รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ
AUTOMATIC FEEDER BOX MACHINE

ชาตวัฒน์ เจริญอภิบาล
ธนกร จันทรกานต์โกศล

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ

AUTOMATIC FEEDER BOX MACHINE

ชาตวัฒน์ เจริญอภิบาล

ธนกร จันทรกานต์โกศล

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงาน	เครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ
นักศึกษา	นายชาตวัฒน์ เจริญอภิบาล
	นายธนกร จันทรกานต์โกศล
ภาควิชา	วิศวกรรมการวัดและควบคุม
อาจารย์นิเทศ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์
ผู้นิเทศงาน	นายวุฒิมา คุณเฉย
สถานประกอบการ	บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)
	(โรงงานอาหารสำเร็จรูปหนองจอก)

บทคัดย่อ

โครงงานฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อนำเสนอเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินโครงงาน ของเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ (Automatic Feeder Box Machine) ตั้งแต่ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การออกแบบ การประกอบ หลักการทำงาน รวมไปถึงการแก้ปัญหาที่พบระหว่างดำเนินการ และข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป โดยโครงงานฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์ในการนำเครื่องจักรอัตโนมัติมาปฏิบัติงานแทนมนุษย์ สามารถลดจำนวนพนักงานจำนวน 1 คน เพื่อลดค่าใช้จ่ายในระยะยาว เพิ่มความปลอดภัยแก่พนักงานจากการลดการเผชิญหน้าโดยตรงระหว่างพนักงานกับเครื่องจักรขณะทำงาน และเพิ่มผลผลิตในการผลิตสินค้าให้มากขึ้นจากการทำงานที่ต่อเนื่องมากขึ้นใน 1 รอบ สามารถลดเวลาการทำงานได้ชุดละ 7 นาที โดยเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัตินี้ การออกแบบจะคำนึงถึงเงื่อนไขความปลอดภัย ความสะดวกในการใช้งาน และเงื่อนไขของธุรกิจผลิตอาหาร จึงได้เลือกใช้ระบบนิวแมติกส์ (Pneumatics) มาใช้งาน และใช้การควบคุมด้วยวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายผ่านระบบ PLC ในส่วนเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติเป็นเครื่องจักรในการควบคุมจังหวะการทำงานของระบบทั้งหมด จึงจำเป็นต้องอาศัยความสามารถทั้งด้านการออกแบบชิ้นส่วนทางกลที่ใช้ประกอบเป็นเครื่องจักร และการควบคุมด้วยระบบไฟฟ้าเพื่อความปลอดภัยสูงสุดแก่ผู้ปฏิบัติงาน อนึ่งหลังจากโครงงานนี้ดำเนินงานจนสำเร็จลุล่วงแล้วนั้น โครงงานนี้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ทั้งหมดและสามารถพัฒนาต่อยอดต่อไปในอนาคตได้

คำสำคัญ : เครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ, ธุรกิจผลิตอาหาร, ระบบนิวแมติกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title:	Automatic Feeder Box Machine
Student:	Mr.Chatawat Jaroenapibal
	Mr.Thanakorn Chantarakankosol
Department:	Instrumentation and Control Engineering
Adviso:	Assistant Professor Dr.Kongsak Anuntahiranrat
Mentor:	Mr.Wuttima Kunchoey
Company:	CPF (Thailand) Public Company Limited. (Nongjok)

ABSTRACT

The thesis is written to demonstrate the process of creating Automatic Feeder Box Machine; including theory, design, assembly, and its functions. The main objective of the project is to replace human worker due to the fact that machines have many advantages compared to human labors such as perform certain tasks at faster rate than human, do not get exhausted during the working process, enable to produce a lot of goods or services within a short duration of time which can ensure that there are no delays to their customers, reduce company's long-term costs and improve the security's posture for human workers. The design is mostly focusing on safety and convenience as this is a food organization. The machine uses pneumatic system and controlled by Programmable logic control (PLC). In order to assembling the Automatic Feeder Box Machine, all parts must be well-designed according to mechanical theory. The project can perform with high potential and can be improve for further uses.

Keywords : Automatic Feeder Box Machine, Food organization, Pneumatic system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงงานในครั้งนี้ สามารถทำให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์ ที่มอบโอกาสในการเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษา คอยให้คำปรึกษา การสนับสนุน และความช่วยเหลือเป็นอย่างดี ตลอดจนการตรวจสอบความถูกต้องของรายงานจนทำให้รายงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณทางบริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) นายวุฒิมา คุณเฉย และขอขอบคุณพี่ๆ ทุกคนทั้งในแผนก Maintenance และแผนกอื่นๆ ที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนต่างๆ เช่น การให้คำปรึกษาและให้ข้อมูลในการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นตลอดช่วงเวลาโครงการสหกิจศึกษา การช่วยหาอุปกรณ์ที่จำเป็นในการดำเนินการ คอยดูแลไถ่ถามความคืบหน้าของโครงงานอยู่เสมอ ทำให้โครงงานสามารถดำเนินไปและประสบความสำเร็จลุล่วงด้วยดีได้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ เพื่อนร่วมงานทุกท่าน ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมาจนจบโครงการ จึงขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ หากมีข้อผิดพลาดประการใดให้ถือเป็นความบกพร่องของทางคณะผู้จัดทำ และขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ชาตวัฒน์ เจริญอภิบาล

ธนกร จันทรกานต์โกศล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 วิธีดำเนินโครงงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)	3
2.2 หลักการออกแบบเครื่องจักรกลและกลศาสตร์ของวัสดุ	9
2.3 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส (Induction Motor)	17
2.4 การคำนวณโหลดทางไฟฟ้า (Electrical Load)	21
2.5 ชุดควบคุมมอเตอร์ (Driver)	25
2.6 เซนเซอร์ (Sensor)	27
2.7 สวิตช์ไฟฟ้า (Switch)	30
2.8 นิวแมติกส์ (Pneumatics)	36
2.9 พีแอลซี (PLC)	42
2.10 การเขียนแบบวิศวกรรม (Engineering Drawing)	48
2.11 การเขียนแบบวงจรไฟฟ้า (Electric Circuit Drawing)	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน 61

3.1 การวางแผนการดำเนินโครงงาน 61

3.2 การศึกษาเงื่อนไขและลักษณะการทำงานของจุดงานพิมพ์กล่อง 61

3.3 การออกแบบโครงสร้างและกลไกทางกล 63

3.4 การออกแบบระบบไฟฟ้าควบคุมเครื่องจักร 67

3.5 การออกแบบวงจรนิวแมติกส์ 69

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน 71

4.1 โครงสร้างและระบบกลไกของเครื่องจักร 71

4.2 ตู้ไฟฟ้าควบคุมเครื่องจักร 73

4.3 ผลการทดสอบการทำงานจริง 74

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินโครงงานและข้อเสนอแนะ 75

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 75

5.2 ข้อเสนอแนะ 75

เอกสารอ้างอิง 76

ประวัติผู้เขียน 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ประเภทและร้อยละองค์ประกอบของเหล็กกล้าไร้สนิม 3

2.2 ตระกูลของสเตนเลส 4

2.3 รูปแบบซีรี่ส์ของสเตนเลส 5

2.4 ตัวอย่างอุปกรณ์สเตนเลส 8

2.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลดพื้นที่กับคุณสมบัติเชิงกลของ SUS304 9

2.6 ลักษณะทิศทางของความเค้น ณ จุดใดๆ บนวัสดุ 10

2.7 แรงภายนอกและแรงภายใน 10

2.8 แรงเฉือนภายในวัสดุ 11

2.9 ยางก่อนและหลังจากได้รับแรงกระทำ 11

2.10 แผนภาพ Stress-Strain Diagram 14

2.11 การเกิดคอคอด 14

2.12 เพลาที่มีการยืดและหดตัวเนื่องจากแรงดึงในแนวแกน 15

2.13 แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นกับเวลา ของสเตนเลสสตีล 16

2.14 แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นกับจำนวนรอบ 17

2.15 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส (Induction Motor) 17

2.16 ส่วนประกอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส 18

2.17 การเกิดแรงบิดและขั้วสนามแม่เหล็กของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส 18

2.18 กราฟคุณลักษณะของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอก 19

2.19 การต่อมอเตอร์ใช้งานแบบสตาร์และแบบเดลตา 20

2.20 วงจรทั่วไปของมอเตอร์ 21

2.21 สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี 22

2.22 เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดเล็ก สำหรับวงจรย่อย (Miniature Circuit Breaker) 24

2.23 อินเวอร์เตอร์ (Inverter) 25

2.24 หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์ 25

2.25 บล็อคไดอะแกรมการทำงานของอินเวอร์เตอร์ 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.26 สัญญาณขาออกของอินเวอร์เตอร์.. 26

2.27 การทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสงประเภทตัวรับ-ตัวส่งแยกกัน.......................... 28

2.28 การทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสง ประเภทสะท้อนกับแผ่นสะท้อน.................... 28

2.29 การทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสงประเภทสะท้อนกับวัตถุ................................. 29

2.30 สวิตช์ไฟฟ้า.. 30

2.31 สวิตช์ไฟฟ้าในระบบอุตสาหกรรม 30

2.32 สวิตช์จำกัดระยะ 31

2.33 กลไกหน้าสัมผัสสวิตช์จำกัดระยะ 31

2.34 โครงสร้างของสวิตช์จำกัดระยะ 31

2.35 สวิตช์สั่งงาน.. 33

2.36 ส่วนประกอบของสวิตช์สั่งงาน... 33

2.37 กลไกหน้าสัมผัสของสวิตช์สั่งงาน.. 33

2.38 หลอดสัญญาณของสวิตช์สั่งงาน 35

2.39 กลไกหน้าสัมผัสและกลไกหลอดสัญญาณของสวิตช์สั่งงาน 35

2.40 ชนิดหลอดสัญญาณ.. 35

2.41 อุปกรณ์นิวแมติกส์.. 36

2.42 ประเภทของอุปกรณ์นิวแมติกส์ 36

2.43 ส่วนประกอบกระบอกสูบลม 37

2.44 กระบอกสูบสองทิศทาง 37

2.45 การสั่งงานกระบอกสูบสองทิศทาง 37

2.46 มอเตอร์ลม 38

2.47 สัญลักษณ์ตำแหน่งวาล์วของวาล์วควบคุมห้าทาง 39

2.48 สัญลักษณ์วาล์วควบคุมทิศทางชนิด 5/2 39

2.49 วาล์วไหลทางเดียว... 40

2.50 วาล์วควบคุมการไหลทางเดียว 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.51	เครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบ	41
2.52	ชุดบริการลมอัด	42
2.53	สัญลักษณ์ชุดบริการลมอัด	42
2.54	พีแอลซี	42
2.55	หลักการควบคุมเครื่องจักรของพีแอลซี	43
2.56	ตัวอย่างอุปกรณ์ภายนอก	44
2.57	หน่วยป้อนโปรแกรม	44
2.58	ตัวอย่างโปรแกรมภาษาแลดเดอร์	45
2.59	คำสั่งหน่วงเวลาภาษาแลดเดอร์	46
2.60	รูปแบบคำสั่งนับ	46
2.61	คำสั่งนับภาษาแลดเดอร์	47
2.62	มาตรฐานขนาดเขียนแบบขนาด DIN A0	49
2.63	ตัวอย่างรูปแบบมาตรฐานตารางรายการแบบ ของกระดาษเขียนแบบในแนวนอน	50
2.64	ตัวอย่างรูปแบบมาตรฐานตารางรายการแบบ ของกระดาษเขียนแบบในแนวตั้ง	50
2.65	ตัวอย่างการใช้เส้นแบบต่างๆ ในงานเขียนแบบ	51
2.66	Shop Drawing	53
3.1	การนำเข้ากล่องทีละใบโดยพนักงานที่จุดงาน	62
3.2	การพิมพ์กล่อง	62
3.3	รูปแบบเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ	63
3.4	ชุดโครงสร้างตัวเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ	63
3.5	กระบอกสูบนิวแมติกส์ขนาด 40 เซนติเมตร	64
3.6	กระบอกสูบนิวแมติกส์ขนาด 100 เซนติเมตร	65
3.7	ชุดขับเคลื่อนกล่องกระดาษ	65
3.8	ชุดดันกล่องกระดาษ	66
3.9	ฐานรองรับกล่องกระดาษ	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.10	ฐานรองรับกล่องกระดาษปรับระยะ	66
3.11	วงจรไฟฟ้ากำลัง	67
3.12	วงจรไฟฟ้าควบคุม INPUT	68
3.13	วงจรไฟฟ้าควบคุม OUTPUT	68
3.14	วงจร LADDER	69
3.15	Mechanically Jointed Rodless Cylinder	70
3.16	วงจรนิวแมติกส์	70
4.1	เครื่องจักรบรรจุกล่องกระดาษขนาดเล็กที่สุด	71
4.2	เครื่องจักรทดสอบลำดับการทำงานกล่องกระดาษขนาดเล็กที่สุด	72
4.3	เครื่องจักรบรรจุกล่องกระดาษขนาดใหญ่ที่สุด	72
4.4	เครื่องจักรทดสอบลำดับการทำงานกระดาษกล่องขนาดใหญ่ที่สุด	72
4.5	ติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้าเข้ากับเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ	73
4.6	การเดินสายไฟฟ้าทั้งหมดในตู้ควบคุมเครื่องจักร	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี 22

2.2 ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดเล็ก สำหรับวงจรย่อย 23

2.3 ขนาดสายดิน 24

2.4 ประเภทและลักษณะการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสง 29

2.5 รูปแบบหน้าสัมผัสของสวิตช์จำกัดระยะ 32

2.6 รูปแบบกลไกสั่งงานของสวิตช์จำกัดระยะ 32

2.7 กลไกสั่งงานของสวิตช์สั่งงาน 34

2.8 วาล์วควบคุมทิศทางชนิดต่างๆ 39

2.9 กลไกสั่งงานชนิดไฟฟ้า 40

2.10 คำสั่งภาษาแลดเดอร์พื้นฐาน 45

2.11 คำสั่งหน่วงเวลาภาษาแลดเดอร์ 46

2.12 คำสั่งนับภาษาแลดเดอร์ 47

2.13 ขนาดของกระดาษเขียนแบบตามมาตรฐาน DIN 476 49

2.14 เส้นที่ใช้ในการเขียนแบบตามระบบ ISO 51

2.15 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบระบบไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC 60617 54

3.1 Automatic Feeder Box Machine Timeline 61

4.1 เปรียบเทียบเวลาการทำงานของพนักงานกับเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) (โรงงานอาหารสำเร็จรูปหนองจอก) เป็นกิจการส่วนหนึ่งของบริษัทในเครือเจริญโภคภัณฑ์อาหาร (CPF) อยู่ในสายธุรกิจอาหารสำเร็จรูป มีผลิตภัณฑ์หลายอย่าง อาทิเช่น สินค้าจำพวกไส้กรอกภายใต้ชื่อการค้า CP, BKP, Super Chef และ BUCHER สินค้าอาหารสำเร็จรูปพร้อมทาน (แช่เย็น) (Ready Meal) ภายใต้ชื่อการค้า EZY Choice, EZY GO, CP Delight และ 7-select สินค้าซอสปรุงรสและเครื่องดื่ม ภายใต้ชื่อการค้า BKP, 7-11 และสินค้าอาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง (Frozen Meal) ภายใต้ชื่อการค้า CP, Kitchen Joy และ CPM ดังนั้นบริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) (โรงงานอาหารสำเร็จรูปหนองจอก) จึงเล็งเห็นความสำคัญในการพัฒนาสายการผลิตทั้งหมดให้เป็นระบบอัตโนมัติ สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ตลอดเวลา สอดคล้องกับนโยบายการบริหารของเครือเจริญโภคภัณฑ์อาหารในการเป็นผู้นำด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยี และมุ่งสู่การเป็น "ครัวของโลก" (Kitchen of The World)

ในสายการผลิตอาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง (Frozen Meal) เมื่อสินค้าเสร็จสิ้นกระบวนการผลิตแล้วจะถูกนำมาบรรจุกล่องกระดาษลูกฟูก เพื่อเตรียมจัดส่งให้กับลูกค้าต่างประเทศ ซึ่งในแต่ละวัน สายการผลิตต้องการผลิตสินค้าจำนวนมาก จึงทำให้ต้องการกล่องกระดาษลูกฟูกจำนวนมากเช่นกัน โดยบนกล่องกระดาษลูกฟูกจำเป็นต้องมีการพิมพ์ Lot NO., Sub Lot NO., วันที่ผลิตสินค้าและวันหมดอายุสินค้าไว้ที่ตำแหน่งข้างกล่องทั้ง 2 ด้าน ในกระบวนการพิมพ์กล่องกระดาษลูกฟูกในจำนวนมากนั้น การใช้พนักงานทำงานจึงมีประสิทธิภาพน้อยและเสียเวลามาก เกิดความเสี่ยงอันตรายต่อพนักงาน และเสียงบประมาณในการฝึกอบรมให้พนักงานมีความชำนาญงาน

ทางฝ่ายวิศวกรรมซ่อมบำรุง จึงมีแนวคิดในการแก้ปัญหาระยะยาว โดยการทำเครื่องจักรมาทำงานแทนพนักงาน จึงมีแนวคิดสร้างเครื่อง Automatic Feeder Box เข้ามาทดแทนพนักงานในจุดงานพิมพ์กล่อง (ห้องเตรียม Package) ที่สามารถลดปัญหาจังหวะที่ไม่สม่ำเสมอของการพิมพ์กล่อง ลดเวลาการทำงานในการพิมพ์กล่องจาก 1800 วินาทีต่อชุด เป็น 1350 วินาทีต่อชุด ประหยัดงบประมาณในระยะยาว สามารถลดพนักงานที่จุดงานได้จำนวน 1 คน คุ้มทุนภายในระยะเวลา 1 ปี ลดอุบัติเหตุจากการเผชิญของพนักงานกับเครื่องจักรโดยตรงขณะเครื่องจักรทำงาน และสามารถเพิ่มอัตราผลผลิตได้มากขึ้นในคราวเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. ลดปัญหาจังหวะการนำเข้ากล่องที่ไม่สม่ำเสมอของการพิมพ์กล่อง
2. ลดจำนวนพนักงานในจุดงานและแก้ปัญหาเรื่องงบประมาณในระยะยาว
3. เพิ่มความปลอดภัยในสายการผลิต
4. เพิ่มอัตราผลผลิตให้มากขึ้น

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ออกแบบเครื่อง Automatic Feeder Box แทนการใช้พนักงานในจุดงาน
2. ออกแบบวงจรไฟฟ้าควบคุมเครื่อง Automatic Feeder Box
3. เครื่อง Automatic Feeder Box สามารถทำงานได้จริงในสายการผลิต
4. ลดจำนวนพนักงานในจุดงานให้ได้จำนวนมากที่สุด

1.4 วิธีดำเนินโครงงาน

1. วางแผนการดำเนินงาน
2. เก็บข้อมูลการทำงานในสายการผลิต และจุดงานพิมพ์กล่อง
3. ศึกษาและออกแบบโครงสร้างทางกล
4. ศึกษาและออกแบบวงจรไฟฟ้าควบคุมและระบบนิวแมติกส์
5. จำลองการทำงานของเครื่องจักร
6. จัดซื้อและประกอบเครื่องจักร
7. ทดสอบการทำงานในสายการผลิตจริง
8. จัดทำสรุปโครงงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถแก้ปัญหาให้กับสายการผลิตได้
2. รู้จักการออกแบบและสร้างเครื่องจักร
3. รู้จักการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า
4. ฝึกการวางแผนในการทำงานอย่างมีระบบกับบุคคลอื่น
5. สามารถนำประสบการณ์ไปใช้งานได้จริงในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

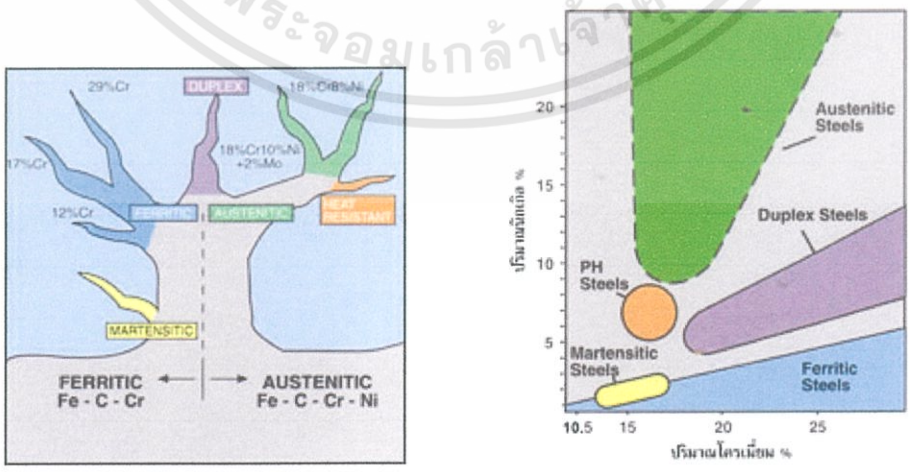
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)

“สเตนเลส” หรือชื่ออย่างเป็นทางการ คือ “เหล็กกล้าไร้สนิม” [1] เป็นศัพท์ทั่วไปที่ใช้เรียกเหล็กในกลุ่มที่มีความต้านทานการกัดกร่อนสูง สเตนเลสเป็นโลหะผสมระหว่างเหล็กและคาร์บอน ซึ่งส่วนประกอบจะมีปริมาณคาร์บอนต่ำ มีโครเมียมเป็นส่วนผสมหลัก ประมาณ 10.5 % หรือมากกว่าทำให้เกิดการสร้างฟิล์มโครเมียมออกไซด์ (Chromium Oxide Film : CrO_2 หรือเรียกว่า Passive Film) ที่มองไม่เห็นเกาะติดแน่นอยู่ที่ผิวหน้า ทำให้เหล็กกล้ามีความต้านทานการกัดกร่อน ฟิลม์ปกป้องนี้จะมีความบางเทียบเท่ากับวางกระดาษ 1 แผ่น บนตึกสูง 20 ชั้น ถ้าฟิล์มที่ผิวหน้านั้นถูกทำลายไม่ว่าจากแรงกล สารเคมี หรือออกซิเจนที่มีอยู่ในบรรยากาศ แม้จำนวนน้อยนิด ออกซิเจนจะเข้าทำปฏิกิริยากับโครเมียม สร้างฟิล์มโครเมียมออกไซด์ทดแทนขึ้นใหม่ด้วยตัวมันเอง

สเตนเลสสามารถปรับปรุงคุณสมบัติในการต้านทานการกัดกร่อนและสมบัติอื่นๆ ที่ต้องการให้สูงขึ้นได้ โดยการเพิ่มส่วนผสมของโครเมียมและเพิ่มธาตุอื่นๆ เช่น โมลิบดินัม นิกเกิล และไนโตรเจนเข้าไป

ด้วยคุณสมบัติที่พิเศษ เช่น ยากต่อการขึ้นสนิมเมื่อเทียบกับโลหะหรือวัสดุชนิดอื่นๆ ค่าบำรุงรักษาต่ำ ง่ายต่อการเชื่อมและการขึ้นรูป ระยะเวลาการใช้งานคุ้มค่ากับราคา และสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ทั้งหมด จึงทำให้สเตนเลสเป็นโลหะที่ทรงคุณค่า คุณสมบัติ และประโยชน์ใช้สอยที่ไร้ขีดจำกัด



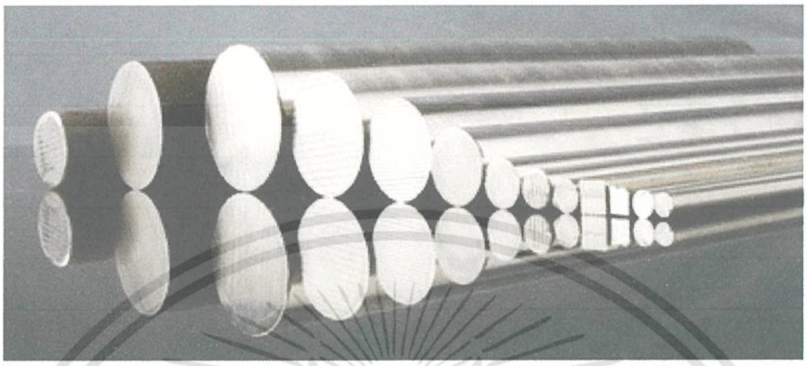
รูปที่ 2.1 ประเภทและร้อยละองค์ประกอบของเหล็กกล้าไร้สนิม

[**ที่มา :** http://www.tssda.org/index.php?actions=about&id=6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ตระกูลของสเตนเลส

เมื่อทราบถึงคุณสมบัติของสเตนเลสแล้ว การจะตัดสินใจเลือกใช้สเตนเลสควรจะทราบว่าสเตนเลสมีกี่ตระกูล และแต่ละตระกูลแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งโดยทั่วไปสเตนเลสแบ่งออกเป็น 5 ตระกูลตามโครงสร้างคือ ออสเทนนิติค เฟอร์ริติค ดูเพล็กซ์ มาร์เทนซิติค และเหล็กกล้าชุบแข็งแบบตกผลึก



รูปที่ 2.2 ตระกูลของสเตนเลส

[**ที่มา :** http://www.maxsteelthai.com]

2.1.1.1 ตระกูลออสเทนนิติค (Austenitic)

ออสเทนนิติคหรือที่รู้จักกันใน "ซีรี่ส์ 300" ซึ่งประมาณได้ว่า 70 % ของการผลิตสเตนเลสในโลกนี้ เป็นสเตนเลสตระกูลออสเทนนิติค ที่ประกอบด้วยคาร์บอนอย่างน้อย 0.15 % มีส่วนผสมของโครเมียมอย่างน้อย 16 % และนิกเกิล ซึ่งช่วยปรับปรุงคุณสมบัติในการขึ้นรูปการประกอบและเพิ่มความทนทานต่อการกัดกร่อน บางเกรดจะมีแมงกานีสผสมอยู่ด้วย โดยทั่วไปจะมีโครเมียม 18 % นิกเกิล 10 % และมักเรียกกันว่า 18/10 ซึ่งคล้ายกับ 18/0 และ 18/8

2.1.1.2 ตระกูลเฟอร์ริติค (Ferritic)

เฟอร์ริติคมีสมบัติดูดแม่เหล็ก มีโครเมียมเป็นธาตุผสมหลักระหว่าง 10.5-27 % บางเกรดผสมนิกเกิลลงไปเล็กน้อย บางเกรดผสมโมลิบดินัม อลูมิเนียม หรือไททาเนียม

2.1.1.3 ตระกูลมาร์เทนซิติค (Martensitic)

มาร์เทนซิติคเป็นตระกูลที่มีความต้านทานการกัดกร่อนน้อยกว่าออสเทนนิติค และเฟอร์ริติค แต่มีความทนทานและแข็งแรงมากกว่า มีคุณสมบัติดูดแม่เหล็ก โดยทั่วไปจะมีส่วนผสมของโครเมียม 12-14 % โมลิบดินัม 0.2-1 % มีนิกเกิล 0-2 % และมีคาร์บอนผสมอยู่ประมาณ 0.1-1 % ซึ่งสามารถชุบแข็งได้โดยการให้ความร้อนแล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วและการอบคืนตัว โดยทั่วไปจะรู้จักกันใน "ซีรี่ส์ -00"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.4 ตระกูลดูเพล็กซ์ (Duplex)

เนื่องจากมีโครงสร้างผสมระหว่างโครงสร้างเฟอร์ไรต์และออสตไนต์ จึงทำให้มีความแข็งแรงมากกว่าออสเทนนิติค และมีความทนทานต่อการกัดกร่อนชนิดรูเข็ม มีโครเมียมเป็นธาตุผสมอยู่ระหว่าง 19 ถึง 28 % โมลิบดินัมสูงกว่า 5 % และมีนิกเกิลน้อยกว่าตระกูลออสเทนนิติค ใช้งานมากในสภาพแวดล้อมที่มีคลอไรด์สูง

2.1.1.5 ตระกูลเพิ่มความแข็งโดยการตกผลึก

มีความต้านทานการกัดกร่อนเทียบเคียงกับตระกูลออสเทนนิติค มีความแข็งแรงมากกว่าตระกูลมาร์เทนซิติค เกรด 17-4 ที่รู้จักกันทั่วไป มีโครเมียมผสมอยู่ 17 % และมีนิกเกิล 4 % มีทองแดงและไนโอเบียมผสมอยู่ด้วย เนื่องจากสเตนเลสชนิดนี้สามารถชุบแข็งได้ในคราวเดียว จึงเหมาะสำหรับทำแกนปั๊มหัววาล์ว และส่วนประกอบของอากาศยาน

หมายเลขซีรี่ส์ของเหล็กกล้าไร้สนิมทั่วไป

ซีรี่ส์ 200 - ตระกูลออสเทนนิติคที่มีส่วนผสมของแมงกานีสสูง

ซีรี่ส์ 300 - ตระกูลออสเทนนิติค

304 - เป็นเกรดในตระกูลออสเทนนิติคที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย บางครั้งเรียก 18/8

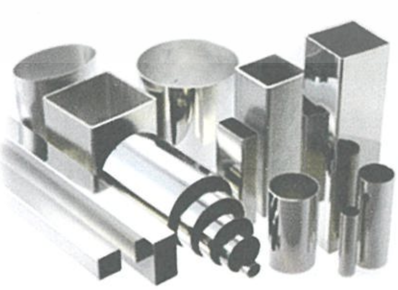
316 - เป็นเกรดในตระกูลออสเทนนิติคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายรองลงมา ใช้สำหรับเครื่องมือผ่าตัด อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยา บางครั้งเรียก "เกรดใต้น้ำ" เพราะทนทานการกัดกร่อนแบบคลอไรด์ได้ดี

ซีรี่ส์ 400 - ตระกูลเฟอร์ริติค

ซีรี่ส์ 500 - โลหะที่มีส่วนผสมของโครเมียมและทนความร้อนได้สูง

ซีรี่ส์ 600 – ตระกูลมาร์เทนซิติคที่เพิ่มความแข็งโดยการตกผลึก

630 - รู้จักกันดีใน 17-4 หรือหมายถึงมีส่วนผสมโครเมียม 17 % นิกเกิล 4 %



รูปที่ 2.3 รูปแบบซีรี่ส์ของสเตนเลส

[**ที่มา :** http://www.wanawatstainless.com]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ประโยชน์ของสเตนเลส

การเลือกใช้วัสดุในการประกอบชิ้นงานสำหรับผู้ประกอบการ ผู้ออกแบบหรือโปรดักซ์ดีไซน์ หรือแม้กระทั่งการนำวัสดุมาใช้ในบ้าน ถือเป็นสิ่งสำคัญที่ทุกคนจะพิจารณาทั้งข้อดีและข้อเสียของวัสดุนั้นๆ

2.1.2.1 การทนทานต่อการกัดกร่อน

สเตนเลสทุกตระกูลทนทานต่อการกัดกร่อน แต่จะแตกต่างกันไปตามส่วนผสมของโลหะ เช่น เกรดที่มีโลหะผสมไม่สูง สามารถต้านทานการกัดกร่อนในบรรยากาศทั่วไป ในขณะที่เกรดที่มีโลหะผสมสูงสามารถต้านทานการกัดกร่อนในกรด ด่าง สารละลาย และบรรยากาศคลอไรด์ได้เกือบทั้งหมด

2.1.2.2 ความต้านทานต่ออุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ

สเตนเลสบางเกรดสามารถทนความร้อนและความเย็น รวมถึงการเปลี่ยนอุณหภูมิโดยฉับพลันได้ดี และด้วยคุณสมบัติพิเศษในการทนไฟ ทำให้มีการนำสเตนเลสไปใช้ในอุตสาหกรรมขนส่ง อุตสาหกรรมปิโตรเคมีอย่างแพร่หลาย

2.1.2.3 ง่ายต่องานประกอบ หรือขึ้นรูป

สเตนเลสส่วนใหญ่สามารถตัด เชื่อม ขึ้นรูป ตกแต่งทางกล ดึงขึ้นรูป ขึ้นรูปนูนต่ำได้ง่าย ด้วยรูปร่าง คุณสมบัติ และลักษณะต่างๆ ของสเตนเลส ช่วยให้ผู้ผลิตสามารถนำสเตนเลสไปประกอบกับวัสดุอื่นๆ ได้ง่าย

2.1.2.4 ความทนทาน

คุณสมบัติเด่นอีกประการหนึ่งของสเตนเลสคือ ความแข็งแกร่งทนทาน สเตนเลสสามารถเพิ่มความแข็งได้ด้วยการขึ้นรูปเย็น ซึ่งใช้เพื่อออกแบบงาน โดยลดความหนา น้ำหนัก และราคา สเตนเลสบางเกรดอาจใช้ในงานที่ทนความร้อนและยังคงความทนทานสูง

2.1.2.5 ความสวยงาม

ด้วยรูปทรงและพื้นผิวที่หลากหลายรูปแบบที่สวยงาม ทำความสะอาดได้ง่าย ในปัจจุบันสเตนเลสมีสีให้เลือกมากมายด้วยกรรมวิธีชุบเคลือบผิวด้วยเคมีไฟฟ้า สามารถทำให้สเตนเลสมีผิวสีทอง บรอนซ์ เขียว เงิน และสีดำ ทำให้สามารถเลือกประยุกต์ใช้สเตนเลสได้อย่างมากมาย นอกจากนี้ความเงางามของสเตนเลสในอ่างล้างจาน อุปกรณ์ประกอบอาหาร หรือเฟอร์นิเจอร์ ทำให้บ้านดูสะอาดและน่าอยู่อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.6 ความปลอดภัยและถูกสุขลักษณะ

การทำความสะอาดและการดูแลรักษาสเตนเลสง่าย สเตนเลสมีความเป็นกลางสูง จึงไม่ดูดซึมรสใดๆ เป็นเหตุผลสำคัญที่สเตนเลสถูกนำมาใช้งานในงานโรงพยาบาล เครื่องครัว ด้านโภชนาการและด้านเภสัชกรรม เนื่องจากความทนทาน ความต้องการการดูแลรักษาน้อย และค่าใช้จ่ายต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาการใช้งาน การใช้อุปกรณ์เครื่องครัวสเตนเลสในบ้านเรือนจะให้ความรู้สึกถึงความปลอดภัยแก่ผู้ใช้

2.1.2.7 ช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

สเตนเลสเป็นวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่เกือบ 100 % และส่วนมากสเตนเลสดีที่ใช้ทั่วไป การผลิตมาจากเศษเหล็ก

2.1.3 การใช้งานสเตนเลสทั่วไป

2.1.3.1 สเตนเลสตระกูลออสเทนนิติค

เป็นสเตนเลสตระกูลที่นำมาใช้งานอย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์เครื่องครัว เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร เครื่องใช้ไฟฟ้า งานตกแต่งอาคาร งานสถาปัตยกรรม อุปกรณ์ในการผลิตเบียร์ หรือการผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มและอาหาร อุปกรณ์ที่มีสมบัติต้านทานที่เกี่ยวข้องกับความสะอาดและสุขศาสตร์อนามัย เช่น เครื่องมือในโรงพยาบาล เวชภัณฑ์ สามารถใช้งานที่อุณหภูมิต่ำติดลบสำหรับถังเก็บแก๊สเหลว และสามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูง เช่น อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อุปกรณ์ควบคุมหรือกำจัดมลภาวะและควันพิษ งานท่อ ถังเก็บภาชนะที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมและภาชนะความดันที่ใช้ในอุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมี ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม อุตสาหกรรมเหมืองแร่ การผลิตเนื้อเยื่อกระดาษและกระดาษ อุปกรณ์ในตู้โดยสารรถไฟ รถเข็น และอุตสาหกรรมอาหาร

2.1.3.2 สเตนเลสตระกูลเฟอร์ริติค

เป็นตระกูลที่นิยมใช้มากที่สุดในงานอุปกรณ์ตกแต่งในอาคาร เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ช้อนส้อม มีด และเครื่องใช้ในครัว อ่างล้าง อุปกรณ์เครื่องใช้ภายในบ้าน งานสถาปัตยกรรม เครื่องถ่ายความร้อนในกระบวนการผลิต และอุปกรณ์เครื่องใช้ในการผลิตอาหารและนม แกนและถังปั่นในเครื่องซักผ้าและเครื่องล้างจาน นอกจากนี้สามารถนำไปใช้ในงานเรือเดินสมุทร ทำแผ่นดาดฟ้าเรือ ฝายน้ำล้น โซ่ในงานขนถ่ายสินค้า อุปกรณ์ดูดฝุ่นและควัน

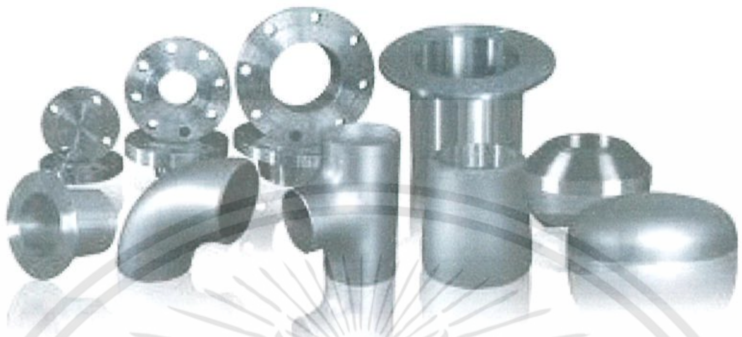
2.1.3.3 สเตนเลตระกูลมาร์เทนซิติค

สามารถนำไปใช้ในงานที่ต้องการความทนทานและมีความแข็ง เช่น ทำใบมีด เครื่องมือผ่าตัด ตัวยึด กระสวยหรือแกนเพลา หัวฉีด เพลา และสปริง โดยทั่วไปผลิตออกมาในรูปเป็นท่อนแบนแผ่น และงานหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.4 สเตนเลสตระกูลดูเพล็กซ์

นำไปใช้ในการทำแผง และท่ออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ ถังเก็บและถังความดันในบรรยากาศแวดล้อมของคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นสูง ตัวอย่างงานได้แก่ อุปกรณ์หล่อเย็นด้วยน้ำทะเล การกลั่นน้ำทะเลให้บริโภคได้ อุตสาหกรรมหมักดอง เหมืองฉีดน้ำ อุตสาหกรรมน้ำมันและแก๊ส



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างอุปกรณ์สเตนเลส

[**ที่มา :** http://pandpsteel.co.th]

2.1.4 เหล็กกล้าไร้สนิม 304 (SUS304) [2]

2.1.4.1 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าไร้สนิม 304

1. Density 8000 kg/m^3
2. Young's Modulus 190 GPa
3. Tensile Strength 520 MPa
4. Yield Strength 240 MPa
5. Poisson's Ratio 0.27 - 0.30
6. Brinell Hardness 88 HB

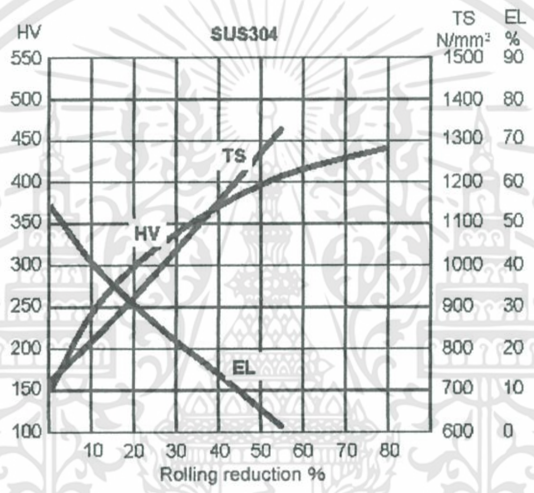
2.1.4.2 มาตรฐานต่างๆ ของเหล็กกล้าไร้สนิม 304

1. DIN Equivalent – DINX5CrNi1810
2. AISI Equivalent – AISI 304
3. EN Equivalent – X4CrNi18-10
4. BS Equivalent – BS304S31
5. ISO Equivalent – 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.3 ประกอบทางเคมีของเหล็กกล้าไร้สนิม 304

1. Carbon (C) ≤ 0.08 %
2. Silicon (Si) ≤ 1.00 %
3. Manganese (Mn) ≤ 2 %
4. Phosphorus (P) ≤ 0.045 %
5. Sulphur (S) ≤ 0.030 %
6. Nickel (Ni) ≤ 8 - 10.5 %
7. Chromium (Cr) ≤ 18.00 - 20.00 %



รูปที่ 2.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลดพื้นที่กับคุณสมบัติเชิงกลของ SUS304

[**ที่มา :** http://www.tokkin.com/materials/stainless_steel/spring]

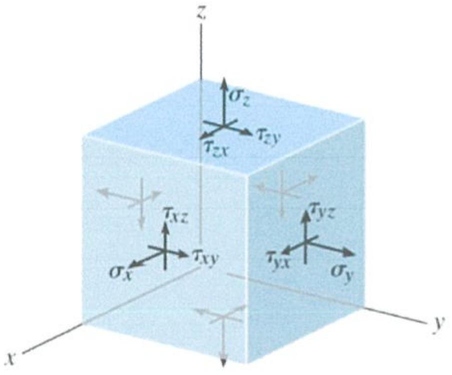
2.2 หลักการออกแบบเครื่องจักรกลและกลศาสตร์ของวัสดุ (Machine Design & Mechanics of Material)

กลศาสตร์ของวัสดุ [3] เป็นสาขาหนึ่งของวิชากลศาสตร์ที่ศึกษาถึงผลกระทบภายในส่วนเชิงกล เมื่อมีแรงจากภายนอกมากระทำต่อวัสดุ ซึ่งเป็นพื้นฐานในการออกแบบเครื่องจักรกล

2.2.1 ความเค้น (Stress)

ความเค้นหรือหน่วยแรงจะเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของวัสดุ ค่าความเค้นหมายถึงอัตราส่วนของแรงที่กระทำบนพื้นที่ใดๆ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ความเค้นแนวแกน (Normal Stress) และความเค้นเฉือน (Shear Stress) ซึ่งโดยปกติแล้วเมื่อพิจารณา ณ จุดใดๆ ในระบบก็ตาม ความเค้นจะถูกแบ่งได้เป็น 6 ลักษณะ ดังรูปที่ 2.6

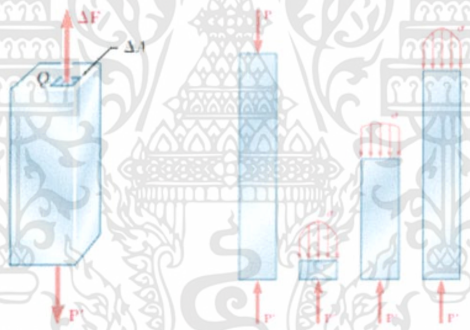
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ลักษณะทิศทางของความเค้น ณ จุดใดๆ บนวัสดุ [4]

2.2.1.1 ความเค้นในแนวแกนเฉลี่ย (Normal Stress)

ความเค้นในแนวแกนสามารถคำนวณได้เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำกับชิ้นส่วนเชิงกล ดังรูปที่ 2.7 ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่หน้าตัด [5] แต่เพื่อให้สามารถคำนวณได้ง่าย จึงใช้ค่าความเค้นในแนวแกนเฉลี่ยโดยคิดให้เมื่อมีแรงมากระทำชิ้นส่วนใดๆ ก็ตาม จะมีแรงภายในที่เท่ากันกับแรงภายนอกกระทำภายในชิ้นส่วน ดังนั้นสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2.1)



รูปที่ 2.7 แรงภายนอกและแรงภายใน [5]

$$\int dF = \int_A \sigma \, dA$$

$$P = \sigma A$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \qquad (2.1)$$

โดยที่

σ คือ ค่าความเค้นในแนวแกน (N/m^2)

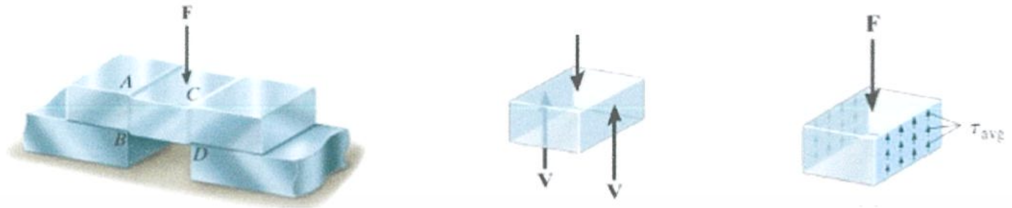
P คือ แรงภายนอกในแนวแกน (N)

A คือ พื้นที่ (m^2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 **ความเค้นเฉือนเฉลี่ย (Shear Stress)**

ค่าความเค้นเฉือน หมายถึง หน่วยแรงที่กระทำขนานกับพื้นผิวที่พิจารณาดังรูปที่ 2.8 ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.2)



รูปที่ 2.8 แรงเฉือนภายในวัสดุ [4]

$$\tau = \frac{V}{A} \tag{2.2}$$

โดยที่

τ คือ ค่าความเค้นเฉือน (N/m^2)

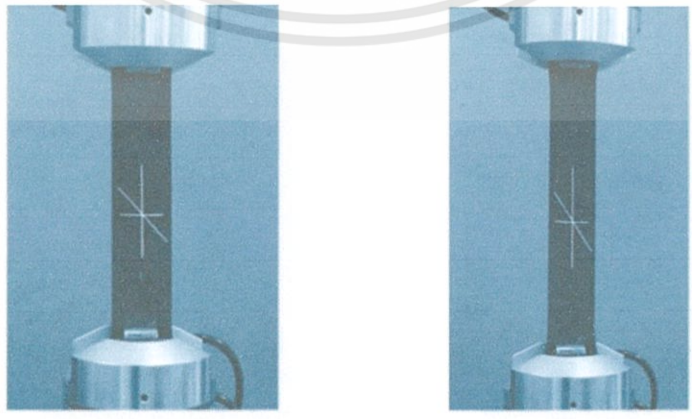
V คือ แรงเฉือนภายนอก (N)

A คือ พื้นที่ (m^2)

2.2.2 ความเครียด (Strain)

2.2.2.1 การเสียรูป (Deformation)

ไม่ว่าจะเป็นวัสดุหรือชิ้นส่วนใดก็ตาม เมื่อมีแรงกระทำบนชิ้นส่วนแล้ว จะทำให้เกิดการเสียรูป (Deformation) ซึ่งในบางครั้งอาจจะมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า เช่น ยาง เมื่อมีแรงมากระทำจะทำให้เกิดการยืดตัวสูง และการเสียรูปยังสามารถเกิดได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ตัวอย่างของการเสียรูปแสดงได้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ยางก่อนและหลังจากได้รับแรงกระทำ [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 ความเครียด (Strain)

ในการที่จะอธิบายการเสียรูปของวัสดุโดยการเปลี่ยนแปลงความยาวของเส้นอ้างอิงและมุมที่เปลี่ยนไป สามารถอธิบายได้โดยหลักการของความเครียด (Strain) โดยหน่วยของความเครียดมักบอกเป็นอัตราส่วนของความยาวต่อความยาว เช่น mm/mm หรือ in/in ส่วนในห้องปฏิบัติการมักแสดงในรูปของเปอร์เซนต์ เช่น 0.001 m/m = 0.1 % ค่าของความเครียดแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ความความเครียดตั้งฉาก (Normal Strain) ซึ่งแสดงได้ดังสมการที่ (2.3) และค่าความเครียดเฉือน (Shear Strain) ซึ่งแสดงได้ดังสมการที่ (2.4)

$$\varepsilon = \frac{\Delta s' - \Delta s}{\Delta s} = \frac{\Delta l}{L} \tag{2.3}$$

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \theta \tag{2.4}$$

โดยที่

ε คือ ค่าความเครียด (m/m, %)

$\Delta s'$ คือ ความยาวสุดท้าย (m)

Δs คือ ค่าความยาวเริ่มต้น (m)

Δl คือ ความแตกต่างของความยาวเริ่มต้นและความยาวสุดท้าย (m)

L คือ ค่าความยาวเริ่มต้น (m)

γ คือ ค่าความเครียดเฉือน (rad)

θ คือ มุมสุดท้ายของวัตถุเมื่อมีการเสียรูป (rad)

2.2.3 ค่าความปลอดภัย (Factor of Safety : F.S)

สิ่งที่สำคัญในการออกแบบชิ้นส่วนเชิงกลคือ ค่าความเค้นต้องอยู่ในระดับที่ปลอดภัยในการที่จะแน่ใจว่าปลอดภัยจริง ต้องมีการเลือกค่าความเค้นที่ยอมให้ (Allowable Stress) เพื่อควบคุมให้ค่าของแรงที่กระทำกับชิ้นส่วนไม่เกินค่าสูงสุดของวัสดุหนึ่ง ในวิธีการที่จะได้มาซึ่งแรงที่ปลอดภัยคือ การเลือกค่าคงที่ความปลอดภัย (Factor of Safety : F.S) คือ อัตราส่วนระหว่างแรงที่ทำให้ชิ้นส่วนเสียหาย (F_{fail}) ต่อแรงที่ยอมให้ได้ (F_{allow}) ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (2.5)

$$F.S. = \frac{F_{fail}}{F_{allow}} \tag{2.5}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

$F.S.$ คือ ค่าคงที่ความปลอดภัย

F_{fail} คือ แรงที่ทำให้วัสดุเสียหาย (N)

F_{allow} คือ แรงที่ยอมให้ได้ (m^2)

ซึ่งจากสมการที่ (2.5) แล้วค่าความเค้นตั้งฉากเฉลี่ยและความเค้นเฉือนเฉลี่ยก็สามารถคำนวณได้ตามหลักการเดียวกัน ดังแสดงในสมการที่ (2.6) และสมการที่ (2.7)

$$F.S. = \frac{\sigma_{fail}}{\sigma_{allow}} \tag{2.6}$$

$$F.S. = \frac{\tau_{fail}}{\tau_{allow}} \tag{2.7}$$

โดยที่

σ_{fail} คือ ความเค้นในแนวแกนที่ทำให้วัสดุเสียหาย (MPa)

σ_{allow} คือ ความเค้นในแนวแกนที่ยอมให้ได้ (MPa)

τ_{fail} คือ ความเค้นเฉือนที่ทำให้วัสดุเสียหาย (MPa)

τ_{allow} คือ ความเค้นเฉือนที่ยอมให้ได้ (MPa)

2.2.4 แผนภาพความเค้น-ความเครียด (The Stress-Strain Diagram)

แผนภาพความเค้น-ความเครียด จะแสดงค่าออกมาเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด หรือเรียกว่า Stress-Strain Diagram ซึ่งจะคำนวณค่าความเค้นจากพื้นที่หน้าตัด (A_0) และความยาวเริ่มต้น (L_0) แผนภาพความเค้น-ความเครียดของวัสดุเหนียวจะแสดงได้ดังรูปที่ 2.10 โดยการคำนวณจะใช้ค่าความเค้น (Engineering Stress) และความเครียด (Engineering Strain) ทางวิศวกรรมดังสมการที่ (2.8) และสมการที่ (2.9)

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \tag{2.8}$$

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L_0} \tag{2.9}$$

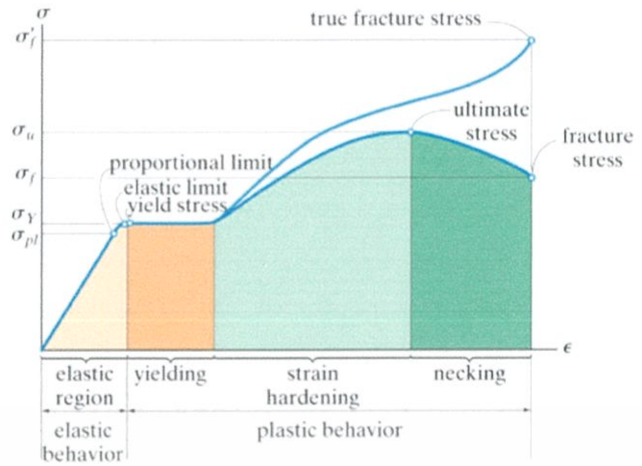
โดยที่

δ คือ ความยาวที่เปลี่ยนแปลงไป (m)

A_0 คือ พื้นที่หน้าตัดเริ่มต้น (m^2)

L_0 คือ ความยาวเริ่มต้น (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

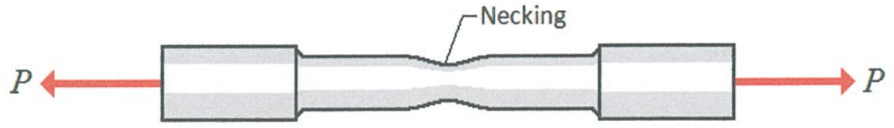


รูปที่ 2.10 แผนภาพ Stress-Strain Diagram [4]

โดยกราฟสามารถอธิบายได้ดังนี้ ช่วงพฤติกรรมยืดหยุ่น (Elastic Behavior) เป็นช่วงที่เมื่อออกแรงดึงวัสดุแล้ว วัสดุจะยังสามารถคืนสู่ความยาวปกติได้ ในช่วงแรกของการดึงจะมีความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดเป็นเส้นตรง (Linear Elastic) จุดที่มีค่าความเค้นสูงที่สุดของช่วงนี้เรียกว่า "ขีดจำกัดความเป็นสัดส่วน" (Proportional Limit) แทนสัญลักษณ์ด้วย σ_{pl} หลังจากนั้นเมื่อออกแรงดึงต่อไปอีกเพียงเล็กน้อยจะเข้าสู่จุดๆ หนึ่งที่เรียกว่า "ขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น" (Elastic Limit) แทนสัญลักษณ์ด้วย σ_e

ช่วงครากตัว (Yielding) เป็นช่วงที่อยู่ในช่วงพฤติกรรมแบบพลาสติก (Plastic Behavior) คือเมื่อวัสดุถูกดึงต่อไปแล้วจะไม่สามารถคืนตัวได้ จุดที่ค่าความเค้นมีค่าถึงจุดครากตัวเรียกว่า "ความเค้นคราก" (Yield Stress หรือ Yield Point) แทนสัญลักษณ์ด้วย σ_Y หลังจากนั้นจะเป็นช่วงที่เรียกว่า "ช่วงต้านแรงหลักครากตัว" (Strain Hardening) จากนั้นเมื่อชิ้นงานถูกดึงต่อไปจะเข้าสู่จุดที่มีค่าความเค้นสูงที่สุดหรือเรียกว่า "ความเค้นประลัย" (Ultimate Stress) หรือใช้สัญลักษณ์ σ_u

ช่วงที่เกิดคอคอด (Necking) เมื่อผ่านจุดที่มีค่าความเค้นสูงสุดแล้วชิ้นงานจะเข้าสู่ช่วง "คอคอด" หลังจากนั้นชิ้นงานจะเสียหาย ค่าความเค้นสุดท้ายที่ทำให้ชิ้นงานเสียหายเรียกว่า "ความเค้นทำลาย" (Rupture Stress) หรือใช้สัญลักษณ์ σ_f



รูปที่ 2.11 การเกิดคอคอด

[**ที่มา :** http://www.engineeringarchives.com/les_mom_necking.html]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 กฎของฮุค (Hooke's Law)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นตั้งฉาก (σ) และความเครียดตามยาว (ε) ภายใต้การดึงทดสอบโดยเฉพาะ ในช่วงยืดหยุ่นที่ความเค้นและความเครียดมีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง ได้มีนักคณิตศาสตร์คนหนึ่งชื่อ โรเบิร์ต ฮุก (Robert Hooke) พบว่าอัตราส่วนของระหว่างความเค้นและความเครียดในช่วงนี้จะมีค่าคงที่ สามารถเขียนเป็นสมการที่ได้ดังสมการที่ (2.10) ซึ่งเรียกสมการนี้ว่า "กฎของฮุก" (Hooke's Law)

$$\sigma \propto \varepsilon \tag{2.10}$$

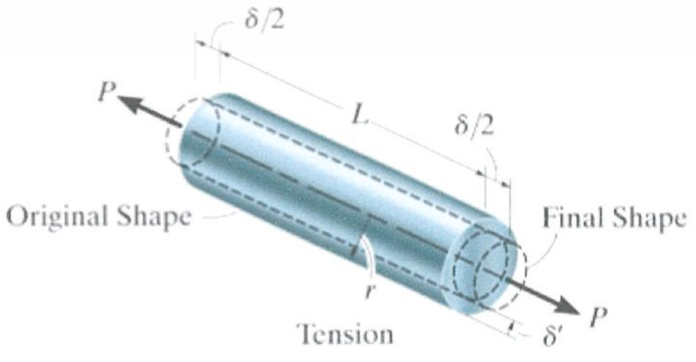
จากนั้นทอมัสยัง (Thomas Young) ได้พบค่าคงตัวของความเป็นสัดส่วน หรือเรียกว่า "มอดุลัสของยัง" (Young's Modulus) หรือนิยมเรียกกันว่า "มอดุลัสสภาพยืดหยุ่น" แทนสัญลักษณ์ด้วย E ซึ่งแสดงได้ดังสมการที่ (2.11)

$$\sigma = E\varepsilon \tag{2.11}$$

2.2.6 อัตราส่วนปัวซอง (Poisson's Ratio)

เมื่อวัสดุที่นำมาใช้ในการทดสอบ หรือวัสดุต่างๆ มีแรงมากระทำในทิศทางใดทิศทางหนึ่งแล้ว วัสดุจะมีการหดตัวในทิศทางขวางกับแนวการยืดตัว และเมื่อสมมติให้วัสดุมีคุณสมบัติเป็นวัสดุไอโซทรอปิก (Isotropic Material) แล้วเมื่อนำเอาค่าสัมบูรณ์ของความเครียดตามแนวขวางหารด้วยความเครียดตามแนวการยืดตัว จะได้ค่าคงตัวของวัสดุนั้นๆ เรียกว่า "อัตราส่วนของปัวซอง" (Poisson's Ratio) ซึ่งเขียนแทนสัญลักษณ์ด้วย ν ซึ่งเรียกตามชื่อของ ซีเมอง เดอนี ปัวซอง ซึ่งเป็นนักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศส สามารถเขียนได้ตามสมการที่ (2.12) และรูปที่ 2.12 แสดงให้เห็นถึงเพลาที่มีการยืดและหดตัวเนื่องจากแรงดึงในแนวแกน

$$\nu = \frac{\varepsilon_{lat}}{\varepsilon_{long}} \tag{2.12}$$



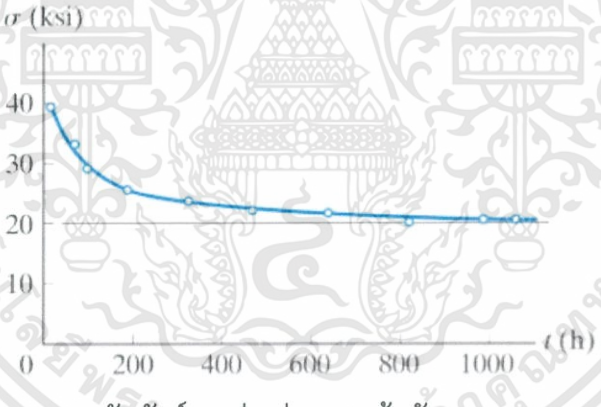
รูปที่ 2.12 เพลาที่มีการยืดและหดตัวเนื่องจากแรงดึงในแนวแกน [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 การคืบ (Creep)

การเสียหายของวัสดุโดยการคืบ (Creep) เป็นกระบวนการที่ขึ้นอยู่กับเวลา เมื่อวัสดุอยู่ภายใต้การรับความเค้นจนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาด (Dimensional Change) และเมื่อเกิดความคืบเป็นเวลานานๆ จะทำให้เกิดการเสียหาย ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในสภาวะที่อุณหภูมิสูง [Creep Experiment; Creep Deformation, 2014] โดยการคืบหรือการเปลี่ยนแปลงขนาดจะเกิดขึ้นเมื่อวัสดุได้รับความเค้นมากระทำและอุณหภูมิการใช้งานสูงขึ้น วัสดุจะเกิดการเสียหายจากการคืบเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดจนไม่สามารถใช้งานได้ตามหน้าที่ที่ออกแบบไว้ การยืดตัวหรือการคืบที่มากเพียงพอ สามารถทำให้เกิดการแตกหักได้ หรือที่ทราบกันดีคือ “การแตกขาดจากกัน” (Stress Rupture)

การทดสอบคุณสมบัติการคืบมีหลายวิธีการด้วยกัน หนึ่งในนั้นได้แก่การทดสอบการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นและเวลาที่ทำให้เกิดการเสียหายของวัสดุ การคืบจะแสดงอยู่ในลักษณะของแผนภาพของความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นกับเวลา ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 2.13 แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นกับเวลา ของสเตนเลสสตีลที่อุณหภูมิ 1200 ^{O}F และความเครียด 1%

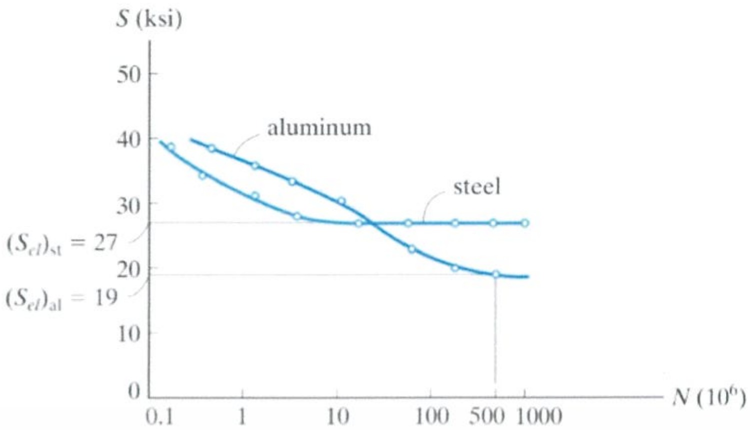


รูปที่ 2.13 แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นกับเวลา ของสเตนเลสสตีลที่อุณหภูมิ 1200 ^{O}F และความเครียด 1 % [4]

2.2.8 ความล้า (Fatigue)

เมื่อวัสดุถูกกระทำด้วยค่าความเค้นหรือความเครียดซ้ำๆ จะส่งผลให้เกิดการเสียหาย ทั้งที่ค่าความเค้นและความเครียดไม่เกินขีดจำกัด พฤติกรรมลักษณะนี้เรียกว่า “ความล้า” ในการที่จะกำหนดค่าความปลอดภัยของวัสดุภายใต้ภาระทางกลที่มีการกระทำซ้ำไปซ้ำมานั้น จำเป็นต้องทราบถึงจำนวนรอบที่ต่ำที่สุดที่ยอมให้ได้ การทดสอบค่าความล้าจะเขียนกราฟให้อยู่ในรูปของค่าความเค้น (S หรือ σ) และจำนวนรอบที่ทำให้วัสดุเสียหาย (N) ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นกับจำนวนรอบ [4]

2.3 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส (Induction Motor)

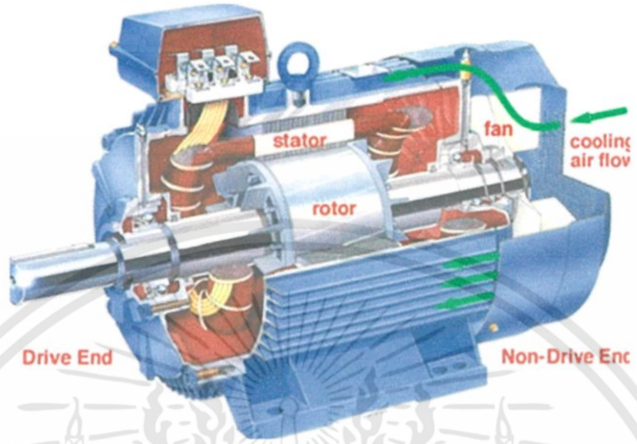
รูปที่ 2.15 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส (Induction Motor) [6]

มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส [6] แบ่งออกได้ 2 แบบ ได้แก่ โรเตอร์แบบกรงกระรอก (Squirrel Cage Rotor) และโรเตอร์แบบพันขดลวด (Wound Rotor) มอเตอร์ทั้งสองแบบนี้จะมีส่วนประกอบที่เหมือนกันดังรูปที่ 2.15 คือ ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator) แต่จะแตกต่างกันเฉพาะส่วนที่เคลื่อนที่ (Rotor) เท่านั้น

โดยมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสหรือ Induction Motor เป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้งานกันทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอก มีข้อดีคือ ไม่มีแปรงถ่าน ทำให้การสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานมีค่าน้อย มีตัวประกอบกำลังสูง การบำรุงรักษาต่ำ การเริ่มเดินทำได้ง่าย ความเร็วรอบค่อนข้างคงที่ สร้างง่าย ทนทาน ราคาถูก และมีประสิทธิภาพสูง แต่มีข้อเสียคือ การเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของมอเตอร์ทำได้ยาก ปัจจุบันได้มีการพัฒนาชุดควบคุมอินเวอร์เตอร์ใช้สำหรับปรับความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส และเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

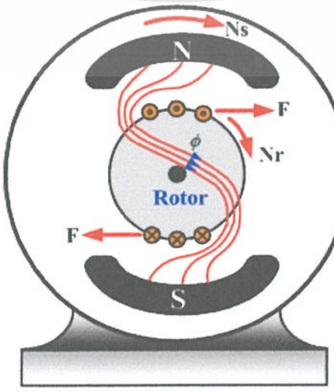
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นเครื่องจักรกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลนี้ พลังงานไฟฟ้าไม่ได้นำเข้าสู่โรเตอร์โดยตรง แต่เกิดจากการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า (Induction) จึงนิยมเรียกมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบนี้ว่า "มอเตอร์เหนี่ยวนำ" (Induction Motor)



รูปที่ 2.16 ส่วนประกอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส [6]

2.3.1 หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอก

เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ให้กับขดลวดสเตเตอร์ จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นที่สเตเตอร์ด้วยความเร็วซิงโครนัส (N_S) สนามแม่เหล็กหมุนนี้จะเคลื่อนที่ตัดขดลวดที่โรเตอร์ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ตัวนำบนโรเตอร์ แต่ตัวนำบนโรเตอร์นี้ได้ถูกลัดวงจรไว้ ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลที่ตัวนำนี้ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์ เกิดสนามแม่เหล็กขั้วเหนือและขั้วใต้ขึ้นที่โรเตอร์เช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นที่สเตเตอร์ โดยผลรวมของเส้นแรงแม่เหล็กที่สเตเตอร์กับเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำที่โรเตอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้นที่โรเตอร์ และทำให้โรเตอร์หมุนไปได้และมีทิศทางตามทิศทางของสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.17

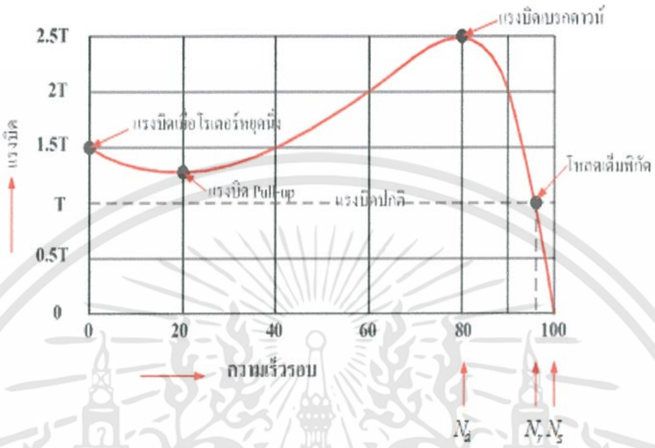


รูปที่ 2.17 การเกิดแรงบิดและขั้วสนามแม่เหล็กของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 คุณลักษณะและการนำไปใช้งาน

จากรูปที่ 2.18 เมื่อทำการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและแรงบิดของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอก ในสภาวะที่ขับโหลดเต็มพิกัด จะพบว่าแรงบิดในสภาวะปกติที่โหลดเต็มพิกัดคือ T และแรงบิดในสภาวะที่โรเตอร์หยุดนิ่งเท่ากับ 1.5 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัด สำหรับแรงบิดเบรกดาวน์จะมีค่าประมาณ 2.5 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัด



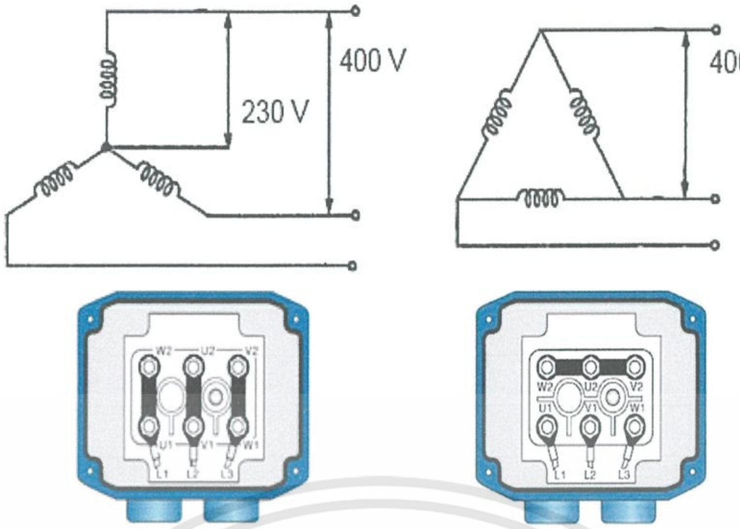
รูปที่ 2.18 กราฟคุณลักษณะของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอก [6]

ที่โหลดเต็มพิกัดความเร็วรอบของมอเตอร์จะเท่ากับ N_r แต่ถ้าแรงบิดของโหลดเพิ่มขึ้นความเร็วจะลดลง จนกระทั่งมอเตอร์สร้างแรงบิดได้เท่ากับแรงบิดของโหลด ในสภาวะดังกล่าวมอเตอร์ยังคงหมุนไปได้ แต่เมื่อใดก็ตามที่แรงบิดของโหลดเกินกว่า 2.5 เท่าของแรงบิดของมอเตอร์เต็มพิกัด ซึ่งเรียกว่า “แรงบิดเบรกดาวน์” จะทำให้มอเตอร์หยุดหมุนอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมอเตอร์ไม่สามารถสร้างแรงบิดขึ้นมาเท่ากับแรงบิดของโหลดได้ สำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่มีขนาดเล็กกว่า 10 kW ความเร็วที่แรงบิดเบรกดาวน์จะมีค่าประมาณ 80 % ของความเร็วซิงโครนัส แต่ถ้าเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีพิกัดมากกว่า 1000 kW ความเร็วที่แรงบิดเบรกดาวน์จะมีค่าประมาณ 98 % ของความเร็วซิงโครนัส

2.3.3 การต่อใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

การต่อใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสนั้น ที่สเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสจะมีขดลวดพันอยู่ 3 ชุด คือ เฟส A, B และ C สามารถนำมาต่อใช้งานได้ 2 แบบคือ การต่อใช้งานแบบสตาร์และแบบเดลตา การจะต่อมอเตอร์ใช้งานแบบใดนั้น จะต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์นั้น และระบบไฟฟ้าของประเทศนั้นๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. การต่อขดลวดแบบสตาร์ ข. การต่อขดลวดแบบเดลตา

รูปที่ 2.19 การต่อมอเตอร์ใช้งานแบบสตาร์และแบบเดลตา [6]

2.3.4 การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

เมื่อพิจารณาจากสมการของความเร็วสนามแม่เหล็กหมุนจะได้

$$N_S = \frac{120\,f}{P}\,(\text{rpm}) \tag{2.13}$$

การควบคุมที่ทำให้ความเร็วรอบของสนามแม่เหล็กหมุน หรือความเร็วซิงโครนัสเปลี่ยนแปลงได้นั้น มี 2 รูปแบบคือ เปลี่ยนแปลงจำนวนขั้วแม่เหล็ก (P) และเปลี่ยนแปลงความถี่ (f) ของแหล่งจ่ายให้กับมอเตอร์

สำหรับจำนวนขั้วแม่เหล็กจะเป็นปฏิภาคผกผันกับความเร็วซิงโครนัสคือ เมื่อจำนวนขั้วแม่เหล็กมาก ความเร็วซิงโครนัสจะน้อย แต่เมื่อจำนวนขั้วแม่เหล็กน้อยความเร็วซิงโครนัสจะมาก การปรับความเร็วรอบด้วยวิธีนี้มี 2 แบบคือ แบบคอนซีเควนโพล กับแบบใช้ขดลวดหลายชุด การเปลี่ยนแปลงจำนวนขั้วแม่เหล็ก ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ได้จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นขั้นๆ ไม่เรียบสม่ำเสมอ

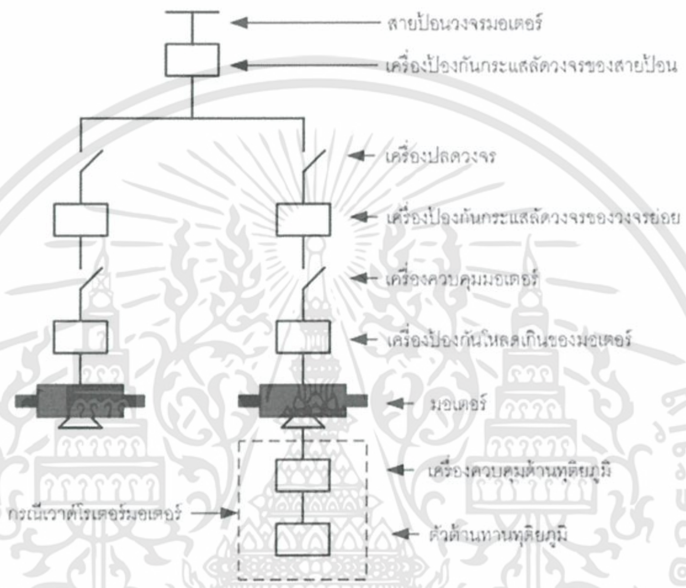
ส่วนความถี่จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเร็วซิงโครนัส เมื่อความถี่มากความเร็วซิงโครนัสจะมากตาม ในทางตรงกันข้ามถ้าความถี่ลดลงความเร็วซิงโครนัสก็จะลดลงด้วย การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วยวิธีนี้ เป็นการใช้อินเวอร์เตอร์ในการเริ่มเดินมอเตอร์ สามารถปรับความถี่ได้ตามต้องการ ความเร็วของมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอ และสามารถปรับเพิ่มหรือลดแรงบิดได้อีกด้วย ซึ่งอินเวอร์เตอร์ที่นิยมใช้งานในปัจจุบันจะเป็นแบบ PWM (Pulse Width Modulation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การคำนวณโหลดทางไฟฟ้า (Electrical Load)

ในการออกแบบวงจรไฟฟ้า จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ตัดวงจร เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเกิดการเสียหายเมื่อเกิดภาวะกระแสเกินพิกัดอุปกรณ์ ดังนั้นการออกแบบวงจรไฟฟ้าจะต้องทราบกระแสสูงสุดของอุปกรณ์ เพื่อที่จะนำไปคำนวณเลือกอุปกรณ์ตัดวงจรไฟฟ้า รวมถึงการเลือกขนาดสายไฟฟ้าต่างๆ

2.4.1 วงจรทั่วไปของมอเตอร์



รูปที่ 2.20 วงจรทั่วไปของมอเตอร์ [9]

การออกแบบวงจรมอเตอร์ [9] จะมีส่วนประกอบหลักแสดงดังรูปที่ 2.20 ประกอบด้วย สายป้อนวงจรมอเตอร์ เครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรของสายป้อน วงจรย่อยมอเตอร์ เครื่องปลด วงจร เครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรของวงจรย่อย เครื่องควบคุมมอเตอร์ เครื่องป้องกันโหลดเกินของมอเตอร์ มอเตอร์ในกรณีที่เป็นมอเตอร์ชนิดเวาด์โรเตอร์ จะมีเครื่องควบคุมด้านทุติยภูมิ และตัวต้านทานทุติยภูมิ

2.4.2 การคำนวณขนาดสายป้อนมอเตอร์

วงจรมอเตอร์อาจประกอบด้วยวงจรที่มีมอเตอร์เครื่องเดียว หลายเครื่อง และวงจรที่มีมอเตอร์รวมอยู่กับโหลดอื่นที่ไม่ใช่มอเตอร์ ในที่นี้จะกล่าวเพียงในหัวข้อวงจรที่มีมอเตอร์เครื่องเดียว การคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ สามารถคำนวณได้ดังนี้

วงจรที่มีมอเตอร์เครื่องเดียว กรณีมอเตอร์ทั่วไป สามารถคำนวณหาค่าขนาดกระแสของสายไฟฟ้าได้ดังสมการที่ (2.14) และหาขนาดสายไฟฟ้าจากตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

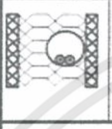
$$I_C \geq 1.25 \times I_M \tag{2.14}$$

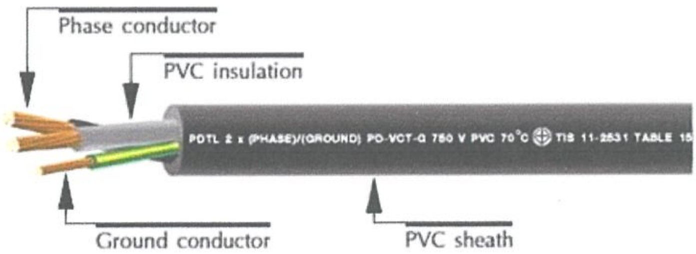
โดยที่

I_C คือ ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า (A)

I_M คือ กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ (A)

ตารางที่ 2.1 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี [7]

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1				กลุ่มที่ 2			
จำนวนตัวนำกระแส	2		3		2		3	
ลักษณะตัวนำกระแส	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง								
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	60227 IEC 01, 60227 IEC 02, 60227 IEC 05, 60227 IEC 06, 60227 IEC 10, NYY, NYY-G, VCT, VCT-G, IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่างๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายควันน้อย เป็นต้น							
ขนาดสาย(ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)							
1	10	10	9	9	12	11	10	10
1.5	13	12	12	11	15	14	13	13
2.5	17	16	16	15	21	20	18	17
4	23	22	21	20	28	26	24	23
6	30	28	27	25	36	33	31	30
10	40	37	37	34	50	45	44	40
16	53	50	49	45	66	60	59	54
25	70	65	64	59	88	78	77	70
35	86	80	77	72	109	97	96	86
50	104	96	94	86	131	116	117	103
70	131	121	118	109	167	146	149	130
95	158	145	143	131	202	175	180	156
120	183	167	164	150	234	202	208	179
150	209	191	188	171	261	224	228	196
185	238	216	213	194	297	256	258	222
240	279	253	249	227	348	299	301	258
300	319	291	285	259	398	343	343	295
400	-	-	-	-	475	-	406	-
500	-	-	-	-	545	-	464	-



รูปที่ 2.21 สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี

[**ที่มา :** http://www.trp.co.th/products02.htm]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การคำนวณขนาดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร

เครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรของวงจรย่อยที่มีมอเตอร์เครื่องเดียว สามารถคำนวณดังสมการที่ (2.15)

$$I_{CM} = \frac{K_2 \times I_M}{100} \tag{2.15}$$

โดยที่

I_{CM} คือ พิกัดกระแสหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร (A)

I_M คือ พิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ (A)

K_2 คือ ตัวคูณประกอบของเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร

2.4.4 พิกัดกระแสของเครื่องปลดวงจร

เครื่องปลดวงจรมอเตอร์ระบบแรงต่ำต้องมีพิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 115 % ของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ เป็นดังสมการที่ (2.16) (ขนาดมาตรฐานดังตารางที่ 2.2)

$$I_{DS} \geq 1.15 \times I_M \tag{2.16}$$

โดยที่

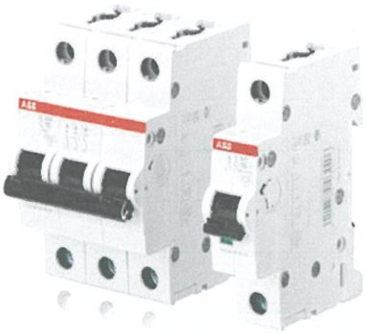
I_{DS} คือ พิกัดกระแสของเครื่องปลดวงจร (A)

I_M คือ พิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ (A)

ตารางที่ 2.2 ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดเล็ก สำหรับวงจรย่อย [7]

<table>
<tr><th>พิกัดกระแสโครง (Ampere Frame)
(AF)</th><th>พิกัดกระแสตัดวงจร (Ampere Trip)
(AT)</th></tr>
<tr><td rowspan="8">63</td><td>10</td></tr>
<tr><td>16</td></tr>
<tr><td>20</td></tr>
<tr><td>25</td></tr>
<tr><td>32</td></tr>
<tr><td>40</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>63</td></tr>
<tr><td rowspan="3">100</td><td>70</td></tr>
<tr><td>80</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
</table>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดเล็ก สำหรับวงจรย่อย (Miniature Circuit Breaker)

[**ที่มา :** http://new.abb.com/th/home-protections/miniature-circuit-breakers]

2.4.5 การคำนวณขนาดสายดิน (Ground Conductor)

ขนาดสายดินให้ใช้ตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน [7] ซึ่งสามารถเลือกขนาดของสายดินตามขนาดของเครื่องปลดวงจร ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ขนาดสายดิน [7]

พิกัดกระแสไฟฟ้าของเครื่องปลดวงจร (A)	ขนาดต่ำสุดของสายดิน (ตัวนำทองแดง) (mm^2)
16	1.5
20	2.5
40	4
70	6
100	10
200	16
400	25
500	35
800	50
1000	70
1250	95
2000	120
2500	185
4000	240
6000	400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

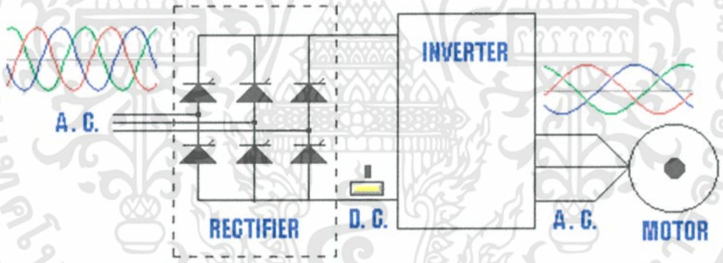
2.5 ชุดควบคุมมอเตอร์ (Driver)

โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ จะใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำเป็นต้นกำลังหลัก ซึ่งจำเป็นต้องควบคุมการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ อินเวอร์เตอร์ (Inverter) จึงเป็นตัวเลือกหนึ่ง และนิยมมากในปัจจุบัน เนื่องจากทนทาน ใช้งานง่าย มีจำหน่ายอย่างแพร่หลาย

รูปที่ 2.23 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

[ที่มา : https://frecon.en.alibaba.com/product/60248683956-222086384/FRECON_solar_pumping_inverter_DC_to_AC_solar_controller_solar_pump_drive.html]

2.5.1 หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์

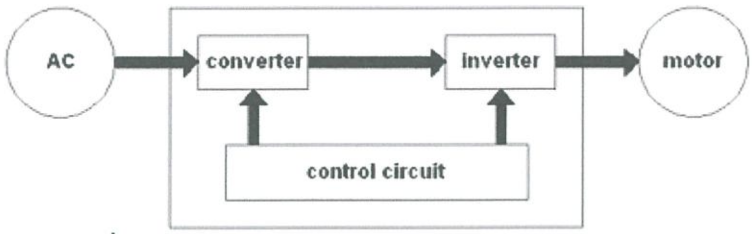


รูปที่ 2.24 หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์

[ที่มา : http://ap-machinery.com/inverter.html]

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) [10] นั้น มีหลักการทำงานในการทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าทั่วไป ที่มีแรงดันและความถี่คงที่ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) จากนั้นไฟฟ้ากระแสตรงจะถูกแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ที่สามารถปรับขนาดแรงดันไฟฟ้าและความถี่ได้โดยวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) วงจรทั้งสองนี้จะเป็นวงจรหลักที่ทำหน้าที่ในการแปลงรูปคลื่นสัญญาณ และส่งผ่านพลังงานของอินเวอร์เตอร์ โดยทั่วไปแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับจะมีรูปคลื่นซายน์ แต่สัญญาณขาออกของอินเวอร์เตอร์ จะมีรูปคลื่นแตกต่างจากรูปซายน์เล็กน้อย นอกจากนั้นยังมีชุดวงจรควบคุม (Control Circuit) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์และวงจรอินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ดังรูปที่ 2.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 บล็อคไดอะแกรมการทำงานของอินเวอร์เตอร์

[**ที่มา :** http://ap-machinery.com/inverter.html]

โดยโครงสร้างภายในของ Inverter ประกอบด้วย

1. ชุดคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับจากแหล่งจ่ายไฟ (AC Power Supply) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC Voltage)

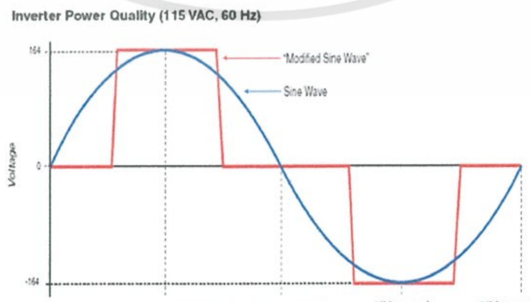
2. ชุดอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC Voltage) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Voltage) ที่สามารถเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ได้

3. ชุดวงจรควบคุม (Control Circuit) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบ (ชุดคอนเวอร์-เตอร์และชุดอินเวอร์เตอร์)

2.5.2 ประโยชน์ของอินเวอร์เตอร์

1. ใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับสำรอง เมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลักเกิดขัดข้องขึ้น หรือที่เรียกกันว่า Uninterruptible Power Supply (UPS) เป็นระบบไฟฟ้าสำรองสำหรับอุปกรณ์ที่สำคัญๆ เช่น คอมพิวเตอร์ เมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลักเกิดขัดข้อง Transfer Switch จะต่ออุปกรณ์เข้ากับ Inverter และทำการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ให้แทน โดยแปลงจากแบตเตอรี่ที่ประจุเก็บไว้

2. ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสสลับโดยการเปลี่ยนความถี่ เมื่อความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลง ความเร็วของมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงตาม



รูปที่ 2.26 สัญญาณขาออกของอินเวอร์เตอร์

[**ที่มา :** http://www.aimscorp.net/blog/tech-tip-of-the-week/aims-powers-tuesday-tech-tip-of-the-week-44/attachment/inverterwaveforms-2/]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 เซนเซอร์ (Sensor)

ในปัจจุบันเซนเซอร์ถูกนำมาใช้กับงานทางอุตสาหกรรมมากมาย [11] โดยเซนเซอร์แบ่งออกเป็นหลายชนิด การเลือกใช้เซนเซอร์ต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมกับงาน สภาพแวดล้อม และต้นทุน เพื่อให้สามารถใช้งานเซนเซอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.6.1 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสง (Photoelectric Sensor)

เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสงคือ เซนเซอร์ชนิดหนึ่ง ซึ่งทำงานโดยอาศัยหลักการส่งและรับแสง มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนคือ ตัวส่งแสง (Emitter) และตัวรับแสง (Receiver) ลักษณะการตรวจจับเกิดจากการที่ลำแสงจากตัวส่งสร้างลำแสงออกไปสะท้อนกับวัตถุ แล้วสะท้อนกลับมาที่ตัวรับแสง ส่งผลให้ตัวรับแสงรู้สภาวะที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงสภาวะ และนำสัญญาณทางด้านขาออกไปใช้งานต่อไป โดยทั่วไปใช้ในงานการตรวจจับการเคลื่อนไหว การตรวจจับวัตถุ และการตรวจสอบขนาดรูปร่างของวัตถุ

คุณลักษณะโดยทั่วไปของเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสงมีดังนี้ [12]

1. สามารถตรวจจับวัตถุแบบไม่ต้องสัมผัส
2. สามารถตรวจจับวัตถุได้ทุกชนิดขึ้นอยู่กับประเภทของเซนเซอร์
3. สามารถตรวจจับ สี, ขนาด, ความลึก, ตำแหน่ง และพื้นที่ของวัตถุ

อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับแสงส่วนใหญ่นิยมใช้โฟโตไดโอด (Photo Diode) หรือโฟโต-ทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) ส่วนตัวส่งแสงนั้นโดยทั่วไปใช้ Led (Light Emitting Diode) เนื่องจากการต่อใช้งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำได้ง่าย สะดวกในการบำรุงรักษา ใช้กระแสไฟฟ้าต่ำ และไม่ได้รับผลกระทบจากสภาวะรอบข้าง ไม่ว่าจะเป็นสนามแม่เหล็ก ความถี่ ความร้อน ความชื้น หรือการสั่นสะเทือน

แบ่งประเภทของ Led ตามความยาวคลื่นของแสงได้ดังนี้

1. Led แบบแสงอินฟราเรด มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 910-950 nm ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ให้ความเข้มของแสงสูงและระยะส่งไกล แต่ไม่สามารถแยกสีได้

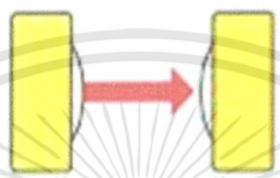
2. Led แบบแสงสีแดง มีความยาวคลื่นประมาณ 650 nm มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ความเข้มของแสงอยู่ในระดับปานกลาง สามารถตรวจจับพื้นผิวที่มีสีดำ สีน้ำเงิน และสีเขียวบนพื้นสีขาวได้ดี

3. Led แบบแสงสีเขียว มีความยาวคลื่นประมาณ 560 nm ให้ความเข้มของแสงต่ำ มีระยะการตรวจจับที่ไม่ไกล สามารถตรวจจับพื้นที่สีแดงบนพื้นสีขาวได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1.1 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสงประเภทตัวรับ-ตัวส่งแยกกัน

เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสงประเภทนี้ เวลาใช้งานตัวรับและตัวส่งจะวางอยู่ตรงข้ามกัน สามารถตรวจจับวัตถุที่มีขนาดใหญ่ และช่วงระยะในการตรวจจับมากที่สุด ในสภาวะการทำงานปกติ ตัวรับจะรับสัญญาณแสงจากตัวส่งตลอดเวลา เมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่ตัดผ่านหน้าเซนเซอร์ ขวางลำแสงที่ส่งจากตัวส่งไปยังตัวรับ จะทำให้วงจรภายในตัวรับจะรับรู้ได้ว่ามีวัตถุขวางอยู่ ทำให้สถานะขาออกของตัวรับเปลี่ยนแปลงไป โดยเรียกลักษณะการทำงานแบบนี้ว่า “Dark On” หรือ “Dark Operate” ดังรูปที่ 2.27

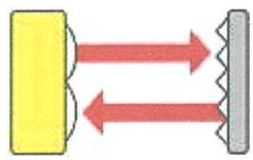


รูปที่ 2.27 การทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสงประเภทตัวรับ-ตัวส่งแยกกัน [11]

2.6.1.2 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสงประเภทสะท้อนกับแผ่นสะท้อน

เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสงประเภทนี้ ใช้งานคู่กับแผ่นสะท้อน ติดตั้งทั้งตัวส่งและตัวรับภายในตัวเดียวกัน จึงไม่จำเป็นต้องเดินสายไฟทั้งสองฝั่ง เหมือนประเภทตัวรับ-ตัวส่งแยกกัน ทำให้ใช้งานได้ง่ายกว่าเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสงประเภทตัวรับ-ตัวส่งแยกกัน แต่อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องติดตั้งตัวแผ่นสะท้อนไว้ตรงข้ามกับตัวเซนเซอร์ เพื่อให้แสงจากตัวส่งสะท้อนกลับมาที่ตัวรับ เหมาะสำหรับชิ้นงานที่มีลักษณะทึบแสงไม่เป็นมันวาว เนื่องจากอาจทำให้ตัวรับของเซนเซอร์รับแสงจากวัตถุแทนแสงจากแผ่นสะท้อน ทำให้ทำงานผิดพลาดได้ดังในรูปที่ 2.28

ในสภาวะการทำงานปกติตัวรับจะรับสัญญาณแสง ซึ่งสะท้อนกับแผ่นสะท้อนอยู่ตลอดเวลา เมื่อวัตถุเคลื่อนที่เข้ามาขวางลำแสง ตัวรับจึงไม่สามารถรับลำแสงที่จะสะท้อนกลับมาได้ ซึ่งทำให้วงจรภายในตัวรับจะรับรู้ได้ว่ามีวัตถุขวางอยู่ ทำให้สถานะของขาออกของตัวรับเปลี่ยนแปลงไป โดยเรียกลักษณะการทำงานแบบนี้ว่า “Dark On” หรือ “Dark Operate” เช่นเดียวกัน

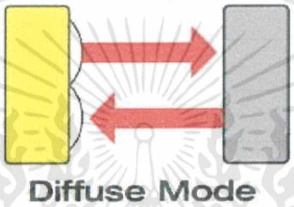


รูปที่ 2.28 การทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสง ประเภทสะท้อนกับแผ่นสะท้อน [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

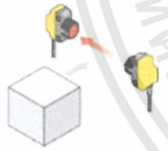
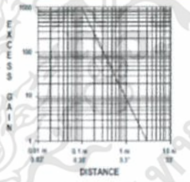
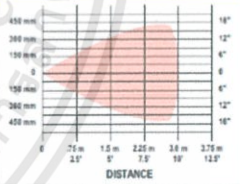
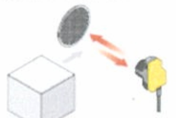
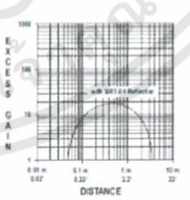
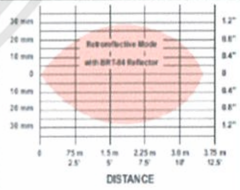
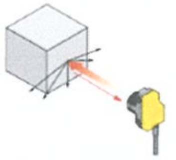
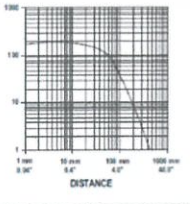
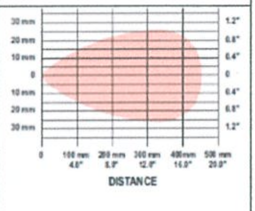
2.6.1.3 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสงประเภทสะท้อนกับวัตถุ

เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสงประเภทนี้ติดตั้งทั้งตัวส่งและตัวรับภายในตัวเดียวกันดังรูปที่ 2.29 ทำให้ใช้งานง่ายเหมือนเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสงประเภทสะท้อนกับแผ่นสะท้อน ใช้ตรวจจับชิ้นงานที่มีลักษณะทึบแสงและโปร่งแสงได้ ซึ่งในสภาวะการทำงานปกติ ตัวรับจะไม่สามารถรับสัญญาณจากตัวส่งได้ เนื่องจากไม่มีวัตถุที่จะทำหน้าที่เป็นตัวสะท้อนลำแสงกลับมายังตัวรับ เมื่อมีวัตถุผ่านหน้าเซนเซอร์ ทำให้ตัวรับสามารถรับลำแสงที่สะท้อนกลับมาจากวัตถุได้ วงจรภายในตัวรับจึงรับรู้ได้ว่ามีวัตถุขวางอยู่ ทำให้สถานะของขาออกของตัวรับเปลี่ยนแปลงไป โดยเรียกลักษณะการทำงานแบบนี้ว่า “Light On” หรือ “Light Operate”



รูปที่ 2.29 การทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสงประเภทสะท้อนกับวัตถุ [11]

ตารางที่ 2.4 ประเภทและลักษณะการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสง
[**ที่มา :** http://www.compomax.co.th/product/basics-of-photoelectric-sensing/]

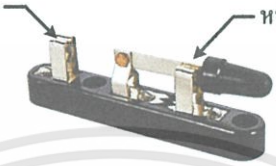
Configuration	Features	Excess Gain	Beam Pattern
OPPOSED 	• เชื่อถือได้ที่สุด สำหรับการตรวจจับวัตถุทึบแสง • ค่า excess gain สูง ทำให้ระยะตรวจจับไกล • ประสิทธิภาพดี แม้สภาพแวดล้อมมีสิ่งปนเปื้อน เช่น ฝุ่น ควัน เป็นต้น • ทำงานได้ขณะที่การติดตั้งผิดแนว		
RETROREFLECTIVE 	• สะดวกเมื่อมีพื้นที่ติดตั้งจำกัด • ค่า excess gain สูง ทำให้ระยะตรวจจับไกล		
DIFFUSE 	• สะดวกเมื่อมีพื้นที่ติดตั้งจำกัด • ใช้ในงานที่มีการสะท้อนของวัตถุที่ต้องการตรวจจับ		

เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสงบางตัว สามารถปรับระยะการตรวจจับได้หลายระยะ ทั้งแบบปรับระยะอัตโนมัติและการปรับตั้งโดยกลไกภายนอก ซึ่งทำให้สะดวกต่อการใช้งานและมีความยืดหยุ่นสูง แต่ความเข้มแสงในการตรวจจับอาจจะมีความคลาดเคลื่อนไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 สวิตช์ไฟฟ้า (Switch)

สวิตช์ไฟฟ้า (Switch) [13] คือ อุปกรณ์ควบคุมวงจรไฟฟ้า โดยหน้าสัมผัส (Contact) ของสวิตช์ไฟฟ้าเปิดวงจร (Open Circuit) เพื่อตัดวงจรไฟฟ้า ทำให้กระแสไฟฟ้าไม่ไหลผ่านวงจรไฟฟ้า และหน้าสัมผัสของสวิตช์ไฟฟ้าปิดวงจรไฟฟ้า (Closed Circuit) เพื่อต่อวงจรไฟฟ้า ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรไฟฟ้า



รูปที่ 2.30 สวิตช์ไฟฟ้า [13]

หน้าสัมผัสของสวิตช์ไฟฟ้าเปิดวงจรไฟฟ้า หมายถึง หน้าสัมผัสของสวิตช์ไฟฟ้าแยกกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหน้าสัมผัสของสวิตช์ไฟฟ้าไม่ได้

หน้าสัมผัสของสวิตช์ไฟฟ้าปิดวงจรไฟฟ้า หมายถึง หน้าสัมผัสของสวิตช์ไฟฟ้าสัมผัสกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหน้าสัมผัสของสวิตช์ไฟฟ้าได้

ก. สวิตช์จำกัดระยะ

ข. สวิตช์สั่งงาน

รูปที่ 2.31 สวิตช์ไฟฟ้าในระบบอุตสาหกรรม [13]

สวิตช์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์สำหรับตรวจสอบและควบคุมเครื่องจักรของระบบควบคุมไฟฟ้า ระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม ประกอบด้วย สวิตช์จำกัดระยะ (Limit Switch) และสวิตช์สั่งงาน (Command Switch)

2.7.1 สวิตช์จำกัดระยะ (Limit Switch)

สวิตช์จำกัดระยะ เป็นสวิตช์ไฟฟ้าตรวจจับการเคลื่อนตำแหน่งวัตถุ สวิตช์จำกัดระยะแบ่งเป็นสวิตช์จำกัดระยะพื้นฐาน และสวิตช์จำกัดระยะทนงานหนัก (Heavy Duty Switch) สวิตช์จำกัดระยะพื้นฐานเป็นสวิตช์จำกัดระยะขนาดเล็ก สำหรับงานทั่วไป ต่างจากสวิตช์ทนงานหนัก ที่เป็นสวิตช์จำกัดระยะที่มีโครงสร้างแข็งแรงและทนทานกว่าสวิตช์จำกัดระยะพื้นฐาน ตัวเรือนของสวิตช์จำกัดระยะทนงานหนักออกแบบพิเศษสำหรับป้องกันน้ำ ฝุ่นละออง และการทำงานหนักระยะเวลานานภายในโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.32 สวิตช์จำกัดระยะ [13]

2.7.1.1 โครงสร้างสวิตช์จำกัดระยะ

สวิตช์จำกัดระยะ ประกอบด้วยกลไกสั่งงานตรวจจับการเคลื่อนตำแหน่งของวัตถุ และหน้าสัมผัสของสวิตช์ไฟฟ้า ดังนี้

1. กลไกสั่งงาน เป็นกลไกตรวจจับการเคลื่อนตำแหน่งวัตถุ ทำให้เดือยกด (Head) และกลไกหน้าสัมผัสภายในตัวสวิตช์ไฟฟ้าเปลี่ยนตำแหน่งหน้าสัมผัส

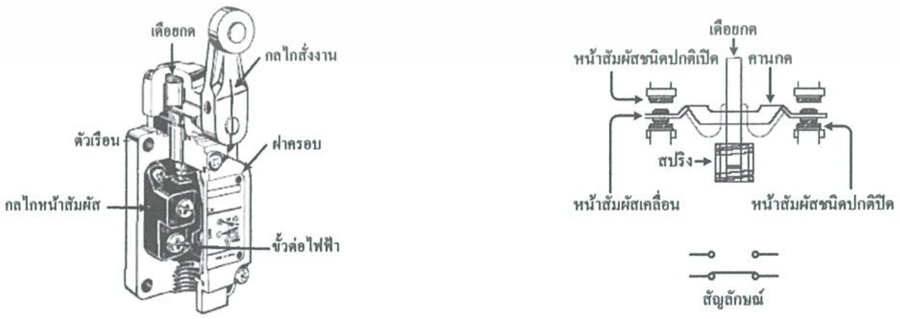
2. ตัวเรือน และฝาครอบ (Cover) เป็นภาชนะห่อหุ่มกลไกหน้าสัมผัสของสวิตช์ไฟฟ้า ทำหน้าที่ป้องกันน้ำและฝุ่นละอองที่จะเข้ามาภายในตัวสวิตช์

3. กลไกหน้าสัมผัส เป็นกลไกเปิดวงจรไฟฟ้า และปิดวงจรไฟฟ้า

4. ขั้วต่อไฟฟ้า เป็นจุดต่อวงจรไฟฟ้าของหน้าสัมผัสภายในสวิตช์ไฟฟ้า

ก. กลไกหน้าสัมผัส ข. ตำแหน่งหน้าสัมผัส

รูปที่ 2.33 กลไกหน้าสัมผัสสวิตช์จำกัดระยะ [13]



ก. โครงสร้างสวิตช์ ข. กลไกหน้าสัมผัส

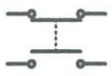
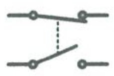
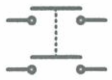
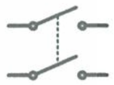
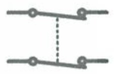
รูปที่ 2.34 โครงสร้างของสวิตช์จำกัดระยะ [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.2 รูปแบบหน้าสัมผัสของสวิตช์จำกัดระยะ

รูปแบบหน้าสัมผัสของสวิตช์จำกัดระยะ ประกอบด้วยหน้าสัมผัสชนิดปกติเปิด (NO) และหน้าสัมผัสชนิดปกติปิด (NC) ดังตารางที่ 2.5

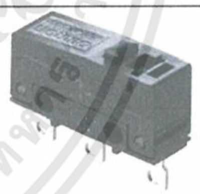
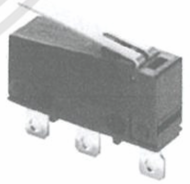
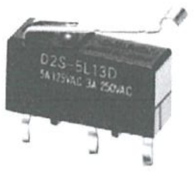
ตารางที่ 2.5 รูปแบบหน้าสัมผัสของสวิตช์จำกัดระยะ [13]

1.	หน้าสัมผัส จำนวนสองหน้าสัมผัส เคลื่อนตำแหน่งเดียว (DPST ย่อจาก Double Pole Single Throw)		
2.	หน้าสัมผัส จำนวนสองหน้าสัมผัส เคลื่อนตำแหน่งเดียว ชนิดปกติเปิด (DPST-NO หรือ Double Pole Single Throw-Normally Open)		
3.	หน้าสัมผัส จำนวนสองหน้าสัมผัส เคลื่อนตำแหน่งเดียว ชนิดปกติปิด (DPST-NC หรือ Double Pole Single Throw-Normally Closed)		

2.7.1.3 กลไกสั่งงานสวิตช์จำกัดระยะ

สวิตช์จำกัดระยะ ประกอบด้วยกลไกสั่งงานหลากหลายรูปแบบสำหรับตรวจจับการเคลื่อนตำแหน่งของวัตถุ ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 รูปแบบกลไกสั่งงานของสวิตช์จำกัดระยะ [13]

1.	ปุ่มกด (Push Plunger)	
2.	ก้านโยกปลายตรง (Hing Lever)	
3.	ก้านโยกปลายลูกกลิ้ง (Hinger Roller Lever)	
4.	ก้านโยกปลายงอ (Simulated Roller Lever)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 สวิตช์สั่งงาน (Command Switch)

สวิตช์สั่งงานเป็นสวิตช์ไฟฟ้าสั่งงานเครื่องจักร โดยกลไกหน้าสัมผัสควบคุมการเปิดวงจรไฟฟ้าและการปิดวงจรไฟฟ้า

รูปที่ 2.35 สวิตช์สั่งงาน [13]

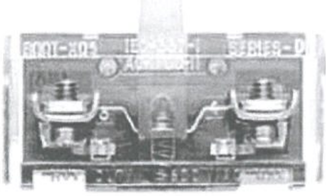
2.7.2.1 โครงสร้างสวิตช์สั่งงาน

สวิตช์สั่งงานเป็นสวิตช์ไฟฟ้าชนิดหน้าสัมผัสปุ่มกด ประกอบด้วย กลไกหน้าสัมผัส (Contact Box) สำหรับควบคุมวงจรไฟฟ้า กลไกสั่งงาน (Operator) สำหรับสั่งงานกลไกหน้าสัมผัสสวิตช์สั่งงาน และสลัก (Latch) สำหรับประกอบชิ้นส่วนกลไกสั่งงานกับกลไกหน้าสัมผัสของสวิตช์สั่งงาน

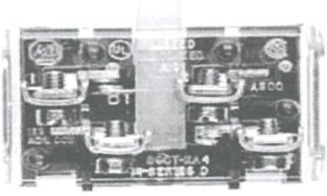
รูปที่ 2.36 ส่วนประกอบของสวิตช์สั่งงาน [13]

2.7.2.2 รูปแบบหน้าสัมผัสของสวิตช์สั่งงาน

รูปแบบหน้าสัมผัสของสวิตช์สั่งงาน ประกอบด้วยหน้าสัมผัสจำนวนหน้าสัมผัสเดียวและหน้าสัมผัสจำนวนสองหน้าสัมผัส



ก. กลไกหน้าสัมผัสเดียว



ข. กลไกสองหน้าสัมผัส

รูปที่ 2.37 กลไกหน้าสัมผัสของสวิตช์สั่งงาน [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.3 กลไกสั่งงานของสวิตช์สั่งงาน

กลไกสั่งงานของสวิตช์สั่งงาน ประกอบด้วยกลไกสั่งงานแบบกด กลไกสั่งงานแบบหมุน กลไกสั่งงานแบบโยก ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 กลไกสั่งงานของสวิตช์สั่งงาน [13]

1.	สวิตช์กด (Push Button Switch)	
2.	สวิตช์หมุน (Selector Switch)	
3.	สวิตช์กุญแจหมุน (Key Operated Selector Switch)	
4.	สวิตช์ก้านโยก (Toggle Switch)	
5.	สวิตช์ก้านควบคุม (Joystick)	
6.	สวิตช์เท้าเหยียบ (Foot Switch)	

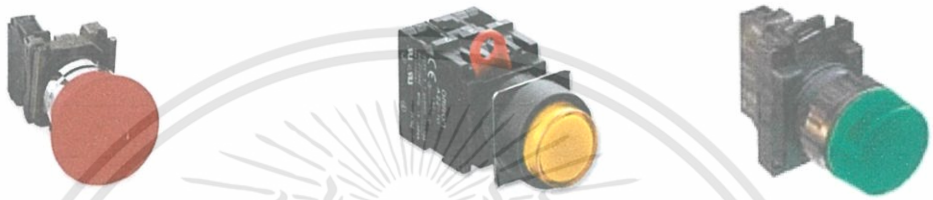
2.7.2.4 หลอดสัญญาณ

หลอดสัญญาณเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ทำหน้าที่ส่งสัญญาณ (แสดงสถานะ) ตามคำสั่ง หลอดสัญญาณจะแสดงสัญญาณเป็นไฟสถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิตช์สั่งงานสามารถแบ่งตามรูปแบบหลอดสัญญาณได้เป็น 2 ประเภทคือ สวิตช์สั่งงานประเภทหลอดสัญญาณ (Lighted Command Switch) และสวิตช์สั่งงานประเภทไม่มีหลอดสัญญาณ (Non-Lighted Command Switch)

สวิตช์สั่งงานที่ประกอบด้วยกลไกหลอดสัญญาณและกลไกหน้าสัมผัส ทั้งสองส่วนแยกเป็นกลไกอิสระต่อกันสามารถประหยัดพื้นที่ ใช้เป็นสวิตช์สั่งงานและหลอดสัญญาณแสดงสถานะในตำแหน่งเดียวกัน ส่วนมากนิยมให้หลอดสัญญาณเปลี่ยนสถานะพร้อมกับการเปลี่ยนสถานะของกลไกหน้าสัมผัส



ก. สวิตช์สั่งงานไม่มีหลอดสัญญาณ ข. สวิตช์สั่งงานชนิดหลอดสัญญาณ ค. หลอดสัญญาณ

รูปที่ 2.38 หลอดสัญญาณของสวิตช์สั่งงาน [13]

สวิตช์สั่งงานที่ติดตั้งหลอดสัญญาณ โดยกลไกหลอดสัญญาณ (Lamp Box) จะคล้ายกับกลไกหน้าสัมผัสของสวิตช์สั่งงาน

ก. กลไกหน้าสัมผัส ข. กลไกหลอดสัญญาณ

รูปที่ 2.39 กลไกหน้าสัมผัสและกลไกหลอดสัญญาณของสวิตช์สั่งงาน [13]

ชนิดหลอดสัญญาณของสวิตช์สั่งงาน ประกอบด้วยหลอดสัญญาณนีออน (Neon Lamp) หลอดสัญญาณแอลอีดี (LED ย่อจาก Light Emitting Diode) และหลอดสัญญาณหลอดไส้ (Incandescent Lamp)

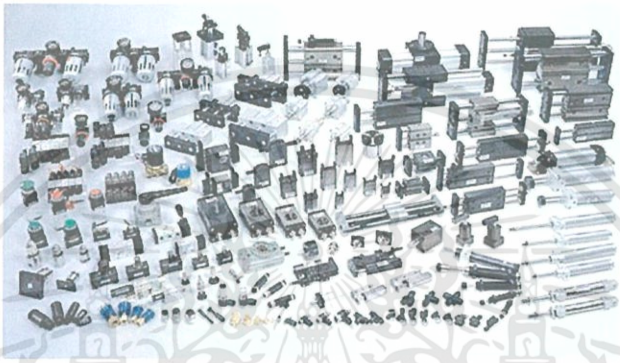
ก. หลอดสัญญาณนีออน ข. หลอดสัญญาณแอลอีดี ค. หลอดสัญญาณหลอดไส้

รูปที่ 2.40 ชนิดหลอดสัญญาณ [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 นิวแมติกส์ (Pneumatics)

นิวแมติกส์ (Pneumatics) [13] คือ กลไกขับเคลื่อนเครื่องจักรกลโดยใช้แรงดันอากาศ หรือแรงดันก๊าซ ระบบนิวแมติกส์ (Pneumatic System) หมายถึง การใช้แรงดันอากาศ หรือแรงดันก๊าซขับเคลื่อนเครื่องจักรอุตสาหกรรม โดยอุปกรณ์ควบคุม (Control Device) ควบคุมอุปกรณ์ขับเคลื่อน (Actuator) เพื่อขับเคลื่อนเครื่องจักร ทำให้การขับเคลื่อนเครื่องจักรอุตสาหกรรม ราคาถูก ปลอดภัย และความน่าเชื่อถือสูงมากกว่าอุปกรณ์ขับเคลื่อนชนิดอื่น



รูปที่ 2.41 อุปกรณ์นิวแมติกส์ [13]

อุปกรณ์นิวแมติกส์สำหรับควบคุมและขับเคลื่อนเครื่องจักรอุตสาหกรรม ประกอบด้วย อุปกรณ์ขับเคลื่อน (Actuator) อุปกรณ์ควบคุม (Control Device) และอุปกรณ์ต้นกำลัง (Power Source) ดังนี้

2.8.1 กระบอกสูบลม (Air Cylinder หรือ Pneumatic Cylinder)

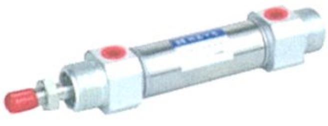
2.8.2 มอเตอร์ลม (Air Motor หรือ Pneumatic Motor)

2.8.3 วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Valve)

2.8.4 วาล์วไหลทางเดียว (Non Return Valve)

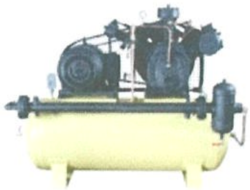
2.8.5 เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor)

2.8.6 ชุดบริการลมอัด



ก. อุปกรณ์ขับเคลื่อน

ข. อุปกรณ์ควบคุม



ค. อุปกรณ์ต้นกำลัง

รูปที่ 2.42 ประเภทของอุปกรณ์นิวแมติกส์ [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 กระบอกสูบลม

กระบอกสูบลม เป็นเครื่องจักรกลแปลงรูปพลังงานจากความดันอากาศเป็นพลังงานกล กำเนิดแรงขับเคลื่อนเครื่องจักรเชิงเส้น

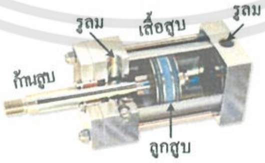
กระบอกสูบลม ประกอบด้วยลูกสูบ (Piston) เป็นแผ่นโลหะกลม หรือโลหะทรงกระบอก ก้านสูบ (Rod) เป็นแท่งโลหะต่อจากลูกสูบ เสื้อสูบ (Cylinder Block) เป็นท่อโลหะกลวง ภายในเสื้อสูบบรรจุลูกสูบและก้านสูบ และรูลม (Pressure Connector) เป็นรูต่อรับลมอัด ประกอบด้วย รูลมด้านก้านสูบ (Rod End Port) และรูลมด้านลูกสูบ (Cap End Port) ทำให้ลูกสูบและก้านสูบเคลื่อนตำแหน่งภายในเสื้อสูบของกระบอกสูบลม โดยรูลมด้านก้านสูบทำให้ก้านสูบเคลื่อนเข้า และรูลมด้านลูกสูบทำให้ก้านสูบเคลื่อนออก

กระบอกสูบลม เป็นเครื่องจักรกลแปลงพลังงานของลมอัดหรือความดันอากาศ เป็นพลังงานกล โดยอากาศภายในกระบอกสูบความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศขยายตัว ทำให้พลังงานศักย์ของอากาศแปลงรูปเป็นพลังงานจลน์ ดันลูกสูบให้เคลื่อนที่

รูปที่ 2.43 ส่วนประกอบกระบอกสูบลม [13]

2.8.1.1 กระบอกสูบสองทิศทาง

กระบอกสูบสองทิศทาง เป็นกระบอกสูบลมสั่งงานโดยลมอัด ทำให้ก้านสูบเคลื่อนสองทิศทาง โดยรูลมด้านก้านสูบทำให้ก้านสูบเคลื่อนเข้า และรูลมด้านลูกสูบทำให้ก้านสูบเคลื่อนออก



รูปที่ 2.44 กระบอกสูบสองทิศทาง [13]

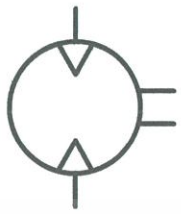
ก. ก้านสูบเคลื่อนออก ข. ก้านสูบเคลื่อนเข้า

รูปที่ 2.45 การสั่งงานกระบอกสูบสองทิศทาง [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 มอเตอร์ลม

มอเตอร์ลม เป็นเครื่องจักรกลแปลงรูปพลังงานจากความดันอากาศเป็นพลังงานกลขับเคลื่อนเครื่องจักร ทำให้เครื่องจักรหมุนเช่นเดียวกับมอเตอร์ไฟฟ้า



ก. สัญลักษณ์มอเตอร์ลม

ข. มอเตอร์ลม

รูปที่ 2.46 มอเตอร์ลม [13]

มอเตอร์ลมจะมีขนาดเล็กกว่ามอเตอร์ไฟฟ้า มอเตอร์ลมไม่มีความสูญเสียเนื่องจากความร้อนและการรับภาระแรงบิดสูงไม่ทำให้มอเตอร์ลมเสียหายเช่นเดียวกับมอเตอร์ไฟฟ้า การควบคุมความเร็วและการควบคุมแรงบิดของมอเตอร์ลมทำได้ง่าย และราคาถูกกว่ามอเตอร์ไฟฟ้า โดยมอเตอร์ลมต้องการวาล์วควบคุมการไหลสำหรับควบคุมความเร็ว และมอเตอร์ลมต้องการวาล์วควบคุมความดันสำหรับควบคุมแรงบิด มอเตอร์ลมไม่ต้องการวงจรเริ่มหมุนและวงจรป้องกันกระแสเกินเช่นเดียวกับมอเตอร์ไฟฟ้า

2.8.3 วาล์วควบคุมทิศทาง

วาล์วควบคุมทิศทาง เป็นวาล์วควบคุมทิศทางลม กลไกของวาล์วควบคุมทิศทางเปลี่ยนเส้นทางลมภายในวาล์วควบคุม โดยปิดเส้นทางลมเดิม และเปิดเส้นทางลมใหม่ การเปลี่ยนเส้นทางลมของวาล์วควบคุมทิศทาง ไม่ทำให้ความดันลมและปริมาณลมไหลผ่านช่องทางลมของวาล์วควบคุมทิศทางเปลี่ยนแปลง

2.8.3.1 วาล์วควบคุมห้าทาง

วาล์วควบคุมห้าทาง (Five Way Control Valve) เป็นวาล์วควบคุมทิศทางพื้นฐานสำหรับสลับตำแหน่งเส้นทางลมสามเส้นทางของวาล์วควบคุม

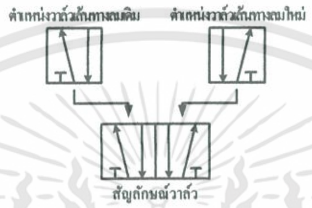
วาล์วควบคุมห้าทางประกอบด้วย ตัววาล์ว ลิ้นวาล์ว และรูลมจำนวน 5 รู วาล์วควบคุมห้าทางเปลี่ยนตำแหน่งลิ้นวาล์ว ทำให้เส้นทางลมสามเส้นทางของวาล์วควบคุมสลับตำแหน่ง เปิดเส้นทางลมใหม่ โดยเปลี่ยนรูลมออกเดิมเป็นรูลมเข้าใหม่และเปิดรูลมออกใหม่ เปลี่ยนเส้นทางลมเดิมโดยเปลี่ยนรูลมเข้าเดิมเป็นรูลมออกใหม่และปิดเส้นทางลมเดิมโดยปิดรูลมออกเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. เส้นทางลมเดิม ข. เส้นทางลมใหม่

รูปที่ 2.47 สัญลักษณ์ตำแหน่งวาล์วของวาล์วควบคุมห้าทาง [13]

สัญลักษณ์วาล์วควบคุมห้าทางประกอบด้วย สัญลักษณ์ตำแหน่งวาล์ว แสดงตำแหน่งลิ้นวาล์ว เส้นทางลมเดิมของวาล์วควบคุม และสัญลักษณ์ตำแหน่งวาล์ว แสดงตำแหน่งลิ้นวาล์ว เส้นทางลมใหม่ของวาล์วควบคุม



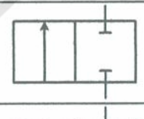
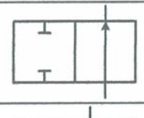
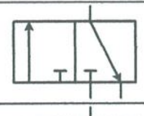
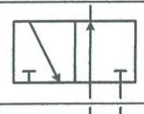
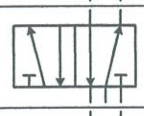
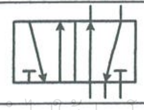
รูปที่ 2.48 สัญลักษณ์วาล์วควบคุมทิศทางชนิด 5/2 [13]

วาล์วควบคุมห้าทางประกอบด้วยเส้นทางลมภายในวาลว์ควบคุมจำนวน 5 เส้นทาง วาล์วควบคุมห้าทางเป็นวาล์วควบคุมทิศทางชนิด 5/2 หรือวาล์วควบคุมทิศทางชนิดรูลม 5 รู และตำแหน่งวาล์ว 2 ตำแหน่ง

2.8.3.2 วาล์วควบคุมทิศทางชนิดต่างๆ

วาล์วควบคุมทิศทางประกอบด้วย วาล์วควบคุมพื้นฐาน และวาล์วควบคุมทิศทางชนิดต่างๆ รายละเอียดดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 วาล์วควบคุมทิศทางชนิดต่างๆ [13]

1.	วาล์วชนิด 2/2 ปกติปิด (Normally Closed)	
2.	วาล์วชนิด 2/2 ปกติเปิด (Normally Open)	
3.	วาล์วชนิด 3/2 ปกติปิด	
4.	วาล์วชนิด 3/2 ปกติเปิด	
5.	วาล์วชนิด 5/2 เลือกเส้นทางลมออก (Distributor)	
6.	วาล์วชนิด 5/2 เลือกเส้นทางลมเข้า (Selector)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3.3 กลไกสั่งงานของวาล์วควบคุมทิศทาง

กลไกสั่งงาน (Actuator) ของวาล์วควบคุมทิศทาง เป็นกลไกเคลื่อนตำแหน่งลิ้นวาล์ว สำหรับเปลี่ยนตำแหน่งวาล์ว และเส้นทางลมของวาล์วควบคุม ดังนี้

1. กลไกสั่งงานชนิดควบคุมด้วยมือ (Manual Control)
2. กลไกสั่งงานชนิดจักรกล (Mechanical Control)
3. กลไกสั่งงานชนิดความดันลม (Pressure Control)
4. กลไกสั่งงานชนิดไฟฟ้า (Electric Control)

กลไกสั่งงานชนิดไฟฟ้า เป็นกลไกสั่งงานวาล์วควบคุมโดยสัญญาณไฟฟ้า รายละเอียดดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 กลไกสั่งงานชนิดไฟฟ้า [13]

1.	กลไกสั่งงานชนิดขดลวดไฟฟ้า (Solenoid)		
2.	กลไกสั่งงานชนิดขดลวดไฟฟ้าและวาล์วนำร่อง (Solenoid and Pilot)		

2.8.4 วาล์วไหลทางเดียว

วาล์วไหลทางเดียว เป็นวาล์วควบคุมบังคับทิศทางลม ไหลผ่านวาล์วควบคุมทิศทางเดียว วาล์วไหลทางเดียว มีรายละเอียดดังนี้

1. วาล์วกันกลับ (Check Valve)
2. วาล์วกันกลับสองทิศทาง (Shuttle Valve)
3. วาล์วสองความดัน (Two Pressure Valve)
4. วาล์วควบคุมการไหลทางเดียว (Flow Control Check Valve)
5. วาล์วเร่งระบายลม (Quick Exhaust Valve)

วาล์วกันกลับ วาล์วกันกลับสองทิศทาง วาล์วสองความดัน วาล์วเร่งระบายลม

รูปที่ 2.49 วาล์วไหลทางเดียว [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.4.1 วาล์วควบคุมการไหลทางเดียว

วาล์วควบคุมการไหลทางเดียว เป็นวาล์วควบคุมรูลมเข้า 1 รู และรูลมออก 1 รู วาล์วควบคุมการไหลทางเดียวเป็นวาล์วควบคุมเส้นทางลม 2 เส้นทาง เส้นทางลมปรับลดปริมาณลมไหลผ่านวาล์วควบคุมหนึ่งทิศทาง และเส้นทางลมบังคับทิศทางลมไหลผ่านทิศทางเดียวปริมาณลมไหลผ่านวาล์วควบคุมปกติหนึ่งทิศทาง โดยเส้นทางลมปรับลดปริมาณลม ช่องทางลมเป็นคอคอดหรือวัตถุกีดขวางช่องทางลมเช่นเดียวกับช่องทางลมของวาล์วควบคุมการไหล และเส้นทางลมบังคับทิศทางลมไหลผ่านทิศทางเดียว ลิ้นวาล์วเคลื่อนเปิดช่องทางลมโดยแรงดันลมอัด และเคลื่อนปิดช่องทางลมโดยกลไกสปริงดันกลับ

ก. สัญลักษณ์

ข. วาล์วควบคุมการไหลทางเดียว

รูปที่ 2.50 วาล์วควบคุมการไหลทางเดียว [13]

2.8.5 เครื่องอัดอากาศ

เครื่องอัดอากาศ เป็นเครื่องจักรต้นกำลังผลิตลมอัดของระบบนิวแมติกส์ เครื่องอัดอากาศผลิตลมอัด โดยการลดปริมาตรอากาศทำให้อากาศมีความดันมากขึ้น

เครื่องอัดอากาศ แบ่งตามระดับความดันลมอัดของระบบนิวแมติกส์ได้ 3 ระดับคือ เครื่องอัดอากาศความดันต่ำ น้อยกว่า 1.5 บาร์ เครื่องอัดอากาศความดันปานกลาง 1.5 ถึง 16 บาร์ และเครื่องอัดอากาศความดันสูง มากกว่า 16 บาร์

เครื่องอัดอากาศพื้นฐานของระบบนิวแมติกส์ เป็นเครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบ อัดอากาศโดยชักลูกสูบ ทำให้ปริมาตรอากาศภายในห้องอัดอากาศลดลง และความดันอากาศภายในห้องอัดอากาศเพิ่มขึ้น

รูปที่ 2.51 เครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบ [13]

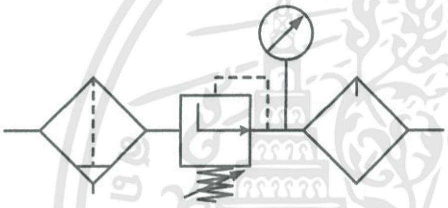
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.6 ชุดบริการลมอัด

ชุดบริการลมอัด เป็นเครื่องมือปรับปรุงคุณภาพลมอัด สำหรับอุปกรณ์นิวแมติกส์ โดยกำจัดน้ำ ฝุ่นละออง และสิ่งสกปรกต่างๆ ออกจากลมอัด ควบคุมความดันลมอัด และเติมสารหล่อลื่นในลมอัด

รูปที่ 2.52 ชุดบริการลมอัด [13]

ชุดบริการลมอัดทั่วไปประกอบด้วย เครื่องกรองลมอัด เครื่องควบคุมความดันลม เครื่องเติมสารหล่อลื่น และมาตรความดันสำหรับแสดงความดันลมอัด



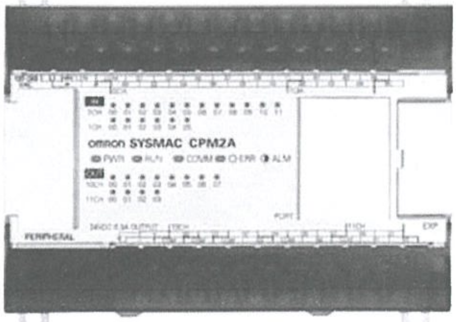
ก. สัญลักษณ์ทั่วไป

ข. สัญลักษณ์ย่อ

รูปที่ 2.53 สัญลักษณ์ชุดบริการลมอัด [13]

2.9 พีแอลซี (PLC)

พีแอลซี (PLC ย่อจาก Programmable Logic Controller) [13] เป็นเครื่องมือควบคุมเครื่องจักรของระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม พีแอลซีเป็นเครื่องมือควบคุมที่เข้ามาแทนที่เครื่องมือควบคุมแบบลำดับแบบเดิม เช่น รีเลย์ อุปกรณ์หน่วงเวลา อุปกรณ์นับ โดยระบบพีแอลซีสามารถยืดหยุ่นและประหยัดพื้นที่การใช้งานได้มากกว่าอุปกรณ์ควบคุมแบบลำดับแบบเดิม



รูปที่ 2.54 พีแอลซี [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พีแอลซีต่างจากเครื่องมือควบคุมแบบลำดับแบบเดิม พีแอลซีควบคุมการทำงานของเครื่องจักรโดยโปรแกรมควบคุมคล้ายโปรแกรมคอมพิวเตอร์แทนวงจรไฟฟ้า และวงจรลมของเครื่องมือควบคุมแบบเดิม โปรแกรมควบคุมของพีแอลซีต่างจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั่วไปตรงที่พีแอลซีปรับปรุงภาษาคอมพิวเตอร์แบบเดิมขึ้นมาใหม่ สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุม คล้ายวงจรไฟฟ้าและวงจรลมของระบบควบคุมแบบเดิม ทำให้บุคคลทั่วไปเข้าใจการเขียนโปรแกรมควบคุมของพีแอลซีโดยการศึกษาด้วยตนเองได้อย่างรวดเร็ว และพีแอลซีได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อยๆ

การควบคุมเครื่องจักรประกอบด้วยการรับสัญญาณวัด การตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักร และการส่งสัญญาณควบคุมเครื่องจักร ตามโปรแกรมควบคุมเครื่องจักรของพีแอลซี

รูปที่ 2.55 หลักการควบคุมเครื่องจักรของพีแอลซี [13]

2.9.1 ส่วนประกอบของพีแอลซี

พีแอลซีประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit) หน่วยรับสัญญาณ (Input Unit) หน่วยส่งสัญญาณ (Output Unit) หน่วยจ่ายกำลังไฟฟ้า (Power Supply Unit) และหน่วยป้อนโปรแกรม (Programming Unit)

2.9.1.1 หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit)

หน่วยประมวลผลกลาง ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของพีแอลซี หน่วยประมวลผลกลางของพีแอลซี ประกอบด้วยหน่วยประมวลผล หน่วยความจำ และวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเชื่อมต่อกับส่วนประกอบอื่นของพีแอลซีคือ หน่วยรับสัญญาณ หน่วยส่งสัญญาณ และหน่วยป้อนโปรแกรม

2.9.1.2 หน่วยรับสัญญาณ (Input Unit)

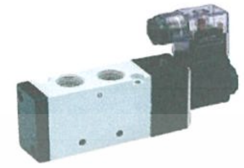
หน่วยรับสัญญาณ ทำหน้าที่รับสัญญาณการวัดจากภายนอก สำหรับตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1.3 หน่วยส่งสัญญาณ (Output Unit)

หน่วยส่งสัญญาณ ทำหน้าที่ส่งสัญญาณออกสู่ภายนอกเพื่อควบคุมเครื่องจักรหรือแสดงสถานะ เช่น หลอดสัญญาณ ขดลวดรีเลย์ วาล์วควบคุมนิวแมติกส์ วาล์วควบคุมไฮโดรลิก และอุปกรณ์ส่งสัญญาณเสียง

ก. หลอดสัญญาณ



ข. วาล์วควบคุมนิวแมติกส์

รูปที่ 2.56 ตัวอย่างอุปกรณ์ภายนอก [13]

2.9.1.4 หน่วยจ่ายกำลังไฟฟ้า (Power Supply Unit)

หน่วยจ่ายกำลังไฟฟ้า ทำหน้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้าแก่พีแอลซี การจ่ายกำลังไฟฟ้าของหน่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าต้องรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ และปรับปรุงคุณภาพกำลังไฟฟ้าให้เหมาะสำหรับพีแอลซี เพื่อรักษาเสถียรภาพของพีแอลซี และส่งสัญญาณเตือนแจ้งให้หน่วยประมวลผลกลางของพีแอลซี หากแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงมากเกินไปหรือต่ำมากเกินไป

2.9.1.5 หน่วยป้อนโปรแกรม (Programming Unit)

หน่วยป้อนโปรแกรมเป็นเครื่องมือติดต่อกับผู้ใช้ของพีแอลซี หน่วยป้อนโปรแกรมเป็นเครื่องมือสำหรับเตรียมโปรแกรมควบคุมของพีแอลซี ตรวจสอบการทำงานของพีแอลซีติดตามโปรแกรมควบคุม แก้ไขโปรแกรมควบคุม และตรวจสอบการทำงานของส่วนประกอบทั้งหมดของพีแอลซี โดยปัจจุบันหน่วยป้อนโปรแกรมจะนิยมใช้ใช้คอมพิวเตอร์ และส่วนโปรแกรมจะเปลี่ยนแปลงตามรุ่นของพีแอลซีและชื่อการค้าของพีแอลซีนั้นๆ

รูปที่ 2.57 หน่วยป้อนโปรแกรม [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 ภาษาพีแอลซี

ภาษาพีแอลซีสำหรับเขียนโปรแกรมควบคุมของพีแอลซี ต่างจากภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั่วไป ภาษาพีแอลซีออกแบบพิเศษสำหรับบุคลากรของโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้สัญลักษณ์คล้ายวงจรไฟฟ้าหรือวงจรตรรก ภาษาพีแอลซีประกอบด้วย ภาษาพื้นฐาน 3 ภาษา คือ

1. ภาษาแลดเดอร์ (Ladder Diagram Language)
2. ภาษาบล็อก (Function Block Language)
3. ภาษาบลูลีน (Boolean Instruction Language)

2.9.2.1 คำสั่งภาษาแลดเดอร์พื้นฐาน

ภาษาแลดเดอร์ มีรูปแบบเป็นคำสั่งคล้ายสัญลักษณ์วงจรไฟฟ้าพื้นฐาน คำสั่งภาษาแลดเดอร์ ประกอบด้วยหน้าสัมผัสชนิดปกติเปิด (Normally Opened Contact) หน้าสัมผัสชนิดปกติปิด (Normally Closed Contact) ขดลวดชนิดปกติติด (Energized Coil) และขดลวดชนิดปกติดับ (De-energized Coil) ดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 คำสั่งภาษาแลดเดอร์พื้นฐาน [13]

1.	หน้าสัมผัสชนิดปกติเปิด (Normally Opened Contact)	
2.	หน้าสัมผัสชนิดปกติปิด (Normally Closed Contact)	
3.	ขดลวดชนิดปกติติด (Energized Coil)	
4.	ขดลวดชนิดปกติดับ (De-energized Coil)	

รูปที่ 2.58 ตัวอย่างโปรแกรมภาษาแลดเดอร์ [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2.2 คำสั่งหน่วงเวลาภาษาแลดเดอร์

คำสั่งหน่วงเวลาของพีแอลซี ทำหน้าที่คล้ายอุปกรณ์หน่วงเวลาของระบบควบคุมไฟฟ้า คำสั่งหน่วงเวลาประกอบด้วย ขดลวดหน่วงเวลา หน้าสัมผัสหน่วงเวลาชนิดปกติเปิดและหน้าสัมผัสหน่วงเวลาชนิดปกติปิด คล้ายคำสั่งภาษาแลดเดอร์พื้นฐานของพีแอลซี ดังตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 คำสั่งหน่วงเวลาภาษาแลดเดอร์ [13]

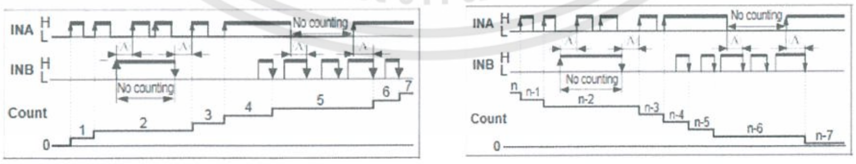
1.	หน้าสัมผัสหน่วงเวลาชนิดปกติเปิด (Normally Opened Timer Contact)	
2.	หน้าสัมผัสหน่วงเวลาชนิดปกติปิด (Normally Closed Timer Contact)	
3.	ขดลวดหน่วงเวลา (Timer Coil)	

ก. วงจรไฟฟ้า ข. วงจรแลดเดอร์

รูปที่ 2.59 คำสั่งหน่วงเวลาภาษาแลดเดอร์ [13]

2.9.2.3 รูปแบบคำสั่งนับและสัญญาณนับ

คำสั่งนับแบ่งเป็นคำสั่งนับขึ้น (Up Counter) หรือคำสั่งนับเพิ่มค่า (Increment Counter) และคำสั่งนับลง (Down Counter) หรือคำสั่งนับลดค่า (Decrement Counter)



รูปที่ 2.60 รูปแบบคำสั่งนับ

[**ที่มา :** https://www.factomart.com/th/factomartblog/principle-of-digital-counter/]

คำสั่งนับขึ้น หรือคำสั่งนับเพิ่มค่า ตัวเลขนับสะสม (PV) ของคำสั่งนับเริ่มต้นจากตัวเลข 0 และเพิ่มจำนวนตัวเลขนับสะสม (PV) ตามจำนวนสัญญาณนับ จนตัวเลขนับสะสม (PV) เท่ากับตัวเลขนับจำนวน (SV) ขดลวดนับจำนวนจะเปลี่ยนสภาวะบิต “1”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งนับลง หรือคำสั่งนับลดค่า ตัวเลขนับสะสม (PV) ของคำสั่งนับจะเริ่มต้นจากตัวเลขนับจำนวน (SV) และลดจำนวนเลขตัวเลขนับสะสม (PV) ตามจำนวนสัญญาณนับ จนตัวเลขนับสะสม (PV) เท่ากับ 0 ขดลวดนับจำนวนเปลี่ยนสภาวะบิต “1”

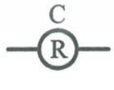
สัญญาณนับของคำสั่งนับ แบ่งเป็นสัญญาณนับขอบขาขึ้น และสัญญาณนับขอบขาลง สัญญาณนับขอบขาขึ้น ตัวเลขนับสะสมจะเพิ่มจำนวนหรือลดจำนวน เมื่อสัญญาณนับเปลี่ยนจากสภาวะตรรก “0” เป็นสภาวะตรรก “1” และสัญญาณนับขอบขาลง ตัวเลขนับสะสมจะเพิ่มจำนวนหรือลดจำนวน เมื่อสัญญาณนับเปลี่ยนจากสภาวะตรรก “1” เป็นสภาวะตรรก “0”

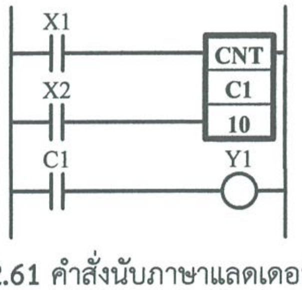
คำสั่งนับสามารถเปลี่ยนสัญญาณนับขอบขาขึ้นเป็นสัญญาณนับขอบขาลง หรือเปลี่ยนสัญญาณนับขอบขาลงเป็นสัญญาณนับขอบขาขึ้น โดยเปลี่ยนหน้าสัมผัสสัญญาณนับชนิดปกติเปิดเป็นหน้าสัมผัสสัญญาณนับชนิดปกติปิด

2.9.2.4 คำสั่งนับภาษาแลดเดอร์

คำสั่งนับของพีแอลซี ทำหน้าที่คล้ายอุปกรณ์นับของระบบควบคุมไฟฟ้าเดิม คำสั่งนับประกอบด้วย ขดลวดนับ หน้าสัมผัสนับชนิดปกติเปิดและหน้าสัมผัสนับชนิดปกติปิด คล้ายคำสั่งภาษาแลดเดอร์พื้นฐานของพีแอลซี ดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 คำสั่งนับภาษาแลดเดอร์ [13]

1.	หน้าสัมผัสนับชนิดปกติเปิด (Normally Opened Counter Contact)	
2.	หน้าสัมผัสนับชนิดปกติปิด (Normally Closed Counter Contact)	
3.	ขดลวดนับ (Counter Coil)	
4.	ขดลวดเริ่มใหม่ (Reset Coil)	



รูปที่ 2.61 คำสั่งนับภาษาแลดเดอร์ [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 การเขียนแบบวิศวกรรม (Engineering Drawing)

2.10.1 ความสำคัญของงานเขียนแบบ

ในการสื่อสารระหว่างผู้คิดสิ่งประดิษฐ์กับผู้ผลิตในงานทางวิศวกรรม [14] ให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องนั้น การใช้รูปสัญลักษณ์หรือรูปภาพเป็นมาตรฐานตามวิธีการงานเขียนแบบ จะทำให้การสื่อสารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2.10.2 ระบบและมาตรฐานการเขียนแบบ

งานเขียนแบบที่มีคุณรูปที่สามารถใช้ในการสื่อสารให้ผู้ที่อยู่ในอาชีพเดียวกัน ให้เข้าใจตรงกันของวิชาชีพวิศวกรรมสาขาต่างๆ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีองค์กรกลางเป็นผู้กำหนดมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับงานเขียนแบบในแต่ละสาขา ให้เป็นไปในแนวปฏิบัติเดียวกัน

2.10.2.1 ระบบและมาตรฐานอุตสาหกรรม

1. หน่วยงานระบบและมาตรฐานสากล

ISO (International Organization for Standardization) องค์ระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน เป็นองค์กรที่ทำหน้าที่บัญญัติศัพท์ให้ความหมาย กำหนดรูปสัญลักษณ์ กำหนดคุณสมบัติ คุณภาพของบริภัณฑ์ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และสาขาอื่นๆ

หมายเหตุ : สำหรับงานด้านการเขียนแบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีหน่วยงานแยกออกไปเฉพาะคือ IEC (International Electrotechnical Commission) หรือคณะกรรมการระหว่างประเทศว่าด้วยเทคนิคไฟฟ้า เป็นผู้กำหนดซึ่งมาตรฐานนี้ เป็นที่นิยมใช้ในประเทศอังกฤษ เยอรมันรวมทั้งประเทศไทย

2. หน่วยงานระบบและมาตรฐานประเทศ

- ANSI (American National Standard Institute)
- IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineer)
- EIA (Electronic Industry Association)
- NEMA (National Electrical Manufactures Association)
- FCC (Federal Communication Commission)
- NASA (National Aeronautics and Space Administration)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หน่วยงานระบบและมาตรฐานประเทศเยอรมันตะวันตก ที่นิยมใช้คือ DIN (Dutch Industrial Norn)

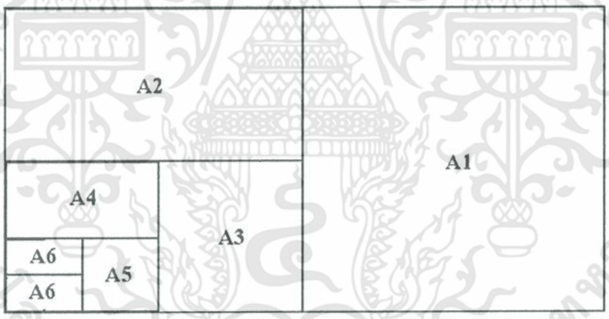
4. หน่วยงานระบบและมาตรฐานประเทศญี่ปุ่น ที่นิยมใช้คือ JIS (Japanese Industrial Standard)

5. หน่วยงานระบบและมาตรฐานประเทศอังกฤษ ที่นิยมใช้คือ BSI (British Standard Institution)

6. หน่วยงานระบบและมาตรฐานประเทศไทยคือ TIS (Thai Industrial Standard Institution) หรือสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เป็นหน่วยงานของรัฐบาลไทยที่ขึ้นอยู่กับกระทรวงอุตสาหกรรม

2.10.2.2 มาตรฐานของกระดาษเขียนแบบ

ตามมาตรฐาน DIN 476 ได้กำหนดมาตรฐานขนาดเขียนแบบขนาด DIN A0 (กระดาษที่มีพื้นที่ 1 ตารางเมตร และมีอัตราส่วนด้านยาว : ด้านกว้าง เป็น 1 : 2 และเมื่อแบ่งย่อยลงไปจะได้เป็นขนาด A1 A2 A3 A4 A5 และ A6 ดังนี้



รูปที่ 2.62 มาตรฐานขนาดเขียนแบบขนาด DIN A0 [14]

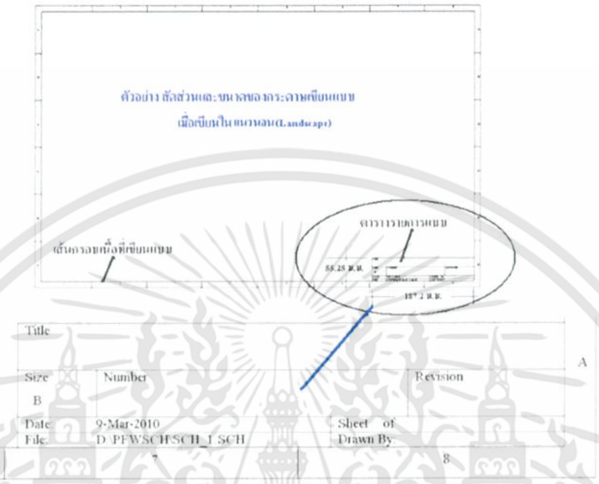
ตารางที่ 2.13 ขนาดของกระดาษเขียนแบบตามมาตรฐาน DIN 476 [14]

รูปแบบ (Format)	ขนาดกระดาษ กว้างxยาว (mm.)
A0	841 x 1189
A1	594 x 841
A2	420 x 594
A3	297 x 420
A4	210 x 297
A5	148 x 210
A6	105 x 148

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2.3 มาตรฐานตารางรายการแบบ

ตารางรายการแบบ เป็นส่วนที่แสดงไว้ในแบบเพื่อบอกข้อมูลต่างๆ ตามมาตรฐาน มอก. ได้กำหนดรายการต่างๆ ที่ต้องแสดงไว้ในตารางรายการแบบอย่างน้อยดังนี้ ชื่อชิ้นส่วนที่เขียน หมายเลขแบบ ชื่อที่อยู่ของเจ้าของแบบ ชื่อผู้ออกแบบ ผู้เขียน ผู้ตรวจ และผู้รับผิดชอบ มาตราส่วน วันเดือนปีที่เขียนแบบ



รูปที่ 2.63 ตัวอย่างรูปแบบมาตรฐานตารางรายการแบบของกระดาษเขียนแบบในแนวนอน [14]

รูปที่ 2.64 ตัวอย่างรูปแบบมาตรฐานตารางรายการแบบของกระดาษเขียนแบบในแนวตั้ง [14]

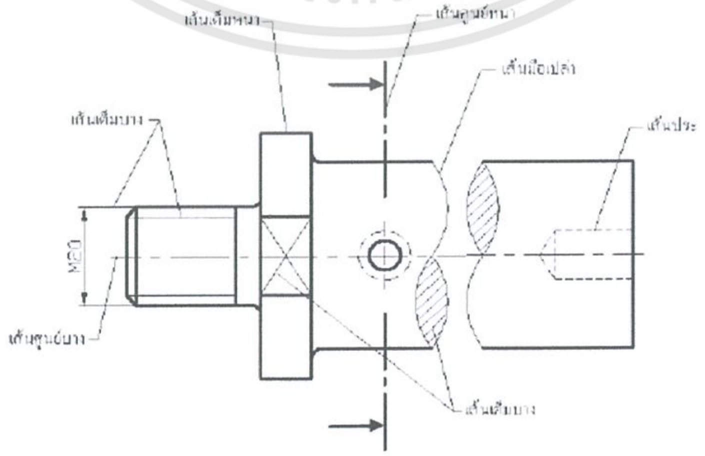
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2.4 ชนิดและความหนาของเส้น

เส้นที่ใช้ในการเขียนแบบตามระบบ ISO ได้กำหนดชนิดและความหนาของเส้นเป็นมาตรฐาน ดังตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.14 เส้นที่ใช้ในการเขียนแบบตามระบบ ISO [14]

ชนิดของเส้น	ลักษณะของเส้น	ปากกา	ดินสอ	การใช้งานเป็น
เส้นเต็มหนา		0.5 mm	HB	เส้นขอบรูปที่มองเห็นชัดเจนหรือแสดงความจริง (Visible Line)
เส้นเต็มบาง		0.25 mm	2H	เส้นกำหนดขนาด (Dimension Line) เส้นอ้างอิง (Reference Line) เส้นทะแยงมุม (Diagonal Line) เป็นเส้นร่างแบบ
เส้นประ		0.35 mm	H	เส้นขอบงานที่ถูกบังไว้ เส้นแสดงมุมที่มองไม่เห็น (Concealed Line)
เส้นศูนย์กลางหนา		0.5 mm	HB	เส้นแสดงภาพตัด (Section Line)
เส้นศูนย์กลางบาง		0.25 mm	2H	เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานกลม
เส้นรอยตัดย่อส่วน เส้นมือเปล่า		0.25 mm	2H	เส้นแสดงรอยตัดย่อส่วน เส้นแสดงรอยตัดแตกตัว เส้นร่างชิ้นงานก่อนการเขียนแบบ



รูปที่ 2.65 ตัวอย่างการใช้เส้นแบบต่างๆ ในงานเขียนแบบ [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 การเขียนแบบวงจรไฟฟ้า (Electric Circuit Drawing)

งานออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า เป็นงานที่ต้องอาศัยผู้มีความรู้และความชำนาญในการออกแบบและควบคุมดูแลการติดตั้งให้เป็นไปอย่างถูกต้องตามมาตรฐาน ซึ่งจะส่งผลให้ระบบไฟฟ้าของอาคารและสถานประกอบการมีความปลอดภัยในการใช้งาน มีความเชื่อถือสูง ตลอดจนสามารถที่จะตรวจสอบ ดูแล และบำรุงรักษาได้ง่าย ดังนั้นในการออกแบบระบบไฟฟ้าจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเขียนรายละเอียดต่างๆ ลงในแบบไฟฟ้า เพื่อแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของอุปกรณ์และลักษณะการเดินสาย

แบบ หรือ Drawing นับเป็นภาษาสากลภาษาหนึ่ง [15] ใช้ในการสื่อสารความต้องการระหว่างผู้ออกแบบ และผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย เพื่อความเข้าใจที่ตรงกันไม่ว่าจะเป็นงานระบบใดๆ การอ่านแบบจึงเป็นส่วนสำคัญในการทำงานให้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

2.11.1 แบบที่ใช้ในงานติดตั้งระบบไฟฟ้า

แบบที่ใช้ในงานก่อสร้าง หรือติดตั้งระบบต่างๆ มี 3 ชนิด คือ Design Drawing, Shop Drawing และ As-Built Drawing

2.11.1.1 Design Drawing

Design Drawing คือ แบบที่ผู้ออกแบบจัดทำขึ้น ตามมาตรฐานการออกแบบระบบไฟฟ้า แบบนี้จะไม่มีรายละเอียดมากนัก ระบุเพียงแต่ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ ขนาดสาย และจำนวนของอุปกรณ์เท่านั้น เป็นแบบที่ใช้ในการประมาณราคาเพื่อประมูลงาน โดยอัตราส่วน (Scale) ของแบบที่นิยมใช้ 1 : 100, 1 : 200, 1 : 500 ส่วนประกอบหลักของ Design Drawing มีดังนี้

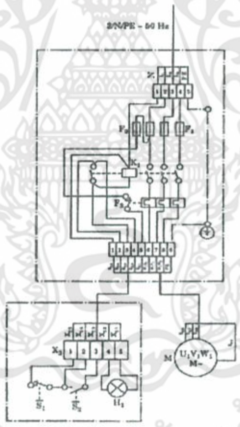
- สารบัญแบบ
- สัญลักษณ์ต่างๆ ทางไฟฟ้า
- One Line Diagram
- Riser Diagram
- แบบผัง (Plan)
- แบบรายละเอียด (Detail Drawing)
- ตารางโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.1.2 Shop Drawing

คือแบบที่ใช้ในการทำงานจริง ซึ่งจะถูกจัดทำขึ้นเมื่อเข้าไปทำงานในหน่วยงาน เป็นแบบที่ระบุรายละเอียดและวิธีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อทำให้ผู้มีหน้าที่ติดตั้งเข้าใจ และติดตั้งได้อย่างถูกต้อง Shop Drawing นี้ จะมีรายละเอียดของการติดตั้งมากกว่า Design Drawing มีการบอกตำแหน่ง แนวหรือเส้นทางการติดตั้งท่อ และมิติที่แน่นอน อัตราส่วนที่นิยมใช้ 1 : 100, 1 : 50, 1 : 20

โดยทั่วไปผู้รับเหมาจะต้องจัดทำ Shop Design ส่งให้ผู้ควบคุมงานเพื่อขออนุมัติก่อนดำเนินการตามแบบที่เสนอ Shop Design อาจจัดทำขึ้นเฉพาะรายละเอียดในส่วนที่ไม่ได้ระบุไว้ใน Design Drawing เช่น แบบขยายในบริเวณเหนือฝ้าเพดานที่มีการติดตั้งท่อร้อยสายระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ท่อลมปรับอากาศ ท่อน้ำดับเพลิง และอื่นๆ ในพื้นที่เดียวกัน เพื่อให้สามารถติดตั้งงานทุกระบบได้โดยไม่กีดขวางกัน แต่โดยส่วนมากผู้จัดทำมักคัดลอก Design Drawing มาทำเป็น Shop Design โดยที่ไม่มีรายละเอียดที่สำคัญเพิ่มส่งให้ผู้ควบคุมงานอนุมัติ ซึ่งเป็นความเข้าใจที่ผิด อาจจะส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในแบบได้



รูปที่ 2.66 Shop Drawing

[**ที่มา :** http://utcc2.utcc.ac.th/engineer/learning/chalermchon_vis/download/automation/Automation06.pdf]

2.11.1.3 As-Built Drawing

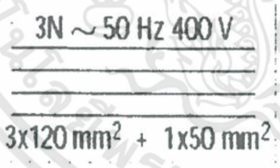
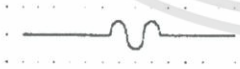
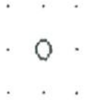
As-Built Drawing หรือแบบก่อสร้างจริง เป็นแบบที่ผู้ใช้งานอาคาร ใช้ในการอำนวยการใช้ หรือซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าภายหลังจากการติดตั้ง หรือก่อสร้างอาคารเสร็จเรียบร้อยแล้ว As-Built Drawing จะต้องแสดงรายละเอียดการติดตั้ง แนวทาง และมิติตามที่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ หรือการทำงานจริง รายละเอียดในแบบจึงอาจแตกต่างจากที่กำหนดใน Design Drawing ในการจัดทำ As-Built Drawing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.2 สัญลักษณ์ที่ใช้

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบระบบไฟฟ้าอาจแตกต่างกันตามมาตรฐานที่ผู้ออกแบบอ้างอิงตัวอย่างของสัญลักษณ์ในหัวข้อนี้ เป็นสัญลักษณ์ที่อ้างอิงตามมาตรฐาน IEC 60617 เนื่องจากสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.) ได้ใช้มาตรฐาน IEC เป็นมาตรฐานอ้างอิงสำหรับระบบไฟฟ้า

ตารางที่ 2.15 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบระบบไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC 60617 [15]

เลขที่อ้างอิง IEC 60617-2005	Symbol	Name	Alternative names
S00001		Connection, general symbol	conductor; cable; line; transmission path; telecommunication line
S00002		Group of connections (number of connections	conductors, connections
S00003		Group of connections (number of connections	conductors, connections
S00005		Three – phase circuit	conductors, connections
S00006		Flexible connection	conductors, connections
S00016		Connection point	Junction
S00017		Terminal	terminals

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.15 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบระบบไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC 60617 (ต่อ) [15]

S00019		T - connection	branchings, connections, junction
S00020		T - connection	branchings, connections, junction
S00022		Double junction of conductors	branchings, connections, junction
S00069	~ 50 Hz	Alternating current (indication of frequency)	
S00073		Alternating current (indication of frequency	Different frequency ranges. Relatively low frequencies (power frequencies and sub-audio frequencies
S00074		Alternating current (indication of frequency	Different frequency ranges. Medium frequencies (audio)
S00075		Alternating current (indication of frequency	Different frequency ranges. Relatively high frequencies (super audio and carrier
S00076		Rectified current with alternating component	
S00077	+	Positive polarity	

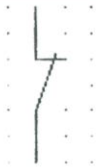
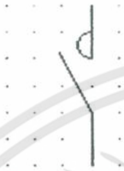
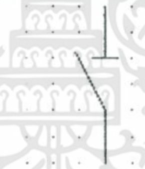
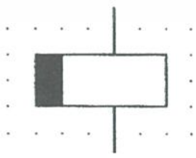
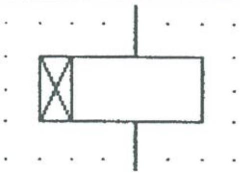
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.15 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบระบบไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC 60617 (ต่อ) [15]

S00078	–	Negative polarity	
S00079	N	Neutral	
S00121		Electromagnetic effect	
S00200		Earth, general symbol	Earthing, general symbol; Ground (US), general symbol; Grounding (US), general symbol
S00202		Protective earthing	Protective grounding (US); Protective earthing conductor; Protective earthing terminal; Protective grounding conductor (US); Protective grounding terminal (US)
S00208		Fault	Indication of assumed fault location
S00209		Flashover	Break-through
S00227		Make contact, general symbol; Switch, general symbol	

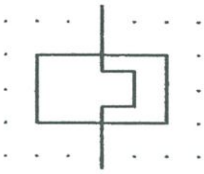
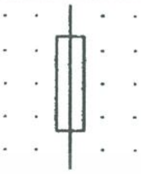
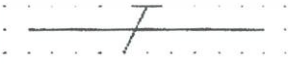
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.15 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบระบบไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC 60617 (ต่อ) [15]

S00229		Break contact	
S00258		Switch, emergency stop	
S00284		Contactor; Main make contact of a contactor	
S00287		Circuit breaker	
S00288		Disconnector; Isolator	
S00290		Switch – disconnector; On – load isolating switch	
S00291		Switch - disconnector, automatic release; On – load isolating switch, automatic	
S00311		Relay coil of a slow – releasing relay	
S00312		Relay coil of a slow – operating relay	

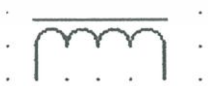
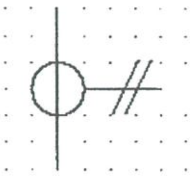
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.15 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบระบบไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC 60617 (ต่อ) [15]

S00325		Operating device of a thermal relay	
S00362		Fuse, general symbol	
S00363		Fuse	
S00368		Fuse - switch	
S00369		Fuse – disconnector; Fuse isolator	
S00370		Fuse switch – disconnector; On - load isolating fuse	
S00446		Neutral conductor	
S00447		Protective conductor	
S00448		Combined protective and neutral conductor	

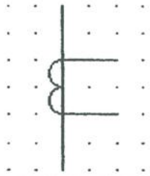
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.15 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบระบบไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC 60617 (ต่อ) [15]

S00449		Three – phase wiring with neutral conductor and	
S00483		Lamp, general symbol	
S00555		Resistor, general symbol	
S00557		Resistor, adjustable	
S00567		Capacitor, general symbol	
S00571		Capacitor, polarized	Electrolytic capacitor
S00583		Coil, general symbol; Winding, general symbol	Inductor, Choke
S00585		Inductor with magnetic core	
S00850		Current transformer, general symbol	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.15 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบระบบไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC 60617 (ต่อ) [15]

S00851		Current transformer, general symbol	
S00896		Inverter	
S00898		Primary cell	Battery
S00913		Voltmeter	
S00914		Reactive current ammeter	
S00917		Power – factor meter	
S00965		Lamp, general symbol	lamp, general symbol; signal lamp, general symbol
S01408		Functional earthing; Functional grounding (US)	Functional earthing conductor; Functional earthing terminal
S01409		Functional equipotential bonding	Functional bonding conductor; Functional bonding terminal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงงาน

การดำเนินโครงงานเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ (Automatic Feeder Box Machine) เริ่มดำเนินทำโครงงานตั้งแต่ การออกแบบโครงสร้างทางกล การออกแบบวงจรไฟฟ้า ออกแบบวงจรนิวแมติกส์ รวมถึงการประกอบเครื่องจักรและเขียนโปรแกรมลำดับการทำงานของเครื่องจักร หลังจากเขียนโปรแกรมสั่งงานเครื่องจักรแล้วจะเริ่มทำการทดสอบเครื่องจักรเพื่อเตรียมการนำไปติดตั้งในสายการผลิต

3.1 การวางแผนการดำเนินโครงงาน

ในการจัดทำโครงงานจะต้องมีการวางแผนงานเป็นขั้นตอน และจัดลำดับช่วงเวลาของแต่ละส่วนงาน เพื่อให้สามารถดำเนินงานได้อย่างเป็นระบบ โดยแผนงานที่ได้วางแผนไว้ เป็นช่วงเวลาที่ดำเนินโครงการสหกิจศึกษา ณ บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) (โรงงานอาหารสำเร็จรูปหนองจอก) คือ ช่วงเวลาระหว่างวันที่ 7 สิงหาคม 2560 ถึงวันที่ 24 พฤศจิกายน 2560 แสดงแผนการดำเนินงานดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 Automatic Feeder Box Machine Timeline

ลำดับ	หัวข้องาน	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	ศึกษาและเรียนรู้ลักษณะงาน หน้าที่ และขอบเขตการปฏิบัติงาน																
2.	ศึกษาการนำเข้ากล่องด้วยคนและเงื่อนไขของเครื่องจักร																
3.	ออกแบบกลไกและโครงสร้างเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ																
4.	ออกแบบวงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงานของเครื่องนำเข้ากล่อง																
5.	จำลองการทำงานและปรับปรุง เครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ																
6	จัดซื้อ,ประกอบกลไกและโครงสร้างเครื่องนำเข้ากล่อง																
7.	ประกอบตู้ควบคุมการทำงานเครื่องนำเข้ากล่อง																
8.	ทดสอบการใช้งานจริงในสายการผลิต																
9.	จัดทำรูปเล่มรายงาน																

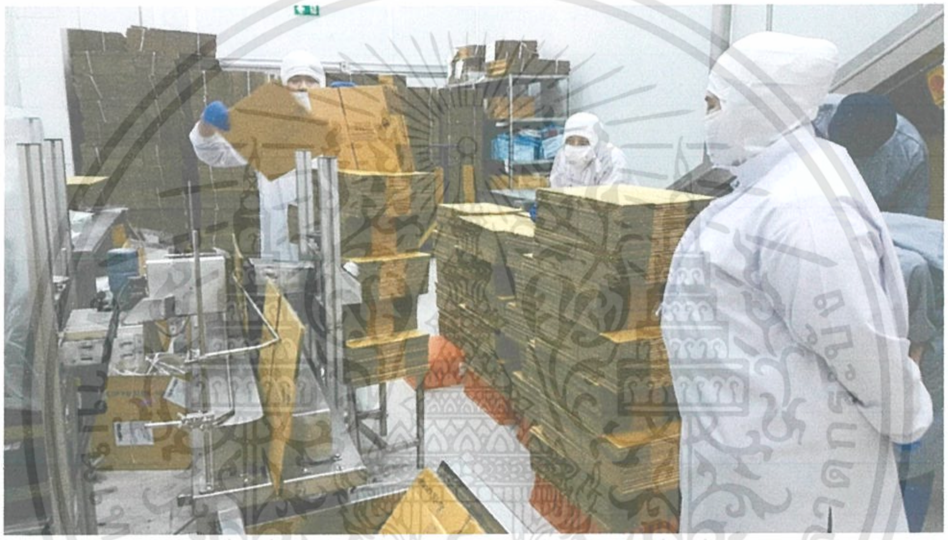
3.2 การศึกษาเงื่อนไขและลักษณะการทำงานของจุดงานพิมพ์กล่อง

ในอุตสาหกรรมอาหารขนาดใหญ่ การที่ต้องผลิตอาหารให้ทันตามความต้องการของตลาด นอกจากการใช้แรงงานมนุษย์ในการผลิตแล้ว จำเป็นต้องมีเครื่องจักรช่วยในการผลิตด้วย เครื่องจักรในสายการผลิตอาหารจึงจำเป็นต้องมีเงื่อนไขหลายประการเพื่อให้สามารถผลิตอาหารที่ถูกสุขลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อศึกษาเจาะลึกถึงลักษณะของเครื่องจักรในสายการผลิตจะพบว่า เครื่องจักรทั้งหมด โครงสร้างทำจากสเตนเลสคุณภาพสูง สะอาด ทนน้ำ ทนความชื้น ไม่ขึ้นสนิม โครงสร้างมีความแข็งแรง ทำความสะอาดง่าย และสามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างเครื่องจักรได้ง่าย

ลักษณะในการทำงานของจุดงานพิมพ์กล่อง เป็นการทำงานโดยพนักงานนำกล่องกระดาษใส่เข้าสายพานโดยให้ผ่านเครื่องพิมพ์กล่อง ไปลงถังสเตนเลสเพื่อเก็บบรรจุต่อไป ในกระบวนการที่พนักงานนำกล่องกระดาษใส่เข้าสายพาน พนักงานจะหยิบกล่องกระดาษทีละใบแล้วใส่เข้าสายพาน ทำให้ต้องมีพนักงานอย่างน้อย 1 คน ประจำจุดงานนี้เสมอ โครงงานนี้จึงได้มีการออกแบบเครื่องจักรเพื่อช่วยในการทุ่นแรงพนักงานและสายการผลิตสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องนั้นเอง



รูปที่ 3.1 การนำเข้ากล่องทีละใบโดยพนักงานที่จุดงาน

รูปที่ 3.2 การพิมพ์กล่อง

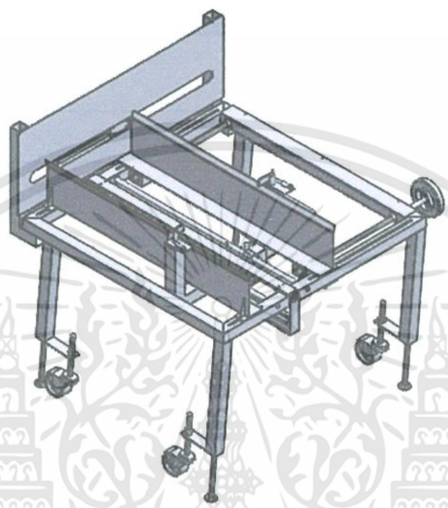
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบโครงสร้างและกลไกทางกล

ในการออกแบบโครงสร้างและกลไกทางกลของเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ มีหลักการทำงานและการสร้างชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติในแต่ละส่วน ดังต่อไปนี้

3.3.1 ชุดโครงสร้างตัวเครื่องจักร

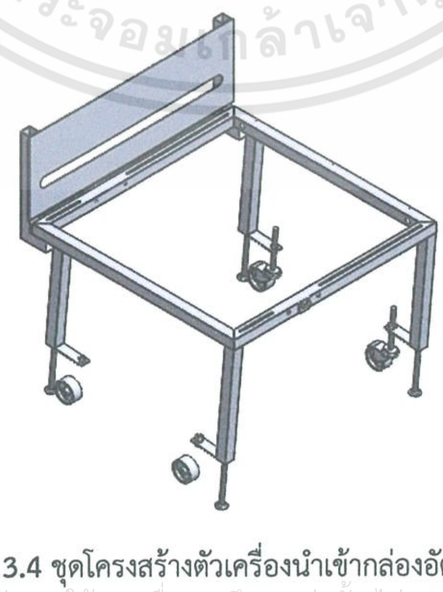
3.3.2 ชุดโครงสร้างนำเข้ากล่อง



รูปที่ 3.3 รูปแบบเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ

3.3.1 ชุดโครงสร้างตัวเครื่องจักร

ชุดโครงสร้างของเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ ใช้สำหรับเป็นฐานเพื่อติดตั้งชิ้นส่วนของเครื่องจักร เช่น กระบอกสูบนิวแมติกส์ ตัวปรับระยะแผ่นจับ โครงสร้างประกอบด้วย สเตนเลส กล่องฉากขนาดหน้าตัด 2 x 2 นิ้ว หนา 2 มิลลิเมตร ล้อ ขาตั้งฐานเครื่อง



รูปที่ 3.4 ชุดโครงสร้างตัวเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ชุดโครงสร้างนำเข้ากล่อง

ชุดโครงสร้างนำเข้ากล่อง ทำหน้าที่นำกระดาษกล่องเข้าสู่เครื่องพิมพ์กล่องอัตโนมัติประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.3.2.1 กระบอกสูบนิวแมติกส์ขนาด 40 เซนติเมตร

3.3.2.2 กระบอกสูบนิวแมติกส์ขนาด 100 เซนติเมตร

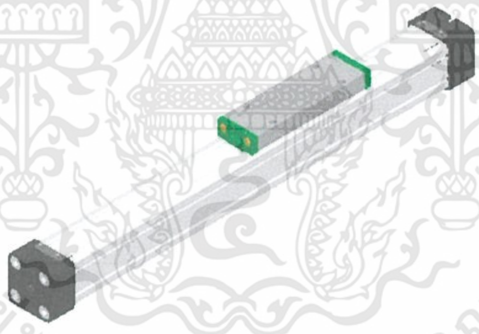
3.3.2.3 ชุดขับเคลื่อนกล่องกระดาษ

3.3.2.4 ชุดดันกล่องกระดาษ

3.3.2.5 ฐานรองรับกล่องกระดาษ

3.3.2.6 ฐานรองรับกล่องกระดาษแบบปรับระยะ

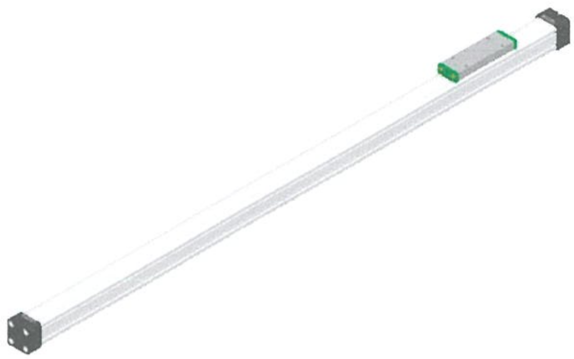
3.3.2.1 กระบอกสูบนิวแมติกส์ขนาด 40 เซนติเมตร กว้าง 2.7 เซนติเมตร ยาว 2.7 เซนติเมตร ลึก 40 เซนติเมตร ระยะชัก 38.7 เซนติเมตร ระยะช่วงความดัน 0.5-4 บาร์ วัสดุทำจากสเตนเลส



รูปที่ 3.5 กระบอกสูบนิวแมติกส์ขนาด 40 เซนติเมตร

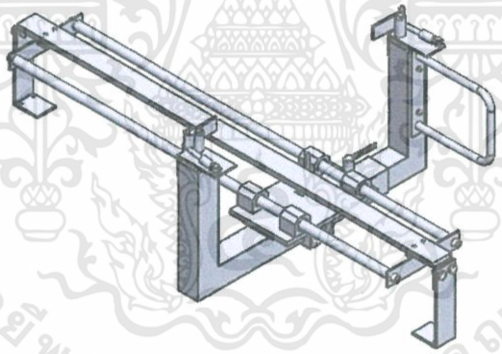
3.3.2.2 กระบอกสูบนิวแมติกส์ขนาด 100 เซนติเมตร กว้าง 2.7 เซนติเมตร ยาว 2.7 เซนติเมตร ลึก 100 เซนติเมตร ระยะชัก 87 เซนติเมตร ระยะช่วงความดัน 0.5-4 บาร์ วัสดุทำจากสเตนเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 กระบอกสูบนิวแมติกส์ขนาด 100 เซนติเมตร

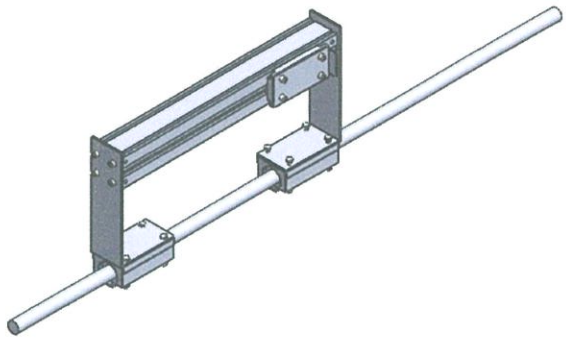
3.3.2.3 ชุดขับเคลื่อนกล่องกระดาษ ทำหน้าที่ดันกล่องกระดาษไปติดกับโครงรับกล่องกระดาษ ประกอบด้วย สเตนเลสกล่องฉากขนาดหน้าตัด 2 x 2 นิ้ว หนา 2 มิลลิเมตร รูปตัวแอล 2 อัน ใส่เข้าหากัน เชื่อมต่อกับฐานวางแบริ่งสไลด์ 2 อัน เพลาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ฐานรองรับกระบอกสูบนิวแมติกส์ขนาด 100 เซนติเมตร ด้านบนสเตนเลสกล่องฉากรูปตัวแอล เชื่อมต่อกับสปริงดันกระดาษกล่อง ด้ามมือจับสเตนเลส



รูปที่ 3.7 ชุดขับเคลื่อนกล่องกระดาษ

3.3.2.4 ชุดดันกล่องกระดาษ ทำหน้าที่ดันกล่องกระดาษไปเข้าเครื่องพิมพ์กล่อง ประกอบด้วย เพลาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ยึดติดกับโครงสร้างตัวเครื่องจักร แบริ่งสไลด์ 2 อัน เชื่อมต่อกับตัวจับกระบอกสูบนิวแมติกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

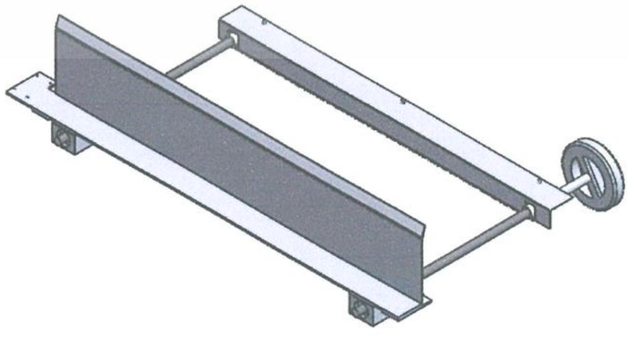


รูปที่ 3.8 ชุดดันกล่องกระดาษ

3.3.2.5 ฐานรองรับกล่องกระดาษ แผ่นสเตนเลสดัดตัวแอลดังรูปที่ 3.9 ขนาดยาว 111 เซนติเมตร ความหนาด้านข้าง 0.2 เซนติเมตร ความหนาฐาน 1 เซนติเมตร

รูปที่ 3.9 ฐานรองรับกล่องกระดาษ

3.3.2.6 ฐานรองรับกล่องกระดาษปรับระยะ แผ่นสเตนเลสดัดรูปตัวแอลตามรูปที่ 3.10 ขนาดยาว 111 เซนติเมตร ความหนาด้านข้าง 0.2 เซนติเมตร ความหนาฐาน 1 เซนติเมตร ยึดติดกับแบริ่งสไลด์ 2 อันต่อกับเพลาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร อันหนึ่งสามารถหมุนมือปรับระยะได้และโซ่



รูปที่ 3.10 ฐานรองรับกล่องกระดาษปรับระยะ

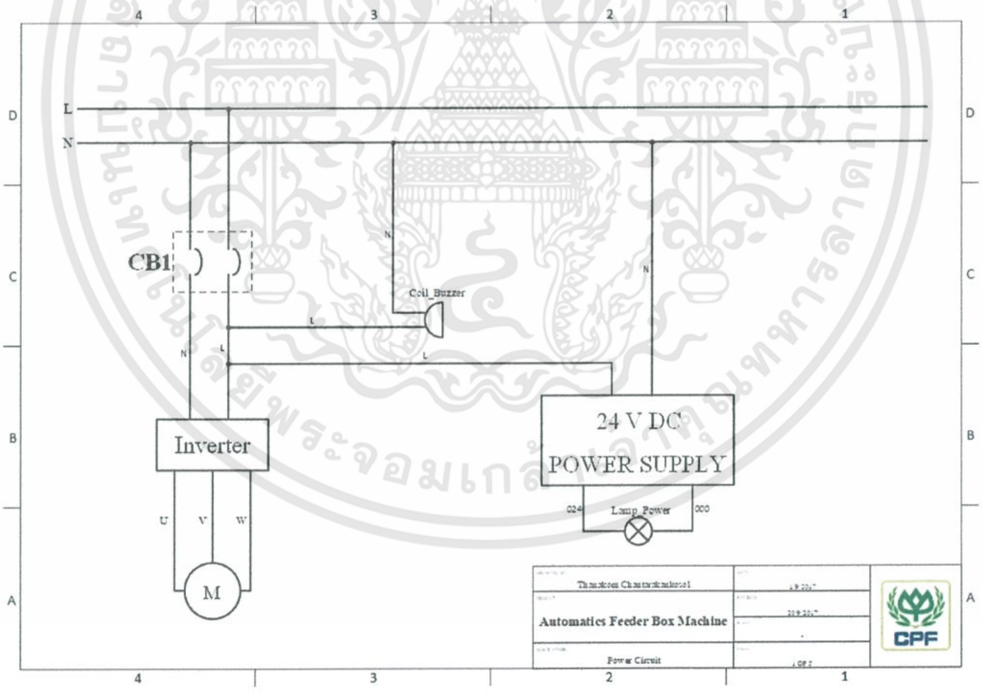
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบระบบไฟฟ้าควบคุมเครื่องจักร

ในการออกแบบวงจรไฟฟ้าโครงงานนี้ ใช้หลักการความปลอดภัยและความเรียบง่ายของระบบไฟฟ้า ซึ่งใช้อุปกรณ์ส่วนใหญ่เป็นของที่สายการผลิตมีอะไหล่สำรอง (Spare Part) และคุ้นเคยการใช้งานอยู่ปกติแล้ว

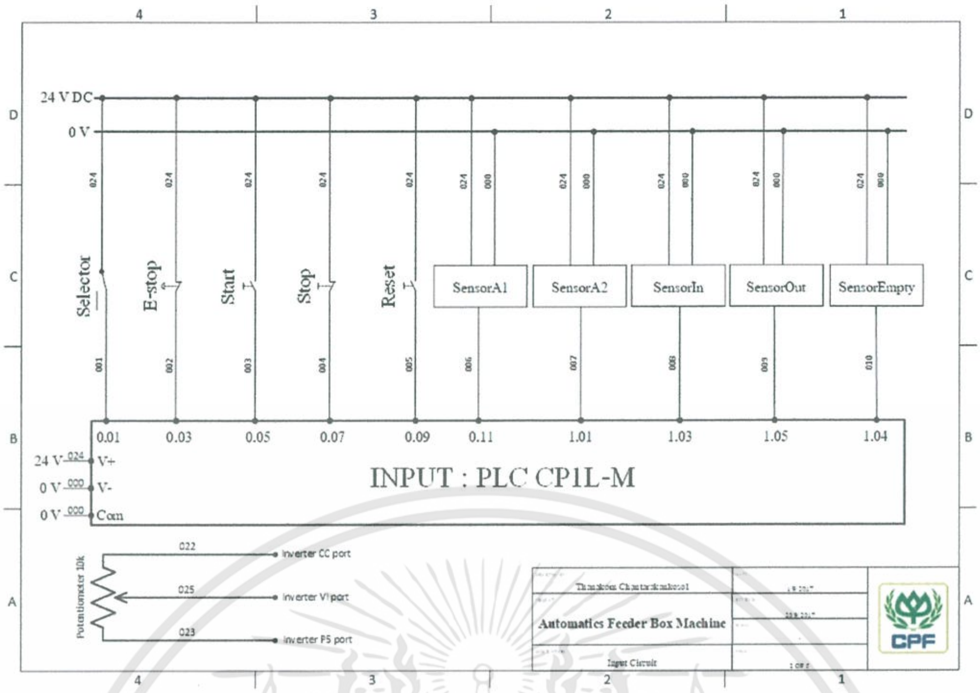
เมื่อศึกษาลักษณะขั้นตอนการทำงานที่จุดงานพิมพ์กล่องเสร็จสิ้น จึงได้กำหนดอุปกรณ์ในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักร โดยคำนึงถึงความสามารถในการปรับเปลี่ยนและการขยายการต่อยอดของสายการผลิต โดยเลือกใช้การควบคุมผ่านระบบ PLC (Programmable Logic Controller) การควบคุมมอเตอร์ผ่าน Inverter และมีการตรวจสอบสถานะการทำงานที่หน้าตู้ควบคุมเครื่องจักร และไฟสัญญาณ Tower Light

จากนั้นเริ่มการออกแบบวงจรไฟฟ้าควบคุมเครื่องจักร ตามหลักการออกแบบวงจรไฟฟ้าพื้นฐาน โดยแบ่งเป็น 4 ส่วน คือ 1. วงจรไฟฟ้ากำลัง 2. วงจรไฟฟ้าควบคุมด้าน INPUT 3. วงจรไฟฟ้าควบคุมด้าน OUTPUT 4. วงจร LADDER



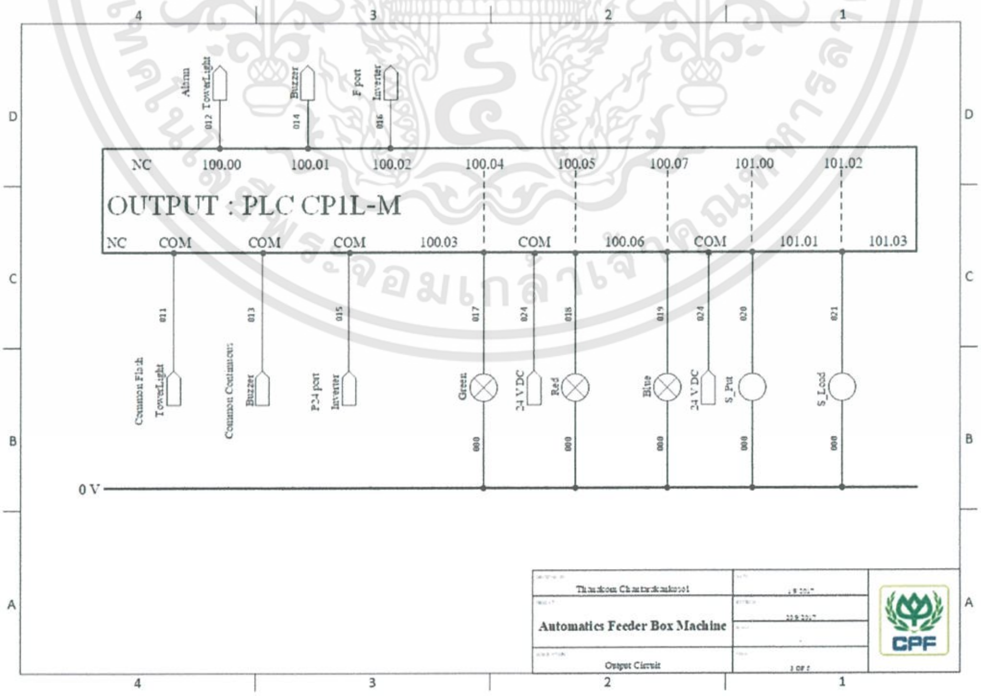
รูปที่ 3.11 วงจรไฟฟ้ากำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



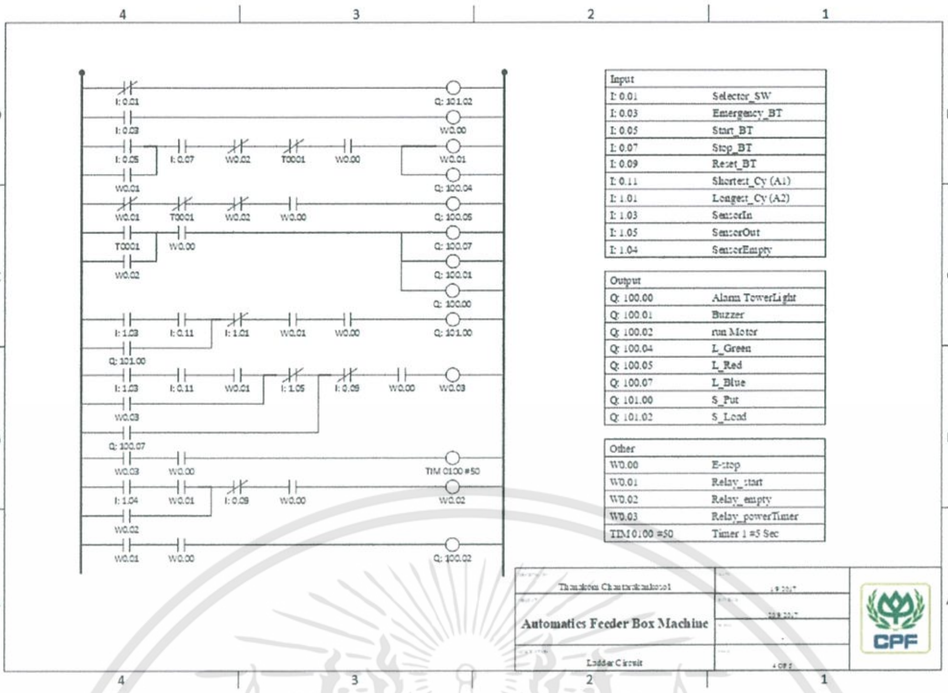
รูปที่ 3.12 วงจรไฟฟ้าควบคุม INPUT

ในส่วน INPUT จะใช้ Photo Sensor ชนิด PNP และสามารถปรับตั้งค่าระยะได้ เมื่อตรวจจับวัตถุในระยะที่ต้องการได้ Sensor จะให้สัญญาณ 24 V DC. ออกมา สั่งการการทำงานของเครื่องจักรในสถานะต่อไป



รูปที่ 3.13 วงจรไฟฟ้าควบคุม OUTPUT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 วงจร LADDER

หลังจากออกแบบวงจรไฟฟ้าและกำหนดอุปกรณ์ควบคุมเครื่องจักรเสร็จสิ้น ลำดับต่อไปจะเป็นการจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์ ในตู้ควบคุมเครื่องจักร เพื่อเตรียมการนำตู้ควบคุมเครื่องจักรมาติดตั้งในสายการผลิต โดยมีการเก็บสายไฟในรางไฟ (Wire Duct) และการเข้าหางปลาในการต่อจุดเชื่อม (Terminal) ทุกจุด

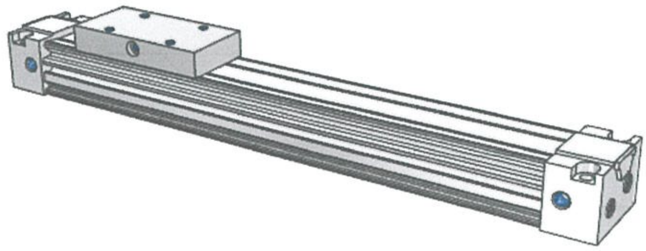
3.5 การออกแบบวงจรนิวแมติกส์

การออกแบบวงจรนิวแมติกส์ จะพิจารณาลักษณะการทำงาน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์นิวแมติกส์หรือชิ้นส่วนอื่นๆ ของเครื่องจักร การทำงานที่ต่อเนื่องของเครื่องจักร โดยใช้ชุดบริการลมอัด และหลักสำคัญคือ การใช้สอยพื้นที่ในสายการผลิตให้ประหยัดและคุ้มค่ามากที่สุด วงจรนิวแมติกส์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

3.5.1 วงจรนิวแมติกส์ Load – Reload

ในส่วนนี้ วงจรนิวแมติกส์ Load – Reload เป็นวงจรส่วนอิสระในการทำงาน มีหน้าที่ประคองกล่องกระดาษลูกฟูกให้อยู่ในตำแหน่งพร้อมทำงาน ลักษณะการทำงานของกระบอกสูบนิวแมติกส์ Load – Reload จะเป็นการแยกการทำงานอิสระจากระบบของเครื่องจักร ไม่ขึ้นกับสถานะของเครื่องจักร และใช้พื้นที่ (ระยะชัก) มาก เพื่อเป็นการประหยัดพื้นที่ในสายการผลิต จึงเลือกใช้กระบอกสูบนิวแมติกส์ในรูปแบบ Mechanically Jointed Rodless Cylinder

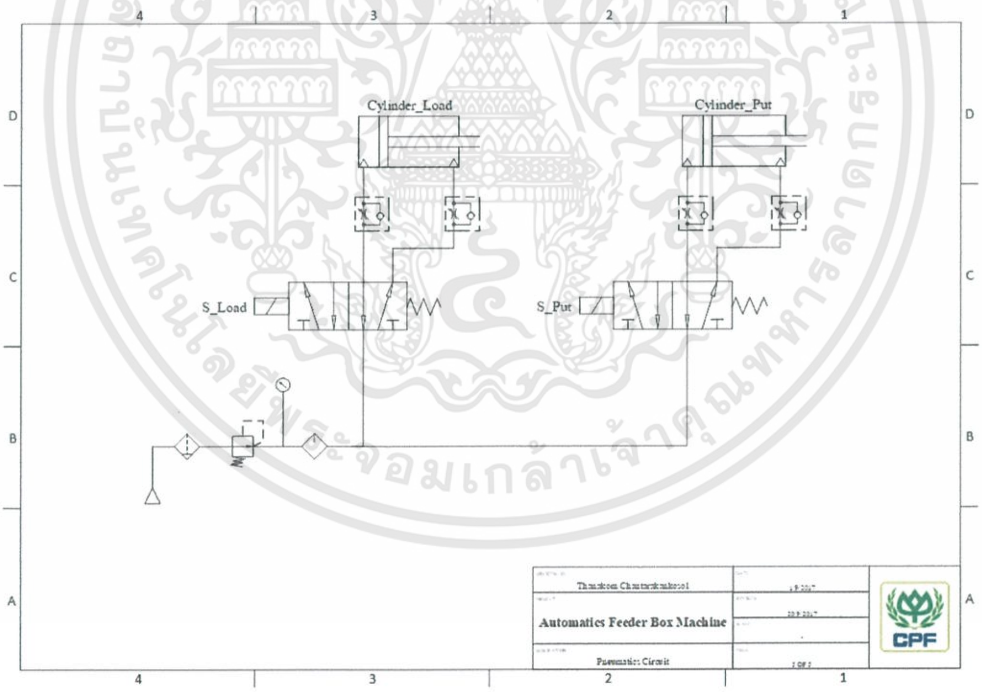
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 Mechanically Jointed Rodless Cylinder

3.5.2 วงจรนิวแมติกส์ดันกล่องกระดาษลูกฟูก

วงจรนิวแมติกส์ดันกล่องกระดาษลูกฟูกเป็นวงจรต้นกำลังหลัก ในส่วนนำเข้ากล่องของระบบเครื่องจักร มีหน้าที่ดันกล่องกระดาษลูกฟูกทีละใบเข้าสู่สายพานพิมพ์กล่อง ลักษณะการทำงานของกระบอกสูบนิวแมติกส์ดันกล่องกระดาษลูกฟูก จะเป็นการทำงานแบบตามลำดับ ตามคำสั่งของ PLC เนื่องจากคำนึงถึงการจัดซื้อและง่ายในการซ่อมบำรุง จึงเลือกใช้กระบอกสูบรูปแบบ Mechanically Jointed Rodless Cylinder เช่นเดียวกับวงจรนิวแมติกส์ Load – Reload



รูปที่ 3.16 วงจรนิวแมติกส์

ในวงจรนิวแมติกส์ทั้ง 2 ชุด มีการใช้วาล์วควบคุมทิศทางชนิด 5/2 กลไกสั่งงานชนิดขดลวดไฟฟ้าและกลไกสั่งงานชนิดสปริงดันกลับ ทั้ง 2 ชุด และกระบอกสูบทั้งสองเป็นกระบอกสูบ 2 ทิศทางที่มีวาล์วควบคุมการไหลชนิดปรับได้ เพื่อปรับความเร็วลมของกระบอกสูบตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินโครงงาน

4.1 โครงสร้างและระบบกลไกของเครื่องจักร

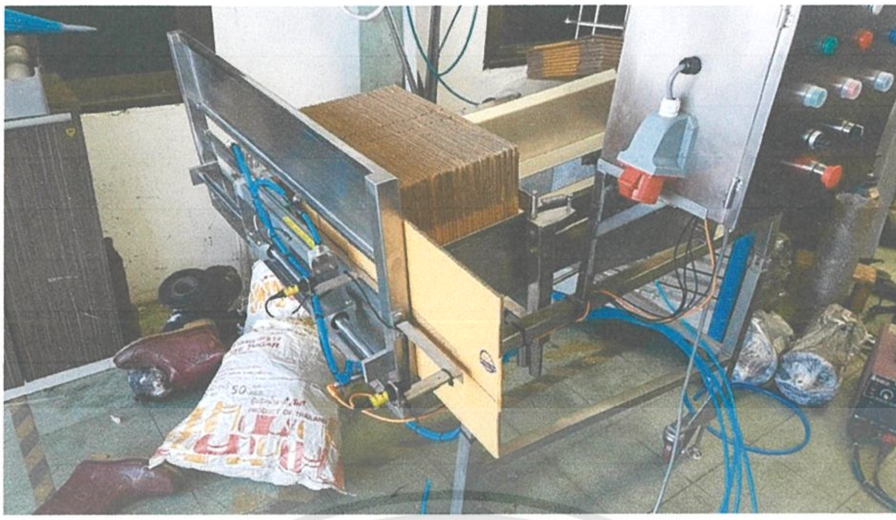
ส่วนประกอบทางกลของเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ ถูกดำเนินการประกอบจนเสร็จสิ้น 100 เปอร์เซนต์ โดยโครงสร้างเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดยทางคณะผู้จัดทำดำเนินการเริ่มออกแบบเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติเป็นส่วนแรก ตั้งแต่วันที่ 28 สิงหาคม 2560 จนถึงวันที่ 18 กันยายน 2560 ส่วนต่อมาดำเนินการจัดซื้อชิ้นส่วนเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ ตั้งแต่วันที่ 9 ตุลาคม 2560 จนถึงวันที่ 22 ตุลาคม 2560 ในส่วนสุดท้ายเป็นส่วนของประกอบกลไกและโครงสร้างเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ ใช้เวลานานเนื่องจากต้องปรับแก้โครงสร้างหลายครั้งเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ ใช้เวลาดำเนินงานตั้งแต่วันที่ 23 ตุลาคม 2560 จนถึงวันที่ 17 พฤศจิกายน 2560

คณะผู้จัดทำได้ทำการติดตั้งและทดสอบการทำงานจริง โดยการบรรจุกระดาษกล่องขนาดเล็กที่สุดและกระดาษกล่องขนาดใหญ่ที่สุด สั่งงานผ่านตู้ควบคุมเครื่องจักร เพื่อทดสอบการทำงาน และลำดับการทำงานของเครื่องจักรว่าเป็นไปตามลำดับการทำงานที่กำหนดไว้หรือไม่

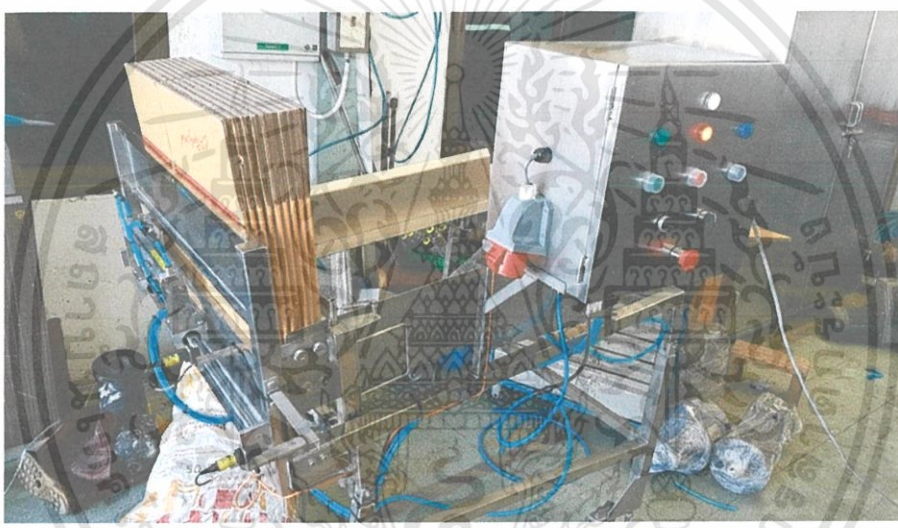
จากการทดสอบควบคุมลำดับการทำงานของเครื่องจักร ผู้ดำเนินโครงงานพบว่า เครื่องจักรสามารถทำงานตามลำดับได้อย่างถูกต้องตามที่ผู้ดำเนินโครงงานวางลำดับการทำงานไว้ ดังรูปที่ 4.1, 4.2, 4.3 และ 4.4

รูปที่ 4.1 เครื่องจักรบรรจุกล่องกระดาษขนาดเล็กที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 เครื่องจักรทดสอบลำดับการทำงานป้อนกล่องกระดาษขนาดเล็กที่สุด



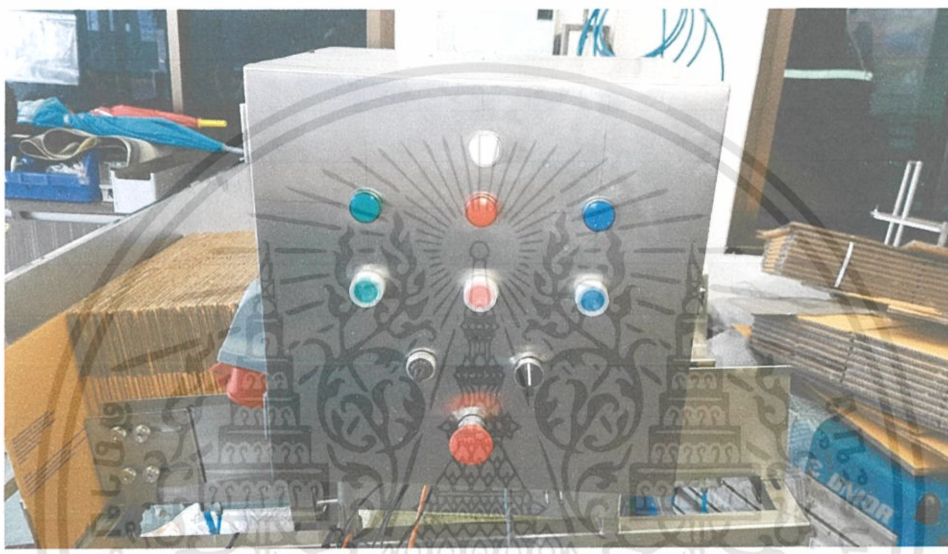
รูปที่ 4.3 เครื่องจักรบรรจุกล่องกระดาษขนาดใหญ่ที่สุด

รูปที่ 4.4 เครื่องจักรทดสอบลำดับการทำงานป้อนกล่องกระดาษขนาดใหญ่ที่สุด

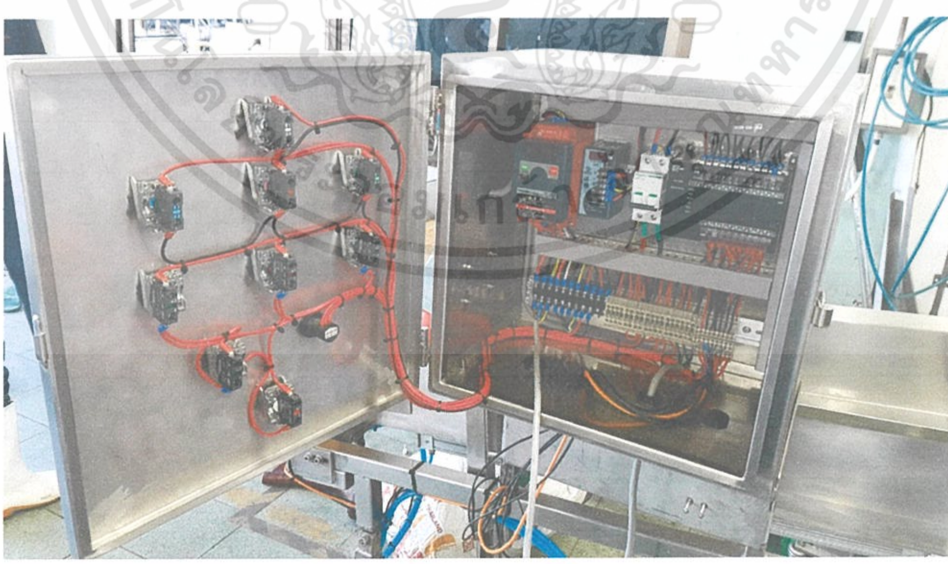
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ตู้ไฟฟ้าควบคุมเครื่องจักร

ผลการดำเนินงานในด้านส่วนประกอบทางไฟฟ้าสำเร็จไป 100 เปอร์เซนต์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. สามารถติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้าเข้ากับเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติดังแสดงในรูปที่ 4.5 และได้ทำการทดลองจ่ายไฟให้กับตู้ควบคุมไฟฟ้า ผลคือตู้ควบคุมไฟฟ้าสามารถทำงานอย่างตามต้องการ 2. การเดินสายไฟฟ้าทั้งหมดในเครื่องให้เชื่อมต่อกัน ทั้งสายไฟฟ้า, สายสัญญาณจากเซนเซอร์และอุปกรณ์วัดต่างๆ ภายในเครื่อง ดังแสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.6



รูปที่ 4.5 ติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้าเข้ากับเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ



รูปที่ 4.6 การเดินสายไฟฟ้าทั้งหมดในตู้ควบคุมเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดสอบการทำงานจริง

เมื่อนำเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติมาทดลองใช้จริงเปรียบเทียบกับพนักงานที่นำเข้ากระดาษกล่องในสายการผลิต โดยทดลองใช้กระดาษกล่องขนาดเล็กที่สุดจำนวน 1 ชุด จะสามารถเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบเวลาการทำงานของพนักงานกับเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ

เงื่อนไข	พนักงาน	เครื่องจักรอัตโนมัติ
จำนวนกล่องที่ใส่	20 ใบ	100 ใบ
เวลานำเข้าต่อ 1 ใบ	1 sec	1 sec
เวลาหยุดพัก(นำกล่องออก)	10 sec	15 sec
เวลารวมเมื่อเทียบที่ 1 ชุด (KJ)	1800 sec	1380 sec

จากตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบจากกระดาษกล่องขนาดเล็กที่สุดจำนวน 1 ชุด หรือ 1200 ใบ จะพบว่าพนักงานจะนำเข้ากล่องครั้งละ 20 ใบ แล้วหยุดพักนำกล่องออกครั้งละเป็นเวลา 10 วินาที ทำให้ใช้เวลารวมทั้งหมด 1800 วินาที ส่วนเครื่องจักรนำเข้ากล่องอัตโนมัติจะนำเข้ากล่องครั้งละ 100 ใบ แล้วหยุดพักนำกล่องออกครั้งละเป็นเวลา 15 วินาที ทำให้ใช้เวลารวมทั้งหมด 1380 วินาที จึงสรุปได้ว่าเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติสามารถเพิ่มจำนวนผลผลิตได้มากขึ้นในเวลาเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินโครงงานและข้อเสนอแนะ

โครงงานฉบับนี้ได้นำเสนอการออกแบบเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ ของทางบริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) (โรงงานอาหารสำเร็จรูปหนองจอก) ซึ่งใช้งานในการนำเข้ากล่องแบบอัตโนมัติ โดยมีวัตถุประสงค์ในการแก้ไขปัญหาเรื่องต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องจักรให้มากยิ่งขึ้นและความไม่สม่ำเสมอของประสิทธิภาพในการทำงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการทำโครงงานเครื่องนำเข้ากล่องอัตโนมัติ ได้รับการอนุมัติจากทางบริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) (โรงงานอาหารสำเร็จรูปหนองจอก) ให้ทำการออกแบบและประกอบเครื่องจักรจนสำเร็จ 100 เปอร์เซนต์ พร้อมทั้งทำการทดสอบการทำงานของชิ้นส่วนทางกล วงจรไฟฟ้า วงจรนิวแมติกส์ และทำการทดสอบการทำงานแบบระบบ Manual ร่วมกับการทดสอบโปรแกรมในเวลาเดียวกัน ผลปรากฏว่า สามารถควบคุมลำดับการทำงานของเครื่องจักรให้เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ได้เป็นอย่างดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การวางแผนการดำเนินงาน มีความสำคัญต่อการทำโครงการเป็นอย่างมาก ต่อการทำงานต้องมีการวางแผนการดำเนินงานเผื่อระยะเวลาไว้ เนื่องจากอาจเกิดปัญหาในการดำเนินงานที่ทำให้ใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานมากขึ้น

2. การวางตัวภายในองค์กรมีความสำคัญในการทำงาน และส่งผลความต่อเนื่องในการทำงาน

3. ควรสื่อสารงานให้เข้าใจภายในกับทีมปฏิบัติงาน หากสงสัยหรือไม่มั่นใจในงานที่ได้รับมอบหมายต้องสอบถามให้เข้าใจและชัดเจน เพื่อไม่ให้เกิดการทำงานที่ผิดพลาด ซึ่งจะส่งผลให้เกิดปัญหาตามมาในภายหลัง

4. ความใส่ใจ และความเต็มที่กับงานเป็นสิ่งสำคัญ เพราะแสดงให้เห็นว่ามีความตั้งใจกับงานที่ได้รับหมอบหมายมากน้อยแค่ไหน

5. ความรู้พื้นฐานเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการต่อยอดไปสู่ความรู้ใหม่ๆ เพื่อการพัฒนาตนเองในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] **เหล็กกล้าไร้สนิม.** (Online). 25 ตุลาคม 2560.
Available : http://www.tssda.org/index.php?actions=about&id=6

[2] **เหล็กกล้าไร้สนิม 304 (SUS304).** (Online) 25 ตุลาคม 2560.
Available : http://www.meadinfo.org/2010/09/sus304-stainless-steel-material.html

[3] ดร.พลเทพ เวงสูงเนิน. **เอกสารประกอบการสอน รายวิชา 04-031-202 กลศาสตร์วัสดุ (Mechanics of Materials).** นครราชสีมา: สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

[4] Hibberler, R. (2011). **Mechanics of Materials** (8th ed.). United States of America: Pearson Prentice Hall.

[5] Beer, F., Johnston, Jr., E., Dewolf, J., & Mazurek, D. (2012). **Mechanics of Materials** (6th ed.). New York, United Stated of America: McGraw-Hill Companies, Inc.

[6] **มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส (Induction motor).** (Online). 25 ตุลาคม 2560.
Available : https://sites.google.com/site/nattadech5510122526011/home/mxtexr-fifa-khux-xari/hlak-kar-thangan-khxng-mxtexr/mxtexr-chnid-tang/mxtexr-fifakrasae-slab-ac-alternating-current-motor-hrux-xe-si-mxtexr/mxtexr-fifakrasae-slab-3fes

[7] ลือชัย ทองนิล. (2556). **การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าตามมาตรฐาน ของการไฟฟ้า.** (ปรับปรุงครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

[8] ศุลี บรรจงจิตร. (2556) **หลักการและเทคนิคการออกแบบระบบไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[9] สมมารถ ขำเกลี้ยง และ ไพศาล คงเรือง. (2557). **การออกแบบระบบไฟฟ้าที่มีโหลดเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 โดยใช้จียูไอของแมทแลป.** การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 7.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[10] **Inverter.** (Online). 25 ตุลาคม 2560.
Available : http://net.grundfos.com/doc/webnet/boosterpaq/BoosterpaQ%20CD/Misc%20Tech/Inverted%20Fed%20Motors%20-20Baldor.pdf

[11] **เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสง (Photoelectric Sensors).** (Online). 25 ตุลาคม 2560.
Available : http://Www.Foodnetworksolution.Com/Wiki/Word/7236/Photo-Sensor-เซนเซอร์ ชนิดใช้แสง

[12] **คุณลักษณะของเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดแสง.** (Online). 25 ตุลาคม 2560.
Available : http://Tanchoen.Blogspot.Com/2013/06/Photoelectric-Sensor.Html

[13] สุเธียร เกียรติสุนทร. (2556). **ระบบอัตโนมัติทางอุตสากรรม : อุปกรณ์วัดและอุปกรณ์ควบคุมทางอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[14] **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับงานเขียนแบบ.** (Online). 25 ตุลาคม 2560.
Available : www.srptc.ac.th/news/10-01-2012-exM2QF0Tue92914.pdf

[15] ผศ.ดร.อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล. (2554). **การทดลองทางวิศวกรรมไฟฟ้า 1 (Electrical Engineering Laboratory 1).** กรุงเทพฯ: สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายชาตวัฒน์ เจริญอภิบาล
วัน เดือน ปีเกิด 30 กรกฎาคม พุทธศักราช 2538
ที่อยู่ปัจจุบัน 2112/4 ถ.ราษฎร์บำรุง ต.ท่าวัง อ.เมือง
จ.นครศรีธรรมราช 80000
เบอร์โทรศัพท์ 083-4999410
E-mail chow.engi@gmail.com

ประวัติการศึกษา

พุทธศักราช 2546-2551	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา จาก โรงเรียนอนุบาลนครศรีธรรมราช ณ นครอุทิศ
พุทธศักราช 2552-2554	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จาก โรงเรียนเบญจมราชูทิศ นครศรีธรรมราช
พุทธศักราช 2555-2557	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สายการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ จาก โรงเรียนเบญจมราชูทิศ นครศรีธรรมราช
พุทธศักราช 2558-2561	ศึกษาระดับอุดมศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

ประวัติการทำงาน

พุทธศักราช 2560	ฝึกงานบริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) (โรงงานอาหารสำเร็จรูปหนองจอก) ฝ่ายวิศวกรรมซ่อมบำรุง 5 (สายการผลิตอาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายธนกร จันทรกานต์โกศล
วัน เดือน ปีเกิด	19 กุมภาพันธ์ พุทธศักราช 2539
ที่อยู่ปัจจุบัน	200/114 หมู่บ้านปริญลักษณ์ (เอ็กคลูซีฟ) ถนนนวมินทร์ แขวงนวมินทร์ เขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร 10240
เบอร์โทรศัพท์	091-7798101
E-mail	tonthanakornn@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

พุทธศักราช 2546-2551	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา จาก โรงเรียนวัดบางเตย กรุงเทพมหานคร
พุทธศักราช 2552-2554	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สายการเรียนคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ จาก โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)๒ กรุงเทพมหานคร
พุทธศักราช 2555-2557	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สายการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ จาก โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)๒ กรุงเทพมหานคร
พุทธศักราช 2558-2561	ศึกษาระดับอุดมศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

ประวัติการทำงาน

พุทธศักราช 2559	ฝึกงานบริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) (โรงงานอาหารสำเร็จรูปหนองจอก) ฝ่ายวิศวกรรมซ่อมบำรุง 1 (สายการผลิตไส้กรอกอัตโนมัติ)
พุทธศักราช 2560	ฝึกงานบริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) (โรงงานอาหารสำเร็จรูปหนองจอก) ฝ่ายวิศวกรรมซ่อมบำรุง 5 (สายการผลิตอาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้