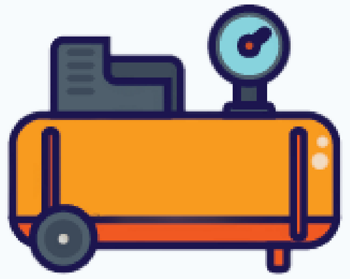
บทเรียนที่

2

อุปกรณ์
ในระบบนิวเมติกส์



2.1 เครื่องอัดอากาศหรือคอมเพรสเซอร์

เครื่องอัดอากาศหรือคอมเพรสเซอร์ (Air Compressor) ทำหน้าที่ผลิตลมอัดในระบบจ่ายลมอัด โดยดูดอากาศจากบรรยากาศแล้วอัดให้มีแรงดันสูงขึ้น แล้วจ่ายลมอัดที่มีแรงดันและปริมาตรเพียงพอ ให้กับอุปกรณ์ในระบบขนาดของเครื่องอัดอากาศ หรือขนาดของคอมเพรสเซอร์ ขึ้นอยู่กับปริมาณลมอัดที่ต้องการ และยังขึ้นอยู่กับชนิดของการติดตั้งด้วยว่าจะติดตั้งแบบถาวรหรือแบบเคลื่อนย้ายได้ การติดตั้งเครื่องอัดอากาศแบบเคลื่อนย้ายได้ส่วนใหญ่จะสร้างรวมเป็นชุดเดียวพร้อมกับถังเก็บลมและอุปกรณ์อื่น ๆ หรืออยู่รวมในเครื่องจักรประเภทที่ต้องเคลื่อนย้ายบ่อย ๆ ปริมาตรของลมอัดชนิดแบบเคลื่อนย้ายได้จึงมีขีดจำกัด เนื่องจากไม่สามารถเพิ่มขนาดของตัวเครื่องได้มากนัก ส่วนเครื่องอัดอากาศแบบติดตั้งถาวร ส่วนใหญ่จะมีปริมาณการจ่ายลมไปสู่จุดต่างๆ ของโรงงานแบบคงที่ ซึ่งควรมีห้องโดยเฉพาะที่ปราศจากฝุ่นละออง แห้ง และสะอาด

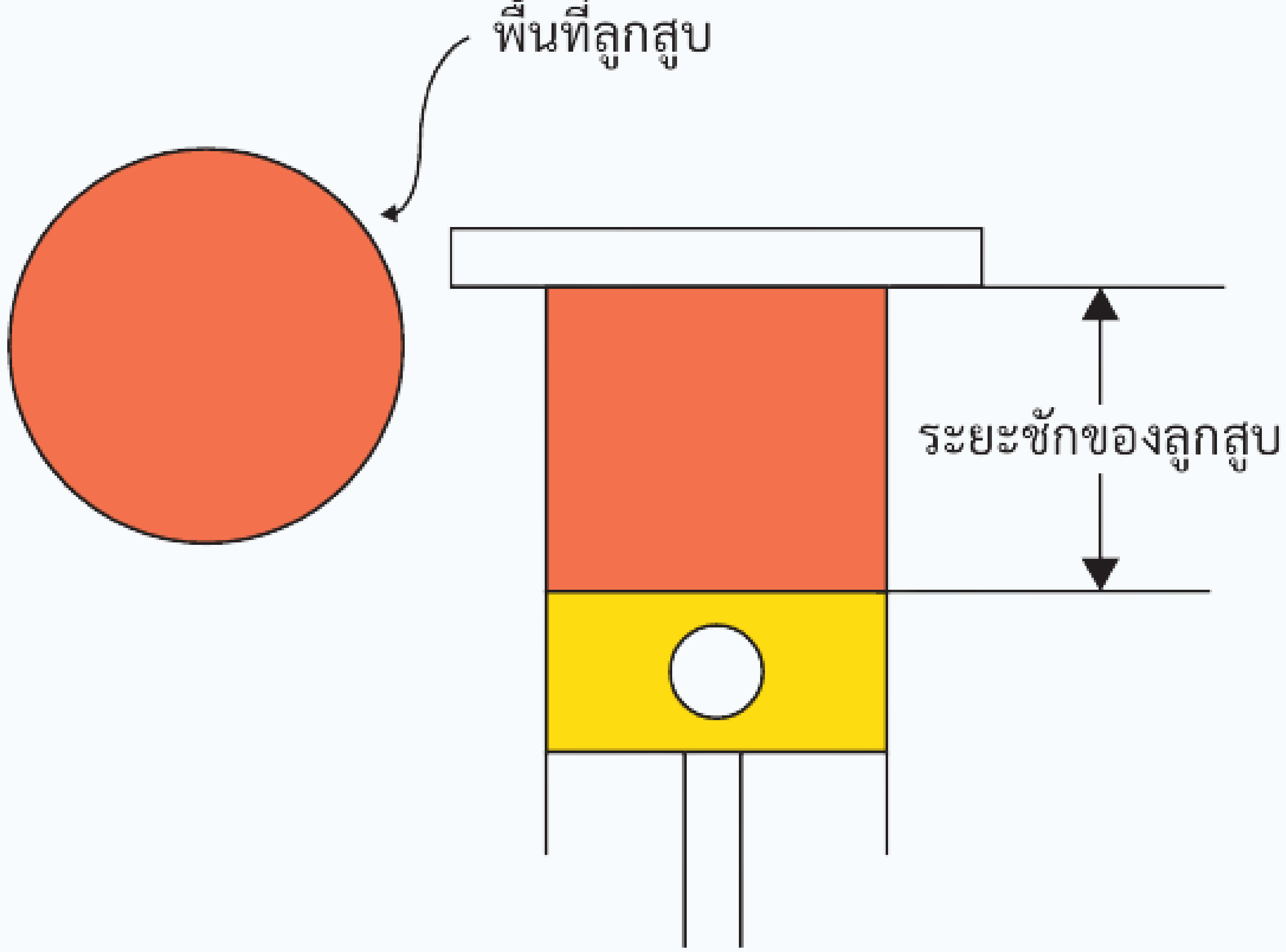
2.2 การเลือกเครื่องอัดอากาศ

ควรพิจารณาเลือกเครื่องอัดอากาศ ดังปัจจัยต่อไปนี้

1. บริเวณที่จะนำลมอัดไปใช้งาน
2. ปริมาณความต้องการใช้ลมอัดในปัจจุบันและอนาคต
3. คุณภาพของลมอัดที่ต้องการใช้งาน
4. สถานที่และขนาดห้องสำหรับติดตั้งเครื่องอัดลม
5. ระบบการหล่อเย็นเดิมของลมอัดในโรงงาน
6. ระบบไฟฟ้าและขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าในโรงงาน
7. ค่ากำลังไฟฟ้าต่อหน่วยในแต่ละช่วงเวลา
8. ข้อจำกัดด้านเสียงและการสั่นสะเทือน
9. จำนวนเครื่องอัดอากาศที่ต้องการใช้

ปริมาตรการผลิต

1) ปริมาตรการผลิตทางทฤษฎี = ผลคูณของปริมาตรช่วงชักกับจำนวนความเร็วรอบ (RPM) ดังรูป



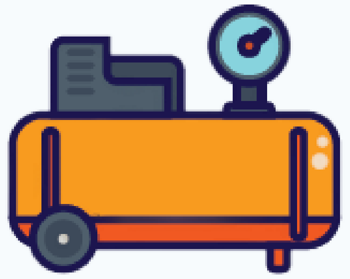
2) ปริมาตรการผลิตจริง = ผลคูณของปริมาตรการผลิตทางทฤษฎีกับประสิทธิภาพเชิงปริมาตร

ปริมาตรการผลิตจริงจะไม่เท่ากับปริมาตรการผลิตทางทฤษฎี (จากการคำนวณ)
เนื่องจากปริมาตรการผลิตจริงจะต่ำกว่าทางทฤษฎี
และจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric Efficiency)
ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 40-95% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพและโครงสร้างของเครื่องอัดอากาศ

เครื่องอัดอากาศสามารถผลิตได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$V_{compressor} = V \bullet N \bullet n$$

$$V_{compressor} = \frac{\pi d^2}{4} \times L \times N \times n$$



แต่สมการทั้ง 2 สมการเป็นการคำนวณหาปริมาตรทางทฤษฎี จะนำมาใช้ในงานจริงไม่ได้ เพราะปริมาตรลมอัดที่ออกมาจากเครื่องอัดอากาศจะมีค่าน้อยกว่าการคำนวณ ทั้งนี้เนื่องมาจากการสูญเสียในการดูดอากาศเข้ามาในเครื่องอัดอากาศ ดังนั้น ในทางปฏิบัติจึงใช้ปริมาตรที่เครื่องอัดอากาศผลิตได้จริง ซึ่งสามารถหาค่าได้จากสมการ

$$V_{actual} = V_{th} \times \eta_v$$

ความดันใช้งาน (Working Pressure)

ความดันใช้งานที่จะต้องเกิดจากการอัดอากาศของเครื่องอัดอากาศชนิดอัดขึ้นเดี่ยวหรือแบบอัดหลายชั้น ความดันที่เกิดขึ้นจากการอัดของเครื่องอัดอากาศ ควรสูงกว่าความดันที่นำออกไปใช้งาน โดยทั่วไปความดันที่นำออกไปใช้งานประมาณ 6-8 บาร์ และมีค่าของความดันช่วงใช้งานต่ำสุดถึงสูงสุดอยู่ระหว่าง 1.5-10 บาร์

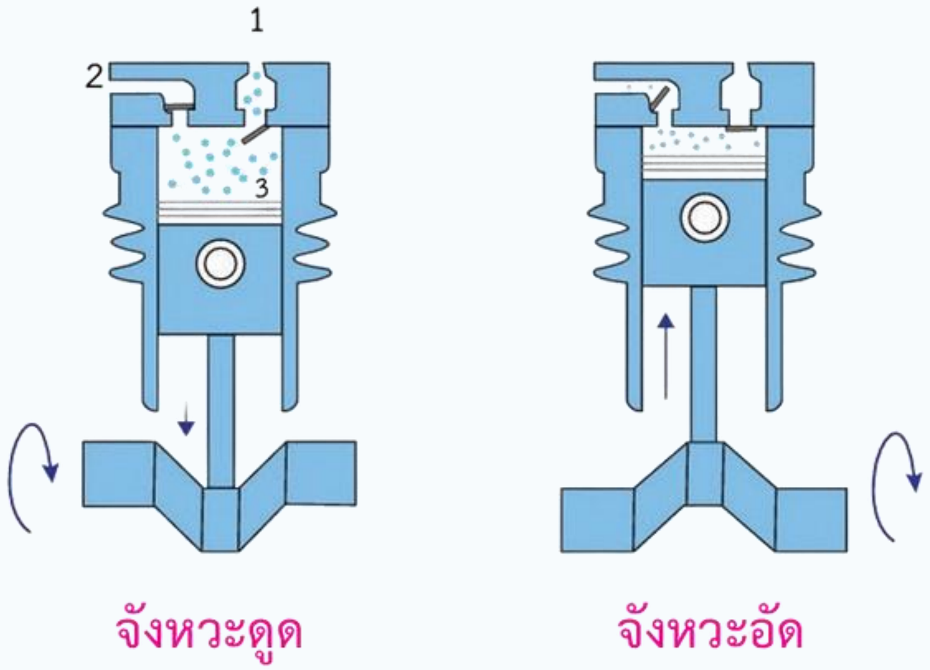
2.3 ชนิดของเครื่องอัดอากาศ

เครื่องอัดอากาศที่ถูกแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่

2.3.1 เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบชัก (Piston Compressor)

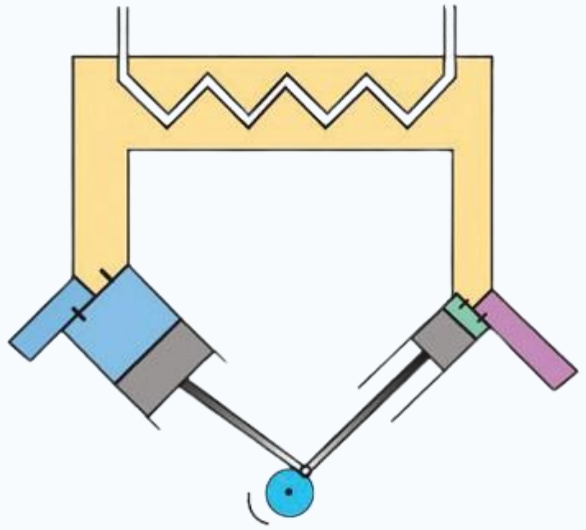
1 เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบชักชั้นเดียว (Single Stage Air Compressor)

เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความดันอยู่ระหว่าง 4-10 บาร์ โดยมีหลักการทำงานแบ่งเป็น 2 จังหวะ คือ จังหวะดูดและจังหวะอัด



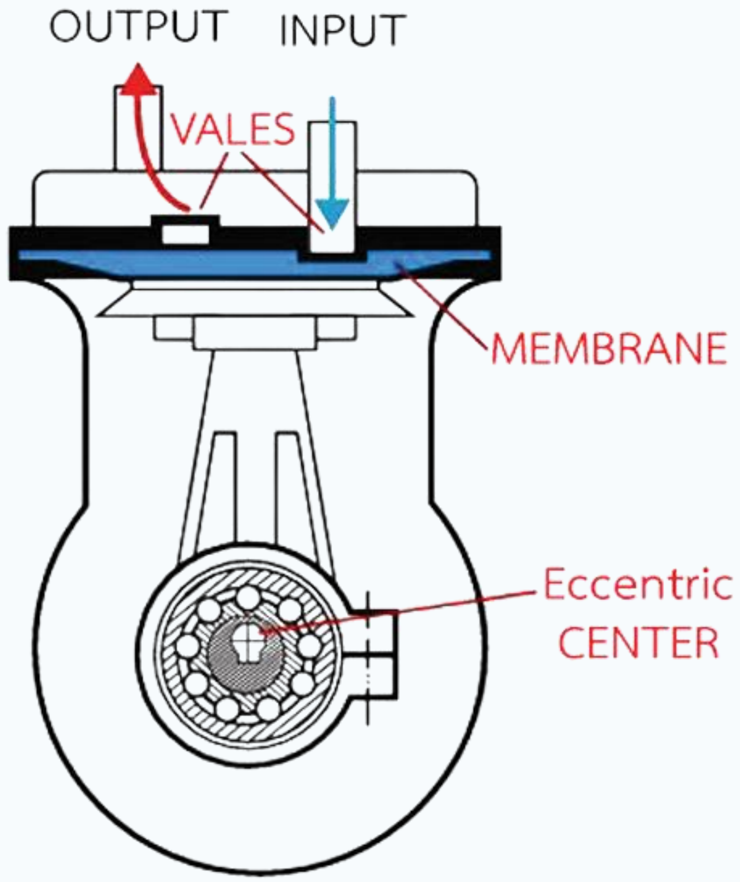
2 เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบชัก 2 ชั้น (Double stage air compressor)

เหมาะสำหรับงานที่ต้องการใช้ความดันสูงกว่า 10 บาร์ สามารถอัดอากาศได้สูงถึง 30 บาร์ โดยมีการทำงานของลูกสูบ 2 ด้าน ที่จะทำงานสลับกัน คือ จังหวะที่ 1 ลูกสูบตัวที่ 1 ด้านซ้าย จะดูดอากาศจากภายนอกเข้ามาภายในห้องสูบ ส่วนลูกสูบตัวที่ 2 ด้านขวา จะอัดอากาศเข้าเก็บในถังเก็บลม และจังหวะที่ 2 ลูกสูบตัวที่ 1 จะอัดอากาศผ่านชุดระบบความร้อนเข้าไปภายในห้องสูบของลูกสูบตัวที่ 2 ซึ่งเป็นจังหวะดูดอากาศ การทำงานของลูกสูบทั้งสองจะสลับกัน



3 เครื่องอัดอากาศแบบไดอะแฟรม (Diaphragm Air Compressor)

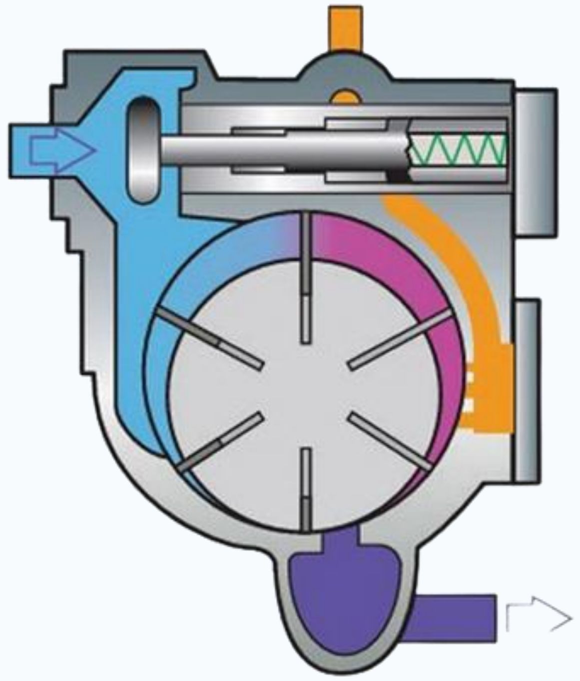
เป็นเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบที่ใช้แผ่นไดอะแฟรมเป็นตัวดูดหรืออัดอากาศ และทำให้ลูกสูบกับห้องดูดอากาศแยกออกจากกัน จึงปราศจากน้ำมันหล่อลื่น เหมาะสำหรับใช้งานอุตสาหกรรมผลิตอาหาร อุตสาหกรรมยารักษาโรค และอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์



2.3.2 เครื่องอัดอากาศแบบหมุน (Rotary Compressor)

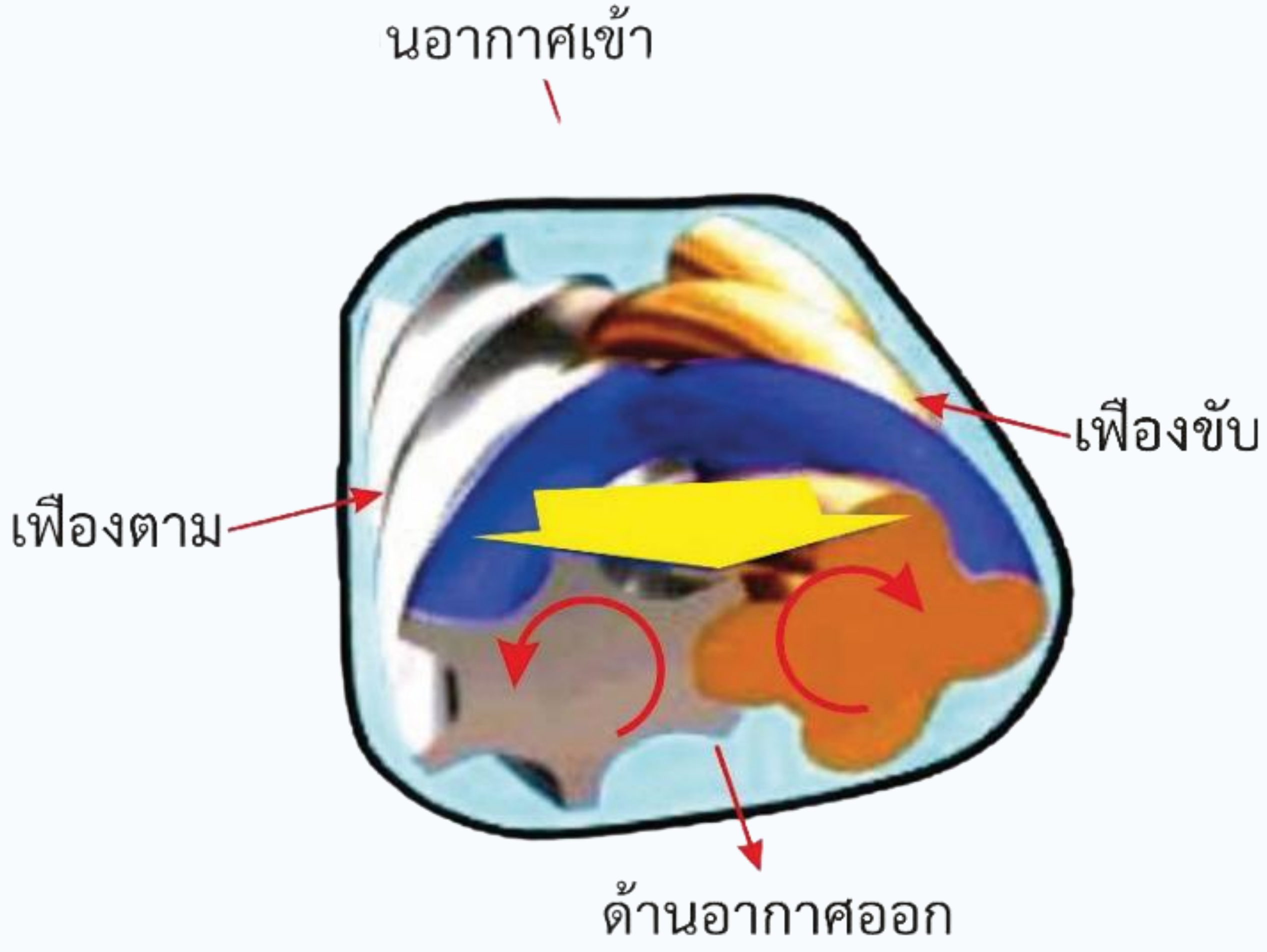
1 เครื่องอัดอากาศแบบแวนโรตารี่ (Vane Rotary Air Compressor)

มีหลักการทำงาน โดยใช้ใบพัดเล็กๆ ที่ติดอยู่กับโรเตอร์หรือตัวหมุน ซึ่งวางเยื้องศูนย์ในเรือนสูบ เมื่อโรเตอร์เริ่มทำงาน แผ่นใบพัดที่อยู่ในร่องจะกวาดลมอัดไปรอบๆ ตามแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ทำให้ห้องอัดอากาศในเรือนสูบเปลี่ยนจากห้องแคบเป็นห้องกว้าง และเปลี่ยนจากห้องกว้างเป็นห้องแคบ ทำให้เกิดการดูดและการอัดอากาศจากทางลมเข้ายังทางด้านลมออกเพื่อเก็บไว้ในถังเก็บลมต่อไป



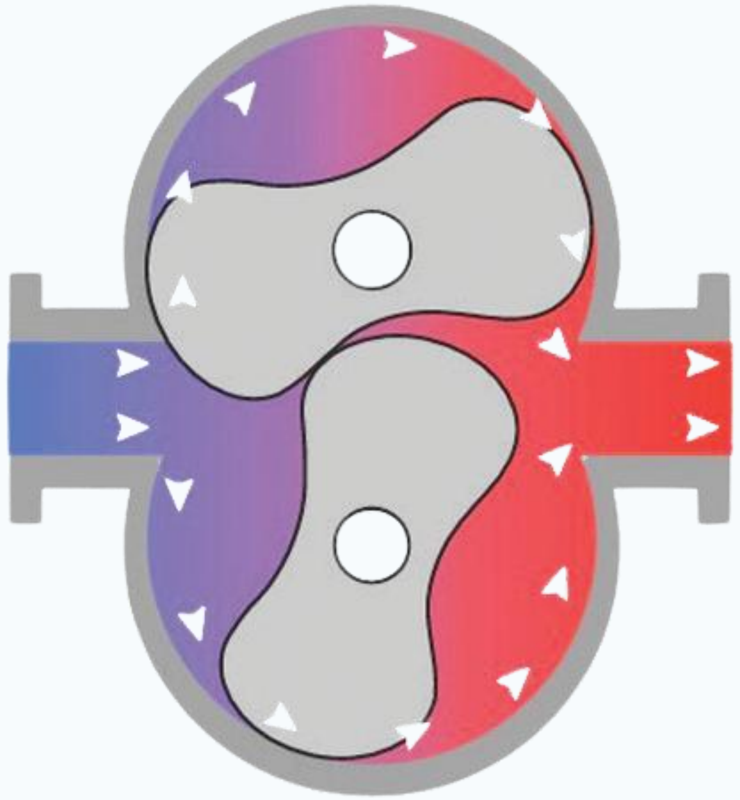
2 เครื่องอัดอากาศแบบสกรู (Screw Air Compressor)

มีเพลาอยู่ 2 แกน เพลาตัวหนึ่ง มีฟันสกรูนูน และเพลาอีกตัวหนึ่งมีฟันสกรูเว้าวางขับกัน และมีทิศทางการหมุนเข้าหากัน ซึ่งดูดอัดลม จากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง มีอัตราการจ่ายลมได้มากถึง 170 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที สร้างความดันได้ประมาณ 10 บาร์



3 เครื่องอัดอากาศแบบใบพัดหมุน (Roots Air Compressor)

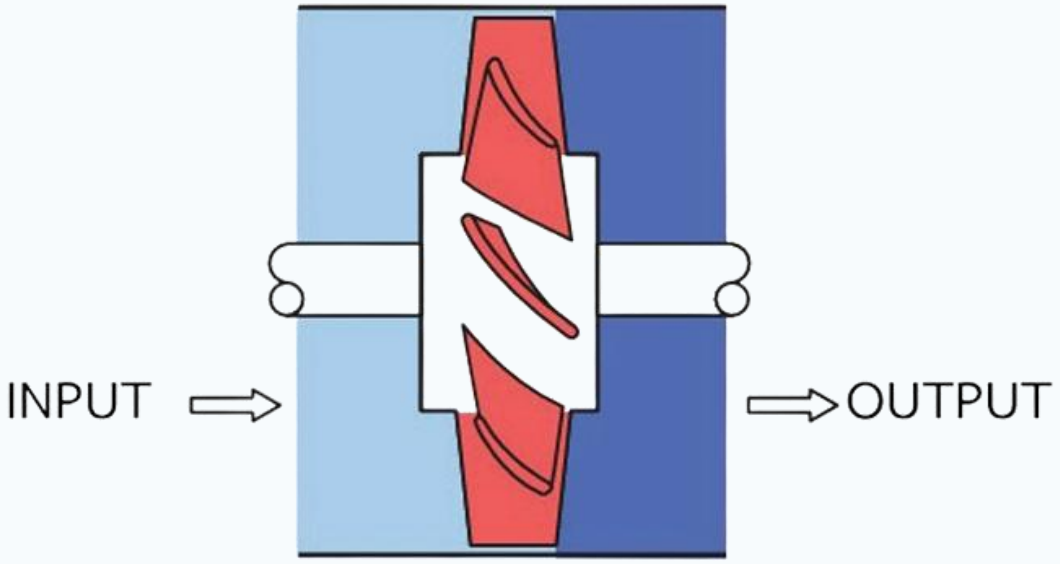
ประกอบด้วยใบพัด 2 อัน ขับกัน หมุนด้วยความเร็วรอบเท่ากัน เช่นเดียวกับแบบสกรู มีหลักการทำงานคือ เมื่อโรเตอร์ทั้งสองหมุน สวนทางกัน จะทำให้อากาศถูกดูดจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ทำให้อากาศไม่ถูกอัดตัวแต่อากาศที่เคลื่อนที่จะถูกอัดเข้าไปในถังเก็บลม เครื่องอัดอากาศแบบใบพัดหมุนมีอัตราการจ่ายลมได้ตั้งแต่ 100 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที สร้างความดันได้ประมาณ 4-10 บาร์



2.3.3 เครื่องอัดอากาศแบบกระแสอากาศ (Centrifugal Compressor)

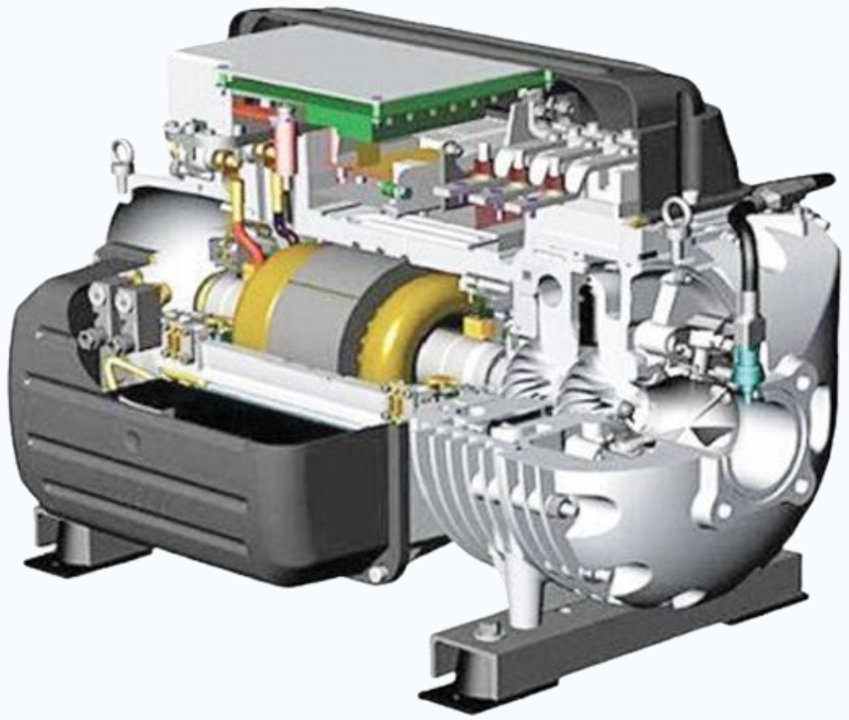
1 เครื่องอัดอากาศแบบอากาศวนรอบกังหัน (Radial Flow Air Compressor)

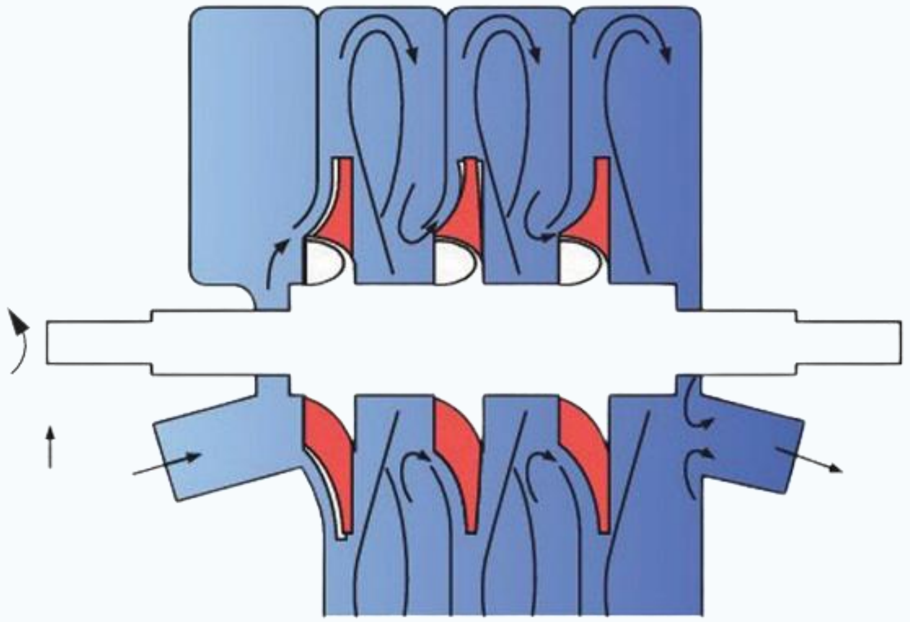
มีหลักการทำงาน โดยใช้หลักการของกังหันใบพัด ซึ่งลมจะถูกดูดผ่านไปยังใบกังหันที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ผ่านใบพัดด้านหนึ่ง และจะอัดลมวนรอบใบพัดกังหันไปยังอีกด้านหนึ่ง เพื่อผลิตลมอัดเข้าเก็บไว้ในถังเก็บลม



2 เครื่องอัดอากาศแบบอากาศตามแกนเพลา (Axial Flow Air Compressor)

เครื่องอัดอากาศที่ใช้หลักการของใบพัดกังหัน โดยการเคลื่อนที่ของใบพัดกังหันจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ลมจะถูกดูดผ่านใบพัดด้านหนึ่ง และจะอัดลมตามแกนเพลาของใบพัดไปยังอีกด้านหนึ่ง เครื่องอัดอากาศแบบนี้เหมาะสำหรับงานที่ต้องการอัตราการไหลของลมสูง คือสามารถผลิตอัตราการจ่ายลมได้ตั้งแต่ 170-20,000 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที แต่ความดันลมไม่สูงมากนักประมาณ 4-10 บาร์



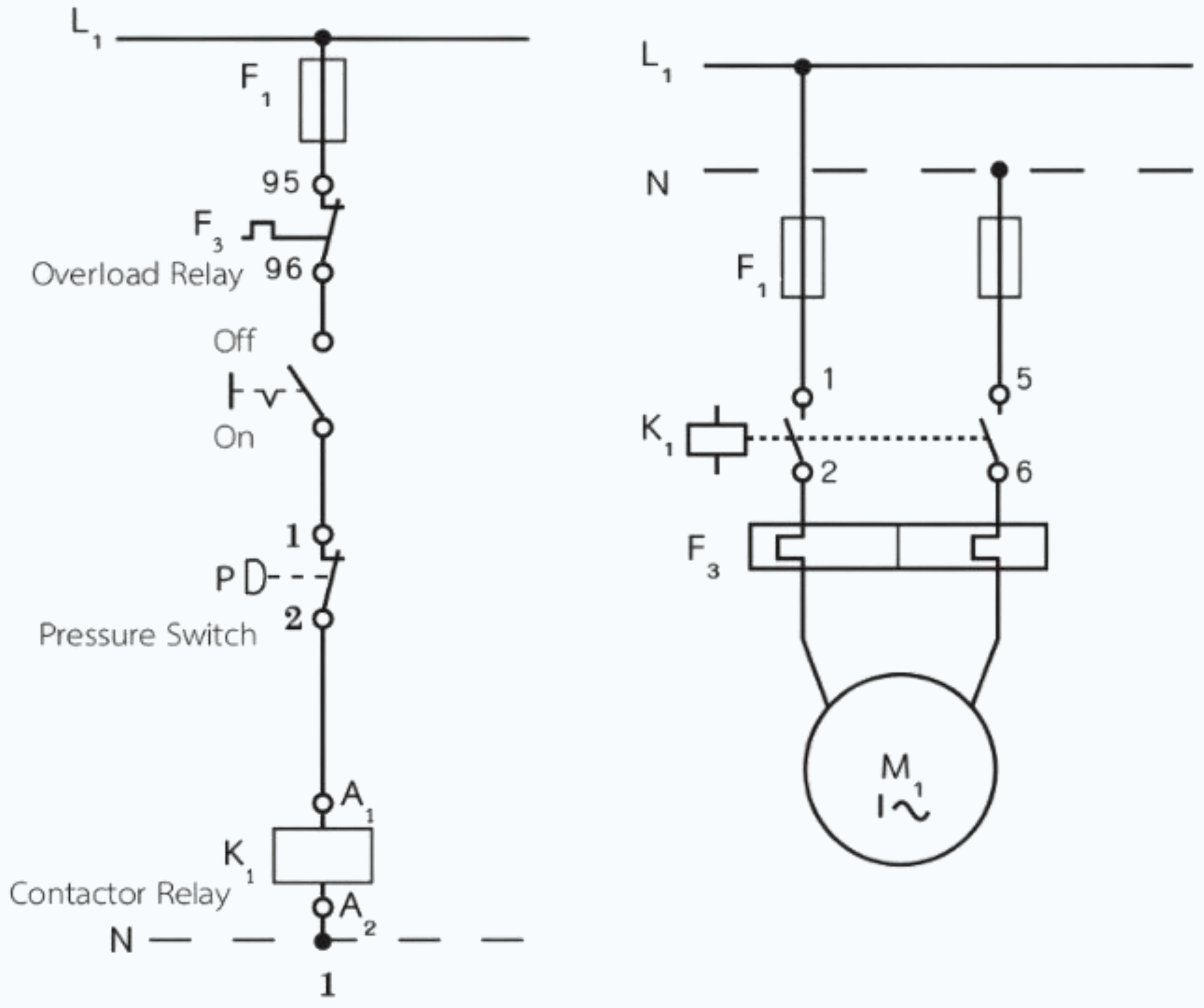


2.4 การควบคุมเครื่องอัดอากาศ

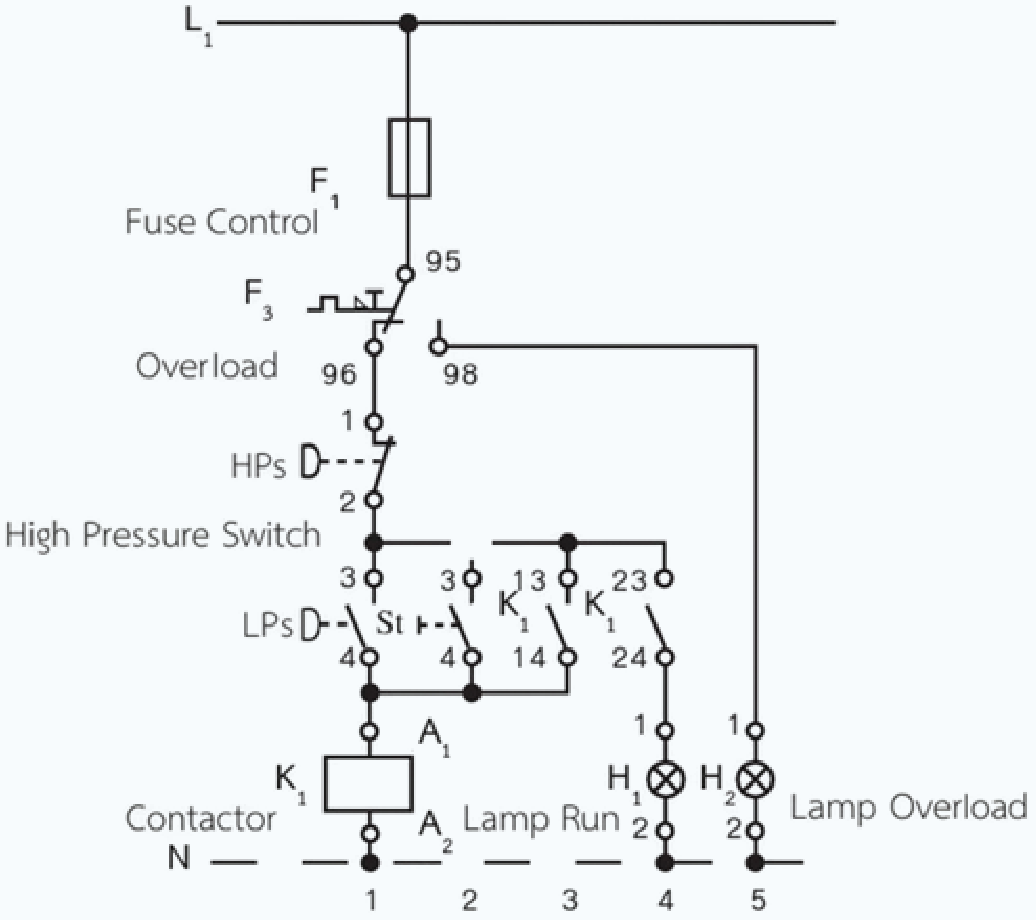
2.4.1 การควบคุมแบบเปิด-ปิด (On-Off Control)

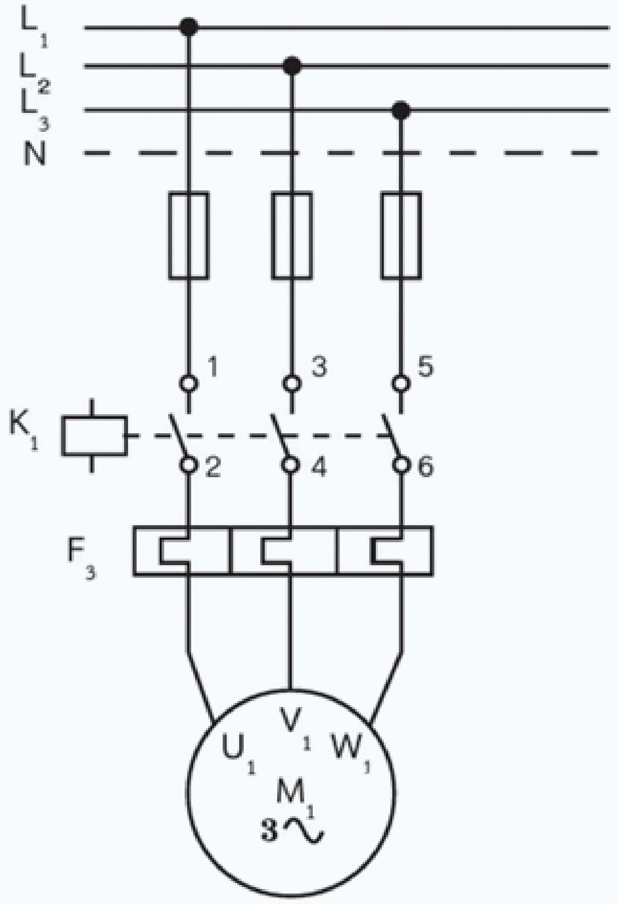
การควบคุมแบบเปิด-ปิด เหมาะสำหรับเครื่องอัดอากาศขนาดเล็ก โดยมอเตอร์ของเครื่องอัดอากาศจะถูกควบคุมการสตาร์ตด้วยสวิตช์แรงดันที่ต่ออยู่กับถังเก็บลม และสามารถแบ่งการควบคุมตามการใช้งานได้ดังนี้

1 การควบคุมแบบเปิด-ปิดสำหรับมอเตอร์หนึ่งเฟส

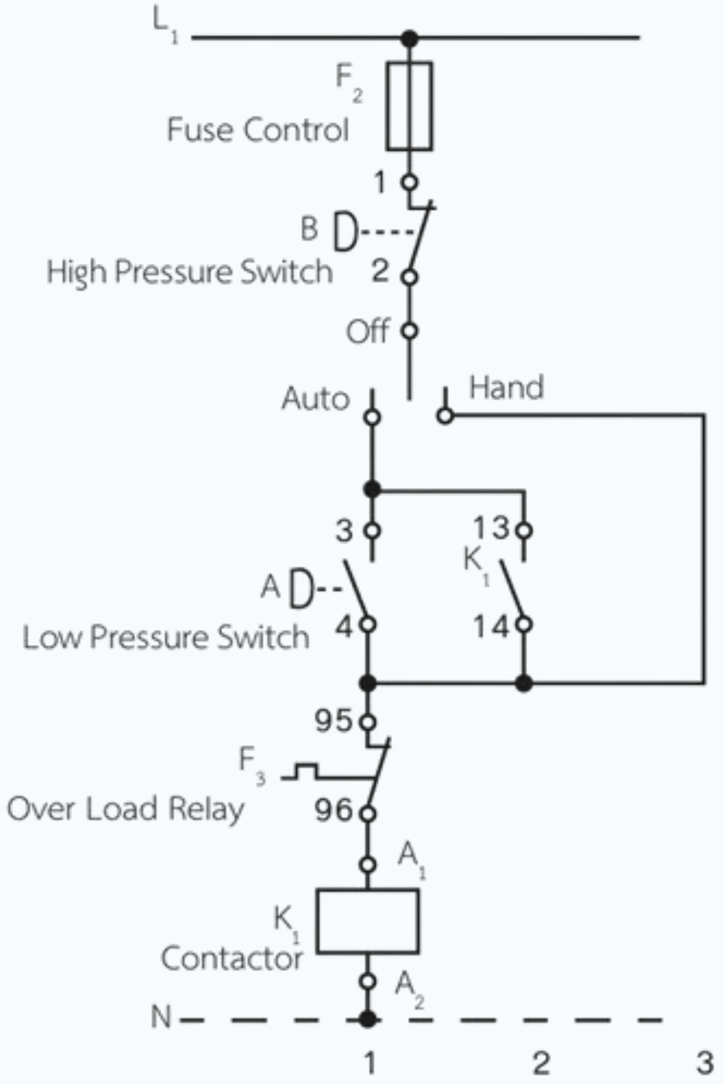


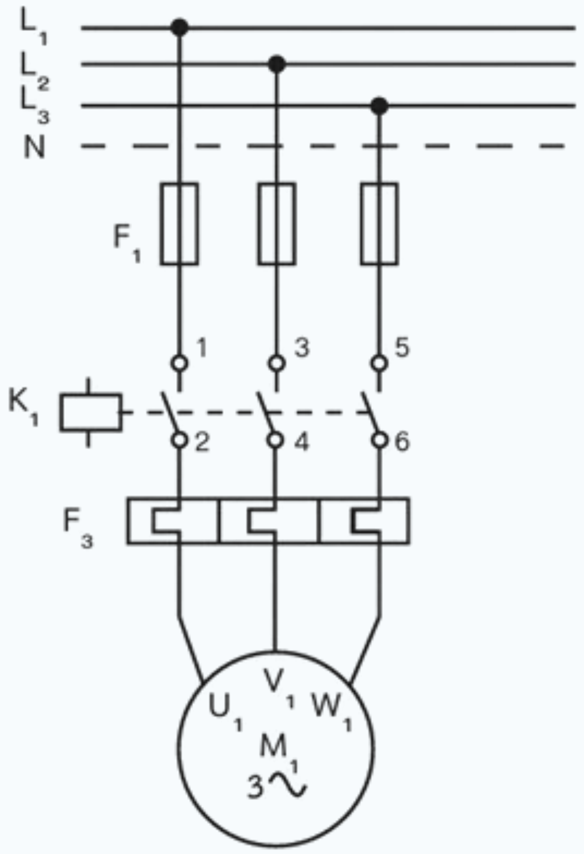
2 การควบคุมแบบเปิด-ปิด สำหรับมอเตอร์สามเฟส

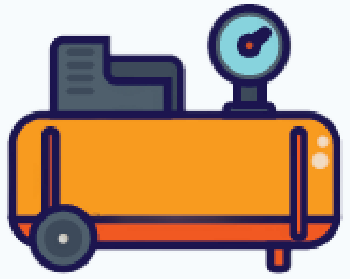




3 การควบคุมแบบเลือกการทำงานสองตำแหน่ง

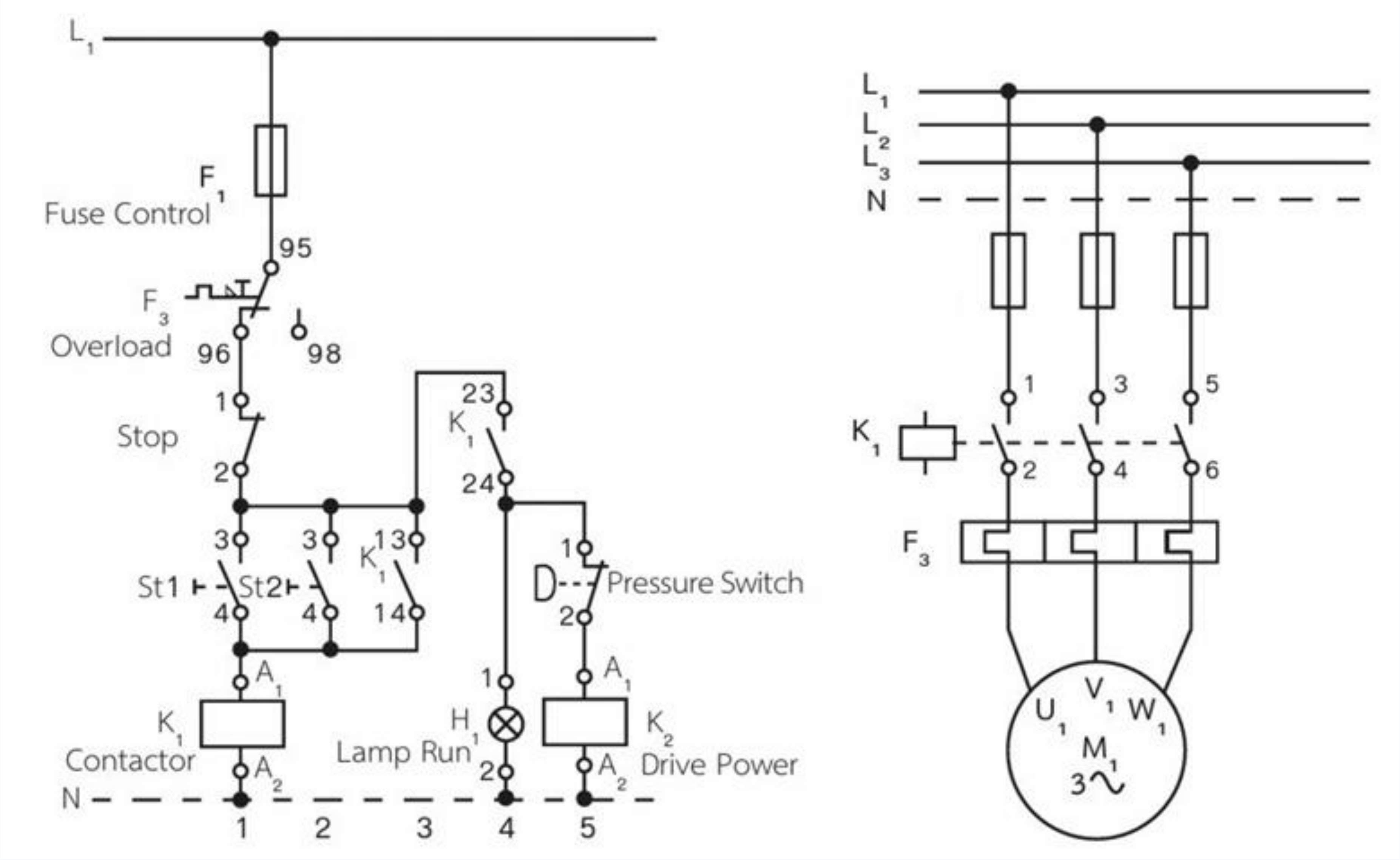




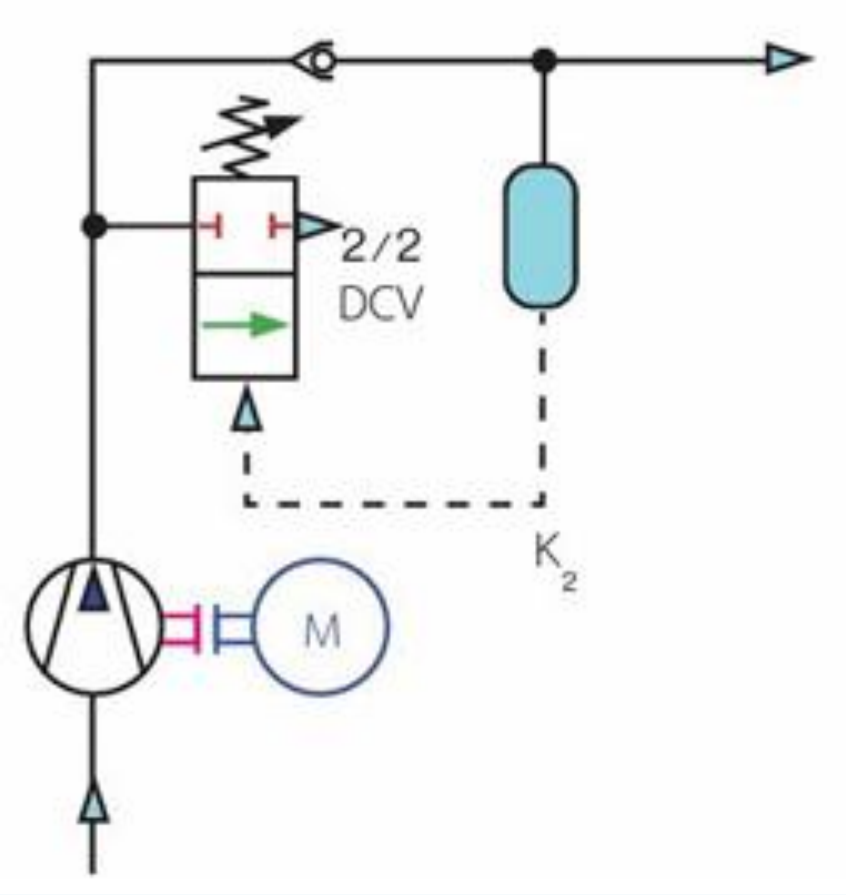


2.4.2 การควบคุมแบบระบายอากาศ (Unloading Regulation Control)

การควบคุมเครื่องอัดอากาศขนาดใหญ่ ถ้าใช้วิธีควบคุมแบบเปิด-ปิดในการควบคุมการทำงาน
จะทำให้มอเตอร์ตัดต่อการทำงานบ่อยครั้งเกินไป
เพราะช่วงที่มอเตอร์เริ่มทำงานจะใช้กระแสไฟฟ้าประมาณ 3-5 เท่าของกระแสไฟฟ้าปกติ
เมื่อเครื่องอัดอากาศมีขนาดใหญ่ก็จะทำให้ใช้กระแสไฟฟ้ามากเกินไป
ทำให้สิ้นเปลืองในส่วนของค่ากระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้า
ดังนั้น เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวจึงแก้ไขโดยให้มอเตอร์ไฟฟ้าทำงานตลอดเวลา
เมื่อความดันที่ถังเก็บลมสูงถึงค่าที่กำหนด มอเตอร์จะยังทำงานอยู่
แต่จะไม่ส่งกำลังหรือไม่ต่อวงจรให้รีเลย์ชุดขับ (Drive Power, K2) เครื่องอัดอากาศ
โดยใช้สวิตช์ความดัน (Pressure Switch) ตัดวงจรชุดขับออก
ทำให้ในช่วงนี้มอเตอร์ไม่มีโหลดและกินกระแสไฟฟ้าน้อย เพื่อปรับความดันให้ได้ค่าตามที่กำหนด
โดยในการทำงานทั่วไปจะใช้วงจรควบคุมแบบ 3 Wire Control



แสดงการควบคุมแบบระบายอากาศ



แสดงการควบคุมเครื่องอัดอากาศ
ต่อท่อลมอัดเข้าวาล์ว 2/2 D.C.V.

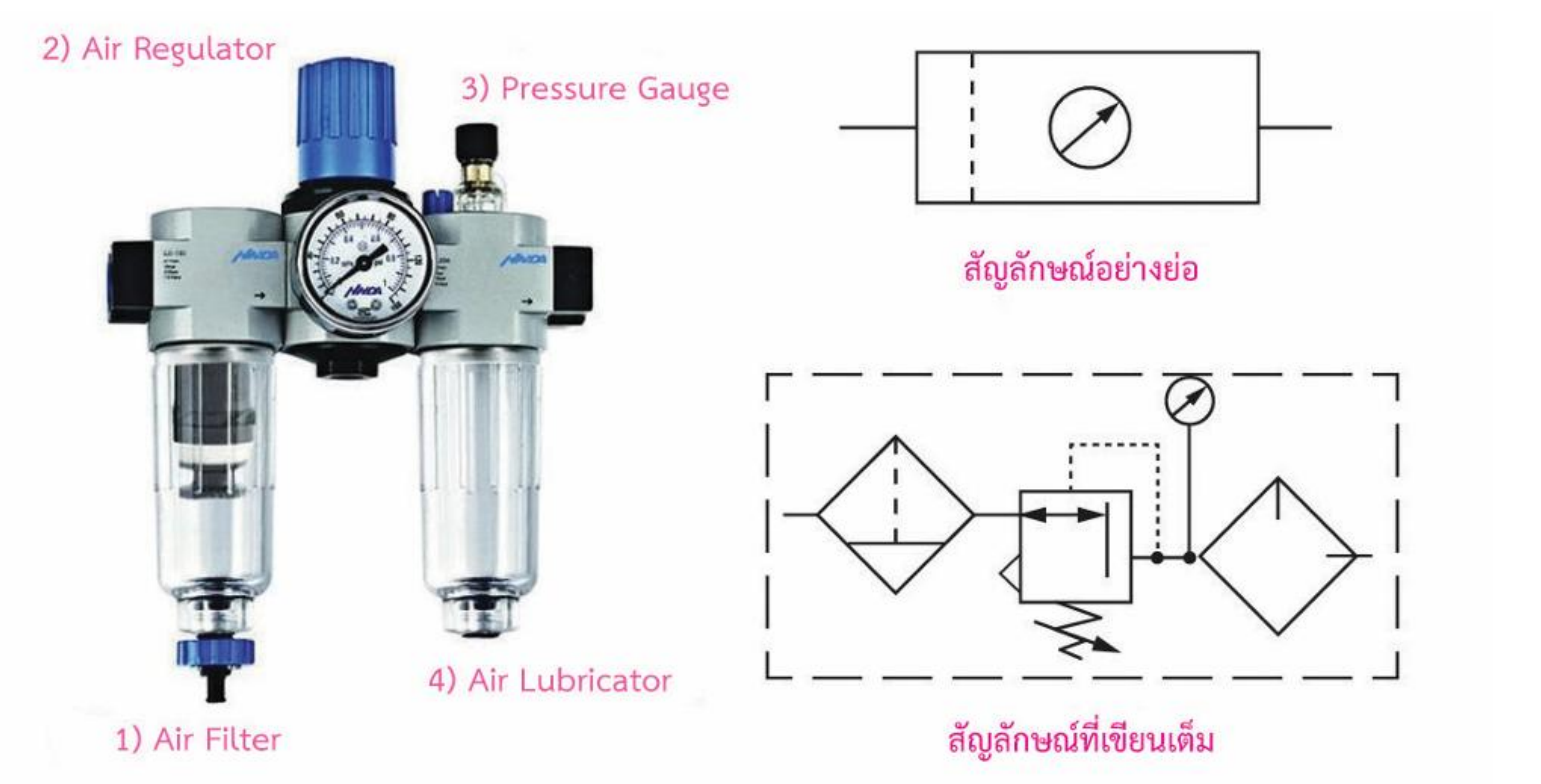
2.5 การควบคุมคุณภาพลมอัด

การทำงานในระบบนิวเมติกส์จะใช้ลมอัดเป็นตัวส่งถ่ายกำลังทั้งในระบบควบคุมและระบบกำลัง ดังนั้น ลมอัดที่ใช้จะต้องมีคุณภาพที่ดี ไม่มีไอน้ำผสมอยู่ในระบบ การทำให้ลมอัดมีคุณภาพคือการทำให้อากาศแห้ง เนื่องจากอากาศที่ถูกเพิ่มความดันจากเครื่องอัดอากาศจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น และมีไอน้ำปะปนอยู่ เมื่อระยะเวลาผ่านไปไอน้ำจะเย็นตัวลงและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำที่อุณหภูมิห้อง

วิธีทำให้อากาศแห้ง

1. การใช้สารเคมีดูดความชื้น (Chemical Absorption Drying)
2. การใช้กระบวนการทางฟิสิกส์ (Absorption Drying)
3. ระบบทำความเย็นให้อากาศแห้ง (Low Temperature Drying)

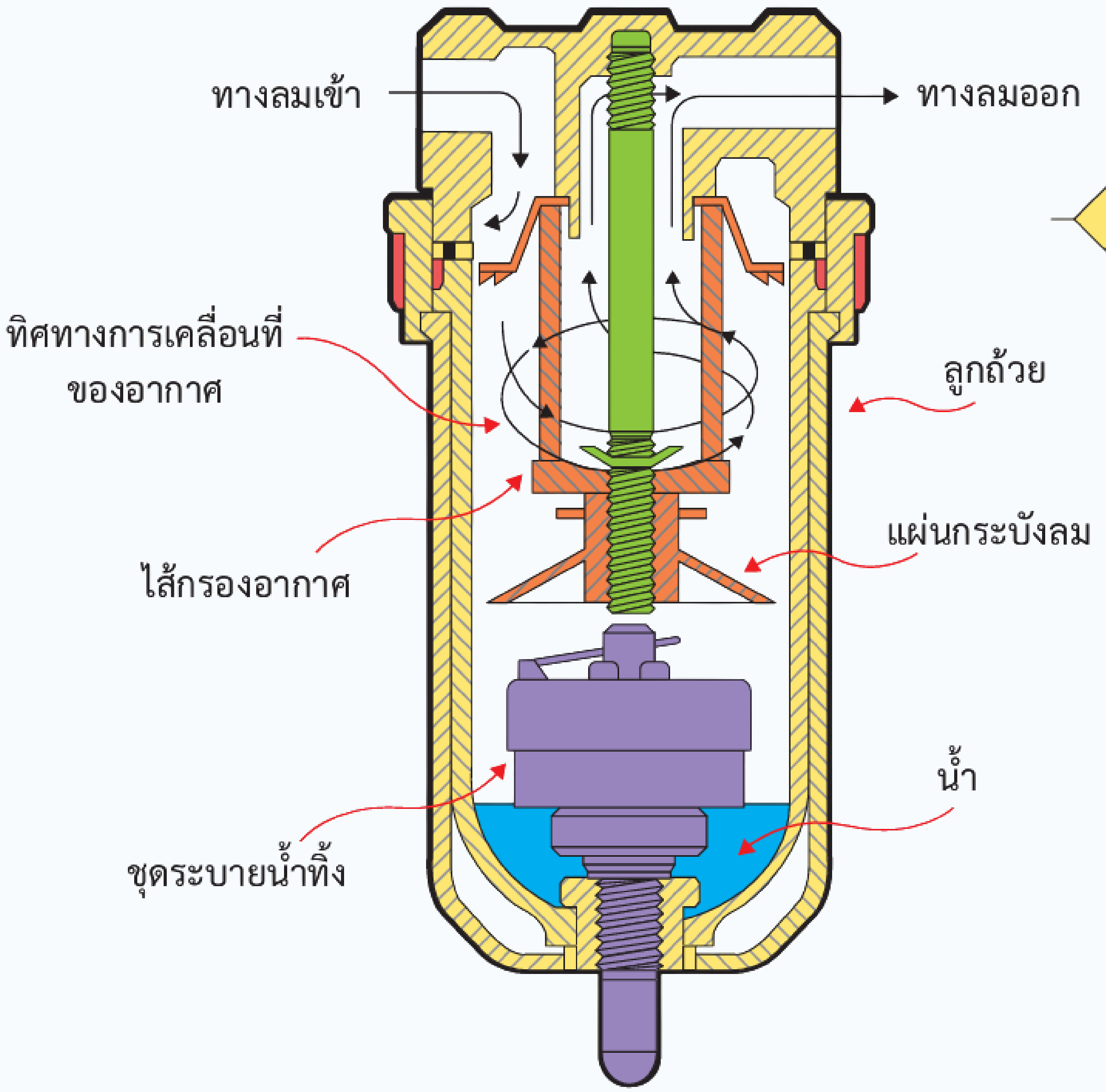
ชุดควบคุมและปรับปรุงคุณภาพลมอัด มีสัญลักษณ์และส่วนประกอบ

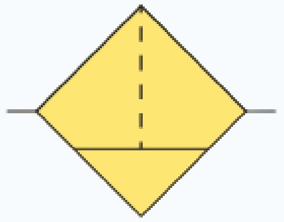


ส่วนประกอบชุดควบคุมและปรับปรุงคุณภาพลมอัด

1 ชุดกรองลมอัด (Air Filter)

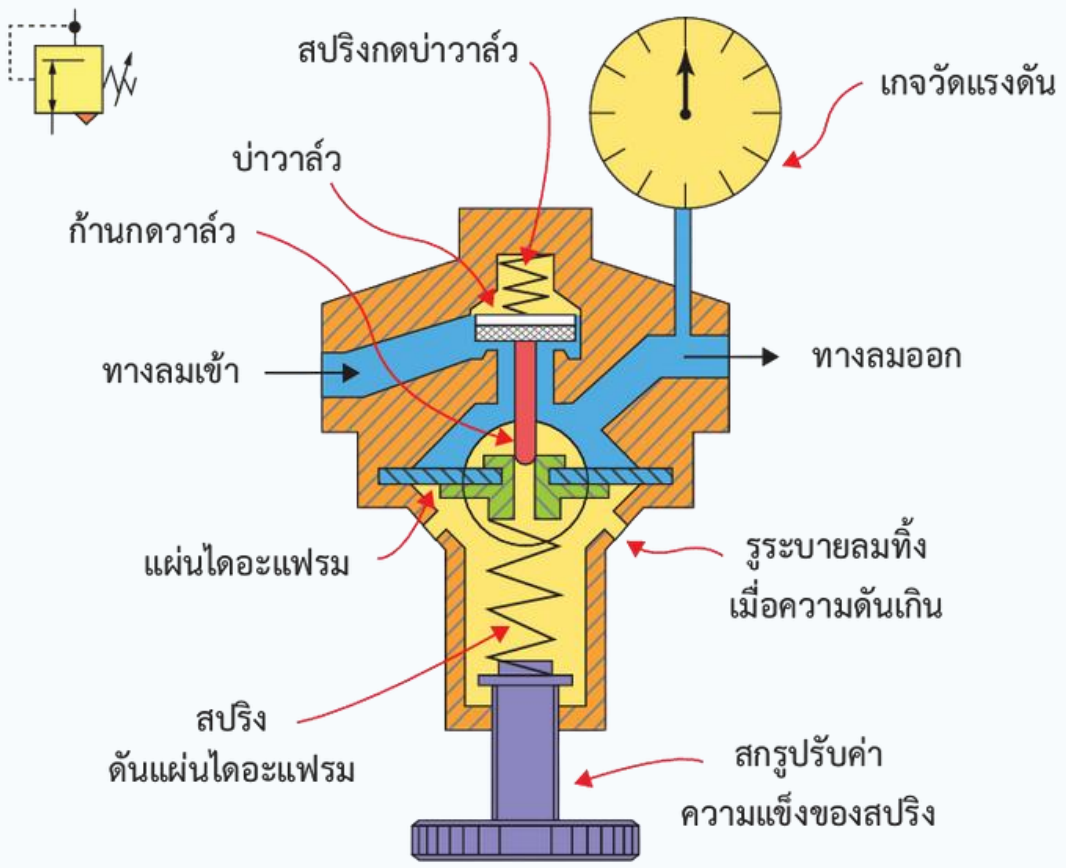
ตัวกรองจะทำหน้าที่กรองฝุ่นละอองและน้ำ ลมอัดจะผ่านเข้ามาทางท่อน้ำเข้า ลมอัดที่เข้ามานี้ จะมีความดันเท่ากับความดันที่ออกจากถังเก็บลมอัด และไหลผ่าน เกิดการหมุนเวียนของลมลงไป ในตัวกรองที่เป็นรูปกรวย ทำให้ลมอัดวิ่งหมุนวน เพื่อเหวี่ยงฝุ่นละอองและน้ำที่ปนมากับลมอัดออก และน้ำจะตกลงสู่ด้านล่างของถ้วย ส่วนฝุ่นละออง จะตกค้างอยู่ที่ไส้กรอง และปล่อยให้อากาศที่สะอาด ไหลผ่านออกไปใช้งาน



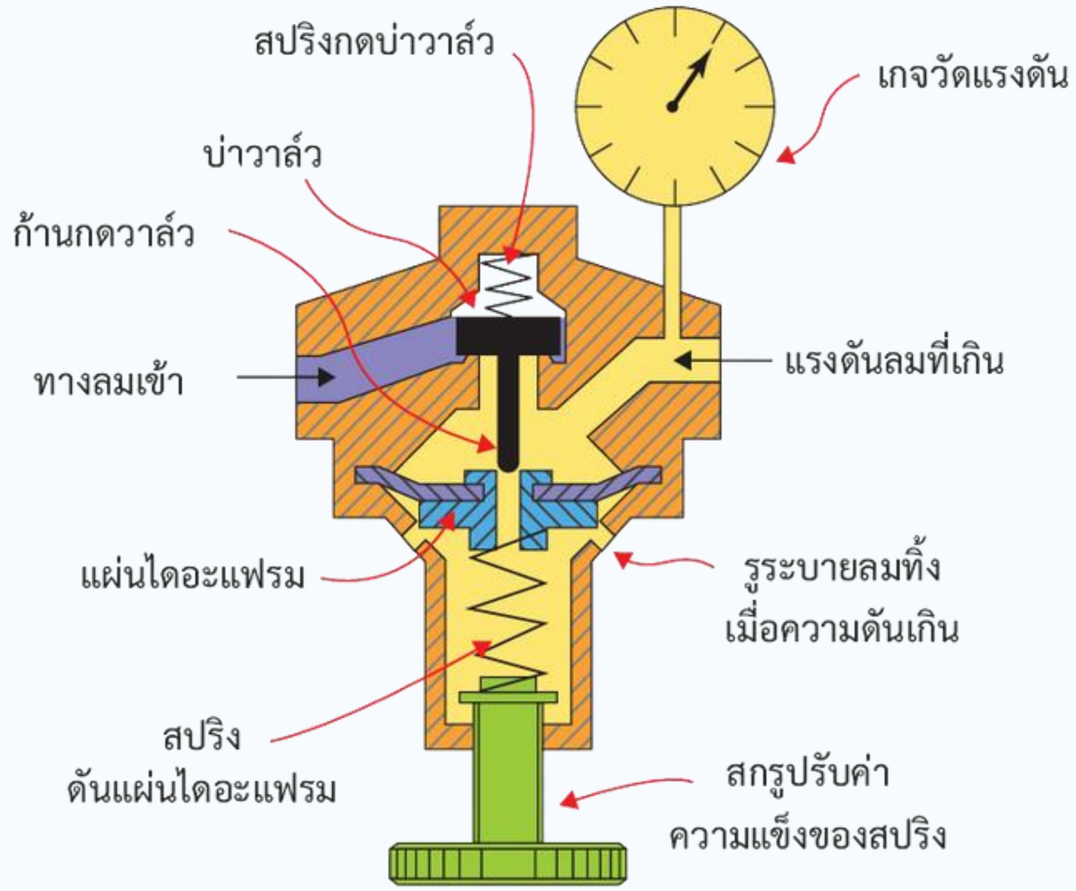


2 วาล์วควบคุมความดัน (Air Regulator)

โดยปกติเครื่องอัดลมจะป้อนลมอัดให้มีค่าความดันสูงกว่าระดับของความดันใช้งาน ทำหน้าที่ปรับให้ค่าความดันของลมมีความดันเท่ากับความดันใช้งานในระบบนิวเมติกส์ เพราะถ้าไม่ปรับความดันก่อนนำไปใช้งาน อุปกรณ์ต่างๆ อาจเกิดการชำรุดเสียหาย หรืออาจจะทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์นิวเมติกส์สั้นลง



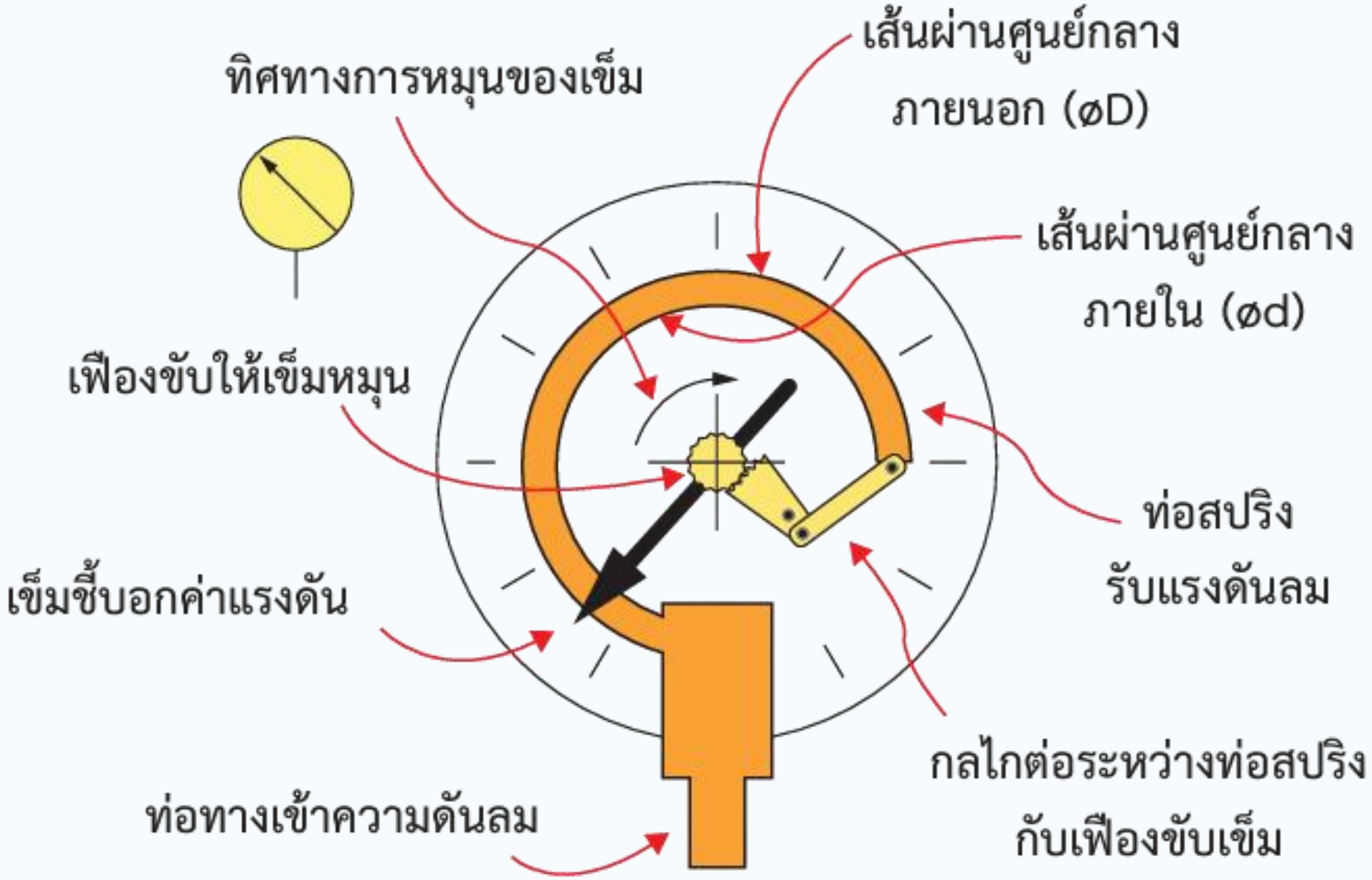
แสดงวาล์วควบคุมความดันลมให้คงที่



แสดงการทำงานเมื่อความดันในระบบเกิน

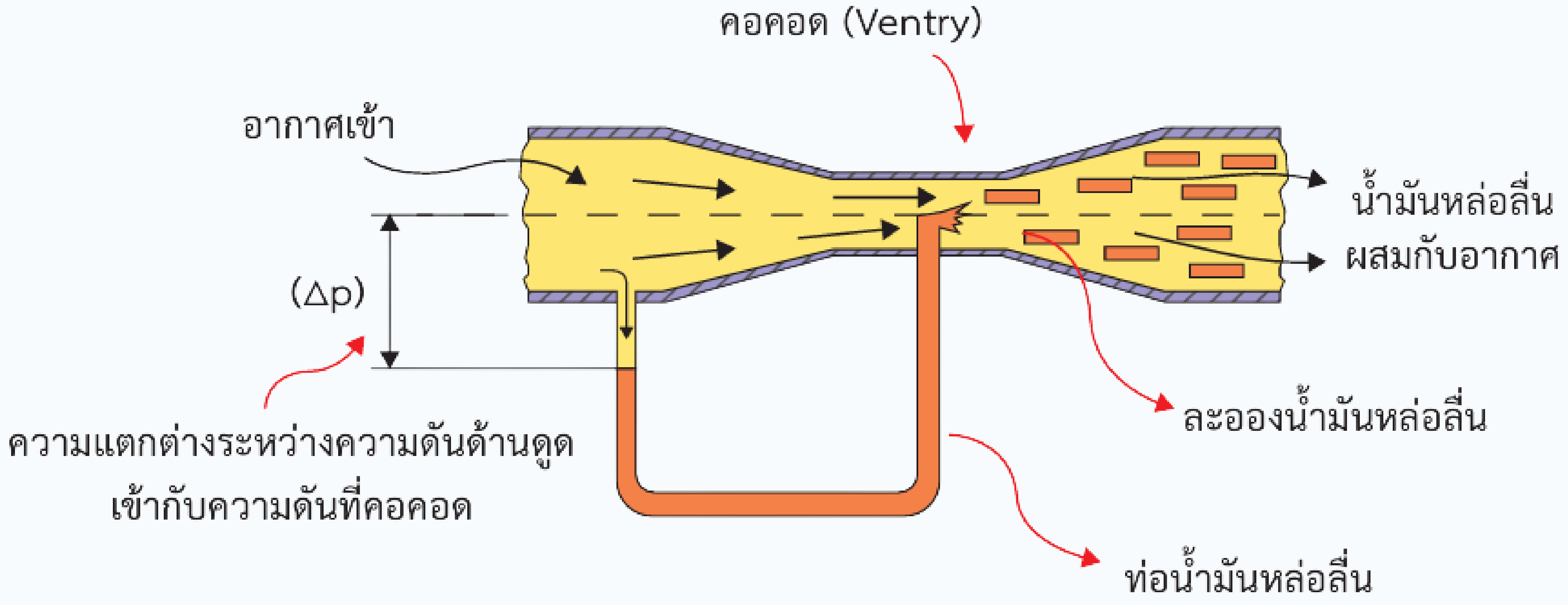
3 เกจวัดความดันลมอัด (Pressure Gauge)

ความดันลมที่ออกจากวาล์วควบคุมความดันจะถูกแสดงค่าความดันด้วยเกจวัดความดัน

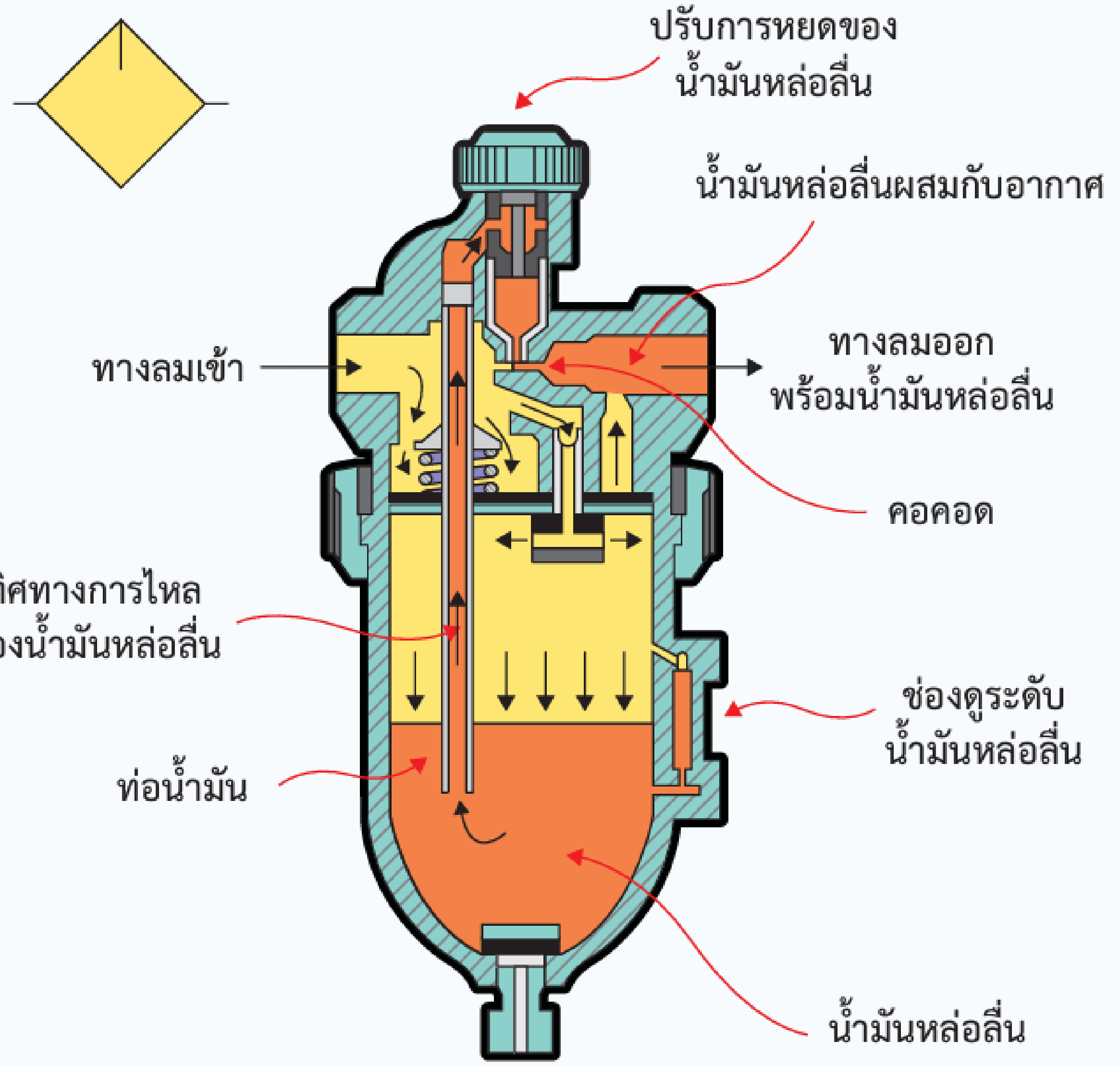


4 ชุดผสมน้ำมันหล่อลื่นลมอัด (Air Lubricator)

ชุดผสมน้ำมันหล่อลื่นกับลมอัดทำหน้าที่ช่วยหล่อลื่น ลดการสึกหรอ และลดความฝืดให้กับอุปกรณ์นิวเมติกส์ ลมอัดที่ผ่านชุดผสมน้ำมันหล่อลื่นจะพาเอาละอองน้ำมันเข้าสู่ระบบโดยอาศัยหลักการทำงานของคอคอด (Ventry)



แสดงการทำงานของคอคอด



แสดงการทำงานชุดผสมน้ำมันหล่อลื่นลมอัด

2.6 การบำรุงรักษาชุดควบคุมและปรับปรุงคุณภาพลมอัด

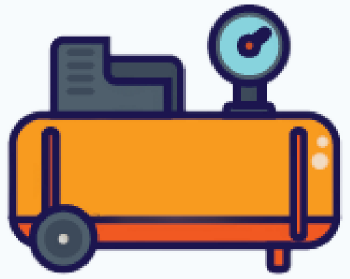
กฎที่ต้องปฏิบัติอยู่เป็นประจำในการบำรุงรักษาชุดควบคุมและปรับปรุงคุณภาพลมอัด มีดังนี้

2.6.1 ชุดกรองลมอัด

1. ตรวจระดับน้ำในกระเปาะทุก ๆ วัน ไม่ให้สูงเกินขีดที่กำหนด
2. ต้องทำความสะอาดไส้กรองอากาศสม่ำเสมอ ตามระยะเวลาที่ผู้ผลิตกำหนด
3. กระเปาะและชิ้นส่วนภายในที่เป็นพลาสติก ห้ามล้างทำความสะอาดด้วยสารที่ทำลาย

2.6.2 เกจวัดความดัน

1. อย่าตั้งความดันสูงเกินขีดที่กำหนดให้
2. ก่อนจ่ายลมผ่านเข้าในวงจร ควรคลายสกรูตัวตั้งความดันให้ต่ำสุด แล้วค่อย ๆ ปรับเพิ่มขึ้นจนถึงค่าที่ต้องการ เพื่อป้องกันการสะบัดกระแทกของเข็มวัดและชุดกลไกภายใน

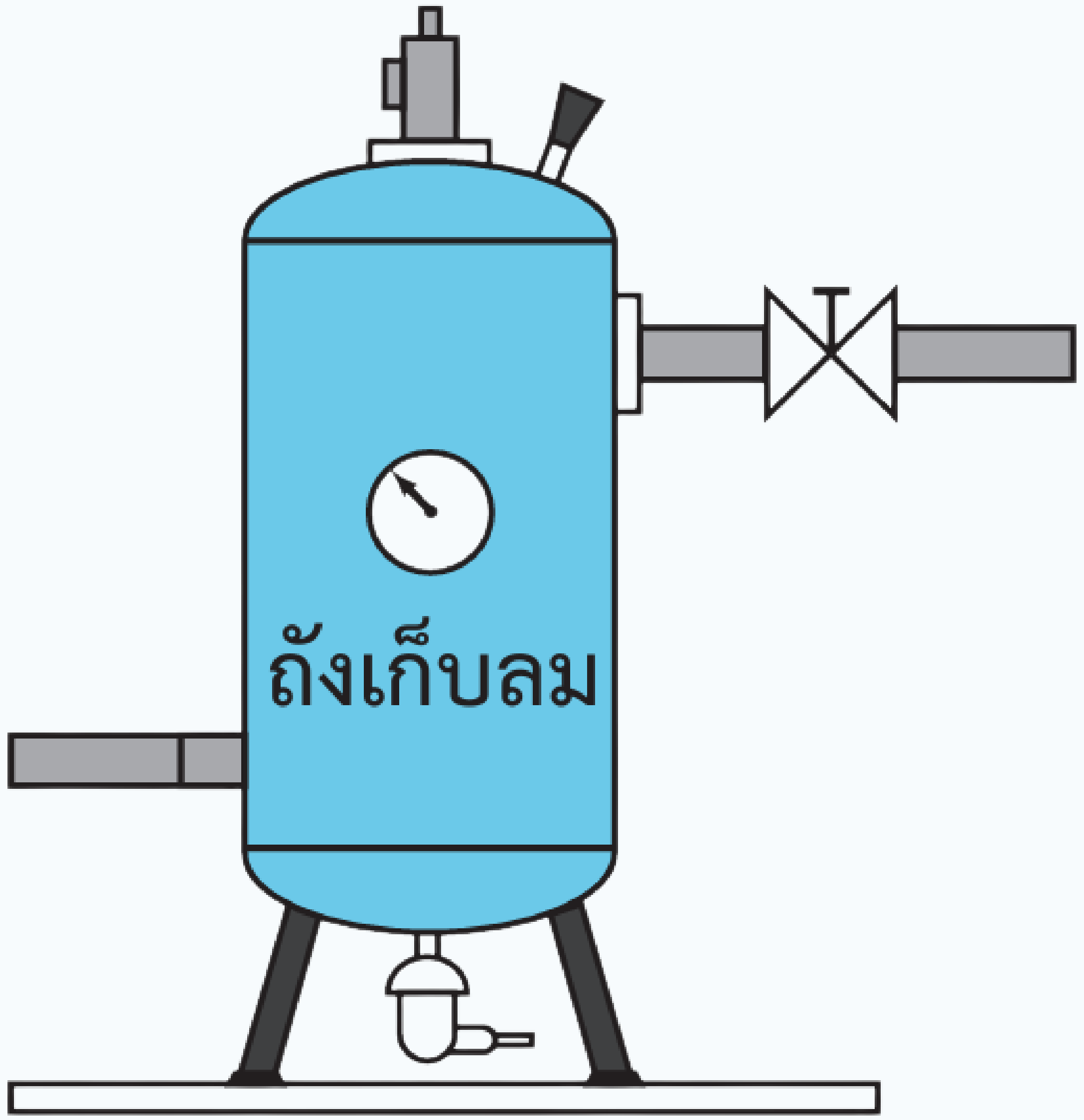


2.6.3 ชุดผสมละอองน้ำมันหล่อลื่น

1. ตรวจสอบระดับน้ำมันภายในกระเปาะเป็นประจำ และเติมให้ได้ระดับที่ต้องการเสมอ
2. น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ ควรใช้น้ำมันไฮดรอลิกส์ที่มีความหนืด เท่ากับ SAE 10 หรือเบอร์ที่ผู้ผลิตแนะนำ
3. เมื่อมีน้ำผสมเข้ากับน้ำมันหล่อลื่นภายในกระเปาะ น้ำมันจะเปลี่ยนเป็นสีขาวขุ่นหรือเทา ให้รีบล้าง และเปลี่ยนน้ำมันใหม่ทันที

2.7 ถังเก็บลมอัด

ถังเก็บลมอัด (Air Compressor Receiver)
เป็นอุปกรณ์ช่วยให้การจ่ายลมอัดสม่ำเสมอ
นอกจากนี้ยังช่วยให้มีปริมาณลมเพียงพอ
สำหรับจ่ายไปสู่สายงานของวงจร
ในถังเก็บลมอัดยังมีไอน้ำที่มากับลมอัด
บางส่วนจะถูกกลั่นตัวเป็นหยดน้ำอยู่ภายในถังเก็บลมอัด
ในถังเก็บลมอัดจำเป็นต้องมีวาล์วควบคุมความปลอดภัย
(Safety Valve) เพื่อระบายความดันที่เกินออกสู่บรรยากาศได้
วาล์วระบายน้ำที่กลั่นตัว
และเกจวัดความดันจำเป็นต้องติดตั้งที่ถังเก็บลมอัดด้วย



2.8 การติดตั้งท่อส่งลม

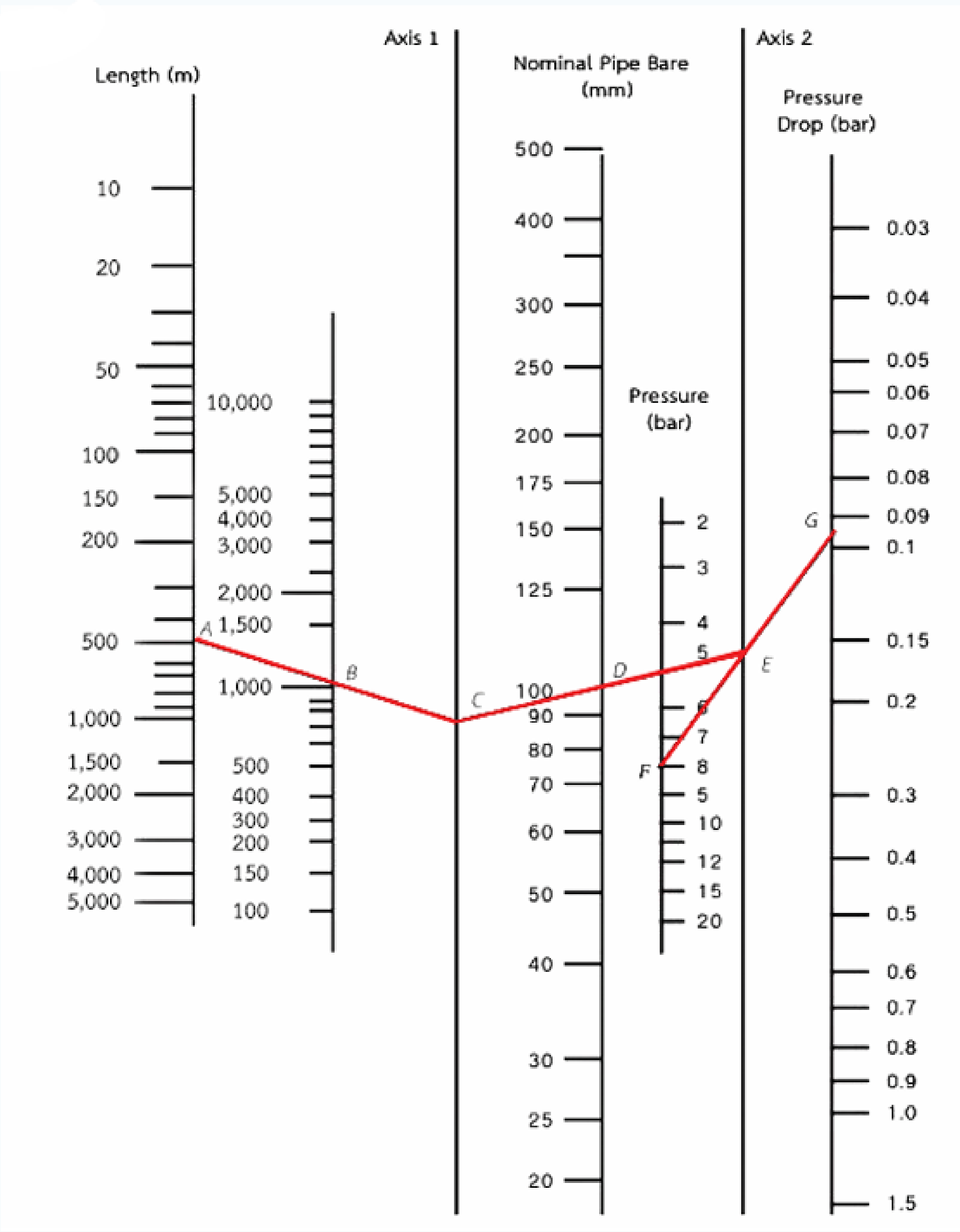
วัสดุทำท่อลม (Pipeline) ควรทำด้วยวัสดุที่แข็งแรงทนทาน เพื่อให้อายุการใช้งานยาวนาน การต่อท่อโดยการเชื่อมท่อเป็นวิธีที่ประหยัดและแน่นที่สุด แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือการกัดกร่อน และสะเก็ดของเหล็กภายในท่อหลังจากการเชื่อม วัสดุที่ดีที่สุดคือ ท่อแบบไม่มีตะเข็บทำจากเหล็กดึงขึ้นรูป หรือสเตนเลสไร้ตะเข็บ รอยต่อสามารถทำได้ด้วยปลอกแหวนสวมอัด หรือใช้ชุดข้อต่อเฟอร์รูล

การติดตั้งท่อส่งลม (Installation of Pipeline)

จะต้องพิจารณาองค์ประกอบต่อไปนี้ร่วมด้วย

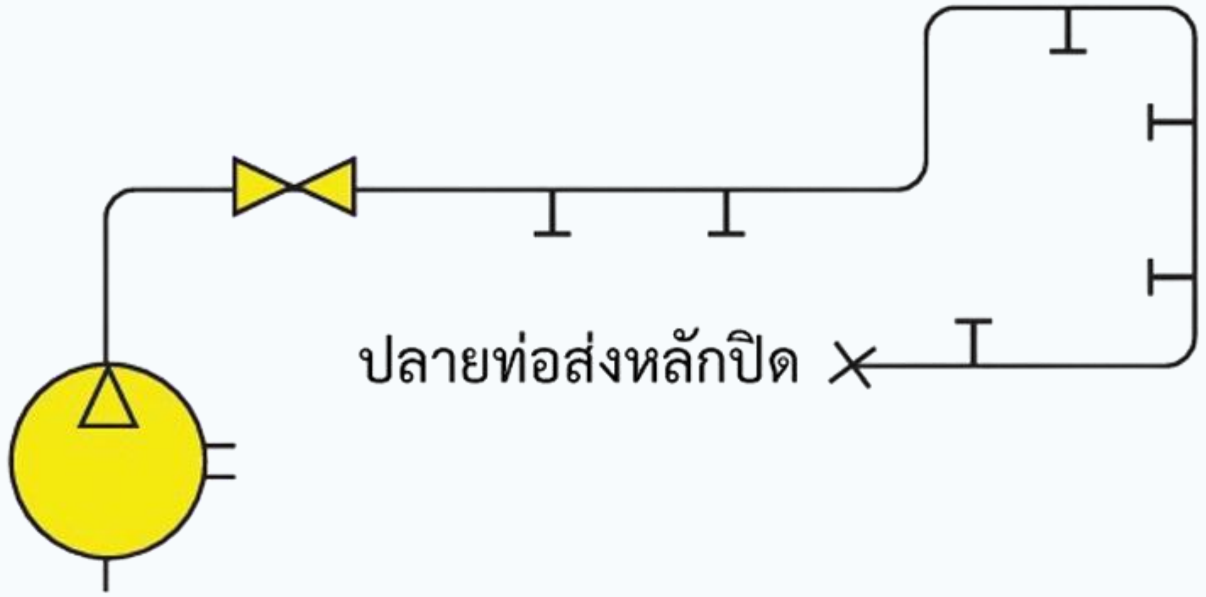
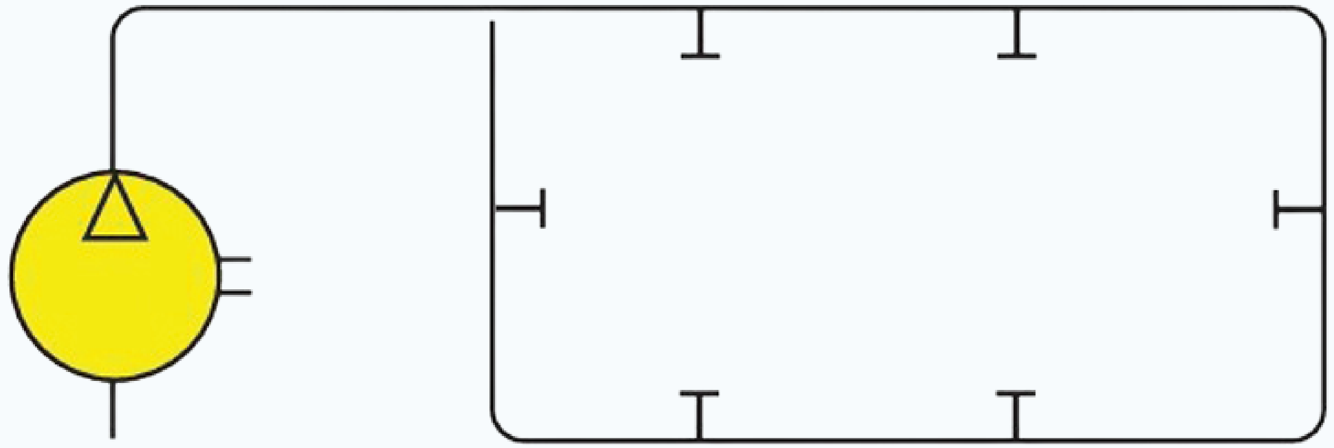
1. การเลือกขนาดท่อส่งลม การเลือกขนาดของท่อส่งลม จะใช้เส้นกราฟเทียบเพื่อเลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อส่งลม ดังรูป

2. ค่าความดันตกคร่อม นอกจากการเลือกขนาดของท่อส่งลมแล้ว จะต้องพิจารณาถึงปริมาณการใช้ลมในวงจร เมื่อมีอัตราการใช้ภายในระบบเต็มที่แล้ว ไม่ควรเกิน 5% ของความดันใช้งาน



การวางท่อส่งลมอัด ที่นิยมใช้มี 2 วิธี ดังนี้

1 แบบปิดปลายท่อส่ง โดยปิดท่อส่งหลักด้านหนึ่ง และเดินท่อแยกออกจากท่อส่งหลักเป็นจุด ๆ ที่ปลายท่อจะมีความดันตกคร่อมสูง



2 แบบวงแหวน ท่อส่งหลักและท่อแยกจะเดินมาบรรจบกันเป็นวงแหวน ลมอัดสามารถไหลวนถึงกันได้ตลอดทั้งสองปลาย เพื่อลดความดันตกคร่อมและทำให้ความดันเฉลี่ยในท่อมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด