ได้ผ่านการตรวจประเมินคุณภาพหนังสือเรียนอาชีวศึกษา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช ๒๕๖๒
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๔ ครั้งที่ ๑ ประกาศลำดับที่ ๔๔๔

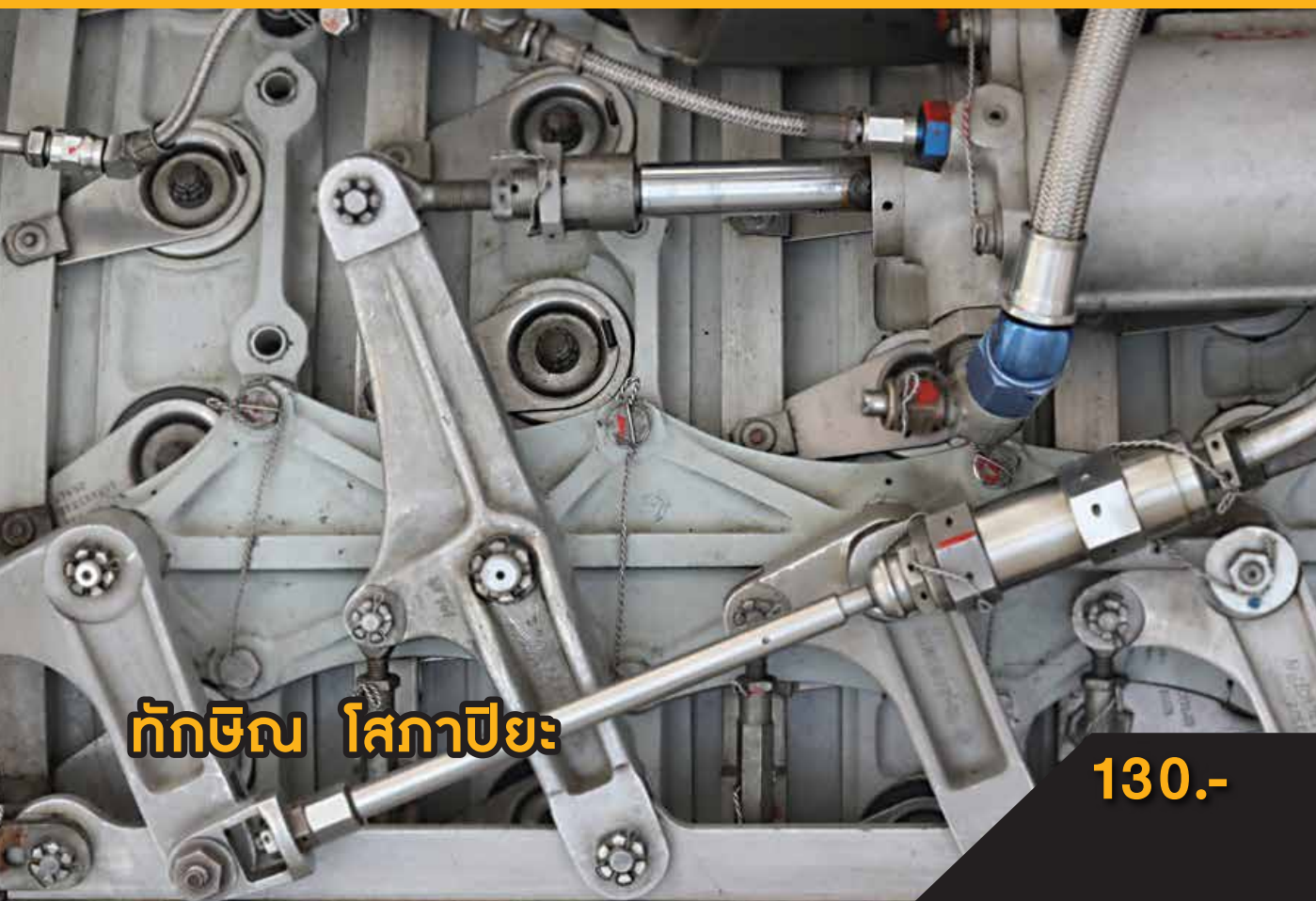
วังอักษร

รหัสวิชา 20101-2010

หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช ๒๕๖๒ ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

งานนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น

Basic Pneumatics and Hydraulics Job



ทักษิณ โสภาปิยะ

130.-

งานนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น

(Basic Pneumatics and Hydraulics Job)

รหัสวิชา 20101 - 2010

หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างยนต์
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ

เรียบเรียงโดย
ทักษิณ โสภาปิยะ

งานนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น
(Basic Pneumatics and Hydraulics Job)

ISBN 978-616-211-xxx-x

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย...

บริษัท วังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600
โทร. 0-2472-3293-5 โทรสาร 0-2891-0742 Mobile 08-8585-1521
Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร e-Mail : wangaksorn9@gmail.com
www.wangaksorn.com ID Line : @wangaksorn

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2563 ***จำนวนที่พิมพ์ 3,000 เล่ม***

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2561

โดยบริษัทวังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไปทำซ้ำ
ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ นอกจากได้รับอนุญาต
เป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้าจากทางบริษัทฯ เท่านั้น
ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้
เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย
โดยบริษัทวังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด

งานนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น

(Basic Pneumatics and Hydraulics Job) รหัสวิชา 20101 - 2010

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. รู้และเข้าใจเกี่ยวกับระบบนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น
2. สามารถอ่านและเขียนวงจรการทำงานระบบนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์
3. สามารถต่อวงจรการทำงานระบบนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์
4. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการทำงานด้วยความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบสะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์ รับผิดชอบและรักษาสภาพแวดล้อม

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการของระบบนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์ตามคู่มือ
2. ต่อวงจรการทำงานระบบนิวเมติกส์และระบบไฮดรอลิกส์
3. บำรุงรักษาระบบนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการทำงานระบบนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น ชนิดสัญลักษณ์โครงสร้างการทำงานของอุปกรณ์ การอ่าน การเขียนวงจร การต่อวงจรควบคุมทิศทาง วงจรปรับความเร็ว วงจรเรียงลำดับ วงจรหน่วงเวลา วงจรควบคุมด้วยมือ วงจรควบคุมโดยอัตโนมัติ และการบำรุงรักษาระบบนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น

ตารางวิเคราะห์สมรรถนะรายวิชา
วิชา งานนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101 - 2010
ท-ป-น 1-3-2 จำนวน 4 คาบ/สัปดาห์ รวม 72 คาบ

สมรรถนะรายวิชา / หน่วยที่	แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการของระบบนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์ตามคู่มือ	ต่อวงจรการทำงานระบบนิวเมติกส์และระบบไฮดรอลิกส์	บำรุงรักษาระบบนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์
1. หลักการทำงานระบบนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น	✓	✓	–
2. การผลิตลมอัด	✓	✓	–
3. อุปกรณ์ทำงานในระบบนิวเมติกส์	✓	✓	–
4. วาล์วและการควบคุมในระบบนิวเมติกส์	✓	✓	–
5. การกำหนดรหัสของอุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์	✓	✓	–
6. การควบคุมลำดับงานต่อเนื่องในระบบนิวเมติกส์	✓	✓	–
7. นิวเมติกส์ไฟฟ้า	✓	✓	–
8. ชุดต้นกำลังไฮดรอลิกส์	✓	✓	✓
9. อุปกรณ์ทำงานและวาล์วควบคุมในระบบไฮดรอลิกส์	✓	✓	–
10. วาล์วกันกลับและวาล์วควบคุมอัตราการไหล	✓	✓	✓

คำนำ

วิชางานนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101 - 2010 จัดอยู่ในหมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างยนต์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ ผู้เขียนได้บริหารสาระการเรียนรู้แบ่งเป็น 10 บทเรียน ได้จัดแผนการจัดการเรียนรู้/แผนการสอนที่มุ่งเน้นฐานสมรรถนะ (Competency Based) และการบูรณาการ (Integrated) ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา ในแต่ละบทเรียนมุ่งให้ความสำคัญส่วนที่เป็นความรู้ทฤษฎี หลักการ กระบวนการ และส่วนที่เป็นทักษะประสบการณ์ เร่งพัฒนาบทบาทของผู้เรียนเป็นผู้จัดการแสวงหาความรู้ (Explorer) เป็นผู้สอนตนเองได้ สร้างองค์ความรู้ใหม่ และบทบาทของผู้สอนเปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้มาเป็นผู้จัดการชี้แนะ (Teacher Roles) จัดสิ่งแวดล้อมเอื้ออำนวยต่อความสนใจเรียนรู้และเป็นผู้ร่วมเรียนรู้ (Co-investigator) จัดห้องเรียนเป็นสถานที่ทำงานร่วมกัน (Learning Context) จัดกลุ่มเรียนรู้ให้รู้จักทำงานร่วมกัน (Grouping) ฝึกความใจกว้าง มุ่งสร้างสรรค์คนรุ่นใหม่ สอนความสามารถที่นำไปทำงานได้ (Competency) สอนความรัก ความเมตตา (Compassion) ความเชื่อมั่น ความซื่อสัตย์ (Trust) เป้าหมายอาชีพอันยังประโยชน์ (Productive Career) และชีวิตที่มีศักดิ์ศรี (Noble Life) เหนือสิ่งอื่นใดเป็นคนดี ทั้งกาย วาจา ใจ มีคุณธรรม จรรยาบรรณทางธุรกิจและวิชาชีพ

ส่งเสริมสนับสนุนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคุณวุฒิวิชาชีพ (Vocational Qualification System) ให้สอดคล้องตามมาตรฐานอาชีพ (Occupational Standard) เพื่อสร้างภูมิคุ้มกัน เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ กำลังแรงงาน การพัฒนามาตรฐานการปฏิบัติงานระดับชาติ (National Benchmarking) และการวิเคราะห์หน้าที่การงาน (Functional Analysis) เพื่อให้เกิดผลสำเร็จในภาคธุรกิจอุตสาหกรรม และทุกสาขาอาชีพ เป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนเข้าสู่สนามการแข่งขันในประชาคมอาเซียน

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ผู้สอน ผู้ประสาทวิชาความรู้ เอกสาร หนังสือที่ใช้ประกอบในการเรียบเรียงไว้ ณ โอกาสนี้

ทักษิณ โสภาปิยะ

สารบัญ

บทที่ 1

หลักการทำงานระบบนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น 1

ความหมายของระบบนิวเมติกส์ 2
อุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานของระบบนิวเมติกส์ 5
พื้นฐานทางฟิสิกส์ของระบบนิวเมติกส์ 7
กฎเบื้องต้นของลมอัด 9
นิยามของระบบไฮดรอลิกส์ 12
อุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานของระบบไฮดรอลิกส์ 14
ทฤษฎีของไหลเบื้องต้น 15
ทฤษฎีการไหลในท่อ 18
น้ำมันไฮดรอลิกส์ (Hydraulics Oil) 19
แบบทดสอบและกิจกรรมฝึกทักษะ 21

บทที่ 2

การผลิตลมอัด 25

เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) 26
การพิจารณาเลือกขนาดและชนิดของเครื่องอัดอากาศ 32
ส่วนประกอบของเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบชัก 33
การเดินท่อเมนของลมอัดในโรงงานอุตสาหกรรม 37
การกำหนดและหาขนาดของท่อส่งลมอัด 39
ชุดควบคุมคุณภาพลมอัด (Service Unit) 40
แบบทดสอบและกิจกรรมฝึกทักษะ 46

บทที่ 3
อุปกรณ์ทำงานในระบบนิวเมติกส์ 49

กระบอกสูบลม 51
การเลือกขนาดกระบอกสูบลม 58
มอเตอร์ลม 59
อุปกรณ์การทำงานชนิดอื่น ๆ 63
แบบทดสอบและกิจกรรมฝึกทักษะ 67

บทที่ 4
วาล์วและการควบคุมในระบบนิวเมติกส์ 70

วาล์วควบคุมทิศทาง 72
วาล์วควบคุมอัตรการไหล 79
วาล์วควบคุมลมไหลทางเดียว 82
วาล์วควบคุมความดัน 86
วาล์วอื่น ๆ 89
แบบทดสอบและกิจกรรมฝึกทักษะ 92
ใบงานการทดลองที่ 4.1 วงจรการควบคุมโดยตรง 98
ใบงานการทดลองที่ 4.2 วงจรการควบคุมทางอ้อม 101
ใบงานการทดลองที่ 4.3 วงจรการทำงานที่มีจุดสั่งทำงานหลายจุด 103

บทที่ 5
การกำหนดรหัสของอุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์ 106

การเขียนกำหนดรหัสโดยใช้ตัวเลข 107
การเขียนกำหนดรหัสโดยใช้ตัวเลขและจุด 108
การเขียนกำหนดรหัสโดยใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษและตัวเลข 110
การใช้ไดอะแกรมแสดงการทำงานของอุปกรณ์ในขอบเขตของงาน 111
แบบทดสอบและกิจกรรมฝึกทักษะ 113
ใบงานการทดลองที่ 5.1 วงจรหน่วงเวลา 116
ใบงานการทดลองที่ 5.2 การควบคุมความเร็ว 119

บทที่ 6
การควบคุมลำดับงานต่อเนื่องในระบบนิวเมติกส์ 122

การควบคุมแบบสัญญาณเกิดขึ้นไม่พร้อมกัน 123
การควบคุมแบบสัญญาณเกิดขึ้นพร้อมกัน 126
การออกแบบโดยใช้วันช็อตซิกนัลวาล์ว 129
การออกแบบวงจรแยกสัญญาณลมแบบแคสเคด 131
แบบทดสอบและกิจกรรมฝึกทักษะ 135
ใบงานการทดลองที่ 6.1 การควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติและแบบอัตโนมัติ 142
ใบงานการทดลองที่ 6.2 วงจรการทำงานต่อเนื่องแบบสัญญาณเกิดขึ้นไม่พร้อมกัน 145
ใบงานการทดลองที่ 6.3 วงจรทำงานต่อเนื่องลักษณะงานไม่ซับซ้อน 148
ใบงานการทดลองที่ 6.4 การแยกสัญญาณลมแบบแคสเคด 150

บทที่ 7
นิวเมติกส์ไฟฟ้า 153

วาล์วทำงานด้วยไฟฟ้า หรือโซลินนอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) 154
อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้า 158
การออกแบบวงจรนิวเมติกส์ไฟฟ้า 171
แบบทดสอบและกิจกรรมฝึกทักษะ 174
ใบงานการทดลองที่ 7.1 การควบคุมโดยตรง (Direct Control) 180
ใบงานการทดลองที่ 7.2 วงจรควบคุมลำดับงานต่อเนื่องโดยใช้ลิมิตสวิตช์ 183

บทที่ 8
ชุดต้นกำลังไฮดรอลิกส์ 186

ชุดต้นกำลังไฮดรอลิกส์ 187
การทำงานของชุดต้นกำลังไฮดรอลิกส์ 189
ปั๊มน้ำมันไฮดรอลิกส์ 192
สายไฮดรอลิกส์ 196
การบำรุงรักษาปั๊มไฮดรอลิกส์ 198
แบบทดสอบและกิจกรรมฝึกทักษะ 200
ใบงานการทดลองที่ 8.1 ชุดต้นกำลังไฮดรอลิกส์ 204

บทที่ 9
อุปกรณ์ทำงานและวาล์วควบคุมในระบบไฮดรอลิกส์ 207

อุปกรณ์การทำงานในระบบไฮดรอลิกส์ 208
วาล์วควบคุมทิศทางในระบบไฮดรอลิกส์ 215
แบบทดสอบและกิจกรรมฝึกทักษะ 221
ใบงานการทดลองที่ 9.1 อุปกรณ์การทำงานและอุปกรณ์ควบคุมในระบบไฮดรอลิกส์ 225

บทที่ 10
วาล์วกันกลับและวาล์วควบคุมอัตราการไหล 227

วาล์วกันกลับ 228
วาล์วกันกลับชนิดมีน้ำมันควบคุม 229
วาล์วควบคุมอัตราการไหลแบบปรับไม่ได้ 232
วาล์วควบคุมอัตราการไหลแบบปรับได้ 233
วาล์วควบคุมอัตราการไหลทางเดียวแบบปรับได้ 234
วิธีบำรุงรักษาและแก้ไขปัญหาในระบบไฮดรอลิกส์ 236
แบบทดสอบและกิจกรรมฝึกทักษะ 244
ใบงานการทดลองที่ 10.1 วาล์วควบคุมอัตราการไหลในระบบไฮดรอลิกส์ 248

บรรณานุกรม 250

บทที่...

1

หลักการทำงานระบบนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น

แนวคิด

ระบบนิวเมติกส์ หมายถึง การนำลมอัดมาเป็นตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงานหรือขับเคลื่อนอุปกรณ์ทำงาน อุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานของระบบนิวเมติกส์ ได้แก่ 1. อุปกรณ์ต้นกำลังนิวเมติกส์ 2. อุปกรณ์ควบคุมคุณภาพลม 3. อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน 4. อุปกรณ์การทำงาน 5. อุปกรณ์ในระบบท่อ

ระบบไฮดรอลิกส์ คือ การไหลของของเหลวทุกชนิดที่ใช้ในระบบ เพื่อเป็นตัวกลางถ่ายกำลังงานในของไหลให้เป็นกำลังงานกล แบ่งตามลักษณะการใช้งานได้ 3 ประเภท ดังนี้ 1. ระบบไฮดรอลิกส์สำหรับอุตสาหกรรม 2. ระบบไฮดรอลิกส์สำหรับยานพาหนะ 3. ระบบไฮดรอลิกส์สำหรับงานขนส่งและโยธา

สาระการเรียนรู้

1. ความหมายของระบบนิวเมติกส์
2. อุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานของระบบนิวเมติกส์
3. พื้นฐานทางฟิสิกส์ของระบบนิวเมติกส์
4. กฎเบื้องต้นของลมอัด
5. นิยามของระบบไฮดรอลิกส์
6. อุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานของระบบไฮดรอลิกส์
7. ทฤษฎีการไหลเบื้องต้น
8. ทฤษฎีการไหลในท่อ
9. น้ำมันไฮดรอลิกส์

สมรรถนะประจำบท

1. สรุปความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบนิวเมติกส์
2. คำนวณหาปริมาตรของอากาศและความดันได้ถูกต้อง
3. สรุปหลักการเบื้องต้นของระบบไฮดรอลิกส์
4. ปฏิบัติการใช้อุปกรณีพื้นฐานในการทำงานของระบบไฮดรอลิกส์ได้ถูกต้อง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

หลังจากศึกษาจบบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนจะมีความสามารถดังนี้

1. อธิบายความหมายของระบบนิวเมติกส์
2. บอกข้อดีและข้อเสียของลมอัด
3. บอกอุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานของระบบนิวเมติกส์
4. สรุปพื้นฐานทางฟิสิกส์ของระบบนิวเมติกส์
5. คำนวณหา ความดัน แรง อุณหภูมิ และความชื้น
6. อธิบายกฎเบื้องต้นของลมอัด
7. บอกความหมายของระบบไฮดรอลิกส์
8. อธิบายหลักการของทฤษฎีการไหลเบื้องต้น
9. สรุปการใช้งานของระบบไฮดรอลิกส์
10. จำแนกข้อดีและข้อเสียของระบบไฮดรอลิกส์
11. แนะนำอุปกรณ์พื้นฐานในระบบไฮดรอลิกส์
12. คำนวณหาความดันและแรง

บทที่...

1

หลักการทำงานระบบนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น

ความหมายของระบบนิวเมติกส์

ระบบนิวเมติกส์ หมายถึง การนำลมอัดมาเป็นตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงานหรือขับเคลื่อนอุปกรณ์ทำงาน โดยสามารถควบคุมลมอัดที่เป็นตัวกลางได้ **“Pneumatics”** แผลงมาจากคำศัพท์ภาษากรีกว่า **“Pneuma”** หมายถึง ลมหรือลมหายใจ ซึ่งมนุษย์รู้จักนำเอาลมมาเป็นตัวกลางเพื่อใช้ประโยชน์ตั้งแต่ในอดีต ไม่ว่าจะเป็นลมที่มาจากร่างกายของมนุษย์เอง ลมจากธรรมชาติ หรือลมจากอุปกรณ์ที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นเพื่อช่วยให้ลมมีความแรงพอ เช่น การเป่าลมจากปาก การใช้มือพัด การเป่าไม้ซางในการล่าสัตว์ กังหันลม ปัจจุบันในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้นำระบบนิวเมติกส์มาใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการนำมาใช้ในการขับและควบคุมอุปกรณ์เครื่องมือกลต่าง ๆ ความดันลมอัดที่นำไปใช้ในปัจจุบันแบ่งออกได้ 3 ระดับ ดังนี้

1. นิวเมติกส์ความดันต่ำ (Low Pressure Pneumatics) ค่าความดันไม่เกิน 150 kPa (1.5 bar, 21.75 psi) ใช้กับระบบฟลูอิดลอจิก (Fluid Logic) และระบบฟลูอิดิกส์ (Fluidics)

2. นิวเมติกส์ความดันปกติ (Normal Pressure Pneumatics) ใช้กับอุปกรณ์นิวเมติกส์อุตสาหกรรม มีค่าความดันอยู่ระหว่าง 150 - 1,600 kPa (1.5 - 16 bar)

3. นิวเมติกส์ความดันสูง (High Pressure Pneumatics) ความดันตั้งแต่ 1,600 kPa (16 bar, 132 psi) เหมาะกับงานชนิดพิเศษที่ต้องการความดันสูง ๆ เช่น หัวลมบังคับ (Sensor) แต่ในปัจจุบันก็ได้นำมาใช้ร่วมกับนิวเมติกส์อุตสาหกรรม โดยนำมาใช้ในส่วนควบคุม

ข้อดีของลมอัด (Advantage of Compressed Air)

ข้อดีของลมอัดมีดังต่อไปนี้

1. ทนต่อการระเบิด ลมอัดไม่มีอันตรายจากการระเบิดหรือติดไฟ ดังนั้น จึงไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ราคาแพงสำหรับป้องกันการระเบิด

2. รวดเร็ว ลมอัดมีความรวดเร็วในการทำงานสูง ลูกสูบมีความเร็วในการทำงาน 1 – 2 m/s ถ้าเป็นลูกสูบแบบพิเศษให้ความเร็วในการทำงานได้ถึง 10 m/s

3. การส่งถ่ายง่าย การส่งลมอัดไปตามท่อในระยะไกล ๆ สามารถทำได้ง่าย และลมอัดที่ใช้แล้วไม่ต้องนำกลับ ปล่อยทิ้งออกสู่บรรยากาศได้เลย

4. เก็บรักษาได้ง่าย ลมอัดสามารถเก็บกักไว้ในถังเก็บลม ดังนั้น อุปกรณ์ทำงานสามารถทำงานได้ต่อเนื่องจากการใช้ลมอัดนี้

5. ความปลอดภัยจากงานเกินกำลัง อุปกรณ์ทำงานที่ใช้กับระบบลมอัดจะไม่เกิดการเสียหายถึงแม้ว่างานเกินกำลัง (Over Load)

6. การควบคุมความเร็วของลูกสูบ สามารถปรับได้ง่าย ๆ ตามความต้องการโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมอัตราไหลของลม

7. การควบคุมความดัน สามารถควบคุมได้ง่ายโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมความดัน

8. ลมอัดมีความสะอาด ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาอุปกรณ์

9. โครงสร้างง่าย ๆ เช่น ลูกสูบลมจะมีกลไกการทำงานไม่ซับซ้อน

10. การตั้งระยะช่วงชัก โดยการปรับระยะหยุดหรือช่วงชักของลูกสูบ ทำให้สามารถปรับระยะช่วงชักได้ทุกตำแหน่งจากน้อยสุดจนถึงมากสุดตามที่ต้องการ

11. อุณหภูมิขณะใช้งานลมอัดที่สะอาด (ปราศจากความชื้น) สามารถทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง

12. ไม่ต้องใช้ท่อลมกลับ ลมอัดที่ใช้แล้วสามารถปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศได้เลยไม่จำเป็นต้องมีท่อนำกลับ

13. ขนาดกะทัดรัด ทนทาน น้ำหนักเบา และซ่อมแซมบำรุงได้ง่าย

ข้อเสียของลมอัด (Disadvantage of Compressed Air)

ข้อเสียของลมอัดมีดังต่อไปนี้

1. ลมอัดอัดตัวได้ เหตุที่อากาศสามารถอัดตัวได้ ทำให้การเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ทำงาน (ลูกสูบ) ไม่สม่ำเสมอ

รูปที่ 1.1 ปั๊มลมสำหรับสร้างลมอัด

2. ลมอัดมีความชื้น เมื่อลมอัดมีอุณหภูมิลดลงหลังจากการถูกอัดเข้าในถังเก็บ จะทำให้เกิดการกลั่นตัวของหยดน้ำภายในถังเก็บลม และท่อลมในวงจร

3. ลมอัดต้องการเนื้อที่เก็บมาก เมื่อมีความต้องการใช้ลมอัดมาก ต้องสร้างถังเก็บลมขนาดใหญ่เพื่อช่วยในการจ่ายลมอัดให้สม่ำเสมอต่อการใช้งาน

4. ลมอัดมีเสียงดัง เมื่อลมอัดระบายออกจากอุปกรณ์ทำงาน (ลูกสูบ) ไอเสียที่คลายออกมาจะทำให้เกิดเสียงดังมาก ดังนั้น จึงต้องใช้ตัวเก็บเสียง (Silencer)

5. ความดันของลมอัดเปลี่ยนแปลง ความดันของลมอัดจะเพิ่มขึ้นถ้าอุณหภูมิสูงและความดันจะลดลงถ้าอุณหภูมิลดลง

กล่าวได้ว่า โรงงานทุกโรงงานที่เกิดขึ้นใหม่จะต้องรู้จักการใช้ลมอัดให้เป็นประโยชน์ ซึ่งขอบข่ายการใช้งานของระบบนิวเมติกส์ได้แพร่หลายขึ้นมาก และได้วิวัฒนาการจากการใช้ระบบการทำงานง่าย ๆ ธรรมดา เป็นระบบการทำงานโดยอัตโนมัติด้วยเครื่องจักรกลที่ทันสมัย ระบบนิวเมติกส์ถูกนำมาใช้ในงานต่าง ๆ ดังนี้

1. นิวเมติกส์อุตสาหกรรมการผลิต (Industrial Pneumatics for Production) เช่น งานผลิตเฟอร์นิเจอร์ ผลิตชิ้นส่วนกลไก เป็นต้น

2. นิวเมติกส์เครื่องมือ (Pneumatics for Instrumentation) เช่น เครื่องมือวัดอุณหภูมิ วัดความดัน เป็นต้น

3. นิวเมติกส์งานก่อสร้าง (Pneumatics for Building Construction) เช่น งานขุดเจาะต่าง ๆ

4. นิวเมติกส์งานขนถ่ายอุตสาหกรรม (Pneumatics for Material Handing) เช่น งานเอกสารหีบห่อ เป็นต้น

5. นิวเมติกส์สาขาอื่น ๆ เช่น อุปกรณ์ของเล่น กีฬา รถไฟ เป็นต้น

ก) การจับยึดชิ้นงาน

ข) แขนกลและการจับชิ้นงาน

ค) อุปกรณ์นิวเมติกส์ในสายไลน์การผลิต

รูปที่ 1.2 เครื่องจักรที่ทำงานโดยอัตโนมัติโดยใช้ลมอัดเป็นต้นกำลัง

อุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานของระบบนิวเมติกส์

การทำงานของระบบนิวเมติกส์จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. **อุปกรณ์ต้นกำลังนิวเมติกส์ (Power Unit)** ทำหน้าที่สร้างลมอัดที่มีคุณภาพเพื่อใช้งานในระบบนิวเมติกส์ ประกอบด้วย

1.1 อุปกรณ์ขับ (Driving Unit) ทำหน้าที่ขับเครื่องอัดลม ได้แก่ เครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้า

1.2 เครื่องอัดลม (Air Compressor) ทำหน้าที่อัดอากาศที่ความดันบรรยากาศ ให้มีความดันสูงกว่าบรรยากาศปกติ

1.3 เครื่องระบายความร้อน (After Cooler) ทำหน้าที่หล่อเย็นอากาศอัดให้เย็นตัวลง

1.4 ตัวกรองลมหลัก (Main Line Air Filter) ทำหน้าที่กรองลมก่อนที่จะนำไปเก็บในถัง

1.5 ถังเก็บลม (Air Receiver) เป็นอุปกรณ์ใช้เก็บลมที่ได้จากเครื่องอัดลมและจ่ายลมความดันคงที่สม่ำเสมอให้แก่ระบบนิวเมติกส์

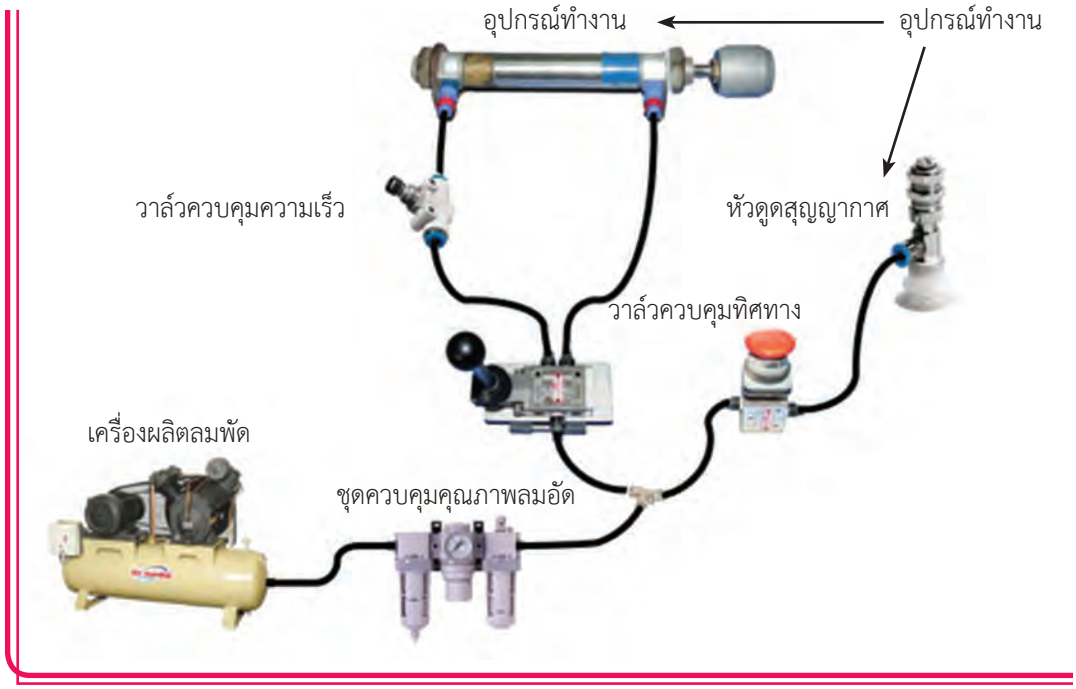
1.6 เครื่องกำจัดความชื้น (Separators) อุปกรณ์นี้จะช่วยแยกความชื้นและละอองน้ำมันที่แฝงมากับอากาศอัดก่อนที่อากาศอัดจะถูกนำไปใช้งาน

2. อุปกรณ์ควบคุมคุณภาพลม (Compressed Air Treatment Component) ทำให้ลมปราศจากฝุ่นละออง คราบน้ำมันและน้ำมันก่อนที่จะนำไปใช้ในระบบนิวเมติกส์ ประกอบด้วย กรองลม (Air Filter) วาล์วปรับความดันพร้อมเกจ (Pressure Regulator) อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่น (Lubricator)

3. อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน (Controlling Component) หมายถึง วาล์วควบคุมชนิดต่าง ๆ ในระบบนิวเมติกส์ ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการเริ่มและหยุดการทำงานของวงจรควบคุมทิศทางการไหลของลม ควบคุมอัตราการไหลของลม และควบคุมความดัน

4. อุปกรณ์การทำงาน (Actuator or Working Component) ทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานของไหล ให้เป็นกำลังกล เช่น กระบอกสูบลมชนิดต่าง ๆ และมอเตอร์ลม

5. อุปกรณ์ในระบบท่อทาง (Piping System) ใช้เป็นท่อทางไหลของลมในระบบนิวเมติกส์ ระบบท่อนี้รวมถึงท่อส่งลมอัดและข้อต่อชนิดต่าง ๆ ด้วย



รูปที่ 1.3 อุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานของระบบนิวเมติกส์

พื้นฐานทางฟิสิกส์ของระบบนิวเมติกส์

ความดัน (Pressure : P)

ความดัน หมายถึง แรงกดดันของอากาศต่อพื้นที่ 1 ตารางหน่วย เครื่องมือที่ใช้วัด คือ บาโรมิเตอร์ หรือแมนโนมิเตอร์ เกจวัดความดัน

หน่วยของความดัน คือ N/m^2, kp/cm^2, Pa, kgf/cm^2, bar, $pound/inch^2$

ความดันหาได้จาก

$$p = \frac{F}{A}$$

เมื่อ P คือ ความดัน (N/m^2), F คือ แรง (N)

A คือ พื้นที่ (m^2)

N/m^2 คือ ค่าของปาสคาล (Pascal) เขียนย่อว่า “Pa”

1 Pa = 1 N/m^2

= 10^{-5} bar

1 bar = 10 kPa (10 kN/m^2)

= 10 N/cm^2

= 105 Pa

= 14.5 psi (pound per square inch)

แรง (Force : F)

แรง หมายถึง การกระทำของวัตถุหนึ่งต่ออีกวัตถุหนึ่ง มีหน่วยเป็น N, $kg{\cdot}m/s^2$ แรงหาได้จาก

$$F = m{\cdot}a$$

เมื่อ m คือ มวล (kg)

a คือ ความเร่ง (m/s^2)

แรง = 1 นิวตัน (N) = 1 $kg{\cdot}m/s^2$

ถ้ามวล 1 kg นำมาแทนแรงบนโลก (kgf = กิโลกรัมแรง) ได้ดังนี้

$$F = m{\cdot}g$$

$$= 1\ kg \times 9.81\ m/s^2$$

$$= 9.81\ kg{\cdot}m/s^2$$

แต่แรง 1 N = 1 kg·m/s²

1 kgf = 9.81 N

ทางเทคนิค ใช้ 1 kgf = 10 N (ค่าประมาณ)

อุณหภูมิ (Temperature : T)

อุณหภูมิ หมายถึง ระดับความร้อนที่มีอยู่ของสสารในสภาวะต่าง ๆ มีหน่วยเป็น

°C (องศาเซลเซียส)

K (องศาเคลวิน)

°F (องศาฟาเรนไฮต์)

°R (องศาแรงคิน)

0 °C = 273 K ; (K = °C + 273)

°R = °F + 460

$$°C = \frac{100}{180} \times (°F - 32)$$

$$°F = \left(\frac{180}{100} \times °F\right) + 32$$

ความชื้น (Humidity)

ความชื้น คือ จำนวนปริมาณของน้ำที่ปะปนอยู่ในอากาศ สามารถรวมตัวและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำได้ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาวะของอากาศในขณะนั้น ซึ่งค่าความชื้นจะบอกเป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ค่าความชื้นสัมพัทธ์} = \frac{\text{ค่าความชื้นสัมพัทธ์}}{\text{ปริมาณความอิ่มตัวของไอน้ำ}} \times 100$$

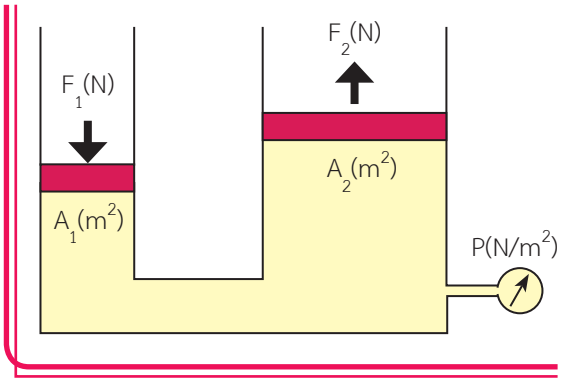
ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity) คือ ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศขณะนั้น มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (g/m³)

ปริมาณความอิ่มตัวของไอน้ำ (Saturation Quantity) คือ จำนวนไอน้ำที่อากาศสามารถรับไว้ได้จนถึงจุดอิ่มตัว มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (g/m³)

กฎเบื้องต้นของลมอัด

กฎของปาสคาล (Pascal's law) แบลส์ ปาสคาล : Blasise Pascal (นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ระหวางปี ค.ศ. 1623 - 1662) ได้ทำการทดลองพิสูจน์เกี่ยวกับการส่งผ่านความดันสถิต หรือความดันที่ไม่เคลื่อนที่ (Static Pressure) ซึ่งได้พิสูจน์ให้เห็นจริงและสรุปเป็นกฎว่า เมื่อทำให้เกิดความดันต่อของไหลที่อยู่ในภาชนะปิด จะเกิดแรงกระทำของไหลต่อทุก ๆ ส่วนของผิวภาชนะในแนวตั้งฉาก ซึ่งสามารถสรุปเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. ความดันที่เกิดจากการไหลซึ่งบรรจุในภาชนะปิดจะมีค่าเท่ากันทุกทิศทาง
2. ทิศทางความดันของไหลจะกระทำต่อทุกส่วนของภาชนะในแนวตั้งฉาก
3. ความดันของไหลในระบบเดียวกันจะมีค่าเท่ากัน



รูปที่ 1.4 กฎของปาสคาล

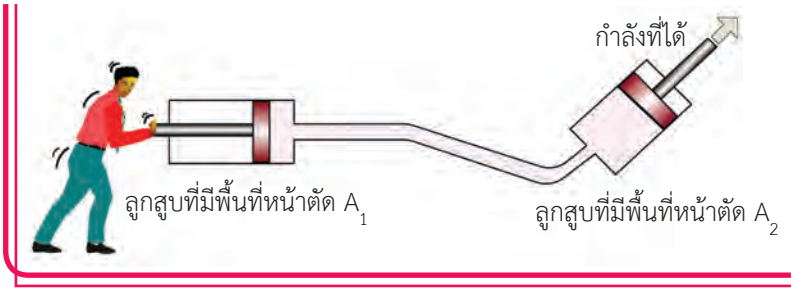
จากรูปที่ 1.4 กำหนดให้แรง F_1 กดลงบนลูกสูบ ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด A_1 (เกิดความดัน P_1) จะเกิดการถ่ายเทแรง F_2 ขึ้นที่ลูกสูบ ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด A_2 (เกิดความดัน P_2)

จากกฎของปาสคาลจะได้ว่า $P_1 = P_2$

หรือ $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$

นั่นคือ $F_2 = \frac{F_1 \times A_2}{A_1}$

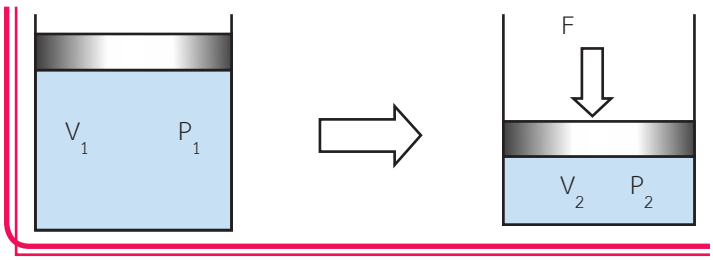
ถ้าพื้นที่หน้าตัด A_1 น้อยกว่า A_2 แรง F_1 จะน้อยกว่า F_2 ด้วย



รูปที่ 1.5 การถ่ายทอดแรง

จากกฎของปาสคาล แสดงให้เห็นในรูปที่ 1.5 เมื่อชายคนหนึ่งผลักลูกสูบที่มีพื้นที่หน้าตัด A_1 (เช่นเดียวกับเครื่องอัดอากาศป้อนลมอัดในท่อลม) ทำให้ลูกสูบที่มีพื้นที่หน้าตัด A_2 เคลื่อนที่ (เช่นเดียวกับการทำงานของกระบอกสูบเมื่อป้อนลมอัดเข้าไป)

กฎของบอยล์ - แมริออต (Boyle - Marritt's Law) (ชาวอังกฤษ ระหว่างปี ค.ศ. 1627 - 1691) กล่าวว่า ถ้ากดลูกสูบในกระบอกซึ่งมีก๊าซบรรจุอยู่ภายใน ปริมาตรก๊าซจะลดลงในขณะที่ความดันก๊าซเพิ่มขึ้น กล่าวอีกนัยหนึ่งว่า **"ณ อุณหภูมิคงที่ ปริมาณก๊าซจะเปลี่ยนแปลงเป็นอัตราส่วนผกผันกับความดันก๊าซนั้น"**



รูปที่ 1.6 ปริมาตรและความดันตามกฎของบอยล์

จะได้ $P_1 V_1 = P_2 V_2 =$ ค่าคงที่

โดยที่ P_1 คือ ความดันสัมบูรณ์เริ่มต้น (N/m^2)

P_2 คือ ความดันสัมบูรณ์สุดท้าย (N/m^2)

V_1 คือ ปริมาตรเริ่มต้น (m^3)

V_2 คือ ปริมาตรสุดท้าย (m^3)

ตัวอย่างที่ 1.1 ถังใบหนึ่งเดิมมีความดัน 1 บาร์ ถูกอัดอากาศมีความดัน 8 บาร์ ทำให้ปริมาตรลดลงเหลือ 2 m^3 จงคำนวณหาปริมาตรเดิมของอากาศที่อยู่ในถัง

วิธีทำ จาก $P_1 V_1 = P_2 V_2$

$$V_1 = \frac{P_2 \times V_2}{P_2}$$

$$= \frac{8_{bar} \times 2\ m^3}{1_{bar}}$$

$$= 16\ m^3 \quad \text{Ans}$$

กฎของเกย์ - ลูสแซก (Gay - Lussac's Law)

– เมื่อให้ P คงที่ ปริมาตรของอากาศจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{หรือ} \quad \frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2} = \text{ค่าคงที่}$$

– เมื่อให้ V คงที่ ความดันของอากาศจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{หรือ} \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} = \text{ค่าคงที่}$$

เมื่อ V_1 = ปริมาตรของอากาศที่สภาวะปกติ (m^3)

V_2 = ปริมาตรของอากาศที่เปลี่ยนแปลง (m^3)

T_1 = อุณหภูมิของอากาศที่สภาวะปกติ (K)

T_2 = อุณหภูมิของอากาศที่เปลี่ยนแปลง (K)

P_1 = ความดันของอากาศที่สภาวะปกติ (N/m^3)

P_1 = ความดันของอากาศที่เปลี่ยนแปลง (N/m^3)