



การออกแบบและพัฒนาเครื่องตีเนื้อหมู

THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF THE SHREDDING PORK MACHINE

นายสิทธิพร บุญญานุวัตร

นายประทีป ทิพย์ประชา

นายจิระศักดิ์ เพ็ชรเจริญ

058937

ว ๖๖๔

ส ๗๒๓

๒๕๕๑

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนาโครงการ/สิ่งประดิษฐ์นักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์

งบประมาณประจำปี ๒๕๕๑

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย



การออกแบบและพัฒนาเครื่องตีเนื้อหมู

THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF THE SHREDDING PORK MACHINE

นาย ทศนัย ชนะพาด	รหัสนักศึกษา	434964110038-0
นาย ชินวัฒน์ นกเพชร	รหัสนักศึกษา	434964110003-4
นาย นเรศ รัตนะ	รหัสนักศึกษา	434964110012-5

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

พ.ศ.2551



**THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF THE SHREDDING PORK MACHINE**

MR. TASSANAI CHANAPAN

MR. CHINNAWAT NOKPHET

MR. NARET RATTANA

**THIS PROJECT REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF  
SCIENCE IN MECHANICAL TECHNOLOGY  
FACULTY OF TECHNICAL TECHNOLOGY  
RAJAMANGKALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY SRIVIJAYA**

2008



ชื่อโครงการ  
โดย

การออกแบบและพัฒนาเครื่องตีเนื้อหมู

นาย ทศนัย ชนะพาล รหัสนักศึกษา 434964110038-0

นาย ชินวัฒน์ นกเพชร รหัสนักศึกษา 434964110003-4

นาย นเรศ รัตนะ รหัสนักศึกษา 434964110012-5

ภาควิชา

เทคโนโลยีเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์จรัสศักดิ์ เพ็ชรเจริญ

อาจารย์ประทีป ทิพย์ประชา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย  
วิทยาเขตสงขลา อนุมัติให้ปริญญาานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาบัณฑิต

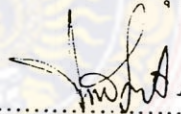
อาจารย์จรัสศักดิ์ เพ็ชรเจริญ

หัวหน้าสาขาเทคโนโลยีเครื่องกล



.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์สิทธิพร บุญญานวัตร)



.....กรรมการ

(อาจารย์ประทีป ทิพย์ประชา)



.....กรรมการ

(อาจารย์จรัสศักดิ์ เพ็ชรเจริญ)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตสงขลา



ชื่อโครงการ	การออกแบบและพัฒนาเครื่องตีเนื้อหมู
โดย	นายทัศนัย ชนะพาล นายชินวัฒน์ นกเพชร นายนเรศ รัตนะ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์จรัสศักดิ์ เพียรเจริญ อาจารย์ประทีป ทิพย์ประชา
ภาควิชา	วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล
ปีการศึกษา	2549

### บทคัดย่อ

หมูหยองเป็นอาหารยอดนิยมชนิดหนึ่งของผลิตภัณฑ์อาหารที่ทำจากเนื้อหมู และสามารถทำการค้าได้ แต่วิธีการทำหมูหยองนั้นมีขั้นตอนการทำที่ยุงยาก และต้องใช้เวลาอันยาวนานจนกว่าเนื้อหมูจะออกมาเป็นเส้นก่อนที่จะนำไปทำหมูหยอง ทางคณะผู้จัดทำโครงการจึงคิดที่จะสร้างเครื่องตีเนื้อหมูขึ้นมาเพื่อใช้ทดแทนแรงงานคนในการทำให้เนื้อหมูเป็นเส้น เพื่อนำไปทำหมูหยองต่อไป

โดยวิธีการเริ่มจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวิธีการทำให้เนื้อหมูเป็นเส้นและปริมาณที่ได้ต่อเวลาที่กำหนด การใช้แรงงานคนเพื่อที่จะทำให้เนื้อหมูเป็นเส้น แล้วนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดนี้นำมาออกแบบเครื่องตีเนื้อหมู โดยใช้ใบมีดเชื่อมติดกับเพลลาโคครอบ เป็นจำนวนห้าชั้น ใบมีดด้วยกันสำหรับเพลลาจะถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ และมีฝาครอบเพลลาสองชั้นมีลักษณะเป็นรูปครึ่งวงกลมประกบติดกันและสามารถถอดแยกออกจากกันได้ ซึ่งฝาครอบเพลลาทั้งสองข้างนั้นมีใบมีดเชื่อมติดอยู่ด้านในด้วย ฝาครอบทั้งสองข้างจะถูกขับเคลื่อนอยู่กับที่ บนแท่นโครงสร้างเป็นตัวรับแรงเหวี่ยงจากเพลลาที่ติดใบมีดติดตั้งอยู่ตรงกลางระหว่างฝาครอบทั้งสองข้าง ชิ้นส่วนต่างๆ ทั้งหมดเหล่านี้คือเพลลา ฝาครอบเพลลาทั้งสองข้าง และมอเตอร์จะถูกติดตั้งกับโครงสร้างในแนวตั้ง เมื่อใส่เนื้อหมูที่ต้มสุกทางด้านบนของฝาครอบแล้ว เนื้อหมูจะถูกตีด้วยใบมีดให้เป็นเส้นแล้วจะตกลงสู่ภาชนะรองรับด้านล่าง

จากการดำเนินโครงการเครื่องตีเนื้อหมู หลังจากผ่านการทดลองปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องแล้วปรากฏว่าเครื่องตีเนื้อหมูสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี เครื่องตีเนื้อหมูสามารถตีเนื้อหมูออกมาเป็นเส้นอย่างรวดเร็วและประสิทธิภาพการทำงานดีกว่าการใช้แรงงานคน

## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการสร้างเครื่องตีเนื้อหมู สำเร็จไปได้ด้วยดีเพราะได้รับคำแนะนำที่ดีจากอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ซึ่งมีอาจารย์จรัสศักดิ์ เพ็ชรเจริญ อาจารย์ประทีปทิพย์ประชา อาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตสงขลา ที่ได้ให้คำแนะนำที่ดี ข้อคิดและวิธีการในการสร้างเครื่องตีเนื้อหมู วิธีการดำเนินการงานวิจัย ความถูกต้องของเนื้อหา ภาษาที่ใช้ เพื่อเป็นแนวทางในการทำงานวิจัย

นอกจากนี้คณะผู้จัดทำงานวิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์สาขาวิชาเครื่องกลทุกท่าน และอาจารย์อุดม นพรัตน์ อาจารย์สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตสงขลา ที่ได้ให้คำแนะนำที่ดี ข้อคิดและวิธีการในการสร้างเครื่องตีเนื้อหมู วิธีการดำเนินการงานวิจัย ความถูกต้องของเนื้อหา ภาษาที่ใช้ เพื่อเป็นแนวทางในการทำงานวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา อาจารย์ทุกท่าน และเพื่อนๆ นักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกลทุกคน และบุคคลผู้ที่ไม่ได้กล่าวนามในที่นี้ ที่ได้ให้ความรู้ ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการจัดทำงานวิจัยครั้งนี้ด้วยดีตลอดมา และหากรูปเล่มงานวิจัยผิดพลาดและบกพร่องประการใดคณะผู้จัดทำงานวิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ และพร้อมยินดีรับฟังข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะทุกประการ

คณะผู้จัดทำงานวิจัย

นายทัศนัย ชนะพาล

นายชินวัฒน์ นกเพ็ชร

นายนเรศ รัตน์ะ

นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เนื้อหามู	4
2.2 การทำหมุหอยง	8
2.3 แบริงลูกปิ่น	10
2.4 การเชื่อม	14
2.5 สายพาน	16
2.6 แหล่งกำเนิดไฟฟ้า	18
2.7 มอเตอร์	20
2.8 อินเวอร์เตอร์	32



## สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 วางแผนการจัดทำโครงการ	38
3.2 ออกแบบและคำนวณ	39
3.3 ขั้นตอนการดำเนินการ	42
3.4 ขั้นตอนการทดลอง	43
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 การทดสอบหาความเร็วรอบของใบมีดในการตีเนื้อหมู	45
4.2 การทดสอบหาความเร็วรอบของใบมีดในการตีเนื้อหมูหลังปรับปรุงแก้ไข	47
4.3 การหาประสิทธิภาพของเครื่องตีเนื้อหมู	51
4.4 สรุปประสิทธิภาพของเครื่องตีเนื้อหมู	52
บทที่ 5 สรุปผลและอภิปราย	
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ	53
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ	53
5.3 การอภิปรายผล	54
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. การแบ่งเกรดเนื้อหมู	
ภาคผนวก ข. การเลือกใช้สายพานและเบรค	
ภาคผนวก ค. การเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาและเหล็กกล้าผสม	
ภาคผนวก ง. รายละเอียดของ SIEMENS SINAMIC G110	
ภาคผนวก จ. อธิบายสัญลักษณ์	
ภาคผนวก ฉ. เครื่องตีเนื้อหมู	

ประวัติผู้เขียนปริญญาานิพนธ์

## สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	แสดงแบร็งลูกปืน	10
รูปที่ 2.2	แสดงภาพตัดของบอลแบร็ง	11
รูปที่ 2.3	แสดงภาพตัดของโรลเลอร์แบร็ง	12
รูปที่ 2.4	แสดงบอลทรัสต์แบร็ง	12
รูปที่ 2.5	แสดงโรลเลอร์ทรัสต์แบร็ง	12
รูปที่ 2.6	แสดงเทเปอร์โรลเลอร์ทรัสต์แบร็ง	13
รูปที่ 2.7	แสดงแบร็งลูกปืนคูกตา	13
รูปที่ 2.8	แสดงการเชื่อมด้วยไฟฟ้า	15
รูปที่ 2.9	แสดงการเชื่อมด้วยแก๊ส	15
รูปที่ 2.10	แสดงการใช้อุปกรณ์ช่วยทำให้สายพานตึง	16
รูปที่ 2.11	แสดงสายพานลักษณะเปิด	17
รูปที่ 2.12	แสดงสายพานลักษณะไขว้	17
รูปที่ 2.13	แสดงสายพานลักษณะกึ่งไขว้	18
รูปที่ 2.14	แสดงลักษณะของโรเตอร์ของมอเตอร์แบบกรงกระบอก	20
รูปที่ 2.15	แสดงลักษณะโรเตอร์แบบพันขดลวด (Wound Rotor)	20
รูปที่ 2.16	แสดงโครงสร้างภายในของมอเตอร์สามเฟส	21
รูปที่ 2.17	แสดงลักษณะการต่อขดลวดมอเตอร์แบบวาร์ย์ (Y) และเดลตา (Delta)	22
รูปที่ 2.18	แสดงลักษณะมอเตอร์สามเฟสและจุดต่อสาย	22
รูปที่ 2.19	แสดงการต่อแบบวาร์ย์ (Y) การต่อแบบเดลตา (Delta)	22
รูปที่ 2.20	แสดงกราฟการไหลของกระแสเข้าสู่มอเตอร์ขณะสตาร์ทโดยวิธีสตาร์ทตรง	23
รูปที่ 2.21	แสดงการสตาร์ทมอเตอร์โดยตรง	24
รูปที่ 2.22	แสดงชุดสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เดลตา	25
รูปที่ 2.23	แสดงการสตาร์ทมอเตอร์สลีปริง และรูปแสดงการสตาร์ทมอเตอร์โดยใช้ความต้านทาน	25
รูปที่ 2.24	แสดงวงจรการใช้งานจริงและวงจรกำลัง	26
รูปที่ 2.25	แสดงชุดสตาร์ทมอเตอร์สตาร์-เดลตาอัตโนมัติ	28
รูปที่ 3.1	แสดงขั้นตอนการสร้างเครื่องตีเนื้อหมู	36

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1	แสดงผลผลที่คาดว่าจะได้จาก 4 ชั้นส่วนใหญ่ของสุกรเกรดต่างๆ	8
ตารางที่ 2-2	แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วรอบของมอเตอร์ที่มีจำนวน ขั้วแม่เหล็กที่แตกต่างกัน	33
ตารางที่ 4-1	แสดงผลการทดลองของเครื่องดีเนื้อหมูครั้งที่ 1	45
ตารางที่ 4-2	แสดงผลการทดลองของเครื่องดีเนื้อหมูครั้งที่ 1	46
ตารางที่ 4-3	แสดงผลการทดลองเครื่องดีเนื้อหมูครั้งที่ 1	
ตารางที่ 4-4	แสดงผลการทดลองของเครื่องดีเนื้อหมูหลังปรับปรุงแก้ไข	48
ตารางที่ 4-5	แสดงผลการทดลองของเครื่องดีเนื้อหมูหลังปรับปรุงแก้ไข	48
ตารางที่ 4-6	แสดงผลการทดลองของเครื่องดีเนื้อหมูหลังปรับปรุงแก้ไข	49





# บทที่ 1

## บทนำ

การศึกษาโครงการ เรื่องการสร้างเครื่องตีเนื้อหมู ผู้จัดทำโครงการได้มีการศึกษาความเป็นมาและความสำคัญของโครงการงานงานวิจัยและงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ตามลำดับหัวข้อ ดังนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการงาน

1.3 ขอบเขตของโครงการงาน

1.4 การดำเนินงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการงาน

หมูเป็นสัตว์เลี้ยงเพื่อการค้าที่สามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงหมูเป็นอย่างดี อีกทั้งเนื้อหมูยังสามารถนำไปทำอาหารได้หลายอย่างและยังมีคุณค่าทางอาหารสูงจึงเป็นที่นิยมรับประทานของกลุ่มคนทุกเพศทุกวัย แต่เนื่องจากสภาพเศรษฐกิจในปัจจุบันที่ขึ้นๆลงๆทำให้ไม่สามารถคาดการณ์ราคาเนื้อหมูล่วงหน้าได้ ค่าเงินบาทที่แข็งตัวขึ้นจนทำให้ความสามารถในการสั่งซื้อเนื้อหมูจากต่างประเทศลดลง ประกอบกับการที่บริษัทผู้เลี้ยงหมูรายใหญ่ภายในประเทศผลิตหมูออกสู่ตลาดมากเกินไปทำให้ราคาเนื้อหมูลดลง จึงส่งผลกระทบต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงหมูรายย่อยที่ไม่สามารถขายเนื้อหมูในราคาถูกลงได้ อีกทั้งต้องแบกรับภาระค่าอาหารหมูที่มีราคาแพงอีกด้วย ทางคณะผู้จัดทำโครงการจึงร่วมกันคิดว่าจะมีวิธีใดที่จะช่วยให้เกษตรกรผู้เลี้ยงหมูมีรายได้จากการแปรรูปผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อหมูบ้าง เพราะคิดว่าการนำเนื้อหมูมาแปรรูปเป็นอาหารเพื่อจำหน่ายเป็นการเพิ่มราคาของเนื้อหมูได้ ซึ่งหมูหยองก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการแปรรูปผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อหมูเพราะว่าสามารถทำได้ง่าย ค่าใช้จ่ายในการลงทุนไม่สูงมากนัก อีกทั้งเกษตรกรผู้เลี้ยงหมูยังสามารถรวมกลุ่มกันเพื่อทำหมูหยองเป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย แต่การทำให้เนื้อหมูเป็นเส้นด้วยการใช้แรงงานคนทำได้อย่างล่าช้า

เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการทำหมุยของ ทางคณะผู้จัดทำโครงการจึงได้สร้างเครื่องตีเนื้อหมูขึ้นมาใช้ตีเนื้อหมูให้เป็นเส้นก่อนที่จะนำไปทำหมุยของเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิต ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ศึกษาถึงวิธีการที่จะทำให้เนื้อหมูเป็นเส้น เมื่อศึกษาข้อมูลเสร็จแล้วจึงได้ดำเนินการสร้างเครื่องตีหมูขึ้นมา โดยออกแบบชิ้นส่วนโครงสร้างที่ใช้สำหรับตีเนื้อหมู ให้เป็นเส้นเริ่มจากเพลามีใบมีดเชื่อมโดยรอบจำนวนห้าชั้นถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์มีเบร้ง สวมอยู่ที่ส่วนหัวและส่วนท้ายของเพลาเพื่อยึดติดกับโครงสร้างที่มีฝาครอบเพลาเป็นรูปทรงกลมในแนวตั้ง ด้านในของฝาครอบเพลาดัดใบมีดไว้โดยรอบจำนวนห้าชั้นเช่นกันซึ่งฝาครอบเพลานี้ ถูกวางไว้ให้อยู่กับที่บนโครงสร้างใบมีดที่เพลาจะเป็นตัวตีเนื้อและใบมีดที่ฝาครอบจะเป็นตัวรับแรงเฉือนจากใบมีดที่เพลา ส่วนอินเวอร์เตอร์จะเป็นตัวปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์ ชิ้นส่วนทั้งหมดที่ต้องสัมผัสกับเนื้อหมูประกอบด้วย เพลาดัดใบมีด ฝาครอบเพลาดัดใบมีด ทำจากสแตนเลส ทั้งหมดเพื่อความสะอาดและปลอดภัย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อสร้างเครื่องตีเนื้อหมูขึ้นมาใช้ลดแรงงานคน
- 1.2.2 เพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค
- 1.2.3 เพื่อเป็นทางเลือกอีกอย่างหนึ่งในการใช้งาน

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 เนื้อหมูที่จะนำมาตีต้องเป็นเนื้อหมูที่ผ่านกระบวนการต้มสุกแล้ว
- 1.3.2 สามารถตีเนื้อหมู 1 กิโลกรัมให้เป็นเส้นได้ภายในเวลา 20 วินาที
- 1.3.3 เครื่องตีเนื้อหมูที่สร้างขึ้นสามารถใช้งานได้จริง
- 1.3.4 เนื้อหมูที่ผ่านกระบวนการตีด้วยเครื่องตีเนื้อหมูจะต้องสะอาด ปลอดภัยและสามารถรับประทานได้

## 1.4 การดำเนินงาน

- 1.4.1 ศึกษาค้นคว้ารายละเอียดของโครงการ
- 1.4.2 จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์
- 1.4.3 ประกอบชิ้นส่วนโครงสร้าง
- 1.4.4 ติดตั้งชุดควบคุมวงจรไฟฟ้าและอินเวอร์เตอร์
- 1.4.5 ทดลองการทำงานของเครื่องตีเนื้อหมู

- 1.4.6 ปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาด
- 1.4.7 ทดลองการทำงานหลังจากการปรับปรุงแก้ไข
- 1.4.8 จัดทำรายงานและเสนอโครงการ

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถลดแรงงานคนในการผลิตหมูหยอง
- 1.5.2 สามารถเพิ่มปริมาณในการผลิตหมูหยองได้
- 1.5.3 สามารถใช้งานเครื่องตีเนื้อหมูได้ภายในครอบครัว





## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาโครงการ เรื่องการสร้างเครื่องตีเนื้อหมู ผู้จัดทำโครงการได้มีการศึกษาทฤษฎีงานวิจัยและงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ ตามลำดับหัวข้อ ดังนี้

- 2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับเนื้อหมู
- 2.2 การทำหมูหยอง
- 2.3 แป้งลูกปิ่น
- 2.4 การเชื่อม
- 2.5 สายพาน
- 2.6 แหล่งกำเนิดไฟฟ้า
- 2.7 มอเตอร์
- 2.8 อินเวอร์เตอร์

#### 2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับเนื้อหมู

เนื้อสัตว์มีความหมายโดยทั่วไปอย่างกว้าง ๆ หมายถึงชิ้นส่วนของร่างกาย เช่น โคน กระบือ สุนัข แพะ แกะ ไก่ เป็ด กระจ่าง เป็นต้น ซึ่งมนุษย์นำมาบริโภคเป็นอาหาร ชิ้นส่วนดังกล่าว ได้แก่ กล้ามเนื้อ ไขมัน เอ็น ฟังค์ชัน อวัยวะต่างๆ เช่น ตับ ปอด หัวใจ และส่วนอื่นที่บริโภคได้ รวมถึงผลิตภัณฑ์เนื้อที่ทำมาจากชิ้นส่วนของร่างกายสัตว์ แต่เนื้อของโคและสุกรเป็นเนื้อที่มนุษย์นิยมนำมาบริโภคเป็นอาหารมากที่สุด

##### 2.1.1 ความหมายของเนื้อสัตว์

เนื้อสัตว์ (meat) หมายถึง ชิ้นส่วนของร่างกายสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เป็นส่วนของกล้ามเนื้อโครงร่าง ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และชีวเคมีขึ้น หลังจากสัตว์ตาย และมนุษย์ได้นำมาบริโภคเป็นอาหารรวมถึงผลิตภัณฑ์เนื้อที่ ผ่านการถนอมหรือการแปรรูปโดยใช้ ชิ้นส่วนของร่างกายสัตว์เป็นวัตถุดิบ เนื้อสัตว์ที่ถูกนำมาเป็นอาหารของมนุษย์ ประกอบด้วย ส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อเกี่ยวพันเนื้อเยื่อประสาท เนื้อเยื่อไขมัน กระดูก รวมถึงอวัยวะภายในต่างๆ เช่น ปอด หัวใจ ตับ ลำไส้ กระจ่าง และส่วนอื่น ๆ ที่บริโภคได้

แต่ส่วนที่สำคัญมากที่สุด คือ เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อหรือที่เรียกกันว่า กล้ามเนื้อนั่นเอง คำว่ากล้ามเนื้อ หมายถึงส่วนของเนื้อในขณะที่สัตว์ยังมีชีวิต และยังมีหน้าที่ในการทำงานอยู่ ส่วนคำว่าเนื้อสัตว์นั้น จะหมายถึงกล้ามเนื้อที่ได้ภายหลังสัตว์ตาย อย่างไรก็ตาม คำว่ากล้ามเนื้อ และเนื้อสัตว์ก็สามารถใช้แทนกันได้

### 2.1.2 ความสำคัญของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์

ในด้านโภชนาการ เนื้อสัตว์เป็นอาหารที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตมนุษย์มาก เนื่องจากเนื้อสัตว์มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งเป็นโปรตีนที่สมบูรณ์ เพราะประกอบไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential amino acid) ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย เนื้อสัตว์ยังมีองค์ประกอบทางเคมี ที่คล้ายกับองค์ประกอบของเนื้อเยื่อร่างกายมนุษย์ และมีแร่ธาตุที่ร่างกายต้องการ โดยเฉพาะธาตุเหล็กทั้งยังเป็นแหล่งวิตามินบีรวมอีกด้วย การขาดอาหารประเภท เนื้อสัตว์จะส่งผลทำให้ร่างกายไม่เจริญเติบโต เป็นโรคโลหิตจาง ผอม แคระแกร็นกล้ามเนื้อ ไม่มีแรงและเสียการทรงตัว ในเด็กที่มีอายุ 1 - 5 ปี ที่ขาดโปรตีนและพลังงานอย่างรุนแรง จะทำให้เด็กมีลักษณะฟุงโร ผิวหนังอักเสบและเป็นสีแดง ร่างกายมีความต้านทานโรคต่ำ เป็นโรคติดเชื้อได้ง่าย เมื่อเจ็บป่วยแล้วจะหายช้าและมีสติปัญญาต่ำ

### 2.1.3 พันธุ์สุกร

สุกรที่เลี้ยงเพื่อให้เนื้อสำหรับรับประทาน หรือทำผลิตภัณฑ์มักจะเลือกชนิดที่ให้เนื้อ (meat type) และพันธุ์เบคอน (bacon type) นอกจากนี้ ยังมีพันธุ์พื้นเมือง (lard type) แต่มักไม่นิยมเลี้ยงเพื่อให้เนื้อเนื่องจากมีไขมัน ค่อนข้างมาก สายพันธุ์สุกรที่เป็นที่รู้จักกันทั่วไป มีดังนี้

พันธุ์ลาร์จไวต์ (Large White or Yorkshire) เป็นพันธุ์ที่มีสีขาวทั้งตัว หูตั้งตรง หน้าหักเล็กน้อย พันธุ์นี้เหมาะสำหรับเลี้ยงพันธุ์แท้ และเมื่อผสมข้ามพันธุ์กันจะให้เปอร์เซ็นต์ซากสูง พันธุ์ลาร์จไวต์ จัดเป็นชนิดเบคอน

พันธุ์แลนดรีซ สุกรพันธุ์แลนดรีซ (Landrace) มีสีขาวทั้งตัวเหมือนลาจไวต์ แต่อาจมีสีดำที่ผิวหนังบ้าง ลำตัวยาว สะโพกใหญ่ ขาสั้น หูใหญ่ และปรกมาข้างหน้า ตัวเมียจะให้ลูกดก และเลี้ยงลูกเก่ง ให้ซากคุณภาพดี สุกรพันธุ์นี้จัดเป็นชนิดเบคอน

พันธุ์ดูรอก สุกรพันธุ์ดูรอก (Duroc) มีผิวสีแดงอ่อนถึงเข้ม ใบหูใหญ่ปานกลาง ฟุงไปข้างหน้าเจริญเติบโตเร็วกินอาหารประหยัดและทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดีแต่ซากมีมันค่อนข้างมาก สุกรพันธุ์นี้เป็นประเภทเนื้อ



พันธุ์แฮมเชียร์ พันธุ์แฮมเชียร์ (Hampshire) มีลักษณะตัวสีดำ แต่มีสีขาวคาดรอบอก และส่วนขาหน้า ลักษณะขายาว ลำตัวค่อนข้างบาง การเติบโตไม่ค่อยดี ไม่เป็นที่นิยมมากนักในประเทศไทย

พันธุ์เบอร์กเชียร์ สุกรพันธุ์เบอร์กเชียร์ (Berkshire) มีลักษณะมีดำและจุดขาว 6 แห่ง ที่ส่วนหน้าและปลายหางหน้าหักกว้างหูโตปานกลางจัดเป็นประเภทเนื้อที่ทนต่อสภาพแห้งแล้งแล้วได้ดี แต่การเติบโตไม่ค่อยดี

พันธุ์โปแลนด์ไชนาสุกรโปแลนด์ไชนา (Poland China) มีลักษณะสีดำและขาว 6 แห่ง คล้ายกับพันธุ์ เบอร์กเชียร์ ที่หน้าขาและปลายหาง หูปรกเล็กน้อย ทนแล้งได้ดี แต่จะให้ลูกไม่ดก

สุกรพันธุ์ลาร์จไวต์ พันธุ์แลนด์เรซ และพันธุ์ดุรอกเป็นที่นิยมเลี้ยงมากกว่าพันธุ์อื่น ส่วนสุกรพันธุ์ไทยหรือพันธุ์พื้นเมืองนั้นมีหลายพันธุ์ด้วยกัน โดยทั่วไปจะมีลักษณะตัวเล็ก โตช้า ท้องหย่อน หลังแอ่น หนักหนา และสะโพกเล็ก สร้างเนื้อช้า ต้องใช้เวลาเลี้ยงนานถึง 12-15 เดือน จึงจะได้น้ำหนัก 90 กิโลกรัม แต่มีข้อดีที่สามารถเลี้ยงแบบปล่อยได้ สุกรพันธุ์ดังกล่าวนี้ได้แก่ พันธุ์ไหหลำ พันธุ์ควาย พันธุ์ราด และพันธุ์พวง ซึ่งส่วนมากเป็นสุกรพันธุ์มันและได้เนื้อน้อย

#### 2.1.4 การใช้ประโยชน์จากเนื้อสัตว์และผลพลอยได้

โดยทั่วไปการใช้ประโยชน์จากเนื้อสัตว์มีหลายประการ ทั้งเป็นอาหารจากการนำส่วนของเนื้อไปผ่านการแปรรูป โดยวิธีต่างๆ และการใช้ประโยชน์จากส่วนอื่นๆ เช่น หนัง ขน เลือด เขาและไขมัน เป็นต้น ซึ่งสามารถแบ่งเป็นกลุ่มได้ดังนี้

เนื้อสดแช่เย็น และแช่แข็ง เนื้อรมควัน เนื้อหมักเกลือ แกงบรรจุกระป๋องและเนื้อสุกร ใสักรอกประเภทต่างๆ หนึ่งจากสัตว์ใหญ่และสัตว์เล็กเพื่อทำเครื่องหนัง ไขมันที่ใช้รับประทานได้ และที่ใช้ในการทำสบู่ขนสัตว์ที่ใช้ในการทำเครื่องนุ่งห่มและเฟอร์นิเจอร์ กระดูกที่ใช้ทำกระดูก ค้ำมมีดและกระดูกป่นเพื่อเป็นอาหารสัตว์เลือดแห้ง (blood meal) และปุ๋ยกลีเซอรินที่ใช้ในการอุตสาหกรรม ไขมันสุกรที่ใช้ในการทำยางรถบรรทุก ทำยาฆ่าแมลง และยาฆ่าเชื้อราขนสัตว์ที่ใช้ในการทำแปรง พรม และถุงมือ ที่ใช้ในกีฬาเบสบอลต์ ถ้าใสัเล็ก สำหรับเป็นใสับรรจุใสักรอก สายไวโอลินและอุปกรณ์การผ่าตัดเจลาติน กาว กระจายทรายอาหารสัตว์เลี้ยงในบ้าน (pet foods)

วัสดุที่ใช้ทางยา เช่น เพบซิน, เทนโดสเตอโรน (Testosterone) ไทรอก-ซิน (thyroxin) ตับสกัด (liver extract) อัลบูมิน อินซูลิน โทโมโบพลาสติน (thromboplastin) ไทโมอีเรสซิน (thymoerescin) พิทูตริน (pituitrin) และ ACTH เป็นต้น



### 2.1.5 การแบ่งเกรดเนื้อสุกร

เนื้อสุกรเป็นเนื้อสัตว์บักที่มีการบริโภคมากที่สุดในประเทศไทย การเลี้ยงสุกรมีการพัฒนาไปอย่างมาก โดยมีการใช้ เทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้เนื้อสุกรมีคุณภาพดีขึ้นและมีผลผลิตจากการเลี้ยงสูง การจัดการหลังการฆ่าให้มีมาตรฐานเดียวกันจะทำให้การจำหน่ายเนื้อสุกรมีมาตรฐาน ผู้บริโภคได้รับความยุติธรรมมากยิ่งขึ้น และได้เนื้อที่มีความสะอาดและความปลอดภัย ซากสุกรจะสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภท เช่น สุกรเพศผู้ที่ตอนเมื่ออายุยังน้อย (barrow) สุกรเพศเมีย (gilts) ซึ่งเป็นสุกรที่นิยมเลี้ยงเพื่อใช้เนื้อบริโภค นอกจากนี้ยังมีสุกรตัวเมียอายุมากกว่า 1 ปี (sows) สุกรตัวผู้ที่ตอนเมื่อแก่ (stages) และสุกรพ่อพันธุ์ (boar) ซึ่งจะให้ซากที่มีคุณภาพต่างกัน เนื่องจากเพศและอายุของสัตว์มีผลต่อคุณภาพในการยอมรับเนื้อของผู้บริโภค จึงมีการกำหนดมาตรฐานที่ต่างกันระหว่างสุกรที่ตอนแล้ว สุกรเพศเมียที่เลี้ยงเพื่อบริโภคโดยตรง สุกรขุนกับสุกรเพศเมียที่มีอายุมากกว่า 1 ปี หรือสุกรเพศผู้ที่ตอนเมื่อแก่ และเมื่อพ่อพันธุ์ การแบ่งเกรดของสุกรที่เลี้ยงเพื่อบริโภคโดยตรง ได้แก่ สุกรเพศผู้ที่ตอนแล้วและสุกรตัวเมียที่อายุไม่เกิน 1 ปี เนื่องจากเป็นสุกรที่ใช้บริโภคเป็นส่วนใหญ่และเนื้อที่ได้จากโคทั้งสองชนิดนี้ มีความแตกต่างเนื่องจากเพศของสัตว์น้อย จึงสามารถแบ่งเกรดด้วยเกณฑ์เดียวกันไม่ได้ โดยการแบ่งเกรดตามคุณภาพที่บ่งลักษณะของเนื้อแดงและเกรดจากผลผลิตปริมาณเนื้อแดงที่ได้

#### 2.1.5.1 การแบ่งเกรดโดยใช้คุณภาพที่บ่งลักษณะของเนื้อแดง

คุณภาพของเนื้อสุกรสามารถประเมินได้จากการตรวจสอบผิวหน้าของเนื้อที่ตัดชิ้นส่วนใหญ่สำหรับขายส่ง หรือสังเกตลักษณะของเนื้อสันซึ่งตัดระหว่างซี่โครงที่ 10 และ 11 ในแง่ความแน่น สีและปริมาณไขมันแทรกในเนื้อ นอกจากนี้ อาจตรวจสอบเนื้อแดง ในแง่ความแน่นของไขมัน เนื้อพื้นที่ต้องไม่บางจนเกินไปจนนำไปทำเบคอนไม่ได้ ซากจะต้องไม่นุ่มและเป็นมันเยิ้ม สำหรับสุกรปริมาณไขมันแทนในเนื้อไม่มีความสำคัญมากนัก เนื่องจากเนื้อสุกรมีไขมัน แทรกในเนื้อน้อยหรือเกือบไม่มีเลย ดังนั้น จึงใช้วิธีตรวจสอบสีของเนื้อซากสุกรแทนซึ่งจะต้องมีสีปกติไม่ซีดหรือคล้ำมากเกินไป และไขมันต้องเป็นสีขาว

#### 2.1.5.2 การแบ่งเกรดโดยใช้ปริมาณเนื้อแดงในซาก

การแบ่งเกรดโดยใช้ปริมาณเนื้อแดงในซากหรือผลผลิตที่ได้จากเนื้อ 4 ชิ้น (four lean cuts) ปริมาณเนื้อแดง ในซากจะได้มาจากกล้ามเนื้อที่สะสมอยู่ใน 4 ส่วนสำคัญของซากเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ เนื้อขาหลัง เนื้อสัน เนื้อส่วนบนของไหล่และเนื้อขาหน้า

ในประเทศสหรัฐอเมริกามีการจัดชั้นสำหรับเนื้อสุกรที่มีเนื้อแดงและความหนาของพื้นที่องเป็นที่ยอมรับเป็น US No.1, US No.2, US No.3 และ US No.4 โดยมีผลผลิตที่ได้จากเนื้อสุกรเกรดต่างๆ แตกต่างกันดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2-1 ผลผลิตที่คาดว่าจะได้จาก 4 ชั้นส่วนใหญ่ของสุกรเกรดต่างๆ

เกรด	ผลผลิต (%)
US No.1	มากกว่า 53
US No.2	50-52.9
US No.3	47-49.9
US No.4	น้อยกว่า 47

ที่มา (Girard, J.P., Hemmings, B., Clermont-Ferrand, A. T. T. and Morton, Ian., 1992, p.225)

### 2.1.6 คุณภาพของเนื้อสัตว์

ปัจจุบันการผลิตเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดี นับเป็นสิ่งสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากลักษณะการบริโภค และความเป็นอยู่ในปัจจุบันได้เปลี่ยนแปลงไปจากอดีต การซื้ออาหารนิยมซื้อเพื่อเก็บไว้ประกอบอาหารภายหลัง จึงทำให้ต้องการเนื้อที่มีคุณภาพสูง เพื่อให้เก็บรักษาไว้ได้นาน การนำเนื้อไปแปรรูปก็ต้องการเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพสูง เพื่อง่ายและสะดวกในการผลิต และควบคุมคุณภาพและเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี และได้มาตรฐาน คุณภาพของเนื้อสัตว์มีความหมายแตกต่างกันตามความต้องการของผู้บริโภค หรือผู้ใช้ประโยชน์จากเนื้อสัตว์ ซึ่งมีจุดประสงค์ในการนำเนื้อไปใช้ต่างกัน เช่น แม่บ้านที่ปรุงอาหารจะให้ความสำคัญของเนื้อที่นำรับประทาน

### 2.2 ทฤษฎีการทำหมูหยอง

จัดเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อแปรรูปที่มีขนาดเค็ม (non-comminuted meat product) เนื่องจากจะเห็นโครงสร้างของกล้ามเนื้อยังคงรูปลักษณะเหมือนเค็ม วิธีการทำโดยการนำเอาเนื้อสัตว์มาทำการมัดด้วยเครื่องปรุงรสต่างๆ ได้แก่ น้ำตาล เกลือ ซีอิ๊ว อาจมีการใช้เครื่องเทศ เช่น ลูกผักชี ยี่หระ อบเชย พริกไทย เป็นต้น แล้วทำการระเหยน้ำออกโดยอาศัยความร้อน ซึ่งอาจจะเป็นความร้อนจากเตาไฟ ตู้อบ หรือจากแสงแดด เพื่อลดปริมาณน้ำในเนื้อลง ให้มีความชื้นประมาณ 5.6 – 8.5 อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ ประมาณ 50 – 70 องศาเซลเซียส ทำให้ได้มีผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแห้ง กรอบ สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน โดยเก็บในภาชนะหรือถุงพลาสติกที่แห้ง ปิดสนิท และเก็บรักษาในที่เย็น



### 2.2.1 หมูหยอง สูตร 1

#### ส่วนผสม

หมูเนื้อแดง	1 กิโลกรัม
น้ำตาลทราย	200 กรัม
ซีอิ้วขาว	70 กรัม
ซีอิ้วดำ	พอประมาณ

#### วิธีทำ

1. นำเนื้อหมูมาหั่นตามความยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อ เป็นชิ้นขนาดยาวประมาณ 8 – 10 เซนติเมตร
2. นำไปต้มโยใส่ น้ำให้ท่วม ต้มจนเปื่อยนำขึ้นมาทะเลาะมันและเอ็นออกให้หมดจิกหรือใส่ครกตำแล้วนำไปคลุกกับเกลือ น้ำตาลทราย ซีอิ้วขาว ซีอิ้วดำ ถ้าแห้งมากน้ำตาลทรายไม่ละลายเติมน้ำที่ได้จากการต้มหมูลงคลุกเคล้าเล็กน้อย จนกระทั่งน้ำตาลทรายละลายหมด หมักทิ้งไว้ 10 นาที
3. นำไปผัดในกระทะใช้ไฟอ่อนในตอนแรก และใช้ไฟแรงในตอนหลัง เพื่อให้กรอบ การผัดไม่ควรชะงักมาก เพราะจะทำให้หมูหยองป่น ใช้เวลาผัดประมาณ 2-3 ชั่วโมง
4. ชั่งน้ำหนักของหมูหยองที่ได้
5. ทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คุณสมบัติที่ตรวจสอบ ได้แก่ สี กลิ่น รส ความกรอบ

### 2.2.2 หมูหยองสูตร 2

#### ส่วนผสม

หมูเนื้อแดง	1 กิโลกรัม
น้ำตาลทราย	200 กรัม
น้ำ	2 ลิตร
น้ำปลาหรือซีอิ้วขาว	90 กรัม
ซีอิ้วดำ (ขุ่นหวาน)	70 กรัม

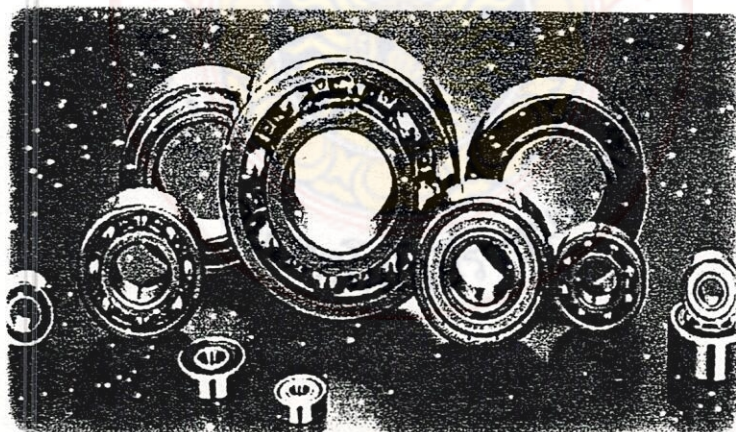


## วิธีทำ

1. หั่นหมูเป็นชิ้น ขนาดยาว  $2 \times 2 \times 2.5$  นิ้ว
2. นำหมูใส่หม้อพร้อมด้วยเครื่องปรุงทั้งหมด ยกเว้นน้ำตาลทราย
3. เคี่ยวหมูด้วยไฟกลางจนหมูเปื่อย น้ำแห้ง
4. นำหมูมาโขลกให้แตกเป็นเส้นฝอยๆ
5. ใส่หมูลงในกระทะที่ทาน้ำมันให้ทั่วไว้ แล้วคอยคนเสมอๆ ใช้ไฟอ่อน พอหมูหมาดๆ ใส่น้ำตาลทราย คนต่อไปจนหมูฟูเป็นสีเหลืองนวลขึ้นเล็กน้อย ผึ่งลมให้แห้งพอสมควร

## 2.3 แบริ่งลูกปืน

แบริ่งลูกปืน คือ อุปกรณ์เครื่องจักรกล ซึ่งใช้ลูกบอลหรือลูกปืนรองรับเพลาหมุนเป็นอุปกรณ์ที่มีความเที่ยงตรงสูงเมื่อเทียบกับอุปกรณ์จักรกลทั่วไป ดังนั้นในการติดตั้ง ใช้งาน จำเป็นต้องมีความระมัดระวังอย่างเพียงพอ แบริ่งลูกปืนนี้ต่างจากแบริ่งแบบเลื่อน (Slip bearing) กล่าวคือ แม้จะใช้ในสภาพที่เป็นอุดมคติ (Ideal Condition) ก็ยังอาจเกิดรอยขีดข่วนหรือแตกร้าวที่ลูกปืน เนื่องจากความล่าช้า การติดตั้งหรือการใช้งานที่ไม่เหมาะสม ยังทำให้อายุการใช้งานลดลงไปอย่างมาก ดังนั้น การปรับแต่งและการตรวจสอบจึงมีความสำคัญเพื่อให้สามารถตรวจพบสิ่งผิดปกติได้อย่างรวดเร็ว ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุได้ล่วงหน้า



รูปที่ 2.1 แสดงแบริ่งลูกปืน

ดัดปลุกปืนทำหน้าที่ลดความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส ทำให้สามารถลดปริมาณพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องจักรและเนื่องจากความเสียดทานที่ลดลง จึงช่วยเพิ่มสมรรถนะในการทำงานของเครื่องจักร ลดการสึกหรอ มีผลให้การดูแลรักษาง่ายขึ้น

### 2.3.1 การเรียกขนาด

ขนาด : รูใน x วงนอก x ความหนา

หน่วยวัดที่นิยม

หน่วย : มิลลิเมตร (mm)

รูใน x วงนอก x ความหนา

ขนาด : 12 x 18 x 4 (mm)

หน่วยนิ้ว : Inch

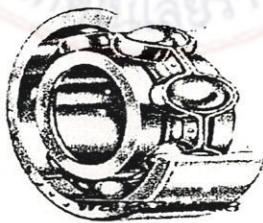
รูใน x วงนอก x ความหนา

ขนาด 3/16 x 5/16 x 1/8 (Inch)

### 2.3.2 ชนิดของแบริ่งลูกปืน

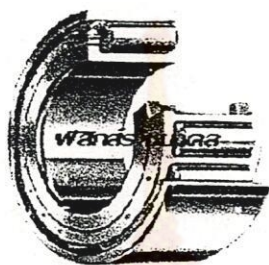
แบริ่ง มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับการออกแบบและการใช้งานเช่น บอลแบริ่ง โรลเลอร์แบริ่ง บอลทรัสต์แบริ่ง โรลเลอร์ทรัสต์แบริ่ง และเทปเปอร์โรลเลอร์ทรัสต์แบริ่ง

2.3.2.1 บอลแบริ่ง เป็นแบริ่งที่นิยมใช้กันมากที่สุด ตั้งแต่ร่องเท้าสเก็ตจนถึงฮาร์ดดิสก์ บอลแบริ่งสามารถรับแรงได้ทั้งสองแนวแต่เป็นแรงที่มีขนาดไม่มากนักแรงถูกส่งผ่านจากวงนอกไปวงใน โดยมีลูกบอลเป็นตัวกลางกึ่งอยู่ จุดสัมผัสของลูกบอลระหว่างวงนอกและวงในเป็นจุดเล็ก ๆ จึงช่วยให้การหมุนเรียบและลื่น อย่างไรก็ตามถ้ารับแรงมากๆ ทำให้ลูกบอลบิดตัวได้



รูปที่ 2.2 แสดงภาพตัดของบอลแบริ่ง

2.3.2.2 โรลเลอร์แบร็ง นิยมใช้สำหรับออกแบบสายพานลำเลียงที่ต้องรับแรง ในแนวรัศมีมากเป็นพิเศษ คังนั้นแบร็งแบบนี้ ส่วนที่กึ่งจึงเป็นรูปทรงกระบอก จุดสัมผัสระหว่างวงนอก และวงในเป็นเส้นไม่ไข้จุด ทำให้สามารถรับน้ำหนักในแนวรัศมีได้มากกว่าบอลแบร็ง อย่างไรก็ตาม โรลเลอร์แบร็งไม่ได้ออกแบบมาเพื่อรับน้ำหนักในแนวแกน



รูปที่ 2.3 แสดงภาพตัดของโรลเลอร์แบร็ง

2.3.2.3 บอลทรัสแบร็ง นิยมใช้กับแก้อีหมุน หรือ โต้ะหมุน เป็นต้น ไม่สามารถรับแรงในแนวรัศมีได้



รูปที่ 2.4 แสดงบอลทรัสต์แบร็ง-

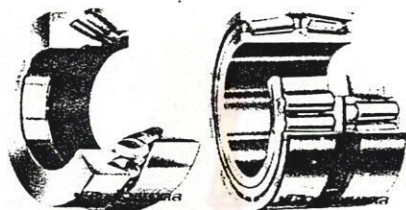
2.3.2.4 โรลเลอร์ทรัสต์แบร็ง ใช้สำหรับรับแรงในแนวแกนที่มีขนาดมาก ๆ



รูปที่ 2.5 แสดงโรลเลอร์ทรัสต์แบร็ง



2.3.2.5 เทเปอร์โรลเลอร์ทรัสต์แบร์ริง ใช้สำหรับรับแรงในแนวแกน และรัศมีที่มีขนาดมาก ๆ เช่น กระจุกล้อของรถยนต์



รูปที่ 2.6 แสดงเทเปอร์โรลเลอร์ทรัสต์แบร์ริง

### 2.3.3 แบริ่งลูกปืนตุ้กตา

แบริ่งลูกปืนตุ้กตา ประกอบไปด้วย แบริ่งลูกปืนเม็ดกลม รับแรงในแนวรัศมีชิดกันฝุ่นและตัวเสื่อตุ้กตาที่มีทั้งแบบเหล็กหล่อคุณภาพสูง และแบบเหล็กแผ่นปั๊มขึ้นรูปสำหรับลักษณะและมีรูปร่างมากมายหลายชนิดผิวด้านนอกของแบริ่งลูกปืนและผิวด้านในของเสื่อตุ้กตาถูกออกแบบให้มีลักษณะโค้งมน ทำให้แบริ่งลูกปืนตุ้กตาสามารถปรับแนวในการรับแรงได้



รูปที่ 2.7 แสดงแบริ่งลูกปืนตุ้กตา

โครงสร้างภายในแบริ่งลูกปืนเม็ดกลม ประกอบด้วย ลูกกลิ้งและรัง เช่นเดียวกับแบริ่งลูกปืนเม็ดกลมร่องลึก ชุดชิดกันฝุ่นใช้ชิดถึง 2 ชั้น โดยชั้นในเป็นยางสังเคราะห์ (Synthetic rubber) ชั้นนอกเป็นฝาเหล็ก (Slinger) ซึ่งจะติดตั้งเอาไว้ทั้งสองของแบริ่งลูกปืนลักษณะการติดตั้งแบริ่งลูกปืนตุ้กตากับเพลาสามารถติดตั้งได้ดังนี้

2.3.3.1 การยึดแกนในของแบริ่งลูกปืนกับเพลาให้แน่นด้วยสกรู

2.3.3.2 การยึดแกนในของแบริ่งลูกปืนแบบรูดกับเพลาให้แน่นด้วยปลอกรัดเพลา

2.3.3.3 การยึดแกนในของแบริ่งลูกปืนแบบลูกเบี้ยวเชื่อมศูนย์กับเพลาให้แน่น

ด้วยแหวนล็อก

### 2.3.4 การติดตั้งเบร้งลูกปืน

เนื่องจากเบร้งชนิดนี้เป็นอุปกรณ์ที่มีความเที่ยงตรงสูง ดังนั้นสิ่งแรกที่จะต้องระมัดระวังในการติดตั้งก็คือ ต้องไม่ให้ฝุ่นผงเข้าไปไม่ให้เกิดสนิม ไม่ให้เกิดแรงกดดันจากแรงกระแทกและไม่ให้เกิดรอยขีดข่วนต่าง ๆ อายุการใช้งานของเบร้ง เบร้งที่ได้รับการติดตั้งและหล่อลื่นอย่างดี และดูแลรักษาให้ปราศจากฝุ่นและไม่อยู่ภายใต้แรงกระทำที่มีค่าสูงเกินไปเบร้งจะเกิดการเสียหายเนื่องจากความล้าที่เกิดขึ้นในวัสดุเท่านั้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเบร้งที่เสียจะมีผงโลหะหลุดออกมาทั้งนี้เพราะพื้นที่สัมผัสระหว่างลูกกิ้งและวงแหวนมีค่าน้อย ดังนั้นความเค้นที่เกิดขึ้นในลูกกิ้งและวงแหวนจึงมีค่าสูง ในขณะที่ลูกกิ้งหมุนรอบวงแหวนวัสดุบางส่วนที่รับแรงของเบร้งอยู่

## 2.4 การเชื่อม

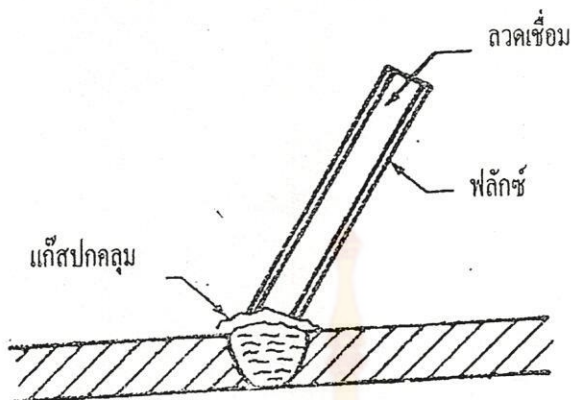
การเชื่อมต่อ(Welded joints)เป็นวิธีการต่อชิ้นงานเข้าด้วยกัน ซึ่งนิยมใช้กันมากในงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนต่างๆสำหรับรอยเชื่อมซึ่งต้องรับแรงสูงนิยมใช้วิธีการเชื่อมไฟฟ้า (Arc welding) การเชื่อมด้วยแก๊ส (Gas welding) และการเชื่อมด้วยความต้านทานไฟฟ้า ปัญหาซึ่งวิศวกรผู้ออกแบบรอยเชื่อมได้อย่างใกล้เคียงเหมือนเช่นการคำนวณ เกี่ยวกับความแข็งแรงของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอย่างอื่น ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทก่อนทั้งนี้เพราะยังไม่มีใครสามารถที่จะหาคำตอบของเค้นที่เกิดขึ้นในรอยเชื่อมได้ดีพอ ดังนั้นในการคำนวณเกี่ยวกับรอยเชื่อมทั้งหมดจึงเป็นวิธีการประมาณค่าความเค้นอย่างหยาบ ๆ เท่านั้น อย่างไรก็ตาม ผลงานที่ได้จากการประมาณเหล่านี้ก็ได้ผ่านการใช้งานอย่างได้ผลดีมาแล้วอดีต จนเป็นที่น่าเชื่อถือได้

### 2.4.1 วิธีการเชื่อม

การเชื่อมมีหลายวิธี ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะวิธีซึ่งมีการใช้งานกันมากทั่วไปเท่านั้น

#### 2.4.1.1 การเชื่อมด้วยไฟฟ้า

การเชื่อมวิธีนี้มักเรียกกันทั่ว ๆ ไปว่าการเชื่อมไฟฟ้าโดยใช้ลวดเชื่อม (Electrode) เป็นตัวนำไฟฟ้าและในขณะที่เดียวกันโลหะลวดเชื่อมก็จะละลายลงไป ณ รอยที่ต้องการเชื่อมด้วย ดังภาพด้านล่าง ลวดเชื่อมมักจะห่อหุ้มไว้ด้วยสารชนิดหนึ่ง เรียกว่า ฟลักซ์ (Flux) ซึ่งจะระเหยกายเป็นแก๊สในขณะที่ทำการเชื่อม แก๊สนี้จะช่วยป้องกันมิให้เกิดออกซิเดชัน (Oxidation) ที่รอยเชื่อมซึ่งเป็นการช่วยให้คุณภาพของรอยเชื่อมดีขึ้น



รูปที่ 2.8 แสดงการเชื่อมด้วยไฟฟ้า

#### 2.4.1.2 การเชื่อมด้วยแก๊ส

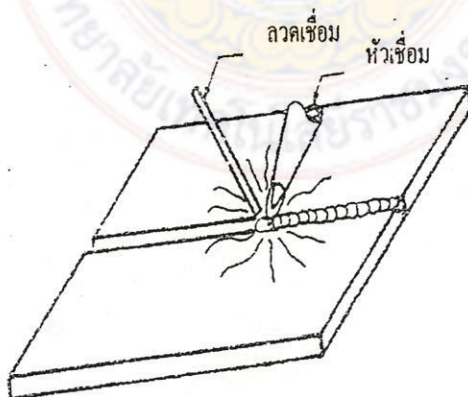
การเชื่อมวิธีนี้มักเรียกกันทั่ว ๆ ไปว่าการเชื่อมแก๊สใช้การเผาไหม้ระหว่าง ส่วนผสมของแก๊สออกซิเจนกับอะเซทีลีน (Acetylene) เป็นตัวให้ความร้อนแก๊สทั้งสองชนิดนี้ จะผสมกันในหัวเชื่อม (Torch) ในการเชื่อมจะปรับส่วนผสมของแก๊สทั้งสองในอัตราส่วนหนึ่ง ต่อ หนึ่งซึ่งได้อุณหภูมิสูงเพียงพอ ที่จะละลายโลหะได้จากนั้น จึงทำการเผาชิ้นงานที่จะเชื่อมให้ร้อน แล้วจึงให้เปลวไฟละลายลวดเชื่อมลงไปยังรอยเชื่อมดังภาพด้านล่าง

058937

ว 664

ส 723

2551



รูปที่ 2.9 แสดงการเชื่อมด้วยแก๊ส



## 2.5 สายพาน

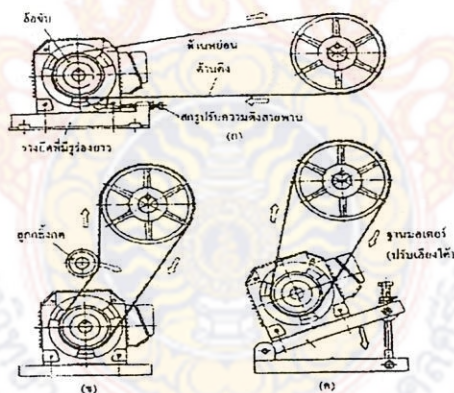
สายพาน เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลประเภทจุดดิ่ง จะทำหน้าที่ส่งถ่ายโมเมนต์หมุนและการเคลื่อนที่ระหว่างเพลาดั้งแต่ 2 เพลาขึ้นไป ด้วยความเร็วรอบสูงและให้มีระยะห่างกันมากได้สายพานส่งกำลัง

### 2.5.1 ข้อดีของสายพาน

- 2.5.1.1 ส่งถ่ายแรงได้อย่างยืดหยุ่น
- 2.5.1.2 ดูดซับเสียงดังและการสั่นสะเทือน
- 2.5.1.3 ไม่ต้องมีการหล่อลื่น

### 2.5.2 ข้อเสียของสายพาน

- 2.5.2.1 เกิดการลื่นในขณะส่งกำลังได้
- 2.5.2.2 เพลารองรับภาระสูง
- 2.5.2.3 เปลืองเนื้อที่มาก

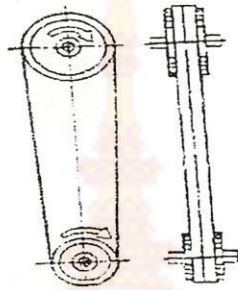


รูปที่ 2.10 แสดงการใช้อุปกรณ์ช่วยทำให้สายพานตึง

สายพานลักษณะส่งกำลังด้วยแรงส่งถ่ายโมเมนต์หมุนด้วยความเสียดทาน (Friction) ระหว่างล้อสายพานและสายพาน ส่วนการทำให้สายพานตึงนั้นจะทำได้จากการกำหนดให้มีความยาวสายพานที่ถูกต้อง ด้วยการขยายระยะห่างระหว่างแกนเพลา เช่น ให้มอเตอร์ขับเคลื่อนอยู่ในรางเลื่อนได้ หรือบนแท่งเอียงปรับขึ้นลงหรือใช้ลูกกลิ้งกดสายพานด้านหย่อน (ขณะส่งกำลัง) ให้อยู่ใกล้ด้านพูลเลย์ (Pulley) ที่มีขนาดเล็กกว่า เพื่อให้มีการโอบของสายพานเพิ่มมากขึ้นยังทำให้การส่งกำลังได้มากขึ้น

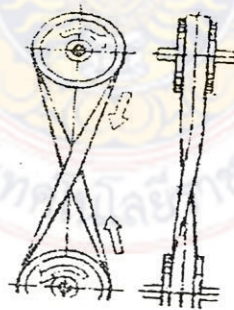
### 2.5.1 สายพานลักษณะส่งกำลังด้วยแรงแบ่งออกได้ดังนี้

สายพานแบนจะผลิตจากหนัง ลิงทอ หรือทำจากชั้นต่าง ๆ ของหนังพลาสติกและเส้นใยหลาย ๆ ชั้น สายพานสามารถนำมาใช้งานในลักษณะไขว้หรือกึ่งไขว้ได้ แต่การสึกหรอของสายพานดังกล่าวจะเกิดขึ้นมากกว่าการใช้ของสายพานลักษณะเปิดดังรูป



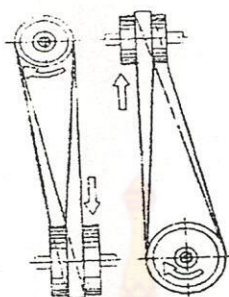
รูปที่ 2.11 แสดงสายพานลักษณะเปิด

สายพานลักษณะไขว้เป็นลักษณะการวางสายพานที่ทำให้มีมุมโอบมากกว่าลักษณะเปิด อัตราทดจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่ล้อยางจะหมุนไปในทิศทางตรงกันข้ามกัน เนื่องจากสายพานไขว้สัมผัสกันจึงทำให้สึกหรอค่อนข้างเร็ว



รูปที่ 2.12 แสดงสายพานลักษณะไขว้

สายพานลักษณะกึ่งไขว้จะทำมุมโอบล้อยางมากกว่าแบบลักษณะเปิดล้อยางซึ่งจะวางในทิศทางตั้งฉากกันแต่มีทิศทางการหมุนเหมือนกัน เพื่อให้การหมุนของสายพานบนล้อยางพวงหมั่นคงจะกำหนดให้ความกว้างของล้อยางขับโตกว่าประมาณ  $\frac{1}{4}$  เท่าของล้อยางแบบลักษณะเปิดและให้ล้อยางตามโตกว่าประมาณ  $\frac{1}{3}$  ของล้อยางแบบลักษณะเปิด



รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะกิ่งไขว้

## 2.6 แหล่งกำเนิดไฟฟ้า (Electric Sources)

### 2.6.1 ไฟฟ้ากระแส (Current Electricity)

ไฟฟ้ากระแส (Current Electricity) หมายถึง ไฟฟ้าที่มีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอย่างต่อเนื่องจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ไฟฟ้ากระแสแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

#### 2.6.1.1 ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current; D.C)

ไฟฟ้ากระแสตรง หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางไหลไปในทิศทางเดียวเสมอคือ ไหลจากขั้วบวกไปสู่ขั้วลบ (กระแสสมมุติ) กระแสจะไหลจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าผ่านตัวนำเข้าไปทำงานยังอุปกรณ์ไฟฟ้าแล้วไหลกลับแหล่งกำเนิด โดยไม่มีการไหลกลับขั้วจากกลับไปบวกในงานควบคุมมอเตอร์มักจะนำไฟฟ้ากระแสตรงไปใช้ในวงจรควบคุม

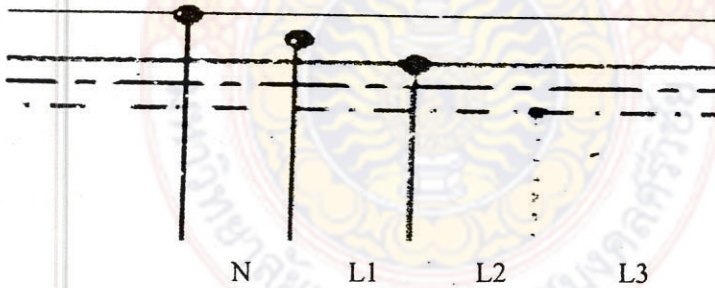
#### 2.6.1.2 ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current)

ไฟฟ้ากระแสสลับ หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่มีการสลับสับเปลี่ยนขั้วอยู่ตลอดเวลาอย่างสม่ำเสมอ ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าก็จะเปลี่ยนสลับไปมาจากบวก-ลบ และจากลบ-บวกอยู่ตลอดเวลา ซึ่งไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้าที่ใช้กันตามบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป เมื่อนำไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าสลับมาเขียนเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับมุมที่เปลี่ยนไปเมื่อเวลาผ่านไป ในขณะที่เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าจะได้ความสัมพันธ์ของกราฟเป็นเส้นโค้งสลับขึ้นลงไปมา ซึ่งหมายถึง เมื่อเวลาผ่านไปแรงดันไฟฟ้าจะสลับการไหลตลอดเวลา การไหลของกระแสสลับกลับไปกลับมาครบ 1 รอบ เรียกว่า 1 ไซเคิล (cycle) หรือ 1 รูปคลื่น และจำนวนรูปคลื่นทั้งหมดในเวลาที่ผ่านไป 1 วินาที เรียกว่า ความถี่ (frequency) ซึ่งความถี่ไฟฟ้ามีหน่วยวัดเป็นรอบต่อวินาที หรือ รูปคลื่นต่อวินาที หรือไซเคิลต่อวินาที มีหน่วยย่อเป็น “เฮิร์ตซ์” (Hertz) สำหรับความถี่ไฟฟ้าในประเทศไทยเท่ากับ 50 เฮิร์ตซ์ไฟฟ้า



กระแสลับที่มีรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้าเพียง 1 รูป คลื่นเราเรียกว่าไฟฟ้ากระแสลับ 1 เฟส (Single phase) และถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกมาพร้อมกัน 2 คลื่น เราก็เรียกว่า ไฟฟ้ากระแสลับ 2 เฟส และถ้ามี 3 รูปคลื่น เราก็เรียกว่าไฟฟ้ากระแสลับ 3 เฟส ดังรูปเป็น ไฟฟ้ากระแสลับ 3 เฟส ซึ่งเรานิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันเพราะให้แรงดันไฟฟ้าได้ 2 ระดับคือ 380 โวลต์ และ 220 โวลต์ รูปคลื่นแต่ละรูปคลื่นเรียกว่า เฟส A เฟส B และเฟส C ตามลำดับ ลักษณะของการต่อขดลวดของหม้อแปลงแบบสามเฟส โดยทั่วไปทางด้านแรงดันต่ำจะมีสายไฟฟ้าทั้งหมด 4 เส้น สามเส้นแรกเป็นสายนำกระแสของสายเฟสทั้งสาม คือ เฟส A เฟส B และเฟส C ตามลำดับ ส่วนสายเส้นที่ 4 เป็นสายนิวทรัลหรือสายเป็นกลางทางไฟฟ้า ถือว่าไม่มีไฟฟ้าเพราะสายเส้นนี้ต่อลงดิน โดยปกติดินถือว่ามีความ เป็นกลางหรือศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์โวลต์ สำหรับระบบไฟฟ้าแรงต่ำในประเทศไทยที่นิยมใช้กันโดยทั่วไประหว่างเฟสต่อเฟสเท่ากับ 380 โวลต์ และเมื่อระดับแรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสกับนิวทรัลเท่ากับ 220 โวลต์ ไฟฟ้ากระแสลับ 3 เฟส นิยมนำไปใช้กับเครื่องจักรกลไฟฟ้า เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า 3-เฟส

อักษรกำกับสายไฟฟ้ากำลัง สำหรับสายเฟสเป็น A, B, C และสายนิวทรัล คือ N บางระบบเป็น L1, L2, L3 และ N หรือ R, S, T และ N



แรงกันเฟส-เฟส

$$L1-L2 = 380 \text{ โวลต์}$$

$$L1-L3 = 380 \text{ โวลต์}$$

$$L2-L3 = 380 \text{ โวลต์}$$

แรงดันเฟส-นิวทรัล

$$L1-N = 220 \text{ โวลต์}$$

$$L2-N = 220 \text{ โวลต์}$$

$$L3-N = 220 \text{ โวลต์}$$

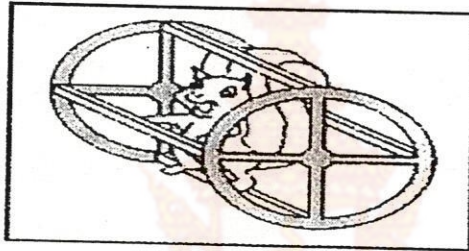
## 2.7 มอเตอร์กระแสสลับสามเฟส (Three Phase Motors) โดยทั่วไปมี 2 ชนิดคือ

### 2.7.1 มอเตอร์สามเฟสแบบเหนี่ยวนำ (3 Phase Induction Motor)

อาศัยหลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างสเตเตอร์และโรเตอร์ ยังแบ่งได้อีกเป็น 2 แบบ คือ

2.7.1.1 แบบโรเตอร์กรงกระบอก (Squirrel Cage Rotor Type)

2.7.1.2 แบบโรเตอร์พันขดลวด (Wound Rotor)



รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะของโรเตอร์ของมอเตอร์แบบกรงกระบอก



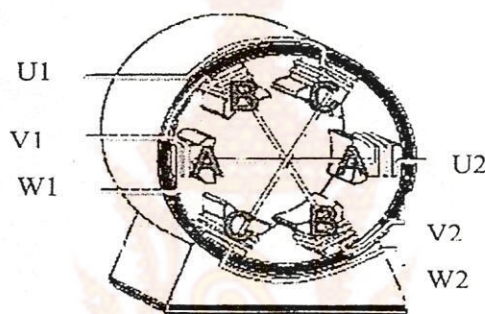
รูปที่ 2.15 แสดงโรเตอร์แบบพันขดลวด (Wound Rotor)

## 2.7.2 มอเตอร์สามเฟสเหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก

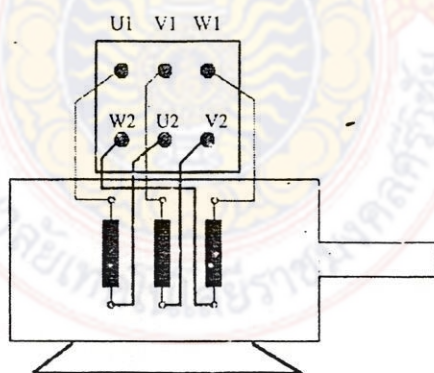
ซึ่งมีโครงสร้างง่าย ราคาถูกมอเตอร์สามเฟสเหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก ประกอบด้วย ขดลวดสเตต 3 ขด แต่ละขดมีทั้งต้นคอยล์ และปลายคอยล์ การต่อมอเตอร์สามเฟสใช้งานมีการต่อ 2 แบบคือ

2.7.2.1 การต่อแบบเดลตา หรือสามเหลี่ยม (Delta)

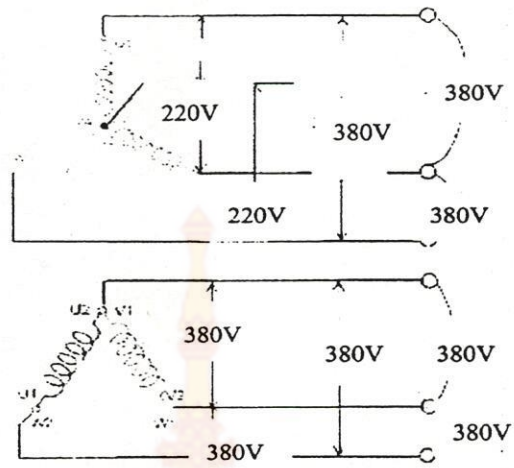
2.7.2.2 การต่อแบบสตาร์ หรือแบบวาร์รี่ (Star or Wye or Y Connection) การต่อแบบสตาร์ ทำให้แรงดันตกคร่อมขดลวดต่ำกว่าสายจ่าย = 0.577 เท่าส่วนการต่อแบบเดลตามีแรงดันตกคร่อมขดลวดเท่ากับแรงดันของสายจ่าย



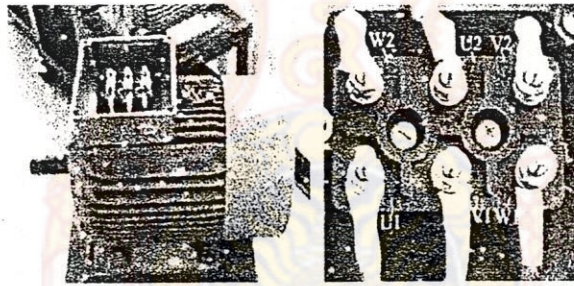
รูปที่ 2.16 แสดงโครงสร้างภายในของมอเตอร์สามเฟส



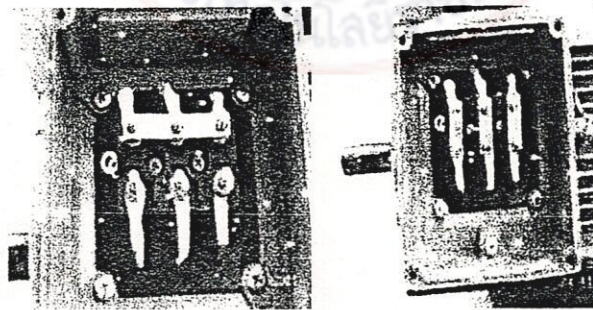




รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะการต่อขดลวดมอเตอร์แบบวาร์ย์ (Y) และเดลตา (Delta)



รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะมอเตอร์สามเฟสและจุดต่อสาย



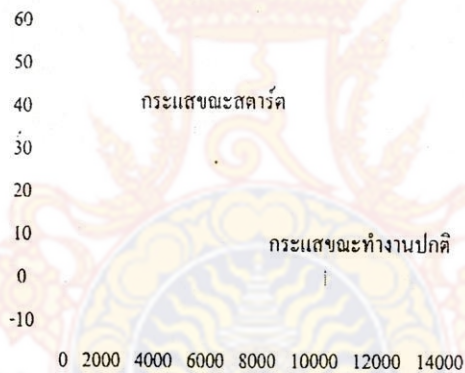
รูปที่ 2.19 แสดงการต่อแบบวาร์ย์ (Y) การต่อแบบเดลตา (Delta)

### 2.7.3 ประเภทของการสตาร์ทมอเตอร์ (Motor Starting Methods)

วิธีการสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

#### 2.7.3.1 การสตาร์ทมอเตอร์โดยตรง (Direct on line starting)

เป็นการสตาร์ทด้วยแรงดันเต็มพิกัด (Full - Voltage Starting) วิธีการสตาร์ทมอเตอร์แบบนี้เป็นที่นิยมกันมาก ใช้สำหรับมอเตอร์ที่มีขนาดเล็ก ซึ่งมอเตอร์จะถูกต่อผ่านอุปกรณ์สตาร์ทแล้วต่อเข้ากับสายไฟกำลังโดยตรง ทำให้มอเตอร์สตาร์ทด้วยแรงดันเท่ากับสายจ่ายแรงดันทันทีทันใด และกระแสขณะสตาร์ทสูงถึงประมาณ 600% ของแรงดันเต็มพิกัด ก่อให้เกิดอันตรายต่อมอเตอร์หรือวงจรไฟฟ้าอื่น ๆ ที่ต่อร่วมสายจ่ายกำลังมอเตอร์ได้



รูปที่ 2.20 แสดงกราฟการไหลของกระแสเข้าสู่มอเตอร์ขณะสตาร์ทโดยตรง

#### 2.7.3.2 การสตาร์ทโดยวิธีการลดแรงดัน (Reduced Voltage Starting)

เป็นการลดกระแสในขณะสตาร์ทมอเตอร์ไม่ให้สูงจนเป็นอันตรายจึงต้องมีการลดแรงดันในขณะสตาร์ทซึ่งเป็นผลทำให้กระแสในขณะสตาร์ทลดลงด้วย การสตาร์ทมอเตอร์โดยวิธีการลดแรงดัน มีหลายวิธีเช่น

ก. การใช้หม้อแปลงออโต้ (Auto-Transformer Reduced-Voltage Starter) วิธีการสตาร์ทมอเตอร์แบบนี้ใช้หม้อแปลงออโต้ที่มีขดลวดหลายชุดที่สามารถเปลี่ยนแท็ปแรงดันได้หลายระดับเช่น 50%, 65% หรือ 80% ของแรงดันสายจ่าย เป็นต้น

#### ข. การสตาร์ทโดยการใช้ชุดขดลวดบางส่วน (Part-Winding Starter)

การสตาร์ทแบบนี้ใช้ขดลวดแยกกัน 2 ชุดต่อขนานกันภายในสเตเตอร์ของมอเตอร์ สามารถลดกระแสขณะสตาร์ทได้ถึง 20%-35% ของกระแสเต็มพิกัด

#### ค. การใช้ความต้านทานปฐมภูมิ (Primary Resistance Starter) เป็น

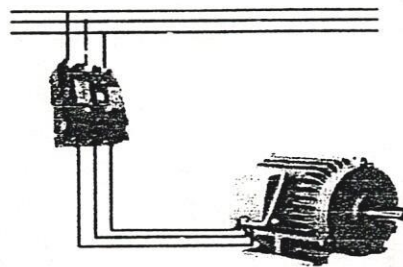
วิธีการที่ง่ายที่สุด โดยการใช้ความต้านทานต่ออนุกรมกับขดลวดแต่ละเฟสของมอเตอร์ ทำให้แรงดันขณะสตาร์ทตกคร่อมความต้านทานและขดลวดมอเตอร์ในแต่ละเฟสรับแรงดันจากสายจ่ายกำลังประมาณ 70% - 80% และเมื่อมอเตอร์หมุนไปได้สักระยะหนึ่งความต้านทานก็จะถูกตัดออกไปและปล่อยให้มอเตอร์รับแรงดันจากสายจ่ายได้โดยตรง

#### ง. การใช้ขดลวดเหนี่ยวนำปฐมภูมิ (Primary Reactance Starter) เป็น

วิธีการสตาร์ทมอเตอร์ที่มีลักษณะคล้ายกับการใช้ความต้านทานในข้อ 2.3 แต่ใช้ขดลวดเหนี่ยวนำต่อแทนความต้านทานมีข้อดีกว่าการใช้ความต้านทานคือ สามารถลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากความร้อนได้

### 2.7.4 การสตาร์ทแบบสตาร์-เดลตา (Star-Delta Starter)

การสตาร์ทแบบสตาร์-เดลตา นี้เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากออกแบบง่ายและเหมาะสำหรับการสตาร์ทมอเตอร์สามเฟสแบบเหนี่ยวนำใช้สำหรับมอเตอร์ที่มีการต่อขดลวดภายในที่มีปลายสายต่อออกมาข้างนอก 6 สาย และมอเตอร์จะต้องมีพิกัดแรงดันสำหรับการต่อแบบเดลตาที่สามารถต่อเข้ากับแรงดันสายจ่ายได้อย่างปลอดภัยปกติพิกัดที่ตัวมอเตอร์สำหรับระบบแรงดัน 3 เฟส 380 V จะระบุเป็น 380/660 V ในขณะสตาร์ทมอเตอร์จะทำการต่อแบบสตาร์ ซึ่งสามารถลดแรงดันขณะสตาร์ทได้ และเมื่อมอเตอร์หมุนไปได้สักระยะหนึ่ง มอเตอร์จะทำการต่อแบบเดลตา ซึ่งจะได้อัตราถึงรายละเอียดในโมดูลต่อไป

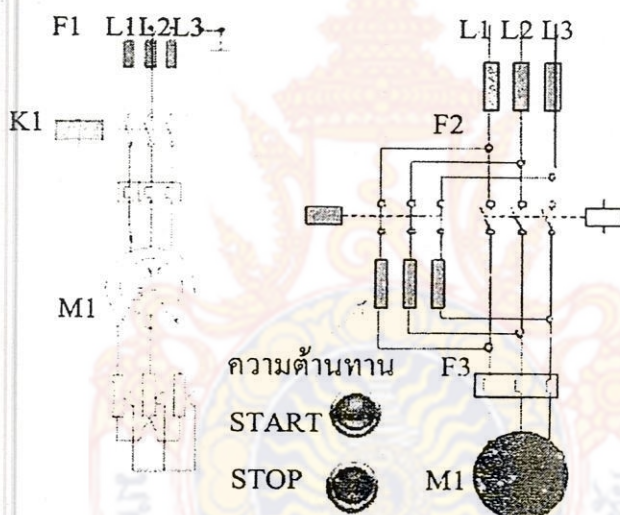


รูปที่ 2.21 แสดงการสตาร์ทมอเตอร์โดยตรง





รูปที่ 2.22 แสดงชุดสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ท-เดลตา



รูปที่ 2.23 แสดงการสตาร์ทมอเตอร์สลีปริง และรูปแสดงการสตาร์ทมอเตอร์โดยใช้ความต้านทาน

2.7.5 การสตาร์ทมอเตอร์โดยตรง

วงจrstาร์ทมอเตอร์โดยตรง หมายถึง วงจรที่มีการต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังเข้าสู่ตัวมอเตอร์เพื่อเริ่มเดิน (Start) มอเตอร์โดยตรง โดยไม่ผ่านอุปกรณ์หรือวิธีการลดแรงดันใด ๆ ก่อนถึงตัวมอเตอร์เป็นการสตาร์ทด้วยแรงดันเต็มพิกัด (Full-Voltage Starting) วิธีการสตาร์ทมอเตอร์แบบนี้เป็นที่นิยมกันมากใช้สำหรับมอเตอร์ที่มีขนาดเล็ก ซึ่งมอเตอร์จะถูกต่อผ่านอุปกรณ์สตาร์ทแล้วต่อเข้ากับสายไฟกำลังโดยตรง ทำให้มอเตอร์สตาร์ทด้วยแรงดันเท่ากับสายจ่ายแรงดันทันทีทันใด ทำให้มอเตอร์มีกระแสขณะสตาร์ทสูงถึงประมาณ 600% ของแรงดันเต็มพิกัด

2.7.5.1 ส่วนประกอบของวงจรสตาร์ทมอเตอร์โดยตรง

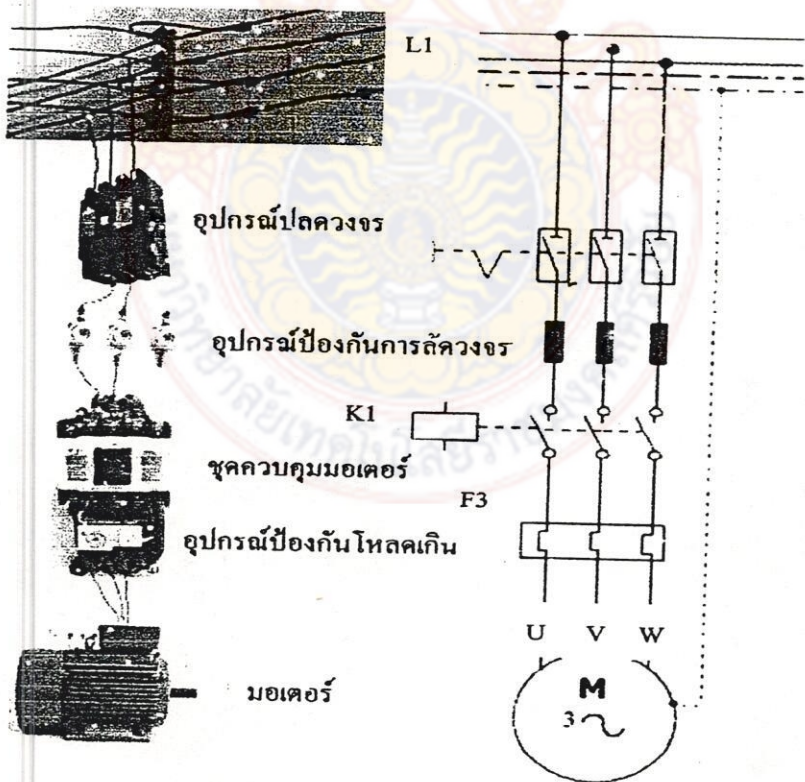
วงจรแสดงการทำงาน (Schematic Diagram) ของวงจรสตาร์ทมอเตอร์ โดยตรงแบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ

ก. วงจรหยุด (Stop Circuit) ทำหน้าที่ตัดกระแสไฟฟ้าออกจากคอยล์แม่เหล็กของคอนแทกเตอร์และทำให้มอเตอร์หยุดทำงานตำแหน่งของปุ่ม Stop มักจะวางไว้เหนือปุ่ม Start

ข. วงจรสตาร์ท (Start Circuit) ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าไปเข้าคอยล์แม่เหล็ก ทำให้คอนแทกเตอร์ทำงานจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังมอเตอร์

ค. วงจรคงสภาพการทำงาน (Holding หรือ maintaining Circuit) ทำหน้าที่รักษาสภาพการทำงานของคอนแทกเตอร์เอาไว้ หลังจากวงจรสตาร์ทเปิดวงจร

ง. วงจรป้องกันมอเตอร์ (Protection Circuit) ประกอบด้วยฟิวส์และโอเวอร์โหลดทำหน้าที่ป้องกันมอเตอร์จากการเกิด โอเวอร์โหลด และป้องกันการลัดวงจร



รูปที่ 2.24 แสดงวงจรการใช้งานจริง. วงจรกำลัง.

### 2.7.6 การสตาร์ทมอเตอร์สามเฟสแบบสตาร์-เดลตาอัตโนมัติ

การสตาร์ทมอเตอร์ 3 เฟสที่มีขนาดใหญ่กระแสขณะสตาร์ทมีค่าสูง ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดอันตรายต่อมอเตอร์ได้ ดังนั้นขณะสตาร์ทมอเตอร์จะต้องหาวิธีการในการลดกระแสจำนวนนี้ วิธีการหนึ่งที่ยอมรับใช้คือ การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ และรันแบบเดลตา หรือแบบ (Y-D) ซึ่งวิธีการต่อแบบสตาร์-เดลตา สำหรับระบบแรงดัน 380/220 โวลต์ สามารถทำการสตาร์ทแบบสตาร์-เดลตาได้มอเตอร์จะต้องมีพิกัดเท่ากับ 380/660 V.

วงจรสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ – เดลตาด้วยการใช้รีเลย์ตั้งเวลาการควบคุมแบบอัตโนมัติ มีอยู่ 2 วิธีคือ

2.7.6.1 ต่อสตาร์ทด้วยคอนแทกเตอร์ K2 ก่อนแล้วจึงจ่ายไฟเข้าคอนแทกเตอร์ K1 ทำได้โดยการใช้รีเลย์ตั้งเวลาแบบมีหน้าสัมผัสปกติปิดอันเดียว

2.7.6.2 จ่ายไฟเข้าคอนแทกเตอร์ K1 ก่อนแล้วจึงต่อสตาร์ทด้วยคอนแทกเตอร์ K2 ทำได้โดยการใช้รีเลย์ตั้งเวลาแบบหน้าสัมผัสโยกได้ 2 ทางในที่นี้จะขอกกล่าวถึงเฉพาะวิธีที่ 1 เท่านั้น

#### รายการอุปกรณ์

- S1 Push button “On”
- K3 Delta Contactor
- F3 Overload relay
- S2 Push button “OFF”
- K4T Time delay relay
- M1 3 phase motor
- K1 Line Contactor
- F1 Main fuses
- K2 Star Contactor
- F2 Control fuses

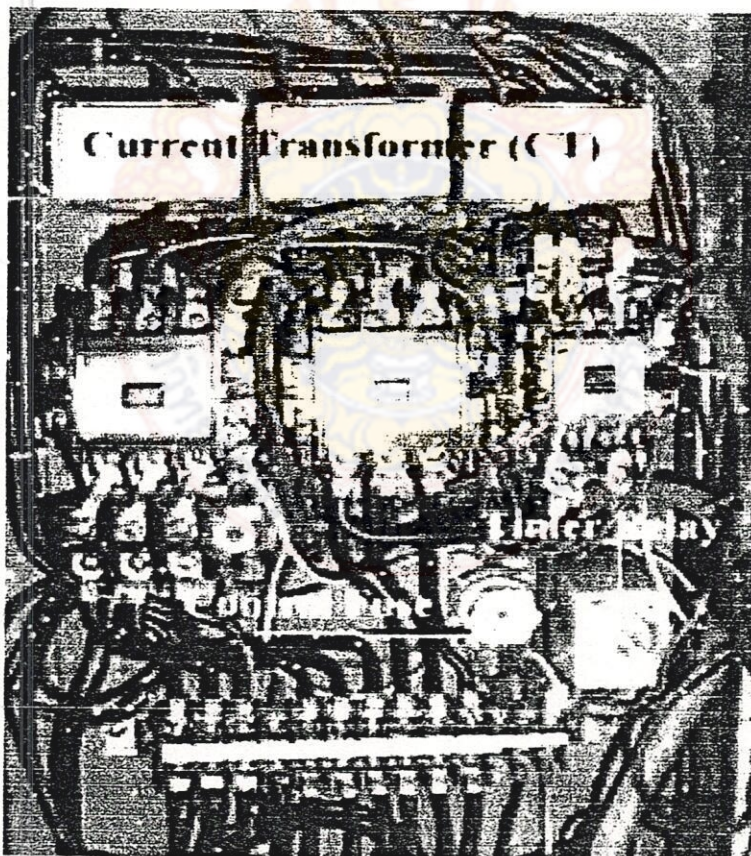


### 2.7.6.3 ลักษณะการทำงานของวงจร

ก. วงจรกำลังของการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เดลตาการสตาร์ทจะต้องเรียงกันจากการต่อวงจร แบบสตาร์ (Y) ก่อน แล้วจึงต่อแบบเดลตา (D)

ข. เมนคอนแทกเตอร์(Main Contactor) คือ K1 ทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้ากำลังเข้าขั้วหลักของมอเตอร์ คือ U1, V1 และ W1 ส่วนคอนแทกเตอร์ K2 ทำหน้าที่ในการต่อช้อตปลายของมอเตอร์ให้เป็นแบบสตาร์ หรือแบบวาร์ย (Y) และคอนแทกเตอร์ K3 ทำหน้าที่ในการต่อปลายสายของมอเตอร์ให้เข้ากับต้นขั้วของมอเตอร์เป็นแบบเดลตา (D)

ค. คอนแทกเตอร์สตาร์ กับคอนแทกเตอร์เดลตา (D) จะต้องมี interlock ซึ่งกันและกัน การควบคุมมี 2 อย่างคือ เปลี่ยนจากสตาร์ไปเดลตาโดยกดด้วย Push button กับเปลี่ยนโดยอัตโนมัติด้วยการใช้รีเลย์ตั้งเวลา (ในที่นี้คือ K4T) ลักษณะการต่อขดลวดมอเตอร์แบบวาร์ย (Y) และเดลตา (Delta) ซึ่งจะเป็นไปอย่างอัตโนมัติโดยอาศัยชุดสตาร์ทแบบสตาร์-เดลตา



รูปที่ 2.25 แสดงชุดสตาร์ทมอเตอร์สตาร์-เดลตาอัตโนมัติ

### 2.7.7 ความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานต่างเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรกลต่าง ๆ ในงานอุตสาหกรรมมอเตอร์มีหลายแบบหลายชนิดที่ใช้ให้เหมาะสมกับงาน ดังนั้น เราจึงต้องทราบถึงความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าตลอดจนคุณสมบัติการใช้งานมอเตอร์แต่ละชนิดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานของมอเตอร์นั้น ๆ มอเตอร์ไฟฟ้า (MOTOR) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกลมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกลมีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง

#### 2.7.7.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor)

หรือเรียกว่า เอ.ซี มอเตอร์ (A.C.MOTOR) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าสลับ แบ่งออกได้ดังนี้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

- ก. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส หรือเรียกว่า ซิงเกิลเฟสมอเตอร์ สปลิทเฟสมอเตอร์ คาปาซิเตอร์มอเตอร์ รีพัตช์มอเตอร์ ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ เซ็คเคดโพลมอเตอร์
- ข. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 2 เฟส หรือเรียกว่า ทูเฟสมอเตอร์
- ค. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส หรือเรียกว่า ทรีเฟสมอเตอร์

#### 2.7.7.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

หรือเรียกว่า ดี.ซี มอเตอร์ (D.C.MOTOR) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะ มีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็ว ได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะหรือให้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า เป็นต้น ในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจึงควรรู้จักอุปกรณ์ต่าง ๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกได้ดังนี้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

- ก. มอเตอร์แบบอนุกรม หรือเรียกว่า ซีรีส์มอเตอร์
- ข. มอเตอร์แบบอนุกรมขนาน หรือเรียกว่า ชันท์มอเตอร์
- ค. มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสม หรือเรียกว่า คอมปาวด์มอเตอร์



ตัวอย่างที่ 1 จงกำหนดขนาดกระแสของสายไฟฟ้าของมอเตอร์แต่ละวันและสายป้อนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสจำนวน 4 ตัว (M1-M4) เริ่มเดินแบบ Direct on Line Starter

มอเตอร์ M1 5 แรงม้า 9.2 แอมแปร์ รหัสอักษร B

มอเตอร์ M2 7.5 แรงม้า 13 แอมแปร์ รหัสอักษร E

มอเตอร์ M3 10 แรงม้า 17 แอมแปร์ รหัสอักษร F

มอเตอร์ M4 15 แรงม้า 25 แอมแปร์ ไม่มีรหัสอักษร

กำหนดขนาดสายไฟฟ้าวงจรรย่อยมอเตอร์แต่ละตัว

มอเตอร์ M1 ขนาดกระแสไฟฟ้า ไม่ต่ำกว่า  $1.25 \times 9.2 = 11.5 \text{ A}$

มอเตอร์ M2 ขนาดกระแสไฟฟ้า ไม่ต่ำกว่า  $1.25 \times 13 = 16.5 \text{ A}$

มอเตอร์ M3 ขนาดกระแสไฟฟ้า ไม่ต่ำกว่า  $1.25 \times 17 = 21.25 \text{ A}$

มอเตอร์ M4 ขนาดกระแสไฟฟ้า ไม่ต่ำกว่า  $1.25 \times 25 = 32.25 \text{ A}$

ขนาดสายป้อน

$$= (1.25 \times 25) + 17 + 13 + 9.2$$

$$= 70.45$$

นั่นคือ ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าไม่ต่ำกว่า 71 แอมแปร์

### 2.7.8 การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันการลัดวงจรสายป้อน

ขนาดของฟิวส์ หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้เป็นเครื่องป้องกันการลัดวงจรของมอเตอร์ตัวใหญ่ที่สุดรวมกับกระแสโหลดเต็มของมอเตอร์ตัวอื่น ๆ ที่ต่อในวงจรเดียวกัน

ตัวอย่างที่ 2 จากข้อมูลมอเตอร์ 4 ตัว ถ้าต้องการใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ เป็นเครื่องป้องกันการลัดวงจร จงกำหนดขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ของมอเตอร์แต่ละตัวและเซอร์กิตเบรกเกอร์ของสายป้อน

วิธีทำ

ก. ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ของมอเตอร์แต่ละตัว



M1 รหัสอักษร B ไม่เกิน 200% ของกระแสโหลดเต็มที่

$$= \frac{200 \times 9.2}{100} = 18.4A$$

100

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 20 แอมแปร์

M2 รหัสอักษร E ไม่เกิน 200% ของกระแสโหลดเต็มที่

$$= \frac{200 \times 13}{100} = 26A$$

100

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 30 แอมแปร์

M3 รหัสอักษร F ไม่เกิน 250% ของกระแสโหลดเต็มที่

$$= \frac{250 \times 17}{100} = 42.5A$$

100

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 40 แอมแปร์ หรือ 50 แอมแปร์

M4 ไม่มีรหัสอักษร ไม่เกิน 250% ของกระแสโหลดเต็มที่

$$= \frac{250 \times 25}{100} = 62.5A$$

100

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 70 แอมแปร์

ข. ขนาดเซอร์กิตของสายป้อน

$$= 70+17+13+9.2 = 109.2$$

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 100 แอมแปร์

### 2.7.9 การควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบเลือกความเร็ว

แบบนี้เลือกได้ว่าให้มอเตอร์ที่หมุนด้วยความเร็วต่ำหรือความเร็วสูงคือ เลือกให้คอนแทคเตอร์ K1 ทำงาน หรือ K2 ทำงาน ถ้ามอเตอร์หมุนที่ความเร็วต่ำก่อนสามารถเปลี่ยนไปที่ความเร็วสูงได้เลย แต่ถ้าหมุนด้วยความเร็วสูงต้องเปลี่ยนเป็นความเร็วต่ำจะต้องกดสวิตช์ปุ่มกดหยุดการทำงานเสียก่อนเพื่อชะลอความเร็วแล้วจึงกดสวิตช์ปุ่มกดให้คอนแทคเตอร์ของความเร็วต่ำทำงานวงจรเหมาะสำหรับใช้เมื่อมีโหลดน้อย ๆ ที่เพลลาของมอเตอร์

### 2.7.10 แบบควบคุมให้หมุนเรียงตามลำดับความเร็ว

แบบนี้มอเตอร์จะต้องหมุนที่ความเร็วต่ำก่อนเสมอแล้วจึงไปหมุนที่ความเร็วสูงได้ โดยใช้รีเลย์ช่วย (K3A) ช่วยในการควบคุม การลดความเร็วจากสูงมาต่ำต้องหยุดก่อน แล้วจึงเริ่มใหม่ที่ความเร็วต่ำวงจรนี้เหมาะสมกับงานที่มีโหลดที่เพลามากของมอเตอร์มาก

## 2.8 อินเวอร์เตอร์

ปัจจุบันอินเวอร์เตอร์ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว และมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย ในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งหลายท่านได้ใช้ได้เข้าไปเกี่ยวข้องแต่ไม่ทราบว่าอินเวอร์เตอร์คืออะไร ทำงานอย่างไร

ดังนั้น วัตถุประสงค์ของเอกสารนี้ จึงเรียบเรียงขึ้นเป็นแนวทางเพื่อช่วยให้ผู้ใช้งาน อินเวอร์เตอร์ได้เกิดความเข้าใจหลักการทำงานพื้นฐานของอินเวอร์เตอร์ได้มากยิ่งขึ้น

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) หรือเรียกว่า เอซีไดรฟ์ (AC drives) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ สำหรับควบคุมความเร็วรอบ ของมอเตอร์เหนี่ยวนำหรือเอซีมอเตอร์ (ซึ่งบางครั้งก็ถูกเรียกว่า “อะซิงโครนัส หรือมอเตอร์แบบกรงกระรอก)

### 2.8.1 ความเร็วรอบสามารถควบคุมได้ดังนี้

เนื่องจากความเร็วรอบของอินดักชันมอเตอร์ หรือมอเตอร์เหนี่ยวนำ จะเปลี่ยนแปลง สัมพันธ์กับสมการความเร็วรอบหรือสมการซิงโครนัส-สปีด ดังต่อไปนี้

$$\text{Synchronous speed (Ns)} = (120 * f) / P$$

โดยกำหนดให้ : f = ความถี่กระแสไฟฟ้า

P = จำนวนขั้วแม่เหล็ก

จากสมการสมการซิงโครนัส-สปีด จะเห็นว่าความเร็วรอบของมอเตอร์สามารถปรับเปลี่ยน ได้ 2 เส้นทางคือ

เปลี่ยนจำนวนขั้วแม่เหล็ก (P)

เปลี่ยนแปลงความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ (f)

ดังนั้น หากความถี่กระแสไฟฟ้ามีค่าคงที่คือ 50 Hz. (หรือ 60 Hz. ในบางประเทศ เช่น อเมริกา) ความเร็วรอบของมอเตอร์ แต่ละตัวก็จะมีความเร็วรอบที่แตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับจำนวนขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์แต่ละตัว ซึ่งสามารถสรุปได้ตามตาราง ดังนี้

ตารางที่ 2-2 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วรอบของมอเตอร์ที่มีจำนวนขั้วแม่เหล็กที่แตกต่างกัน

จำนวนขั้วแม่เหล็ก(P)	2	4	6	8	10	15
จำนวนรอบที่ความถี่ 50 Hz.(RPM)	3000	1500	1000	750	600	500
จำนวนรอบที่ความถี่ 60 Hz.(RPM)	3600	1800	1200	900	720	600

จากตารางสรุปความสัมพันธ์ของความเร็วรอบของมอเตอร์ที่มีจำนวนขั้วแม่เหล็กที่แตกต่างกัน จะเห็นว่า วิธีการควบคุมความเร็วรอบด้วยการเปลี่ยนจำนวนขั้วแม่เหล็กนั้น ความเร็วจะเปลี่ยนแปลงไปครั้งละมาก ๆ เช่น เปลี่ยนจาก 3000 รอบต่อนาที ไปเป็น 1500 รอบต่อนาที หรือจาก 1500 รอบต่อนาที ไปเป็น 3000 รอบต่อนาที (กรณีเปลี่ยนจากการต่อแบบ 2 ขั้วแม่เหล็ก ไปเป็นการต่อแบบ 4 ขั้วแม่เหล็ก หรือจาก 4 ขั้วแม่เหล็กลดลงมาเหลือ 2 ขั้วแม่เหล็ก) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบในลักษณะนี้ความเร็วรอบที่เปลี่ยนแปลงจะไม่ละเอียด ทำให้เฉพาะในขณะที่ไม่มีโหลด และที่สำคัญคือ ต้องใช้มอเตอร์ที่ออกแบบพิเศษที่สามารถเปลี่ยนแปลงจำนวนขั้วแม่เหล็กได้เท่านั้น ทำให้ไม่เหมาะสมกับความต้องการของงานในหลาย ๆ ประเภทที่ต้องการควบคุมความเร็วรอบในขณะมีโหลดเพื่อให้ความเร็วเหมาะสมกับความเร็วของกระบวนการผลิต ดังนั้นในกระบวนการผลิตทั่วไปจึงนิยมใช้อินเวอร์เตอร์ในการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์มากกว่า เนื่องจากสามารถควบคุมให้มอเตอร์ด้วยความเร็วคงที่ปรับความเร็วรอบไปที่ความเร็วต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วและมีความเที่ยงตรงมากกว่า

### 2.8.2 การทำงานของอินเวอร์เตอร์

วงจรเรกติไฟเออร์ หรือวงจรเรียงกระแส ทำหน้าที่แปลงผันหรือเปลี่ยนจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง วงจรประกอบด้วย เพาเวอร์ไดโอด 4 ตัว กรณีที่อินพุตเป็นแบบเฟสเดียวหรือแบบมีเพาเวอร์ไดโอด 6 ตัว กรณีที่อินพุตเป็นแบบ 3 เฟส ดังรูป



(สำหรับอินเวอร์เตอร์บางประเภทจะใช้ SCR ทำหน้าที่เป็นวงจรถักไฟเออร์ซึ่งทำให้สามารถควบคุมระดับแรงดันในวงจร ดีซีลิงค์ได้)

ดีซีลิงค์ หรือ วงจรเชื่อมโยงทางดีซี คือ วงจรเชื่อมโยงระหว่างวงจรเรียกกระแสและวงจรถักไฟเออร์ (ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อถัดไป) ซึ่งจะประกอบด้วยแคปปาซิเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ พักดแรงดัน ไฟฟ้า 400 VDC หรือ 800 VDC โดยขึ้นอยู่กับแรงดันอินพุตว่าเป็นแบบเฟสเดียวหรือ 3 เฟส ทำหน้าที่กรองแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากวงจรถักไฟเออร์ให้เรียบยิ่งขึ้น และทำหน้าที่เก็บประจุไฟฟ้า ขณะที่มอเตอร์ทำงานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในช่วงสั้นเนื่องจากการเบรกหรือมีการลดความเร็วรอบลงอย่างรวดเร็ว สำหรับกรณีที่ใช้งานกับโหลดที่มีแรงเฉื่อยมาก ๆ และต้องการหยุดอย่างรวดเร็ว จะเกิดแรงดันย้อนกลับมาตกร่วมแคปปาซิเตอร์และทำให้แคปปาซิเตอร์เสียหายได้ ดังนั้นในทางปฏิบัติจะมีวงจรชอปเปอร์โดยต่อค่าความต้านอนุกรมกับทรานซิสเตอร์และต่อขนานกับแคปปาซิเตอร์ไว้ โดยทรานซิสเตอร์จะทำให้ที่เป็นสวิตซ์ตัดต่อควบคุมให้กระแสไหลผ่านค่าความต้านทานเพื่อลดพลังงานที่เกิดขึ้น

วงจรถักไฟเออร์ คือ ส่วนที่ทำหน้าที่แปลงผันจากแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (ที่ผ่านการกรองจากวงจรถักไฟเออร์) เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ วงจรจะประกอบด้วยเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์กำลัง 6 ชุด (ปัจจุบันส่วนใหญ่จะใช้ IGBT) ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ตัดต่อกระแสไฟฟ้าเพื่อแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับโดยอาศัยเทคนิคที่นิยมใช้กันทั่วไปคือ PWM (Pulse width modulation)

วงจรถักไฟเออร์ จะทำหน้าที่รับข้อมูลจากผู้ใช้เช่น รับข้อมูลความเร็วรอบที่ต้องการเข้าไปทำการประมวลผล และจากนั้นก็ส่งเอาท์พุทออกไปควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์เพื่อจ่ายแรงดันและความถี่ให้ได้ความเร็วรอบและแรงบิดตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ทำไมจึงต้องแปลงผันจากดีซีเป็นเอซีและแปลงผันกลับจากดีซีเป็นเอซีอีกครั้ง (คำถามที่พบบ่อย)

เนื่องจากการแปลงจากเอซีไปเป็นเอซี โดยตรงเลยนั้น ความถี่ทางด้านเอาท์พุทจะได้สูงสุดไม่เกินความถี่ทางด้านอินพุท ทำให้ไม่สามารถควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้มีความเร็วมากกว่าความเร็วที่บอกไว้บนแผ่นป้ายของมอเตอร์ แต่การเปลี่ยนจาก เอซี ไปเป็น ดีซี และแปลงกลับมาเป็น เอซี อีกครั้งจะทำให้อินเวอร์เตอร์สามารถสร้างความถี่ได้สูงกว่าความถี่ทางด้านอินพุท

### 2.8.3 สถานที่ติดตั้งในการทำงาน G110

การติดตั้งอินเวอร์เตอร์นั้นควรเลือกสถานที่ ที่มีการถ่ายเทอากาศได้ดีหรืออยู่ในห้อง ปรับอากาศให้สามารถถ่ายเทความร้อนได้สะดวกและควรจะต้องติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพิ่มด้วย นอกจากนี้ควรหลีกเลี่ยงสถานที่ในการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ต่อไปนี้

- 2.8.3.1 อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป (ควรอยู่ในช่วง  $-10\text{ C}$  ถึง  $50\text{ C}$ )
- 2.8.3.2 ความชื้นสูงหรือสถานที่เปียกชื้น (ทนความชื้นได้ 85%)
- 2.8.3.3 ใกล้วัตถุที่มีความเสี่ยงต่อการติดไฟหรือเกิดการระเบิดได้ง่าย
- 2.8.3.4 มีละอองฝุ่นหรือละอองโลหะมาก
- 2.8.3.5 ที่แสงแดดส่องถึงโดยตรง
- 2.8.3.6 มีแรงสั่นสะเทือนสูง



## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงาน

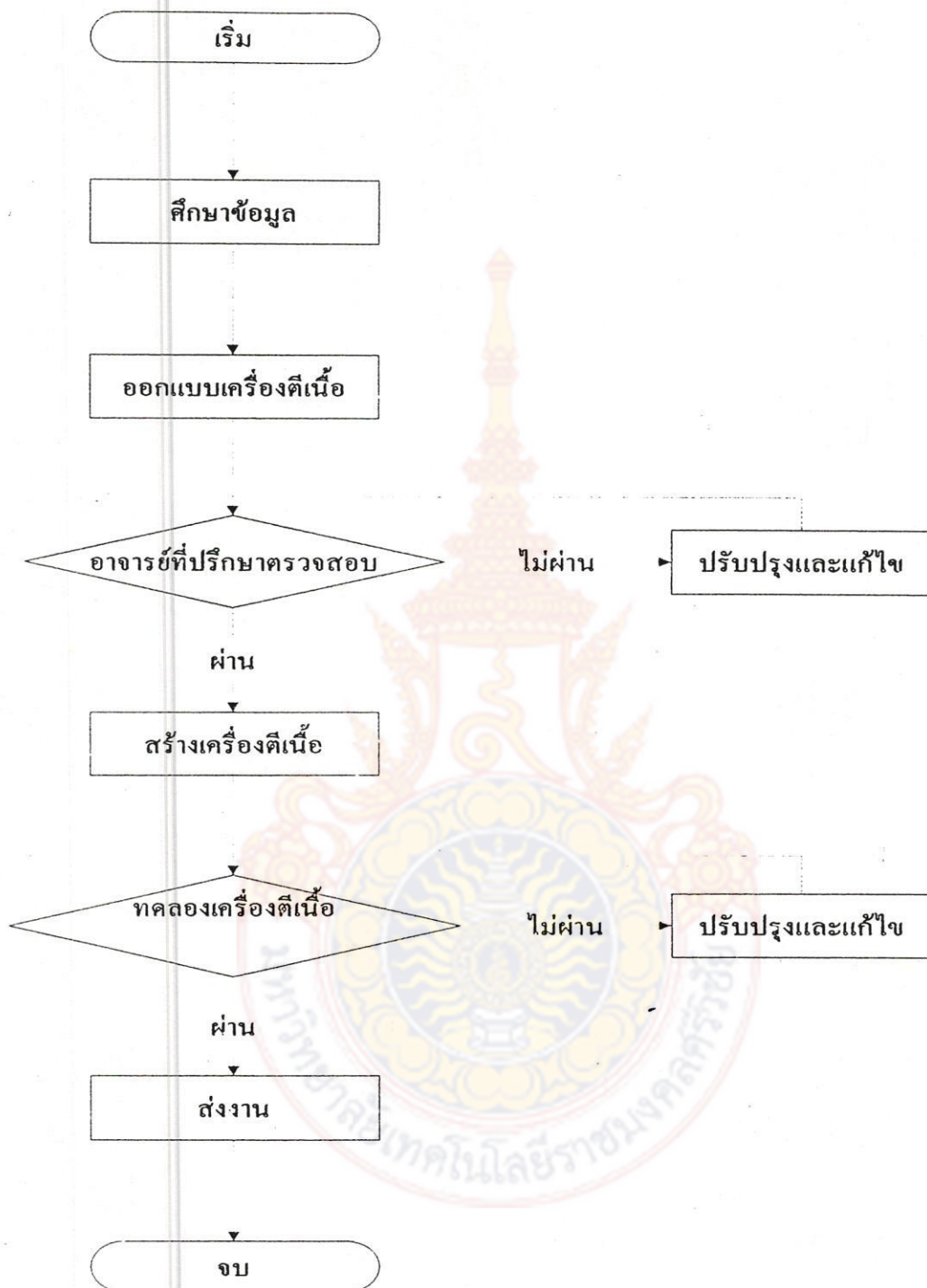
การศึกษาโครงการเรื่องการสร้างเครื่องตีเนื้อหมู เพื่อนำไปแปรรูปเนื้อหมูที่จะทำหมูหยอง ทางคณะผู้จัดทำได้ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องและได้ลำดับขั้นตอนการดำเนินโครงการดังต่อไปนี้

- 3.1 วางแผนการจัดทำโครงการ
- 3.2 ออกแบบและคำนวณ
- 3.3 จัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์
- 3.4 ดำเนินการจัดทำโครงการ
- 3.5 ทดลองการทำงาน
- 3.6 ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่อง

#### 3.1 การวางแผนการจัดทำโครงการ

- 3.1.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับขั้นตอนการทำหมูหยองที่ต้องใช้แรงงานคนเป็นจำนวนมากเพื่อให้เนื้อหมูเป็นเส้น และใช้เวลานานในการทำแต่ละครั้ง
- 3.1.2 ศึกษาถึงคุณลักษณะของวัสดุและอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้
- 3.1.3 ศึกษาวิธีการดำเนินโครงการ การเก็บข้อมูลตามแผนงานดังต่อไปนี้





รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการสร้างเครื่องตีเนื้อหมู

### 3.2 การออกแบบและคำนวณ

#### 3.2.1 การคำนวณหาความเร็วรอบ

คำนวณหาความเร็วรอบของใบมีด คำนวณโดยใช้ความเร็วรอบที่ต่อเข้ากันกับ อินเวอร์เตอร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

พูล์เลย์ของมอเตอร์มีขนาด 2 นิ้ว = 5.08 เซนติเมตร = 50.8 มิลลิเมตร

พูล์เลย์ของใบมีดมีขนาด 5 นิ้ว = 12.7 เซนติเมตร = 127 มิลลิเมตร

##### 3.2.1.1 ความเร็วรอบของมอเตอร์

$$\text{จากสมการอัตราทดรอบ } D1 / D2 = N1 / N2$$

กำหนด

D1 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูล์เลย์ตัวขับ = 50.8 มิลลิเมตร

D2 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูล์เลย์ตัวตาม = 127 มิลลิเมตร

N1 คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์ = 1,330 rpm

N2 คือ ความเร็วรอบที่ต้องการหา

แทนค่า

$$50.8 / 127 = 1,330 / N2$$

$$N2 = (50.8 / 127) \times 1,330 = 530 \text{ rpm}$$

ความเร็วรอบที่ใช้งานจริงมีค่าเท่ากับ 530 รอบ / นาที

#### 3.2.1.2 หาความเร็วรอบของมอเตอร์ในแต่ละย่านความถี่ของอินเวอร์เตอร์ เพื่อนำไปคำนวณหาความเร็วของใบมีด

$$\text{จากสมการหาความเร็วรอบโดยผ่านอินเวอร์เตอร์ } N = (120 \times F) / P$$

เมื่อ

F = ความถี่ของอินเวอร์เตอร์ (Hz)

P = จำนวนขดลวดของมอเตอร์ เท่ากับ 4 ขดลวด

หาความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ย่านความถี่ 30 Hz

$$N = (120 \times 30) / 4 = 900 \text{ rpm}$$

หาความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ย่านความถี่ 40 Hz

$$N = (120 \times 40) / 4 = 1,200 \text{ rpm}$$

หาความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ย่านความถี่ 50 Hz

$$N = (120 \times 50) / 4 = 1,500 \text{ rpm}$$

### 3.2.1.3 หาความเร็วรอบของใบมีดในแต่ละย่านความถี่ของอินเวอร์เตอร์

หาความเร็วรอบของใบมีดที่ย่านความถี่ 30 Hz

$$N = (50.8 / 127) \times 900 = 360 \text{ rpm}$$

หาความเร็วรอบของใบมีดที่ย่านความถี่ 40 Hz

$$N = (50.8 / 127) \times 1,200 = 480 \text{ rpm}$$

หาความเร็วรอบของใบมีดที่ย่านความถี่ 50 Hz

$$N = (50.8 / 127) \times 1,500 = 600 \text{ rpm}$$

### 3.2.2 การคำนวณหาความเร็วรอบหลังปรับปรุงแก้ไข

คำนวณหาความเร็วรอบของใบมีด คำนวณโดยใช้ความเร็วรอบที่ต่อเข้ากันกับอินเวอร์เตอร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

พูล์เลย์ของมอเตอร์มีขนาด 4 นิ้ว = 10.16 เซนติเมตร = 101.6 มิลลิเมตร

พูล์เลย์ของใบมีดมีขนาด 5 นิ้ว = 12.7 เซนติเมตร = 127 มิลลิเมตร

#### 3.2.2.1 การคำนวณหาความเร็วรอบของมอเตอร์

$$\text{จากสมการอัตราทดรอบ } D1 / D2 = N1 / N2$$

กำหนด

D1 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูล์เลย์ตัวขับ = 101.6 มิลลิเมตร

D2 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูล์เลย์ตัวตาม = 127 มิลลิเมตร

N1 คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์ = 1,330 rpm

N2 คือ ความเร็วรอบที่ต้องการหา

แทนค่า

$$101.6 / 127 = 1,330 / N2$$

$$N2 = (101.6 / 127) \times 1,330 = 1,064 \text{ rpm}$$

ความเร็วรอบที่ใช้งานจริงมีค่าเท่ากับ 1,064 รอบ / นาที



### 3.2.2.2 หาคความเร็วรอบของมอเตอร์ในแต่ละย่านความถี่ของอินเวอร์เตอร์ เพื่อนำไปคำนวณหาความเร็วของของใบมีด

จากสมการหาความเร็วรอบโดยผ่านอินเวอร์เตอร์  $N = (120 \times F) / P$

เมื่อ

$F =$  ความถี่ของอินเวอร์เตอร์

$P =$  จำนวนขดลวดของมอเตอร์ เท่ากับ 4 ขดลวด

หาคความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ย่านความถี่ 25 Hz

$$N = (120 \times 25) / 4 = 750 \text{ rpm}$$

หาคความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ย่านความถี่ 30 Hz

$$N = (120 \times 30) / 4 = 900 \text{ rpm}$$

หาคความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ย่านความถี่ 35 Hz

$$N = (120 \times 35) / 4 = 1,050 \text{ rpm}$$

หาคความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ย่านความถี่ 40 Hz

$$N = (120 \times 40) / 4 = 1,200 \text{ rpm}$$

หาคความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ย่านความถี่ 45 Hz

$$N = (120 \times 45) / 4 = 1,350 \text{ rpm}$$

หาคความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ย่านความถี่ 50 Hz

$$N = (120 \times 50) / 4 = 1,500 \text{ rpm}$$

### 3.2.2.3 หาคความเร็วรอบของใบมีดในแต่ละย่านความถี่ของอินเวอร์เตอร์

จากสมการ  $N = (D1 / D2) \times N$

หาคความเร็วรอบของใบมีดที่ย่านความถี่ 25 Hz

$$N = (101.6 / 127) \times 750 = 600 \text{ rpm}$$

หาคความเร็วรอบของใบมีดที่ย่านความถี่ 30 Hz

$$N = (101.6 / 127) \times 900 = 720 \text{ rpm}$$

หาคความเร็วรอบของใบมีดที่ย่านความถี่ 35 Hz

$$N = (101.6 / 127) \times 1,050 = 840 \text{ rpm}$$

หาคความเร็วรอบของใบมีดที่ย่านความถี่ 40 Hz

$$N = (101.6 / 127) \times 1,200 = 960 \text{ rpm}$$

หาความเร็วรอบของใบมีดที่ย่านความถี่ 45 Hz

$$N = (101.6 / 127) \times 1,350 = 1,080 \text{ rpm}$$

หาความเร็วรอบของใบมีดที่ย่านความถี่ 50 Hz

$$N = (101.6 / 127) \times 1,500 = 1,200 \text{ rpm}$$

### 3.2.2 การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้

จากสมการหาค่าไฟฟ้าที่ใช้  $E = I / R$

$$P = I \times E$$

กำหนด I	คือ กระแสไฟฟ้า	มีหน่วยเป็น	แอมแปร์
E	คือ กำลังไฟฟ้า	มีหน่วยเป็น	วัตต์
R	คือ ความต้านทาน	มีหน่วยเป็น	โอห์ม
P	คือ พลังงานไฟฟ้า	มีหน่วยเป็น	วัตต์

แทนค่า

$$\begin{aligned} P &= I \times E \\ &= 7.5 \times 220 \\ &= 1650 / 1000 \text{ watts /hr} \\ &= 1.65 \text{ หรือ } 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

### 3.3 ขั้นตอนการดำเนินการ

- 3.3.1 ออกแบบและจัดทำเพลาคัดใบมีด
- 3.3.2 ออกแบบและจัดทำฝาครอบเพลาคัดใบมีด
- 3.3.3 จัดทำโครงสร้าง
- 3.3.4 ทาสีโครงสร้าง
- 3.3.5 ติดตั้งเบร็ลงเข้ากับโครงสร้าง
- 3.3.6 ติดตั้งเพลาคัดใบมีดเข้ากับเบร็ลงบนโครงสร้าง
- 3.3.7 ติดตั้งฝาครอบเพลาคัดใบมีดเข้ากับโครงสร้าง
- 3.3.8 ติดตั้งมอเตอร์เข้ากับโครงสร้าง
- 3.3.9 ติดตั้งพูลเลย์เข้ากับเพลาคัดใบมีดและมอเตอร์
- 3.3.10 ใส่น้ำมันเข้ากับพูลเลย์

- 3.3.11 ติดตั้งอินเวอร์เตอร์เข้ากับโครงสร้าง
- 3.3.12 ติดตั้งชุดควบคุมวงจรไฟฟ้าเข้ากับโครงสร้าง
- 3.3.13 ต่อสายจากมอเตอร์และอินเวอร์เตอร์เข้ากับชุดควบคุมวงจรไฟฟ้า

### 3.4 ขั้นตอนการทดลอง

เครื่องตีเนื้อหมูมีหลักการทำงานเบื้องต้นคือ เริ่มสตาร์ทเครื่องตีเนื้อหมูโดยปรับตั้งความเร็วรอบต่ำ เปิดฝาใส่เนื้อหมูที่ตັมสุกลงไปครั้งละครึ่งกิโลกรัมแล้วก็ปิดฝา จากนั้นปรับความเร็วรอบที่อินเวอร์เตอร์ไปที่ 30 Hz เครื่องจะเริ่มตีเนื้อหมูให้เป็นเส้นแล้วตกลงสู่ภาชนะด้านล่าง

ในการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องตีเนื้อหมู จะกำหนดจากปริมาณเนื้อหมูที่ได้ต่อเวลาการทำงานแต่ละครั้ง โดยมีลำดับขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

- 3.4.1 นำเนื้อแดงที่ใช้ในการทดลองมาตັมให้สุก
- 3.4.2 ตรวจสอบความพร้อมของเครื่อง
- 3.4.3 สตาร์ทเครื่องที่ความเร็วรอบต่ำ
- 3.4.4 เปิดฝาใส่เนื้อหมูตັมสุกลงไปในเครื่องตีเนื้อหมู
- 3.4.5 ปรับความเร็วรอบที่อินเวอร์เตอร์ในแต่ละครั้งเริ่มจาก 30, 40, 50 Hz
- 3.4.6 แยกเนื้อหมูที่เป็นฝอยกับเนื้อหมูที่ยังเป็นก้อนออกจากกัน
- 3.4.7 บันทึกปริมาณเนื้อหมูที่เป็นฝอยในแต่ละครั้งโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์
- 3.4.8 นำข้อมูลที่ได้ไปประเมินหาความเร็วรอบของใบมีดที่ดีที่สุด

### 3.5 ขั้นตอนการทดลองหลังปรับปรุงแก้ไข

เครื่องตีเนื้อหมูมีหลักการทำงานเบื้องต้นคือ เริ่มสตาร์ทเครื่องตีเนื้อหมูโดยปรับตั้งความเร็วรอบต่ำ เปิดฝาใส่เนื้อหมูที่ตັมสุกลงไปครั้งละครึ่งกิโลกรัมแล้วก็ปิดฝา จากนั้นปรับความเร็วรอบที่อินเวอร์เตอร์ไปที่ 25 Hz เครื่องจะเริ่มตีเนื้อหมูให้เป็นเส้นแล้วตกลงสู่ภาชนะด้านล่าง

ในการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องตีเนื้อหมู จะกำหนดจากปริมาณเนื้อหมูที่ได้ต่อเวลาการทำงานแต่ละครั้ง โดยมีลำดับขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

- 3.5.1 นำเนื้อแดงที่ใช้ในการทดลองมาตັมให้สุก
- 3.5.2 ตรวจสอบความพร้อมของเครื่อง
- 3.5.3 สตาร์ทเครื่องที่ความเร็วรอบต่ำ
- 3.5.4 เปิดฝาใส่เนื้อหมูตັมสุกลงไปในเครื่องตีเนื้อหมู
- 3.5.5 ปรับความเร็วรอบที่อินเวอร์เตอร์ในแต่ละครั้งเริ่มจาก 25,30,35,40,45,50 Hz



- 3.5.6 แยกเนื้อหมูที่เป็นฝอยกับเนื้อหมูที่ยังเป็นก้อนออกจากกัน
- 3.5.7 บันทึกปริมาณเนื้อหมูที่เป็นฝอยในแต่ละครั้งโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์
- 3.5.8 นำข้อมูลที่ได้ไปประเมินหาความเร็วรอบของใบมีดที่ดีที่สุด



## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

การทดลองเครื่องตีเนื้อหมูเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องในการตีเนื้อหมูโดยทดลองจากความเร็วยรอบของใบมีดที่แตกต่างกันเพื่อหาความเร็วยรอบที่ดีที่สุดแล้วข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขต่อไป โดยมีขั้นตอนการทดสอบและการประเมินผลดังนี้

- 4.1 การทดสอบหาความเร็วยรอบของใบมีดในการตีเนื้อหมู
- 4.2 การทดสอบหาความเร็วยรอบของใบมีดในการตีเนื้อหมูหลังปรับปรุงแก้ไข
- 4.3 การหาประสิทธิภาพของเครื่องตีเนื้อหมู
- 4.4 สรุปประสิทธิภาพของเครื่องตีเนื้อหมู

#### 4.1 การทดสอบหาความเร็วยรอบของใบมีดในการตีเนื้อหมู

การทดสอบหาความเร็วยรอบของใบมีดที่เหมาะสมในการตีเนื้อหมู ทดสอบโดยปรับความเร็วยรอบที่อินเวอร์เตอร์ เริ่มจาก 30 เฮิร์ต , 40 เฮิร์ต , 50 เฮิร์ต ในการทดลองแต่ละครั้ง ใช้หมูเนื้อแดงต้มสุกครึ่งกิโลกรัม แล้วนำเนื้อหมูที่ผ่านการตีมาหาปริมาณการเป็นเส้น โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์



ตารางที่ 4-1 แสดงผลการทดลองของเครื่องตีเนื้อหมูครั้งที่ 1

ครั้งที่	จำนวนความถี่ (Hz)	ความเร็วยรอบ (rpm)	ปริมาณเนื้อที่ เป็นฝอย(%)	ปริมาณเนื้อที่ เป็นก้อน (%)	เวลา (วินาที)
1	30	360	35	65	30
2	40	480	75	25	25
3	50	600	98	2	20

ตารางที่ 4-2 แสดงผลการทดลองของเครื่องตีเนื้อหมูครั้งที่ 1

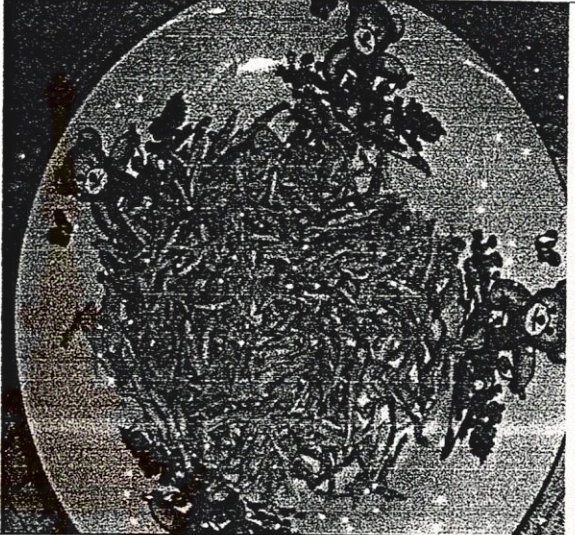
ครั้งที่	จำนวนความถี่ (Hz)	ความเร็วรอบ (rpm)	ขนาดของเนื้อที่ เป็นฝอย(mm)	ปริมาณเนื้อที่ เป็นฝอย (%)	การยอมรับ
1	30	360	8	35	ไม่ยอมรับ
2	40	480	4	75	ไม่ยอมรับ
3	50	600	2	98	ยอมรับ

ตารางที่ 4-3 แสดงผลการทดลองเครื่องตีเนื้อหมูครั้งที่ 1

ครั้งที่	จำนวน ความถี่(Hz)	เวลา(วินาที)	เนื้อหมูที่ได้จากการตี
1	30	30	
2	40	25	



ตารางที่ 4-3 แสดงผลการทดลองเครื่องตีเนื้อหมูครั้งที่ 1 ( ต่อ)

ครั้งที่	จำนวน ความถี่(Hz)	เวลา(วินาที)	เนื้อหมูที่ได้จากการตี
3	50	20	

#### 4.1.1 จากการทดลองปรับความเร็วรอบการตีเนื้อหมูที่ต่างกัน ผลที่ได้คือ

4.1.1.1 จากการทดลองที่ความถี่ 30 เฮิรต์ ความเร็วรอบ 360 rpm เนื้อที่ผ่านการตีจะมีลักษณะเป็นเส้นประมาณครึ่งหนึ่งของเนื้อที่ยังเป็นก้อนเล็กๆ เนื่องจากรอบการหมุนของใบมีดยังช้าอยู่

4.1.1.2 จากการทดลองที่ความถี่ 40 เฮิรต์ ความเร็วรอบ 480 rpm เนื้อที่ผ่านการตีจะมีลักษณะเป็นเส้นมากเหลือเนื้อที่ยังเป็นก้อนเล็กๆ เพียงเล็กน้อย เนื่องจากรอบการหมุนของใบมีดมีความเร็วค่อนข้างเหมาะสมในการตีเนื้อหมู

4.1.1.3 จากการทดลองที่ความถี่ 50 เฮิรต์ ความเร็วรอบ 600 rpm เนื้อที่ผ่านการตีจะมีลักษณะเป็นเส้นเกือบทั้งหมดเหลือเนื้อที่ยังเป็นก้อนเล็กๆ อยู่น้อยมาก ๆ เนื่องจากรอบการหมุนของใบมีดมีความเร็วเหมาะสมในการตีเนื้อหมู

#### 4.2 การทดสอบหาความเร็วรอบของใบมีดในการตีเนื้อหมูหลังปรับปรุงแก้ไข

การทดสอบหาความเร็วรอบของใบมีดที่เหมาะสมในการตีเนื้อหมู ทดสอบโดยปรับความเร็วรอบที่อินเวอร์เตอร์ เริ่มจาก 25 เฮิรต์ , 30 เฮิรต์ , 35 เฮิรต์ , 40 เฮิรต์ , 45 เฮิรต์ , 50 เฮิรต์ , ในการทดลองแต่ละครั้งใช้หมูเนื้อแดงคัมสุกครั้งกิโลกรัม แล้วนำเนื้อหมูที่ผ่านการตีมาหาปริมาณการเป็นเส้น โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4-4 แสดงผลการทดลองของเครื่องตีเนื้อหมูหลังปรับปรุงแก้ไข

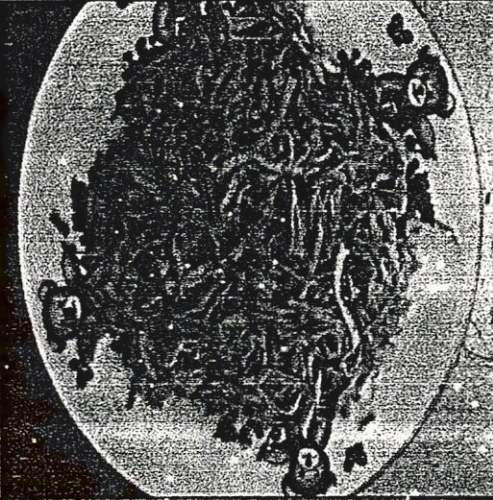
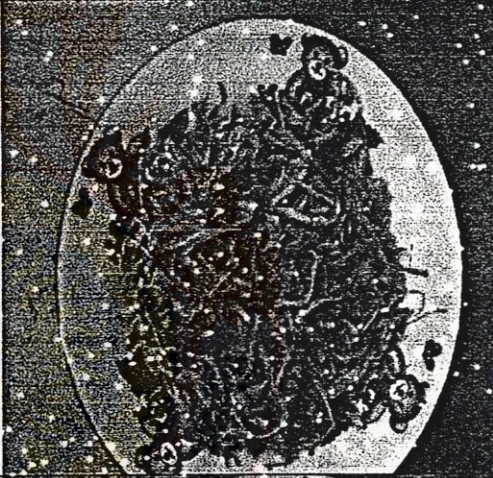

ครั้งที่	จำนวน ความถี่ (Hz)	ความเร็วรอบ (rpm)	ปริมาณเนื้อที่ เป็นฝอย(%)	ปริมาณเนื้อที่ เป็นก้อน (%)	เวลา (วินาที)
1	25	600	60	40	25
2	30	720	70	30	22
3	35	840	80	20	19
4	40	960	90	10	16
5	45	1,080	95	5	13
6	50	1,200	98	2	10

ตารางที่ 4-5 แสดงผลการทดลองของเครื่องตีเนื้อหมูหลังปรับปรุงแก้ไข

ครั้งที่	จำนวน ความถี่ (Hz)	ความเร็วรอบ (rpm)	ขนาดของเนื้อ ที่เป็นฝอย (mm)	ปริมาณเนื้อที่ เป็นฝอย (%)	การยอมรับ
1	25	600	7	60	ไม่ยอมรับ
2	30	720	5	70	ไม่ยอมรับ
3	35	840	4	80	ไม่ยอมรับ
4	40	960	3	90	ไม่ยอมรับ
5	45	1,080	2	95	ไม่ยอมรับ
6	50	1,200	1	98	ยอมรับ

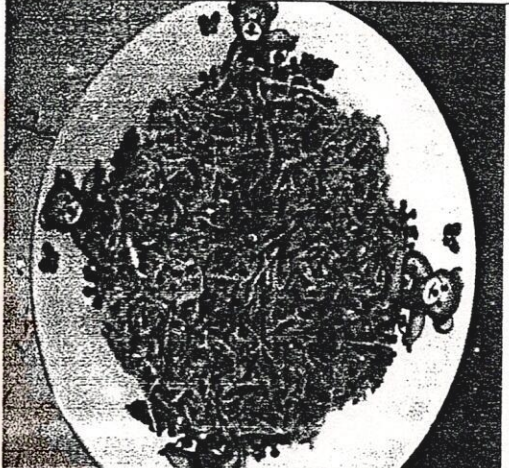




ตารางที่ 4-6 แสดงผลการทดลองของเครื่องตีเนื้อหมูหลังปรับปรุงแก้ไข

ครั้งที่	จำนวนความถี่ (Hz)	เวลา(วินาที)	เนื้อหมูที่ได้จากการตี
1	25	25	
2	30	22	
3	35	19	



ตารางที่ 4-6 แสดงผลการทดลองของเครื่องตีเนื้อหมูหลังปรับปรุงแก้ไข (ต่อ)

ครั้งที่	จำนวนความถี่ (Hz)	เวลา(วินาที)	เนื้อหมูที่ได้จากการตี
4	40	16	
5	45	13	
6	50	10	

#### 4.2.1 ในการทดลองปรับความเร็วรอบในการตีเนื้อหมูที่แตกต่างกัน ผลที่ได้คือ

4.2.1.1 จากการทดลองที่ความถี่ 25 เฮิรต์ ความเร็วรอบ 600 rpm เนื้อที่ผ่านการตีจะมีลักษณะ เป็นก้อนเล็กๆ จำนวนมากได้เนื้อที่เป็นเส้นเพียงเล็กน้อย เนื่องจากรอบการหมุนของใบมีดช้าเกินไป

4.2.1.2 จากการทดลองที่ความถี่ 30 เฮิรต์ ความเร็วรอบ 720 rpm เนื้อที่ผ่านการตีจะมีลักษณะ เป็นเส้นประมาณครึ่งหนึ่งของเนื้อที่ยังเป็นก้อนเล็กๆ เนื่องจากรอบการหมุนของใบมีดยังช้าอยู่

4.2.1.3 จากการทดลองที่ความถี่ 35 เฮิรต์ ความเร็วรอบ 840 rpm เนื้อที่ผ่านการตีจะมีลักษณะ เป็นเส้นมากกว่าเนื้อที่ยังเป็นก้อนเล็ก ๆ เพียงเล็กน้อย เนื่องจากรอบการหมุนของใบมีดยังช้าอยู่

4.2.1.4 จากการทดลองที่ความถี่ 40 เฮิรต์ ความเร็วรอบ 960 rpm เนื้อที่ผ่านการตีจะมีลักษณะ เป็นเส้นมากเหลือเนื้อที่ยังเป็นก้อนเล็ก ๆ เพียงเล็กน้อย เนื่องจากรอบการหมุนของใบมีดมีความเร็วค่อนข้างเหมาะสมในการตีเนื้อหมู

4.2.1.5 จากการทดลองที่ความถี่ 45 เฮิรต์ ความเร็วรอบ 1,080 rpm เนื้อที่ผ่านการตีจะมีลักษณะ เป็นเส้นเกือบทั้งหมดเหลือเนื้อที่ยังเป็นก้อนเล็ก ๆ อยู่ น้อยมาก ๆ เนื่องจากรอบการหมุนของใบมีดมีความเร็วเหมาะสมในการตีเนื้อหมู

4.2.1.6 จากการทดลองที่ความถี่ 50 เฮิรต์ ความเร็วรอบ 1,200 rpm เนื้อที่ผ่านการตีส่วนใหญ่จะมีลักษณะ เป็นฝอยส่วนเนื้อที่ออกมาจะเป็นเส้นทั้งหมดเหลือเนื้อที่ยังเป็นก้อนเล็ก ๆ อยู่ น้อยมาก ๆ เนื่องจากรอบการหมุนของใบมีดมีความเร็วเหมาะสมที่จะใช้ในการตีเนื้อหมู

#### 4.3 การหาประสิทธิภาพของเครื่องตีเนื้อหมู

การหาประสิทธิภาพของเครื่องตีเนื้อหมู โดยใช้เนื้อหมูต้มสุกครึ่งกิโลกรัมนำไปตีกับเครื่องตีเนื้อหมูที่ความถี่ 50 เฮิรต์ เนื่องจากเป็นย่านความถี่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการตีเนื้อหมู แยกเนื้อหมูที่เป็นเส้นกับที่เป็นก้อนไปชั่งน้ำหนัก

$$\begin{aligned} \text{ประสิทธิภาพของเครื่องตีเนื้อหมู} &= \frac{\text{น้ำหนักของเนื้อหมูหลังตีด้วยเครื่องตีเนื้อหมู} \times 100}{\text{น้ำหนักของเนื้อหมูก่อนตีด้วยเครื่องตีเนื้อหมู}} \\ &= \frac{0.49 \times 100}{0.5} \end{aligned}$$

$$\text{ประสิทธิภาพของเครื่องตีเนื้อหมู} = 98 \%$$



#### 4.4 สรุปประสิทธิภาพของเครื่องตีเนื้อหมู

- 4.4.1 สามารถตีเนื้อหมูให้เป็นเส้นได้ 98 % ต่อเนื้อหมูครึ่งกิโลกรัม
- 4.4.2 เวลาที่ใช้ในการตีเนื้อหมูแต่ละครั้ง 10 วินาที
- 4.4.3 เครื่องสามารถตีเนื้อหมูให้เป็นเส้นได้ดีที่สุด ที่ความถี่ 50 เฮิรต์
- 4.4.4 เครื่องสามารถตีเนื้อหมูให้เป็นเส้นได้เฉพาะหมูเนื้อแดงต้มสุกเท่านั้น





## บทที่ 5

### สรุปผลและอภิปราย

การศึกษาโครงการเรื่องการสร้างเครื่องตีเนื้อหมู เพื่อนำไปแปรรูปเนื้อหมูที่จะทำเป็นหมูหยอง ทางคณะผู้จัดทำได้ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องและได้สรุปผลและอภิปรายการดำเนินโครงการดังต่อไปนี้

- 5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ
- 5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ
- 5.3 การอภิปรายผล

#### 5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

จากผลการทดลองของเครื่องตีเนื้อหมู จะเห็นได้ว่าการตั้งความถี่ที่แตกต่างกันในการตีเนื้อหมูแต่ละครั้ง ทำให้หาความถี่ที่ดีที่สุดในการตีเนื้อหมูได้คือ ความถี่ที่ 50 เฮิรต์ สามารถตีเนื้อหมูครึ่งกิโลกรัมให้เป็นเส้นได้ถึง 98 เปอร์เซ็นต์โดยใช้เวลาเพียง 10 วินาที

#### 5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ

ในการจัดทำโครงการเครื่องตีเนื้อหมู มีอุปสรรคต่าง ๆ ดังนี้

- 5.2.1 เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์มีไม่เพียงพอต่อการจัดทำโครงการ
- 5.2.2 เมื่อเครื่องตีเนื้อหมูทำงานฝาครอบใบมีดทั้งสองข้างเกิดการสั่นสะเทือนทำให้ใบมีดที่แกนเพลากับใบมีดที่ฝาครอบเกิดการเสียดสีกัน แก้ปัญหาโดย เจาะรูฝาครอบใบมีดด้านล่างเพื่อจับยึดกับโครงสร้าง

5.2.3 เหล็กที่ใช้ในการทำโครงสร้างมีความบางเกินไป เมื่อมอเตอร์ทำงานโครงสร้างจะเกิดการสั่นอาจทำให้โครงสร้างบิดตัวได้ ข้อเสนอแนะ ควรใช้เหล็กที่มีความหนามากกว่านี้ในการจัดทำโครงสร้าง หรือจับยึดโครงสร้างเครื่องตีเนื้อหมูให้ติดอยู่กับที่ เพื่อลดการสั่นของโครงสร้าง

### 5.3 การอภิปรายผล

จะมีด้านการออกแบบโครงสร้าง การออกแบบด้านความปลอดภัย และระบบส่งกำลัง วัสดุที่ใช้สามารถหาได้ง่ายตามท้องตลาด โครงสร้างของเครื่องตีเนื้อหมูมีการออกแบบให้คงทน แข็งแรงและสามารถตีเนื้อหมูได้ดี

เนื่องจากโครงการนี้เป็นโครงการที่มีการสร้างขึ้นมาก่อนหน้านี้ ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตีเนื้อหมูอาจไม่สมบูรณ์เต็มที่ ทางคณะผู้จัดทำโครงการจึงมีการปรับปรุงโครงการเครื่องตีเนื้อหมูให้สามารถตีเนื้อหมูได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการปรับปรุงอุปกรณ์ดังนี้

5.3.1 ปรับปรุงกระแสไฟฟ้าจากของเดิม 380 V ปรับปรุงมาใช้กระแสไฟฟ้า 220V

5.3.2 ปรับปรุงวงจรเรกติไฟเออร์ที่ Input เป็นแบบ 3 เฟส มีเพาเวอร์โคโอด 6 ตัว ปรับปรุงมาใช้วงจรเรกติไฟเออร์ที่ Input เป็นแบบเฟสเดียว มีเพาเวอร์โคโอด 4 ตัว

5.3.3 ปรับปรุงอินเวอร์เตอร์

5.3.4 ปรับปรุงมอเตอร์

จากการทดลองประสิทธิภาพของเครื่องตีเนื้อหมูจะเห็นได้ว่าการตั้งความถี่ที่แตกต่างกันในการตีเนื้อหมูแต่ละครั้ง จะเริ่มที่ความถี่ 25 เฮิรต์ , 30 เฮิรต์ , 35 เฮิรต์ , 40 เฮิรต์ , 45 เฮิรต์ 50 เฮิรต์ ประสิทธิภาพของเครื่องตีเนื้อหมูสามารถตีเนื้อหมูได้ดีที่สุดที่ความถี่ 50 เฮิรต์ สามารถตีเนื้อหมูครึ่งกิโลกรัมให้เป็นเส้นได้ถึง 98 เปอร์เซนต์โดยใช้เวลาเพียง 10 วินาที

## เอกสารอ้างอิง

- นภัทร วจนเทมินทร์, ไฟฟ้าเบื้องต้น, กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เจริญธรรม, 2531
- บัญชา ธนบุญสมบัติ, การออกแบบทางวิศวกรรม, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.  
(สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น), 2534
- วรสิทธิ์ อึ้งภากรณ์, การออกแบบเครื่องจักรกล 2, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2539
- สมโพธิ วิวิธเกยูรวงศ์, กลศาสตร์วัสดุ, พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย  
เกษตรศาสตร์
- อำพล ชี้อตรง, ชิ้นส่วนเครื่องกล, กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, 2536

Girard, J. P., Hemming, B., Clermont-Ferrand, A. T. T. and Morton, Ian. 1992, p. 225

[http://www.nsrุ.ac.th/e-learnjng/meattech/lesson/less1](http://www.nsrु.ac.th/e-learnjng/meattech/lesson/less1)

<http://av.warehouseports.com/sw/img/bearingshield.jpg>

<http://www.palawatr.co.th>





ภาคผนวก ก.  
การแบ่งเกรดเนื้อหา



ตารางที่ ก-1 แสดงเกรดที่แบ่งโดยใช้ปริมาณของซากเป็นหลัก

เกรด	ร้อยละของผลผลิต
1	53.5 หรือมากกว่า
2	51.2-53.4
3	49.0-51.1
4	47.0-48.9
5	45.0 หรือมากกว่า

ที่มา (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529, หน้า 136)

ตารางที่ ก-2 ผลผลิตที่คาดว่าจะได้จาก 4 ชั้นส่วนใหญ่ของซากสุกรเกรดต่างๆ

เกรด	ผลผลิต(%)
U.S.No 1	มากกว่า 53
U.S.No 2	50-52.9
U.S.No 3	47-49.9
U.S.No 4	น้อยกว่า 47

ที่มา (Girard, J. P., Hemmings, B., Clermont-Ferrand, A. T. T. and Morton, Ian., 1992, p. 225)

ภาคผนวก ข.

การเลือกใช้สายพานและเบร็อง





ตารางที่ ข-1 แสดงความเร็วรอบของล้อสายพานแบน

ชนิดของล้อสายพาน	ความเร็วรอบ(m/s)
เหล็กหล่อ	18-23
เหล็กกล้าขึ้นรูป	20-28
ขอบเป็นไม้	25-30
กระดวยอัดหรือไฟเบอร์	40-50

ที่มา : วรวิทย์ อิงภากรณ์. การออกแบบเครื่องจักรกล 2. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2539

ตารางที่ ข-2 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสายพานลิ้ม dp ของล้อสายพานลิ้มมาตรฐาน ISO/R 52-1975(E) และ ISO/R253-1962(E) ขนาดเป็น mm

25	60	100	170	280	500	900	1900
28	63	106	180	300	530	1000	2000
31.5	67	112	190	315	560	1060	2004
35.5	71	118	200	355	600	1120	2500
40	75	125	212	375	630	1250	-
45	80	132	224	400	670	1400	-
50	85	140	236	425	710	1500	-
53	90	150	250	450	750	1600	-
56	95	160	265	475	800	1800	-

ที่มา : วรวิทย์ อิงภากรณ์. การออกแบบเครื่องจักรกล 2. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2539

ตารางที่ ข-3 แสดงค่าตัวประกอบใช้งาน

K1	สภาวะการทำงาน
1.3	งานเบา ทำงานคงที่
1.5	งานปานกลาง
2.0	งานหนัก แรงกระตุก เปิดปิดบ่อยครั้ง

ที่มา : วรวิทย์ อิงภากรณ์. การออกแบบเครื่องจักรกล 2. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2539

ตารางที่ ข-4 แสดงค่าตัวประกอบ K2

หน้าตัดสายพาน	K2
Y	0.049
Z	0.126
A	0.217
B	0.385
C	0.637
D	1.332

ที่มา : วรวิทย์ อิงภากรณ์. การออกแบบเครื่องจักรกล 2. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2539

ตารางที่ ข-5 แสดงตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส Na สำหรับสายพานลิ้ม

$(Dp/dp)/C$	ส่วนโค้ง a	Na
0	180	1
0.15	17	0.98
0.35	160	0.95
0.5	150	0.92
0.7	140	0.89
0.85	130	0.86
1.0	120	0.82
1.15	110	0.78
1.3	100	0.73
1.45	90	0.68

ที่มา : วรวิทย์ อิงภากรณ์. การออกแบบเครื่องจักรกล 2. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2539

ตารางที่ ข-6 แสดงอายุการใช้งานของเครื่อง

ลักษณะ	อายุการใช้งาน(h)
อุปกรณ์ไฟฟ้าความร้อน	1000-2000
พัดลมระบายอากาศขนาดเล็ก	2000-4000
มอเตอร์ไฟฟ้าขนาดถึง 4 กิโลวัตต์	8000-10000
มอเตอร์ไฟฟ้าขนาดกลาง	10000-15000
มอเตอร์ไฟฟ้าขนาดใหญ่ติดตั้งถาวร	20000-30000
เครื่องจักรกลงานประปา	50000 และมากกว่า
จักรยานยนต์ขนาดเล็ก	600-1200
จักรยานยนต์ขนาดใหญ่ รถยนต์นั่งขนาดเล็ก	1000-2000
รถยนต์นั่งขนาดใหญ่ รถบรรทุกขนาดเล็ก	1500-2500
รถบรรทุกขนาดใหญ่ รถบัสโดยสาร	2000-5000
เครื่องแกนเพลลาสำหรับลำเลียง	5000
เครื่องแกนเพลลาสำหรับบรรจ	20000-25000
เครื่องแกนเพลลาสำหรับรถไฟไฟฟ้าโดยสาร	25000
เครื่องแกนเพลลาสำหรับรถไฟบรรทุกสินค้า	35000
เครื่องแกนเพลลาสำหรับรถหัวจักรกลลาก	20000-40000
กระปุกเกียร์เรือนั่งขนาดเล็ก	3000-5000
เครื่องแกนเพลลาเครื่องเรือ	15000-25000
เครื่องแกนเพลลาเรือ	80000
กระปุกเกียร์เรือ	20000-30000
เครื่องจักรกลการเกษตร	3000-6000
อุปกรณ์ขนาดเล็ก	5000-10000
กระปุกเกียร์เรือเนกประสงค์	8000-15000
กระปุกเกียร์เครื่องมือกล	20000
เครื่องจักรกลช่วยการผลิต	7500-1500
เครื่องรีดเย็บขนาดเล็ก	5000-6000
เครื่องตัดโครงเครื่องรีดแบบหลายลูกรีด	8000-10000
เครื่องเลื่อยขนาดเล็ก	10000-15000



ตารางที่ ข-6 แสดงอายุการใช้งานของแบริ่ง(ต่อ)

ลักษณะ	อายุการใช้งาน(h)
เครื่องเลื่อยขนาดเล็ก	10000-15000
อุปกรณ์ทำลายภูเขา	4000-10000
พัดลมระบายอากาศในเมืองแร่	40000-50000
ฟูล์วส์ลิ่งลำเดียว	40000-60000
เครื่องจักรกลกระดาษ(งานแห้ง)	50000-80000

ที่มา: SKF. คู่มือคลังลูกปืน, บริษัท เอส เค เอฟ (ประเทศไทย) จำกัด 1989



ภาคผนวก ค.

การเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาและเหล็กกล้าผสม



ตารางที่ ก-1 แสดงค่าคุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาและเหล็กกล้าผสม

AISI TYPE	condition	Tensile Strength ksi	Yield Strength ksi	Elongate In 2 inc %	Reduction in Area %	Hardness BHN	Mach inability (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	72	44	31	63	140	-
	CD	84	76	16	57	177	65
	A	67	50	31	58	126	-
	N	76	51	32	61	149	-
1040	HR	91	58	27	50	201	63
	CD	100	88	17	42	207	65
	A	75	51	30	57	149	-
	N	85	50	28	55	170	60
1045	HR	98	59	24	45	212	56
	CD	103	90	14	40	217	60
	A	90	55	27	54	174	60
	N	99	61	25	49	207	-
1050	HR	105	67	15	-	-	-
	CD	114	104	9	-	-	54
	A	92	43	24	40	187	-
	N	109	62	20	39	217	-
1095	HR	142	83	18	38	295	-
	A	95	38	13	21	192	-
	N	147	73	10	14	293	-



ตารางที่ ค-1 แสดงค่าคุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาและเหล็กกล้าผสม (ต่อ)

AISI TYPE	condition	Tensile Strength ksi	Yield Strength ksi	Elongate In 2 inc %	Reduction in Area %	Hardness BHN	Mach inability (Based on 1112 =100)
1118	HR	75	50	35	55	140	-
	CD	85	75	25	55	170	80
	A	65	41	35	67	131	80
	N	69	46	34	66	143	80
2330	CD	105	90	20	50	212	50
	A	86	61	28	58	179	50
	N	100	68	26	56	207	-
3414	CD	107	92	17	50	212	55
	A	100	61	25	51	197	55
	N	129	87	20	58	262	-
4130	HRA	86	56	29	57	183	65
	CDA	98	87	21	52	201	70
	N	97	63	26	60	197	50
4140	HRA	90	63	27	58	187	57
	CDA	102	90	18	50	223	66
	N	148	95	18	47	302	-
4340	HRA	101	69	21	45	207	45
	CDA	110	99	16	42	223	50
	N	185	126	11	41	363	-
4620	HR	85	63	28	64	183	54
	CD	101	85	22	60	207	64
	A	74	54	31	60	149	55
	N	83	53	29	67	174	-
4640	CDA	117	95	15	43	235	55
	A	98	63	24	51	179	55
	N	123	87	19	51	248	-

ตารางที่ ค-1 แสดงค่าคุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาและเหล็กกล้าผสม (ต่อ)

AISI TYPE	condition	Tensile Strength ksi	Yield Strength ksi	Elongate In 2 inc %	Reduction in Area %	Hardness BHN	Mach inability (Based on 1112 =100)
5120	CD	92	77	20	55	187	65
	CDA	87	70	23	60	179	65
5140	CDA	105	88	18	52	212	60
52100	HRA	100	81	25	57	192	45
	HRA	185	139	13	20	363	-
6150	CDA	111	95	14	44	223	45
	N	136	89	22	61	269	-
8620	HR	89	65	25	63	192	60
	CD	102	85	22	58	212	63
	A	78	56	31	62	149	-
	N	92	52	26	60	183	-
8640	CD	140	120	11	38	277	-
	CDA	107	90	14	45	217	60
8740	HRA	135	64	25	55	190	56
	CDA	113	96	17	48	223	66
	N	135	88	16	48	269	-
9255	HRA	115	71	22	41	229	45
	N	135	84	20	43	269	-
19310	HR	115	75	22	58	241	45
	A	119	64	17	42	241	-
	N	132	83	19	58	2269	-
9440	HR	123	80	18	47	241	-
	HRA	93	59	26	53	183	-
	N	110	72	25	58	223	-

ตารางที่ ค-2 แสดงตัวประกอบความถี่

ชนิดของแรง	$C_m$	$C_f$
เพลายู่นึง		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5 – 2.0	1.5 – 2.0
เพลามาก		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5 – 2.0	1.0 – 1.5
แรงกระตุกอย่างหนัก	2.0 – 3.0	1.5 – 3.0

ที่มา : วรทัต อิงภากรณ์. การออกแบบเครื่องจักรกล 2. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2539

ตารางที่ ค-3 ขนาดของเพลามาตามมาตรฐาน ISO / R775-1969

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น มม.				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	220	

ที่มา : วรทัต อิงภากรณ์. การออกแบบเครื่องจักรกล 2. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2539



ภาคผนวก ง.

รายละเอียดของ SIEMENS SINAMIC G110



## 1. ข้อมูลเบื้องต้นของ SIEMENS SINAMIC G110

### 1.1 สถานที่ติดตั้งในการทำงาน G110

การติดตั้งอินเวอร์เตอร์นั้นควรเลือกสถานที่ ที่มีการถ่ายเทอากาศได้ดีหรืออยู่ในห้องปรับอากาศให้สามารถถ่ายเทความร้อนได้สะดวกและควรจะต้องติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพิ่มด้วย นอกจากนั้นควรหลีกเลี่ยงสถานที่ในการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ต่อไปนี้

- 1.1.1 อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป (ควรอยู่ในช่วง -10 C ถึง 50 C)
- 1.1.2 ความชื้นสูงหรือสถานที่เปียกชื้น (ทนความชื้นได้ 85%)
- 1.1.3 ใกล้วัตถุที่มีความเสี่ยงต่อการติดไฟหรือเกิดการระเบิดได้ง่าย
- 1.1.4 มีละอองฝุ่นหรือละอองโลหะมาก
- 1.1.5 ที่แสงแดดส่องถึงโดยตรง
- 1.1.6 มีแรงสั่นสะเทือนสูง

## 2. การตั้งค่าการทำงานของ Sinamic G110

### 2.1 การ Cloning Parametre โดยใช้ BOP ของ Sinamic G110

#### ขั้นตอนการ Upload

1. “หยุดการทำงาน” ของอินเวอร์เตอร์
2. ตั้งค่า P0003 ให้เป็น 3
3. ตั้งค่า P0010 ให้เป็น 10
4. ตั้งค่า P0803 ให้เป็น 1

#### ขั้นตอนการ Download

1. “หยุดการทำงาน” ของอินเวอร์เตอร์
2. ตั้งค่า P0003 ให้เป็น 3
3. ตั้งค่า P0010 ให้เป็น 10
4. ตั้งค่า P0803 ให้เป็น 1

ตารางที่ ง-1 แสดงรายละเอียดของปุ่มการทำงานของ BOP (หน้าจอ)

หน้าจอ/ ปุ่มกด	หน้าที่	ผลที่เกิดขึ้น
P0000	แสดงสถานะการทำงาน	เปิดจอLCDทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงานของ Inverter
I	เปิดเครื่อง	กดปุ่มเมื่อต้องการเริ่มการทำงานของ Inverter จะใช้งานได้เมื่อได้ตั้งค่า P0700 = 1
O	ปิดเครื่อง	กดปุ่มเมื่อต้องการหยุดการทำงานของ Inverter จะใช้งานได้เมื่อได้ตั้งค่า P0700 = 1
	เปลี่ยนทิศทางการหมุน	กดปุ่มเมื่อต้องการเปลี่ยนทิศทางการหมุนของ มอเตอร์ จะใช้งานได้เมื่อได้ตั้งค่า P0700 = 1
	เคลื่อนที่แบบ JOG	ใช้การควบคุมให้มอเตอร์ขยับทีละเล็กน้อย
Fn	ฟังก์ชัน	<p>2. ใช้ดูค่าการทำงานของ Inverter ทำได้โดยกดปุ่มFn ค้างประมาณ2-3 วินาที สามารถแสดงข้อมูลดังต่อไปนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. DC Link Voltage</li> <li>2. ความถี่เอาต์พุต (Hz)</li> <li>3. แรงดันเอาต์พุต (V)</li> <li>4. ค่าตามที่ตั้งไว้ใน P0005</li> </ol> <p>การออกจากฟังก์ชันการดูค่าการทำงานทำได้โดยการกดปุ่มFn ค้างประมาณ 2-3 วินาที</p> <p>2. ใช้ในการกลับมาสู่ค่า Parametre R0000</p> <p>3. ใช้ในการ Reset ค่า Faull หรือ Alarm</p> <p>* Sinamic ไม่สามารถแสดงค่าความเร็วรอบของ มอเตอร์(RPM)ได้ ถ้าต้องการทราบค่า (RPM) ต้องใช้งานในรุ่นของ Micromarter</p>
P	ตั้งค่าพารามิเตอร์	กดปุ่มนี้เมื่อต้องการเข้าไปเปลี่ยนแปลงค่า Parametre
Δ	เพิ่มค่า	กดปุ่มนี้เมื่อต้องการเพิ่มค่า ที่แสดงผลในขณะนั้น
	ลดค่า	กดปุ่มนี้เมื่อต้องการลดค่า ที่แสดงผลในขณะนั้น



### 3. การ Parameter การใช้งาน Sinamics G110

ก่อนการใช้งาน Inverter จะต้องทำการ Quick Commissioning เพื่อทำการตั้งค่า Parameter เบื้องต้นของมอเตอร์ ซึ่งจะต้องทำทุกครั้งที่มีการใช้งาน Inverter ครั้งแรก มิเช่นนั้นอาจทำให้เกิดความเสียหายหลังเสร็จสิ้นกระบวนการ Quick Commissioning แล้ว จะต้องทำการ Parameter รูปแบบการทำงานให้แก่ Inverter ตามหัวข้ออื่นๆต่อไป

#### ตารางที่ ง-2 การ Reset ค่า Parameter

Code	คำอธิบาย	ความหมายของค่าที่ Set
P0010	เลือกรูปแบบการ Commissioning	30 :Enable การ Reset
P0970	เลือก Maximum Frequency	1 : ยืนยันการ Reset

หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการดังกล่าวต่อไปนี้จะสามารถสั่งให้ Inverter ทำงานได้และปรับ Speed ที่ BOP (หน้าจอ)

#### ตารางที่ ง-3 การ Quick Commissioning

Code	คำอธิบาย	ความหมายของค่าที่ Set
P0010	เลือกรูปแบบการ Commissioning	1 :Enable การ Quick Commissioning
P0100	เลือก Maximum Frequency	0 : $f = 50 \text{ Hz}$ , kW
P0304	Rate motor Voltage	กำหนดขนาดแรงดันของมอเตอร์ ได้ 10-2000V โดยดูจาก nameplate
P0305	Rate motor Current	กำหนดขนาดของกระแสได้ (A) โดยดูจาก nameplate
P0307	Rate motor Power	กำหนดขนาดของกำลังไฟฟ้า (kW) โดยดูจาก nameplate
P0308	Rate motor Cos $\phi$	กำหนดค่า Cos $\phi$ ดูจาก nameplate
PC310	Rate motor Frequency	กำหนดความถี่ (Hz) ดูจาก nameplate
P0311	Rate motor Speed	กำหนดความเร็วรอบ (rpm) ดูจาก nameplate
P0700	เลือก Command Source	1 :BOP
P1000	เลือกรูปแบบการควบคุมความถี่	1 :BOP

ตารางที่ ง-3 การ Quick Commissioning (ต่อ)

Code	คำอธิบาย	ความหมายของค่าที่ Set
P1080	ตั้งค่าความถี่ต่ำสุดที่ทำงาน	0 : สามารถเปลี่ยนแปลงเองได้ (Hz)
P1082	ตั้งค่าความถี่สูงสุดที่ทำงาน	50 : สามารถเปลี่ยนแปลงเองได้ (Hz)
P1120	ตั้งค่า Accelerate time	10 : สามารถเปลี่ยนแปลงเองได้ (Sec)
P1121	ตั้งค่า Decelerate time	10 : สามารถเปลี่ยนแปลงเองได้ (Sec)
P3900	Save Commissioning	3

3.1 การใช้งาน Inverter โดยให้ “ON” จาก BOP และใช้ Volume ขนาด 5k $\Omega$  ในการปรับความเร็ว สามารถทำได้โดย ต่อ Volume เข้ากับขา 8, ขา9, และ ขา10 แล้วทำการปรับ Parameter ต่อไปนี้

ตารางที่ ง-4 แสดงการใช้งาน Inverter โดยให้ “ON” จาก BOP

Code	คำอธิบาย	ความหมายของค่าที่ Set
P0700	เลือก Command Source	1 : BOP
P1000	เลือกรูปแบบการควบคุมความถี่	2 : Anaioq Set point

3.2 การใช้งาน Inverter โดยให้ “ON” และกลับ “ทิศทางการหมุน” จาก S.W. ปรับความเร็ว ที่ BOP สามารถทำได้โดย ต่อ S.W.1 ระหว่าง ขา 3 กับขา 6 เพื่อเป็น S.W. สำหรับสตาร์ท และ ต่อ S.W. ระหว่างขา 4 กับขา 6 สำหรับกลับทิศทางการหมุน แล้วทำการปรับ Parameter ต่อไปนี้

ตารางที่ ง-5 แสดงการใช้งาน Inverter โดยให้ “ON” และกลับ “ทิศทางการหมุน” จาก S.W. ปรับความเร็ว ที่ BOP

Code	คำอธิบาย	ความหมายของค่าที่ Set
P0003	ตั้งระดับการเข้าถึงข้อมูล	2 : Lever 2
P0700	เลือก Command Source	2 : Terminal
P0701	ตั้งค่าการทำงานของ Din 1	1 : ON/OFF1
P0702	ตั้งค่าการทำงานของ Din 2	12 : Reverse
P1000	เลือกรูปแบบการควบคุมความถี่	1 : BOP



3.3 การใช้งาน Inverter โดยให้ “ON”และกลับ “ทิศทางการหมุน”จาก S.W. ปรับความเร็ว โดยใช้ Volume ขนาด 5KΩ สามารถทำได้โดย ต่อ S.W.1 ระหว่าง ขา 3 กับขา 6 เพื่อเป็น S.W. สำหรับสตาร์ท และ ต่อ S.W. 2 ระหว่างขา 4 กับขา 6 สำหรับกลับทิศทางการหมุน และต่อ Volume เข้ากับขา 8,9และ10 แล้วทำการปรับ Parameter ต่อไปนี้

ตารางที่ 3-6 แสดงการใช้งาน Inverter โดยให้ “ON”และกลับ “ทิศทางการหมุน”จาก S.W. ปรับความเร็วโดยใช้ Volume ขนาด 5KΩ

Code	คำอธิบาย	ความหมายของค่าที่ Set
P0003	ตั้งระดับการเข้าถึงข้อมูล	2 : Lever 2
P0700	เลือก Command Source	2 : Terminal
P0701	ตั้งค่าการทำงานของ Din 1	1 : ON/OFF1
P0702	ตั้งค่าการทำงานของ Din 2	12 : Reverse
P1000	เลือกรูปแบบการควบคุมความถี่	2 : Analog Set point

3.4 การใช้งาน Inverter โดยให้ “ON”และปรับความเร็ว จาก S.W. สามารถทำได้โดย ต่อ S.W.1 ระหว่าง ขา 3 กับขา 6 เพื่อเป็น S.W. สำหรับสตาร์ท และ ต่อ S.W. 2 ระหว่างขา 4 กับขา 6 สำหรับปรับความเร็วขึ้น และต่อ S.W. 3 ระหว่าง ขา 5 กับขา6 เพื่อลดความเร็ว แล้วทำการปรับ Parameter ต่อไปนี้

ตารางที่ 3-7 แสดงการใช้งาน Inverter โดยให้ “ON”และปรับความเร็ว จาก S.W

Code	คำอธิบาย	ความหมายของค่าที่ Set
P0003	ตั้งระดับการเข้าถึงข้อมูล	2 : Lever 2
P0700	เลือก Command Source	2 : Terminal
P0701	ตั้งค่าการทำงานของ Din 1	1 : ON/OFF1
P0702	ตั้งค่าการทำงานของ Din 2	13 : Increase Frequency
P1000	ตั้งค่าการทำงานของ Din 3	13 : Decrease Frequency
P1000	เลือกรูปแบบการควบคุมความถี่	2 : Analog Set point



ภาคผนวก จ.

อธิบายสัญลักษณ์



## อธิบายสัญลักษณ์

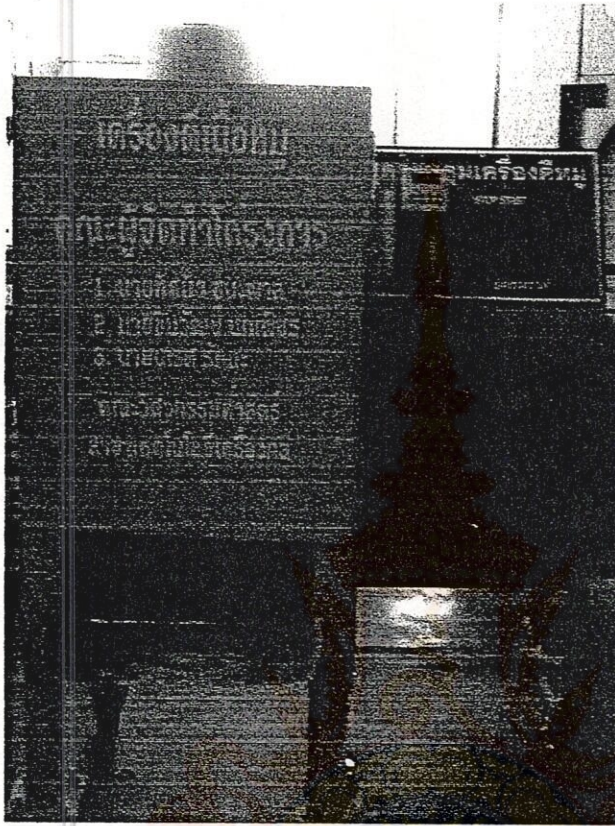
สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
D1	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพลูเลย์ตัวขับ	mm
D2	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพลูเลย์ตัวตาม	mm
N3	ความเร็วรอบของมอเตอร์	rpm
N4	ความเร็วรอบที่ต้องการหา	rpm
F	ความถี่ของอินเวอร์เตอร์	Hz
P	จำนวนขดลวดของมอเตอร์	-
I	กระแสไฟฟ้า	Amp
E	กำลังไฟฟ้า	Watt
R	ความต้านทาน	Ohm
P	พลังงานไฟฟ้า	watt/hr
Ø	เส้นผ่านศูนย์กลาง	mm



ภาคผนวก ฉ.  
เครื่องตีเนื้อหมู

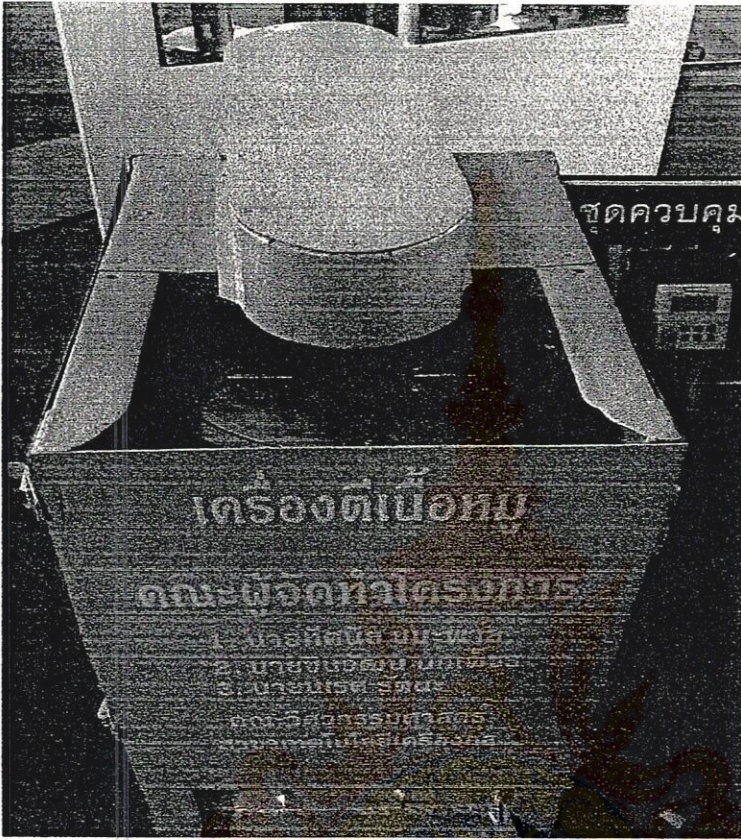






รูปแสดงโครงสร้างด้านหน้าของเครื่องตีเนื้อหมู





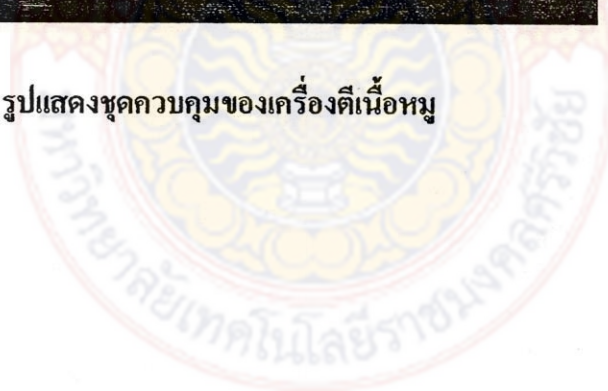
รูปแสดงโครงสร้างด้านบนของเครื่องตีเนื้อหมู



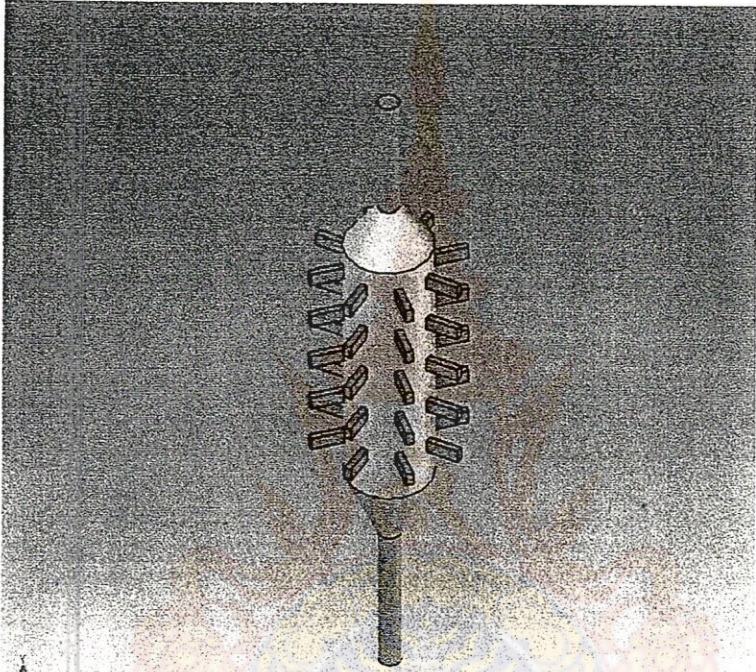




รูปแสดงชุดควบคุมของเครื่องดีหมู

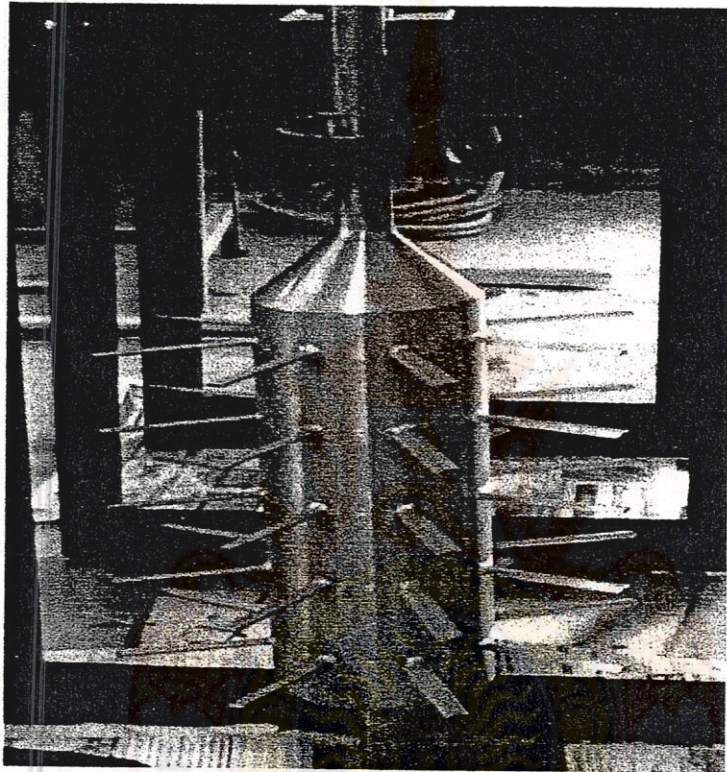






รูปแสดงแบบใบมีดสำหรับตีเนื้อหมู

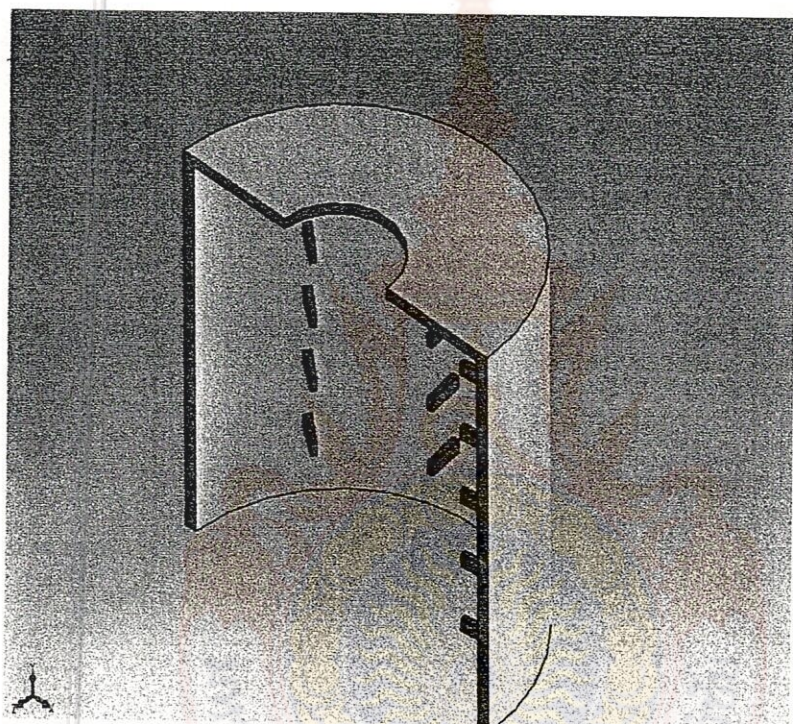




รูปแสดงใบมีดสำหรับตีเนื้อหมู



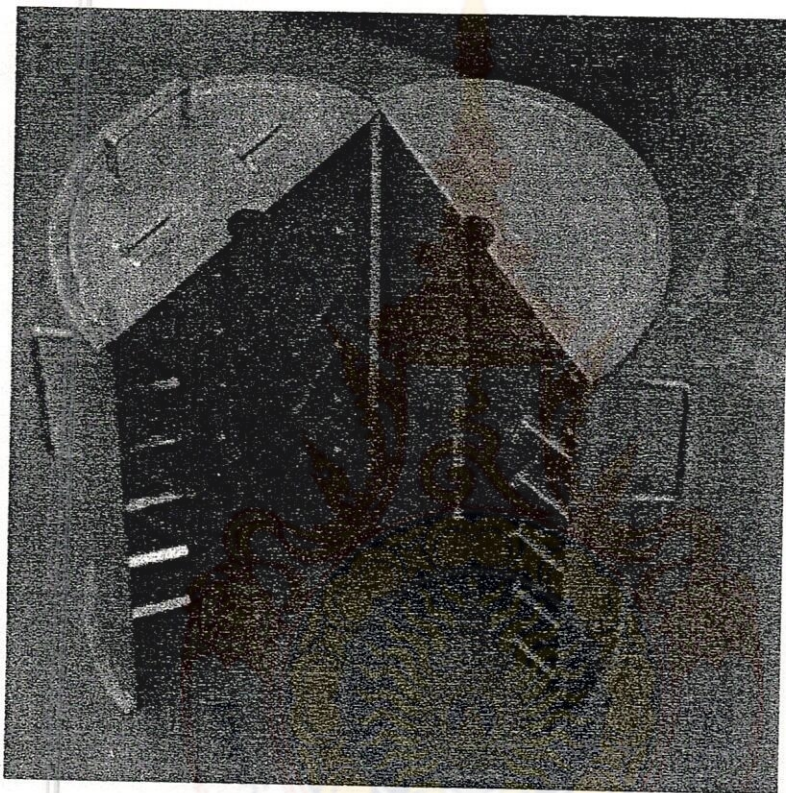




รูปแสดงแบบฝาครอบใบมีดสำหรับตีเนื้อหมู

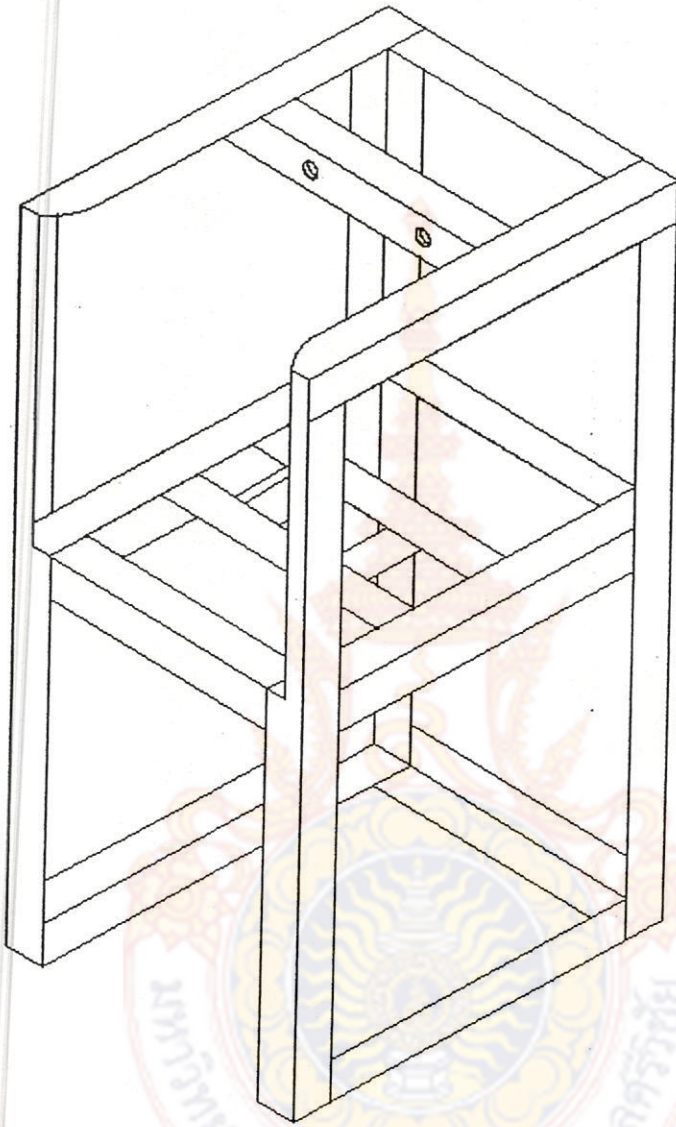




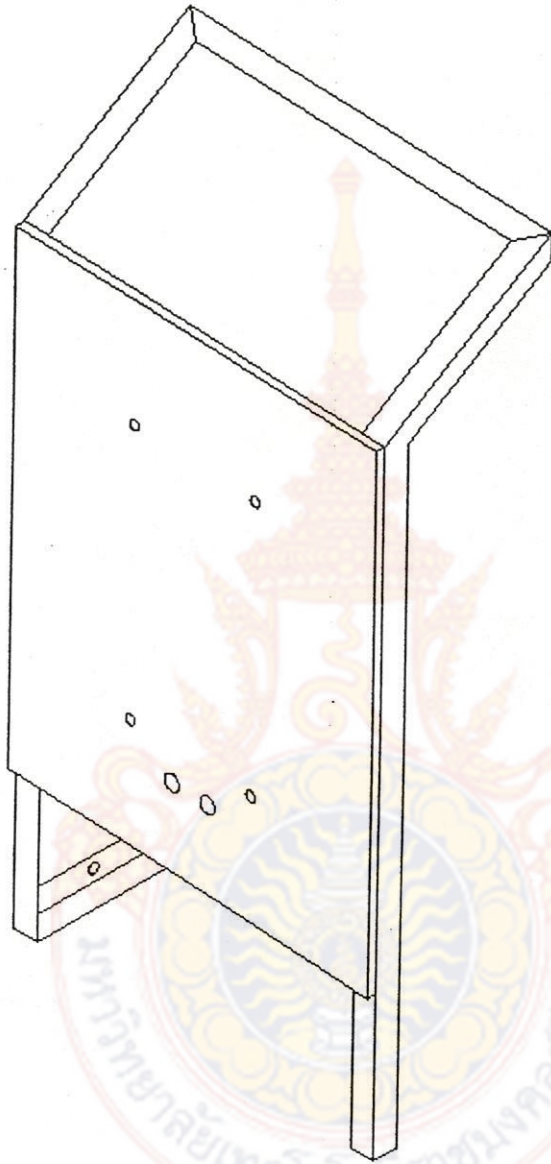


รูปแสดงฝาครอบใบมิดสำหรับตีเนื้อหมู



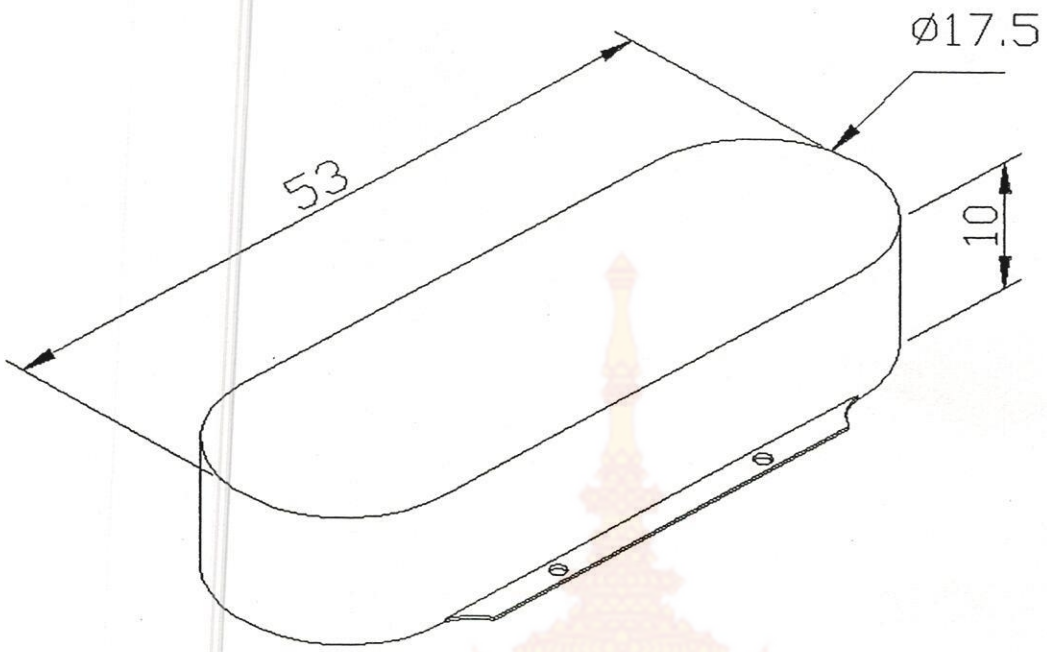


รูปแสดงแบบโครงสร้างของเครื่องตีเนื้อหมู

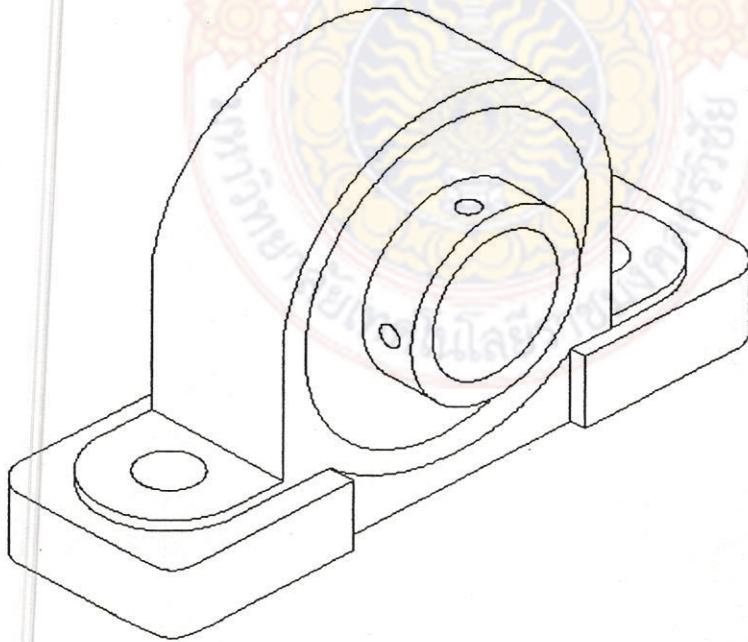


รูปแสดงแบบโครงสร้างของชุดควบคุมเครื่องตีเนื้อหมู

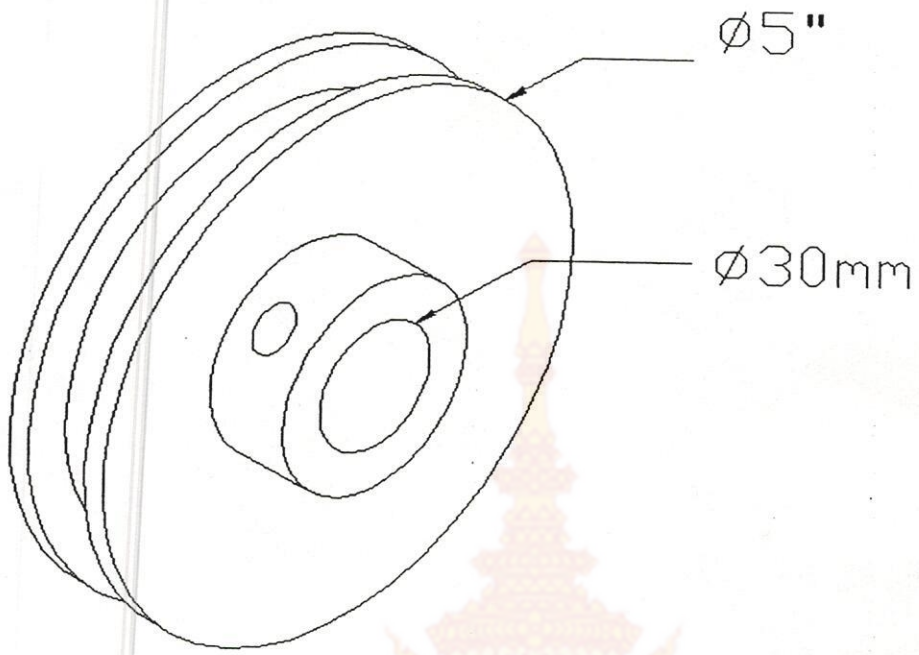




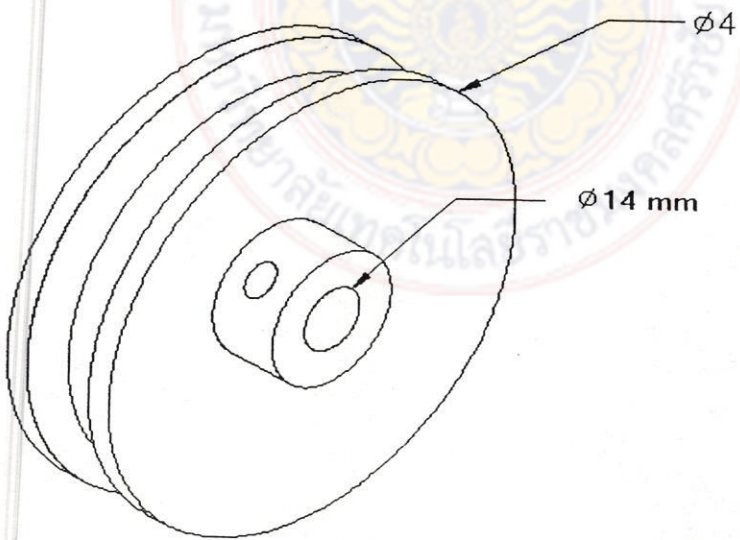
รูปแสดงแบบโครงสร้างฝาครอบสายพาน



รูปแสดงแบบโครงสร้างแบร็ริงตูกปีนตุ้กตา



รูปแสดงแบบโครงสร้างพญูเลย์ตัวตาม

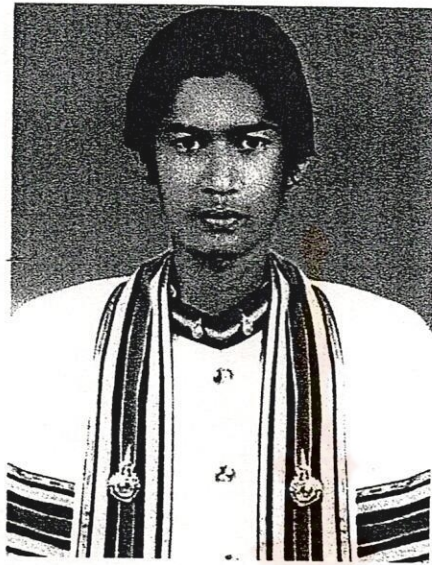


รูปแสดงแบบโครงสร้างพญูเลย์ตัวขับ

ประวัติผู้เขียนภาคินพนธ์







ชื่อ - สกุล

นาย ทศนัย ชนะพาล

วัน เดือน ปีเกิด

26 มิถุนายน 2526

สถานที่เกิด

อำเภอ สทิงพระ จังหวัดสงขลา

สถานที่อยู่ปัจจุบัน

19/1 หมู่ที่ 3 ตำบล ท่าหิน อำเภอ สทิงพระ  
จังหวัด สงขลา 90190

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2542-2545

มัธยมศึกษาตอนปลาย

โรงเรียนสทิงพระธนูปลัดมภ์ จังหวัด สงขลา

พ.ศ. 2545-2547

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกวิชาช่างยนต์

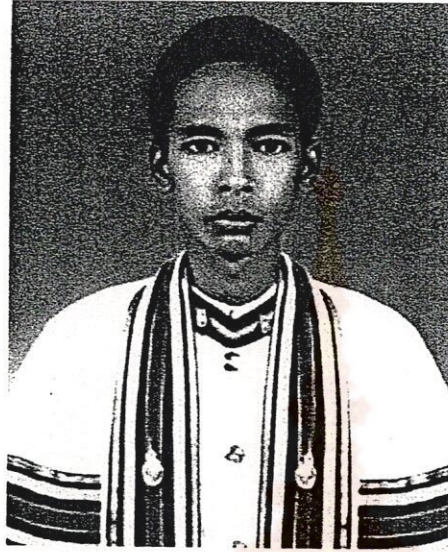
วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

พ.ศ. 2549-ปัจจุบัน

กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตสงขลา



ชื่อ - สกุล

วัน เดือน ปีเกิด

สถานที่เกิด

สถานที่อยู่ปัจจุบัน

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2542-2545

พ.ศ. 2545-2547

พ.ศ. 2549-ปัจจุบัน

นาย ชินวัฒน์ นกเพชร

13 มีนาคม 2526

อำเภอ สทิงพระ จังหวัดสงขลา

26 หมู่ที่ 5 ตำบล ดิหลวง อำเภอ สทิงพระ

จังหวัด สงขลา 90190

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ แผนกวิชาช่างยนต์

โรงเรียนสงขลาเทคโนโลยี จังหวัดสงขลา

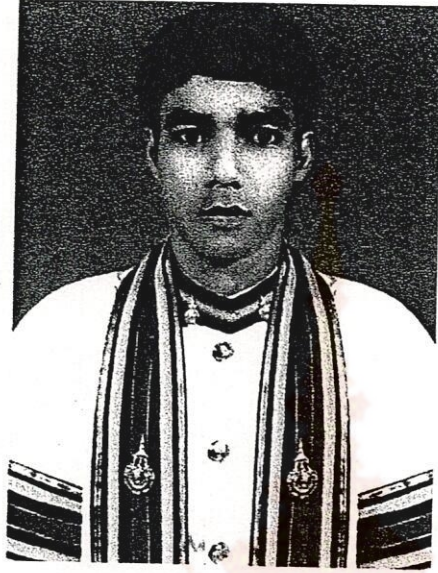
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกวิชาช่างยนต์

วิทยาลัยเทคนิคตราด จังหวัดตราด

กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตสงขลา



ชื่อ - สกุล

วัน เดือน ปีเกิด

สถานที่เกิด

สถานที่อยู่ปัจจุบัน

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2544-2547

พ.ศ. 2547-2549

พ.ศ. 2549-ปัจจุบัน

นาย นเรศ รัตนะ

27 กันยายน 2527

อำเภอตะโพนคม จังหวัดพัทลุง

100 หมู่ที่ 3 ตำบลแม่ขรี อำเภอตะโพนคม

จังหวัดพัทลุง 93160

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ แผนกวิชาช่างยนต์

วิทยาลัยการอาชีพบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกวิชาช่างยนต์

วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง จังหวัดพัทลุง

กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตสงขลา