สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	อุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานของระบบนิวแมติกส์	4
1.2	อุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานของระบบไฮดรอลิกส์	6
1.3	การอ่านค่าความดันแบบต่าง ๆ	8
1.4	กฎของพาสคัล	14
1.5	ความต้านทานและแรงเฉื่อย	16
1.6	พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ	17
1.7	พลังงานจลย์และพลังงานศักย์	18
1.8	การถ่ายทอดแรง	19
1.9	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและพื้นที่	20
1.10	การเพิ่มแรง	20
1.11	ปริมาตรของของเหลว	21
1.12	ถังสะสมความดัน	22
1.13	การทำงานของปั๊มแบบโพซิทิฟ	23
1.14	ปั๊มแบบโรตารีชนิดโพซิทิฟ	23
1.15	ความดันและความต้านทาน	24
1.16	ความเร็วและอัตราการไหล	25
1.17	ความดันต้านทาน	26
2.1	การแบ่งประเภทของเครื่องอัดลม	34
2.2	เครื่องอัดลมแบบปริมาตร	35
2.3	อุปกรณ์เบื้องต้นของระบบนิวแมติกส์	36
2.4	ตัวกรองอัดลม	39
2.5	วาล์วควบคุมความดันของลมอัด	40
2.6	เกจวัดความดันของลมอัด	41
2.7	ชุดเติมน้ำมันหล่อลื่น	42
2.8	ชุดบริการลมอัด	43
2.9	ปั๊มแบบเฟือง	46

ภาพที่		หน้า
2.10	ปั๊มแบบเวน	47
2.11	ปั๊มแบบลูกสูบ	48
2.12	ปั๊มแบบลูกสูบชนิดอยู่แนวเดียวกับเพลาขับ	49
2.13	ปั๊มแบบเฟืองฟันนอก	49
2.14	ปั๊มแบบใบพัดหมุน	50
2.15	ปั๊มแบบลูกสูบแนวแกน	51
3.1	กระบอกสูบชนิดทำงานทางเดียว	61
3.2	โครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว	62
3.3	กระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง	63
3.4	กระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทางมีอุปกรณ์ป้องกันการกระแทก	64
3.5	กระบอกสูบแบบหมอนแบบต่าง ๆ	67
3.6	กราฟการหาอัตราการใช้ลม	71
3.7	การหาอัตราการใช้ลมของกระบอกสูบขณะทำงาน	72
4.1	โครงสร้างวาล์วควบคุมทิศทางแบบต่าง ๆ	86
4.2	วาล์วควบคุมทิศทาง 2/2 แบบลูกบอลนั่งบ่า	87
4.3	วาล์วควบคุมทิศทาง 3/2 ปกติปิดแบบแผ่นกลมนั่งบ่าวาล์วขณะเกิดการเหลื่อมล้ำ	88
4.4	วาล์วควบคุมทิศทาง 3/2 เลื่อนลิ้นไปด้วยลมอัดเลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง	89
4.5	วาล์วควบคุมทิศทาง 3/2 ปกติเปิดเลื่อนลิ้นด้วยกลไกลูกกลิ้งกดและลมช่วยกลับด้วยสปริง	90
4.6	วาล์วควบคุมทิศทาง 4/2 เลื่อนลิ้นไปด้วยกลไกลูกกลิ้งทางเดียวและลมช่วยกลับด้วยสปริง	91
4.7	วาล์วควบคุมทิศทาง 3/2 เลื่อนลิ้นด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าเลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง	92
4.8	วาล์วควบคุมทิศทาง 3/2 ปกติปิดเลื่อนลิ้นไปด้วยมือเลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง	94
4.9	วาล์วควบคุมทิศทาง 4/2 แบบลูกสูบและแผ่นเลื่อน	95
4.10	วาล์วควบคุมทิศทาง 4/3 แบบแผ่นหมุนหรือโรตารี	96
4.11	กระบอกสูบทางเดียวใช้วาล์ว 2/2 ปกติปิดเลื่อนลิ้นด้วยมือกลับด้วยสปริง	97

ภาพที่		หน้า
4.12	กระบอกสูบทางเดียวใช้วาล์ว 2/2 ปกติปิดเลื่อนลิ้นไปด้วยมือเลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง 2 ตัว	98
4.13	กระบอกสูบทางเดียวใช้วาล์ว 3/2 ปกติปิดเลื่อนลิ้นด้วยมือเลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง	99
4.14	กระบอกสูบทำงานสองทางใช้วาล์ว 4/2 เลื่อนลิ้นด้วยมือกลับด้วยสปริง	100
4.15	กระบอกสูบทำงานสองทางใช้วาล์ว 5/2 เลื่อนลิ้นด้วยมือเลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง	100
4.16	กระบอกสูบทำงานสองทางใช้วาล์ว 5/3 เลื่อนลิ้นด้วยมือโยกตำแหน่งกลางปิด	101
4.17	กระบอกสูบทางเดียวใช้วาล์ว 3/2 เลื่อนลิ้นด้วยมือควบคุมวาล์ว 3/2 เลื่อนกลับได้ด้วยลมดันเลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง	102
4.18	กระบอกสูบทำงานสองทางใช้วาล์ว 3/2 เลื่อนลิ้นด้วยมือ 2 ตัวและวาล์ว 4/2 เลื่อนไปและเลื่อนลิ้นกลับด้วยลม	103
4.19	นิวแมติกส์รีดวาล์วและการติดตั้งที่กระบอกสูบ	105
4.20	วงจรการต่อกระบอกสูบโดยใช้นิวแมติกส์แบบรีดสวิตซ์	106
4.21	วาล์วควบคุมอัตราการไหล	107
4.22	วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดปรับการไหลไม่ได้	107
4.23	วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดปรับการไหลได้	108
4.24	การควบคุมกระบอกสูบทางเดียวโดยใช้วาล์วแบบคอคอด	109
4.25	วาล์วกันกลับหรือเช็กวาล์ว	110
4.26	การใช้วาล์วกันกลับหรือเช็กวาล์ว	111
4.27	วาล์วกันกลับสองทาง	112
4.28	การควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทางที่มีจุดสตาร์ทได้ 2 จุด	113
4.29	วาล์วความดันสองทางหรือวาล์วลมคู่	114
4.30	การควบคุมกระบอกสูบทางเดียวที่มีจุดสตาร์ทพร้อมกัน 2 จุด	115
4.31	การควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทางที่มีจุดสตาร์ทพร้อมกัน 2 จุด	116
4.32	วาล์วปรับอัตราการไหลทางเดียว	117
4.33	การติดตั้งวาล์วปรับอัตราการปรับอัตราการไหลทางเดียวแบบควบคุมลมเข้า	118
4.34	การติดตั้งวาล์วปรับอัตราการไหลทางเดียวแบบควบคุมลมออก	119
4.35	วาล์วปรับอัตราการไหลทางเดียวควบคุมการทำงานโดยกลไกลูกกลิ้งกด	120

ภาพที่ **หน้า**

4.36	วาล์วคายไอเสียเร็ว	121
4.37	วงจรควบคุมความเร็วกระบอกสูบที่ใช้วาล์วคายไอเสียเร็ว	122
4.38	วาล์วปรับลดความดัน	124
4.39	วาล์วจำกัดความดัน	125
4.40	วาล์วจัดลำดับ	126
4.41	การใช้วาล์วจัดลำดับควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทางลูกสูบที่ 2 ให้ลูกสูบเคลื่อนที่ออกตามลำดับ	127
4.42	การใช้วาล์วจัดลำดับควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทางให้ลูกสูบเคลื่อนที่กลับ	128
4.43	วาล์วปิด-เปิด	129
4.44	วาล์วตั้งเวลาหรือวาล์วหน่วงเวลาชนิดปกติปิด	130
4.45	วาล์วตั้งเวลาหรือวาล์วหน่วงเวลาชนิดปกติเปิด	131
4.46	วงจรการทำงานของกระบอกสูบทำงานสองทางโดยใช้วาล์วตั้งเวลาหรือหน่วงเวลาปกติปิด	132
4.47	วงจรการทำงานของกระบอกสูบทำงานสองทางโดยใช้วาล์วตั้งเวลาหรือหน่วงเวลาปกติเปิดต่อร่วมกับวาล์ว 3/2 ปกติปิดเลื่อนด้วยกลไกลูกกลิ้งกด	133
4.48	วงจรการทำงานของกระบอกสูบทำงานสองทางโดยใช้วาล์วตั้งเวลา หรือหน่วงเวลาทั้งสองชนิดต่อร่วมกับวาล์ว 3/2 ปกติปิดเลื่อนลิ้นด้วยกลไกลูกกลิ้งกด	134
5.1	การกำหนดรหัสแสดงตำแหน่ง	142
5.2	การให้หมายเลขอุปกรณ์โดยเรียงลำดับตัวเลข	143
5.3	การให้หมายเลขอุปกรณ์โดยแบ่งกลุ่มตัวเลขเรียงตามลำดับ	144
5.4	การเขียนรหัสอุปกรณ์โดยใช้กลุ่มตัวเลข	146
5.5	การเขียนตัวอักษรในตำแหน่งของกระบอกสูบ	147
5.6	การเขียนตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ในตำแหน่งของกระบอกสูบและสัญญาณแผนภาพ	147
5.7	การใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษเป็นรหัสแทนอุปกรณ์การทำงานและวาล์ว	149
5.8	การเขียนสัญญาณของแผนภาพโดยใช้กลุ่มตัวเลขและตัวอักษร	150
5.9	การเขียนสัญญาณของแผนภาพโดยใช้กลุ่มตัวเลขและตัวอักษร	151
5.10	แบบฟอร์มของแผนภาพการเคลื่อนที่เป็นจังหวะ	152

ภาพที่		หน้า
5.11	การเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่เป็นจังหวะของกระบอกสูบ 1 ลูก	152
5.12	การเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่แสดงขั้นตอนการทำงานของกระบอกสูบ 2 ลูก	153
5.13	การเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่เป็นจังหวะของกระบอกสูบ 2 ลูก	154
5.14	การเขียนแผนภาพลำดับการทำงาน	155
5.15	การเขียนเส้นจังหวะแกนเวลา	156
5.16	การเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ตามเวลาของกระบอกสูบ 2 ลูก	157
5.17	การเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่เป็นเวลาของกระบอกสูบ 2 ลูก	158
5.18	การทำงานของรีเลย์	159
5.19	แผนภาพการทำงานของกระบอกสูบ 2 ลูก	160
5.20	การเขียนรหัสอุปกรณ์กระบอกสูบ 1 ลูก ควบคุมโดยทางตรง	162
5.21	การเขียนรหัสอุปกรณ์กระบอกสูบ 1 ลูก ควบคุมโดยทางอ้อม	163
5.22	การเขียนรหัสอุปกรณ์กระบอกสูบ 1 ลูก ควบคุมโดยวาล์วตั้งเวลา	164
5.23	การเขียนรหัสอุปกรณ์วงจรกระบอกสูบ 2 ลูก	165
6.1	การออกแบบวงจรแบบง่าย	171
6.2	แสดงการควบคุมกระบอกสูบทางตรง	172
6.3	แสดงการควบคุมกระบอกสูบทางอ้อม	173
6.4	ตัวอย่างวงจรการทำงานแบบต่อเนื่องโดยอาศัยทางกลับตามความกดดัน	173
6.5	วงจรการทำงานแบบต่อเนื่องโดยใช้วาล์วหน่วงเวลา	174
6.6	วงจรการทำงานแบบไม่ต่อเนื่อง	174
6.7	วงจรควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติและอัตโนมัติ	175
6.8	วงจรควบคุมแบบต่อเนื่อง	176
6.9	การควบคุมกระบอกสูบโดยใช้วาล์วเลื่อนลิ้นไปด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า เลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง	182
6.10	การควบคุมกระบอกสูบโดยใช้วาล์วเลื่อนลิ้นไปและกลับด้วยขดลวด แม่เหล็กไฟฟ้า	183
6.11	การควบคุมกระบอกสูบโดยใช้รีเลย์ช่วย	184
6.12	การควบคุมกระบอกสูบโดยใช้สวิทซ์ปุ่มกดปกติเปิดทำงานได้หลายจุด	185
6.13	การควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิทซ์ให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ	186
6.14	การควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิทซ์และรีเลย์ช่วยให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ	187

ภาพที่		หน้า
6.15	การควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิทซ์และรีเลย์ช่วยให้ทำงานแบบอัตโนมัติ	188
6.16	การควบคุมกระบอกสูบให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติและอัตโนมัติ	189
6.17	การควบคุมกระบอกสูบโดยใช้สวิทซ์ปุ่มกดปกติเปิดทำงานพร้อมกันแบบกึ่งอัตโนมัติ	190
6.18	การควบคุมกระบอกสูบโดยการตั้งเวลาและใช้ลิมิตสวิทซ์	191
6.19	หลักการทำงานของระบบลมดันน้ำมัน	193
6.20	ระบบถังเดี่ยว	194
6.21	ระบบถังคู่	195
7.1	กระบอกสูบทางเดียว	204
7.2	กระบอกสูบสองทาง	205
7.3	โนโมแกรมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงลูกสูบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบและความดันใช้งาน	209
7.4	วงจรการเคลื่อนที่ออก 3 ขั้นความเร็ว	213
7.5	การติดตั้งจับยึดกระบอกสูบแบบต่าง ๆ	215
7.6	กระบอกสูบกันกระแทก	215
7.7	การนำมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ไปใช้งานอุตสาหกรรม	217
7.8	โครงสร้างมอเตอร์ไฮดรอลิกส์	218
7.9	แสดงแผนภาพวงจรที่ 7.1	219
7.10	แสดงแผนภาพวงจรที่ 7.2	220
7.11	แสดงแผนภาพวงจรที่ 7.3	221
7.12	การควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบมิเตอร์-อิน	222
7.13	ความเร็วของมอเตอร์	223
7.14	การควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบมิเตอร์-เอาท์	224
7.15	การรั่วของน้ำมันเพิ่มขึ้นเมื่อความดันแตกต่างเพิ่มขึ้น	225
8.1	วงจรใช้รีลีฟวาล์ว	232
8.2	วาล์วควบคุมความดันชนิดปกติปิด	233
8.3	รีลีฟวาล์ว	234
8.4	วาล์วลดความดันชนิด 2 ทิศทาง	235
8.5	วาล์วลดความดันชนิด 3 ทิศทาง	236

ภาพที่		หน้า
8.6	วาล์วควบคุมอัตราการไหล	237
8.7	วงจรการใช้วาล์วควบคุมการไหล	238
8.8	การควบคุมปริมาณน้ำมันก่อนเข้ากระบอกสูบ	241
8.9	การควบคุมปริมาณน้ำมันที่ออกจากกระบอกสูบ	242
8.10	การควบคุมโดยการระบายน้ำมันออกจากวงจร	243
8.11	แสดงแผนภาพวงจรที่ 8.1	244
8.12	แสดงแผนภาพวงจรที่ 8.2	245
8.13	แสดงแผนภาพวงจรที่ 8.3	246
8.14	แสดงแผนภาพวงจรที่ 8.4	247
8.15	วงจรเครื่องอัดไฮดรอลิกส์	249
8.16	วงจรเครื่องอัดไฮดรอลิกส์ชนิดเลื่อนอัดเร็ว	253
9.1	ออกแบบการเคลื่อนที่ย้ายวัสดุ	263
9.2	แผนภาพหาขนาดท่อ	265
9.3	วงจรพื้นฐานของระบบไฮดรอลิกส์	267
9.4	วงจรทำงานที่ความดันต่ำ	268
9.5	วงจรทำงานที่ความดันสูง	269
9.6	วงจรมีความเร็วสูงและความเร็วต่ำ	269
9.7	วงจรตัวอย่างเพื่ออธิบายค่าต่าง ๆ ในวงจรไฮดรอลิกส์	273
9.8	วงจรตัวอย่างของเครื่องเพรส 15 ตัน	278
9.9	วงจรเครื่องเพรส 180 ตัน	279
9.10	วงจรลดแรงอัดด้วยวิธีควบคุมทางไฟฟ้า	282