

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(9)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
สมมติฐานของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
คำนิยามศัพท์เฉพาะ	4
ประโยชน์ที่ได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
1. บรรจุภัณฑ์กระป๋องอลูมิเนียม	5
2. การรีไซเคิลกระป๋องอลูมิเนียม	7
3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส	8
3.1 Split phase motor หรือมอเตอร์แบบแยกเฟส	8
3.2 มอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์ (Capacitor Motor)	11
3.3 มอเตอร์แบบ Repulsion motor	14
3.4 มอเตอร์แบบยูนิเวอร์แซล (Universal Motor)	15
3.5 มอเตอร์แบบ Shaded-Pole Motor	16

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. การควบคุมมอเตอร์ (Motor control)	17
5. ระบบการควบคุมมอเตอร์	19
5.1 ระบบควบคุมแบบเปิด (Open Loop Control)	19
5.2 ระบบควบคุมแบบปิด (Closed Loop Control)	20
6. ประเภทของการควบคุมมอเตอร์	20
6.1 การควบคุมด้วยมือ (Manual Control)	20
6.2 การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ (Semi-Automatic control)	21
6.3. การควบคุมอัตโนมัติ (Automatic control)	22
7. ระบบนิวแมติกส์	22
7.1 หน่วยในระบบนิวแมติกส์	22
7.2 การเปลี่ยนแปลงของอากาศจากผลของความร้อนและความดัน	24
7.3 การนำนิวแมติกส์มาประยุกต์ในอุตสาหกรรม	25
7.4 เครื่องอัดอากาศ	26
8. การเปรียบเทียบระบบนิวแมติกส์และระบบไฮดรอลิกส์	33
8.1 ระบบนิวแมติกส์	33
8.2 ระบบไฮดรอลิกส์	34
8.3 ปัจจัยที่คำนึงถึงในการเลือกใช้งานระบบนิวแมติกส์ และระบบไฮดรอลิกส์	36
8.4 วงจรไฟฟ้าควบคุมนิวแมติกส์พื้นฐาน	37
8.5 วงจรเลดเดอร์ไต่อะแกรม Ladder Logic Diagrams	37
9. Programmable Logic Controllers	40
9.1 โครงสร้างและลักษณะการใช้งาน PLC	41
9.2 ชนิดของโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ (Type of PLC)	42
9.3 ขนาดของโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์	43

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
9.4 โครงสร้างและลำดับการทำงานภายใน PLC	44
9.5 การออกแบบขั้นตอนการทำงาน (Function Stepping Design)	45
10. เซ็นเซอร์และอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับ	47
10.1 พร็อกซิมีตีส์วิตช์ (Proximity Switch)	47
10.2 โฟโตสวิตช์ (Photo Switch)	48
11. อุปกรณ์ในระบบนิวแมติกส์	48
12. การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยสวิตช์	56
12.1 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch)	56
12.2 สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน (Emergency Push Button)	57
12.3 สวิตช์เลือก (Selector switch)	57
12.4 รีเลย์ (Relay)	57
12.5 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor)	59
12.6 เบรกเกอร์ (Breaker)	62
12.7 โซลินอยด์ (Solenoid)	62
13. เฟือง (Gears)	64
13.1 เฟืองตรง	64
13.2 เฟืองเฉียง	65
13.3 เฟืองดอกจอก	65
13.4 เฟืองเกลียวสกรู	65
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	66
กรอบแนวคิดในการวิจัย	67
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	68
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	68
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	68
ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย	69
การเก็บรวบรวมข้อมูล	69
การวิเคราะห์ข้อมูล	70

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ขั้นตอนการสร้างเครื่องเรียงและبيبอัดกระป๋องอลูมิเนียมอัตโนมัติ	73
1. ออกแบบโครงสร้างเครื่องเรียงและอัดกระป๋องอัตโนมัติ	74
2. การดำเนินการสร้างเครื่องเรียงและอัดกระป๋องอัตโนมัติ	76
3. ขั้นตอนการทำงานของเครื่องเรียงและอัดกระป๋องอัตโนมัติ	82
4. การทำงานของระบบนิเวตริกส์ควบคุมด้วย PLC	83
การเขียนโปรแกรมควบคุม PLC ด้วย Ladder Diagram	87
บทที่ 4 ผลการวิจัย	97
ผลการสร้างเครื่องเรียงและبيبอัดกระป๋องอลูมิเนียมอัตโนมัติ	97
ผลการทดสอบหาความเร็วรอบของถาดหมุนและกำลังไฟฟ้า	98
ผลการทดสอบหาจำนวนกระป๋องอลูมิเนียมสูงสุดที่ใส่ในภาชนะ	99
ผลการทดสอบหาจำนวนกระป๋องอลูมิเนียมที่ถูกبيبอัดก่อนที่	100
ผลการทดสอบหาระยะความสูงของกระป๋องอลูมิเนียมหลังจากถูกبيبอัด	101
ผลการเปรียบเทียบตัวแปรที่ส่งผลจำนวนกระป๋องอลูมิเนียมที่ถูกبيبอัดก่อนที่	102
ผลการเปรียบเทียบตัวแปรที่ส่งผลต่อระยะความสูงของกระป๋องอลูมิเนียม	103
หลังจากถูกبيبอัด	103
ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบตัวแปรรายกลุ่มเป็นรายคู่	104
โดยใช้ Scheffe Analysis	104
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	109
สรุปผลการวิจัย	109
อภิปรายผลการวิจัย	109
ข้อเสนอแนะ	111
บรรณานุกรม	113
ภาคผนวก	117
ประวัติผู้วิจัย	128

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สัญลักษณ์ในการเขียนเลตเตอร์ไดอะแกรมและความหมาย	38
2.2	ผลลัพธ์ของอุปกรณ์ตรวจจับและควบคุมแบบไบนารีทางอินพุต	40
2.3	ผลลัพธ์ของอุปกรณ์ตรวจจับและควบคุมแบบไบนารีทางเอาต์พุต	41
2.4	ตัวอย่างแสดงเหตุการณ์ในแต่ละงานย่อยจากภาพที่ 2.50	45
2.5	ลักษณะการใช้งานของแต่ละชนิดของพรอกซิมิตีสวิทช์	48
2.6	รายละเอียดโครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว	52
2.7	รายละเอียดโครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง	54
3.1	กำหนดอินพุตของ PLC	86
3.2	กำหนดเอาต์พุตของ PLC	87
4.1	ผลการทดสอบหาความเร็วรอบของถาดหมุนและกำลังไฟฟ้า	98
4.2	ผลการทดสอบหาจำนวนกระป๋องอลูมิเนียมสูงสุดที่ใส่ในภาชนะ	99
4.3	ผลการทดสอบหาจำนวนกระป๋องอลูมิเนียมที่ถูกบีบอัดก่อนหน้า	100
4.4	ผลการทดสอบหาระยะความสูงของกระป๋องอลูมิเนียมหลังจากถูกบีบอัด	101
4.5	ผลการเปรียบเทียบตัวแปรยี่ห้อและความเร็วในการตรวจจับของเซ็นเซอร์ ที่ส่งผลต่อจำนวนกระป๋องอลูมิเนียมที่ถูกบีบอัดก่อนหน้า	102
4.6	ผลการเปรียบเทียบตัวแปรยี่ห้อและระดับแรงดันลม ที่ส่งผลต่อระยะ ความสูงของกระป๋องหลังถูกบีบอัด	103
4.7	ผลการเปรียบเทียบตัวแปรความเร็วในการตรวจจับ ของเซ็นเซอร์ (ms) เป็นรายคู่	104
4.8	ผลการเปรียบเทียบตัวแปรแรงดันลม (bar) เป็นรายคู่	105
4.8	ผลการเปรียบเทียบตัวแปรแรงดันลม (bar) เป็นรายคู่ (ต่อ)	106

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ขบวนการผลิตกระป๋องอลูมิเนียม 3 ชั้น	6
2.2 กระป๋องอลูมิเนียมรูปแบบต่างๆ	7
2.3 Split Phase Motor หรือมอเตอร์แบบแยกเฟส	8
2.4 ส่วนประกอบของ Split Phase Motor หรือ มอเตอร์แบบแยกเฟส	9
2.5 โรเตอร์กรงกระรอก (Squirrel Cage Rotor)	9
2.6 สวิตช์แรงเหวี่ยง (Centrifugal Switch)	10
2.7 คุณลักษณะของมอเตอร์แบบแยกเฟส	11
2.8 มอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์ (Capacitor Motor)	12
2.9 ลักษณะของมอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์ (Capacitor Start Motor)	12
2.10 ลักษณะของ Permanent-Split Capacitor Motor	13
2.11 มอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์สองค่า (Two-Value Capacitor Motor)	13
2.12 ลักษณะของมอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์สองค่า (Two-value capacitor motor)	14
2.14 มอเตอร์แบบยูนิเวอร์แซล (Universal Motor)	15
2.15 มอเตอร์แบบ Shaded-Pole Motor	16
2.16 ลักษณะของมอเตอร์แบบ Shaded-Pole Motor	17
2.17 ชุด Motor Starter / Short-Circuit Current and Overload Protection	19
2.18 การควบคุมแบบเปิด (Open Loop Control)	20
2.19 การควบคุมแบบปิด (Closed Loop Control)	20
2.20 อุปกรณ์ควบคุมด้วยมือ (Manual Control)	21
2.21 Motor Control AC อุปกรณ์ควบคุมกึ่งอัตโนมัติ	21
2.22 อุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control)	22
2.23 หน่วยวัดพื้นฐานของระบบ SI	23
2.24 ความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure , Pabs) มีค่า $10^{-10}$ Pa ส่วนความดันบรรยากาศ (Pn) มีค่า 1.01325 bar	24

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
2.25	การเปลี่ยนแปลงปริมาณอากาศ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ( $T_2 > T_1$ )	25
2.26	เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบอัด	27
2.27	เครื่องอัดอากาศแบบ 1 กระบอกสูบ ( $1/4$ แรงม้า) แรงดันลม 7-10 บาร์	27
2.28	อุปกรณ์ที่ติดตั้งในเครื่องอัดอากาศแบบเคลื่อนย้ายได้	28
2.29	องค์ประกอบพื้นฐานในระบบนิวแมติกส์ทั่วไป	28
2.30	สัญลักษณ์ของระบบนิวแมติกส์จากภาพที่ 2.29	29
2.31	ชุดบริการลมอัด	30
2.32	ชุดบริการที่แบบแยกส่วนที่นำมาประกอบกัน	30
2.33	องค์ประกอบของชุดกรองลมอัด	31
2.34	ส่วนประกอบของชุดควบคุมความดัน	32
2.35	ส่วนประกอบของเกจวัดความดัน	32
2.36	ส่วนประกอบของชุดเติมน้ำมัน	33
2.37	องค์ประกอบในระบบอากาศอัดพื้นฐาน (ระบบนิวแมติกส์)	34
2.38	องค์ประกอบในระบบไฮดรอลิกส์พื้นฐาน	35
2.39	ตัวอย่างการใช้รีเลย์ในการควบคุมกระบอกสูบทางเดียว	37
2.40	ตัวอย่างการใช้รีเลย์ในการควบคุมกระบอกสูบสองทางเดียว	37
2.41	ตัวอย่างวงจร Self Locking	38
2.42	รูปแบบการเขียนแลตเตอร์ไดอะแกรมแบบมีเงื่อนไข AND OR และ NOT	38
2.43	เปรียบเทียบการเขียนวงจรไฟฟ้าและวงจรแลตเตอร์ ในการควบคุมกระบอกสูบ	39
2.44	เปรียบเทียบวงจรไฟฟ้าและวงจรแลตเตอร์ไดอะแกรม การควบคุมกระบอกสูบสองทาง	39

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2.45	เปรียบเทียบวงจรไฟฟ้าและวงจรแลตเตอร์ในการควบคุมแบบ Self Locking	40
2.46	ไดอะแกรมของ PLC แบบโมดูลลาร์	41
2.47	PLC แบบคอมแพ็ค ยี่ห้อ OMRON รุ่น C-Type	42
2.48	PLC แบบโมดูลลาร์ของโตชิบา รุ่น T2	43
2.49	โครงสร้างภายในและขั้นตอนการทำงานของ PLC	44
2.50	วงจรไฟฟ้าควบคุมนิวแมติกส์	45
2.51	PLC Input and Output Unit	46
2.52	PLC Operation	47
2.53	รูปร่างของพรอกซีมิตี้สวิทช์ชนิดเหนี่ยวนำและชนิดตัวเก็บประจุที่มีลักษณะคล้ายกัน	48
2.54	Through Beam : ตัวส่งและตัวรับลำแสงแยกจากกัน	49
2.55	Retro reflective : มีตัวส่งและตัวรับลำแสงอยู่ในตัวเดียวกัน โดยอาศัยแผ่นสะท้อนแสงเป็นตัวสะท้อนลำแสงจากตัวส่งกลับไปยังตัวรับ	49
2.56	Diffuse Reflective : เป็นโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ที่มีตัวส่งและตัวรับลำแสงอยู่ในตัวเดียวกัน โดยใช้วัตถุเป็นตัวสะท้อนลำแสงจากตัวส่งกลับไปยังตัวรับ	49
2.57	ตัวอย่างโฟโตเซ็นเซอร์แบบ Through beam	49
2.58	วงจรระบบนิวแมติกส์พื้นฐาน	50
2.59	ภาพถ่ายอุปกรณ์ในระบบนิวแมติกส์พื้นฐาน	50
2.60	องค์ประกอบภายในและหลักการทำงานของกระบอสูบทางเดียว	51
2.61	การสั่งงานให้กระบอสูบทางเดียว	51
2.62	โครงสร้างภายในของกระบอสูบทางเดียว (รายละเอียดดังตารางที่ 2.5)	52
2.63	สัญลักษณ์ของกระบอสูบทางเดียวแบบปกติเข้าและปกติออก	52
2.64	องค์ประกอบภายในของกระบอสูบสองทาง	53
2.65	หลักการทำงานภายในของกระบอสูบสองทางเมื่อจ่ายลมอัดภายใน	53
2.66	โครงสร้างภายในของกระบอสูบชนิดทำงานสองทิศทาง	54

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2.67	กระบอกสูบชนิดทำงานสองทางที่มีอุปกรณ์ป้องกันการกระแทก	54
2.68	ตัวอย่างกระบอกลม (Air Cylinder) แบบต่าง ๆ	55
2.69	สวิตช์ปุ่มกดแบบต่างๆ	56
2.70	โครงสร้างภายนอกของสวิตช์ปุ่มกดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	56
2.71	สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน (Emergency Push Button)	57
2.72	สวิตช์ปรับเลือกย่าน (Selector Switch)	57
2.73	โครงสร้างของรีเลย์ (Relay)	58
2.74	สัญลักษณ์ของรีเลย์	58
2.75	ตัวอย่างการบอกรายละเอียดของตัวรีเลย์	59
2.76	ตำแหน่งช่องเข้าสายที่ใช้งานแมกเนติกคอนแทคเตอร์	60
2.77	ตำแหน่งหน้าสัมผัสและการทำงานของแมกเนติกคอนแทคเตอร์	60
2.78	สัญลักษณ์หน้าสัมผัสของแมกเนติกคอนแทคเตอร์	61
2.79	แมกเนติกคอนแทคเตอร์แบบต่างๆ	61
2.80	ลักษณะภายนอกของเบรกเกอร์	62
2.81	สัญลักษณ์และหลักการทำงานภายในโซลีนอยด์	63
2.82	ส่วนประกอบภายในวาล์วควบคุมทิศทาง 3/2 ควบคุมด้วยโซลีนอยด์และสปริง	63
2.83	ส่วนประกอบภายในวาล์วควบคุมทิศทาง 5/2 ควบคุมปิดเปิดด้วยโซลีนอยด์	63
2.84	การใช้รีเลย์ควบคุมโซลีนอยด์วาล์วในวงจรนิวแมติกส์ ควบคุมกระบอกสูบทางเดียว	64
2.85	เฟืองตรง	64
2.86	เฟืองเฉียง	65
2.87	เฟืองดอกจอก	65
2.88	เฟืองเกลียวสกรู	65
2.89	กรอบแนวคิดในการวิจัย	67

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.1	Flow chart ขั้นตอนในการดำเนินงาน	72
3.2	โครงสร้าง และช่องทางลำเรียงกระป๋องอลูมิเนียม	74
3.3	กระบอกกลมที่บีบอัดกระป๋องอลูมิเนียม ครั้งละ 2 กระป๋อง	75
3.4	ตู้คอนโทรลไฟฟ้า	75
3.5	ถาดหมุนและตัวครอบ	76
3.6	ยึดแกนเพลลาพร้อมลูกปืนตักติดกับถาดหมุน	76
3.7	โครงสร้างถาดหมุนของเครื่องเรียงและบีบอัดกระป๋องอลูมิเนียมอัตโนมัติ	77
3.8	ฐานโครงสร้างเหล็กเพื่อยึดมอเตอร์หมุนถาด	77
3.9	เจาะรูเป็นช่องให้ใหญ่กว่ากระป๋องเล็กน้อยจะได้ไหลออกมาอย่างสะดวก	78
3.10	ติดตั้งยึดตัวมอเตอร์ปิดกระป๋องอลูมิเนียมให้ลงวาง	78
3.11	วางลำเรียงให้กระป๋องอลูมิเนียมเลื่อนไหลลงมา	79
3.12	ติดตั้งชุดโฟโต้เซนเซอร์ สปีดคอนโทรลมอเตอร์ และโซลินอยด์วาล์ว	80
3.13	เครื่องเรียงและอัดกระป๋องอลูมิเนียมอัตโนมัติที่เสร็จสมบูรณ์	80
3.14	องค์ประกอบของเครื่องเรียงและอัดกระป๋องอัตโนมัติ	81
3.15	วงจรจ่ายแรงดันไฟ AC 220 V, 50 Hz ให้อุปกรณ์ต่างๆ	83
3.16	วงจรจ่ายแรงดันไฟ AC 220 V ให้กับมอเตอร์หมุนถาด และมอเตอร์ปิดกระป๋อง	84
3.17	วงจรสวิตช์ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ	84
3.18	วงจรระบบนิวแมติกส์ในส่วนควบคุมแรงดันลมให้กระบอกสูบ	85
3.19	วงจรระบบนิวแมติกส์ในส่วนควบคุมแรงดันลมในภาพรวม	86
3.20	ตำแหน่งปุ่มกดและสวิตช์ควบคุมการทำงานของเครื่องเรียง และบีบอัดกระป๋องอัตโนมัติ	96
4.1	เครื่องเรียงและบีบอัดกระป๋องอลูมิเนียมอัตโนมัติที่ใช้ในการทดลอง	97
4.2	ระดับแรงดันลมและกระป๋องอลูมิเนียมที่ถูกบีบอัด	108
4.3	กระป๋องกาแฟ ซึ่งโครงสร้างทำจากเหล็กเครื่องไม่สามารถบีบอัดได้	108