การสร้างชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น

นายกิตติทัช บัวพา
นายเดชฤทธิ์ อุ่นใจ
นายมงคล สถิตรัมย์
นายเบญจพล มงคลชาติ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

การสร้างชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น

ภาควิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ 2557

สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
พ.ศ. 2557

การสร้างชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น

นายกิตติทัช บัวพา
นายเดชฤทธิ์ อุ่นใจ
นายมงคล สถิตรัมย์
นายเบญจพล มงคลชาติ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
พ.ศ. 2557

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

ปริญญา วิทยาศาตรบัณฑิต
สาขาวิชา เทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า **คณะ** เทคโนโลยีอุตสาหกรรม

เรื่อง การสร้างชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น
The Creating to Training set of Pneumatic Base.

โดย นายกิตติทัช บัวพา
นายเดชฤทธิ์ อุ่นใจ
นายมงคล สถิตรัมย์
นายเบญจพล มงคลชาติ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย
ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ .....
(อาจารย์ภูริชญ์ งามคง)

ที่ปรึกษาร่วม .....
(อาจารย์องอาจ ราชประโคน)

สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
รับรองแล้ว

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จารินี ม้าแก้ว)

หัวหน้าสาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์	:	การสร้างชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น
โดย	:	นายกิตติทัช บัวพา
		นายเดชฤทธิ์ อุ่นใจ
		นายมงคล สถิตรัมย์
		นายเบญจพล มงคลชาติ
ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	:	อาจารย์ภูริชญ์ งามคง
		อาจารย์องอาจ ราชประโคน
สาขาวิชาและคณะ	:	สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	:	2557

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์เรื่องการสร้างชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. เพื่อออกแบบและสร้างชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น 2. เพื่อศึกษาผลการทดลองของชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น จากการดำเนินการได้ออกแบบและสร้างชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น สามารถต่อวงจรได้ทั้งหมด 12 วงจร จากการทดลองการทำงานของชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น นี้พบว่าวงจรทั้งหมด 12 วงจร สามารถทำงานได้

ตามวัตถุประสงค์ ทั้งหมด 12 วงจร และจากที่ได้นำชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้นไปทำการทดลองกับนักศึกษา สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า ชั้นปีที่ 3 ที่ยังไม่เคยผ่านการเรียนวิชาระบบควบคุมมาก่อน และนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ที่เคยผ่านการเรียนวิชาระบบควบคุมมาแล้ว ผลการทดลองพบว่า นักศึกษาชั้นปีที่ 3 จะสามารถเรียนรู้วงจรนิวแมติกส์เบื้องต้น ที่ใช้เฉพาะลมมาควบคุมได้ดีกว่าวงจรนิวแมติกส์ไฟฟ้า เนื่องจากยังไม่มีทักษะทางด้านการต่อวงจรควบคุมด้วยรีเลย์มาก่อน และนักศึกษาชั้นปีที่ 4 จะสามารถเรียนรู้ได้ทั้งวงจรนิวแมติกส์เบื้องต้น และวงจรนิวแมติกส์ไฟฟ้าเนื่องจากเคยผ่านการเรียนวิชาระบบควบคุมมาแล้ว จึงทำให้สามารถเรียนรู้ได้เร็วกว่านักศึกษาชั้นปีที่ 3

Project Title	:	The Creating to Training set of Pneumatic Base.
By	:	Mr. Kittitouch Buapha
		Mr. Dhetrit Ounjai
		Mr. Mongkon Satitram
		Mr. Benchaphon Mongkhonchat
Project Advisors	:	Mr. Phoolich Khamkong
		Mr. Ongard Rachprakhon
Major Field and Department	:	Electrical Engineering Technology, Faculty of Industrial Technology
Academic year	:	2014

Abstract

The research of the Creation of the Pneumatic Basic Practice is aimed 1. To design and create the Pneumatic Basic Practice. 2. To study the results of experiment of the Pneumatic Basic Practice. We designed and created the Pneumatic Basic Practice and it could have 12 cycles. From the operation test of the Pneumatic Basic Practice, it was found that all 12 cycles were able to work as intended. We tested the Pneumatic Basic Practice with the 3rd year students of Electrical Engineering Technology who have never studied the control system subject before and the 4th year students who had learned the control system subject before. The results showed that 3rd year students were able to learn the basic pneumatic circuit, using only the wind to control, better than the electro-pneumatic circuit. That was because they did not have the knowledge of the circuit controlled by relays before. The 4th year students were able to learn the basic pneumatic circuit and electro-pneumatic circuit because they have learned the control system so they could learn faster than the 3rd year students.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีคณะทำงานขอขอบคุณ อาจารย์วีระ เนตราทิพย์ คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ผู้ช่วยศาสตราจารย์จารินี ม้าแก้ว หัวหน้าสาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า อาจารย์ภูริชญ์ งามคง อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อาจารย์องอาจ ราชประโคน อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้การสนับสนุนและให้คำปรึกษาในการสร้าชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น ที่ช่วยอำนวย

ความสะดวกในการเบิกเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานในครั้งนี้ ทั้งยังช่วยดูแลในเรื่องการสั่งซื้ออุปกรณ์นิวแมติกส์ต่างๆ ให้มีถูกต้องเหมาะสมตามที่ได้กำหนดเอาไว้

ขอบคุณนักศึกษา สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ชั้นปีที่ 3 1. นายมนตรี ศรีเลิศ 2. นางสาวคัทลีณา พิมพ์อักษร 3. นายอรรถพล มะลิเลิศ 4. นายอนุวัฒน์ สิมมา 5. นายวานิช แสงสุด และชั้นปีที่ 4 1. นายอนุชิต ปัตตาเทสัง 2. นายสุกฤษดิ์ วรวิเศษ 3. นางสาวอนุสรา กิ่งนนท์ 4. นางสาวจันดี อรุณรัมย์ 5. นายณัฐพงศ์ แสงไสว ที่ช่วยในการทดลองการทำงานของชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจในรายละเอียดของใบงานที่ใช้ในการทดลอง

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย (1)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (2)

กิตติกรรมประกาศ (3)

สารบัญ (4)

สารบัญตาราง (6)

สารบัญภาพ (7)

บทที่ 1 บทนำ 1

1. ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา 1

2. วัตถุประสงค์ 2

3. ขอบเขตของโครงการ 2

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

5. คำสำคัญ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

1. แนวคิดเกี่ยวกับชุดฝึก 3

2. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับนิวแมติกส์ 4

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 48

บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน 50

1. ขั้นตอนการดำเนินงาน 50

2. เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ในการดำเนินงาน 52

3. การออกแบบและสร้างชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น 55

4. การทดลองการทำงานของชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น 73

5. การทดลองการทำงานของชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้นจากผู้ใช้งานจริง 87

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 91

1. ผลการทดลองชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้นทั้งหมด 12 วงจร 91

2. ผลการทดลองชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้นจากผู้ใช้งานจริง 109

3. ผลการประเมินเครื่องมือการวิจัย 111

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 112
1. สรุปผลการดำเนินงาน 112
2. อภิปรายผลดำเนินงาน 117
3. ข้อเสนอแนะ 117

บรรณานุกรม 118

ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. ประวัติคณะทำงาน 121
ภาคผนวก ข. คู่มือการใช้งาน 126
ภาคผนวก ค. รายละเอียด คุณลักษณะเฉพาะของวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ 177
ภาคผนวก ง. ภาพถ่ายขั้นตอนการดำเนินงาน 195
ภาคผนวก จ. แบบประเมินเครื่องมือการวิจัย 202

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 เครื่องมือในการดำเนินงาน 52

3.2 วัสดุอุปกรณ์ในการดำเนินงาน 53

4.1 บันทึกผลการทดลองวงจรที่ 1 91

4.2 บันทึกผลการทดลองวงจรที่ 2 93

4.3 บันทึกผลการทดลองวงจรที่ 3 94

4.4 บันทึกผลการทดลองวงจรที่ 4 96

4.5 บันทึกผลการทดลองวงจรที่ 5 97

4.6 บันทึกผลการทดลองวงจรที่ 6 99

4.7 บันทึกผลการทดลองวงจรที่ 7 100

4.8 บันทึกผลการทดลองวงจรที่ 8 102

4.9 บันทึกผลการทดลองวงจรที่ 9 103

4.10 บันทึกผลการทดลองวงจรที่ 10 105

4.11 บันทึกผลการทดลองวงจรที่ 11 106

4.12 บันทึกผลการทดลองวงจรที่ 12 108

4.13 ผลการทดลองชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้นจากผู้ใช้งานจริงของนักศึกษา ชั้นปีที่ 3 109

4.14 ผลการทดลองชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้นจากผู้ใช้งานจริงของนักศึกษา ชั้นปีที่ 4 110

5.1 ผลการทดลองชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้นจากผู้ใช้งานจริงของนักศึกษา ชั้นปีที่ 3 115

5.2 ผลการทดลองชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้นจากผู้ใช้งานจริงของนักศึกษา ชั้นปีที่ 4 116

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 อุปกรณพื้นฐานในการทำงานของระบบนิวแมติกส	5
2.2 แสดงหนวยวัดพื้นฐานของระบบ SI	7
2.3 แสดงแผนภูมิความดัน (DIN 1343 Pn = 1.01325 bar)	8
2.4 กฎของปาสคาล	9
2.5 กฎของบอยล	10
2.6 กฎของชารล	10
2.7 แสดงเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบอัด	11
2.8 เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบชักชนิดอัด 2 ขั้น	11
2.9 แสดงเครื่องอัดอากาศแบบไดอะแฟรม	12
2.10 แสดงชุดบริการลมอัด	14
2.11 แสดงชุดบริการที่แบบแยกสวนที่นำมาประกอบกัน	14
2.12 แสดงองคประกอบของชุดกรองลมอัด	15
2.13 แสดงสวนประกอบของชุดควบคุมความดัน	16

2.14 แสดงสวนประกอบของเกจวัดความดัน 17
2.15 แสดงสวนประกอบของชุดเติมน้ำมัน 17
2.16 กระบอกสูบชนิดทำงานทางเดียว 18
2.17 โครงสรางของกระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว 18
2.18 กระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง 19
2.19 วาล์วควบคุมทิศทาง 3/2 ปกติปิด แบบแผ่นกลมนั่งบ่าวาล์ว 21
2.20 วาล์วควบคุมทิศทาง 3/2 เลื่อนลิ้นไปด้วยลมอัด เลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง 22
2.21 วาล์วควบคุมทิศทาง 3/2 ปกติเปิด เลื่อนลิ้นไปด้วยกลไกลูกกลิ้งกดและลม ช่วยเลื่อนลิ้น กลับด้วยสปริง 22
2.22 วาล์วควบคุมทิศทาง 3/2 ปกติปิด เลื่อนลิ้นไปด้วยมือ เลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง 23
2.23 วาล์วกันกลับสองทาง 24
2.24 วาล์วปรับอัตราการไหลทางเดียว 25
2.25 การกำหนดรหัสแสดงตำแหนง 26
2.26 การใหหมายเลขอุปกรณโดยเรียงลำดับตัวเลข 27
2.27 การใหหมายเลขอุปกรณโดยแบงกลุมตัวเลขเรียงตามลำดับ 27
2.28 การเขียนรหัสอุปกรณโดยใชกลุมตัวเลข 29
2.29 แบบฟอรมของแผนภาพการเคลื่อนที่เปนจังหวะ 30
2.30 การเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่เปนจังหวะของกระบอกสูบ 1 ลูก 30

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

2.31 การเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่แสดงขั้นตอนการทำงานของกระบอกสูบ 2 ลูก 31
2.32 การเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่เปนจังหวะของกระบอกสูบ 2 ลูก 32
2.33 การเขียนแผนภาพลำดับการทำงาน 33
2.34 การเขียนเสนจังหวะแกนเวลา 34
2.35 การเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ตามเวลาของกระบอกสูบ 2 ลูก 35
2.36 การเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่เปนเวลาของกระบอกสูบ 2 ลูก 36
2.37 การทำงานของรีเลย 37
2.38 แผนภาพการทำงานของกระบอกสูบ 2 ลูก 38

2.39 การออกแบบวงจรแบบง่าย 40
2.40 แสดงการควบคุมกระบอกสูบทางตรง 40
2.41 แสดงวงจรการบังคับทางออม 41
2.42 ตัวอย่างวงจรการทำงานแบบต่อเนื่อง โดยอาศัยทางกลับตามความกดดัน 41
2.43 วงจรการทำงานแบบต่อเนื่อง โดยใช้วาล์วหน่วงเวลา (time delay valve) 42
2.44 วงจรการทำงานแบบไม่ต่อเนื่อง 42
2.45 วงจรควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติและแบบอัตโนมัติ 43
2.46 การควบคุมกระบอกสูบโดยใช้วาล์วเลื่อนลิ้นไปด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าเลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง 45
2.47 การควบคุมกระบอกสูบโดยใช้วาล์วเลื่อนลิ้นไปด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าเลื่อนลิ้นกลับด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า 45
2.48 การควบคุมกระบอกสูบโดยใช้รีเลย์ช่วย 46
2.49 การควบคุมกระบอกสูบโดยใช้สวิทซ์ปุ่มกดปกติเปิดทำงานได้หลายจุด 47
2.50 แผงฝึกต่อวงจรนิวแมติกส์ 48
2.51 ชุดทดลองระบบนิวแมติกส์ 49
2.52 การควบคุมการทำงานระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้า 49
3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงานของปริญญานิพนธ์ 50
3.2 กรอบแนวความคิดในการออกแบบและสร้างชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น 55
3.3 วงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานทางเดียวโดยทางตรง 56
3.4 วงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานทางเดียวโดยทางอ้อม 57
3.5 วงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานทางเดียวด้วยวาล์วกันกลับสองทาง 57
3.6 วงจรควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทางด้วยวาล์ว 5/2 ทำงานด้วยลมทั้งสองด้าน 58

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3.7 วงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทางด้วยวาล์วกันกลับสองทาง 58
3.8 วงจรควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทางแบบกึ่งอัตโนมัติ 59
3.9 วงจรควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทางเคลื่อนที่ต่อเนื่องตลอดเวลาแบบ 60

อัตโนมัติ
3.10 วงจรควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทางเคลื่อนที่อัตโนมัติแบบผสม 60
3.11 วงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทาง ด้วยโซลินอยด์วาล์ว 5/2 61
โดยทางตรง มีวงจรกำลังและวงจรควบคุมตามลำดับ
3.12 วงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทาง ด้วยโซลินอยด์วาล์ว 5/2 62
โดยทางอ้อม มีวงจรกำลังและวงจรควบคุมตามลำดับ
3.13 วงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทาง ด้วยโซลินอยด์วาล์ว 5/3 63
โดยทางตรง มีวงจรกำลังและวงจรควบคุมตามลำดับ
3.14 วงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทาง ด้วยโซลินอยด์วาล์ว 5/3 64
โดยทางอ้อม มีวงจรกำลังและวงจรควบคุมตามลำดับ
3.15 โครงสร้างแผงทดลอง 65
3.16 โครงสร้างด้านหน้าแผงทดลอง 66
3.17 โครงสร้างด้านข้างแผงทดลอง 67
3.18 แสดงการวางตำแหน่งอุปกรณ์นิวแมติกส์ 68
3.19 โครงสร้างส่วนขาของชุดฝึกนิวแมติกส์ 69
3.20 ส่วนแผงที่ใช้อุปกรณ์นิวแมติกส์ 69
3.21 ส่วนที่ใช้ปรับระดับองศาของชุดฝึก 70
3.22 ลูกยางแบบสกรูที่ใช้รองขาของโครงสร้างชุดฝึก 70
3.23 การกำหนดรหัสของอุปกรณ์นิวแมติกส์เบื้องต้น 71
3.24 การทำสัญลักษณ์ของอุปกรณ์นิวแมติกส์ 71
3.25 การทำสัญลักษณ์ของสวิทซ์ปุ่มกดและแจ็คที่ใช้เสียบวงจรควบคุมไฟฟ้า 72
3.26 การทำสัญลักษณ์ของรีเลย์และแจ็คที่ใช้เสียบสำหรับวงจรนิวแมติกส์ไฟฟ้า 72
3.27 ฟิวส์ที่ใช้ในวงจรนิวแมติกส์ไฟฟ้าและเบรกเกอร์ใช้เปิดปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้า 72
3.28 แหล่งงจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 24 โวลต์ 73
3.29 การต่อวงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานทางเดียวโดยทางตรง 73
3.30 เมื่อกดวาล์ว 3/2 ทำงานโดยใช้มือกด กลับด้วยสปริง 74
3.31 เมื่อปล่อยวาล์ว 3/2 ทำงานโดยใช้มือกด กลับด้วยสปริง 74
3.32 การต่อวงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานทางเดียวโดยทางอ้อม 74

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3.33 เมื่อกดวาล์ว 3/2 ทำงานโดยใช้มือกด กลับด้วยสปริง 75
3.34 เมื่อปล่อยวาล์ว 3/2 ทำงานโดยใช้มือกด กลับด้วยสปริง 75
3.35 การต่อวงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานทางเดียวด้วยวาล์วกันกลับสองทาง 75
3.36 เมื่อกดวาล์ว 3/2 ทำงานโดยใช้มือกด กลับด้วยสปริง 1.2 (1) 76
3.37 เมื่อปล่อยวาล์ว 3/2 ทำงานโดยใช้มือกด กลับด้วยสปริง 1.2 (1) 76
3.38 เมื่อปล่อยวาล์ว 3/2 ทำงานโดยใช้มือกด กลับด้วยสปริง 1.4 (1) 76
3.39 เมื่อปล่อยวาล์ว 3/2 ทำงานโดยใช้มือกด กลับด้วยสปริง 1.4 (1) 77
3.40 การต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทางด้วยวาล์ว 5/2 ทำงานด้วยลม 77
ทั้งสองด้าน
3.41 เมื่อกดวาล์ว 3/2 ทำงานโดยใช้มือกด กลับด้วยสปริง 1.2 (1) 77
3.42 เมื่อกดวาล์ว 3/2 ทำงานโดยใช้มือกด กลับด้วยสปริง 1.3 (1) 78
3.43 การต่อวงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทางด้วยวาล์วกันกลับสองทาง 78
3.44 เมื่อกดวาล์ว 3/2 ทำงานโดยใช้มือกด กลับด้วยสปริง 1.2 (1) 78
3.45 เมื่อกดวาล์ว 3/2 ทำงานโดยใช้มือกด กลับด้วยสปริง 1.3 (1) 79
3.46 เมื่อกดวาล์ว 3/2 ทำงานโดยใช้มือกด กลับด้วยสปริง 1.4 (1) 79
3.47 เมื่อกดวาล์ว 3/2 ทำงานโดยใช้มือกด กลับด้วยสปริง 1.3 (1) 79
3.48 การต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทางแบบกึ่งอัตโนมัติ 80
3.49 เมื่อกดวาล์ว 3/2 ทำงานโดยใช้มือกด กลับด้วยสปริง 1.2 (1) 80
3.50 เมื่อปล่อยวาล์ว 3/2 ทำงานโดยใช้มือกด กลับด้วยสปริง 1.2 (1) 80
3.51 การต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทางเคลื่อนที่ต่อเนื่องตลอดเวลา 81
แบบอัตโนมัติ
3.52 เมื่อดึงวาล์ว 3/2 โดยใช้มือดึง-กด ค้างตำแหน่งได้ 1.2 (2) 81
3.53 เมื่อกดวาล์ว 3/2 โดยใช้มือดึง-กด ค้างตำแหน่งได้ 1.2 (2) 81
3.54 การต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทางเคลื่อนที่แบบผสม 82
3.55 เมื่อกดวาล์ว 3/2 ทำงานโดยใช้มือกด กลับด้วยสปริง 1.2 (1) 82
3.56 เมื่อปล่อยวาล์ว 3/2 ทำงานโดยใช้มือกด กลับด้วยสปริง 1.2 (1) 82
3.57 เมื่อดึงวาล์ว 3/2 โดยใช้มือดึง-กด ค้างตำแหน่งได้ 1.8 83
3.58 เมื่อกดวาล์ว 3/2 โดยใช้มือดึง-กด ค้างตำแหน่งได้ 1.8 83
3.59 วงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทาง ด้วยโซลินอยด์วาล์ว 5/2 โดย 83

ทางตรง
3.60 เมื่อกดแล้วปล่อยสวิตซ์ S1.2 84

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า
3.61 เมื่อกดแล้วปล่อยสวิตซ์ S1.3 84
3.62 วงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทาง ด้วยโซลินอยด์วาล์ว 5/2 โดย ทางอ้อม มีวงจรกำลังและวงจรควบคุมดังภาพ 84
3.63 เมื่อกดแล้วปล่อยสวิตซ์ S1.2 85
3.64 เมื่อกดแล้วปล่อยสวิตซ์ S1.3 85
3.65 วงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทาง ด้วยโซลินอยด์วาล์ว 5/3 โดย ทางตรง มีวงจรกำลังและวงจรควบคุมดังภาพ 85
3.66 เมื่อกดแล้วปล่อยสวิตซ์ S1.2 86
3.67 เมื่อกดแล้วปล่อยสวิตซ์ S1.3 86
3.68 วงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทาง ด้วยโซลินอยด์วาล์ว 5/3 โดย ทางอ้อม มีวงจรกำลังและวงจรควบคุมดังภาพ 86
3.69 เมื่อกดแล้วปล่อยสวิตซ์ S1.2 หรือ S1.4 87
3.70 เมื่อกดแล้วปล่อยสวิตซ์ S1.3 หรือ S1.5 87
3.71 นายมนตรี ศรีเลิศ ขณะทดลองการทำงานของชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น 87
3.72 นางสาวคัทลีณา พิมพ์อักษร ขณะทดลองการทำงานของชุดฝึกนิวแมติกส์ เบื้องต้น 88
3.73 นายอรรถพล มะลิเลิศ ขณะทดลองการทำงานของชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น 88
3.74 นายอนุวัฒน์ สิมมา ขณะทดลองการทำงานของชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น 88
3.75 นายวานิช แสงกุล ขณะทดลองการทำงานของชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น 89
3.76 นายอนุชิต ปัตตาเทสัง ขณะทดลองการทำงานของชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น 89
3.77 นายสุกฤษดิ์ วรวิเศษ ขณะทดลองการทำงานของชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น 89
3.78 นางสาวอนุสรา กิ่งนนท์ ขณะทดลองการทำงานของชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น 90
3.79 นางสาวจันดี อรุณรัมย์ ขณะทดลองการทำงานของชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น 90
3.80 นายณัฐพงศ์ แสงไสว ขณะทดลองการทำงานของชุดฝึกนิวแมติกส์เบื้องต้น 90

4.1 วงจรการควบคุมกระบอกสูบทางเดียวโดยทางตรง 91
4.2 แสดงขั้นตอนการทำงานการเคลื่อนที่ตามเวลา (motion-time diagram) 92
4.3 วงจรการควบคุมกระบอกสูบด้วยวาล์วกันกลับสองทาง 92
4.4 แสดงขั้นตอนการทำงานการเคลื่อนที่ตามเวลา (motion-time diagram) 93
4.5 วงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานทางเดียวด้วยวาล์วกันกลับสองทาง 94
4.6 แสดงขั้นตอนการทำงานการเคลื่อนที่ตามเวลา (motion-time diagram) 95
4.7 วงจรควบคุมกระบอกสูบสองทางด้วยวาล์ว 5/2 ทำงานด้วยลม ทั้งสองด้าน 95

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.8 แสดงขั้นตอนการทำงานการเคลื่อนที่ตามเวลา (motion-time diagram) 96
4.9 วงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทาง ด้วยวาล์วกันกลับสองทาง 97
4.10 แสดงขั้นตอนการทำงานการเคลื่อนที่ตามเวลา (motion-time diagram) 98
4.11 วงจรควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทางแบบกึ่งอัตโนมัติ 98
4.12 แสดงขั้นตอนการทำงานการเคลื่อนที่ตามเวลา (motion-time diagram) 99
4.13 วงจรควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทาง เคลื่อนที่ต่อเนื่องตลอดเวลาแบบอัตโนมัติ 100
4.14 แสดงขั้นตอนการทำงานการเคลื่อนที่ตามเวลา (motion-time diagram) 101
4.15 วงจรควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทางเคลื่อนที่แบบผสม 101
4.16 แสดงขั้นตอนการทำงานการเคลื่อนที่ตามเวลา (motion-time diagram) 102
4.17 วงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทาง ด้วยโซลินอยด์วาล์ว 5/2 โดยทางตรง มีวงจรกำลังและวงจรควบคุมดังภาพ 103
4.18 แสดงขั้นตอนการทำงานการเคลื่อนที่ตามเวลา (motion-time diagram) 104
4.19 วงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทาง ด้วยโซลินอยด์วาล์ว 5/2 โดยมีวงจรกำลังและวงจรควบคุมดังภาพ 104
4.20 แสดงขั้นตอนการทำงานการเคลื่อนที่ตามเวลา (motion-time diagram) 105
4.21 วงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทาง ด้วยโซลินอยด์วาล์ว 5/3 โดยทางตรง มีวงจรกำลังและวงจรควบคุมดังภาพ 106
4.22 แสดงขั้นตอนการทำงานการเคลื่อนที่ตามเวลา (motion-time diagram) 107

4.23 วงจรการควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทาง ด้วยโซลินอยด์วาล์ว 5/3 โดยทางอ้อม มีวงจรกำลังและวงจรควบคุมดังภาพ 107
4.24 แสดงขั้นตอนการทำงานการเคลื่อนที่ตามเวลา (motion-time diagram) 108
4.25 แผนภูมิแสดงผลการประเมินเครื่องมือการวิจัย 111