวลาต่อการเคลื่อนที่หน่วยเป็นเซนติเมตร มากำหนดการทำงานทั้งหมด



รูปที่ 3.16 การต่ออุปกรณ์ภายนอกร่วมกับ PIC16F877

การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อกจะใช้วงจรดังรูปที่ 3.17

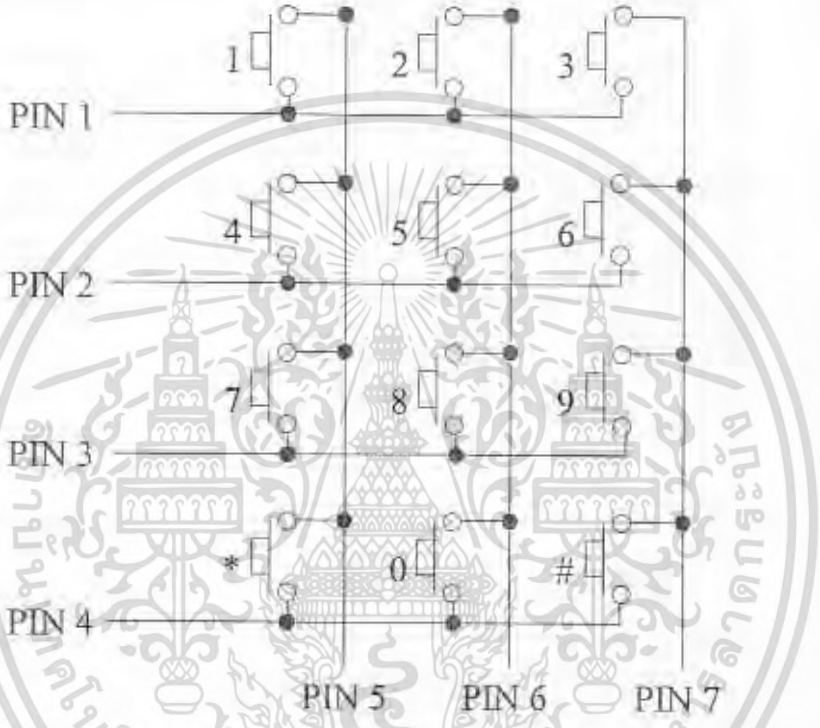


รูปที่ 3.17 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การทำงานของวงจร DAC 0832

เป็นไอซีแปลงแรงดันดิจิตอลเป็นแรงดันอนาล็อก ซึ่งวงจรต่อใช้งานจะต่อวงจรตามคู่มือการใช้งาน เพราะตัวไอซีเองไม่สามารถสร้างแรงดันได้เอง จึงต้องมีวงจรออปแอมป์ต่อเพิ่มเพื่อเพิ่มแรงดันก่อนนำไปใช้งานจริง



รูปที่ 3.18 รูปวงจรสวิตช์เมตริกซ์

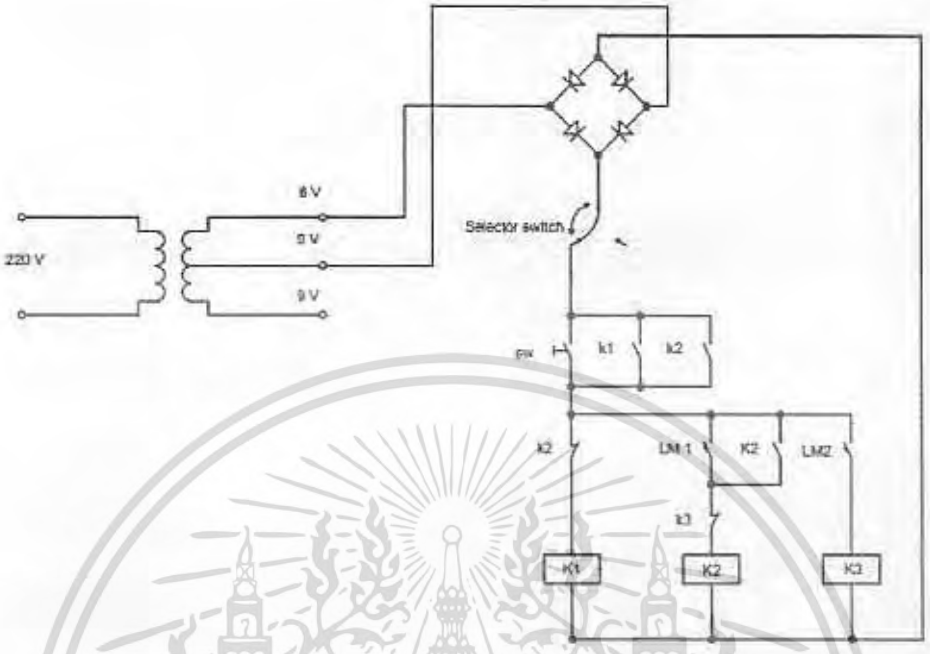
3.4.3 การทำงานของวงจรสวิตช์เมตริกซ์

การต่อใช้งานสวิตช์แบบเมตริกซ์เป็นการนำสวิตช์ธรรมดามาต่อกันในแบบเมตริกซ์ คือ ขาด้านหนึ่งจะต่อในแนวหลัก (colum) และขาอีกด้านหนึ่งจะต่อในแนวแถว (row) แสดงดังรูปที่ 3.18 ในการนำเอาสวิตช์เมตริกซ์มาต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์จะให้ค่าแต่ละ PIN เป็น 1 แล้วนำค่าที่ต้องการอ่านมาคูณกันคือให้ค่า 1 ไว้คลอดกับ PIN ที่เป็นหลัก (colum) และให้วนตรวจสอบโดยให้ลอจิก 0 แต่ละ PIN ในแนวแถว (PIN5-PIN7) ซึ่งถ้าไม่มีการกดสวิตช์ค่าที่คูณด้วยกันของลอจิกก็จะได้เหมือนเดิมแต่ถ้ามีการกดสวิตช์ก็จะทำให้การคูณเกิดลอจิก 0 ขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

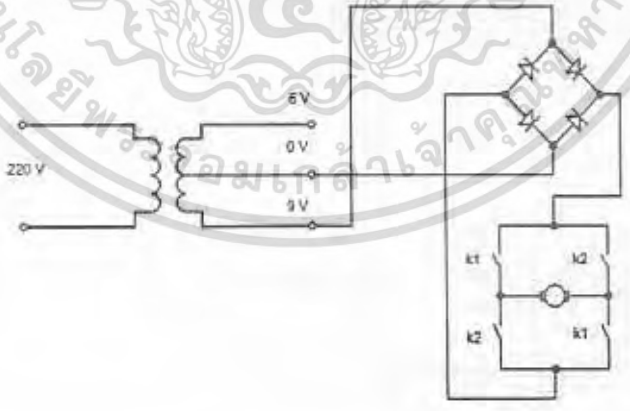
3.5 การออกแบบวงจรควบคุมด้วยมือ

3.5.1 การออกแบบวงจรควบคุม



รูปที่ 3.19 วงจรควบคุมมอเตอร์

3.5.2 การออกแบบวงจรกำลัง



รูปที่ 3.20 วงจรกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 การทำงานของวงจร

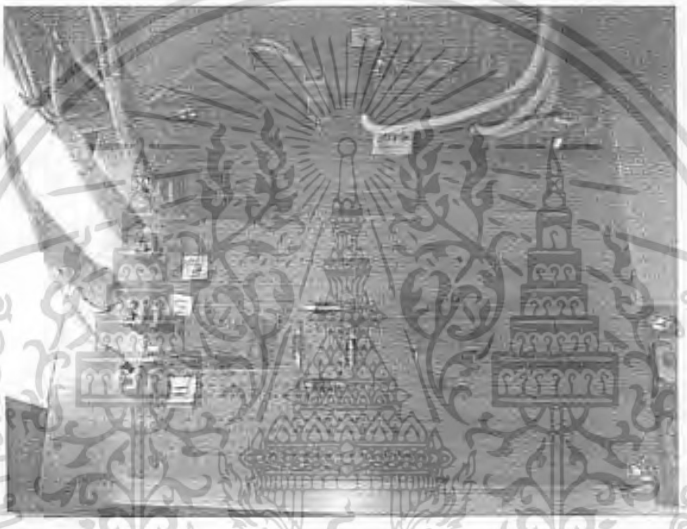
กด selector switch เลือกการทำงานแบบ การควบคุมด้วยมือ เมื่อกด push button switch start จะทำให้ K1 (รีเลย์ตัวที่ 1) ทำงาน ฝาอัดจะเคลื่อนที่ลงด้วยความเร็ว 12 รอบ/นาที ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งลงไปกด LM1 (limit switch ตัวที่ 1) ให้ทำงาน ทำให้ K2 (รีเลย์ตัวที่2) ทำงานด้วยและ K1 จะหยุดทำงาน ทำให้มอเตอร์กลับทางหมุน ฝาอัดจะเคลื่อนที่กลับขึ้นไปเรื่อยๆ จนกด LM 2 (limit switch ตัวที่ 2) ทำให้ K3 (รีเลย์ตัวที่ 3) ทำงานและไปตัดการทำงานของ K2 (รีเลย์ตัวที่ 2) มอเตอร์หยุดหมุน คือสิ้นสุดการทำงาน 1 รอบ เมื่อต้องการทำงานอีกรอบ ก็กด switch start อีกครั้ง จะเริ่มการทำงานรอบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

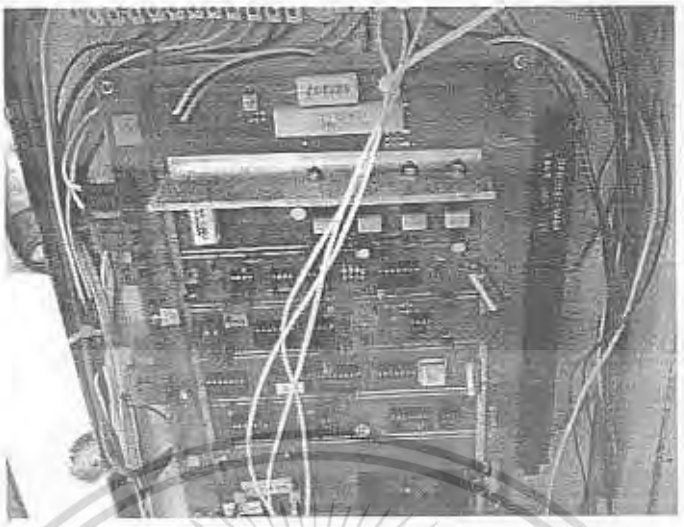
การทดลอง

จากการออกแบบและสร้างเครื่องบรรจุไส้กรอก ได้เครื่องบรรจุไส้กรอกที่สามารถทำงานได้ 2 โหมดคือ โหมดควบคุมด้วยมือและโหมดควบคุมอัตโนมัติ โดยโหมดควบคุมด้วยมือ จะประกอบด้วยวงจรควบคุมและวงจรกำลังดังรูปที่ 4.1 ส่วนโหมดควบคุมอัตโนมัติจะประกอบด้วยวงจร PWM ดังรูปที่ 4.2 วงจร PIC รูปที่ 4.3 วงจรแปลงไฟ 15 V AC เป็น + 15 และ – 15 รูปที่ 4.4

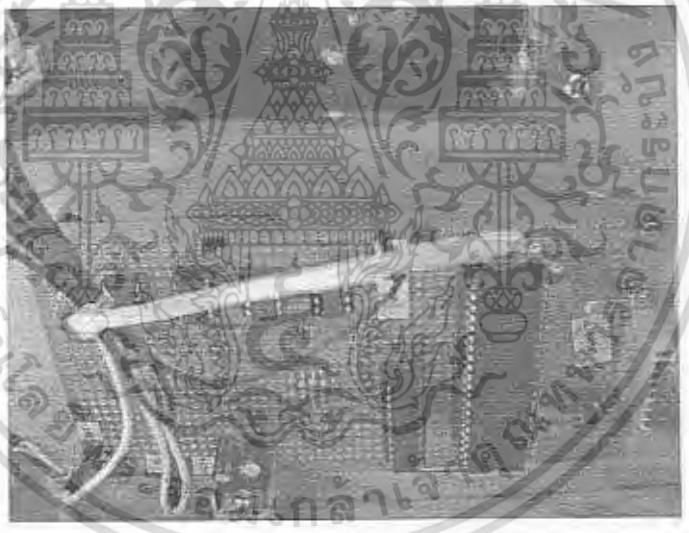


รูปที่ 4.1 ชุดควบคุมด้วยมือ จะประกอบด้วยวงจรควบคุมและวงจรกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

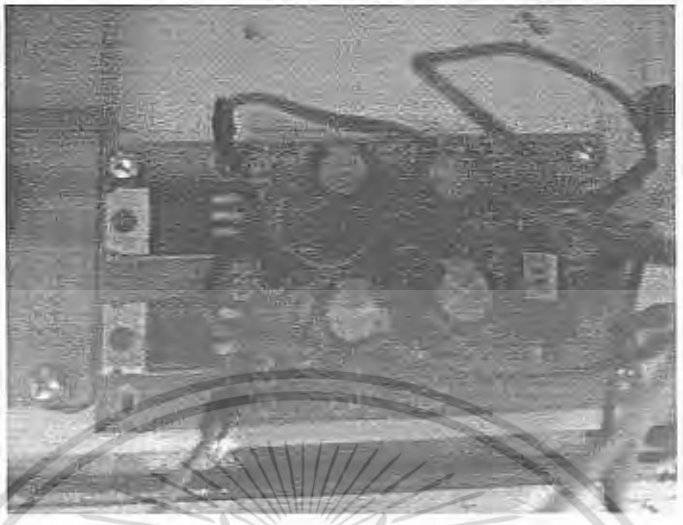


รูปที่ 4.2 ชุดควบคุมอัตโนมัติจะประกอบด้วยวงจร PWM



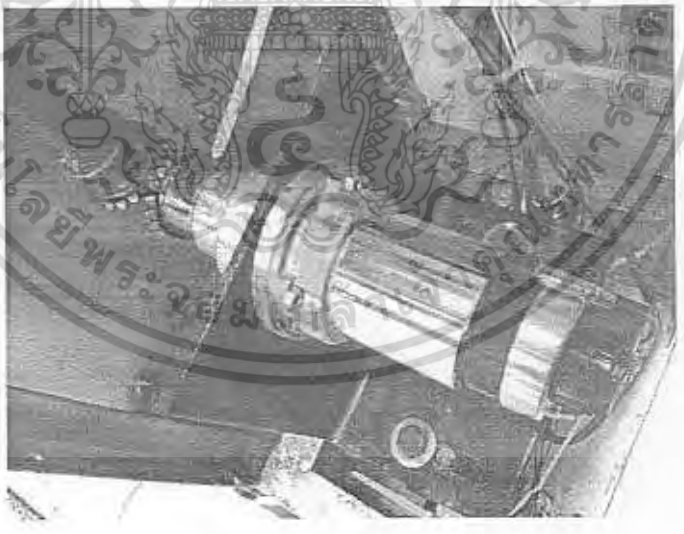
รูปที่ 4.3 วงจร PIC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 วงจรแปลงไฟ 15 V AC เป็น + 15 และ – 15

ในส่วนการสร้างเครื่องบรรจุไส้กรอกเราออกแบบให้มอเตอร์ขับเพลาส่งกำลัง (รูปที่ 4.5) ผ่านเฟืองทดที่มีอัตราทด 2:1 เพื่อขับฝาอัดให้เคลื่อนที่ (รูปที่ 4.7)



รูปที่ 4.5 มอเตอร์ขับเพลาส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6 ชุดฝาอัด

รูปที่ 4.7 คือรูปของเครื่องบรรจุไส้กรอกที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว พร้อมที่จะนำไปใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การทดลองที่ 1

4.1.1 การทดลองวัดสัญญาณจากวงจร PWM

จุดประสงค์

เพื่อวัดสัญญาณในแต่ละภาคการทำงานว่าตรงตามที่ออกแบบไว้หรือไม่

วัสดุและอุปกรณ์

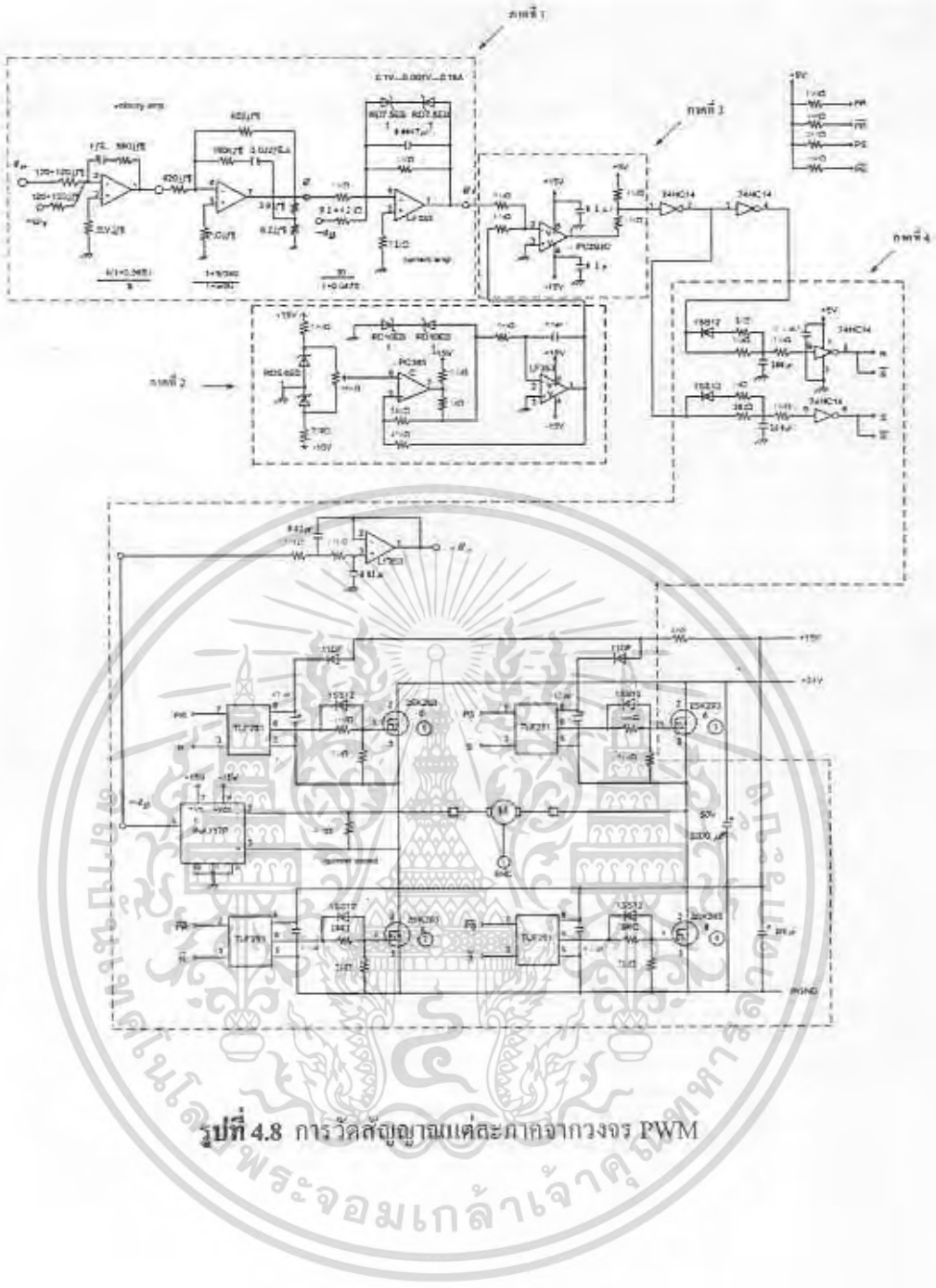
1. ดิจิตอล สโครป 1 เครื่อง
2. เพาเวอร์ซัพพลาย 1 เครื่อง

วิธีการทดลอง

1. จ่ายไฟให้กับวงจร
2. ใช้ดิจิตอล สโครปวัดสัญญาณเอาพ์พุตของแต่ละภาค
3. บันทึกสัญญาณที่ได้
4. สรุปผลการทดลอง

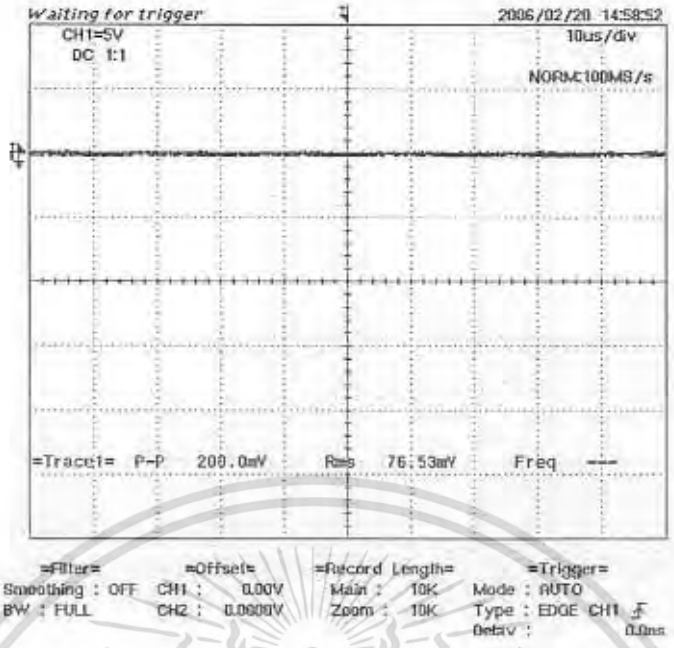
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 การวัดสัญญาณแต่ละภาคจากวงจร PWM

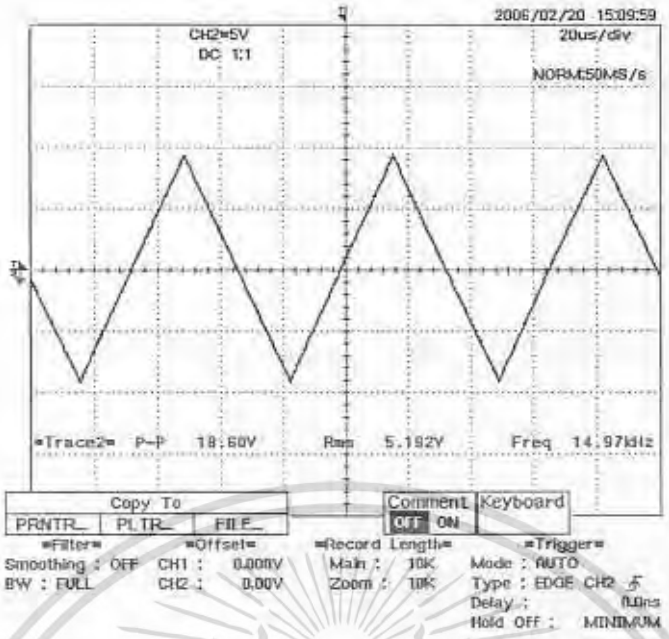
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 รูปสัญญาณภาคที่ 1

จากรูปจะได้เป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงมาจากวงจรชดเชย ซึ่งรูปสัญญาณที่ได้จะนำไปเปรียบเทียบกับวงจรสัญญาณเหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

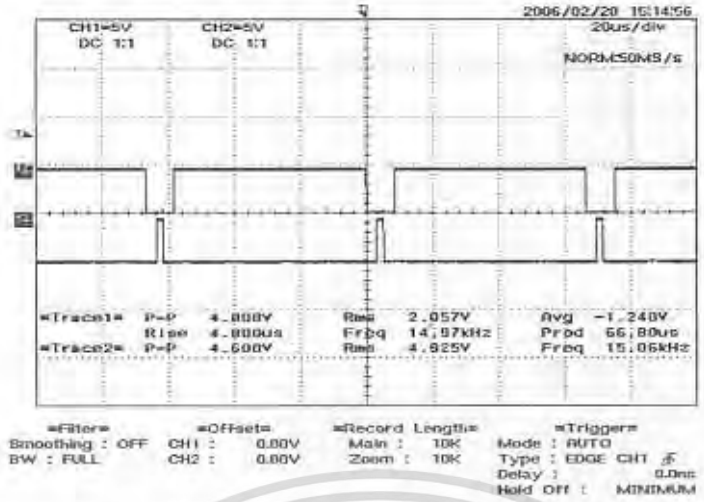


รูปที่ 4.10 รูปสัญญาณภาคที่ 2

ภาคที่ 2 จะเป็นชุดที่สร้างสัญญาณฟันเลื่อย (sawtooth) เพื่อนำไปเปรียบเทียบในภาค comparator

ภาคที่ 3 เป็นภาค comparator จะทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณที่ได้จากภาคที่ 1 (feedback) และสัญญาณที่ได้จากภาคที่ 2 (sawtooth) เพื่อสร้างสัญญาณเป็น pulse width modulated (PWM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 รูปสัญญาณภาคที่ 4

ภาคที่ 4 เป็นภาค delay time จะทำหน้าที่หน่วงคาบเวลาการทำงานของวงจร drive motor เพื่อป้องกันการลัดวงจรขณะ MOSFET เปลี่ยนสถานะ การทำงาน

4.2 การทดลองที่ 2

4.2.1 การทดลองวัดค่ากระแสที่ไหลผ่านมอเตอร์

4.2.1.1 ผลการทดลองของการควบคุมแบบควบคุมด้วยมือ (manual)

จุดประสงค์

เพื่อทดสอบว่ากระแสที่ไหลผ่านมอเตอร์เกินพิกัดของมอเตอร์หรือไม่

วัสดุและอุปกรณ์

1.ดิจิตอล มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง

2.สายต่อวงจร

3.วงจรชุดควบคุมด้วยมือ

วิธีการทดลอง

1.นำสายต่อวงจรไปต่อชุดวงจรควบคุมด้วยมือ

2.ต่อดิจิตอล มัลติมิเตอร์อนุกรม กับมอเตอร์

3.จ่ายไฟให้กับชุดวงจรควบคุมด้วยมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.บันทึกค่ากระแสที่ได้จากดิจิตอลมัลติมิเตอร์ในขณะที่มีโหลดและไม่มีโหลด

5.สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองการวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมอเตอร์ในขณะที่ยังไม่ บรรจุไส้กรอกลงไปภายในถัง โดยการทดลองวัดค่ากระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ ในขณะที่ฝาอัดเคลื่อนที่ลงจนถึงก้นถัง และขณะที่ฝาอัดเคลื่อนที่ขึ้น (มอเตอร์กลับทางหมุน) ได้ค่าดังตารางที่ 4.1

ครั้งที่ / การเคลื่อนที่ของฝาอัด	มีโหลด	ไม่มีโหลด
ลง	300 mA	300 mA
ขึ้น	500 mA	300 mA

ตารางที่ 4.1 การวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมอเตอร์

สรุปผลการทดลอง

กระแสขณะที่ไม่มี โหลดจะมีค่าเท่ากันไม่ว่าฝาอัดจะเคลื่อนที่ขึ้นหรือลง แรงดันตกคร่อมมอเตอร์จะเป็น 20 V ซึ่งไม่เกินพิกัดที่มอเตอร์สามารถทนได้ (24 V)

4.2.1.2 ผลการทดลองของการควบคุมแบบอัตโนมัติ

จุดประสงค์

เพื่อทดสอบว่ากระแสที่ไหลผ่านมอเตอร์เกินพิกัดของมอเตอร์หรือไม่

วัสดุและอุปกรณ์

1.ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง

2.สายต่อวงจร

3.วงจรชุดควบคุมแบบอัตโนมัติ (PWM Controller)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1.นำสายต่อวงจรไปต่อวงจรชุดควบคุมอัตโนมัติ

2.ต่อดิจิตอลมัลติมิเตอร์อนุกรม กับมอเตอร์

3.จ่ายไฟให้กับชุดวงจรควบคุมอัตโนมัติ

4.บันทึกค่ากระแสที่ได้จากดิจิตอลมัลติมิเตอร์ในขณะที่มีโหลดและไม่มีโหลด

5.สรุปผลการทดลอง

แรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์	ลักษณะการทำงาน	กระแสไฟฟ้าขณะมีโหลด	กระแสไฟฟ้าเมื่อถึงขอบถัง	กระแสไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด
5 V	ฝาอัดเคลื่อนที่ลง	130 mA	110 mA	104 mA
	ฝาอัดเคลื่อนที่ขึ้น	118 mA	118 mA	105 mA
1.1 V	ฝาอัดเคลื่อนที่ลง	113 mA	113 mA	113 mA

ตารางที่ 4.2 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของการทำงานแบบอัตโนมัติ

สรุปผลการทดลอง

กระแสที่ใช้จะอยู่ในช่วงระหว่าง 104-113 mA ซึ่งไม่เกินพิกัดที่มอเตอร์สามารถทนได้

4.3 การทดลองที่ 3

4.3.1 การทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้า

4.3.1.1 การหาค่ากำลังไฟฟ้าของระบบการควบคุมด้วยมือ

จุดประสงค์

เพื่อทดสอบว่าเครื่องบรรจุไส้กรอกใช้กำลังไฟฟ้าเท่าไรในการบรรจุแต่ละครั้ง

วัสดุและอุปกรณ์

1.ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง

2.สายต่อวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.วงจรชุดควบคุมด้วยมือ

วิธีการทดลอง

1.นำสายต่อวงจรไปต่อชุดวงจรควบคุมด้วยมือ

2.ต่อดิจิตอลมัลติมิเตอร์อนุกรมกับมอเตอร์

3.จ่ายไฟให้กับชุดวงจรควบคุมด้วยมือ

4.บันทึกค่ากระแสที่ได้จากดิจิตอลมัลติมิเตอร์ในขณะที่มีโหลดและไม่มีโหลด

5.สรุปผลการทดลอง

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า

$$P = VI$$

เมื่อ

P คือ ค่ากำลังไฟฟ้า (วัตต์)

V คือ แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ป้อน (โวลต์)

I คือ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทดลอง (แอมป์)

ลักษณะการทำงาน	กระแสไฟฟ้าขณะมีโหลด	กระแสไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด
ฝาอัดเคลื่อนที่ลง	500 mA	300 mA
ฝาอัดเคลื่อนที่ขึ้น	300 mA	300 mA

ตารางที่ 4.3 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของการทำงานแบบควบคุมด้วยมือ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า ใช้กำลังไฟฟ้าทั้งหมดในการบรรจุไส้กรอก ของระบบการควบคุมด้วยมือ ประมาณ 16 วัตต์ ส่วนระบบการควบคุมอัตโนมัติจะใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 28.6 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.2 การหากำลังไฟฟ้าของระบบควบคุมอัตโนมัติ

จุดประสงค์

เพื่อทดสอบว่าเครื่องบรรจุไส้กรอกใช้กำลังไฟฟ้าในการบรรจุแต่ละครั้ง

วัสดุและอุปกรณ์

1.ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง

2.สายต่อวงจร

3.วงจรชุดควบคุมแบบอัตโนมัติ (PWM Controller)

วิธีการทดลอง

1.นำสายต่อวงจรไปต่อวงจรชุดควบคุมอัตโนมัติ

2.ต่อดิจิตอลมัลติมิเตอร์อนุกรมกับมอเตอร์

3.จ่ายไฟให้กับชุดวงจรควบคุมอัตโนมัติ

4.บันทึกค่ากระแสที่ได้จากดิจิตอลมัลติมิเตอร์ในขณะที่มีโหลดและไม่มีโหลด

5.สรุปผลการทดลอง

แรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์	ลักษณะการทำงาน	กระแสไฟฟ้าขณะมีโหลด	กระแสไฟฟ้าเมื่อถึงขอบถัง	กระแสไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด
5 V	ฝาอัดเคลื่อนที่ลง	130 mA	110 mA	104 mA
	ฝาอัดเคลื่อนที่ขึ้น	118 mA	118 mA	105 mA
1.1 V	ฝาอัดเคลื่อนที่ลง	113 mA	113 mA	113 mA

ตารางที่ 4.4 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของการทำงานแบบอัตโนมัติ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าส่วนระบบการควบคุมอัตโนมัติจะใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 28.6 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองที่ 4

4.4.1 ปริมาตร/น้ำหนักของไส้กรอกจากการคำนวณ

วัตถุประสงค์

สามารถคำนวณหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องบรรจุไส้กรอก

การหาปริมาตร

1. การหาปริมาตรของถัง

การคำนวณ ถังมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 16.5 cm สูงเท่ากับ 18 cm

สูตร ปริมาตรของถัง $= \pi r^2 h$

$$= \pi \times \frac{(16.5)^2}{2} \times 18$$

$$= 3846.89\ cm^3$$

2. การหาปริมาตรของกรวยป้อน

ปริมาตรของกรวยป้อน $= \pi r^2 h$

$$= 3.14 \times \frac{(1.8)^2}{2} \times 10$$

$$= 25.434\ cm^3$$

3. การหาปริมาตรของเนื้อหมู

จากการทดลอง เราใช้เนื้อหมูเท่ากับ 1 kg บรรจุลงในถังแล้วมีความสูงประมาณ 5.25 cm.

ปริมาตรของเนื้อหมู $= \pi r^2 h$

$$= 3.14 \times \frac{(16.5)^2}{2} \times 5.25$$

$$= 1122.0103\ cm^3$$

แต่กรวยป้อนที่เราใช้มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 18 mm. และเนื้อหมูที่บรรจุภายในถังสูง 5.25 cm. เราจึงหาปริมาตรของกรวยป้อนได้โดย

ปริมาตรของกรวยป้อน $= \pi r^2 h$

$$= 3.14 \times \frac{(1.8)^2}{2} \times 5.25$$

$$= 13.3528\ cm^3$$

นำผลลัพธ์ที่ได้มาแทนที่ในถังกับปริมาตรของกรวยป้อน จะได้ปริมาณเนื้อหมูที่ออกจากกรวยป้อน

$$= \frac{\text{ปริมาตรของถัง (ที่มีเนื้อหมู)}}{\text{ปริมาตรของกรวยป้อน}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{1122.0103 cm^2}{13.3528 cm^2}$$

$$= 84.0280$$

นำการแทนที่มาคำนวณหาความยาวที่เครื่องบรรจุไส้กรอกสามารถอัดไส้กรอกได้

ความยาวที่สามารถอัดได้ = ปริมาตรที่แทนที่ × ความสูงของเนื้อหมู

$$= 5.25 \times 84.0280$$

$$= 441.147 \text{ cm.}$$

$$= 4.41 \text{ m.}$$

สรุปผลการทดลอง

เมื่อบรรจุเนื้อหมูปริมาณ 1 kg ลงไปในถังบรรจุ และใช้กรวยป้อนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 mm.และใช้ไส้เทียมขนาด 18 mm จะสามารถอัดไส้กรอกออกมาได้ความยาวประมาณ 4.41 m. โดยรวมเนื้อหมูในถังทั้งหมด

4.5 การทดลองที่ 5

4.5.1 ปริมาตร/น้ำหนักของไส้กรอกจากการทดลอง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องบรรจุไส้กรอก
2. ทดสอบว่าเครื่องบรรจุไส้กรอกสามารถทำงานได้
3. เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการวัดกับค่าที่ได้จากการคำนวณ

วัสดุและอุปกรณ์

1. ถังบรรจุไส้กรอก
2. ไส้เทียมขนาด 21 mm
3. เนื้อหมูบด 1 กิโลกรัม
4. นาฬิกาจับเวลา
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก
6. กรวยป้อน

วิธีการทดลอง

1. ประกอบกรวยป้อนและถังบรรจุไส้กรอกเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. บรรจุเนื้อหมูบดลงไปในถังบรรจุไส้กรอก
3. ชั่งน้ำหนักถังบรรจุไส้กรอกและบันทึกค่า
4. ชั่งน้ำหนักรวมและบันทึกค่า
5. ทำการเปิดเครื่องบรรจุไส้กรอกพร้อมจับเวลาที่ใช้ในการทำงาน
6. นำไส้กรอกที่บรรจุด้วยเครื่องบรรจุไส้กรอกไปชั่งน้ำหนักพร้อมบันทึกผล
7. ชั่งน้ำหนักเนื้อหมูที่เหลือภายในถังบรรจุไส้กรอก หลังจากทำการบรรจุเสร็จแล้ว บันทึกค่า
8. สรุปผลการทดลอง

เนื่องจากเราใช้ถังบรรจุใบเดิม ปริมาตรของถังบรรจุที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 16.5 cm. และสูงเท่ากับ 18 cm. มีปริมาตร 3846.89 cm^3

ในการทดลองเราใช้เนื้อหมูเพื่อนำมาบรรจุกับเครื่องบรรจุไส้กรอกจำนวน 1 kg ใช้กรวยป้อนขนาด 18 mm. และไส้เทียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21 mm. เนื่องจากสามารถหาซื้อได้สะดวก เมื่อนำเนื้อหมูจำนวน 1 kg มาทดลองบรรจุในเครื่องบรรจุไส้กรอกและบรรจุได้ไส้กรอกที่มีความยาวประมาณ 180 cm.

นำความยาวที่ได้จากการคำนวณกับการทดลองมาเปรียบเทียบกัน

จากการคำนวณจะต้องบรรจุไส้กรอกได้ความยาวเท่ากับ 4.41 m. โดยแต่ผลจากการทดลองสามารถบรรจุได้ยาว 1.8 m. เพราะการทดลองเราใช้ไส้เทียมที่มีขนาดใหญ่กว่าการคำนวณ ดังนั้นจึงคำนวณหาปริมาตรในการป้อนใหม่เป็น

ไส้เทียมมีขนาด 21 mm. และเนื้อหมูที่บรรจุในถังสูง 5.25 cm.

ปริมาตรในไส้เทียม $= \pi \times \frac{(2.1)^2}{2} \times 5.25$

$= 18.1747\ cm^3$

ปริมาตรในถังเท่ากับ 1122.0103 cm^3

ดังนั้นอัตราส่วนในการบรรจุไส้กรอก $=$ $\frac{\text{ปริมาตรในถังที่บรรจุเนื้อหมู 1 kg}}{\text{ปริมาตรของกรวยป้อนที่ใช้ไส้เทียม 21 mm.}}$

$= \frac{1122.0103}{18.1747}$

$= 61.7347\ cm^3$

ความยาวของไส้กรอกที่บรรจุได้ $= 61.73 \times$ ความสูงของเนื้อหมู 1 kg

$= 61.73 \times 5.25$

$= 3.2410$ m.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าที่ได้จากการทดลองที่ใช้ไส้เทียมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 21 mm. และเนื้อหมู 1 kg เท่ากับ 1.8 m. ปริมาตรเนื้อหมูที่เหลือภายในถังบรรจุประมาณ 470 cm^3 ซึ่งมีความยาวประมาณ 1.34 m. เพราะฉะนั้นความยาวที่ได้จากการทดลอง จะมีค่าประมาณ 3.14 m.

สรุปผลการทดลอง

ค่าความผิดพลาดเกิดจากโครงสร้างที่ออกแบบของเครื่องบรรจุไส้กรอกไม่ดี ทำให้การตั้ง limit switch ได้ระยะการเคลื่อนที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นเราจึงควรออกแบบโครงสร้างใหม่เพื่อจะได้เหลือเนื้อหมูในถังลดลง ทำให้ค่าที่ได้จากการคำนวณและทดลองใกล้เคียงกันมากที่สุด ทำให้เครื่องบรรจุไส้กรอกทำงานได้เต็มประสิทธิภาพมากขึ้น

4.6 การทดลองที่ 6

4.6.1การทดสอบสมรรถนะของเครื่องบรรจุไส้กรอก

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบอัตราในการบรรจุวัสดุอาหาร
2. หาประสิทธิภาพในการบรรจุในแต่ละครั้งของการบรรจุ
3. เพื่อตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ทำการบรรจุ ว่ามีความเรียบร้อย สวยงาม อย่างไร

วัสดุและอุปกรณ์

1.	เครื่องบรรจุไส้กรอก	1	เครื่อง
2.	วัสดุอาหารที่ใช้สำหรับทำไส้กรอกแฟรงค์เฟิร์ทเตอร์	2000	กรัม
3.	นาฬิกาจับเวลา	1	เรือน
4.	ไส้เทียมขนาด 21 มิลลิเมตร	1	ม้วน
5.	เครื่องชั่งไฟฟ้า ขนาดชั่งสูงสุด 60 kg ความละเอียด 0.01 kg		

วิธีการทดลอง

1. เตรียมเครื่องบรรจุไส้กรอกให้พร้อมที่จะทำงาน
2. ชั่งน้ำหนักถังบรรจุเปล่า
3. เตรียมวัสดุอาหารที่ใช้สำหรับทำไส้กรอกแฟรงค์เฟิร์ทเตอร์
4. นำวัสดุที่ใช้ทำไส้กรอกแฟรงค์เฟิร์ทเตอร์มาบรรจุลงในถังบรรจุ แล้วนำมาชั่งน้ำหนักให้ได้ 1 kg แล้วนำถังบรรจุประกอบเข้ากับตัวเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สวมไส้เทียมที่ช่องทางออกของถังบรรจุ โดยกรวยของช่องทางออกใช้ขนาด 18 มิลลิเมตร
6. เดินเครื่องพร้อมกับจับเวลา นับจากที่ส่วนผสมออกมาจากช่องทางออกของถัง จะหยุดเวลาก็ต่อเมื่อลูกสูบเริ่มเคลื่อนที่ขึ้น โดยไม่คำนึงถึงไส้เทียมว่ามีความยาวพอที่จะบรรจุส่วนผสมหรือไม่
7. หยุดเดินเครื่องแล้วเอาถังออกมาจากตัวเครื่อง นำวัสดุอาหารที่ใช้ทำไส้กรอกแฟรงค์เฟิร์ทเตอร์ ที่ติดค้างอยู่ภายในถังบรรจุพร้อมทั้งถังบรรจุ มาชั่งน้ำหนัก
8. บันทึกเวลาที่ได้ และน้ำหนักของวัสดุอาหารที่ค้างอยู่ภายในถังบรรจุ ในตาราง บันทึกผลการทดลองที่ 4.5
9. ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่บรรจุว่ามีความเรียบร้อย สวยงามอย่างไร แล้วบันทึกผลในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4.5
10. คำนวณหาอัตราในการบรรจุอาหารและประสิทธิภาพในการบรรจุอาหาร ตามสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{อัตราในการบรรจุ (kg/ min)} = \frac{\text{น้ำหนักของวัสดุอาหารที่บรรจุ (kg)}}{\text{เวลาที่ใช้ในการบรรจุ (min)}}$$

$$\text{ประสิทธิภาพในการบรรจุ(\%)} = \frac{\text{น้ำหนักวัสดุอาหารก่อนบรรจุ (kg) - น้ำหนักของวัสดุอาหารที่ค้างในถัง (kg)}}{\text{น้ำหนักของวัสดุอาหารก่อนการบรรจุ (kg)}} \times 100$$

และบันทึกผลในตารางการทดลองที่ 4.6

11. คำนวณหาประสิทธิภาพในการบรรจุเทียบที่ 3 kg ประกอบการคำนวณ โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพในการบรรจุที่ 3 kg.} = \frac{(\text{น้ำหนักวัสดุอาหาร 1 kg x 3}) - \text{น้ำหนักของวัสดุอาหารที่ค้างในถังเฉลี่ย}}{(\text{น้ำหนักวัสดุอาหาร 1 kg x 3})} \times 100$$

บันทึกผลในตารางที่ 4.7

12. สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนผสมของวัสดอาหารที่ใช้ในการทดลองคือ ไส้กรอกแฟรงค์เฟิร์ทเตอร์

น้ำหนักถังเปล่า (kg)	น้ำหนักวัสดุอาหารรวมถังเปล่า (kg)	น้ำหนักวัสดุอาหาร (kg)	เวลาที่ใช้ในการบรรจุ (s)	น้ำหนักวัสดุอาหารที่ติดค้างอยู่ในถังบรรจุรวมถังบรรจุ (kg)	น้ำหนักวัสดุอาหารที่ติดค้างอยู่ในถังบรรจุรวมถังบรรจุเฉลี่ย (kg)	น้ำหนักวัสดุอาหารที่ติดค้างอยู่ในถังบรรจุ (kg)	น้ำหนักวัสดุอาหารที่ติดค้างอยู่ในถังบรรจุเฉลี่ย (kg)	การตรวจสอบผลิตภัณฑ์
3.07	4.07	1	44	3.23	3.26	0.16	0.19	ใช้ได้มีฟองอากาศเล็กน้อย ไม่ค่อยแน่น
				3.30		0.23		
				3.27		0.20		

ตารางที่ 4.5 บันทึกผลการทดลองการ

ชนิดของส่วนผสม	อัตราในการบรรจุ (kg/min)	ประสิทธิภาพในการบรรจุ (%)
ไส้กรอกแฟรงค์เฟิร์ทเตอร์	1.104	81

ตารางที่ 4.6 ค่าอัตราการบรรจุ (kg/min) และประสิทธิภาพในการบรรจุ (%)

วัสดุอาหาร	ประสิทธิภาพการบรรจุ (%)
ไส้กรอกแฟรงค์เฟิร์ทเตอร์	93.66

ตารางที่ 4.7 ประสิทธิการบรรจุวัสดุอาหารเทียบที่ 3 kg.

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

จากการทดลองเครื่องบรรจุไส้กรอกสามารถบรรจุไส้กรอกได้ 1.104 กิโลกรัม ต่อวินาที ไส้กรอกที่บรรจุออกมาได้มีคุณภาพดี มีฟองอากาศน้อยแต่ไม่ค่อยแน่น เนื่องจากผู้บรรจุไม่มีความชำนาญในการบรรจุ เครื่องบรรจุไส้กรอกมีประสิทธิภาพในการบรรจุเท่ากับ 81%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและการวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองเครื่องบรรจุไส้กรอก (SausageTable top Stuffer) สรุปได้ว่าเครื่องบรรจุไส้กรอก (Sausage Table top Stuffer)สามารถใช้งานได้ดีโดยเครื่องบรรจุไส้กรอก (Sausage Table top Stuffer) จะใช้แรงขับจากมอเตอร์ขนาด 20 วัตต์ ใช้ความเร็วที่ 2500 รอบ , ความเร็วในการเคลื่อนที่ของฝาอัด 0.43 เซนติเมตร/นาที อัตราทดระหว่างมอเตอร์ไฟฟ้ากับเกลียวส่งกำลังเท่ากับ 1 : 50 ประสิทธิภาพในการบรรจุขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่นำมาบรรจุและแบ่งการทำงานออกเป็น2โหมดการทำงานคือโหมดควบคุมแบบอัตโนมัติ และโหมดการควบคุมด้วยมือ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกโหมดการทำงานได้อย่างเหมาะสมมากที่สุดโดย โหมดการทำงานแบบการควบคุมด้วยมือมอเตอร์จะใช้กำลังไฟฟ้าในการทำงาน 10.3 วัตต์และโหมดการทำงานแบบอัตโนมัติ มอเตอร์จะใช้กำลังไฟฟ้าในการทำงาน 28.6 วัตต์

จากการออกแบบ การสร้างและการทดลองสำหรับโครงงานนี้ ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ โดยสามารถสร้างเครื่องบรรจุไส้กรอกที่สามารถเลือกโหมดการทำงานได้ทั้ง 2 แบบตามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งมีประสิทธิภาพที่สามารถนำไปใช้งานได้ดี จากการคำนวณหาซึ่งเป็นปริมาณที่สามารถบรรจุอาหารกึ่งเหลวต่อวันก็เป็นที่น่าพอใจซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีเหมาะสำหรับใช้ในครัวเรือนและสามารถพัฒนาต่อไป เพื่อใช้ในเกษตรกรและผู้ประกอบการรายย่อย ถึงแม้ว่าเครื่องจะทำงานได้มีประสิทธิภาพมากเพียงใดก็ตาม แต่ก็ยังมีอยู่หลายจุดที่ควรจะต้องมีการปรับปรุงและแก้ไขต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาและข้อเสนอแนะแนวทางการแก้ไข

ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อได้ลงมือทำโครงงานนี้มีหลายส่วน แต่ก็ได้มีการแก้ไขแล้ว ดังนี้

1. ในโหมดการควบคุมด้วยมือจะใช้การควบคุมผ่านวงจรควบคุมที่เป็นอนาลอก โดยใช้รีเลย์ ซึ่งรีเลย์มักมีข้อผิดพลาดเนื่องจากรีเลย์อาศัยหลักการทำงานของสนามแม่เหล็กและหน้าสัมผัส โดยจะรับสัญญาณควบคุมจากสวิตช์ควบคุมระยะทาง ซึ่งถ้าติดตั้งสวิตช์ไม่ได้ตำแหน่งจะไม่สามารถควบคุมการทำงานได้อย่างถูกต้อง

แนวทางแก้ไข

เนื่องจากอุปกรณ์ อนาลอกมักจะมีค่าผิดพลาด เราควรที่จะมีการรีเซตระบบการควบคุมด้วยมือกรณีที่เกิดข้อผิดพลาด โดยการเลือกโหมด(Selector Switch)ให้อยู่ที่ตำแหน่ง off

2. เนื่องจากตัวคอนโทรลเลอร์จำเป็นต้องจ่ายแรงดันอนาลอกไปเป็น แรงดันอ้างอิงในการเคลื่อนที่ของตัวมอเตอร์ ซึ่งคอนโทรลเลอร์สามารถจ่ายแรงดันได้แบบ PWM และ Digital เท่านั้น

แนวทางแก้ไข

นำเอา IC DAC0832 มาทำการแปลงแรงดันดิจิตอลเป็นอนาลอก ก่อนที่จะจ่ายแรงดันอ้างอิงให้กับวงจรชดเชย

3. จากการทดลองในโหมดการทำงานแบบควบคุมด้วยมือ พบว่ามีเนื้อหมูเหลือภายในถึงมากเมื่อเทียบกับปริมาตรที่สามารถตัดเนื้อหมูเป็นไส้กรอกได้

แนวทางแก้ไข

เนื่องจากโครงสร้างไม่ดีจุดที่ limit switch ตัวล่างยังไม่สามารถหาระยะการเคลื่อนที่ได้แน่นอน ดังนั้นเราจึงต้องปรับแต่งจุดที่ติดตั้ง limit switch ใหม่

4. การกำหนดระยะให้ตัวคอนโทรลเลอร์รู้ว่าฝาอัดได้เคลื่อนที่ไปถึงก้นถัง หรือยัง ไม่สามารถติดอุปกรณ์การตรวจจับชนิดตรวจจับโดยตรงได้

แนวทางแก้ไข

ได้ทำการคำนวณระยะการเคลื่อนที่ของฝาอัดเป็นอัตราส่วนกับเวลา เพื่อนำเอาเวลาที่จากการคำนวณไปกำหนดระยะการเคลื่อนที่ของการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] บัณฑิต จามรภูมิ , **คู่มือการใช้งาน Protell 99** : สำนักพิมพ์ บัณฑิต . 2544 .

[2] ประภาพร ช่างไม้ , **คู่มือการเขียนโปรแกรมภาษา C ฉบับผู้เริ่มต้น** : อินโฟรเพรส . 2545 .

[3] ประจิน พลังสันติกุล , **เรียนรู้การใช้งาน CCS C คอมไพเลอร์** : บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด . 2541 .

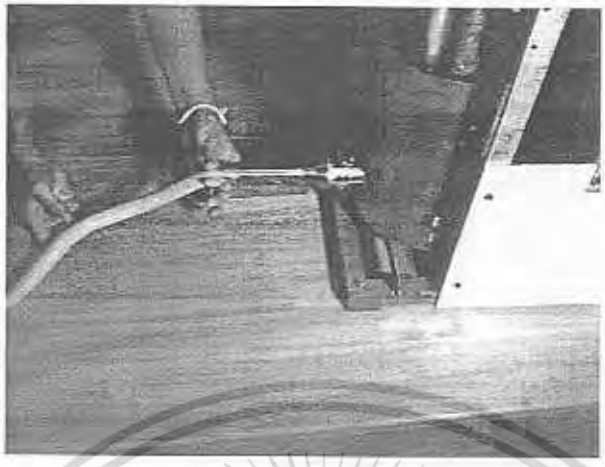
[4] สิริ พงษ์รักษ์. " **การใช้โปรตีนถั่วเหลืองในส่วนผสมเพื่อการผลิตไส้กรอก.**" ปัญญาพิเศษ(วท.บ.(อุตสาหกรรมเกษตร)) , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . 2534 .

[5] วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ณัคงาน , **การออกแบบเครื่องจักรกล (Machine design)** . เล่ม 1. ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : บริษัท เอช เอ็น กรุ๊ป จำกัด . 2537 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

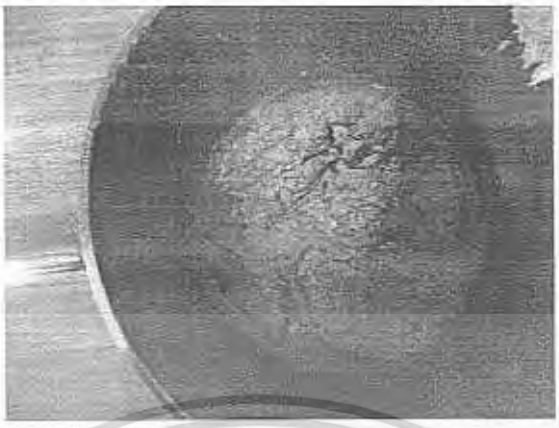
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปขณะทำการบรรจุไส้กรอก

รูปฝาอัดหลังจากการบรรจุไส้กรอกเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปวัสดุอาหารที่เหลือภายในถังบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source Code

```
#include <16F877A.h>
#fuses   XT,NOWDT,NOPROTECT

#use     delay (clock = 4000000)
#define  use_portb_kbd
#include <KBD.C>

char key;
int16  a,kee;
unsigned int16 delay_up  = 66;
unsigned int16 delay_down[9][3];
unsigned int16 delay_down2[9][3] = {{  8,15},
                                    {13,40},
                                    {18,65},
                                    {23,90},
                                    {28,15},
                                    {33,40},
                                    {38,65},
                                    {43,80}};

// Function Prototype //
void xkbd_init();
void check_key();
void delay_sec(int count);
void delay_2nd(int np);

// Function port R pullups //
void xkbd_init() {
#ifdef _PCM_
     port_b_pullups(TRUE);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#endif
}
// Function check push keypad //
void check_key(){

   char c;
   int i,j;

   c = kbd_getc();

   for(i=0;i<4;i++)
   for(j=0;j<3;j++)
   if( KEYS[i][j]==c){
     key = KEYS[i][j];
   }
}

// Function delay_sec //
void delay_sec(int count){

  do{
        --count;
        delay_ms(1000);
      }while(count!=0);

}

// Function delay_2nd //
void delay_2nd(int np){

   do{
        --np;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        delay_ms(10);
    }while(np!=0);
}

/*****************************************************************
* Main Program
*****************************************************************/

void main ()
{
        xkbd_init();
        set_tris_c(0x00);
        output_c(127);

        delay_down[1][1] = 48, delay_down[1][2] = 27;
        delay_down[2][1] = 42, delay_down[2][2] = 50;
        delay_down[3][1] = 36, delay_down[3][2] = 73;
        delay_down[4][1] = 30, delay_down[4][2] = 96;
        delay_down[5][1] = 24, delay_down[5][2] = 120;
        delay_down[6][1] = 18, delay_down[6][2] = 120;
        delay_down[7][1] = 12, delay_down[7][2] = 120;
        delay_down[8][1] = 6 , delay_down[8][2] = 120;


  do{
    key = '\0';

      do{
        Check_key();
      }while(key!='#');

      do{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    key = '\0';
    Check_key();
    output_c(127);
}while(!((key>=49)&&(key<=56)));

kee = key;
a = kee-48;


output_c(0);
delay_sec(delay_down[a][1]);
delay_2nd(delay_down2[a][1]);


output_c(100);
delay_sec(delay_down[a][2]);
if(a==6)delay_sec(23);
else if(a==7)delay_sec(46);
else if(a==8)delay_sec(64);
delay_2nd(delay_down2[a][2]);


output_c(255);
delay_sec(delay_up);
delay_2nd(50);


output_c(127);


}while(TRUE);

}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้