สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องแกะเมล็ดข้าวโพดต้ม

THE BOILED CORN GRAIN PICKER MACHINE

T061477

โดย

นายสุวัฒชัย บุญทา

นายศุภมิตร เชื้อแถว

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ทวี เทศเจริญ

ผศ.มณฑล ใจกุศล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61477
วัน,เดือน,ปี 18 ก.ค. 2549

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

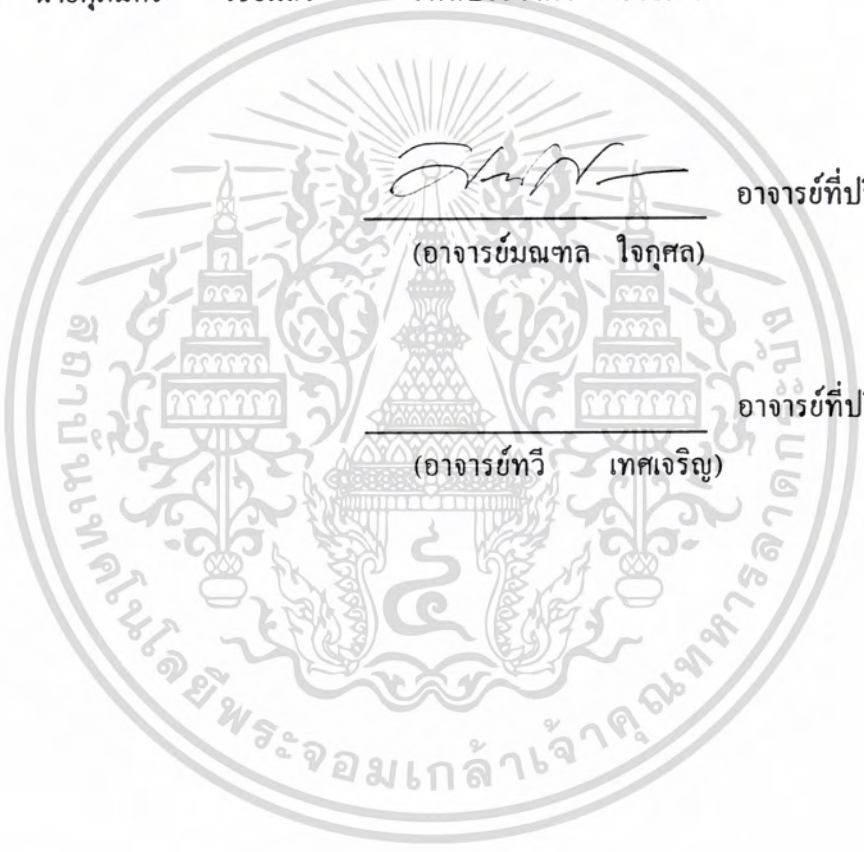
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องแกะเมล็ดข้าวโพด

THE BOILD CORN GRAIN PICKER MACHINE

ผู้จัดทำ

1. นายสุวัฒชัย บุญทา รหัสประจำตัว 44010880
2. นายศุภมิตร เชื้อแถว รหัสประจำตัว 45015432



_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์มณฑล ใจกุศล)

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ทวี เทศเจริญ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องแกะเมล็ดข้าวโพดต้ม

นายสุวัฒชัย บุญทา รหัสประจำตัว 44010880
นายสุภมิตร เชื้อแถว รหัสประจำตัว 45015432
รส.ทวี เทศเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.มณฑล ใจกุศล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2547

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษา ออกแบบ และสร้างเครื่องจักรในการแกะเมล็ดข้าวโพดต้ม ที่มีประสิทธิภาพดี เหมาะแก่การใช้งาน เพื่อทดแทนแรงงานคน ประหยัดเวลา และเพิ่มปริมาณ โดยการใช้นิวแมติกเป็นตัวผลักดันข้าวโพดผ่านใบมีดที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ซึ่งจะได้อัตราการแกะโดยประมาณ 250-300 ฝักต่อชั่วโมง ผลที่ได้จากการทดสอบเครื่องจะเห็นได้ว่าข้าวโพดพันธุ์ ATS 5 และไฮบริด 3 จะให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ โดยเครื่องนี้สามารถให้ผลใกล้เคียงกับการใช้มือแกะ แต่จะใช้เวลาแค่ 8 วินาทีต่อข้าวโพดหนึ่งฝัก โดยการใช้มือแกะจะใช้เวลาอยู่ในช่วง 120-125 วินาที ต่อข้าวโพดหนึ่งฝัก ซึ่งจะทำให้ลดเวลาในการทำงานและลดการใช้แรงงานคนให้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE BOILED CORN GRAIN PICKER MACHINE

Suwatchai Boontha

Supamit Chiataew

ABSTRACT

This project is operated for study, design and constructs the prototype of corn grain picker machine. Corn grain picker machine can be operating instead of man power to increase quantity and time saving. The source power by Pneumatics to push corn passed cylinder cutter. An average carved is 250-300 units/hour. The result from this operation is shown of the quality of corn grain. More than 90 percentage of the best corn grain quality are from ATS 5 and Hybrid 3. Man power can do this operation by use the time around 120-125 section per one corn crop but a picker machine can do it by use the time aournd 8 section per one corn crop that save the time,increase quantity and decrease a man power.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็วไปได้ด้วยดีด้วยหลายๆอย่างด้วยกัน ทั้งแรงกาย และแรงใจ และจะไม่สำเร็จถ้าไม่ได้รับความกรุณาจาก อ. มณฑล ใจกุศล และ อ. ทวี เทศเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำชี้แนะแนวทางตลอดจนการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ และรู้สึกทราบซึ้งกับการช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์ รวมถึงการคำชี้แนะของ อ. ดำริ ที่ขาดไม่ได้คือความเมตตาของ พี่มณฑา เทียบเมือง ที่ไม่เคยบ่นว่าพวกผมในการใช้สถานที่ในการทำโปรเจคและคำชี้แนะที่เต็มไปด้วยยิ้มตามมาเสมอๆ

ขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดในชีวิตของผมที่ทำให้พวกผมมีวันนี้ได้ก็คือบิดามารดา อันเป็นที่เคารพรักอย่างยิ่ง ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้กำลังใจพร้อมทั้งความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ขอขอบคุณตากล้องที่แวะเวียนกันมาช่วยเก็บรูปสวยๆให้เสมอๆ รวมถึงการช่วยให้รูปเล่มนี้มีความสมบูรณ์เกิดขึ้นจากโปรแกรมเมอร์สาวจาก บ. แอ็บสแทรก รวมถึงคำแนะนำด้านคอมพิวเตอร์จากเพื่อนๆต่างสถาบัน เอาเป็นว่าขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือ ที่ทำให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

สุวัฒชัย บุญทา
ศุภมิตร เชื้อแถว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	1
บทที่ 2 ทฤษฎีการออกแบบและการวิเคราะห์	2
2.1 ปรัชญาของการออกแบบ	2
2.2 ขั้นตอนของการออกแบบ	3
บทที่ 3 การควบคุมซีเควนซ์	8
3.1 การควบคุมซีเควนซ์ คืออะไร (sequential control)	8
3.2 การอ่านและการเขียนรูปวงจรซีเควนซ์	9
3.3 วิธีการเขียนวงจรซีเควนซ์ (sequential circuit diagram)	13
3.4 โครงสร้างและการทำงานของรีเลย์	16
3.5 อุปกรณ์ควบคุมและตัวตรวจวัด	28
บทที่ 4 อุปกรณ์การทำงานเบื้องต้นของระบบนิแมติก	34
4.1 เครื่องอัดลม (Air Compressor)	34
4.2 การบริการลมอัด	34
4.3 อุปกรณ์ในระบบนิวแมติก	40
4.4 วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Values)	45
บทที่ 5 ทฤษฎีการคำนวณและหลักการทำงานของเครื่อง	52
5.1 ความสามารถในการทำงานของกระบอกสูบ	52
5.2 การคำนวณหาขนาดของกระบอกสูบ	54
5.3 หลักการทำงานของนิวแมติก	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 การทดลอง

6.1 การทดลองการทำงานของเครื่อง 57

6.2 ผลการทดลอง 57

6.3 วิเคราะห์การทำงานของเครื่อง 62

6.4 สรุปผลการทดลอง 63

ภาคผนวก

รูปอุปกรณ์การทำงาน 66

รูปเมล็ดข้าวโพด 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบันนี้ ได้มีการนำข้าวโพดมาประกอบอาหารเพื่อบริโภคในรูปแบบที่หลากหลายมากขึ้น แต่ในปัจจุบันวิธีการที่จะนำเมล็ดข้าวโพดมาใช้ ส่วนใหญ่จะมีวิธีการโดยการใช้คนแกะ เพราะยังไม่มีเครื่องมือในการแกะเมล็ดข้าวโพด ซึ่งจะทำให้เสียเวลาในการแกะค่อนข้างนาน โดยเครื่องที่ใช้ในการแกะในปัจจุบันจะเป็นในรูปแบบของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งจะมีราคาค่อนข้างสูง เพราะเหตุนี้เองจึงทำให้เกิด Project นี้ขึ้น เพื่อศึกษาและสร้างเครื่องแกะเมล็ดข้าวโพดที่ใช้ต้นทุนต่ำ เหมาะแก่การนำไปใช้ในอุตสาหกรรมในครัวเรือน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 สร้างเครื่องจักรเพื่อแกะเมล็ดข้าวโพดต้ม

1.2.2 เพื่อศึกษากลไกการแกะเมล็ดข้าวโพดต้ม

1.2.3 เพื่อนำความรู้ที่ได้จากการศึกษามาใช้ในงานจริง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 สร้างเครื่องจักรเมล็ดข้าวโพดต้ม ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแกนใน 3.0-3.5 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางนอก 5-6 เซนติเมตร

1.3.2 อัตราการแกะ 250-300 ฝักต่อชั่วโมง โดยให้ความปลอดภัยในขณะการทำงาน

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาหาข้อมูล เพื่อออกแบบใบมีดและชุดทดลอง

1.4.2 สำรวจราคาและงบประมาณที่จะใช้

1.4.3 ทดลองและเก็บข้อมูลเบื้องต้น

1.4.4 ออกแบบเครื่องจักรจากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

1.4.5 สร้างเครื่องจักรที่ได้จากการออกแบบ

1.4.6 ทดสอบ บันทึก และการแก้ไขจุดบกพร่องที่เกิดขึ้น

1.4.7 ทำรายงานและสรุปผลที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีการออกแบบและการวิเคราะห์กลไก

2.1 ปรัชญาของการออกแบบ

ผู้ออกแบบจะเริ่มด้วยการขีดเขียนและสร้างสรรค์แบบใหม่ๆ ขึ้นมา แม้ว่าในการสร้างเครื่องจักรกลชนิดใหม่ที่ไม่เคยมีใช้มาก่อน จะต้องใช้ความคิดโดยอาศัยพื้นความรู้ต่างๆ อาศัยประสบการณ์และใช้เวลามากหรือน้อยก็ตาม ผู้ออกแบบจะได้กำไรจากความชำนาญด้านวิศวกรรมและด้านอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นหลายประการ

การออกแบบส่วนมากจะทำตามแบบอย่างที่มีใช้อยู่ในอุตสาหกรรม เช่น เครื่องกลึงรุ่นใหม่ก็มีลักษณะคล้ายกับเครื่องกลึงรุ่นเก่า รถยนต์รุ่นใหม่ก็คล้ายรถยนต์เครื่องรุ่นเก่า เพียงแต่การเปลี่ยนแปลงปรับปรุงให้ดีขึ้น เพราะมีความรู้มากขึ้น ประสบการณ์มากขึ้น ในบางครั้งการเปลี่ยนแปลงปรับจะทำเมื่อต้องการประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อเพิ่มหรือรักษาระดับราคาหรือเพิ่มผลการแข่งขันทางด้านการตลาดปรัชญาของการออกแบบงานเฉพาะอย่างขึ้นอยู่กับลักษณะของอุตสาหกรรมหรือชนิดของเครื่องจักรกลการออกแบบในบางครั้งจะมีแบบต่างๆ หลายแบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าผู้ออกแบบประสงค์จะให้งานออกมาในรูปใด งานออกแบบบางชนิดผู้ออกแบบจะต้องค่อยๆ เปลี่ยนแปลงปรัชญาให้เหมาะสมกับธรรมชาติของงานนั้น เช่น เมื่อออกแบบเครื่องบินจะต้องทำด้วยความแม่นยำสูง ระวังทางด้านแรงและน้ำหนัก ซึ่งเป็นการออกแบบที่เสียค่าใช้จ่ายสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการออกแบบถังความดันขนาดใหญ่ ผู้ออกแบบไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงความแม่นยำสูงเหมือนกับเครื่องบินหรือไม่ต้องคำนึงถึงน้ำหนัก เป็นต้น

ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ มิได้ตั้งใจจะกล่าวถึงปรัชญาของการออกแบบทั้งหมดในอุตสาหกรรม แต่ประสงค์จะชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างบางอย่างบางประการ ซึ่งในการออกแบบจริงๆ แล้ว ควรจะต้องพิจารณาถึงปรัชญาที่เหมาะสมกับงานนั้นๆ เป็นสำคัญ

2.1.1 พื้นฐานผู้ออกแบบเครื่องกล

ผู้ออกแบบเครื่องจักรกลที่ดีควรจะต้องมีพื้นฐานดังต่อไปนี้เป็นอย่างดี

2.1.1.1 มีพื้นฐานความรู้ทางด้านความแข็งแรงของวัสดุเป็นอย่างดี เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความดันชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล ซึ่งจะต้องจะต้องมีความแข็งแรง และแข็งแกร่งเพียงพอที่จะรับแรงต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้

2.1.1.2 พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติวัสดุวิศวกรรมที่ใช้กับเครื่องจักรกลเป็นอย่างดี ทั้งทางด้านโลหะวิทยา กรรมวิธีทางด้านความร้อนต่างๆ และติดตามการพัฒนาด้านวัสดุอยู่ตลอดเวลา เพื่อจะได้นำวัสดุที่เหมาะสมมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.3 มีความรู้ทาด้านกรรมวิธีการผลิตต่างๆ หลักเศรษฐศาสตร์ของวิธีการผลิต เพราะชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลที่ผลิตขึ้นมาจะต้องแข่งขันทางด้านราคา บางครั้งการออกแบบชิ้นส่วนชิ้นหนึ่งอาจเหมาะสมกับโรงงานหนึ่ง แต่ไม่เหมาะสมกับโรงงานอีกแห่งหนึ่งก็เป็นได้ เช่น โรงงานผลิตที่มีแผนกเชื่อมที่ดี แต่ไม่มีแผนกหล่อ จะพบว่าการผลิตโดยวิธีเชื่อมจะประหยัดที่สุด แต่ในขณะเดียวกันโรงงานอีกแห่งหนึ่งอาจตัดสินใจใช้วิธีหล่อเพราะมีแผนกหล่อที่ดีอยู่

2.1.1.4 มีความรู้เป็นพิเศษเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่จะมีผลต่อคุณสมบัติของวัสดุ เช่น บรรยากาศที่ทำให้เกิดการกัดกร่อน อุณหภูมิต่ำมากๆ หรือสูงมากๆ เป็นต้น

2.1.1.5 เตรียมพร้อมสำหรับการตัดสินใจอย่างฉลาดได้ว่า

(ก) ควรเลือกใช้ชิ้นส่วนที่มีจำหน่ายอยู่แล้วหรือต้องการออกแบบใหม่

(ข) ควรใช้สูตรสำเร็จที่ได้จากประสบการณ์ในการรออกแบบชิ้นส่วนหรือไม่

(ค) ควรทดสอบชิ้นงานก่อนการผลิตหรือไม่

(ง) ต้องออกแบบเป็นพิเศษเพื่อควบคุมการสั่นสะเทือน ระดับเสียงดัง และอื่นๆ หรือไม่

2.1.1.6 มีความเข้าใจถึงความสวยงามบางประการ ซึ่งจะทำให้ผลิตผลจูงใจและดึงดูดใจผู้ใช้

2.1.1.7 มีความรู้ทาด้านเศรษฐศาสตร์ และการแข่งขันทางด้านราคาเพราะเหตุว่าวิศวกรมีหน้าที่ในการประหยัดเงินของผู้ว่าจ้าง การจะเพิ่มราคาสินค้าได้จะต้องมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง เช่น เพิ่มความทนทานให้มากขึ้น เป็นต้น

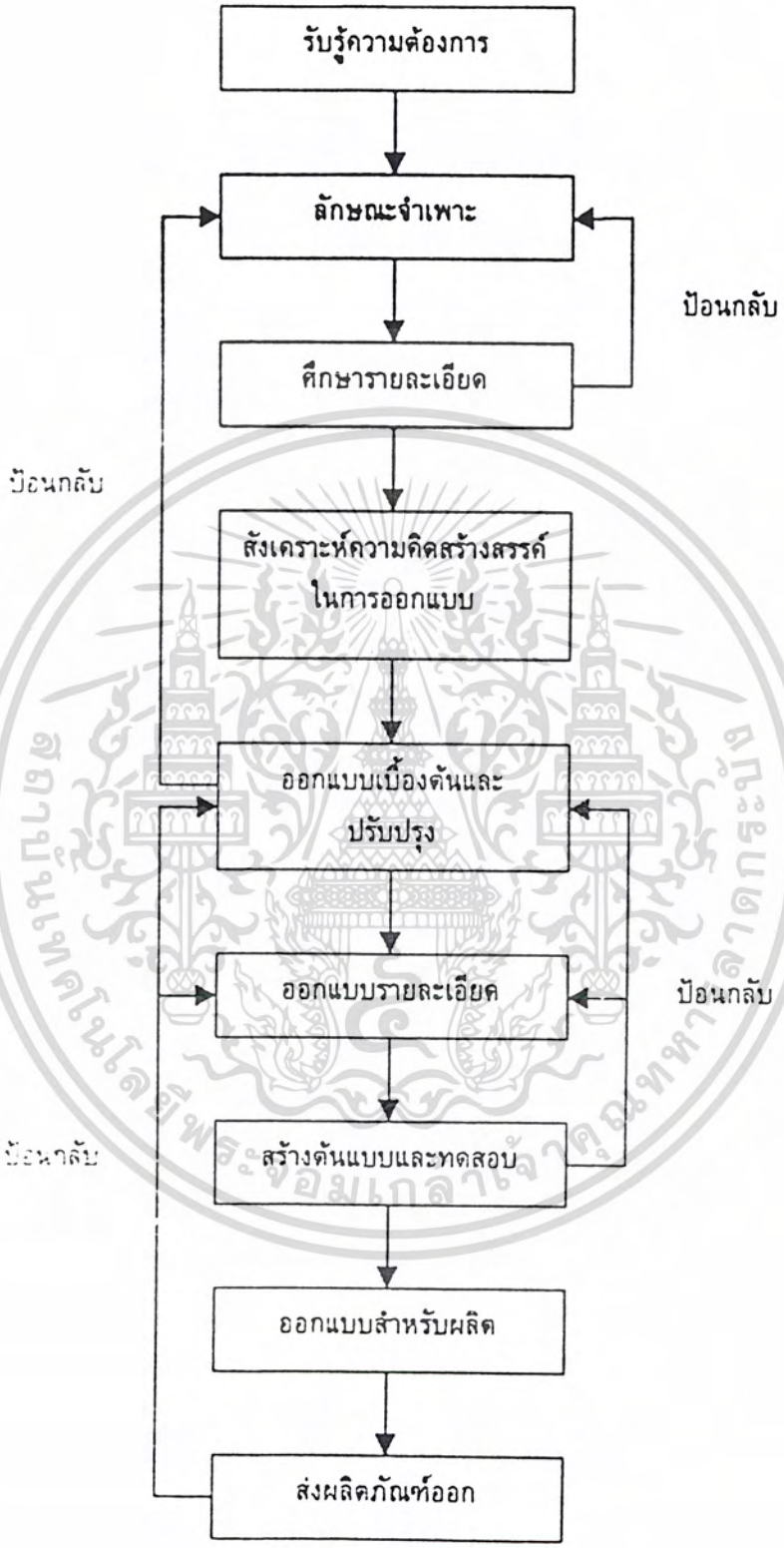
2.1.1.8 มีสัญชาตญาณในการเป็นนักประดิษฐ์และสร้างสรรค์ สิ่งสำคัญที่สุดก็คือจะต้องทำให้เกิดประสิทธิผลสูงที่สุด ความคิดสร้างสรรค์อาจเกิดขึ้นเพราะมีความขยันขันแข็งที่จะแก้ไขสิ่งที่ไม่ถูกใจและมีความเต็มใจที่จะทำ

เป็นสิ่งที่แน่นอนที่สุดว่า ไม่มีวิศวกรคนใดที่จะมีความรู้เป็นพิเศษเกี่ยวกับสิ่งที่กล่าวมาทั้งหมดและสามารถตัดสินใจในการแก้ปัญหาต่างๆ ได้อย่างดีที่สุด องค์กรขนาดใหญ่ขึ้นย่อมจะมีผู้ชำนาญพิเศษในด้านต่างๆ มากขึ้น ซึ่งจะช่วยในการเป็นที่ปรึกษาได้อย่างดี วิศวกรส่วนมากจะรู้ขั้นตอนการออกแบบเป็นงานอาชีพอย่างหนึ่งซึ่งมีเสน่ห์ดึงดูดใจผู้ออกแบบ เพราะต้องใช้พื้นฐานความรู้อย่างกว้างขวางทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติ งานวิศวกรรมก็คืองานออกแบบ

2.2 ขั้นตอนของการออกแบบ

การออกแบบเป็นกระบวนการที่น่าสนใจมากกว่าควรจะเริ่มต้นอย่างไร ต่อไปจะเกิดอะไรขึ้น มีอะไรบ้างที่เป็นตัวควบคุมมีผลต่อการตัดสินใจ และสุดท้ายงานจะสิ้นสุดที่ใด ดังนั้นจะกล่าวถึงขั้นตอนในการออกแบบทั่วไปซึ่งงานบางประเภทอาจจะไม่เป็นตามขั้นตอนนี้ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบและกรรมวิธีในการออแบบดังจะเขียนเป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แผนภาพของการออกแบบที่มีวงป้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.1 สามารถอธิบายรายละเอียดของขั้นตอนต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. รับรู้ความต้องการ การออกแบบอาจเริ่มต้นจากการที่วิศวกร ได้รับรู้ความต้องการและตัดสินใจที่จะทำอะไรบางสิ่งบางอย่างขึ้น หรืออาจได้รับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ในด้านการใช้งานและคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาจเป็นแรงผลักดันให้มีการออกแบบขึ้นได้ การแข่งขันทางด้านธุรกิจและอุตสาหกรรม ทำให้เกิดความต้องการในการรออกแบบอุปกรณ์ กระบวนการ และเครื่องจักรใหม่ๆ สิ่งสำคัญที่สุดก็คือ ต้องยอมรับรู้ว่าเกิดความต้องการขึ้นแล้ว ใช้ประสบการณ์พื้นฐานที่มีอยู่ทำความเข้าใจกับความต้องการนั้นให้ถ่องแท้

2. ลักษณะจำเพาะ รวบรวมรายละเอียดของสิ่งที่ต้องการออกแบบให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งอาจจะประกอบด้วย คุณลักษณะ ขนาด ราคา จำนวนที่ต้องการผลิต อายุการใช้งาน อุณหภูมิที่ใช้งาน ความเชื่อถือได้ และสิ่งที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงได้บ้าง เช่นน้ำหนัก พร้อมทั้งบางสิ่งบางอย่างที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการออกแบบ เช่น กรรมวิธีการผลิต ความชำนาญของช่าง เป็นต้น การออกแบบงานบางประเภทต้องทำตามเกณฑ์ (Code) เช่น หม้อไอน้ำ ภาชนะความดัน ก็จำเป็นต้องศึกษาเกณฑ์นั้นให้ทราบถึงสิ่งสำคัญต่างๆ ที่เป็นข้อควรจะระมัดระวังและปฏิบัติตาม

3. ศึกษารายละเอียด เมื่อได้ลักษณะจำเพาะต่างๆ แล้วขั้นตอนต่อไปก็คือศึกษารายละเอียด ทั้งนี้ก็เพื่อแยกแยะถึงสิ่งที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายหรือความล้มเหลว ทั้งทางด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์

โดยปกติแล้ว ผู้ที่รับผิดชอบในการศึกษารายละเอียดมักจะเป็นวิศวกรที่ผ่านงานออกแบบมาแล้วอย่างมาก มีพื้นฐานมีความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ต่างๆ เป็นอย่างดี รู้วิธีการเลือกใช้วัสดุ รู้วิธีการผลิตและความต้องการของแผนกขาย ผู้ที่ทำการศึกษารายละเอียดมักจะเป็นผู้รับผิดชอบโครงการทั้งหมดมีบ่อยครั้งที่ผลการศึกษารายละเอียดจะทำให้ลักษณะจำเพาะต้องเปลี่ยนไปเพื่อความสำเร็จของโครงการ จึงทำให้มีวงป้อนกลับไปยังลักษณะจำเพาะ ดังรูปที่ 2.1

4. สังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ เมื่อศึกษารายละเอียดแล้ว ต่อไปก็ถึงขั้นตอนการสังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการรออกแบบ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ท้าทายและน่าสนใจที่สุดในการออกแบบ ผู้ออกแบบจะทำหน้าที่เป็นวิศวกร นักประดิษฐ์ และจิตรกรในเวลาเดียวกัน ซึ่งขณะนี้จะเขาจะเป็นนักสร้างสรรค์

การสังเคราะห์คือ การวิเคราะห์และการอำนวยประโยชน์ที่สุด ในขั้นนี้จะต้องสังเคราะห์ความคิดใหม่กับความคิดเก่าเพื่อทำให้เกิดความคิดใหม่ขึ้น ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่สั่งสอนกันไม่ได้แม้ว่าจะใช้วิธีกระตุ้นก็ตาม แต่ก็เชื่อได้ว่าการศึกษาที่เหมาะสมทำให้มนุษย์มีกระบวนการคิดสร้างสรรค์ กว้างขวางขึ้น

5. การออกแบบเบื้องต้นและการปรับปรุง หลังจากผ่านกระบวนการสังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบแล้ว อาจจะมีวิธีการออกแบบที่เหมาะสมกับลักษณะจำเพาะและความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการหลายวิธี จึงจำเป็นที่จะต้องตัดสินใจเลือกเอาวิธีใดวิธีหนึ่งเป็นแบบเบื้องต้นและปรับปรุงต่อไป

ในขั้นนี้จำเป็นจะต้องมีแบบแสดงเครื่องจักรกลหรือระบบที่มีความเกี่ยวข้องกัน เพื่อหาความสัมพันธ์ต่างๆ ของระบบทั้งหมด แบบควรมีความสำคัญพร้อมทั้งรูปประกอบ รูปด้านข้างอย่างสมบูรณ์ นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาทางด้านคิเนมาติก (kinamatic) ของระบบด้วย เพื่อความมั่นใจว่าจะทำงานได้

โดยปกติแล้วในขั้นนี้จะยังไม่ได้ผลสมบูรณ์ จึงต้องมีวงป้อนกลับไปยังลักษณะจำเพาะ ดังรูปที่ 2.1 เพื่อทำให้มีความสมบูรณ์ครบถ้วน พร้อมกันนั้นก็จะมีการปรับปรุง เพื่อพิสูจน์ให้เห็นถึงแนวความคิด เพื่อหาวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสม เพื่อประเมินผลของอุปกรณ์ ดังนั้น ช่วงของการออกแบบเบื้องต้นนี้อาจจะช้าหรือเปลี่ยนแปลงไปตามข้อมูลที่ได้ อันที่จริงแล้วการปรับปรุงจะเกิดขึ้นในขั้นตอนต่อไปของแผนภาพในรูปที่ 2.1

6. **ออกแบบรายละเอียด** การออกแบบรายละเอียดเกี่ยวข้องกับขนาดจริง และขนาดของส่วนประกอบอื่นๆ ทั้งหมดทั้งที่จะผลิตขึ้นเอง หรือผลิตภัณฑ์สำเร็จที่จะซื้อมาใช้ ซึ่งจะประกอบเข้าด้วยกันทั้งหมดเป็นระบบ ดังนั้นจึงต้องมีแบบรายละเอียดของชิ้นส่วนทุกชิ้น แสดงรูปด้านต่างๆ เท่าที่จำเป็น โดยต้องกำหนดทั้งขนาด พิกัดความเผื่อไว้ให้ครบถ้วน วัสดุที่ใช้ กรรมวิธีทางความร้อน (ถ้ามี) ชื่อชิ้นส่วน และบางครั้งอาจจะต้องใช้แบบประกอบของชิ้นงานสำเร็จด้วย

โดยปกติช่างเขียนแบบจะทำงานไปพร้อมกับวิศวกร เพื่อเขียนแบบที่วิศวกรกำหนดขึ้น วิศวกรจะต้องใช้ข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็น เช่น รูปแบบเบื้องต้นที่วิศวกรควรจะร่างขึ้นมาก่อน จะต้องให้ขนาด ชนิดของวัสดุโดยใช้เทคนิคในการวิเคราะห์และประสบการณ์ที่ผ่านมา ซึ่งหมายความว่าวิศวกรต้องใช้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ กลศาสตร์ ความแข็งแรงของวัสดุ กลศาสตร์ของไหล การสั่นสะเทือน โลหะวิทยา กระบวนการผลิต โดยที่วิศวกรอาจจะหาผู้ช่วยที่มีความชำนาญพิเศษเฉพาะสาขามาช่วยได้

7. **สร้างต้นแบบและทดสอบ** หลังจากที่มีรายละเอียดต่างๆ สมบูรณ์ มีแบบแยกชิ้น แบบประกอบ รวมทั้งวัสดุและรายการชิ้นส่วนต่างๆ แล้วจึงส่งแบบที่สมบูรณ์ทั้งหมดไปยังโรงงาน เพื่อสร้างต้นแบบ

เมื่อสร้างต้นแบบเสร็จเรียบร้อยก็เตรียมประเมินผลและทดสอบ ผลจากการทดสอบอาจทำให้ต้องเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงการออกแบบเบื้องต้น หรือแบบรายละเอียดบางประการ ซึ่งแสดงไว้เป็นวงป้อนกลับดังรูปที่ 2.1 หลังการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงชิ้นส่วนบางชิ้นแล้วจะทดสอบและประเมินผลใหม่อีกครั้ง หรืออาจต้องทำอีกหลายครั้ง จนกระทั่งวิศวกรผู้ออกแบบพึงพอใจที่งานของเขามีสมรรถนะตามต้องการ เมื่อถึงขั้นนี้แล้วจะส่งแบบชิ้นส่วนและรายการวัสดุไปยังแผนกวิศวกรรมเพื่อปรับปรุงให้เหมาะสมกับการผลิตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ออกแบบสำหรับผลิต ในขั้นนี้จะพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเพื่อความเหมาะสม (โดยมากจะพิจารณาจากหลักเศรษฐศาสตร์) ของวิธีการผลิตที่ดีที่สุด เนื่องจากการผลิตชิ้นงานน้อยชิ้น กับชิ้นงานมากชิ้นอาจต้องใช้วิธีการผลิตต่างกัน จึงต้องหาวิธีการผลิตที่ประหยัดที่สุด

บางครั้งอาจรวมชิ้นงานหลายชิ้นเข้าเป็นชิ้นเดียวกัน หรือเปลี่ยนใช้ชิ้นส่วนที่มีในท้องตลาดแทนอีกประการหนึ่งวิศวกรการผลิตอาจเลือกใช้วัสดุที่มีคุณภาพใกล้เคียงกันแต่ราคาถูกกว่าก็ได้ จากนั้นจึงเขียนแบบแก้ไขใหม่ให้เรียบร้อยแล้วจึงส่งฝ่ายผลิต เพื่อผลิตและส่งผลิตภัณฑ์ออกจำหน่าย

9. ส่งผลิตภัณฑ์ออกจำหน่าย โดยปกติมักจะผลิตชิ้นงานต้นแบบแล้วทดสอบอีกครั้งหนึ่ง ถ้ามีปัญหาที่แก้ไขไม่ได้ก็จะส่งกลับไปยังแผนกออกแบบเบื้องต้นและปรับปรุง หรืออาจเสนอแนะข้อคิดเห็นไปได้ดังที่ได้แสดงโดยวงป้อนกลับในรูปที่ 2.1

สิ่งที่กล่าวมาทั้งหมดอาจไม่สมบูรณ์ทางด้านรายละเอียดต่างๆ หรืออาจจะใช้ได้กับกระบวนการผลิตบางอย่าง บางระบบเท่านั้น เพราะการที่จะรู้รายละเอียดถึงกรรมวิธีการออกแบบในงานต่างๆ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเและเข้าไปมีส่วนร่วมในงานนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การควบคุมซีเควนซ์

การควบคุมซีเควนซ์ได้เข้ามามีบทบาทในโรงงานอุตสาหกรรม และชีวิตประจำวันของเรานานมาแล้ว คำว่า การควบคุมซีเควนซ์อาจจะไม่เป็นที่คุ้นหู บางคนอาจจะรู้จักในชื่อของวงจรควบคุมที่ใช้รีเลย์ (relay) ซึ่งมีใช้กันอย่างแพร่หลายในกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ปัจจุบันการควบคุมสายพานลำเลียง หม้อไอน้ำ (boiler) การควบคุมเครื่องสูบน้ำตามอาคารสูงๆ ลิฟต์ แม้แต่เครื่องใช้ภายในบ้าน เช่น เครื่องปรับอากาศ หม้อหุงข้าว เครื่องซักผ้า ก็ใช้การควบคุมซีเควนซ์นี้ การควบคุมซีเควนซ์นี้ก่อกำเนิดมาจากความต้องการในการลดการทำงานแบบซ้ำๆ ซากๆ การทำงานที่น่าเบื่อหน่าย และการทำงานที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย โดยพยายามให้เครื่องจักรทำงานนี้แทนมนุษย์ การประยุกต์การควบคุมซีเควนซ์นี้มีขอบเขตกว้างขวาง มีตั้งแต่การควบคุมแบบง่ายๆ ที่ใช้เพื่อสตาร์ตหรือหยุดเครื่องจักรเท่านั้น จนถึงระบบที่มีความซุ่งยากซับซ้อน ซึ่งจะต้องอาศัยการประมวลผลสัญญาณต่างๆ จุดมุ่งหมายของการควบคุมซีเควนซ์มาจากความต้องการให้ระบบการผลิตเป็นแบบอัตโนมัติ ความต้องการในการลดค่าใช้จ่ายในการผลิต ความต้องการในการเพิ่มประสิทธิการในการผลิต และรักษาคุณภาพของสินค้าให้ได้มาตรฐาน ทำให้การควบคุมซีเควนซ์เป็นระบบควบคุมอัตโนมัติที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

3.1 การควบคุมซีเควนซ์ (sequential control) คืออะไร

คำว่า "ซีเควนซ์" ซึ่งมาจากภาษาอังกฤษว่า sequence นั้น หมายถึง ลำดับก่อนหลังของเหตุการณ์ ถ้าเราสามารถกำหนดลำดับของเหตุการณ์ต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น เพื่อให้เพื่อให้เกิดผลงานตามจุดประสงค์แล้ว เราก็เรียกการควบคุมนั้นว่า การควบคุมซีเควนซ์ sequential control

การควบคุมซีเควนซ์ หมายถึง การกำหนดลำดับของงาน งานลำดับต่อจากงานที่ดำเนินอยู่จะถูกกำหนดแน่นอน โดยอาจเกิดทันทีหรืออาจจะเว้นช่วงเวลาหนึ่งหลังจากงานที่ดำเนินอยู่จบลง งานลำดับต่อไปอาจขึ้นอยู่กับผลของการควบคุมของงานแรก ถ้าผลของการควบคุมเป็นไปตามเงื่อนไข งานลำดับต่อไปจึงจะเกิดขึ้น

ถ้าจะพูดให้ง่ายขึ้น การควบคุมซีเควนซ์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรนั้น ก็คือการป้อนข้อมูลหรือโปรแกรมลงในเครื่องควบคุมที่ทำการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรนั้น ข้อมูลที่ป้อนเข้าไป ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นลำดับการทำงานของเครื่องจักรทุกขั้นตอน เงื่อนไขของการทำงานของเครื่องจักร ข้อมูลเกี่ยวกับข้อปฏิบัติเมื่อเกิดอุบัติเหตุหรือการทำงานผิดพลาดนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

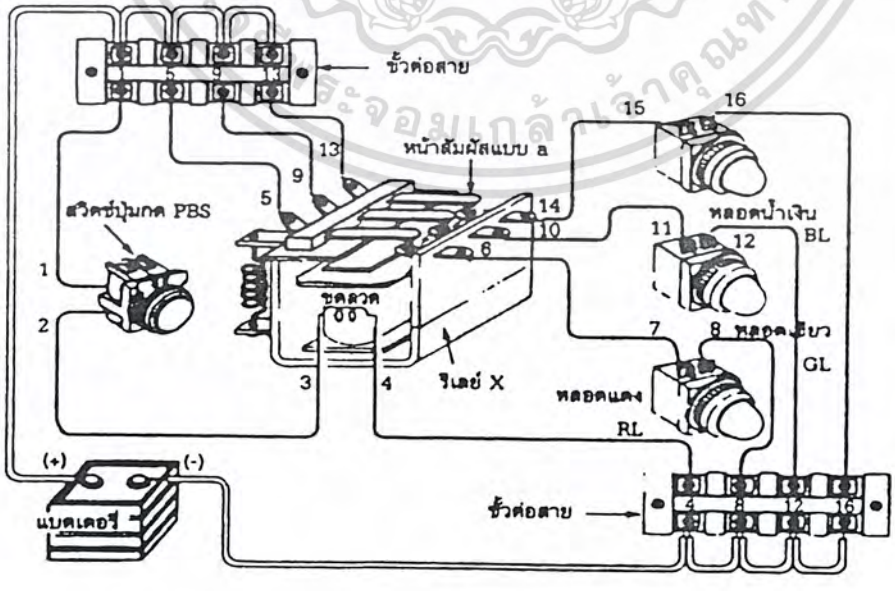
ตารางที่ 3.1 ข้อดีข้อเสียของวงจรรีเลย์ซีเควนซ์

ข้อดี	ข้อเสีย
(1) สามารถขับโหลด (load) ได้มาก (ปิดเปิดวงจรที่มีกระแสมากได้) (2) ทนภาวะโหลดเกิน (overload capacity) ได้มาก (3) ทนทานต่อสัญญาณรบกวน ทางไฟฟ้า (electrical noise) (4) คุณสมบัติเชิงอุณหภูมิดีมาก (5) สามารถแยกอินพุตและเอาต์พุตออกจากกันได้อย่างเด็ดขาด (6) สามารถต่อวงจรทางด้านเอาต์พุตหลายๆ วงจรที่เป็นอิสระต่อกันในเวลาเดียวกัน (7) สามารถตรวจสอบการทำงานได้โดยง่าย	(1) สิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้ามาก (2) เนื่องจากหน้าสัมผัสจะสึกกร่อนทำให้มีอายุการใช้งานจำกัด (3) การทำงานช้า (4) อาจจะทำงานผิดพลาดถ้าได้รับการสั่นสะเทือนหรือการกระแทก (5) มีขีดจำกัดในการทำให้ขนาดของอุปกรณ์เล็กลง

3.2 การอ่านและการเขียนรูปวงจรซีเควนซ์

ชนิดของรูปแสดงการควบคุมซีเควนซ์

รูปที่ 3.1 เป็นรูปอุปกรณ์และการต่อสายระหว่างอุปกรณ์ของวงจรเปิดปิดหลอดไฟ ซึ่งเป็นวงจรซีเควนซ์วงจรหนึ่ง รูปวงจรแบบนี้เหมาะสมสำหรับเป็นรูปภาพประกอบการอธิบาย



รูปที่ 3.1 อุปกรณ์และการต่อสายของวงจรเปิดปิดหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในรูปจะพยายามวาดรูปอุปกรณ์ต่างๆ ให้ใกล้เคียงของจริงมากที่สุด ทำให้ผู้ที่ไม่รู้เรื่องวงจรซีเควนซ์ก็สามารถทำความเข้าใจวงจร และสามารถประกอบวงจรด้วยตนเองได้ แต่รูปวงจรเช่นนี้วาดยาก และไม่เหมาะสมสำหรับวงจรที่ซับซ้อน มีองค์ประกอบวงจรมาก และการต่อสายมากๆ

การเขียนรูปวงจรซีเควนซ์มีด้วยกันหลายวิธี ถ้าแบ่งตามจุดประสงค์ของการเขียนรูปจะแบ่งได้เป็น

1. รูปแสดงการต่อสายของวงจร
2. รูปวงจรซีเควนซ์โดยใช้สัญลักษณ์
3. โฟลว์ชาร์ต (flow chart)
4. ไทม์ชาร์ต (time chart)

1. รูปแสดงการต่อสายของวงจร (wiring diagram)

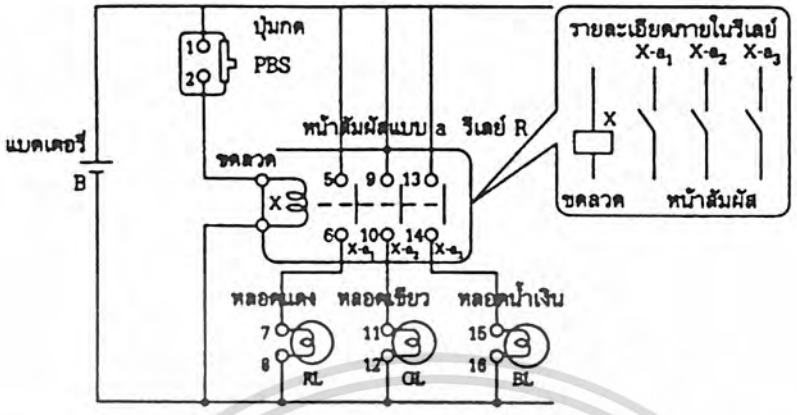
รูปแสดงการต่อสายของวงจรนิยมใช้เขียนรูปวงจรของเครื่องจักรไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไป ภายในรูปจะพยายามเขียนรูปคล้ายขององค์ประกอบวงจรและอุปกรณ์ต่างๆ และเขียนให้เห็นการต่อสายไฟโดยละเอียด รูปที่ 3.2 เป็นรูปแสดงการต่อสายของวงจรเปิดปิดหลอดไฟในรูปที่ 3.1 โดยนำมาเขียนแทนด้วยรูปสัญลักษณ์ที่เข้าใจได้ง่าย จากรูปที่ 3.2 จะสังเกตเห็นว่ารูปรีเลย์จะเขียนให้ง่ายขึ้น แต่ยังคงรักษาภาพของรีเลย์ไว้โดยเขียนส่วนที่เป็นขดลวดกับส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสอยู่ใกล้กัน และรวมอยู่ในหน่วยเดียวกัน นอกจากนั้นในรูปจะพยายามแยกวงจรทางด้านขดลวดซึ่งมีสวิตช์ปุ่มกด และวงจรหลอดไฟ 3 หลอด ออกจากกัน เพื่อให้เข้าใจว่าส่วนไหนเป็นวงจรควบคุม และส่วนไหนเป็นเป้าหมายของการควบคุม การเดินสายไฟระหว่างอุปกรณ์ในวงจรแต่ละเส้นจะเขียนไว้ชัดเจน และจะมีหมายเลขขั้วกำกับไว้ด้วย รูปแสดงการต่อสายของวงจรแบบนี้ให้รายละเอียดของอุปกรณ์และการเดินสายไว้ จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นรูปวงจรสำหรับการประกอบหรือการผลิตเครื่องไฟฟ้า นอกจากนั้นยังเหมาะสำหรับใช้ในการซ่อมบำรุงเครื่องในภายหลังด้วย ข้อเสียของรูปวงจรชนิดนี้ก็คือ การให้ความสำคัญแก่ตัวอุปกรณ์มากกว่าวงจรไฟฟ้า ดังนั้น จึงทำให้การวาดเส้นสายไฟต่างๆ มีความสับสนในบางกรณีได้ นอกจากนั้น รูปวงจรแบบนี้ไม่ได้ให้รายละเอียดของลำดับการทำงานของวงจร เพื่อให้ผู้อ่านได้สามารถเข้าใจการทำงานของวงจรซีเควนซ์ได้

2. รูปวงจรซีเควนซ์โดยใช้สัญลักษณ์ (sequential circuit diagram)

รูปวงจรซีเควนซ์โดยใช้สัญลักษณ์เป็นรูปวงจรที่นิยมใช้ในการวาดรูปวงจรซีเควนซ์ทั่วๆ ไปมากที่สุด อุปกรณ์ไฟฟ้า แผงควบคุม (control panel) และเครื่องจักรกลไฟฟ้าต่างๆ มักจะใช้รูปวงจรซีเควนซ์ชนิดนี้เขียนอธิบายการทำงานของเครื่องเสมอ รูปวงจรซีเควนซ์โดยใช้สัญลักษณ์นี้จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้สัญลักษณ์เขียนแทนรูปอุปกรณ์ต่างๆ และพยายามจัดรูปวงจรเพื่อให้สามารถเข้าใจลำดับการทำงานของวงจรโดยง่าย รูปที่ 3.3 เป็นรูปวงจรซีเควนซ์ของวงจรเปิดปิดหลอดไฟ



รูปที่ 3.2 การต่อสายของวงจรเปิดปิดหลอดไฟ

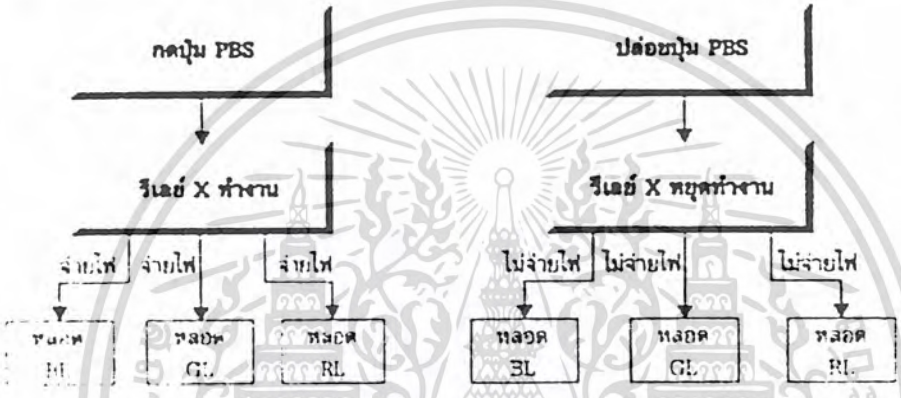
รูปที่ 3.3 วงจรซีเควนซ์โดยใช้สัญลักษณ์ของวงจรเปิดปิดหลอดไฟ

รูปวงจรซีเควนซ์จะมีจุดประสงค์ในการแสดงการทำงานของวงจรเป็นหลัก ลองดูในรูปที่ 3.3 จะเห็นว่ารีเลย์จะถูกเขียนแยกเป็นส่วนที่เป็นขดลวดและส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสทั้ง 3 ทั้งสองส่วนนี้จะเขียนแยกจากกันเหมือนกับไม่มีความสัมพันธ์เลยนอกจากนั้นแหล่งจ่ายไฟวงจรจะเขียนให้ง่ายขึ้น ไม่จำเป็นต้องเขียนรูปแบตเตอรี่ เพียงแต่เขียนเป็นสายจ่ายไฟสองสาย สายด้านบนเป็นบวกและสายด้านล่างเป็นลบ วงจรของอุปกรณ์และหน้าสัมผัสจะอยู่ระหว่างสายจ่ายไฟทั้งสองนี้ การวาดวงจรแต่ละวงจรจะวาดในแนวดิ่งเป็นเส้นตรง เช่น วงจรของสวิตช์ปุ่มกด PBS และขดลวด X ของรีเลย์และวงจรของหน้าสัมผัส $X\text{-}a_1$ กับหลอดแดง วงจรหน้าสัมผัส $X\text{-}a_2$ กับหลอดเขียว วงจรหน้าสัมผัส $X\text{-}a_3$ กับหลอดน้ำเงิน เป็นต้น การเรียงลำดับวงจรแต่ละวงจรจะเรียงจากซ้ายไปขวา โดยวงจรซ้ายสุดจะเป็นวงจรควบคุมซึ่งจะเริ่มทำงานก่อน ตามมาทางด้านขวาจึงเป็นวงจรของหน้าสัมผัสและหลอดไฟซึ่งจะทำงานทีหลัง ด้วยวิธีการเขียนอย่างมีกฎเกณฑ์เช่นนี้ ทำให้ผู้อ่านวงจรสามารถทำความเข้าใจการทำงานของวงจรได้โดยง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โฟลว์ชาร์ต (flow chart)

ระบบควบคุมแบบซีเควนซ์ซึ่งประกอบด้วยวงจรและอุปกรณ์หลาย ๆ หน่วยนั้น ตามปกติจะมีความยุ่งยากซับซ้อนมาก ถ้าจะทำการอธิบายการทำงานของวงจรภายในแต่ละวงจรโดยละเอียดจะทำให้เกิดความสับสนและเข้าใจยากมาก ในกรณีที่เป็นระบบใหญ่ ประกอบด้วยวงจรซีเควนซ์หลายๆ วงจรนั้น มักนิยมใช้โฟลว์ชาร์ตเขียนอธิบายการทำงานของระบบทั้งหมด โดยเขียนเป็นลำดับการทำงานแต่ละขั้นตอน ชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ของวงจรควบคุมแต่ละวงจร และความสัมพันธ์ของอุปกรณ์แต่ละชนิด รูปที่ 3.4 เป็นโฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของวงจรเปิดปิดหลอดไฟที่ได้ยกตัวอย่างขึ้นมา



รูปที่ 3.4 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของวงจรเปิดปิดหลอดไฟ

รูปที่ 3.4 เป็นโฟลว์ชาร์ตการเปิดปิดหลอดไฟ โฟลว์ชาร์ตจะแสดงขั้นตอนในการทำงานของวงจรแต่ละขั้นตอนให้เห็นคำสั่ง หรือการทำงานขององค์ประกอบวงจรจะเขียนไว้ในกรอบสี่เหลี่ยมส่วนลูกศรจะชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ของการทำงานในขั้นตอนต่างๆ หรือชี้ให้เห็นว่าขั้นตอนการทำงานของวงจรลำดับต่อไปคืออะไร จะสังเกตเห็นว่าโฟลว์ชาร์ตนี้จะไม่มีรูปสัญลักษณ์ขององค์ประกอบวงจรหรือตัววงจรเลยมีแต่คำอธิบายขั้นตอนการทำงานของวงจรเท่านั้น ดังนั้นโฟลว์ชาร์ตจึงเหมาะสมใช้ในการอธิบายการทำงานของวงจร และในบางกรณีใช้ในการออกแบบวงจรซีเควนซ์

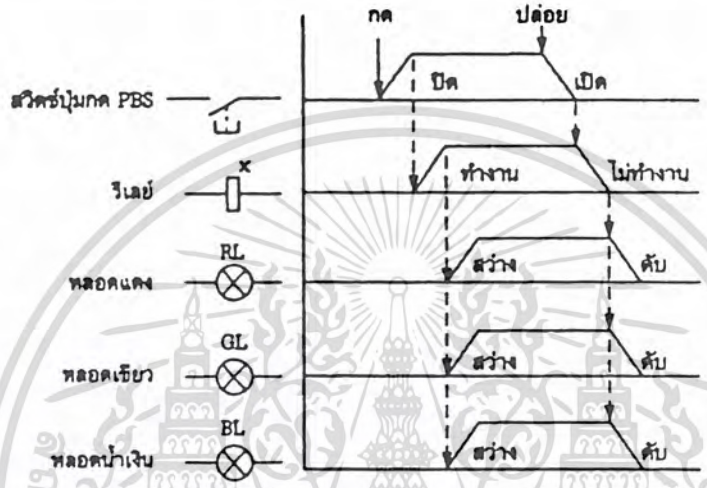
4. ไทม์ชาร์ต (time chart)

ไทม์ชาร์ตมีไว้สำหรับอธิบายการทำงานของวงจรซีเควนซ์การเปลี่ยนแปลงการทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัวตามเวลา เพื่อให้เข้าใจความสัมพันธ์ของการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ มากยิ่งขึ้น รูปที่ 3.5 เป็นไทม์ชาร์ตแสดงการทำงานของวงจรเปิดปิดหลอดไฟ

ในไทม์ชาร์ตแกนตั้งจะเป็นอุปกรณ์หรือองค์ประกอบวงจรที่สำคัญ วางเรียงกันตามลำดับการทำงานจากข้างบนลงมาข้างล่าง ทางด้านแกนนอนจะเป็นแกนเวลา ซึ่งจะแสดงสภาพการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ณ เวลาต่างๆ กัน ในช่วงเวลาหรือจุดเวลาที่สำคัญจะมีอักษรแสดงเหตุการณ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เกิดขึ้น อย่างเช่น เปิดแหล่งจ่ายไฟ ปิดแหล่งจ่ายไฟ สตาร์ตหรือหยุด เป็นต้น กำกับไว้ ณ เวลานั้นๆ นอกจากนั้นยังมีลูกศรที่เขียนเป็นเส้นประแสดงความสัมพันธ์ของการทำงาน เช่น เมื่อกดสวิตช์ปุ่มกดจะทำให้รีเลย์ X ทำงาน จะมีลูกศรเขียนระหว่างอุปกรณ์ทั้งสอง ณ จุดที่มีการกดปุ่ม เป็นต้น ไทม์ชาร์ตนี้สามารถนำมาเขียนอธิบายการทำงานของวงจรควบคุมซีเควนซ์ได้ดีมาก ทำให้เราไม่ต้องใช้คำพูดยาวๆ ในการอธิบายวงจร ไทม์ชาร์ตเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และในที่นี้จะใช้ประกอบการอธิบายวงจรเป็นส่วนใหญ่



รูปที่ 3.5 ไทม์ชาร์ตของวงจรเปิดปิดไฟ

3.3 วิธีการเขียนวงจรซีเควนซ์ (sequential circuit diagram)

ในการเขียนวงจรซีเควนซ์จะไม่เน้นความเกี่ยวข้องกันทางโครงสร้างของอุปกรณ์แต่ละชิ้น แต่จะเขียนแสดงเฉพาะที่เกี่ยวกับการควบคุมเท่านั้น ในการแสดงส่วนต่างๆ เหล่านี้จะแสดงส่วนหนึ่งส่วนใดก่อนหรือหลังหรือจะแสดงไว้บริเวณใดภายในแบบเขียน ขึ้นอยู่กับลำดับการทำงาน และเพื่อที่จะบอกให้รู้ว่าส่วนนั้นๆ มาจากอุปกรณ์ใด ก็จะมีการเขียนอักษรย่อกำกับไว้ วิธีการเขียนวงจรซีเควนซ์นี้ค่อนข้างจะแตกต่างกับการเขียนรูปแสดงการเดินสายของวงจร (wiring diagram) ธรรมดา

3.3.1 หลักการเขียนในวงจรซีเควนซ์

หัวข้อดังกล่าวต่อไปนี้เป็นหลักในการเขียนวงจรซีเควนซ์

1. ใช้สัญลักษณ์ของอุปกรณ์เหมือนกันสัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนแบบไฟฟ้า (electrical symbol)

2. สัญลักษณ์ของอุปกรณ์โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่มีหน้าสัมผัส จะต้องเป็นสัญลักษณ์ที่แสดงอุปกรณ์ในสภาวะปกติ หรืออยู่ในสภาพรีเซต เช่น หน้าสัมผัสแบบ a ของสวิตช์ปุ่มกด จะต้องแสดงด้วยสัญลักษณ์หน้าสัมผัสเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ไม่จำเป็นต้องแสดงความเกี่ยวข้องทาง โครงสร้างของแต่ละชิ้นส่วนในอุปกณ์เดียวกัน และจะไม่ใช้สัญลักษณ์เพียงรูปเดียวแสดงแทนอุปกรณ์ทั้งชิ้น แต่จะแยกใช้สัญลักษณ์แสดงส่วนแต่ละส่วนของอุปกรณ์ที่ทำงานเกี่ยวข้องกัน เช่น สัญลักษณ์ของหน้าสัมผัส และสัญลักษณ์ของขดลวด ฯลฯ

4. เนื่องจากส่วนต่างๆ ของอุปกรณ์ถูกแยกเขียนแสดงหลายๆ แห่งไม่รวมกัน ดังนั้น เพื่อที่จะทำให้รู้ชื่ออุปกรณ์ และที่มาอย่างชัดเชนจึงจำเป็นต้องมีการเขียนอักษรย่อบ่งชื่อชนิดและที่มาด้วย (เช่น ให้ทราบว่าเป็นหน้าสัมผัสของรีเลย์ตัวไหน เป็นต้น)

5. อักษรย่อที่ใช้เขียนกำกับบอกชื่อให้ได้ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการเขียนแบบทางซีเควนซ์

6. ไม่จำเป็นต้องเขียนวงจรแหล่งจ่ายไฟ ให้เขียนเส้นตามแนวนอนทั้งบนและล่าง แสดงสายจ่ายไฟ (power supply bus line) เท่านั้นก็พอ

7. สายที่ต่อเชื่อมระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ และแหล่งจ่ายไฟให้เขียนด้วยเส้นตรงในแนวตั้ง และเส้นเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ให้เขียนอยู่ระหว่างสายจ่ายไฟด้านบนและด้านล่าง จะต้องพยายามไม่ให้เส้นเชื่อมโยงเหล่านี้วกขึ้นวกลง

8. ให้เขียนแสดงอุปกรณ์ต่างๆ ภายในวงจรตามลำดับการทำงานจากด้านซ้ายไปขวา โดยไม่ต้องคำนึงถึงการเดินสายจริง

9. แบบเขียนทางซีเควนซ์ไดอะแกรมนี้ ส่วนใหญ่จะใช้ในการแสดงวงจรควบคุมเท่านั้น ส่วนวงจรหลัก (main circuit) หรือวงจรทางด้านไฟฟ้ากำลังจะแสดงด้วยแบบเขียนแสดงการต่อสายแบบสายเดี่ยว (single line diagram) หรือแบบเขียนแสดงการต่อสายแบบหลายสาย (multi-line diagram)

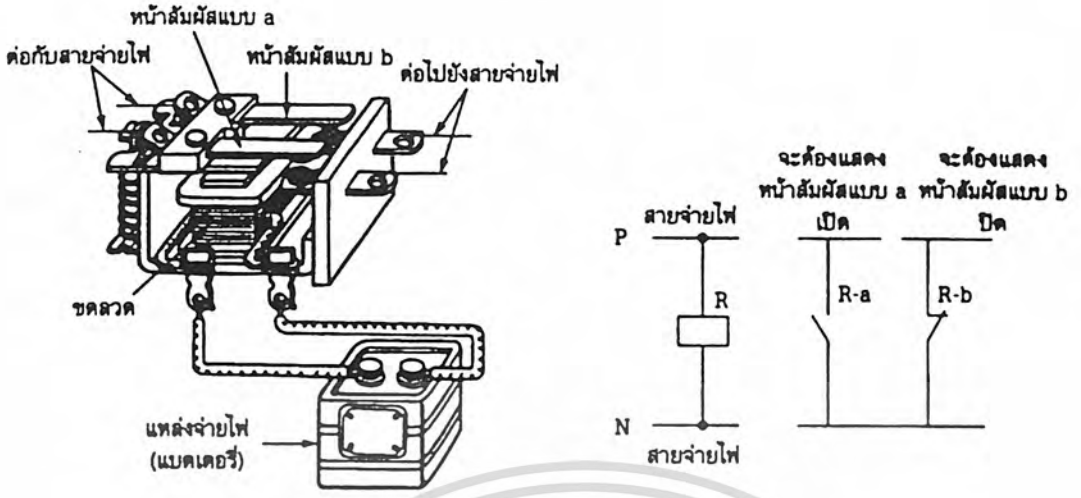
3.3.2 วิธีการแสดงสัญลักษณ์ของหน้าสัมผัสในวงจรซีเควนซ์

อุปกรณ์ที่มีหน้าสัมผัสนั้น หน้าสัมผัสจะอยู่ในสภาพใด (ปิดหรือเปิด) ขึ้นอยู่กับว่ามีการกระทำหรือมีกระแสไหลในวงจรหรือไม่ เช่น จำพวกสวิตช์ปุ่มกด ซึ่งหน้าสัมผัสจะปิดหรือเปิดด้วยการกด หรือรีเลย์ซึ่งหน้าสัมผัสจะปิดหรือเปิด

หน้าสัมผัสของอุปกรณ์ที่ทำงานเมื่อถูกกดด้วยมือ เช่น สวิตช์ปุ่มกด เมื่อแสดงในแบบเขียนทางซีเควนซ์จะต้องแสดงสัญลักษณ์ของหน้าสัมผัสในขณะที่ไม่ถูกกด

ในทำนองเดียวกัน หน้าสัมผัสของอุปกรณ์ที่ทำงานด้วยไฟฟ้า เช่น รีเลย์ก็แสดงด้วยสัญลักษณ์ของหน้าสัมผัส ในขณะที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด ซึ่งจะเห็นได้จากรูปที่ 3.6 ในรูปนี้ แม้ว่าขดลวดของรีเลย์จะต่ออยู่กับแหล่งจ่ายไฟฟ้าก็ตาม แต่ทั้งหน้าสัมผัสแบบ a และ b จะถูกแสดงให้อยู่สภาพเปิดและปิดตามลำดับซึ่งเป็นสภาพที่รีเลย์ไม่ทำงานนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

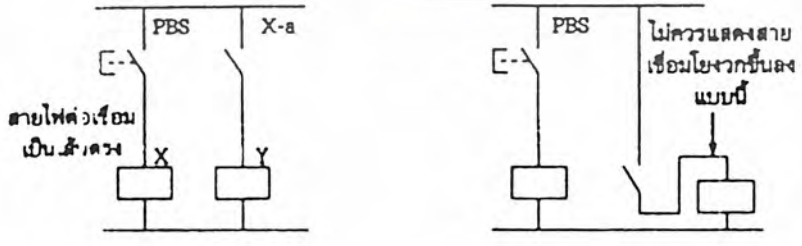


รูปที่ 3.6 การแสดงสัญลักษณ์ของรีเลย์ในแบบเขียนทางซีเควนซ์

3.3.3 วิธีการจัดวางสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ในรูปวงจร

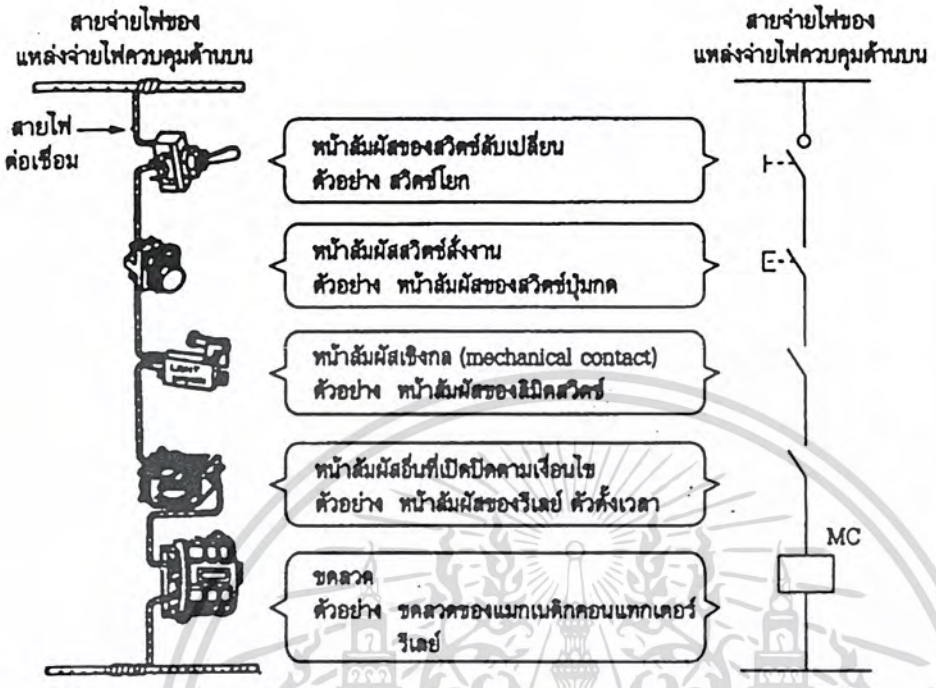
การเชื่อมโยงสายระหว่างอุปกรณ์ภายในรูปวงจรซีเควนซ์นั้น พยายามเชื่อมโยงด้วยเส้นตรงที่ลากในแนวตั้งฉาก ดังเช่นตัวอย่างในรูปที่ 3.7 (ก) ไม่ควรเชื่อมโยงด้วยเส้นที่วกไปเวียนมา ดังเช่นในรูปที่ 3.4 (ข) ซึ่งจัดทำได้คำนึงถึงโครงสร้างของรีเลย์มากเกินไป จึงเขียนขดลวดและหน้าสัมผัสของรีเลย์อยู่ใกล้กัน

ในการแสดงอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต่อเข้าด้วยกันก็จะแสดงให้ส่วนที่ใช้ในการเปิดปิดวงจร เช่น สวิตช์สับเปลี่ยน (change-over switch) สวิตช์ควบคุม (control switch) และหน้าสัมผัสของรีเลย์อยู่ด้านบนสุด และเขียนเรียงจากบนลงล่างตามลำดับ และให้ส่วนที่เป็นขดลวด เช่น ขดลวดของรีเลย์ หรือขดลวดของคอนแทกเตอร์ เขียนอยู่ด้านล่างสุดตามตัวอย่างในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการแสดงการเดินสายซึ่งจะต้องพยายามให้เป็นเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการจัดเรียงอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกัน

3.3.4 การกำหนดหมายเลขสายไฟโดยใช้ตำแหน่งรูปวงจร

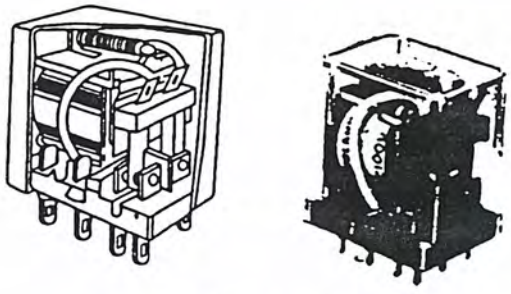
โดยทั่วไปวงจรซีเควนซ์มักจะสลับซับซ้อน ความเกี่ยวข้องระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ มีมากทำให้การเดินสายยุ่งเหยิงพันกันบ้าง วกไปวกมาบ้าง ดังนั้นแม้จะใช้แบบเขียนวงจรซีเควนซ์นั้นมาดูประกอบเพื่องานเดินสาย งานดัดแปลงแก้ไข หรืองานบำรุงรักษาก็ตาม การที่จะรู้ว่าสายที่เขียนในแบบนั้น ในวงจรจริงต่ออยู่ส่วนไหนจะต้องใช้เวลานานมาก และอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่ายด้วย แม้แต่กับผู้ที่มีความคุ้นเคยกับวงจรนั้นๆ อยู่แล้วก็มักจะปวดหัวกับปัญหานี้เสมอ

3.4 โครงสร้างและการทำงานของรีเลย์

รีเลย์เป็นอุปกรณ์สำคัญในวงจรควบคุมซีเควนซ์ รูปที่ 3.9 แสดงรูปร่างภายนอกของรีเลย์ รีเลย์มีทั้งชนิดที่เป็นรีเลย์ควบคุมมีหน้าสัมผัสหลายชุดและรีเลย์ขับกำลังที่สามารถขับเคลื่อนอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ให้ทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

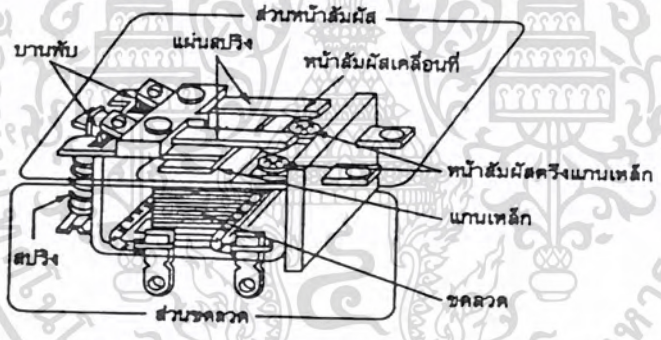
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



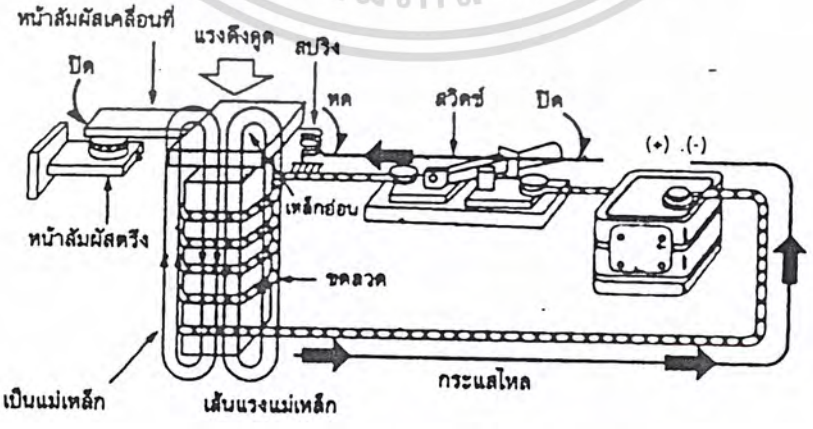
รูปที่ 3.9 รีเลย์

1. รีเลย์ เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยแรงดึงดูดของแม่เหล็กไฟฟ้าในการเปิดหรือปิดหน้าสัมผัส ดังนั้นจึงสามารถเปิดหรือปิดวงจรที่ต่อกับหน้าสัมผัสได้โดยอัตโนมัติ

2. รีเลย์ประกอบด้วยส่วนใหญ่ๆ สองส่วน คือ *"ส่วนขดลวด"* ซึ่งทำให้เกิดแม่เหล็กไฟฟ้า และ *"ส่วนหน้าสัมผัส"* ซึ่งจะทำหน้าที่เปิดหรือปิดวงจร รูปที่ 3.10 แสดงโครงสร้างของรีเลย์แม่เหล็กไฟฟ้าแบบบานพับ (hinge-type magnetic relay)



รูปที่ 3.10 ตัวอย่างโครงสร้างรีแม่เหล็กไฟฟ้า



รูปที่ 3.11 หลักการทำงานของรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

61477

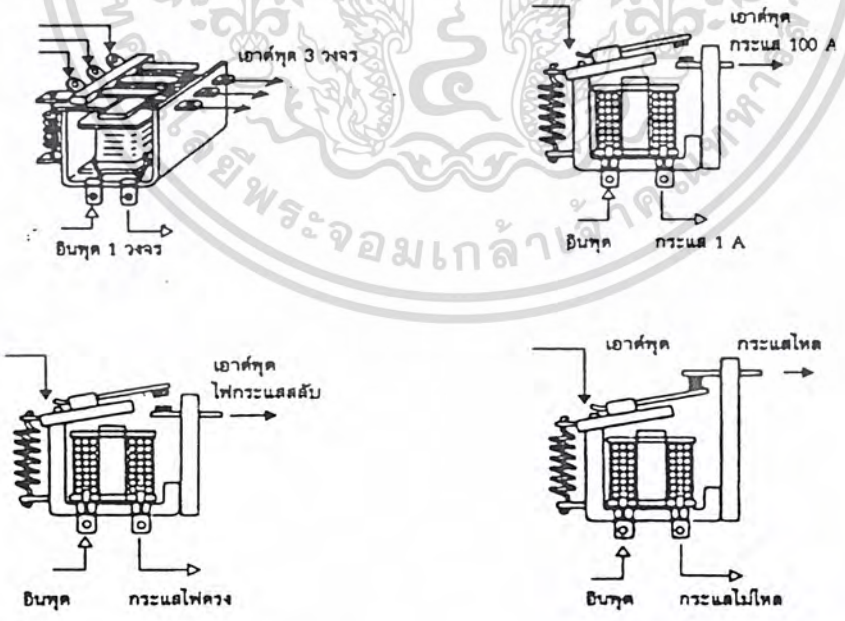
3. การทำงานของรีเลย์ รูปที่ 3.11 แสดงหลักการทำงานของรีเลย์ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่พันรอบแกนเหล็กจะกลายเป็นแม่เหล็กดูดแผ่นเหล็กอ่อนเข้าหา โดยมีบานพับเป็นจุดหมุน ทำให้หน้าสัมผัสเคลื่อนที่ซึ่งยึดติดอยู่กับแผ่นเหล็กอ่อนนี้แตะกับหน้าสัมผัสตรึง ในทางตรงกันข้ามเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด แรงสปริงจะดึงให้แผ่นเหล็กเครื่องที่ออกจากแกนเหล็ก โดยมีบานพับเป็นจุดหมุนเช่นกัน ส่วนที่เป็นขดลวดซึ่งทำให้เกิดแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยแกนเหล็กอ่อนกับขดลวดทองแดงซึ่งพันอยู่รอบแกน และส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสที่ใช้ปิดเปิดวงจร ประกอบด้วยหน้าสัมผัสเคลื่อนที่ ซึ่งยึดติดอยู่กับแผ่นเหล็กอ่อนกับหน้าสัมผัสตรึง เหมือนกับกรณีของสวิตช์ปุ่มกด

4. รีเลย์ทำงาน (energized) หมายถึง สภาพที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดทำให้หน้าสัมผัสปิดหรือเปิด (ตามแต่ชนิดของหน้าสัมผัส) ด้วยแรงแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

5. รีเลย์รีเซต (reset) หมายถึง การที่หน้าสัมผัสกลับคืนสู่สภาพเดิมด้วยแรงดึงของสปริง เพื่อไม่ให้กระแสไหลผ่านขดลวดซึ่งจะทำให้แกนเหล็กหมดสภาพเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า

3.4.1 การใช้งานรีเลย์

ตามปกติจะถือว่าอินพุตของรีเลย์ คือ กระแสที่ไหลเข้าขดลวด และเอาต์พุต คือการเปิดหรือปิดของหน้าสัมผัส ดังนั้น รีเลย์จะมีหน้าที่ต่าง ๆหลายอย่าง จึงควรที่จะเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงาน (ดูรูปที่ 3.12 ประกอบ)



รูปที่ 3.12 การใช้งานรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. หน้าที่การแยกสัญลักษณ์ไฟฟ้าออกเป็นหลายๆ ทาง โดยการเลือกใช้รีเลย์ที่มีหน้าสัมผัสหลายๆ ชุด สัญญาณอินพุตเพียงอินพุตเดียวก็สามารถที่จะให้เอาต์พุตหลายๆ เอาต์พุตไปควบคุมอุปกรณ์หลายๆ ตัวพร้อมๆ กันได้

2. หน้าที่ในการขยายกำลังไฟฟ้าให้ใหญ่ขึ้น เราสามารถปิดหรือเปิดวงจรที่มีกระแสไฟฟ้าสูงๆ ที่ต่อทางด้านเอาต์พุตผ่านทางหน้าสัมผัสโดยใช้กระแสไฟฟ้าต่ำๆ ในวงจรขดลวดทางด้านอินพุต โดยใช้สวิตช์ควบคุม เช่น สวิตช์ปุ่มกดได้

3. หน้าที่ในการเปลี่ยนชนิดของสัญญาณทางไฟฟ้า เนื่องจากส่วนที่เป็นขดลวดและส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสของรีเลย์แยกออกจากกันอย่างเด็ดขาดทางไฟฟ้า ดังนั้นจึงสามารถใช้สัญญาณที่ส่วนหนึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างจากอีกส่วนหนึ่งได้ ตัวอย่างเช่น ทางด้านอินพุตใช้ไฟฟ้ากระแสตรง ส่วนทางด้านเอาต์พุตใช้กระแสสลับ เป็นต้น

4. หน้าที่การกลับขั้ว (invert) สัญญาณ ถ้าใช้สัญญาณ ถ้าให้หน้าสัมผัสแบบ b ในวงจรเอาต์พุตขณะที่อินพุตเป็น "OFF" ทางด้านเอาต์พุตจะเป็น "ON" และเมื่อทางด้านอินพุตเป็น "ON" ทางด้านเอาต์พุตจะเป็น "OFF" ซึ่งจะได้สัญญาณทางด้านเอาต์พุตกลับขั้วกับสัญญาณทางด้านอินพุต

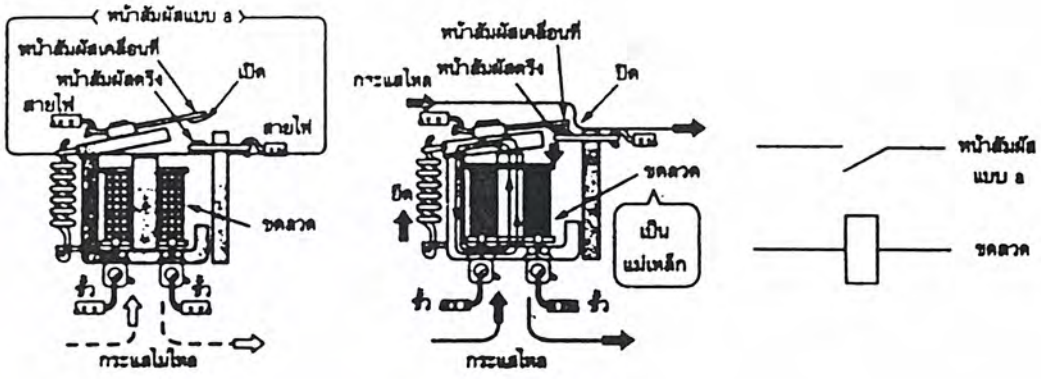
3.4.2 การทำงานของหน้าสัมผัสแบบ a ของรีเลย์

1. หน้าที่สัมผัสแบบ a หรือหน้าสัมผัส NO ของรีเลย์คือ หน้าสัมผัสซึ่งในภาวะที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด (สภาพปกติ) หน้าสัมผัสเคลื่อนที่จะไม่สัมผัสกับหน้าสัมผัสตรึงดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.13 (ก) แต่เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด (สภาพทำงาน) แรงแม่เหล็กไฟฟ้าจะดึงดูดแผ่นเหล็กทำให้หน้าสัมผัสเคลื่อนที่เข้าแตะกับหน้าสัมผัสตรึง ดังแสดงในรูปที่ 3.13 (ข) กล่าวได้อีกอย่างก็คือหน้าสัมผัสแบบ a คือหน้าสัมผัสที่เปิดในขณะที่รีเลย์อยู่ในสภาพปกติ และจะปิดในสภาพทำงานนั่นเอง

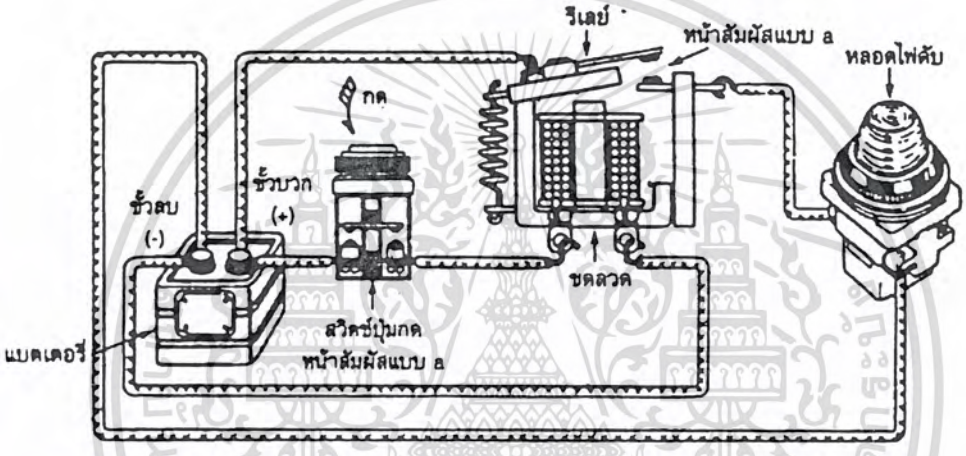
2. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนแบบของรีเลย์ที่มีหน้าสัมผัสแบบ a แสดงในรูปที่ 3.13 (ค) โดยมีสัญลักษณ์ของขดลวดและหน้าสัมผัสแบบ a ควบคู่กัน

3. ตัวอย่างวงจรเปิดปิดหลอดไฟซึ่งประกอบหลอดไฟ รีเลย์ และสวิตช์ปุ่มกด หลอดไฟจะต่อกับหน้าสัมผัสแบบ a ของรีเลย์ เมื่อกดสวิตช์ปุ่มกดหลอดไฟจะสว่างและเมื่อปล่อยหลอดไฟจะดังรูปที่ 3.14 เป็นรูปการต่ออุปกรณ์ต่างๆ ของวงจรเปิดปิดหลอดไฟนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

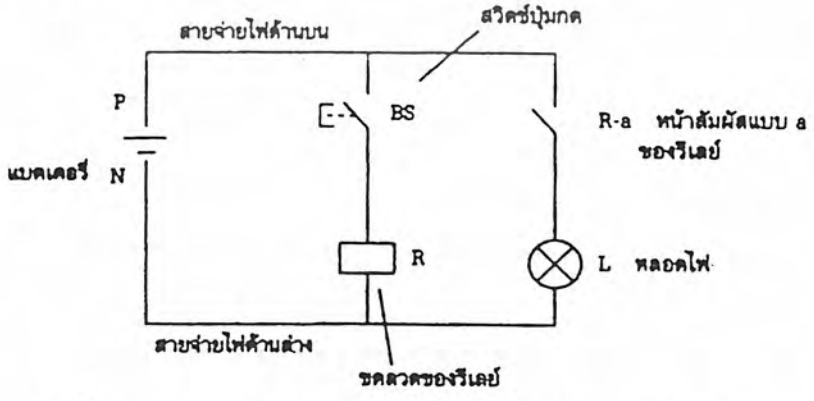


รูปที่ 3.13 การทำงานของรีเลย์หน้าสัมผัส แบบ a



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างวงจรเปิดปิดหลอดไฟด้วยรีเลย์ที่มีหน้าสัมผัสแบบ a

4. รูปที่ 3.15 เป็นวงจรเปิดปิดหลอดไฟในรูปที่ 3.14 แต่นำมาเขียนใหม่ตามวิธีการเขียนรูปวงจรที่ใช้สัญลักษณ์ จะสังเกตได้ว่าขดลวดของรีเลย์ R และหน้าสัมผัส R-a ไม่ได้เขียนรวมกัน แต่เขียนแยกจากกันเป็นคนละวงจร นอกจากนั้นวิธีการเขียนแสดงการต่อสายก็จะเขียนจากซ้ายไปขวา ตามลำดับการทำงานของวงจร



รูปที่ 3.15 รูปวงจรเปิดปิดหลอดไฟโดยวิธีรีเลย์หน้าสัมผัสแบบ a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีเขียนรูปวงจรนี้มีหลักการดังนี้

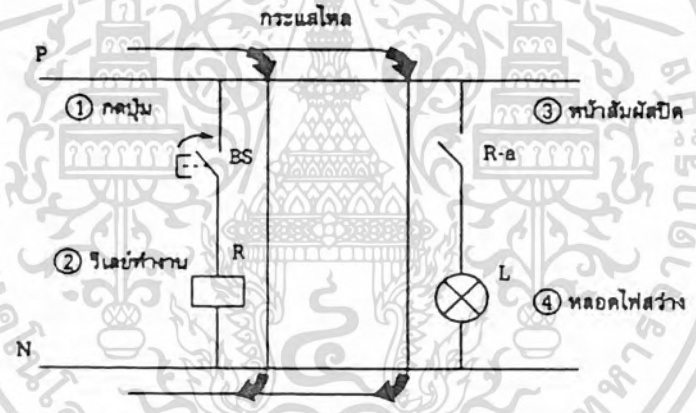
(ก) ในการเขียนสายจ่ายไฟ (power supply bus line) จะเขียนตามแนวนอนในกรณีที่เป็นไฟตรงด้านบนจะเป็นขั้วบวกและกำกับด้วยอักษร P (positive) และด้านล่างจะเป็นขั้วลบกำกับด้วยอักษร N (negetive)

(ข) สวิตช์ปุ่มกด BS (button switch) กับขดลวดของรีเลย์ R จะต่ออนุกรมกัน ให้เขียนเส้นตรงต่อเชื่อมอุปกรณ์ทั้งสอง และต่อเชื่อมกับสายจ่ายไฟ

(ค) ถัดจาก R ไปทางขวามือจะเขียนหน้าสัมผัสแบบ a มีชื่อว่า R-a ต่ออนุกรมกับหลอดไฟ L (lamp) โดยเชื่อมโยงกันด้วยเส้นตรงและเชื่อมต่อกับสายจ่ายไฟฟ้าหลักทั้งสอง

5. เมื่อกดสวิตช์ปุ่มกด BS กระแสฟ้าจะไหลผ่านขดลวด R ทำให้รีเลย์ทำงาน พอรีเลย์ทำงานสัมผัส R-a จะปิด ทำให้วงจรหลอดไฟครบวงจร

กระแสจะไหลผ่านหลอดไฟทำให้หลอดไฟสว่าง ลำดับการทำงานของวงจรในแต่ละขั้นตอนแสดงโดยละเอียดในรูปที่ 3.16 ลำดับการทำงานจะมีตัวเลขกำกับไว้โดยจะเริ่มต้นที่ลำดับ ① ก่อน

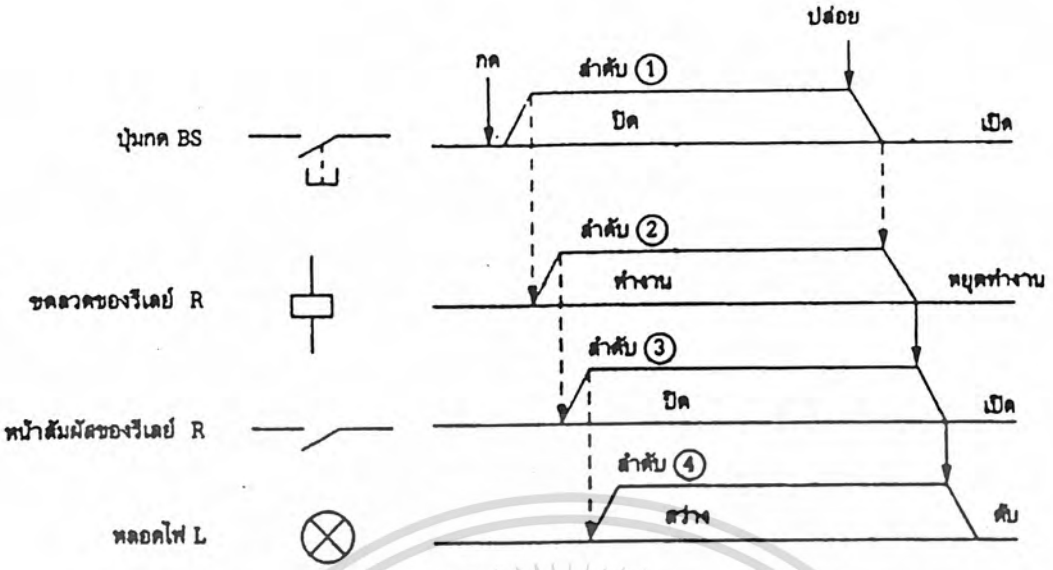


รูปที่ 3.16 ลำดับการทำงานวงจร

6. รูปที่เขียนขึ้นเพื่อช่วยให้ดูลำดับการทำงานและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในวงจรตามเวลาในระบบควบคุมแบบซีเควนซ์ให้ง่ายและสะดวกขึ้น เรียกว่า ไทม์ชาร์ต (time chart) ภายในไทม์ชาร์ตในแนวตั้งจะเขียนอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ เรียงลำดับตามลำดับการทำงาน ส่วนทางด้านแนวนอนก็จะแสดงการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของอุปกรณ์ต่างๆ เหล่านั้น นอกจากนั้นลำดับขั้นตอนการทำงานที่สำคัญที่ เช่น เปิดไฟ (power on) ปิดไฟ (power off) สตาร์ต หรือหยุด เหล่านี้ก็จะเขียนกำกับไว้ข้างล่างหรือข้างบนของไทม์ชาร์ต โดยมีลูกศรแสดงให้ทราบถึงจุดที่เหตุการณ์เหล่านี้เกิดขึ้นพร้อมกับเครื่องหมายลูกศรแสดงผลเกี่ยวเนื่องว่า การทำงานอย่างหนึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานอีกอย่างหนึ่งอย่างไร

รูปที่ 3.17 แสดงไทม์ชาร์ตของวงจรซีเควนซ์เปิดปิดหลอดไฟด้วยรีเลย์ที่กล่าวข้างต้น

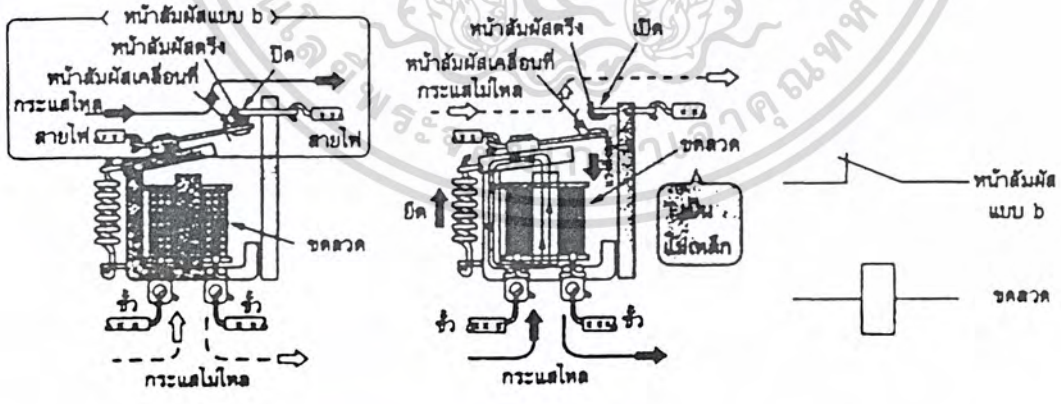
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 ไทม์ชาร์ตแสดงลำดับการทำงานของวงจร

3.4.3 การทำงานของหน้าสัมผัสแบบ b ของรีเลย์

1. หน้าสัมผัสแบบ b หรือหน้าสัมผัส NC ของรีเลย์คือ หน้าสัมผัสที่มีหน้าสัมผัสเคลื่อนที่กับหน้าสัมผัสตรึงแตะกัน ทำให้ไฟฟ้าไหลผ่านได้ในสภาพที่ไม่มีกระแสไหลผ่านขดลวด แต่เมื่อให้กระแสไหลผ่านขดลวด หน้าสัมผัสทั้งสองนี้จะแยกออกจากกันทำให้ไฟฟ้าไหลผ่านไม่ได้ กล่าวอีกกรณีหนึ่งคือ หน้าสัมผัสแบบ b คือหน้าสัมผัสที่ปิดเมื่อรีเลย์ไม่ทำงาน และหน้าที่จะเปิดเมื่อรีเลย์ทำงาน

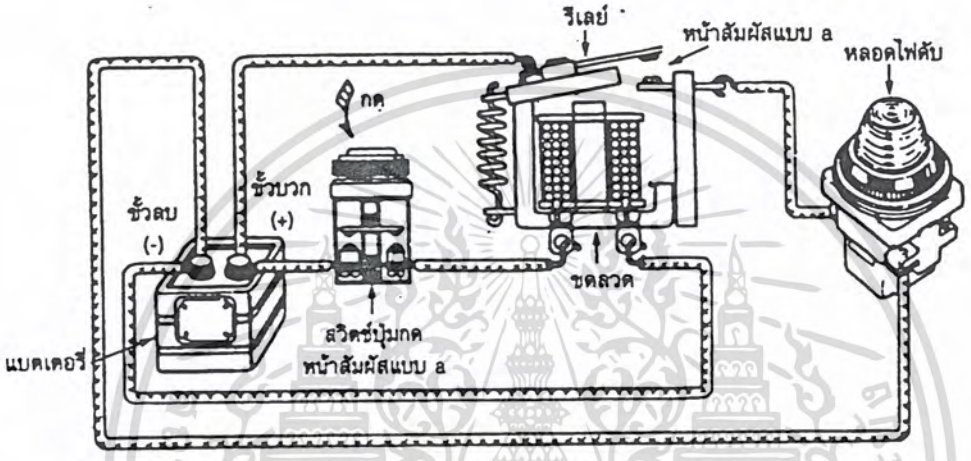


รูปที่ 3.18 การทำงานของรีเลย์หน้าสัมผัสแบบ b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

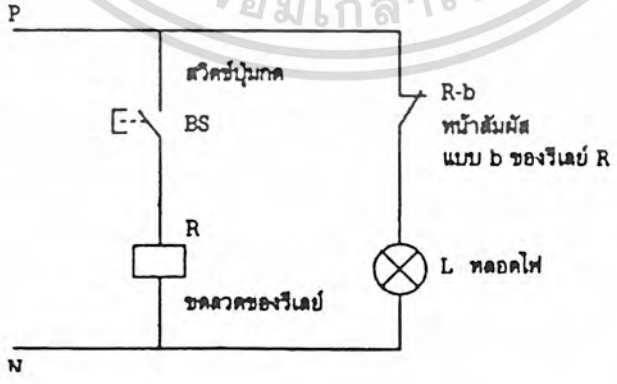
2. สัญลักษณ์ในการเขียนแบบของรีเลย์ที่มีหน้าสัมผัสแบบ b แสดงไว้ในรูปที่ 3.18 (ค) ซึ่งจะเป็นรูปสัญลักษณ์ที่ประกอบด้วยสัญลักษณ์ของขดลวด และสัญลักษณ์ของหน้าสัมผัสแบบ b เท่านั้น ส่วนประกอบเชิงกลอื่นๆ จะไม่แสดงไว้

3. ตัวอย่างการใช้งานรีเลย์ที่มีหน้าสัมผัสแบบ b แสดงในรูปที่ 3.19 เป็นวงจรสำหรับเปิดปิดหลอดไฟ วงจรประกอบด้วยหลอดไฟ รีเลย์ และสวิตช์ปุ่มกด หลอดไฟจะต่อกับหน้าสัมผัสแบบ b ของรีเลย์ ดังนั้น ในขณะที่ไม่ได้กดปุ่มของสวิตช์ รีเลย์จะไม่ทำงาน หลอดไฟจะสว่างแต่ถ้ากดปุ่มให้กระแสไหลเข้าขดลวดของรีเลย์ หน้าสัมผัสแบบ b ของรีเลย์จะเปิดทำให้หลอดดับ



รูปที่ 3.19 ตัวอย่างวงจรเปิดปิดหลอดไฟที่ใช้รีเลย์ที่มีหน้าสัมผัสแบบ b

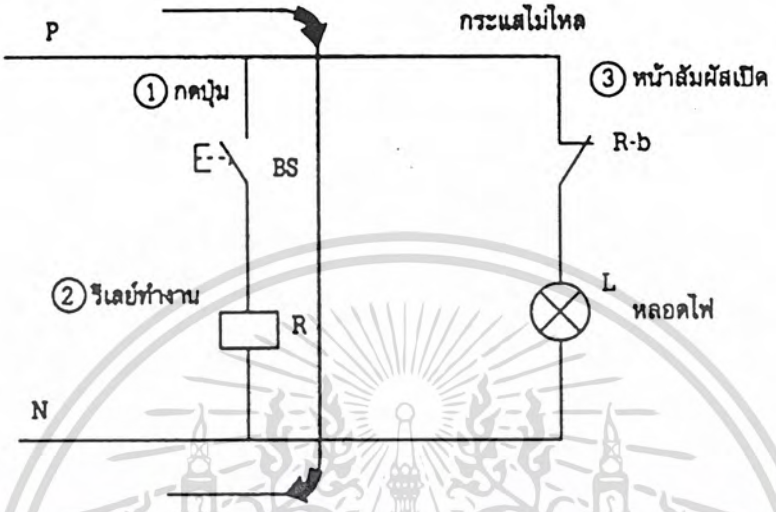
4. รูปที่ 3.20 เป็นวงจรเปิดปิดหลอดไฟที่เขียนสัญลักษณ์ โดยการเขียนรูปวงจรซีเควนซ์ ในรูปวงจรซีเควนซ์ขดลวด R และหน้าสัมผัส R-b ของรีเลย์จะเขียนแยกกันแต่ละวงจรเป็นอิสระต่อกัน



รูปที่ 3.20 รูปวงจรซีเควนซ์ของวงจรเปิดปิดหลอดไฟโดยใช้รีเลย์ที่มีหน้าสัมผัสแบบ b

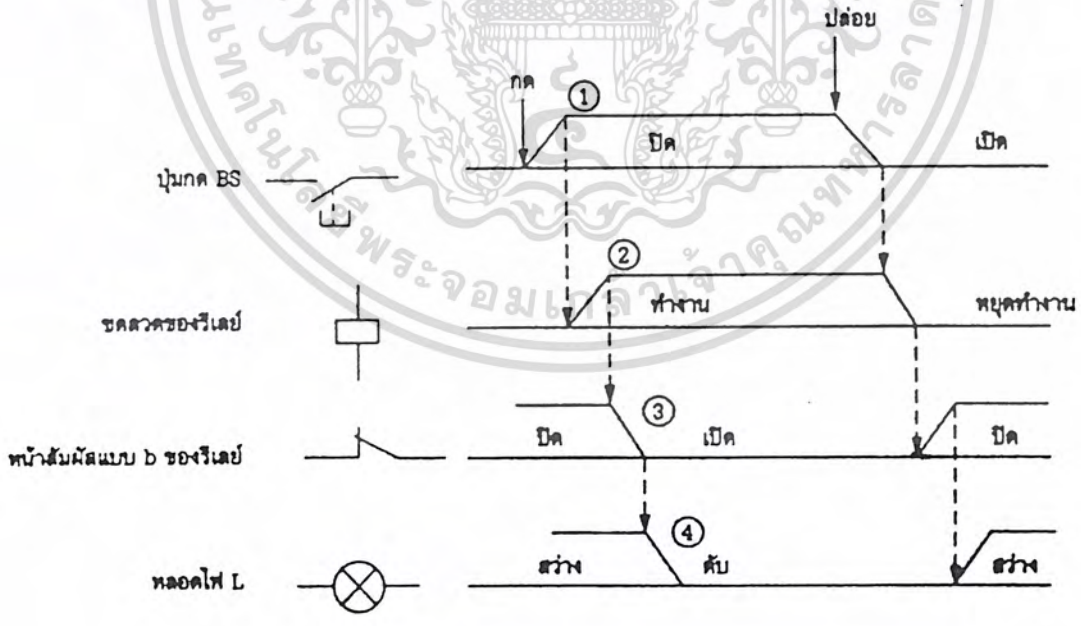
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เมื่อกดปุ่มของสวิตช์ปุ่มกด กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านขดลวดทำให้รีเลย์ทำงาน เมื่อรีเลย์ทำงานหน้าสัมผัสแบบ b จะเปิด ทำให้วงจรเปิด หลอดไฟจะดับแต่เมื่อปล่อยมือที่กดสวิตช์ออก รีเลย์จะคืนตัว ทำให้หน้าสัมผัสแบบ b ปิด ทำให้ครบวงจรหลอดไฟจะสว่าง รูปที่ 3.21 แสดงลำดับการทำงานของวงจร



รูปที่ 3.21 ลำดับการทำงานของวงจร

6. รูปที่ 3.22 แสดงไทม์ชาร์ตของวงจรเปิดปิดหลอดไฟด้วยหน้าสัมผัสแบบ b ของรีเลย์

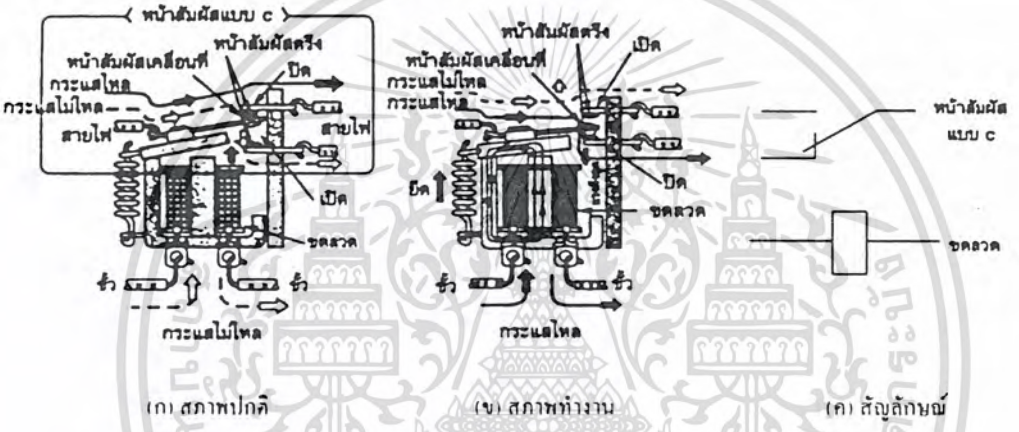


รูปที่ 3.22 ไทม์ชาร์ตแสดงลำดับการทำงานของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 การทำงานของหน้าสัมผัสแบบ c ของรีเลย์

1. หน้าสัมผัสแบบ c ของรีเลย์จะมีโครงสร้างรวมทั้งหน้าสัมผัสแบบ a และ b อยู่ด้วยกัน โดยใช้หน้าสัมผัสเคลื่อนที่ร่วมกัน เมื่อไม่มีกระแสไหลผ่านขดลวด (รีเลย์ไม่ทำงาน) หน้าสัมผัสเคลื่อนที่จะไปแตะอยู่ที่ด้านหน้าสัมผัสแบบ b ทำให้สัมผัสแบบ b ปิด กระแสไหลผ่านได้แต่ส่วนทางด้านหน้าสัมผัสแบบ a จะเปิด กระแสไหลผ่านไม่ได้ ดังรูปที่ 3.23 (ก) แต่เมื่อให้กระแสไหลผ่านขดลวดแกนเหล็กจะมีสภาพเป็นแม่เหล็กดูดผ่านเหล็กอ่อนที่มีหน้าสัมผัสเคลื่อนที่ติดอยู่เข้าหา ทำให้หน้าสัมผัสเคลื่อนที่ไปแตะทางด้านหน้าสัมผัสแบบ a ทำให้กระแสไหลผ่านทางหน้าสัมผัสนี้ ส่วนทางด้านหน้าสัมผัสแบบ b วงจรจะเปิดดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.23 (ข) ด้วยการทำงานเช่นนี้ หน้าสัมผัสแบบ c จึงสามารถทำหน้าที่เป็นสวิตช์สับเปลี่ยน (change over switch) วงจรได้

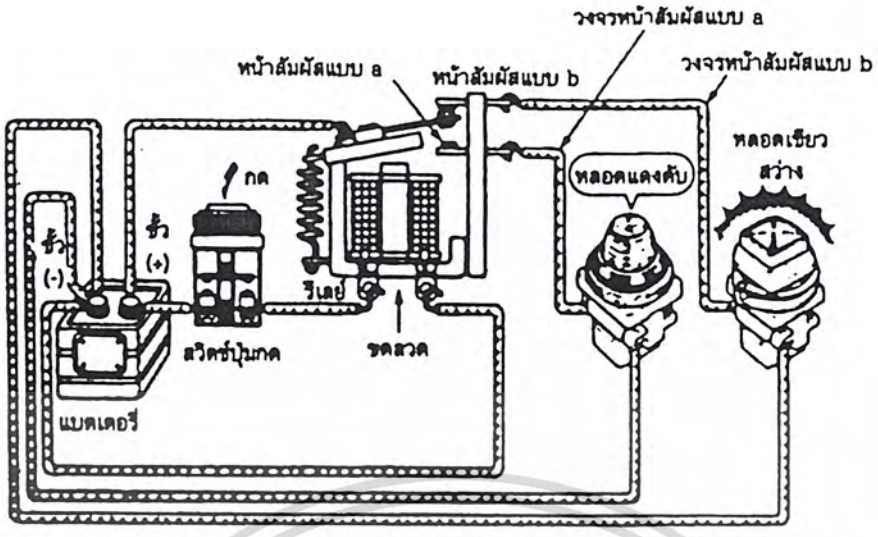


รูปที่ 3.23 การทำงานของหน้าสัมผัสแบบ c

2. สัญลักษณ์ในการเขียนแบบของรีเลย์ที่มีหน้าสัมผัสแบบ c แสดงไว้ในรูปที่ 3.23 (ค) ซึ่งจะเห็นว่าเป็นสัญลักษณ์ที่ประกอบด้วยสัญลักษณ์ของขดลวดและหน้าสัมผัสแบบ c เท่านั้น ไม่มีการแสดงกลไกเชื่อมโยงเชิงกลอย่างอื่นเลย

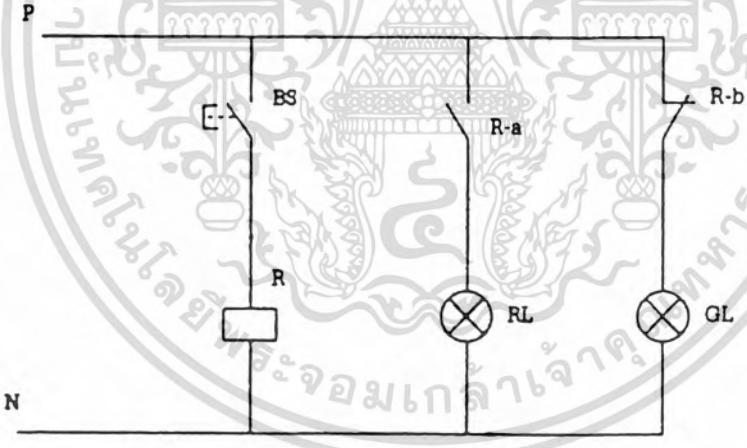
3. ตัวอย่างวงจรเปิดปิดหลอดไฟโดยใช้รีเลย์ที่มีหน้าสัมผัสแบบ c แสดงในรูปที่ 3.24 หน้าสัมผัสแบบ a ของรีเลย์จะต่อกับหลอดไฟสีแดง RL (red lamp) และหน้าสัมผัสแบบ b จะต่อกับหลอดไฟสีเขียว GL (green lamp) สำหรับวงจรขดลวดของรีเลย์จะใช้สวิตช์ปุ่มกดต่ออนุกรมเข้ากับขดลวดเพื่อใช้ในการเปิดปิดกระแส วงจรทั้งหมดนี้ต่อขนานกันและต่อเข้ากับแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 ตัวอย่างวงจรเปิดปิดไฟโดยรีเลย์ที่มีหน้าสัมผัสแบบ c

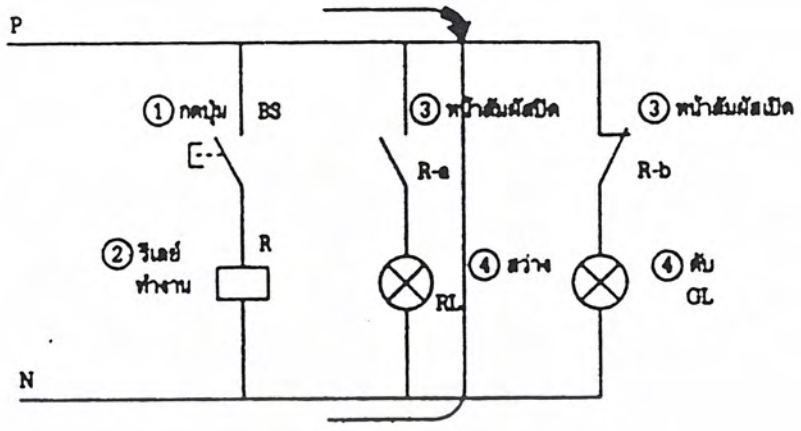
4. รูปที่ 3.25 แสดงวิธีการเขียนรูปวงจรซีเควนซ์ของวงจรเปิดปิดที่ได้แสดงด้วยรูปคล้ายของจริง ในรูปที่ 3.24 จะเห็นว่าในรูปวงจรทางซีเควนซ์วงจรขดลวดของรีเลย์ R หน้าสัมผัส (R-a) และหน้าสัมผัส (R-b) จะต่อแยกเป็นวงจรที่อิสระต่อกัน



รูปที่ 3.25 รูปวงจรเปิดปิดหลอดไฟโดยใช้รีเลย์หน้าสัมผัสแบบ c

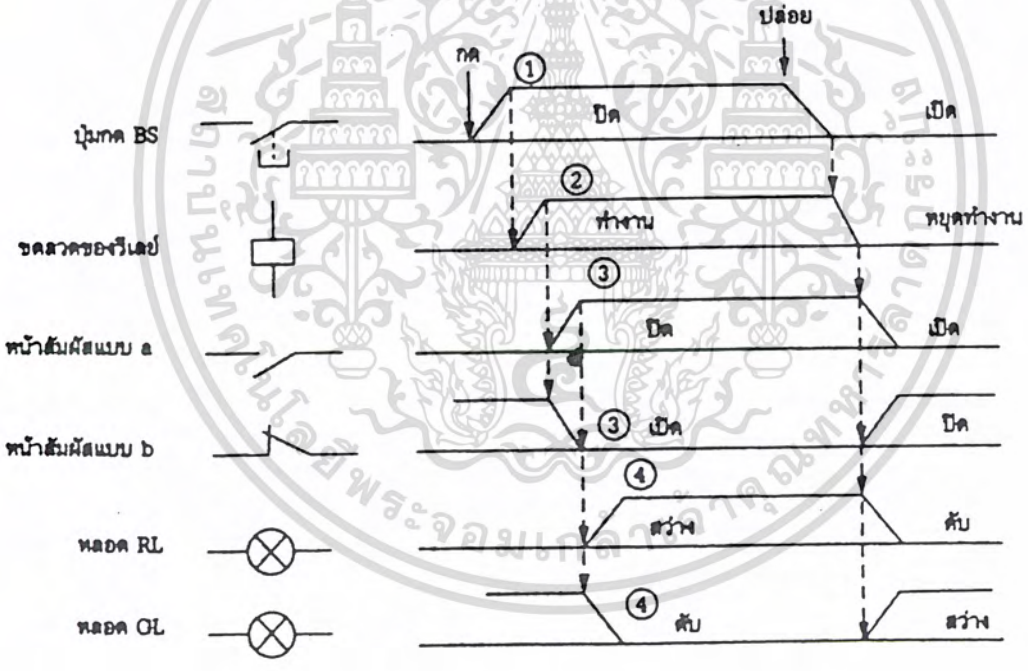
5. เมื่อกดปุ่มของสวิตช์ปุ่มกด กระแสจะไหลเข้าขดลวด R ทำให้รีเลย์ทำงาน หน้าสัมผัสแบบ a จะปิดทำให้หลอดไฟสีแดง RL ติด ในขณะเดียวกันหน้าสัมผัสแบบ b จะเปิด ทำให้ไม่ครบวงจรหลอดไฟสีเขียว GL จึงดับ รูปที่ 3.26 แสดงลำดับการทำงานของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 ลำดับการทำงานของวงจร

6. รูปที่ 3.27 แสดงไทม์ชาร์ตของวงจรเปิดปิดหลอดไฟด้วยหน้าสัมผัสแบบ c ของวงจรซีเควนซ์ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น



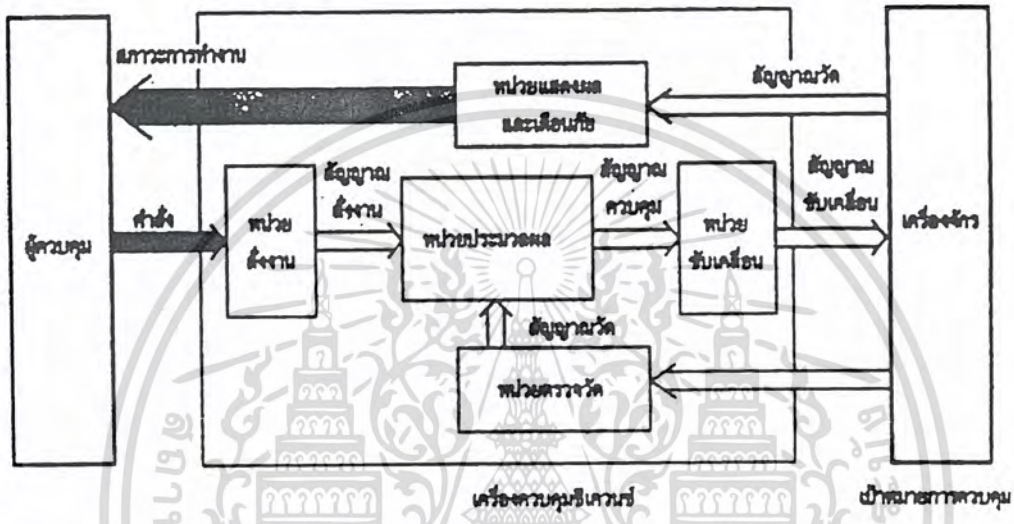
รูปที่ 3.27 ไทม์ชาร์ตแสดงลำดับการทำงานของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 อุปกรณ์ควบคุมและตัวตรวจวัด

3.5.1. โครงสร้างของระบบควบคุมซีเควนซ์

โดยทั่วไประบบควบคุมซีเควนซ์จะประกอบด้วย ผู้ควบคุม (operator) เครื่องควบคุม (control equipment) และเป้าหมายการควบคุม (controlled object) เช่น เครื่องจักรหรือกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3.28 ผู้ควบคุมจะออกคำสั่งควบคุมการทำงานของเครื่องจักรโดยผ่านทางเครื่องควบคุมซีเควนซ์นี้



รูปที่ 3.28 โครงสร้างของระบบควบคุมซีเควนซ์

ภายในเครื่องควบคุมแบ่งการทำงานเป็นหน่วยต่างๆ ได้แก่ หน่วยสั่งงาน หน่วยประมวลผล หน่วยขับเคลื่อน หน่วยตรวจวัด หน่วยแสดงผล และหน่วยเตือนภัย

1. **หน่วยสั่งงาน** เป็นหน่วยที่รับคำสั่งการสั่งงานทั้งหมดจากภายนอก และแปลงเป็นสัญญาณสั่งงาน เช่น สวิตช์ปุ่มกด ให้สตาร์ตหรือหยุดการทำงานของเครื่องจักร และสวิตช์เลือกเป็นต้น

2. **หน่วยประมวลผล** เป็นหน่วยที่รับสัญญาณจากหน่วยสั่งงาน และหน่วยตรวจวัด ทำการประมวลผลเพื่อสร้างสัญญาณควบคุม เพื่อออกไปควบคุมเครื่องจักรให้ทำงานตามที่ต้องการ และตามสภาวะและจังหวะที่ถูกต้อง อุปกรณ์ในหน่วยนี้ ได้แก่ รีเลย์ ตัวตั้งเวลา ลอจิกเกต ไมโครคอมพิวเตอร์ และ PLC เป็นต้น

3. **หน่วยขับเคลื่อน** หน่วยนี้รับสัญญาณควบคุมจากหน่วยประมวลผล มาขยายให้ใหญ่และมีขนาดพอเหมาะที่จะขับเคลื่อนเครื่องจักร อุปกรณ์ในหน่วยนี้ได้แก่ รีเลย์กำลัง (power relay) คอนแทกเตอร์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หน่วยตรวจวัด เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ตรวจวัดค่าหรือสภาวะการทำงานของเครื่องจักร แล้วส่งสัญญาณวัดไปที่หน่วยประมวลผล เพื่อใช้ในการกำหนดสัญญาณควบคุมต่อไป อุปกรณ์ในหน่วยนี้ได้แก่ สวิตช์ตรวจวัดต่างๆ เช่น ลิมิตสวิตช์ โฟโตสวิตช์ สวิตช์ระดับ สวิตช์ความร้อน สวิตช์ความดัน เป็นต้น

5. หน่วยแสดงผลและเตือนภัย เป็นหน่วยแสดงผลสภาวะการทำงานของเครื่องจักรให้ผู้ควบคุมได้รู้สภาพการทำงานในขณะนั้น และยังทำหน้าที่เตือนภัยเมื่อมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นด้วย อุปกรณ์ในหน่วยนี้ได้แก่ หลอดแสดง กระดิ่ง บัสเซอร์ เป็นต้น

3.5.2. อุปกรณ์หน่วยสั่งงาน

อุปกรณ์ในหน่วยสั่งงาน คือ สวิตช์ต่างๆ ที่ใช้ในการรับคำสั่ง การสั่งงานจากผู้ควบคุม เช่น สวิตช์ปุ่มกด สวิตช์เปิดปิด เซอร์กิตเบรกเกอร์ เป็นต้น

1. สวิตช์เปิดปิด

สวิตช์เปิดปิดเป็นสวิตช์ที่สามารถเปิดปิดหน้าสัมผัสได้อย่างรวดเร็ว (on/off snap action) มีโครงสร้างการทำงานดังแสดงในรูปที่ 3.29 แบ่งโครงสร้างเป็นด้านบนสำหรับกดให้สวิตช์เปิดปิด และด้านล่างเป็นส่วนของหน้าสัมผัส คุณสมบัติพิเศษของสวิตช์เปิดปิดนี้คือ หน้าสัมผัสเคลื่อนที่สามารถเปิดปิดหน้าสัมผัสได้อย่างรวดเร็ว

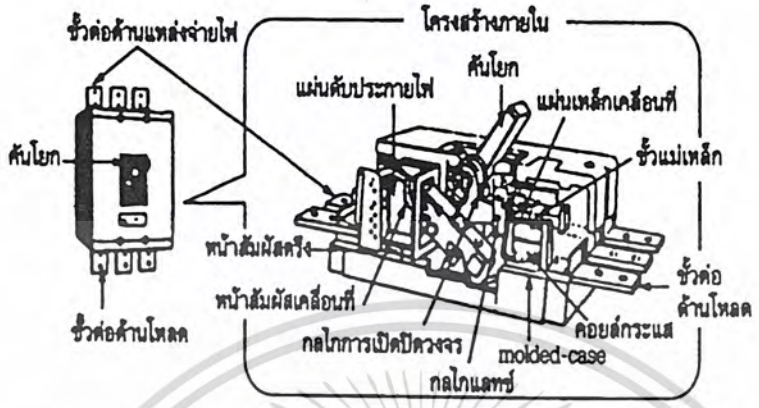
รูปที่ 3.29 การทำงานของสวิตช์เปิดปิด

2. เซอร์กิตเบรกเกอร์

เซอร์กิตเบรกเกอร์บางครั้งเรียกว่า NFB (no-fuse breakers) หรือ molded-case circuit breakers เป็นสวิตช์ที่ใช้ในวงจรเดินสายไฟแรงต่ำ ทำหน้าที่การตัดตอนวงจรเพื่อจ่ายกระแสไปให้โหลด นิยมใช้เป็นสวิตช์เปิดปิดแหล่งจ่ายไฟ รูปที่ 3.30 แสดงโครงสร้างของเซอร์กิตเบรกเกอร์นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสภาพปกติที่ต่อโหลดอยู่ การตัดต่อวงจรสามารถทำได้โดยการโยกคันโยกไปที่ตำแหน่ง "ON" หรือ "OFF" ในกรณีที่เกิดกระแสไหลเกิน (overload current) หรือลัดวงจรที่โหลด หน้าสัมผัสจะถูกแยกออกโดยกลไกที่เป็นแม่เหล็กภายในอัตโนมัติ

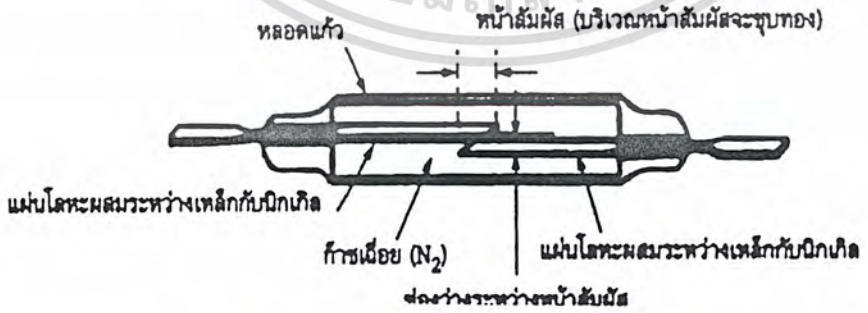


รูปที่ 3.30 เซอร์กิตเบรกเกอร์

3.5.3. อุปกรณ์หน่วยขับเคลื่อน

1. รีดสวิตช์ (reed switch) และรีดรีเลย์ (reed relay)

(ก) รีดสวิตช์ เป็นสวิตช์ที่มีรูปร่างดังแสดงในรูปที่ 3.31 หน้าสัมผัสเป็นโลหะผสม 2 แผ่น วางห่างกันเล็กน้อย หน้าสัมผัสจะอยู่ภายในหลอดแก้ว ซึ่งบรรจุก๊าซเฉื่อยอยู่ แผ่นโลหะผสมที่ทำเป็นรีด (reed) นั้นเป็นโลหะผสมของเหล็กและนิกเกิลมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิใกล้เคียงกับแก้ว และเป็นสารที่แม่เหล็กดูดได้ รีดสวิตช์มักจะใช้คู่กับรีเลย์แม่เหล็กทั่วๆ ไปโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กจากแกนเหล็กของรีเลย์เหนี่ยวนำหน้าสัมผัสปิดได้



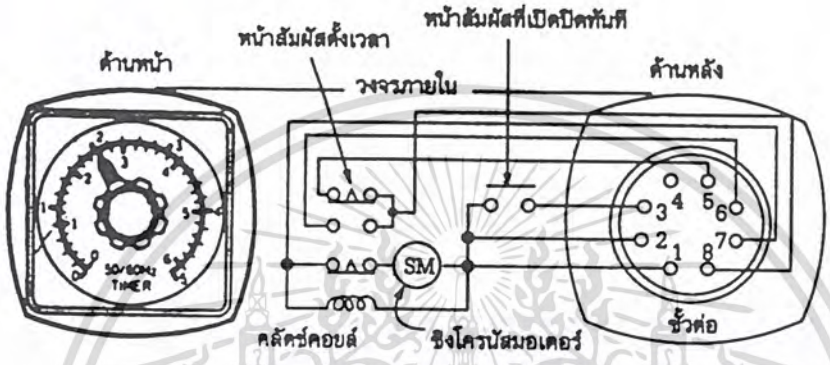
รูปที่ 3.31 โครงสร้างของรีดสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตัวตั้งเวลาหรือไมเทอร์ (timer)

ตัวตั้งเวลา หมายถึงอุปกรณ์ที่เมื่อได้รับสัญญาณที่เป็นไฟฟ้าหรือทางกล หน้าสัมผัสภายในยังจะไม่เปิดหรือปิดทันที แต่จะมีการหน่วงเวลาออกไปตามเวลาที่ได้ตั้งไว้ เมื่อครบเวลานั้นหน้าสัมผัสก็จะปิดหรือเปิด ดังนั้นตัวตั้งเวลาจึงเป็นรีเลย์ที่มีการหน่วงเวลานั่นเอง

รูปที่ 3.32 เป็นรูปที่แสดงการต่อสายของวงจรภายในตัวตั้งเวลาชนิดนี้ จะเห็นว่าวงจรไฟสลับที่จ่ายให้ซิงโครนัสมอเตอร์กับวงจรทางด้านหน้าสัมผัส ซึ่งมีการตั้งเวลาจะแยกจากกันทางด้านไฟฟ้า



รูปที่ 3.32 วงจรภายในของตัวตั้งเวลา

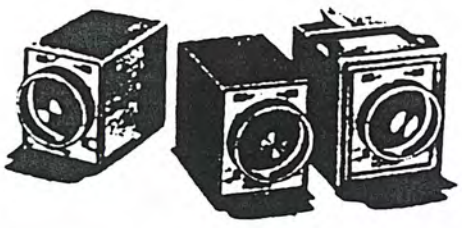
นอกจากตัวตั้งเวลาชนิดมอเตอร์นี้แล้ว ยังมีตัวตั้งเวลาที่อาศัยคุณสมบัติของลมหรือน้ำมันในการหน่วงเวลา ตัวตั้งเวลาชนิดนี้มักจะใช้ในกรณีที่ไม่ต้องการความเที่ยงตรงของเวลามากนัก ในกรณีที่ต้องการความเที่ยงตรงของเวลาหน่วง ควรใช้ตัวตั้งเวลาอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีรูปร่างภายนอกดังในรูที่ 3.34 (ก)

การทำงานของตัวตั้งเวลาอิเล็กทรอนิกส์

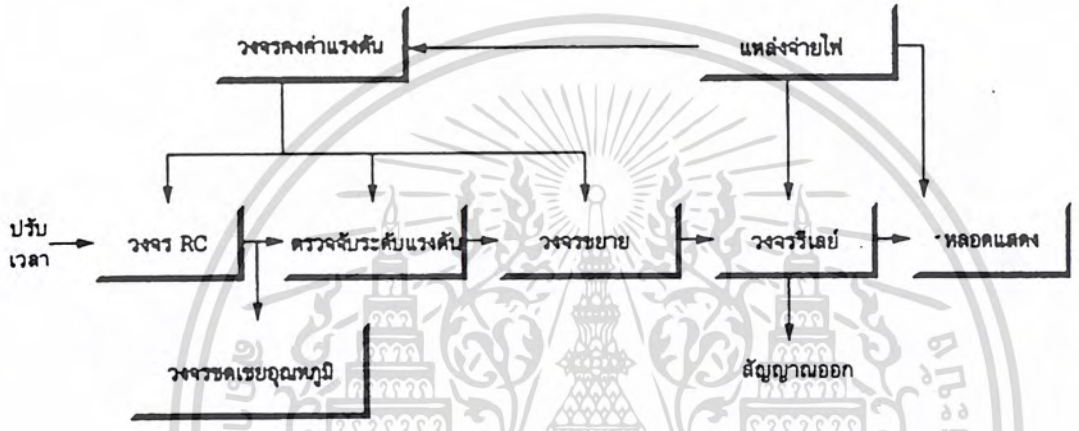
ภายในตัวตั้งเวลาอิเล็กทรอนิกส์จะมีตัวเก็บประจุ C และตัวต้านทาน R การหน่วงเวลาใช้การเก็บหรือคายประจุในตัวเก็บประจุผ่านทางตัวต้านทานนี้ โดยมีค่าคงตัวเวลาขึ้นอยู่กับค่า C และ R

รูปที่ 3.33 (ข) แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรภายในตัวตั้งเวลาอิเล็กทรอนิกส์นี้วงจร RC ประกอบด้วยตัวต้านทานแปรค่าได้ต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุ ชาร์จโดยแรงดันคงที่จากวงจรคงค่าแรงดัน (voltage regulator) ทำให้แรงดันไฟคร่อมตัวเก็บประจุค่อยๆ เพิ่มขึ้นมา จนถึงแรงดันที่ถูกตรวจจับโดยวงจรจับแรงดันที่จะให้สัญญาณออก เมื่อครบเวลาการหน่วง โดยผ่านทางวงจรขยายเพื่อไปขับรีเลย์ขาออก การตั้งเวลาหน่วงใช้การตั้งที่ตัวต้านทานซึ่งสามารถแปรค่าโดยการหมุนปรับตั้งค่า ทำให้เวลาในการชาร์จตัวเก็บประจุเปลี่ยนแปลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.33 (ก) ตัวตั้งเวลาอิเล็กทรอนิกส์ (electronic timer)



รูปที่ 3.33 (ข) บล็อกไดอะแกรมของตัวตั้งเวลาอิเล็กทรอนิกส์

3.5.4. อุปกรณ์หน่วยตรวจวัด

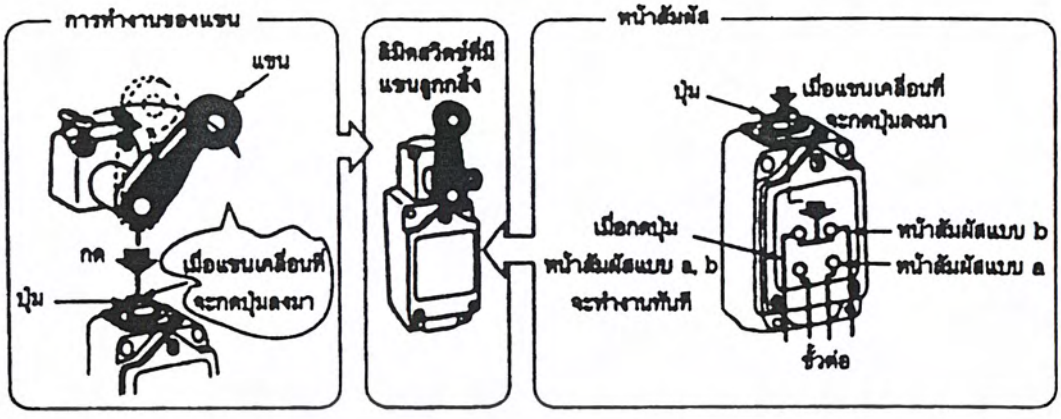
อุปกรณ์หน่วยตรวจวัด ได้แก่ สวิตช์ตรวจวัดชนิดต่างๆ เช่น ลิมิตสวิตช์ พรอกซิมิตีสวิตช์ สวิตช์ระดับ เทอร์มัลสวิตช์ เป็นต้น

1. ลิมิตสวิตช์ (limit switch)

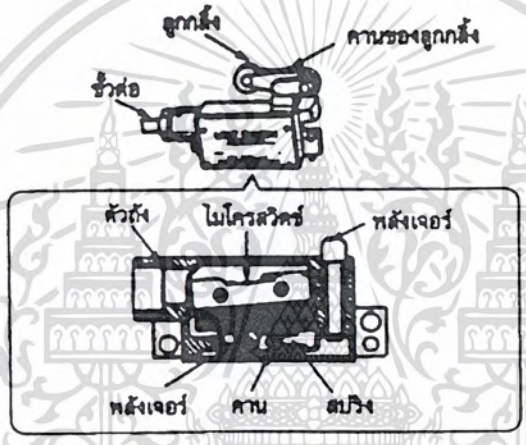
ลิมิตสวิตช์เป็นสวิตช์ที่ใช้ในการตรวจจับตำแหน่ง (position) ของการเคลื่อนที่ของชิ้นงาน หรือส่วนประกอบของเครื่องจักร การเปิดปิดหน้าสัมผัสภายในใช้แรงกลจากภายนอกเท่านั้น รูปที่ 3.36 แสดงโครงสร้างภายในของลิมิตสวิตช์นี้

ลิมิตสวิตช์ก็คือไมโครสวิตช์ที่ห่อหุ้มด้วยตัวถังอย่างมิดชิด สามารถกันน้ำและกันความชื้นได้เป็นอย่างดี มีอายุการใช้งานนาน รูปที่ 3.34 แสดงหลักการทำงานของลิมิตสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.34 การทำงานของลิมิตสวิตช์



รูปที่ 3.35 ลิมิตสวิตช์ (แบบวางนอน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
อุปกรณ์การทำงานเบื้องต้นของระบบนิวแมติก

4.1 เครื่องอัดลม (Air Compressor)

จากประวัติความเป็นมาของระบบนิวแมกติก ซึ่งเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของลมอัด ข้อดี ข้อเสียของลมอัด ความดัน พื้นที่ที่ลมอัดกระทำแรงที่เกิดจากการใช้ลมอัด สามารถสรุปได้ว่าระบบนิวแมติก ก็คือระบบที่ใช้ลมอัดเป็นตัวกลางเพื่อนำไปทำให้อุปกรณ์ในระบบนิวแมติกทำงานนั่นเอง

ลมอัดที่กล่าวถึงนี้ได้มาจากเครื่องอัดลม หรือเรียกกันทั่วๆ ไปว่า ปั๊มลม (air compressor) ซึ่งทำหน้าที่อัดอากาศที่อยู่ในบริเวณรอบๆ เข้าเก็บไว้ในถังเก็บลม จากนั้นจะนำเอาลมที่ถูกอัดตัวจนมีความดันเพิ่มสูงขึ้นนี้ไปใช้งาน ในระบบนิวแมติกต้องการความดันของลมอัดที่ 4 – 8 บาร์ เท่านั้น

เครื่องอัดลมทำหน้าที่เป็นแหล่งผลิตพลังงานทางนิวแมติก โดยเพิ่มความดันให้อากาศ เครื่องอัดลมจะใช้พลังงานไฟฟ้าในการหมุนมอเตอร์ที่ใช้อัดลม เครื่องอัดลมถูกออกแบบขึ้นเพื่อทำการอัดลมที่ความดันบรรยากาศให้ได้ 1 kgf/cm^2 หรือมากกว่านั้น เครื่องอัดลมที่ให้ค่าความดันน้อยกว่า 1 kgf/cm^2 แต่มากกว่า 0.1 kgf/cm^2 เรียกว่า "โบลเวอร์" (blower) ส่วนเครื่องอัดลมที่ให้ความดันน้อยกว่า 0.1 kgf/cm^2 นั้นเรียกว่า "พัดลม" (fan) โดยทั่วไประบบนิวแมติกจะใช้เครื่องอัดลมเป็นต้นกำลัง

นอกจากนี้ เครื่องอัดลมยังสามารถจำแนกได้ตามกำลังที่ออกมา ดังนี้คือ เครื่องอัดลมที่มีกำลังอยู่ระหว่าง 0.2 ถึง 14 กิโลวัตต์ (จัดเป็นขนาดเล็ก) ระหว่าง 15 ถึง 75 กิโลวัตต์ (จัดเป็นขนาดกลาง) และมากกว่า 75 กิโลวัตต์ (จัดเป็นขนาดใหญ่)

อีกประการหนึ่ง เครื่องอัดลมที่มีความดันจ่ายออกอยู่ระหว่าง 7 ถึง 8 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร (kgf/cm^2) จัดเป็นเครื่องอัดลมประเภทที่ให้ความดันต่ำ ถ้าระหว่าง 10 ถึง 15 kgf/cm^2 จัดเป็นเครื่องอัดลมประเภทที่ให้ความดันกลาง ถ้ามากกว่า 15 kgf/cm^2 จัดเป็นเครื่องอัดลมประเภทที่ให้ความดันสูง

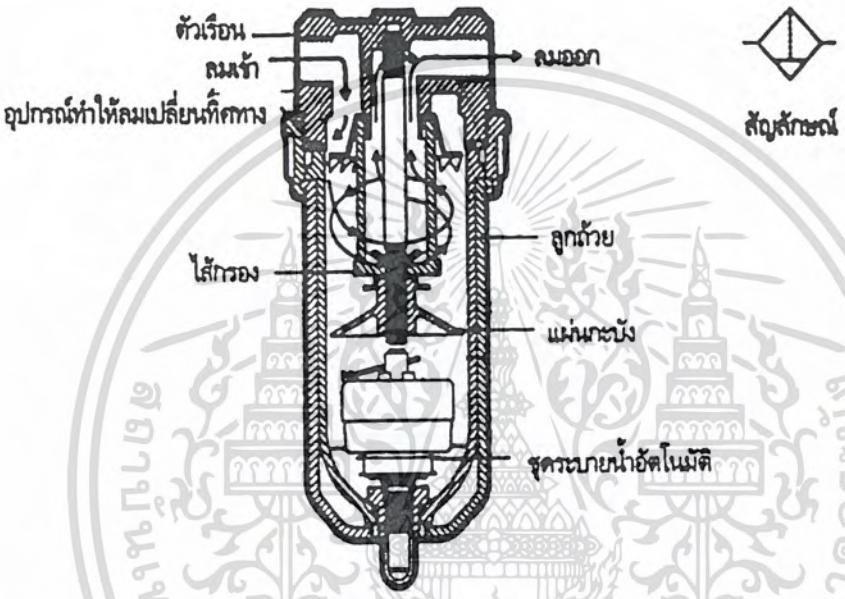
4.2 การบริการอัดลม

การบริการอัดลม คือ การทำให้ลมอัดสะอาด ลมอัดมีความดันถูกต้องและคงที่ ลมอัดมีน้ำมันเพื่อหล่อลื่นชิ้นส่วนที่ทำงาน อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับบริการอัดลมคือ ตัวกรองลมอัด (air filter) ตัวควบคุมความดันของลมอัด (air regulator) และตัวผสมน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปในลมอัด (air lubricator) รายละเอียดการทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัวมีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ตัวกรองลมอัด (Air Filter)

เมื่อเครื่องอัดลมทำการอัดลมเพื่อให้ความดันเพิ่มขึ้นนั้น ลมที่ถูกเครื่องอัดลมดูดเข้าไปเพื่ออัดเก็บในถังเก็บลมนั้น จะมีส่วนผสมของมวลสารอื่นๆ ด้วย เช่น ไอน้ำ ฝุ่นผง หรือมวลสารที่ล่องลอยในบริเวณที่เครื่องอัดลมทำงานอยู่ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเอามวลสารที่ไม่ต้องการเหล่านี้ออกจากอัดลม เพราะว่ามวลสารและสิ่งสกปรกต่างๆ นี้จะเป็นตัวที่ทำให้อุปกรณ์ทำงานของระบบนิวแมติกเสียหายหรือทำงานติดขัด หรืออายุการใช้งานสั้นลงได้

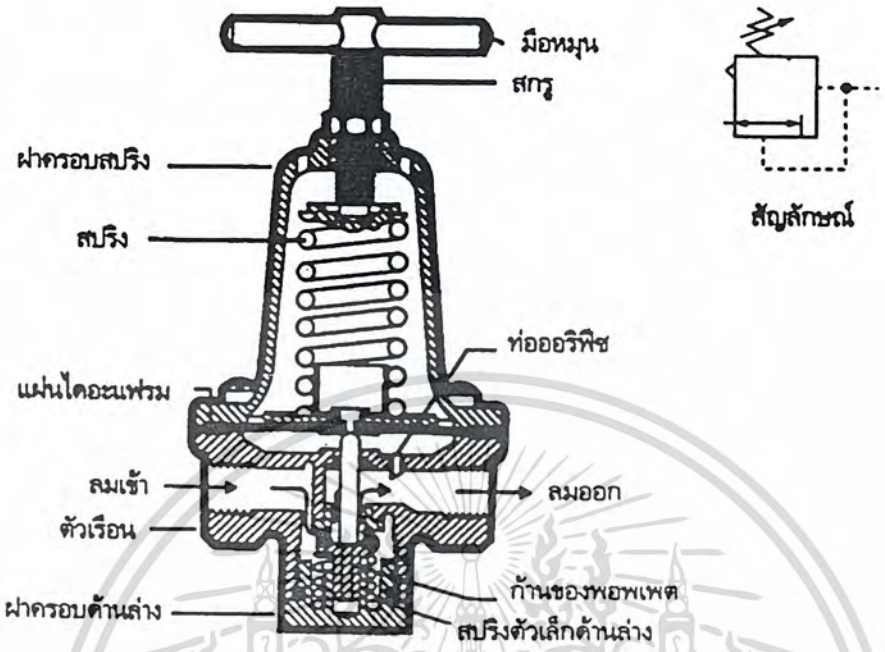


รูปที่ 4.1 ตัวกรองลมอัด (Air Filter)

เมื่อลมอัดเข้ามายังตัวกรอง ลมอัดก็จะไหลลงด้านล่างและผ่านไส้กรองเข้าไปด้านในจากนั้นก็ไหลออกในทิศทางออกเพื่อไปเข้าวาล์วควบคุมความดันต่อไป ในจังหวะที่ลมไหลลงด้านล่างนั้นจะทำให้น้ำ หรือสิ่งสกปรก หรือมวลสารที่มีขนาดใหญ่กว่ากรองลมอัด ตกลงสะสมอยู่ด้านล่างเพื่อรอการระบายออกทิ้ง นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า แผ่นกระบัง (baffle plate) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้สิ่งสกปรกที่สะสมอยู่ด้านล่างของลูกถ้วยลอยขึ้นไปปะปนกับอัดลมที่ไหลเข้าไส้กรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 วาล์วควบคุมความดันของลมอัด (Air Regulator)

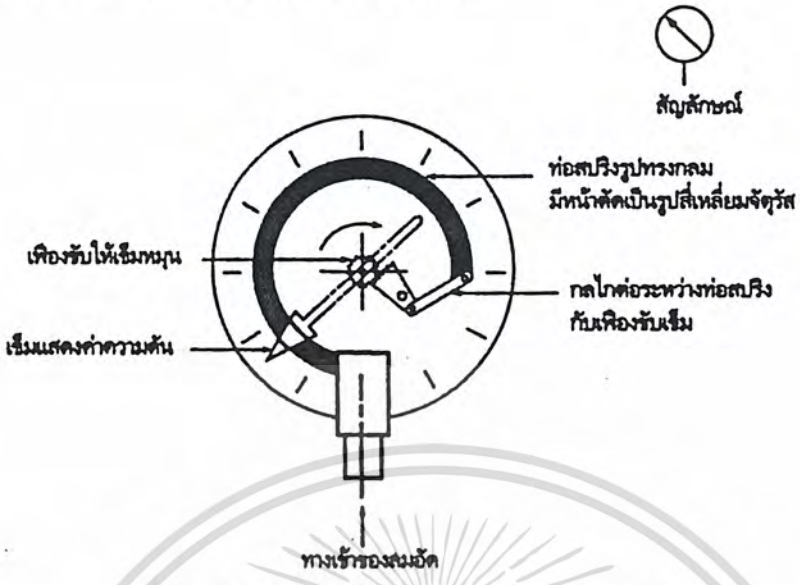


รูปที่ 4.2 วาล์วควบคุมความดันของลมอัด (Air Regulator)

เมื่อความดันลมออกมาจากตัวกรองลมอัด จะต่อมาเข้าวาล์วควบคุมความดัน เพื่อที่จะปรับความดันลมให้มีค่าคงที่อยู่ที่ 6 บาร์ (ค่าเฉลี่ยของความดันที่ใช้ในระบบนิวแมติก) ความดันลมจะผ่านบ่าวาล์วและไหลออกที่ทางออกเพื่อใช้งานต่อไป บริเวณช่องทางออกของลมอัดจะมีช่องออริฟิซ (orifice) ที่ต่อระหว่างช่องทางออกกับห้องใต้แผ่นไดอะแฟรม ถ้าความดันลมที่ออกนี้มีความดันสูงกว่าค่าของสปริง (ตัวบน) ก็จะดันแผ่นไดอะแฟรมให้ยกขึ้น เป็นผลให้ก้านของพอพเพตซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับชุดของแผ่นไดอะแฟรมถูกยกขึ้นตามไปด้วย ทำให้บ่าวาล์วปิดทางลมที่เข้าวาล์ว หมายความว่าค่าของสปริงจะเป็นตัวกำหนดค่าความดันลมที่ออกจากวาล์วนั้นเอง ดังนั้นถ้าต้องการความดันลมใช้งาน 6 บาร์ ก็ต้องปรับค่าสปริงด้วยมือหมุนให้สปริงมีค่าเท่ากับ 6 บาร์ ถ้าตั้งค่าของสปริง 6 บาร์ แต่มีความดันลมเข้าเพียง 5 บาร์ ก็จะได้ความดันลมออกเพียง 5 บาร์ เพราะลม 5 บาร์นี้ไม่สามารถไปยกแผ่นไดอะแฟรม ซึ่งจะถูกสปริงกดอยู่ที่ความดัน 6 บาร์ได้ สำหรับสปริงตัวเล็กจะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้บ่าวาล์วสั่นเนื่องจากการปิด-เปิดของบ่าวาล์วที่ความถี่มากๆ ในขณะทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

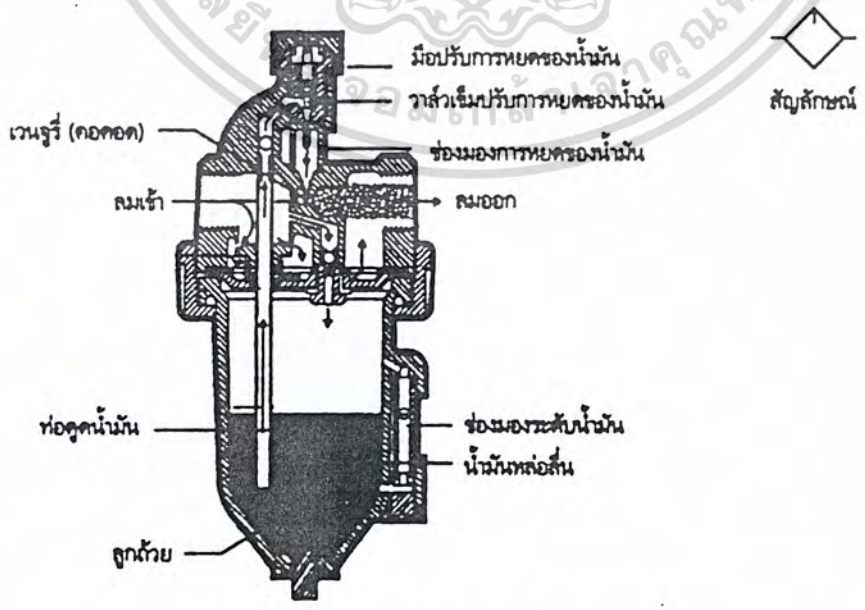
4.2.3 เกจวัดความดันลมอัด (Pressure Gauge)



รูปที่ 4.3 เกจวัดความดันลมอัด (Pressure Gauge)

ความดันลมที่ออกจากวาล์วควบคุมความดันจะถูกแสดงค่าความดันด้วยเกจวัดความดัน ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้ ความดันที่เข้ามาในช่องทางเข้าจะมาสะสมอยู่ภายในท่อสปริงซึ่งโค้งเป็นวงกลม (มีหน้าที่ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส) อีกด้านหนึ่งต่ออยู่กับชุดกลไกขับเฟืองให้เข็มหมุน เป็นผลให้ความดันลมพยายามจะทำให้ท่อสปริงยืดเป็นเส้นตรง (ตามหลักของเรื่องความแตกต่างของพื้นที่ระหว่างพื้นที่ด้านนอกและด้านในของวงกลม) จึงทำให้เข็มหมุนชี้ไปที่ตัวเลขตามค่าของความดันลมที่เข้าเกจวัดนี้ ทำให้ทราบค่าความดันลมเข้าได้

4.2.4 ตัวเติมน้ำมันหล่อลื่นในลมอัด (Air Lubricator)



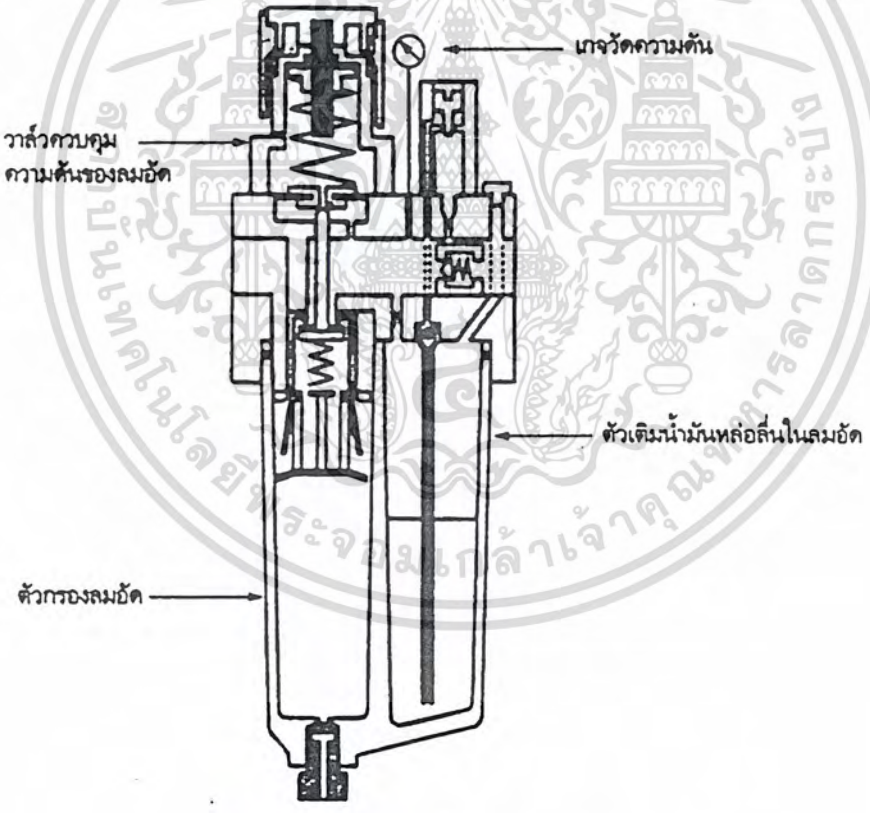
รูปที่ 4.4 ตัวเติมน้ำมันหล่อลื่นในลมอัด (Air Lubricator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลมอัดที่ผ่านการควบคุมจากวาล์วควบคุมความดันมาแล้ว จะไหลเข้าอุปกรณ์ตัวนี้ เพื่อที่จะให้มีฝอยน้ำมันหล่อลื่นผสมอยู่ด้วย เมื่อลมอัดที่มีน้ำมันหล่อลื่นนี้เข้าไปดันหรือทำให้อุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ในระบบทำงาน ก็จะทำให้ฝอยน้ำมันเป็นตัวหล่อลื่นไม่ให้ชิ้นส่วนสัมผัสกันโดยตรง จะเห็นว่า ลมอัดที่เข้ามาในช่องทางเข้าจะผ่านทางรูลมเข้ามาด้านล่างและตรงออกไปผ่านคอคอด ส่วนที่ไหลลงล่างนั้นจะดันให้น้ำมันเข้าไปในท่อดูดน้ำมัน แล้วไปหยดลงที่หัวฉีด เพื่อให้ลมอัดพัดให้แตกเป็นฝอยผสมไปกับลมอัด โดยมีวาล์วปรับขนาดการหยดของน้ำมันว่าให้หยดมากน้อยเพียงไร ปกติแล้วจะให้น้ำมันหยดที่ 5 หยดต่อนาที หรือใช้กระดาษขาวรองที่รูระบายลม ถ้ามีน้ำมันไหลเป็นทางแสดงว่าปรับน้ำมันมากเกินไป

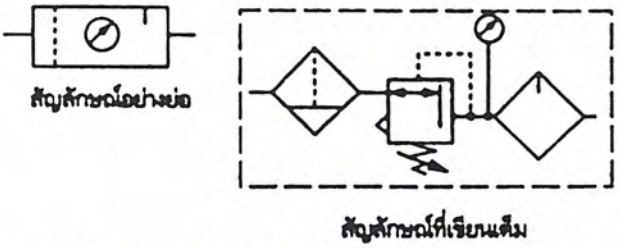
เหตุผลที่ว่าทำไมน้ำมันจึงถูกดันให้ขึ้นไปตามท่อดูดน้ำมัน คำตอบคือ เมื่อลมอัดไหลผ่านคอคอดจะทำให้ความดันในบริเวณคอคอดนั้นลดลง ทำให้ความดันที่มีสูงกว่า (ความดันในลูกถ้วย) ดันน้ำมันไปตกลงในกระแสลมอัดและนำออกไปใช้งานในที่สุด

4.2.5 ชุดบริการลมอัด (Service Unit)

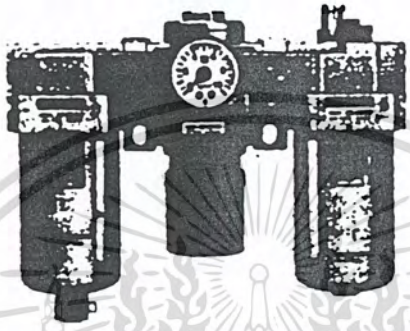


รูปที่ 4.5 ชุดบริการลมอัด (FR + L +G)

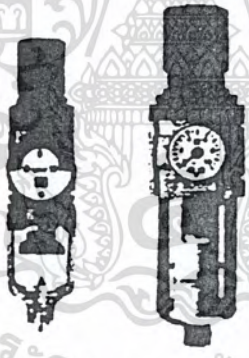
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 การเขียนสัญลักษณ์ของชุดบริการลมอัด



รูปที่ 4.7 ชุดบริการลมอัด (F + R + L + G)



รูปที่ 4.8 ชุดบริการลมอัด (FR + G)

โดยปกติแล้วชุดบริการลมอัดจะต้องมีอุปกรณ์ครบทั้ง 4 ตัว คือ กรองลมอัด, ควบคุมลมอัด , เกจวัดลมอัด และเติมน้ำมันในลมอัด (ตามรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.7) ในกรณีของรูปที่ 4.5 จะเขียน FR + L + G ก็หมายความว่า มีชุดบริการที่มีกรองลมอัดกับควบคุมลมอัดอยู่ในชุดเดียวกันแล้วเอาอุปกรณ์เติมน้ำมัน (L) และเกจวัดความดัน (G) ต่อเสริมเข้าไป สำหรับรูปที่ 4.8 จะเป็นชุดเหมือนกับรูปที่ 4.5 เพียงแต่ไม่มีชุดเติมน้ำมันหล่อลื่น (L) เพราะว่าอุปกรณ์นิวแมติกในปัจจุบันบางชนิดไม่จำเป็นต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นจากภายนอก เพราะได้อัดสารหล่อลื่นไว้ในตัวอุปกรณ์แล้ว

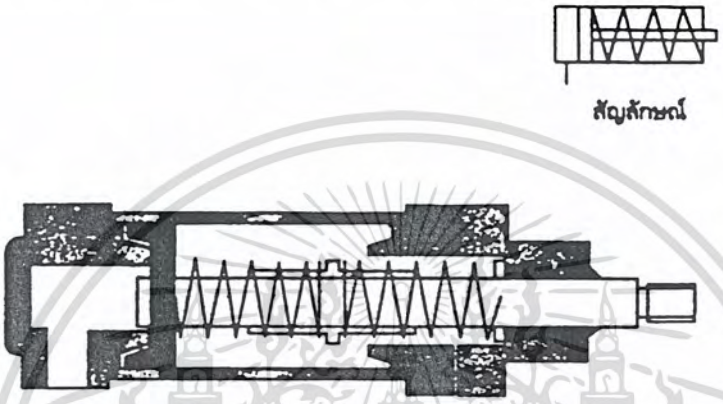
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 อุปกรณ์ในระบบนิวแมติก

4.4.1 กระบอกสูบนิวแมติก (Air Cylinders)

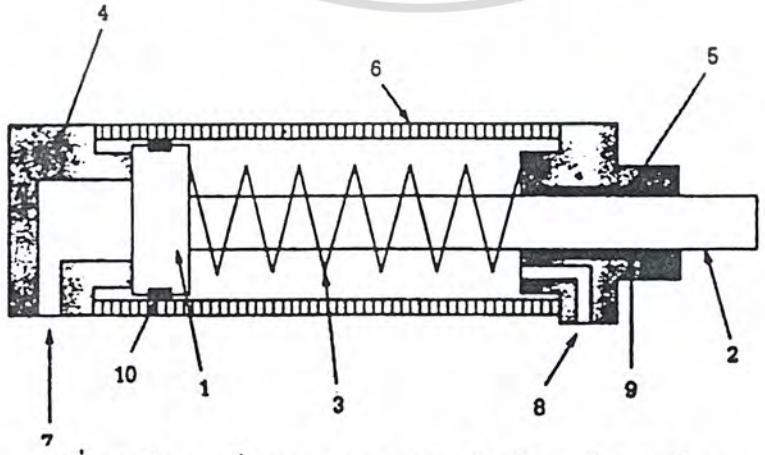
กระบอกสูบที่ใช้กันมากในระบบนิวแมติก แบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ กระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว (single acting air cylinder) และกระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง (double acting air cylinder)

(1) กระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว (Single Acting Air Cylinder)



รูปที่ 4.9 กระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว

กระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว คือ อุปกรณ์ทำงานชนิดหนึ่งที่ให้แรงในแนวเส้นตรงและทำงานทิศทางเดียว มักจะเป็นทิศทางให้ก้านสูบวิ่งออก ขณะที่ก้านสูบวิ่งออกก็จะดันให้สปริงภาสยในกระบอกสูบยุบตัว เมื่อตัดสัญญาณลมที่ป้อนเข้ากระบอกสูบให้วิ่งออกนั้น สปริงที่ยุบตัวอยู่นี้จะคลายตัวออกมาพร้อมกับดันให้ลูกสูบถอยกลับมาอยู่ในตำแหน่งเดิม กระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียวจะมีรูต่อลมเพียงรูเดียวอยู่ทางด้านลูกสูบ ส่วนอีกรูหนึ่งที่อยู่ด้านก้านสูบจะเป็นรูระบายลมเท่านั้น ซึ่งเจาะไว้โดยที่ไม่มีเกลียวสำหรับใส่ข้อต่อลม (fitting)



รูปที่ 4.10 โครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของกระบอกสูบทำงานทิศทางเดียวประกอบด้วย

จากรูปที่ 4.11 หมายเลข 1 ลูกสูบ (piston)

หมายเลข 2 ก้านสูบ (piston rod)

หมายเลข 3 สปริงสำหรับดันให้ลูกสูบถอยกลับ (return spring)

หมายเลข 4 ฝาครอบท้าย (base end cover)

หมายเลข 5 ฝาครอบหัว (head end cover)

หมายเลข 6 กระบอกสูบ (cylinder tube)

หมายเลข 7 รูต่อลม (pressure connection)

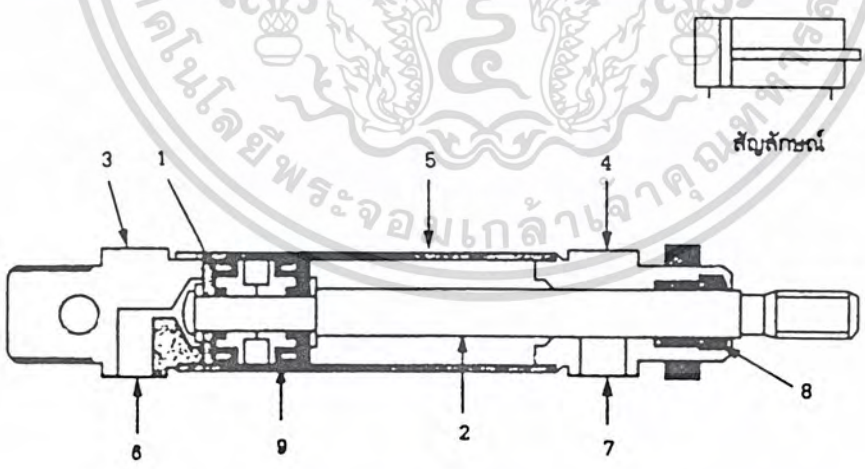
หมายเลข 8 รูระบายลม (vent hole)

หมายเลข 9 บูชก้านสูบ (bush and sealing element)

หมายเลข 10 ซีลลูกสูบ (piston seal)

แรงของกระบอกสูบที่เกิดจากการใส่ลมอัดเข้าไปดันลูกสูบ (ในกรณีของกระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว) จะได้ลดลงเพราะต้องลบด้วยแรงต้านของสปริง ตัวอย่างการใช้งานของกระบอกสูบชนิดนี้ เช่น การจับยึดชิ้นงาน (clamping) การส่งชิ้นงาน (ejecting) การอัดชิ้นงาน (pressing) การยกชิ้นงาน (lifting) การป้อนชิ้นงาน (feeding) เป็นต้น ความเร็วของลูกสูบอยู่ในช่วง 50 – 500 มม./วินาที

(1) กระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง (Double Acting Air Cylinder)



รูปที่ 4.11 กระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง

กระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง คือ อุปกรณ์ทำงานชนิดหนึ่งที่ให้แรงในแนวเส้นตรงทั้งจังหวะวิ่งออกและวิ่งเข้า กระบอกสูบชนิดนี้จะไม่มีสปริงอยู่ภายในกระบอกสูบ ดังนั้น การให้ลูกสูบวิ่งออกจึงต้องเอาลมอัดใส่เข้าไปทางด้านลูกสูบ และการให้ลูกสูบหดกลับตำแหน่งเดิมก็ต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

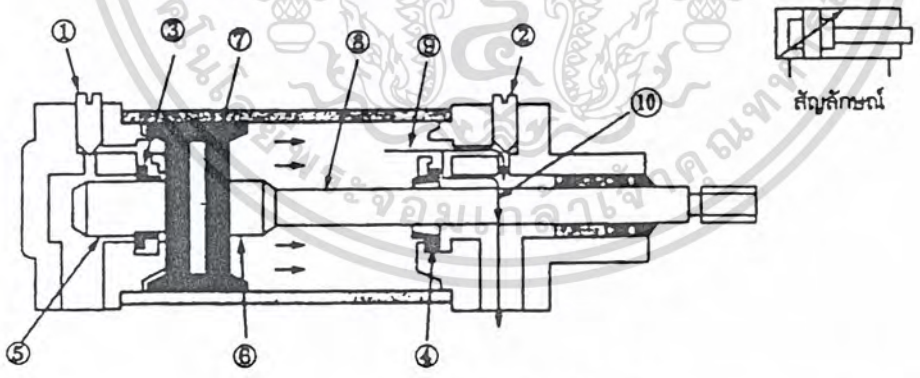
เอาลมอัดใส่เข้าไปทางด้านก้านสูบ ความเร็วของลูกสูบอยู่ในเกณฑ์ 30-2,000 มม./วินาที ลักษณะงานที่ใช้มักจะเป็นงานโดยทั่วๆ ไป

โครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง ส่วนใหญ่แล้วจะเหมือนกับกระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว คือ

จากรูปที่ 4.11 หมายเลข 1 ลูกสูบ (piston)
หมายเลข 2 ก้านสูบ (piston rod)
หมายเลข 3 ฝาครอบท้าย (base end cover)
หมายเลข 4 ฝาครอบหัว (head end cover)
หมายเลข 5 กระบอกสูบ (cylinder tube)
หมายเลข 6 รูต่อลมด้านลูกสูบ (pressure connector, base side)
หมายเลข 7 รูต่อลมด้านก้านสูบ (pressure connector, head side)
หมายเลข 8 ซีลก้านสูบ (bush and sealing element)
หมายเลข 9 ซีลลูกสูบ (piston seal)

(2) กระบอกสูบที่มีอุปกรณ์ป้องกันการกระแทก

เมื่อกระบอกสูบลมทำงานด้วยความเร็วมากๆ จะทำให้ลูกสูบวิ่งกระแทกฝาครอบหัวและท้าย ทำให้มีเสียงดังและชำรุดได้ง่าย วิธีการป้องกันการกระแทกดังกล่าวนี้ ทำได้โดยใช้กระบอกสูบที่มีอุปกรณ์ป้องกันการกระแทกดังรูปที่ 4.14 ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้



รูปที่ 4.12 กระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทางมีอุปกรณ์ป้องกันการกระแทก (Cushion)

เมื่อลูกสูบ ⑦ ถูกดันให้วิ่งออกจะทำให้ลมอัดที่อยู่ด้านก้านสูบถูกดันให้ออกจากกระบอกสูบทางหมายเลข ⑨ และ ⑩ ซึ่งขณะนี้ความเร็วของลูกสูบ ⑦ ก็ยังคงมีความเร็วตามปกติจนกระทั่งเดือย ⑥ ดันซีล ④ ให้ปิดทางออกของลมอัดหมายเลข ⑩ (ซึ่งเป็นทางออกตามปกติของลมในกระบอกสูบ) ทำให้ความดันลมมีทางออกเพียงทางเดียวเท่านั้นคือ ทางหมายเลข ⑨ แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางออกหมายเลข ⑨ นี้จะต้องผ่านวาล์วปรับขนาดของช่องทางหมายเลข ② ทำให้ลมอัดในกระบอกสูบวิ่งออกจากกระบอกสูบได้น้อยลง ถ้าปรับวาล์ว ② ให้แคบลงไปอีก ความเร็วของลูกสูบก็ยิ่งลดน้อยลงไปอีก (ความเร็วของลูกสูบขึ้นอยู่กับการระบายลมอัดให้ออกมาจากกระบอกสูบได้รวมเร็วมากน้อยเพียงไร) ถ้าดูในรูปที่ 4.14 ในขณะนี้จะเป็นตำแหน่งการหดกลับของลูกสูบที่ปิดทางออกของลมอัดในทางออกปกติ แต่จะเปิดทางออกของลมอัดให้ออกทางวาล์วเข็มหมายเลข ① เท่านั้น ทำให้ความเร็วของลูกสูบลดน้อยลง การกระแทกระหว่างลูกสูบกับฝาครอบทั้งด้านหัวและก็ลดน้อยตามไปด้วย

4.4.2 การปรับความเร็วของกระบอกสูบ

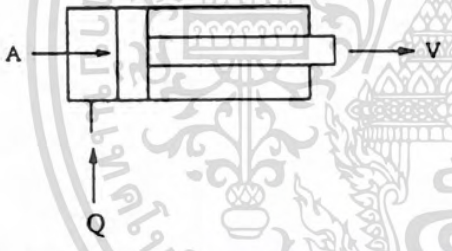
เมื่อได้เข้าใจการบังคับทิศทางของวาล์วควบคุมชนิดต่างๆ มาแล้ว ก็มาถึงขั้นตอนของการปรับความเร็ว ในที่นี้หมายถึงความเร็วของกระบอกสูบ ซึ่งมีสูตรคำนวณคือ

$$V = \frac{Q}{A}$$

กำหนดให้ V = ความเร็ว (เมตร/วินาที)

Q = อัตราการไหลของลมอัด (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

A = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (ตารางเมตร)



ความเร็วของก้านสูบ (V) จะขึ้นอยู่กับค่า 2 ค่า คือ ค่า A (พื้นที่ของลูกสูบ) และค่า Q (อัตราการไหลของลมอัด) ถ้าค่า A คงที่ แต่ Q เพิ่มขึ้น จะทำให้ V เพิ่มขึ้น เป็นต้น การควบคุมค่า Q นั้นใช้วาล์วควบคุมอัตราการไหลซึ่งสามารถปรับให้กว้าง (ลมผ่านได้มาก) และแคบลง (ลมผ่านได้น้อย) ได้ตามต้องการ แบ่งวาล์วควบคุมอัตราการไหลได้ 6 ชนิดต่อไปนี้

(1) วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดปรับไม่ได้

(2) วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดปรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

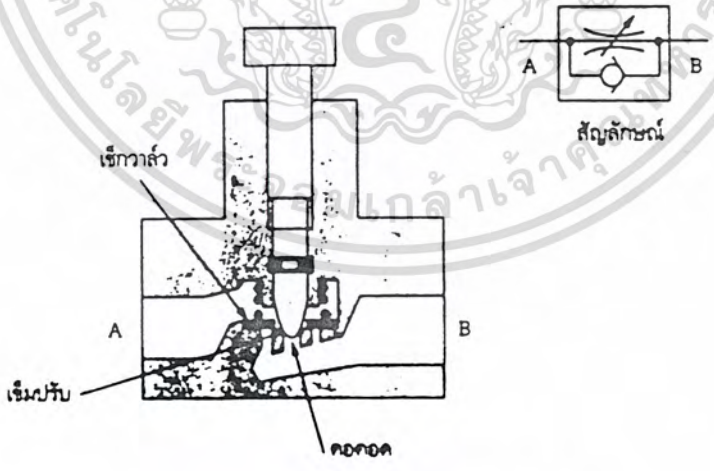
(3) วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดปรับได้
ตำแหน่งติดตั้งอยู่ที่วาล์วควบคุมทิศทาง

(4) วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดปรับได้
ตำแหน่งติดตั้งอยู่ที่กระบอกสูบ

(5) วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดปรับได้
และมีเช็กวาล์ว ตำแหน่งติดตั้งอยู่ที่กระบอกสูบ

(6) วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดปรับได้
และมีเช็กวาล์วใช้ในงานโดยทั่วไป

วาล์วควบคุมการไหลที่มีเช็กวาล์ว (Throttle Value with Check Value)

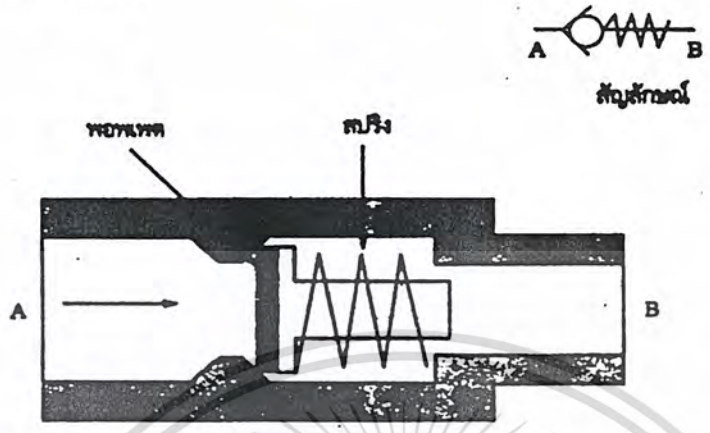


รูปที่ 4.15 วาล์วควบคุมการไหลที่มีเช็กวาล์ว

การทำงานของวาล์วควบคุมการไหลที่มีเช็กวาล์ว จะอนุญาตให้ลมอัดไหลผ่านอย่างอิสระได้ ในทิศทางเดียวเท่านั้น คือ ถ้าลมอัดไหลจาก B ไป A ลมอัดนี้จะไม่ถูกควบคุม เพราะลมอัดผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางเช็กวาล์วได้ แต่ถ้าลมอัดไหลจาก A ไป B ลมอัดจะถูกควบคุม เนื่องจากผ่านทางเช็กวาล์วไม่ได้ จึงต้องผ่านทางคอกอด (restriction) ถ้าปรับคอกอดให้กว้างลมอัดก็ไหลผ่านได้มาก ถ้าปรับคอกอดให้แคบลมอัดก็ไหลผ่านได้น้อย



รูปที่ 4.16 เช็กวาล์ว

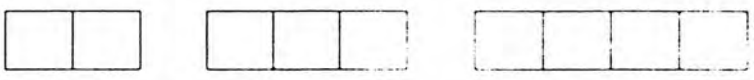
เช็กวาล์วทำหน้าที่ป้องกันการไหลของลมอัดไม่ให้ไหลย้อนทิศทาง หรือทำหน้าที่ให้ลมอัดไหลเพียงทิศทางเดียวเท่านั้น ในรูปนี้ลมอัดจาก A สามารถไหลไปยัง B ได้ แต่จะไม่อนุญาตให้ลมอัดจาก B ไหลไปยัง A เมื่อลมอัดเข้าทาง A นั้นจะดันให้พอพเพตเปิดโดยชนะแรงสปริงที่ด้านอยู่จากพื้นที่ออกทางช่อง B แต่ในทางกลับกันเมื่อลมจาก B ไหลเข้าวาล์วนั้นจะยิ่งทำให้พอพเพตปิดสนิทมากขึ้น จึงออกทางด้าน A ไม่ได้

4.4 วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Values)

4.4.1 หลักการทำงานของวาล์ว

การควบคุมทิศทางในระบบนิวแมติก ใช้วาล์วควบคุมเพื่อหยุดการไหลของลมอัด หรือบังคับทิศทางของลมอัดตามมาตรฐานของ DIN ISO 1219 มีหลักการทำงานต่อไปนี้

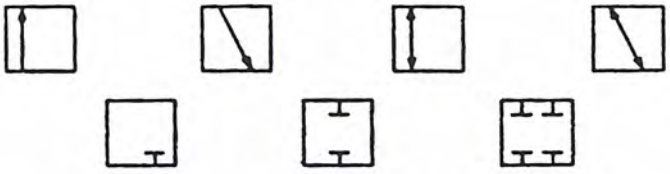
(1) การใช้สี่เหลี่ยมจัตุรัสเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Switching Positions) การกำหนดตำแหน่งด้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัส เช่น สี่เหลี่ยม 2 รูป หมายถึง 2 ตำแหน่ง สี่เหลี่ยม 3 รูป หมายถึง 3 ตำแหน่ง เป็นต้น



รูปที่ 4.18 สี่เหลี่ยมจัตุรัสกำหนดตำแหน่งของวาล์ว

(2) วิธีการทำงานของวาล์วที่กำหนดด้วยเส้น ภายในสี่เหลี่ยมจัตุรัส จะบอกวิธีการทำงานของวาล์ว คือ เส้นทึบในสี่เหลี่ยมจัตุรัส หมายถึง การต่อ โดยใช้ลูกศรที่เส้นทึบทำหน้าที่บอกทิศทางการไหลของลมอัด การปิดกั้นทิศทางการไหลของลมอัด แทนด้วยเส้นทึบสั้นมีขีดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 เครื่องหมายภายในสี่เหลี่ยมจัตุรัส

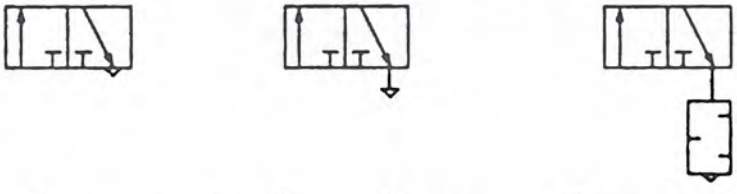
(3) วิธีการกำหนดการต่อเส้นเข้าด้วยกัน การต่อเส้นทึบภายในสี่เหลี่ยมจัตุรัสให้ใช้จุดดำ

รูปที่ 4.20 แสดงการต่อเส้นทึบด้วยจุดดำ

(4) การต่อเส้นควบคุมออกจากสี่เหลี่ยมจัตุรัส ให้ต่อจากสี่เหลี่ยมจัตุรัสเพียงรูปเดียวเท่านั้น เช่นกรณีมีสี่เหลี่ยมจัตุรัส 2 รูป จะต่อจากรูปด้านขวามือ

รูปที่ 4.21 แสดงการต่อเส้นควบคุมจากสี่เหลี่ยมจัตุรัส

(5) การระบายลมอัดทิ้งสู่บรรยากาศ จะมีเครื่องหมายกำกับดังนี้ รูปสามเหลี่ยมในรูปที่ 4.22 (ก) หมายถึงการระบายลมอัดทิ้งแบบเปิดออกสู่บรรยากาศชนิดธรรมดา ถ้าต้องการติดตั้งอุปกรณ์ที่ระบายลมอัดให้ใช้สามเหลี่ยมต่อด้วยเส้นทึบสั้นตามรูปที่ 4.22 (ข) ส่วนรูปที่ 4.22 (ค) หมายถึง การติดตั้งอุปกรณ์การเก็บเสียงของลมอัดโดยใช้ตัวเก็บเสียง (silencer)



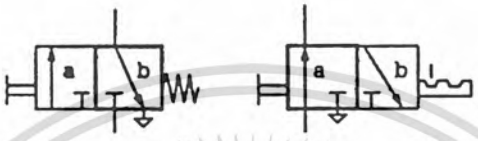
รูปที่ 4.22 แสดงการใช้เครื่องหมายที่ระบายลมอัดทิ้งสู่บรรยากาศ

(6) ตัวอักษรที่กำกับไว้ในสี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นตัวบอกตำแหน่งการทำงานของวาล์ว ถ้ามีสี่เหลี่ยมจัตุรัสมากกว่า 2 รูป จะใช้อักษรตัวโอ (O) เป็นตำแหน่งปกติ (normal position) หมายถึงตำแหน่งของวาล์วในขณะที่ยังไม่ทำงาน กรณีสี่เหลี่ยมจัตุรัส 2 รูป ตำแหน่ง b คือตำแหน่งปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.23 การกำกับตำแหน่งการทำงานด้วยตัวอักษร

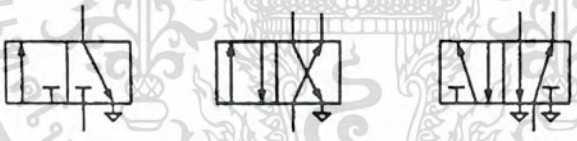
(7) ตำแหน่งปกติของวาล์ว ตำแหน่งปกติของวาล์วจากสปริงดัน คือ ตำแหน่ง (b) ตามรูปที่ 4.24 (ก) หรือตำแหน่งของวาล์วขณะทำงาน เนื่องจากการกดวาล์วค้างตำแหน่ง (detent) เอาไว้ คือ ตำแหน่ง (a) ของรูปที่ 4.24 (ข)



(ก) (ข)

รูปที่ 4.24 การกำหนดตำแหน่งปกติของวาล์ว

(8) การเรียกชื่อของวาล์ว การเรียกชื่อวาล์วด้วยตัวเลขโดยกำหนดให้ตัวเลขตัวหน้าหมายถึงจำนวนของรูของวาล์ว ส่วนตัวเลขตัวหลัง หมายถึงจำนวนตำแหน่งการทำงาน เช่น เรียกว่า 3/2 จะมีความหมายว่าเป็นวาล์วชนิดมี 3 รู และ 2 ตำแหน่งทำงาน (รูปที่ 4.25 (ก)) ถ้าเขียนว่า 4/2 หมายถึง เป็นวาล์วชนิดที่มี 4 รูและ 2 ตำแหน่งงาน (รูปที่ 4.25(ข)) ส่วนรูปที่ 4.25 (ค) หมายถึงวาล์วที่มี 5 รู 2 ตำแหน่งทำงาน เป็นต้น



รูปที่ 4.25 การเรียกชื่อวาล์วด้วยตัวเลข

(9) ตารางเปรียบเทียบการกำหนดชื่อรูของวาล์วควบคุมทิศทาง

		DIN	CETOP
รูลมเข้า		P	1
รูลมใช้งาน	วาล์ว 2 และ 3 รู	A	2
	วาล์ว 4 และ 5 รู	A,B	4,2
รูลมระบายทิ้ง	วาล์ว 2,3 และ 4 รู	R	3
	วาล์ว 5 รู	R,S	5,3
รูลมเข้าควบคุมวาล์ว	วาล์ว 2 และ 3 รู	Z,Y	12,10
	วาล์ว 4 และ 5 รู	Z,Y	14,12

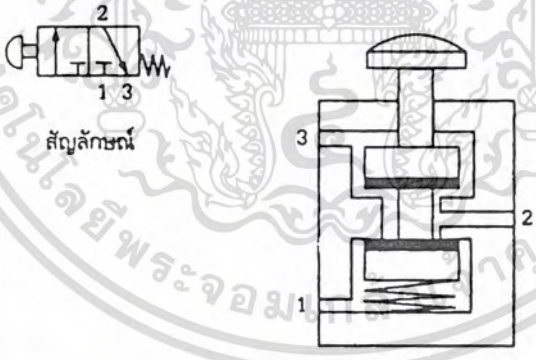
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(10) การกำหนดชื่อของกลุ่มวาล์วและกระบอกสูบสำหรับเขียนวงจรเป็นตัวเลขและตัวอักษรมีความหมายต่อไปนี้

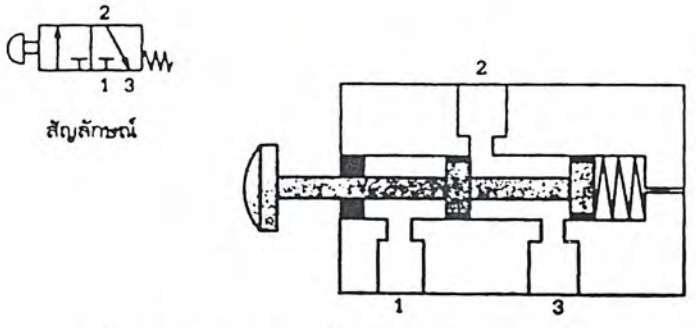
X.0	เช่น 1.0, 2.0, 3.0	ใช้สำหรับกระบอกสูบและมอเตอร์ลม
X.1	เช่น 1.1, 2.1, 3.1	ใช้สำหรับวาล์วหลักที่ทำหน้าที่ควบคุมกระบอกสูบหรือมอเตอร์ลม
X. เลขคู่	เช่น 1.2, 2.2, 3.2	ใช้สำหรับอุปกรณ์ที่ทำให้ลูกสูบวิ่งออก (out)
X. เลขคี่	เช่น 1.3, 2.3, 3.3	ใช้สำหรับอุปกรณ์ที่ทำให้ลูกสูบวิ่งเข้า (in)
ขึ้นต้นด้วย 0.X	เช่น 0.1, 0.2	ใช้สำหรับอุปกรณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการควบคุมทิศทางของลูกสูบ หรือมอเตอร์ลม หรือใช้กับอุปกรณ์ที่ทำงานตลอดเวลา

4.4.2 โครงสร้างของวาล์วนิวแมติก

โครงสร้างของวาล์ว ขนาดวาล์ว ขนาดของแรงที่ใช้ปิด – เปิดวาล์ว ขนาดของรูวาล์ว จะมีผลต่ออายุการใช้งาน โครงสร้างของวาล์วแบ่งออกได้ 2 ชนิดด้วยกัน คือ โครงสร้างแบบพอพเพต (poppet values) และโครงสร้างแบบสปูล (spool values)



รูปที่ 4.26 โครงสร้างวาล์วแบบพอพเพต (Poppet Values)

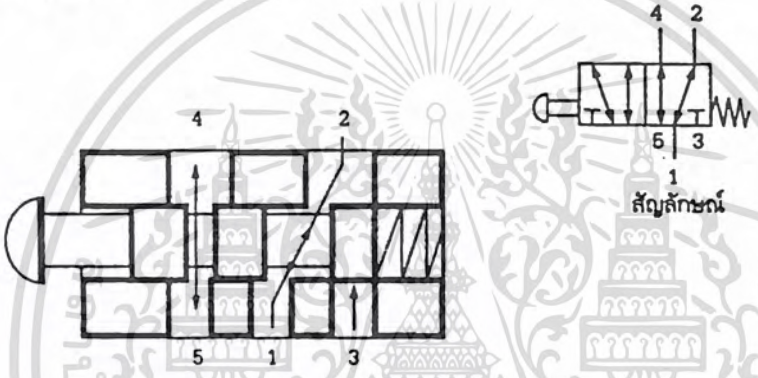


รูปที่ 4.27 โครงสร้างวาล์วแบบสปูล (Spool Values)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวาล์วแบบพอพเพตตามรูปที่ 4.26 คือ จังหวะปกติถ้ามีลมต่อเข้าที่ช่อง 1 ซึ่งขณะนี้มีสปริงดันให้พอพเพตปิดทางออกของลมเอาไว้ ทำให้ลมจากช่อง 1 ออกไม่ได้ (ปิด) แต่ช่อง 2 และช่อง 3 ต่อถึงกันได้ เมื่อกดวาล์วให้พอพเพตเคลื่อนที่จะทำให้พอพเพตตัวล่างที่ปิดทางลมอยู่นั้นเปิดให้ลมจากช่อง 1 ออกทางช่อง 2 ได้ เพราะพอพเพตตัวบนจะปิดช่องทางระหว่างช่อง 2 และช่อง 3 (ช่อง 3 ถูกปิด) แต่เมื่อปล่อยมือจากการกดวาล์ว ก็ทำให้สปริงดันให้พอพเพตเปิดทางออกของช่อง 1 และต่อช่อง 2 และช่อง 3 อีกครั้งหนึ่ง สำหรับการทำงานของวาล์วแบบสปูล รูปที่ 4.27 ก็มีลักษณะเช่นเดียวกันคือ จังหวะปกติ ช่อง 1 ถูกปิด ส่วนช่อง 2 และช่อง 3 ต่อถึงกัน เมื่อกดวาล์วก็ทำให้ช่อง 1 ต่อกับช่อง 2 และปิดช่อง 3 เมื่อปล่อยมือจากการกดวาล์ว ทำให้วาล์วกลับไปอยู่ในตำแหน่งปกติอีกครั้งหนึ่ง (ตำแหน่งปกติปิด)

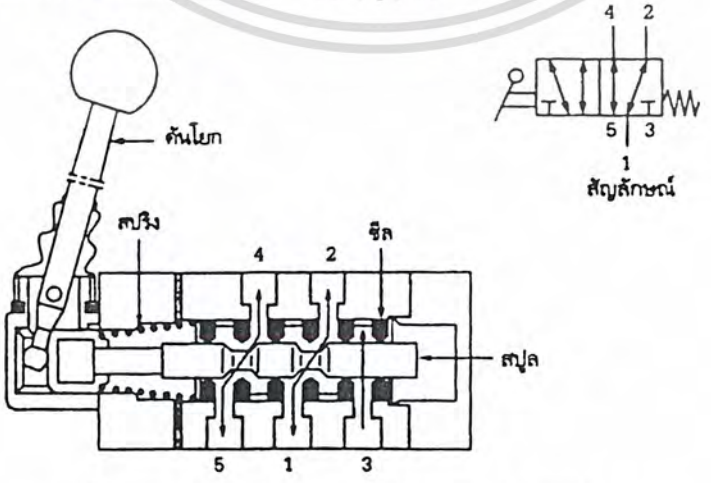
วาล์ว 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง



รูปที่ 4.28 วาล์ว 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง

ลักษณะการใช้งานของวาล์วชนิด 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง จะเหมือนกับวาล์ว 4 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง เพียงแต่วาล์ว 5 ทิศทาง จะมีรูระบายลมทิ้งสู่บรรยากาศเพิ่มขึ้นมาอีก 1 รู คือ ช่อง 3 และตามสัญลักษณ์นี้แสดงว่าลมสามารถไหลได้ทั้งสองทิศทาง

วาล์วคันโยกชนิด 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง



รูปที่ 4.29 วาล์วคันโยกชนิด 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาล์วชนิดนี้เป็นวาล์วที่ทำงานโดยดันโยก และที่สปูลจะมีซีลป้องกันลมรั่ว ใช้ซีลด้วยยางบูน่า-เอ็น (Buna-N) ร่องของสปูลจะไม่ทำให้ซีลลึกหรอเพราะไม่มีส่วนแหลมคม และลมไหลได้ทั้งสองทิศทาง วาล์ว 5/2 นี้ เป็นวาล์วปกติเปิด คือ รู 1 จะต่ออยู่กับรู 2 รู 4 ต่ออยู่กับรู 5 ส่วนรู 3 ปิด เมื่อให้วาล์วเปลี่ยนตำแหน่งจากการโยกคันโยก ทำให้รู 1 ต่อกับรู 4 รู 2 ต่อกับรู 3 ส่วนรู 5 ปิด

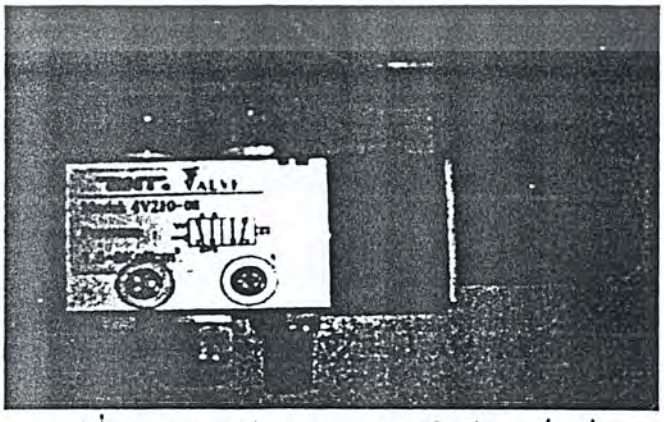
โซลีนอยด์วาล์ว

โซลีนอยด์วาล์ว (solenoid) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แรงแม่เหล็กไฟฟ้าในการดูดแกนเหล็กเคลื่อนที่หรือพลังเจอร์ (plunger) เพื่อใช้ในการเปิดปิดวาล์วน้ำหรือลม วาล์วที่เปิดปิดโดยโซลีนอยด์ จึงเรียกว่าโซลีนอยด์วาล์ว (solenoid value)

รูปที่ 4.30 (ก) แสดงรูปร่างภายนอกของโซลีนอยด์วาล์วลมชิด 5 พอร์ต (five port solenoid value) และรูปที่ 4.30 (ข) แสดงโครงสร้างการทำงานของโซลีนอยด์วาล์วในสภาพไม่ทำงานกระแสยังไม่ไหลเข้าคอยล์ แกนเหล็กเคลื่อนที่ภายในจะถูกสปริงดันให้วาล์วอยู่ในตำแหน่งปกติทำให้ช่องทาง A และช่องทาง R ทางด้านซ้ายต่อกัน ลมหรือน้ำสามารถไหลผ่านระหว่างช่องทางนี้ได้ แต่เมื่อจ่ายกระแสเข้าคอยล์ทำให้เกิดแรงแม่เหล็กดันแกนเหล็กเคลื่อนที่ลงมาด้านล่าง ทำให้ช่องทาง R ถูกปิดและช่องทาง A ต่อถึงช่องทาง P ทำให้ลมหรือน้ำสามารถไหลระหว่างช่องทาง A กับ P นี้ได้

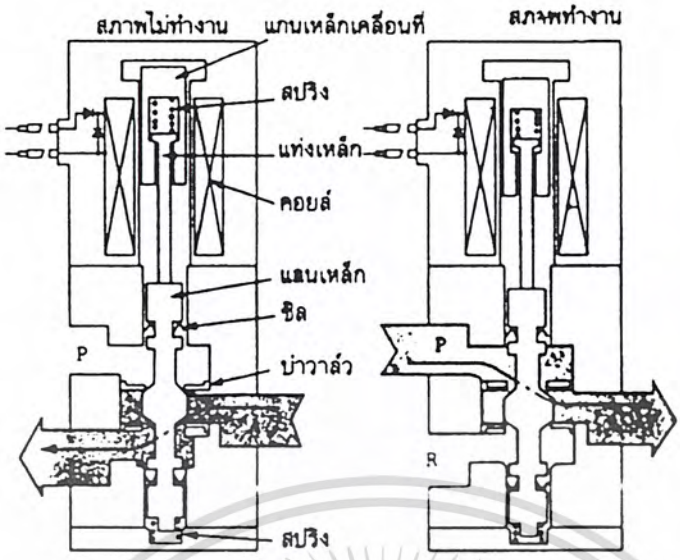
ตัวอย่างการใช้งานของโซลีนอยด์ที่ง่ายที่สุด คือการขับไซลินเดอร์ (cylinder) ให้ทำงานดังแสดงในรูปที่ 4.30 (ค) เมื่อต่อโซลีนอยด์วาล์วเพื่อต่อท่อลมให้เข้าไปขับกระบอกสูบ (piston rod) ดังรูป จะสามารถขับกระบอกให้เคลื่อนที่ได้ เมื่อจ่ายกระแสให้โซลีนอยด์วาล์วลมจากช่องทาง จะไหลเข้าไปยังช่องทาง A และต่อออกไปขับกระบอกในไซลินเดอร์ได้ เมื่อหยุดจ่ายกระแส โซลีนอยด์จะหยุดทำงาน ช่องทาง A จะต่อกับช่องทาง R ทำให้ลมที่อัดเข้าไปในกระบอกถูกระบายออกมาสู่อากาศภายนอก กระบอกจึงเคลื่อนที่กลับมาอยู่ที่เดิม

สัญลักษณ์ของโซลีนอยด์วาล์วและไซลินเดอร์ แสดงดังในรูป 4.30 (ค) สำหรับสัญลักษณ์ของโซลีนอยด์ในส่วนที่เป็นคอยล์จะเหมือนกับโซลีนอยด์วาล์ว คลัตช์ไฟฟ้า และเบรกไฟฟ้า เพียงแต่มีอักษรย่อแตกต่างกัน ตามที่แสดงในรูปที่ 4.30 (ง)

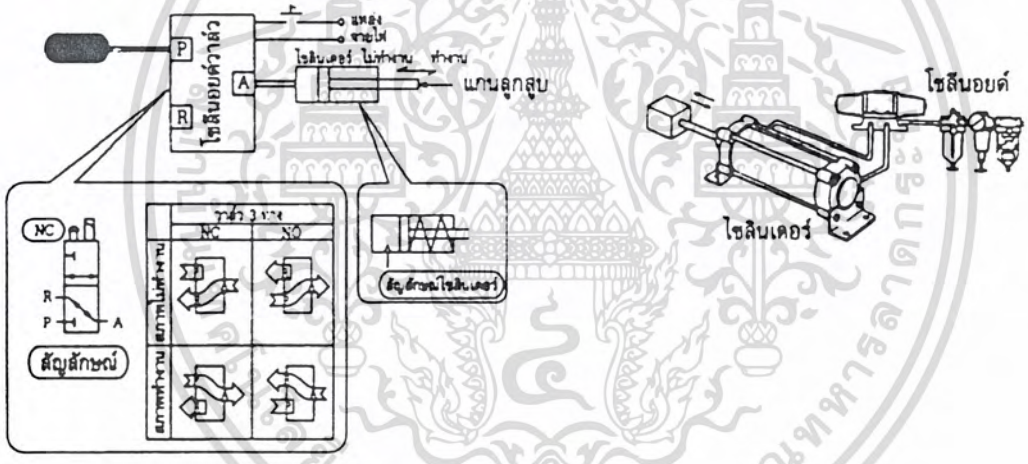


รูปที่ 4.30 (ก) รูปร่างภายนอกของโซลีนอยด์วาล์ว

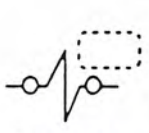
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 (ข) หลักการทำงาน



รูปที่ 4.30 (ค) โซลีนอยด์และไซลินเดอร์



อักษรย่อ	ชื่อ
SOL1	โซลินอยด์
MV5	โซลินอยด์วาล์ว
MCL	คลัตช์ไฟฟ้า
MB	เบรกไฟฟ้า

รูปที่ 4.30 (ง) สัญลักษณ์โซลีนอยด์

รูปที่ 4.30 แสดงโซลีนอยด์วาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ทฤษฎีการคำนวณและหลักการทำงานของเครื่อง

5.1 ความสามารถในการทำงานของกระบอกสูบ

ในการป้อนข้าวโพดให้แก่ใบมีดจะใช้ระบบนิวแมติก โดยใช้ลมเป็นตัวขับกระบอกสูบไปผลักดันข้าวโพดให้ผ่านใบมีด โดยแรงของกระบอกสูบ สามารถคำนวณได้จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ เส้นผ่านศูนย์กลางของก้านสูบ และความดันลมอัด ดังนี้

$$F_1 = \frac{\pi}{4} D^2 \times P_1 \times \mu_1$$

$$F_2 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \times P_2 \times \mu_2$$

เมื่อ F_1 = แรงของกระบอกสูบในจังหวะดัน (N)

F_2 = แรงของกระบอกสูบในจังหวะดึง (N)

P = ความดันลมอัด (N/m^2)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ (m)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของก้านสูบ (m)

μ_1 = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานในจังหวะดัน

μ_2 = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานในจังหวะดึง

5.2 การคำนวณหาขนาดของกระบอกสูบ

การคำนวณเพื่อหาขนาดใช้งานของกระบอกสูบ จะใช้แรงในจังหวะดันเป็นแรงในการใช้งาน จึงคำนวณหาเส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกสูบโดยประยุกต์จากการหาแรงของกระบอกสูบในจังหวะดันคือ

$$F_1 = \frac{\pi}{4} D^2 \times P_1 \times \mu_1$$

เมื่อ F_1 = 1.5F , SF=1.5

F = แรงกดจากเครื่องทดลอง (N)

SF = safety factor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองหาแรงกดจากเครื่องทดลองได้ 35 kg

ซึ่งแปลงเป็นแรงในหน่วยนิวตันได้ $F = 35 \times 9.80665 = 343.233$ N

แรงที่ต้องการใช้งาน คือ $F_1 = 343.233 \times 1.5 = 514.8495$ N

ความดันใช้งานอยู่ที่ 6- 8 bar , $[(6\times10^5\ N/m^2)-(8\times10^5\ N/m^2)]$

ใช้ สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน $\mu_1 = 0.7$

5.2.1 การหาขนาดของกระบอกสูบที่ความดัน 8 bar

ความดันใช้งานสูงสุดกำหนดให้อยู่ที่ 8 bar จะได้ขนาดของกระบอกสูบที่ใช้ทำงานที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กที่สุดที่จะสามารถให้แรงได้ตามต้องการ คือ

$$D=\sqrt{\frac{4\times F_1}{\pi\times P_1\times\mu_1}}$$

แทนค่าลงในสูตร

$$D=\sqrt{\frac{4\times343.233\times1.5}{\pi\times8\times10^5\times0.7}}$$

$= 0.034214$ m

$= 34.214$ mm

จะได้ $D_{min} = 34.214$ mm

จากค่าที่ได้แสดงว่าที่ความดัน 8 bar ขนาดของกระบอกสูบที่เล็กที่สุดที่สามารถให้แรงได้ตามต้องการ คือ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง D = 34.214 mm

5.2.2 การหาขนาดของกระบอกสูบที่ความดัน 6 bar

ความดันใช้งานต่ำสุดกำหนดให้อยู่ที่ 6 bar จะได้ขนาดของกระบอกสูบที่ใช้ทำงานที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กที่สุดที่จะสามารถให้แรงได้ตามต้องการ คือ

$$D=\sqrt{\frac{4\times F_1}{\pi\times P_1\times\mu_1}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าลงในสมการ

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 343.233 \times 1.5}{\pi \times 6 \times 10^5 \times 0.7}}$$

$$= 0.039507 \text{ m}$$

$$= 39.507 \text{ mm}$$

จะได้ $D_{min} = 39.507$ mm

จากค่าที่ได้แสดงว่าที่ความดัน 6 bar ขนาดของกระบอกสูบที่เล็กที่สุดที่สามารถให้แรงได้ตามต้องการ คือ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง D = 39.507 mm

5.2.3 การวิเคราะห์และเลือกใช้ขนาดของกระบอกสูบ

จากการคำนวณจะเห็นได้ว่าขนาดของกระบอกสูบที่สามารถให้แรงได้ 514.8495 N ตามต้องการ ที่ความดันใช้งาน 6 – 8 bar คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 34.214 mm – 39.507 mm แต่จากสมการของแรงที่ลูกสูบสามารถทำงานได้ จะเห็นว่า ค่าของความดันจะแปรผกผันกับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ คือ เมื่อให้ความดันน้อยลงขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบจะต้องเพิ่มขึ้น จึงจะสามารถให้แรงได้เท่าเดิม

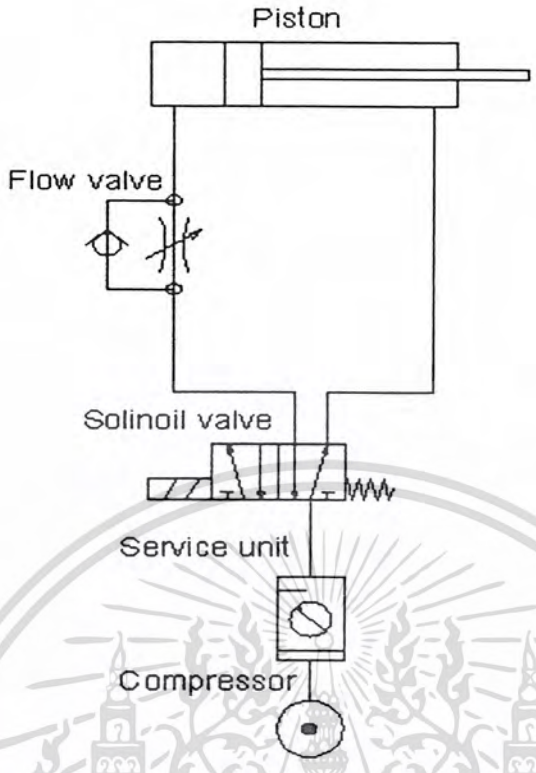
เพราะฉะนั้นในการเลือกใช้ จะต้องใช้ขนาดของกระบอกสูบที่เล็กที่สุด ที่สามารถทำงานที่ความดันต่ำสุด คือ 6 bar แต่สามารถให้แรงได้ตามต้องการ

จากการคำนวณที่ความดัน 6 bar จะได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ 39.507mm และจากตารางขนาดมาตรฐานของกระบอกสูบ ตารางที่ 1 ภาคผนวก เลือกใช้ D = 40 mm ส่วนความยาว(stroke) ของกระบอกสูบเลือกใช้ที่ 300 mm ,จากการออกแบบ

5.3 หลักการทำงานของนิวแมติก

ลมที่ถูกส่งมาจาก Compressor จะผ่านชุด Service Unit ซึ่งจะมี Pressure Regulator เป็นตัวปรับความดันที่จะใช้งาน ลมที่มีความดันตามต้องการจะผ่านไปที่ Solenoid Valve ซึ่งเป็น Valve ที่ควบคุมทิศทางการไหลโดยใช้กระแสไฟฟ้าควบคุมการปิดเปิด ในตำแหน่งปกติของ Solenoid Valve ลมจะเข้าทางปลายกระบอกสูบทำให้กระบอกสูบดันเข้า เมื่อ Solenoid Valve ได้รับกระแสไฟฟ้า Solenoid Valve จะทำงาน ลมจะเข้าทางด้นกระบอกสูบทำให้กระบอกสูบเคลื่อนออกไปดันฝักข้าวโพด พอตัดกระแสไฟ Solenoid Valveจะหยุดทำงานกลับเข้าสู่ตำแหน่งปกติ ลูกสูบจะเคลื่อนที่เข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

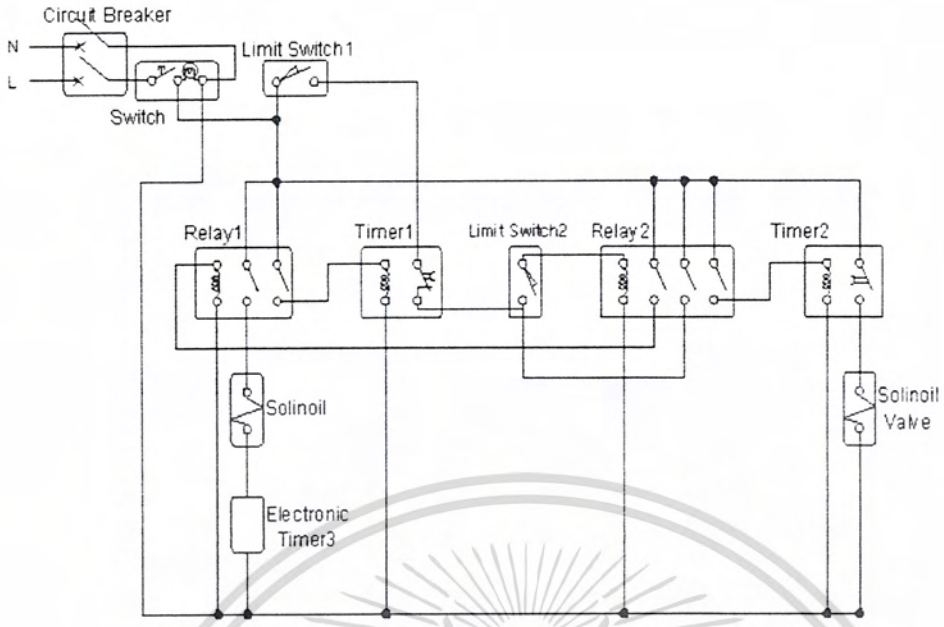


รูปที่ 5.1 แสดงการทำงานของวงจรนิวแมติก

5.4 หลักการทำงานของวงจรควบคุม

วงจรควบคุมใช้ไฟ 220 v 50-60 Hz เมื่อเปิด Switch Circuit Breaker และ Switch กระแสไฟจะไหลผ่านที่ Switch 1 ที่มีหน้า Contact NO ซึ่งลูกสูบกดอยู่ ทำให้ Limit switch 1 หน้า Contact เป็น NC ไหลผ่านหน้า Contact NC ของรีเลย์ 2 ทำให้คอยล์ Relay 1 ทำงานหน้า Contact NO ของ Relay 1 จะเป็น NC ทำให้ Electronic timer ทำงานเพื่อหน่วงเวลาแล้ว Solenoid จะทำงานทำให้แผ่นกั้นข้าวโพดกดลงปล่อยให้ฝักข้าวโพดไหลผ่าน ขณะเดียวกันคอยล์ รีเลย์ Timer1 ก็จะทำงาน ทำให้หน้า Contact NO ของ Timer1 จะเป็น NC กระแสจะไหลผ่านไปที่ Limits witch 2 ซึ่งเป็นหน้า NC สั่งให้คอยล์รีเลย์ 2 ทำงาน หน้า Contact รีเลย์ 2 เป็น NC จะเป็น NO ทำให้ตัดวงจรที่คอยล์รีเลย์ 2 ทำให้รีเลย์ 2 ไม่ทำงาน Solenoid จะหยุดทำงาน ทำให้แผ่นกั้นข้าวโพดยกขึ้นกั้นข้าวโพดฝักอื่นๆที่อยู่ในช่องใส่ หน้า Contact รีเลย์ 2 แบบ NO จะเป็น NC ทำให้คอยล์รีเลย์ 2 ทำงานค้างเองเรียกวงจรเซลฟ์โฮลด์ และคอยล์ของ รีเลย์ Timer 2 จะทำงาน หน้า Contact รีเลย์ Timer 2 แบบ NO จะเป็น NC ทำให้ Solenoid Valve ทำงาน กระบอกสูบจะทำงานผลักดันข้าวโพดผ่านใบมีดจนสุด และไปชน Limit switch 2 ซึ่งต่อหน้า Contact แบบ NC เป็น NO ทำให้รีเลย์ 2 หยุดทำงาน วงจรกลับไปเริ่มต้นอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 แสดงวงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงานของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
ผลการทดลอง

6.1 การทดลองการทำงานของเครื่อง

ในการทดลองการทำงานของเครื่องแกะเมล็ดข้าวโพด จะใช้ข้าวโพดในการทดลอง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ ATS 5 พันธุ์ ไฮบริด3 และพันธุ์ สองสีทวิวรรณ ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวโพดที่มีทั่วไปตามท้องตลาด และนิยมนำมาประกอบอาหาร

ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของข้าวโพด

1) ข้าวโพดพันธุ์ ATS 5

ข้าวโพดพันธุ์ ATS 5 เป็นข้าวโพดหวานเมล็ดมีสีเหลือง โดยแกนในมีลักษณะค่อนข้างตรงแต่จะเรียวที่ปลายบ้างเล็กน้อย ความยาวของฝักโดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ 25-30 ซม. แกนในโดยเฉลี่ยมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.2-3.4 ซม.ที่แกนนอกอยู่ที่ 5.5-6 ซม เป็นขนาดที่พบเห็นเป็นส่วนใหญ่ในท้องตลาด ราคาก่อนต้มจะอยู่ที่ 2-3 บาทต่อ ฝัก

2) ข้าวโพดพันธุ์ ไฮบริด 3

ข้าวโพดพันธุ์นี้เป็นข้าวโพดหวานเมล็ดมีสีเหลืองเช่นเดียวกับพันธุ์ ATS 5 ขนาดที่ขายอยู่ในท้องตลาด แกนในจะอยู่ที่ 3.3-3.5 ซม แกนนอกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.5-7 ซม ความยาวของฝักอยู่ในช่วง 25-30 ซม แกนในมีลักษณะค่อนข้างแข็งมากกว่าพันธุ์ ATS 5 ลักษณะแกนในค่อนข้างตรงที่ปลายจะเรียวไม่ค่อยมากนักเมื่อวัดจากทางด้านหัวลงไปหาปลาย ราคาก่อนต้มตามท้องตลาดอยู่ที่ 2-3 บาทต่อฝัก

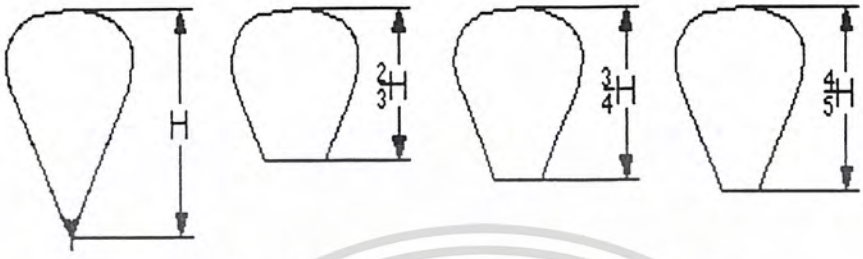
3) ข้าวโพดพันธุ์ สองสีทวิวรรณ

เป็นข้าวโพดที่มีเมล็ดสองสี โดยเมล็ดมีสีขาวปนสลับกับสีเหลืองตลอดทั้งฝัก ผลของเมล็ดพันธุ์นี้จะมีความเหนียวของเมล็ดมากกว่าพันธุ์ ATS 5 และพันธุ์ ไฮบริด 3 ความยาวของฝักจะมีความยาวอยู่ในช่วง 20-25 ซม เส้นผ่าศูนย์กลางแกนในอยู่ที่ 3.3-3.6 (วัดตรงที่ใหญ่สุด) แกนนอกในช่วงที่โตสุดอยู่ที่ 6.5-7.5 ซม ข้าวโพดพันธุ์นี้มีลักษณะแกนที่ไม่ตรงตลอดแนวแกน ราคาตามท้องตลาดก่อนต้มอยู่ที่ฝักละ 2-3 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ผลการทดลอง

ในการเก็บผลการทดลอง มีเกณฑ์ในการวัดเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี คือ จะวัดความสูงของเมล็ดที่ได้จากการแกะของเครื่องเทียบกับเมล็ดเต็ม ที่อัตราส่วนต่างๆของความสูงของเมล็ดเต็ม ดังนี้คือ



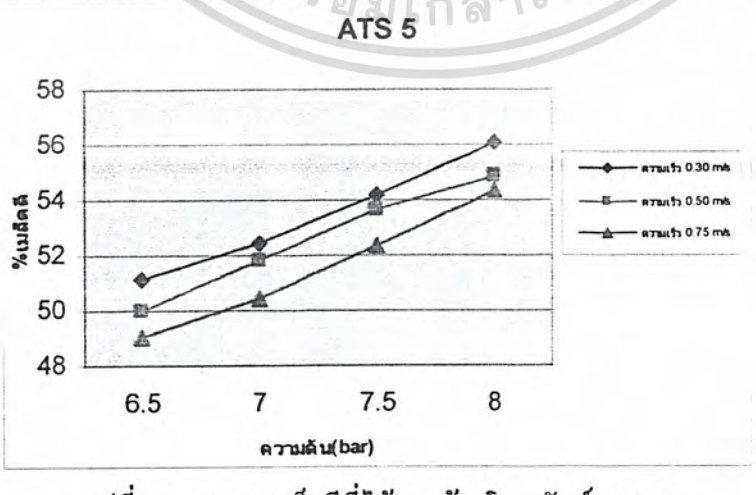
รูปที่ 6.1 แสดงเมล็ดข้าวโพดที่สัดส่วนต่างๆของความสูงเด็ด

ที่ความสูง $\frac{2}{3}$ H คือ เนื้อของเมล็ดข้าวโพดที่ได้จากการแกะ มีความสูงตั้งแต่ 2/3 เท่าของความสูงของเมล็ดเต็มขึ้นไป

ที่ความสูง $\frac{3}{4}$ H คือ เนื้อของเมล็ดข้าวโพดที่ได้จากการแกะ มีความสูงตั้งแต่ 3/4 เท่าของความสูงของเมล็ดเต็มขึ้นไป

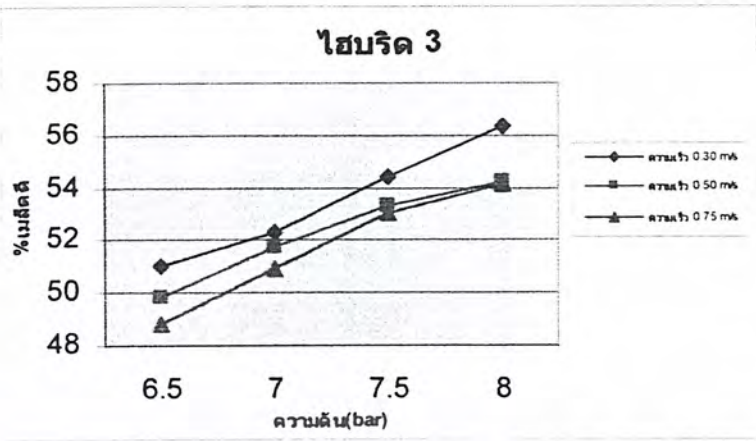
ที่ความสูง $\frac{4}{5}$ H คือ เนื้อของเมล็ดข้าวโพดที่ได้จากการแกะ มีความสูงตั้งแต่ 4/5 เท่าของความสูงของเมล็ดเต็มขึ้นไป

6.2.1 ผลที่ได้เมื่อคิดเมล็ดดีที่ 4/5H

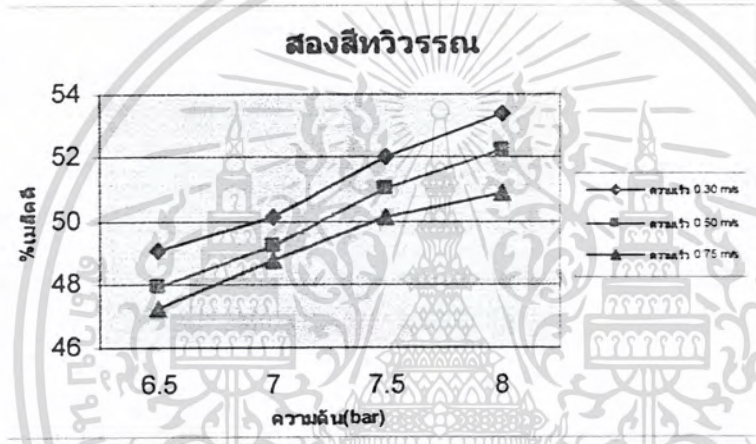


รูปที่6.2 แสดง%เมล็ดดีที่ได้ของข้าวโพดพันธุ์ ATS 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.3 แสดง%เมล็ดดีที่ได้ของข้าวโพดพันธุ์ ไฮบริด 3



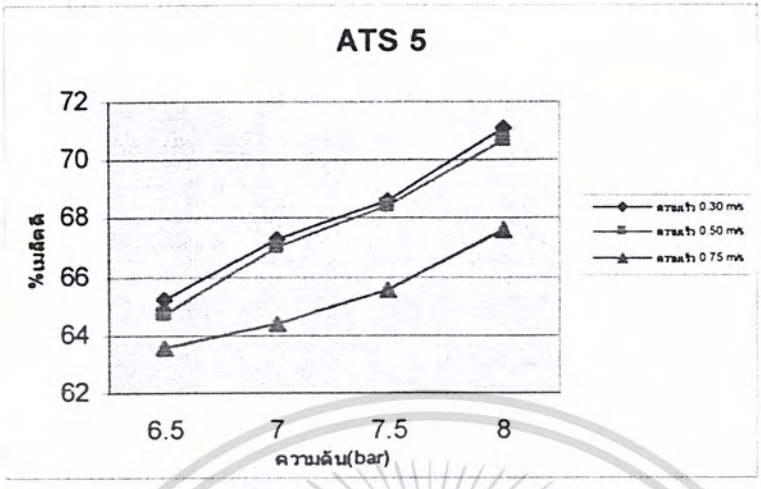
รูปที่ 6.4 แสดง%เมล็ดดีที่ได้ของข้าวโพดพันธุ์สองสีทวิวรรณ

วิเคราะห์ผลการทดลองจากกราฟ

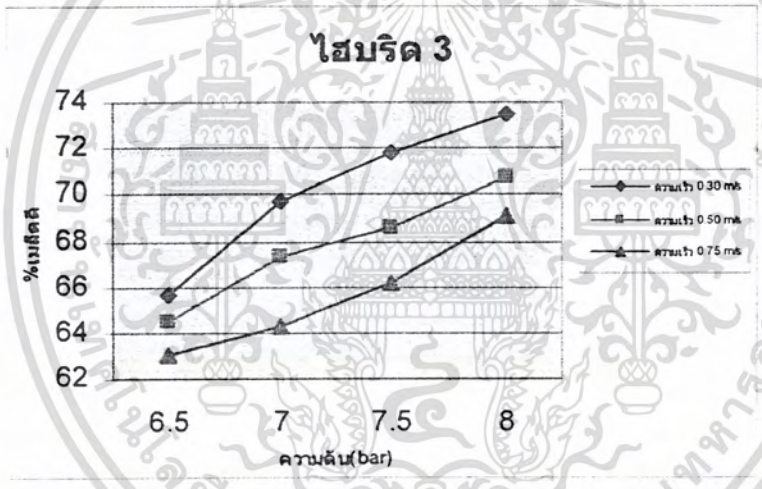
จากกราฟจะเห็นได้ว่าผลขอเมล็ดที่ความสูง4/5H ในช่วงความดัน 8 บาร์ ที่ความเร็ว0.3 m/s จะให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีกว่าในช่วงความดันและความเร็วในช่วงอื่นๆ ที่ความดันในช่วง 6.5 บาร์จะได้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีน้อยกว่าในช่วงอื่น อันเป็นผลมาจากแรงผลักดันไม่เพียงพอในการกดตัดทำให้เกิดการอัดตัวที่ปลายใบมีดกับฝักข้าวโพดจึงมีผลทำให้ได้ผลเมล็ดดีน้อยกว่าในช่วงความดันอื่นๆ นอกจากนี้ความเร็วในช่วง 0.3 m/s จะมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีมากกว่าในช่วงความเร็วอื่นๆ แต่ถ้าความเร็วน้อยกว่า 0.3 m/s ผลของเมล็ดจะเสียหายมากกว่าที่ความเร็ว 0.3 m/s พันธุ์ข้าวโพดที่ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวโพดดีเป็นพันธุ์ ไฮบริด 3 เนื่องจากลักษณะของแกนที่ค่อนข้างตรงตลอดตามแนวแกนมากกว่าพันธุ์อื่นๆจึงให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ดีกว่าข้าวโพดพันธุ์อื่นๆที่ใช้ทำการทดสอบ (ในช่วง4/5H)โดยมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีอยู่ที่ 56% ที่ความดัน 8 บาร์และความเร็ว 0.3 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

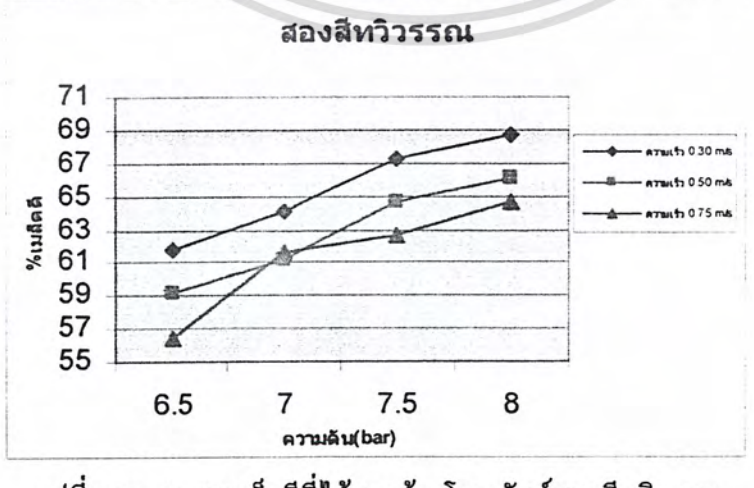
6.2.2 ผลที่ได้เมื่อคิดเมล็ดดีที่ 3/4H



รูปที่ 6.5 แสดง%เมล็ดดีที่ได้ของข้าวโพดพันธุ์ ATS 5



รูปที่ 6.6 แสดง%เมล็ดดีที่ได้ของข้าวโพดพันธุ์ ไฮบริด 3



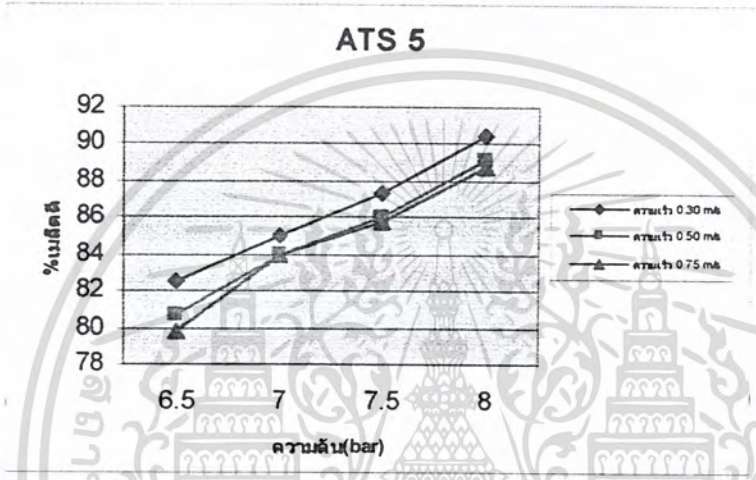
รูปที่ 6.7 แสดง%เมล็ดดีที่ได้ของข้าวโพดพันธุ์สองสีทวิวรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

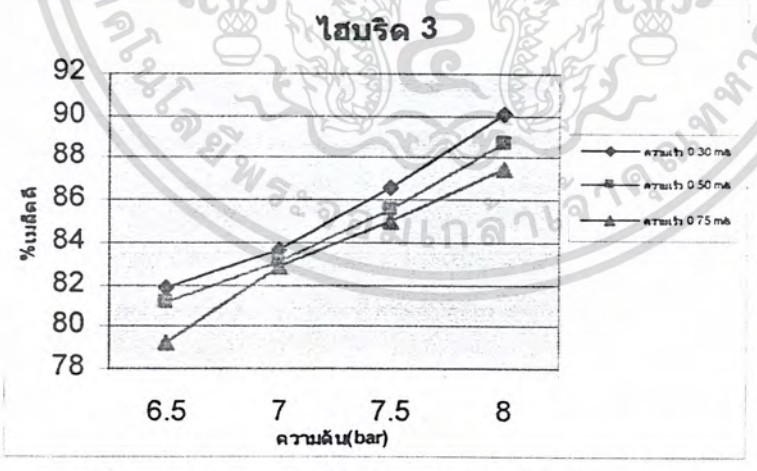
วิเคราะห์ผลการทดลองจากกราฟ

จากกราฟ (คิดที่ความสูง 3/4H) ที่ความเร็ว 0.3 และความดัน 8 บาร์ เป็นความเร็วและความดันที่ให้ผลเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีกว่าในช่วงอื่นๆเช่นเดียวกับที่ความสูง 4/5H ซึ่งกราฟมีลักษณะไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก และมีความเร็วและความดันในช่วงเดียวกันกับในช่วงความสูง4/5H โดยพันธุ์ที่ให้ผลเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี (คิดที่ความสูง3/4H) คือพันธุ์ไฮบริด 3 มีเปอร์เซ็นต์ดีสูงถึง 72 %

6.2.3 ผลที่ได้เมื่อคิดเมล็ดดีที่ 2/3H

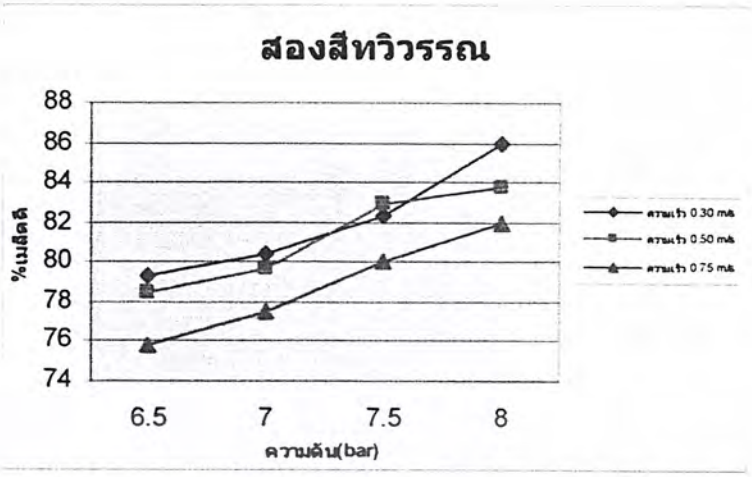


รูปที่ 6.8 แสดง%เมล็ดดีที่ได้ของข้าวโพดพันธุ์ ATS 5



รูปที่ 6.9 แสดง%เมล็ดดีที่ได้ของข้าวโพดพันธุ์ ไฮบริด 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.10 แสดง%เมล็ดดีที่ได้ของข้าวโพดพันธุ์สองสีทวิวรรณ

วิเคราะห์ผลการทดลองจากกราฟ

จากกราฟ (คิดที่ความสูง 2/3H) ได้เปอร์เซ็นต์ เมล็ดดีอยู่ที่ 90% ซึ่งความดันละความเร็วที่ให้ผลเมล็ดดีอยู่ที่ความดันและความเร็วเดียวกับช่วงความสูง 3/4H และ 4/5H พันธุ์ที่ให้ผลเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีคือพันธุ์ไฮบริด3 รองลงมาคือพันธุ์ ATS 5 และพันธุ์ที่ให้ผลเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีน้อยที่สุดคือพันธุ์ สองสีทวิวรรณ

6.3 วิเคราะห์การทำงานของเครื่อง

จากผลที่ได้จากตารางเป็นการเปรียบเทียบระหว่างการใช้เครื่องแกะกับการใช้มือแกะตามร้านค้าสองร้านที่ได้ทำการเก็บข้อมูล ข้อมูลที่ได้เปอร์เซ็นต์ เมล็ดดี (คิดที่ 2/3H) ของร้านที่หนึ่งและร้านที่สองมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีอยู่ที่ 90% โดยเวลาที่ใช้ ทั้งสองร้านใช้เวลาประมาณ 125 s ส่วนการใช้มีดตัดเฉือนจะใช้เวลาน้อยที่สุดแต่มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีอยู่แค่ 55% ซึ่งถ้านำมาเปรียบเทียบกับเครื่องที่สร้างขึ้น จะเห็นได้ว่าการใช้มือแกะจะให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีไม่แตกต่างกับการใช้เครื่องแกะ (คิดที่ 2/3H) ซึ่งมีผลใกล้เคียงกันอยู่ที่ ประมาณ 90% แต่ถ้าเทียบกับเวลาที่ใช้แล้วจะมีข้อแตกต่างกันมาก คือ ใช้เวลาในการใช้มือแกะอยู่ที่ 125 s แต่เครื่องนี้ใช้เวลาแค่ 8s ซึ่งเป็นการลดเวลาในการทำงานลงได้มากกว่าการใช้มือแกะอยู่มาก และเป็นการลดการใช้แรงงานคนอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นว่า เมื่อเครื่องทำงานที่ความเร็วลูกสูบ 0.3 m/s และทำงานที่ความดัน 8 bar ผลการทำงานได้เปอร์เซ็นต์ เมล็ดดีสูงสุด โดยข้าวโพดพันธุ์ ATS 5 และ ไฮบริด 3 ที่ความสูง 2/3H ของเมล็ด จะให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดสูงถึง 90 % โดยเครื่องนี้สามารถให้ผลใกล้เคียงกับการใช้มือแกะแต่จะใช้เวลาแค่ 8s ต่อข้าวโพดหนึ่งฝัก โดยการใช้มือแกะจะใช้เวลาถึง 125s ต่อข้าวโพดหนึ่งฝักซึ่งเป็นการลดเวลาในการทำงานและการใช้จำนวนแรงงานที่น้อยลง ส่วนผลการทำงานที่ความเร็วสูงขึ้นจะให้เปอร์เซ็นต์ดีที่ลดลง และเมื่อทำงานที่ความดันต่ำลงมาเครื่องก็จะให้ผลการทำงานเป็นเปอร์เซ็นต์ดีที่ต่ำลงเช่นกัน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 การหาความยาวช่วงชักของก้านสูบ (L) ตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของก้านสูบและภาระ

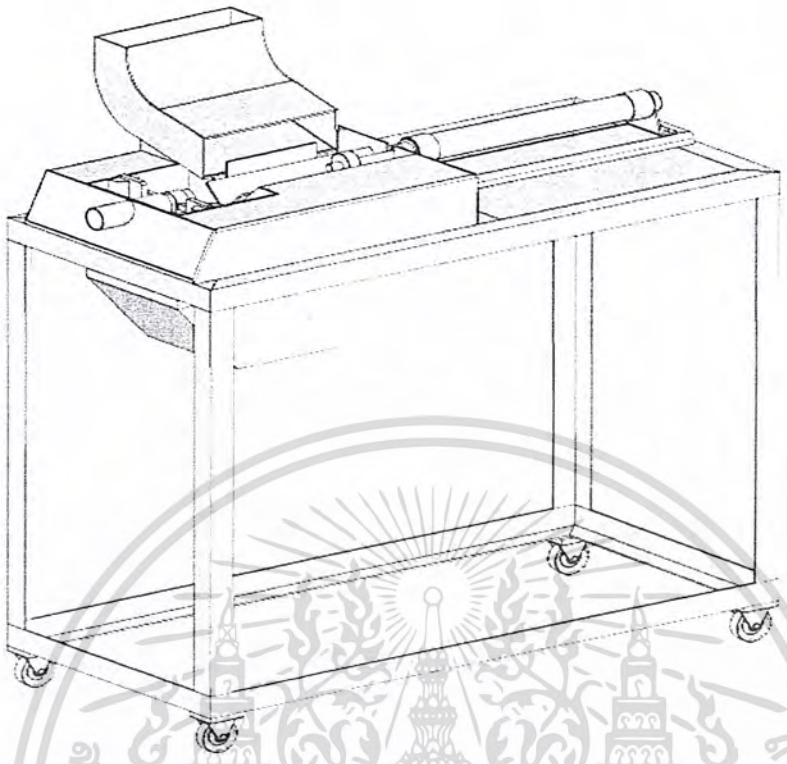
หน่วย : มิลลิเมตร

เส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกสูบ (D)		40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	224	250
เส้นผ่าศูนย์กลางของก้านสูบ (d)		16	20	20	25	32	36	36	40	45	50	56	63
ภาระ (กิโลกรัมแรง)	20	2950	4610	4610									
	40	2060	3220	3220									
	60	1680	2630	2630	4110								
	80	1460	2260	2260	3570								
	100	1300	2040	2040	3190	5050							
	150	1070	1670	1670	2610	4140							
	200		1450	1450	2260	3580	4540	4540					
	250			1280	2010	3130	4000	4000	5150				
	300			1180	1850	2930	3600	3600	4720	5720	7300		
	350				1770	2730	3330	3330	4400	5370	6660		
	400				1590	2520	3120	3120	4070	5000	6500	8200	
	500				1430	2270	2800	2860	3660	4500	5600	7400	9200
	600					2070	2570	2570	3340	4080	5140	6600	8300
	700					1920	2400	2400	3090	3790	4780	6050	7600
	800					1760	2250	2250	2850	3540	4480	5650	7300
	900						2120	2120	2960	3350	4220	5350	6800
	1000						2010	2010	2360	3170	4000	5100	6500
	1500						1640	1640	2120	2590	3250	4150	5200
	2000								1870	2260	2840	3610	4500
	2500									2020	2500	3190	4000
	3000										2280	2870	3650
	3500										2110	2660	3370
	4000											2480	3160
	4500												2980
	5000												2820

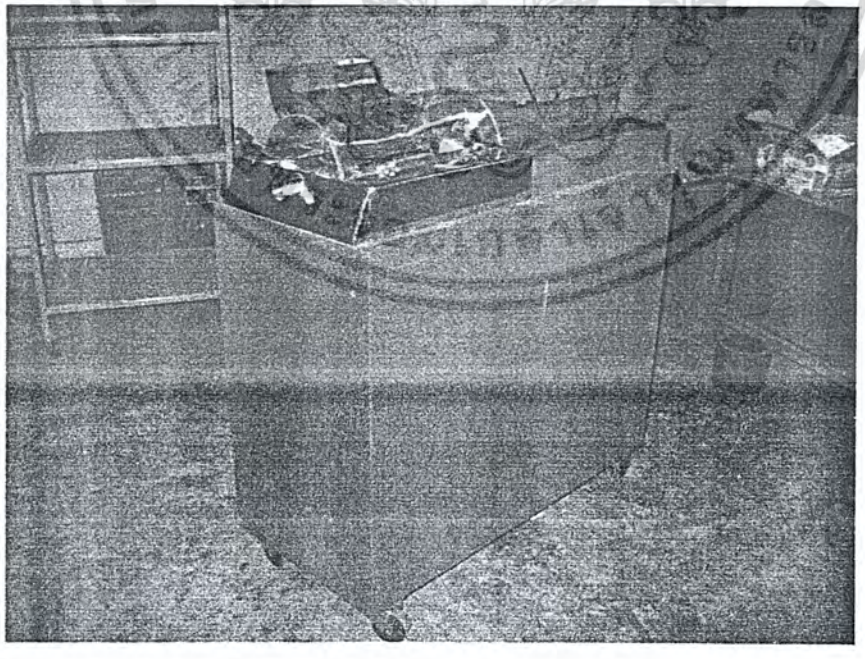
D = เส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกสูบ (มิลลิเมตร) , d = เส้นผ่าศูนย์กลางของก้านสูบ (มิลลิเมตร) ,

ตัวเลขในตารางคือค่าความยาวช่วงชัก (มิลลิเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

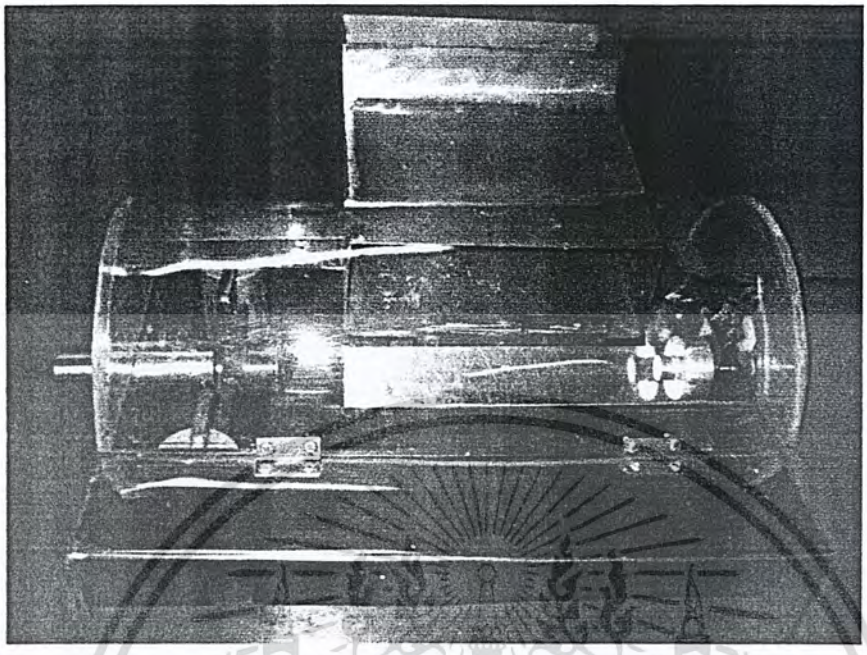


รูปที่ 1 แสดงแบบเครื่องแกะเมล็ดข้าวโพดต้ม

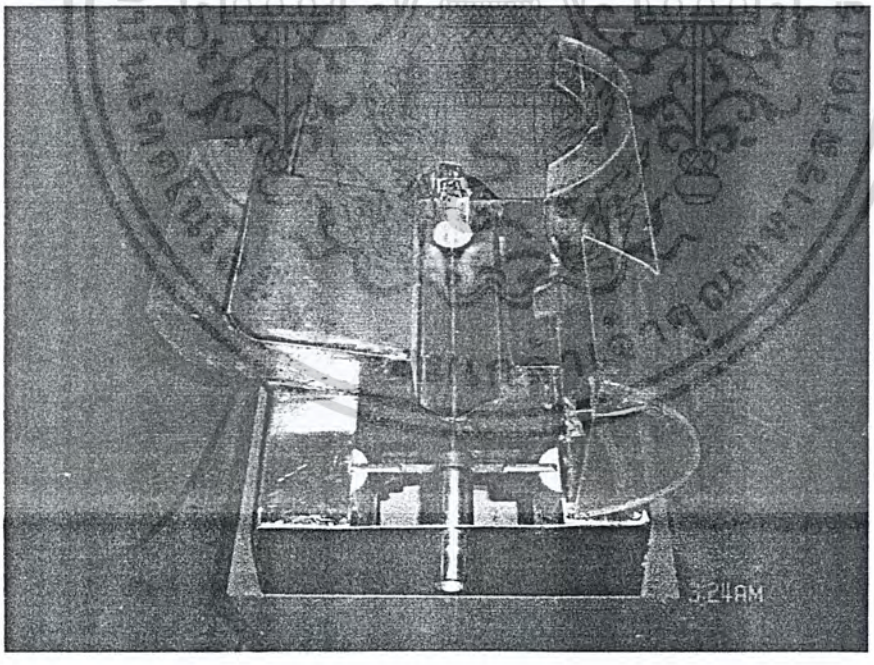


รูปที่ 2 แสดงเครื่องแกะเมล็ดข้าวโพดต้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

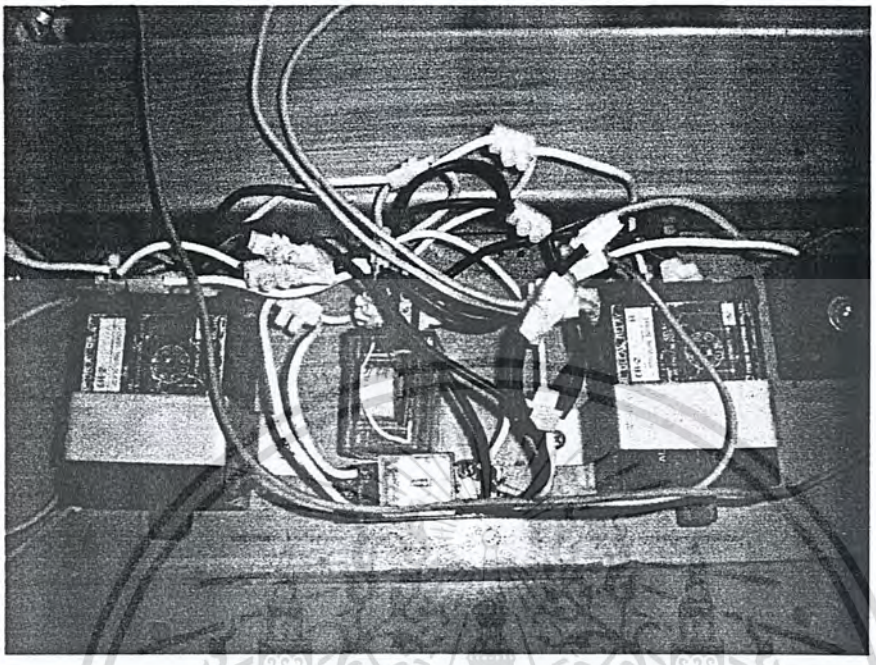


รูปที่ 3 แสดงภาพด้านข้างของพื้นที่ทำงาน

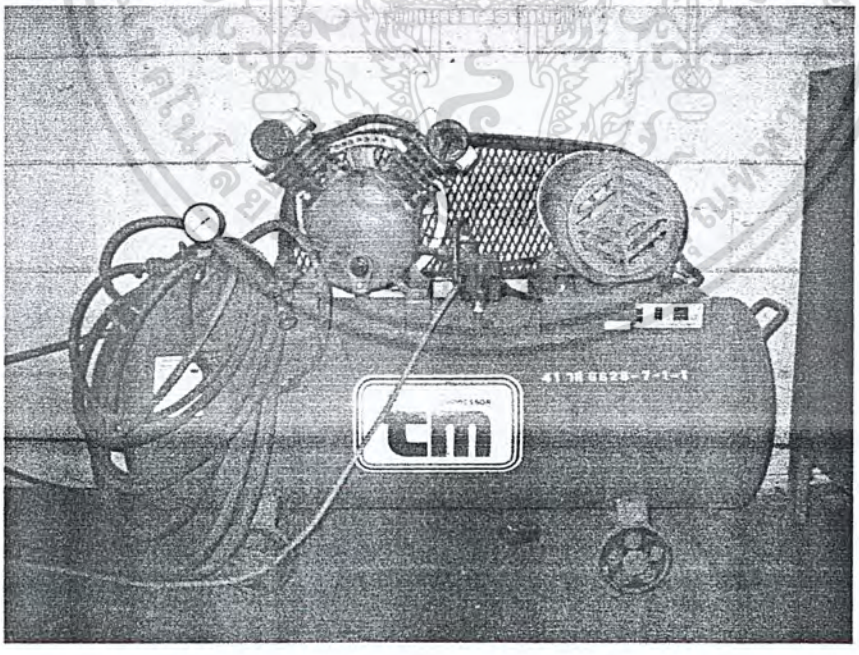


รูปที่ 4 แสดงภาพด้านข้างของพื้นที่ทำงานของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

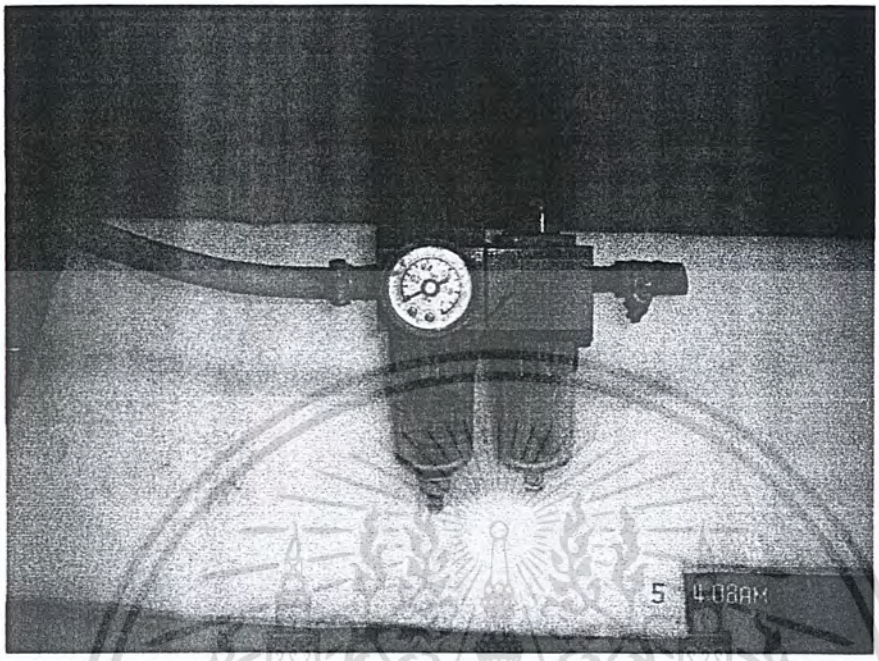


รูปที่ 5 แสดงชุดอุปกรไฟฟ้าควบคุมการทำงานของเครื่อง

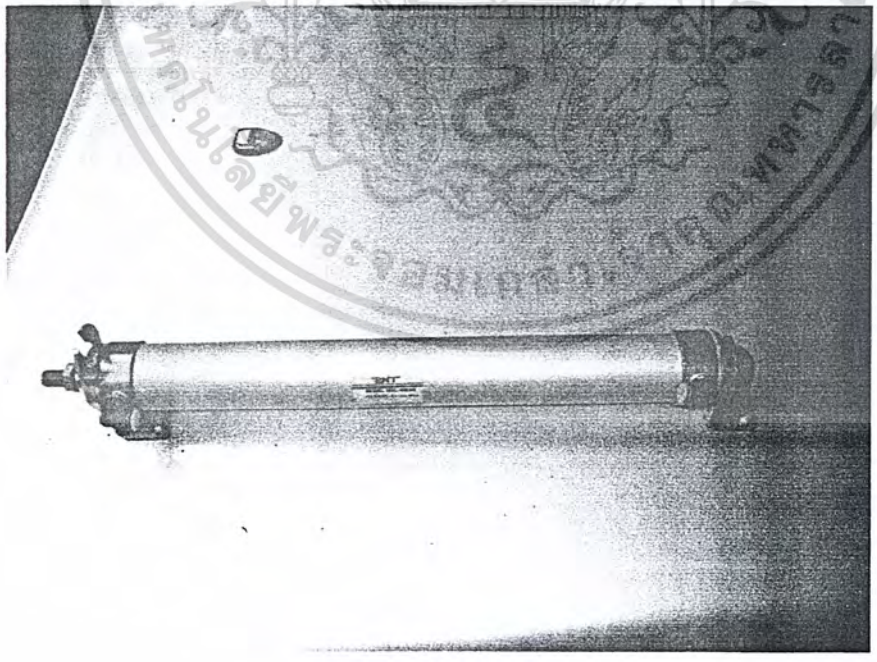


รูปที่ 6 แสดงปั๊มลม (Compressor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

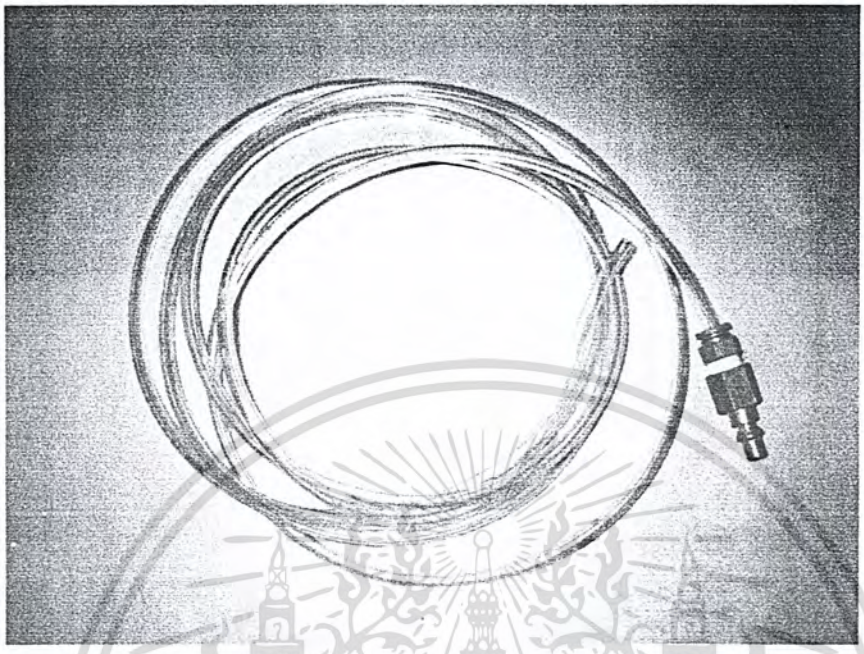


รูปที่ 7 แสดงชุดบริการลมอัด (Service Unit)

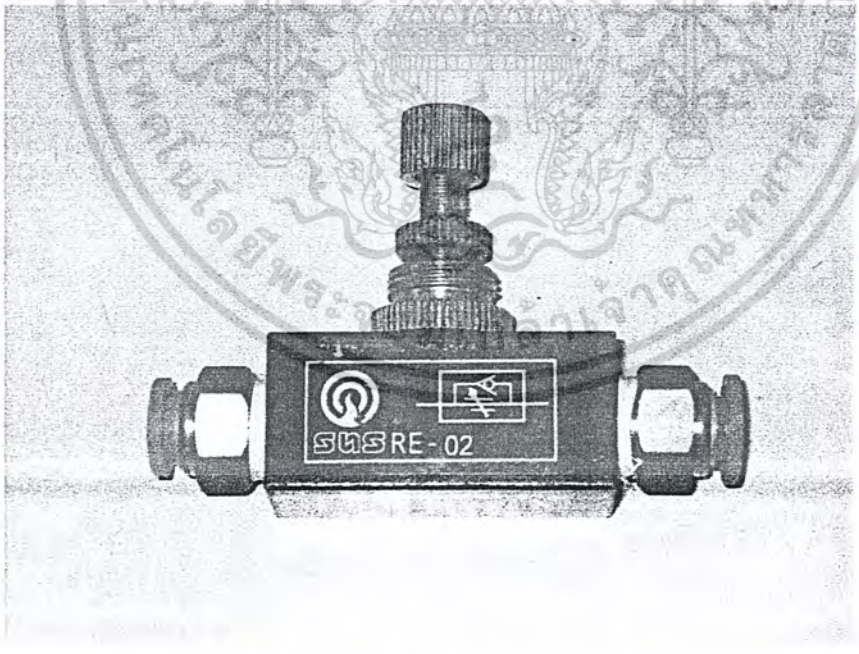


รูปที่ 8 แสดงกระบอกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

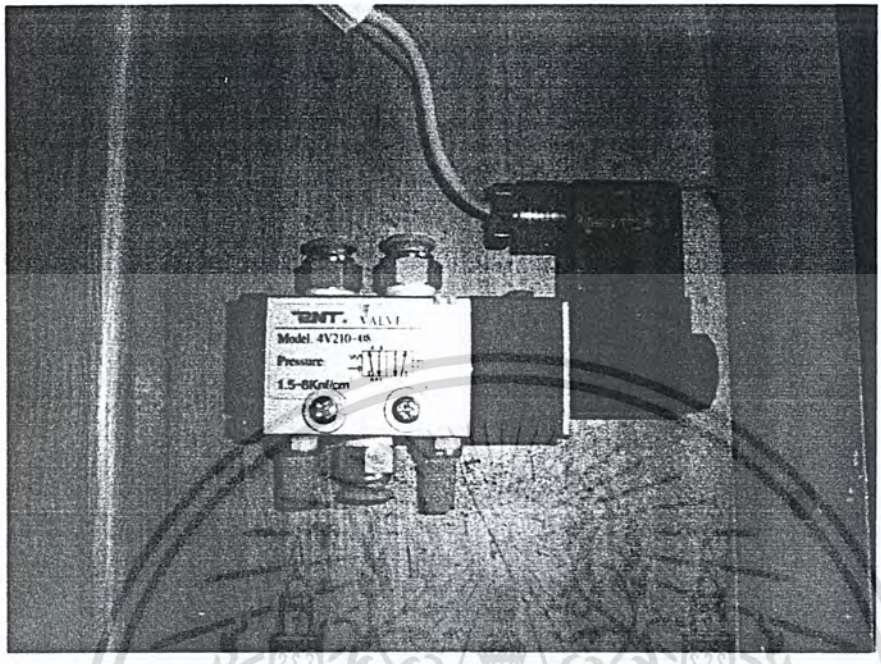


รูปที่ 9 แสดงสายลม

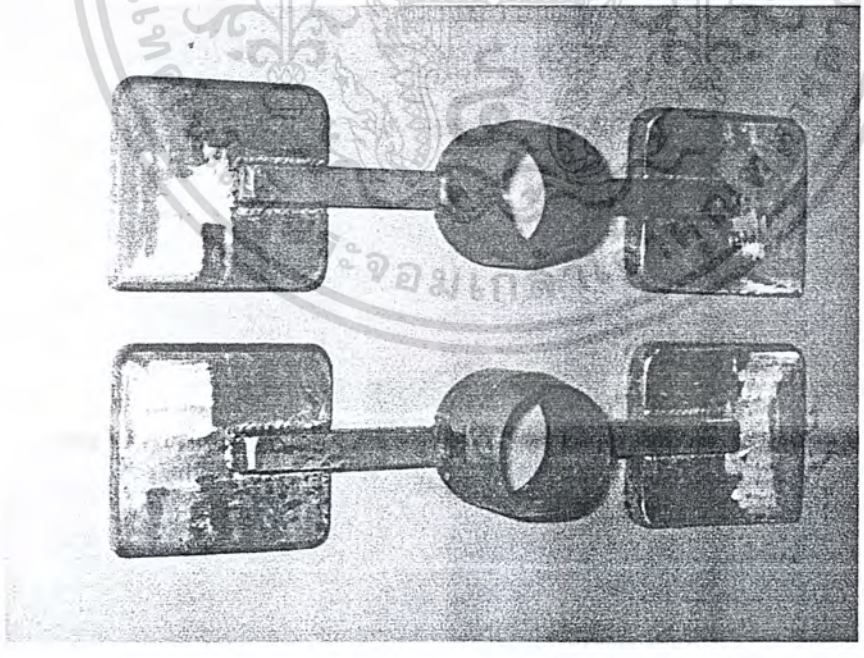


รูปที่ 10 แสดงวาล์วควบคุมอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

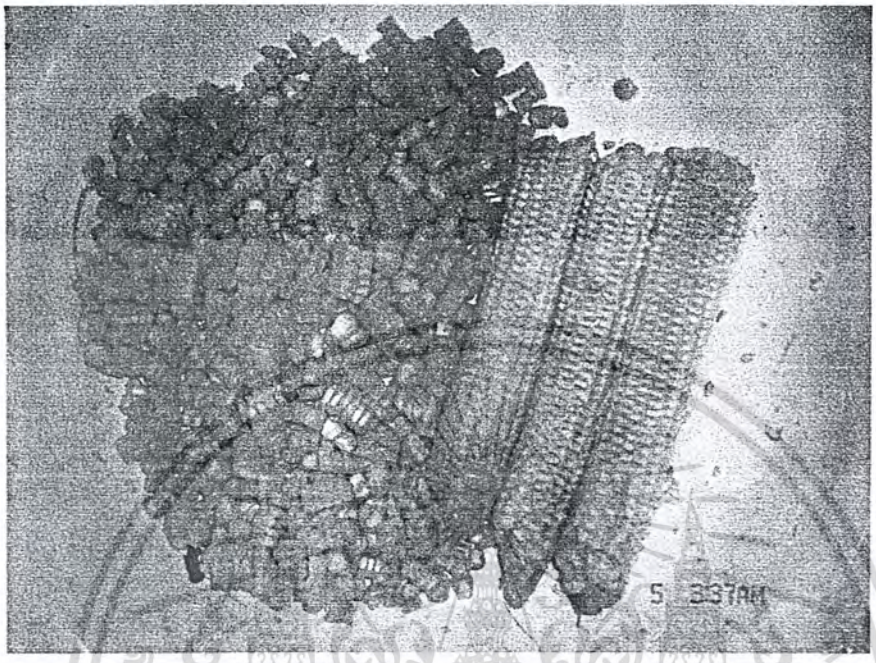


รูปที่ 11 แสดง Solenoid Valve ควบคุมทิศทางการไหล



รูปที่ 12 แสดงใบมีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 แสดงเมล็ดข้าวโพดที่แกะโดยเครื่อง

รูปที่ 14 แสดงตัวอย่างเมล็ดดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้