แนวทางการประหยัดพลังงานในระบบนิวเมติคส์สำหรับงานออกแบบเครื่องจักรกล

A Guideline of Energy Saving in Pneumatic Systems Intended For Machine Design Applications

เอกพจน์ ตันตราภิวัฒน์
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแนวทางการประหยัดพลังงานแก่ผู้ออกแบบเครื่องจักรกลที่มีองค์ประกอบบางส่วนหรือทั้งหมดทำงานด้วยระบบนิวเมติคส์ เครื่องจักรกลเหล่านี้ใช้ระบบขับเคลื่อนจากอากาศอัดซึ่งบางครั้งยังมีความเข้าใจผิดๆว่าเป็นพลังงานที่ได้มาฟรี ทำให้การประหยัดพลังงานในรูปแบบนี้บ่อยครั้งจะถูกละเลย ในแง่ของการออกแบบเครื่องจักรกลลักษณะดังกล่าว จำเป็นต้องมีความเข้าใจพื้นฐาน และความสำคัญของการประหยัดปริมาณอากาศอัด ในที่นี้ได้แสดงตัวแปรสำคัญที่จะช่วยลดการใช้พลังงานได้แก่ การพิจารณาคุณลักษณะของระบบ และภาระ การเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสม การลดการรวมศูนย์ของวาล์วควบคุมและแหล่งจ่าย และการป้องกันการรั่วซึม หากสามารถออกแบบเครื่องจักรนิวเมติคส์อย่างระมัดระวังตามตัวแปรดังกล่าวนี้ก็อาจจะลดการใช้พลังงานลงได้สูงสุดถึง 30 % นอกจากนี้ยังได้นำเสนอเทคนิคพิเศษหลายแบบที่สามารถนำไปประยุกต์เพื่อลดการใช้พลังงานลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้หากวิศวกรผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้วิธีการเหล่านี้อย่างเหมาะสมโดยพิจารณาตามเนื้อหาที่ได้นำเสนอไว้ในที่นี้ก็จะนำไปสู่การสร้างเครื่องจักรกลที่เป็นมิตรต่อโลก และอนุรักษ์พลังงานให้แก่คนรุ่นหลังได้มากขึ้น

คำสำคัญ : นิวเมติคส์, การประหยัดพลังงาน, การออกแบบเครื่องจักรกล

Abstract

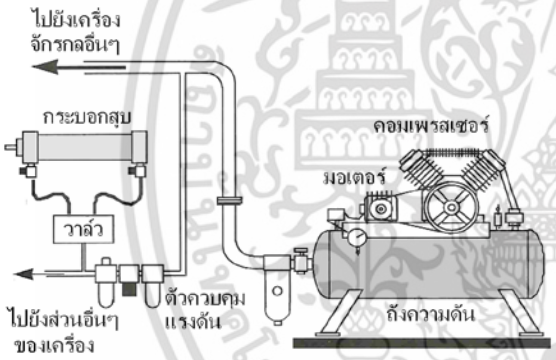
This article presents a guideline for those who consider saving energy consumption in their design on machines that involve using pneumatic system. Compressed air is often mistaken as a free energy and therefore it has been used unproductively in many practices. With regard to mechanical design applications, the deliberation of energy conservation was pointed out and discussed. It led to a review of several key factors which significantly affect and improve machine efficiency. These include essential consideration on system-load characteristics, component selection, decentralization, and leakage prevention. A cautious design based on these concerns may result up to 30% of energy saving. In addition, a few special techniques that effectively reduce the compressed air consumption were introduced. With a suitable method and design consideration, engineer will be able to produce machines that are friendlier to the earth and prolong energy resources for our next generations.

Keywords : Pneumatic System, Energy Saving, Machine Design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

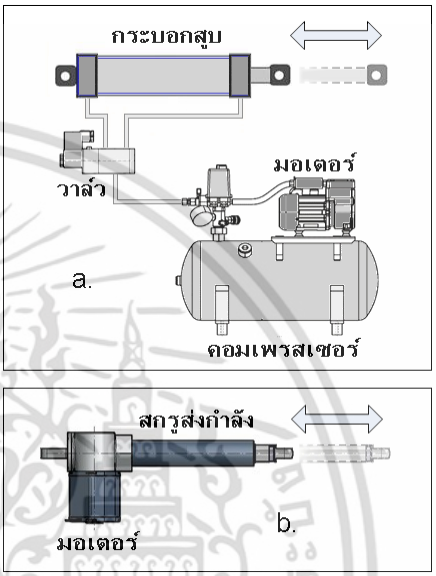
1. ที่มา และความสำคัญ

ในงานออกแบบเครื่องจักรกล บ่อยครั้งที่มีการเลือกใช้ระบบนิวเมติคส์(Pneumatic) เข้าไปเป็นส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของการทำงาน ซึ่งแน่นอนว่าอุปกรณ์เหล่านี้ต้องการพลังงานในการขับเคลื่อนให้เกิดการทำงานเชิงกลตามแต่ที่ผู้ออกแบบได้กำหนดไว้ บางครั้งยังมีความเข้าใจผิดๆเกี่ยวกับต้นกำลัง และพลังงานที่ใช้ในระบบนิวเมติคส์ ในความเป็นจริงแล้วแหล่งพลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องจักรกลนิวเมติคส์เหล่านี้ก็เป็นแหล่งพลังงานเดียวกับที่ใช้อยู่ในภาคครัวเรือน และภาคอุตสาหกรรมอื่นๆ ซึ่งนับวันก็จะมีจำนวนร่อยหลอ และมีความจำเป็นต้องใช้ให้คุ้มค่า และเกิดประโยชน์สูงสุด บทความนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะเพิ่มความเข้าใจ และเป็นแนวทางให้สามารถลดการใช้พลังงานในเครื่องจักรกลที่ออกแบบได้มากที่สุด



รูปที่ 1 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบนิวเมติคส์

โดยภาพรวมแล้วระบบนิวเมติคส์คือระบบที่มีการจัดเก็บพลังงานในรูปแบบของแรงดันก๊าซแล้วนำไปใช้เป็นตัวกลางในการขับเคลื่อนหรือผลักดันอุปกรณ์ต่างๆ ด้วยตัวขับเคลื่อน (Actuators) ซึ่งปกติจะใช้วาล์ว เป็นอุปกรณ์ควบคุมรูปแบบการขับเคลื่อนตามแต่ลักษณะการทำงานของเครื่องจักร โดยส่วนใหญ่แล้วก๊าซที่ใช้เป็นอากาศ ซึ่งมักจะผ่านการปรับปรุงให้มีความสะอาด และควบคุมความชื้นเมื่อเข้าสู่ระบบ รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างหลักของระบบนิวเมติคส์ซึ่งจะเห็นได้ว่าแท้ที่จริงแล้วต้นกำลังตัวจริงคือมอเตอร์ไฟฟ้า หรืออาจจะเป็นเครื่องยนต์ในงานบางลักษณะ โดยมอเตอร์จะขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์เพื่อผลักดันอากาศเข้าไปเก็บในถังความดันจนมีความดันสูงโดยทั่วไปอยู่ที่ 5-7 bars แล้วส่งผ่านไปใช้ในการขับเคลื่อนกระบอกลม (Pneumatic Cylinders) หรือมอเตอร์ลม (Pneumatic Motors) ต่อไป ดังนั้นการพิจารณาการประหยัดพลังงานของระบบนิวเมติคส์จึงต้องพิจารณาตั้งแต่กระบวนการอัดอากาศไปจนถึงการสร้างงานของอุปกรณ์ขับเคลื่อนที่ปลายทางทั้งหมด



รูปที่ 2 ระบบนิวเมติคส์ เทียบกับระบบขับเคลื่อนอื่นๆ

2. ใช้หรือไม่ใช้ระบบนิวเมติคส์

ในการที่จะออกแบบระบบหรือเครื่องจักรกลใดๆที่จะใช้ระบบนิวเมติคส์ให้ได้ประสิทธิภาพสิ่งแรกที่ผู้ออกแบบต้องพิจารณาก่อนก็คือควรหรือไม่ควรใช้ระบบนิวเมติคส์ในงานนั้นๆ เพราะหากพิจารณาให้รอบคอบแล้วจะพบว่านิวเมติคส์เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพไม่สูง และมีความสุ่มเสี่ยงกับการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมเป็นอย่างมาก [1] หากพิจารณาระบบนิวเมติคส์อย่างง่ายสำหรับสร้างการขับเคลื่อนเชิงเส้นด้วยกระบอกสูบดังในรูปที่ 2a จะเห็นได้ว่าระบบดังกล่าวสามารถทดแทนได้โดยอุปกรณ์ประเภทอื่นๆได้เช่น ชุดขับเคลื่อนเชิงเส้นแบบสำเร็จรูป (Linear Actuator) ที่ใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนสกรูส่งกำลัง (Lead Screw) ดังในรูปที่ 2b. อย่างไรก็ดีผู้ออกแบบยังต้องคำนึงถึงคุณลักษณะเฉพาะอื่นๆของอุปกรณ์ส่งกำลังนั้นๆ เช่น ความเร็ว ภาระที่รับได้ ความสามารถในการล๊อค หรือคงตำแหน่ง ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากคุณลักษณะของการขับเคลื่อนแล้วการพิจารณาเลือกใช้ระบบนิวเมติกส์ควรพิจารณาจากข้อได้เปรียบหลักจากระบบดังกล่าวอันได้แก่

2.1 การใช้ต้นกำลังร่วมกัน(จากคอมเพรสเซอร์)ของอุปกรณ์ขับเคลื่อน (Actuators) โดยเฉพาะเมื่อตัวขับเคลื่อนอยู่กระจัดกระจายตามส่วนต่างๆของเครื่องจักรกลซึ่งเป็นการยากต่อการส่งกำลังแบบอื่นๆ นอกจากนี้ยังรวมไปถึงการใช้ต้นกำลังร่วมกันระหว่างเครื่องจักรหลายๆเครื่องในระบบโรงงาน และสายการผลิตด้วย

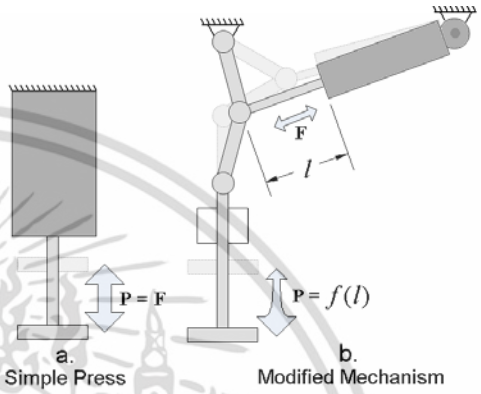
2.2 ความสามารถในการปรับแต่งแรงขับ และความเร็วของอุปกรณ์ขับเคลื่อนแต่ละตัวได้อย่างสะดวกและอิสระจากกัน โดยใช้ตัวควบคุมแรงดัน และวาล์วควบคุมการไหล

2.3 ความง่าย และสะดวกในการควบคุมการทำงานโดยเฉพาะการทำงานที่เป็นลำดับ (sequential control) ซึ่งปกติจะเป็นการควบคุมแบบปิดเปิดของโซลินอยด์วาล์ว

ผู้ออกแบบเครื่องจักรกลควรคำนึงถึงคุณลักษณะเหล่านี้ก่อนการตัดสินใจเลือกใช้ระบบนิวเมติกส์ ยกตัวอย่างเช่นหากต้องการออกแบบเครื่องกดอัด แบบใช้แรงงานคนเป็นผู้ป้อนงานซึ่งมีตัวขับเคลื่อนหลักเคลื่อนที่เชิงเส้นเพียงตัวเดียว การเลือกใช้ระบบนิวเมติคส์กับเครื่องจักรดังกล่าวก็อาจจะดูไม่เหมาะสม หากเปรียบเทียบกับทางเลือกอื่นๆ เช่นมอเตอร์ขับเคลื่อนล้อช่วยแรง และลูกเบี้ยว หรือมอเตอร์ขับสกรูส่งกำลังโดยตรง อย่างไรก็ดีหากต้องมีเครื่องกดอัดดังกล่าวหลายๆตัวในสายการผลิตโดยแต่ละตัวใช้ต้นกำลังร่วมกัน หรือจำเป็นต้องปรับตั้งแรงกด ความเร็วในการกดบ่อยครั้ง กรณีนี้ระบบนิวเมติคส์ก็ดูเหมือนจะเป็นทางเลือกที่ดีที่จะนำมาใช้งาน

3. พิจารณาลักษณะของภาระ และการส่งกำลังที่แท้จริง

ในแง่ของภาระ และการทำงานของเครื่องจักรกลแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันออกไป ซึ่งผู้ออกแบบควรเข้าใจภาระที่แท้จริงที่เครื่องจักรต้องกระทำ ยกตัวอย่างเช่นเครื่องอัดฝาจุกเข้ากับภาชนะที่ต้องการแรงกดที่ 100 kg หากใช้แรงดันทำงานที่ 6 bar จำเป็นต้องใช้กระบอกสูบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 mm ซึ่งโดยทั่วไปเครื่องกดอัดลักษณะดังกล่าวจำเป็นต้องมีระยะกดอัด และระยะยืดที่เผื่อไว้ให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถป้อนชิ้นงานได้สะดวก ทั้งนี้ระยะยืดเปล่าที่ไม่มีภาระอาจจะเป็น 70 % ของระยะยืดทั้งหมดทำให้ภาระงานจริงที่กระบอกต้องออกแรงมีเพียง 30% สุดท้ายก่อนยืดจนถึงปลายสุด



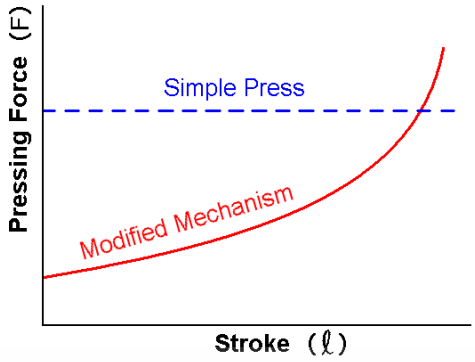
รูปที่ 3 ประยุกต์กลไกขับให้เหมาะสมกับลักษณะภาระ

หากพิจารณาภาระการทำงานของเครื่องบีบอัดข้างต้นแล้วภาระที่เกิดขึ้นจะเพิ่มพูนตามระยะกดซึ่งเกิดจากการเสียรูปทรงของจุกฝาภาชนะซึ่งมักจะเป็นฟังก์ชั่นเลขชี้กำลัง(Exponential)ที่แปรผันกับระยะกด ดังนั้นหากทำการปรับปรุงเครื่องกดอัดดังกล่าวโดยการเพิ่มกลไกพื้นฐานที่สามารถเปลี่ยนลักษณะแรงกดสัมพันธ์กันกับลักษณะภาระที่แท้จริงของการทำงานดังแสดงในรูปที่ 3 จะทำให้สามารถลดปริมาตรของกระบอกสูบ และปริมาณการใช้พลังงานลงได้มาก จากรูปแรงกด P จะถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นฟังก์ชั่นของระยะยืด l :

$$P = f(l) = \frac{F}{\sin\left(\theta - \cos^{-1}\left(a + bl\right)\right)}$$

เมื่อตัวแปร θ, a, และ b เป็นค่าคงที่จากขนาดและตำแหน่งชิ้นส่วนกลไก ในขณะที่ F และ l เป็นแรง และระยะยืดของกระบอกสูบตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงของแรงกด P ต่อระยะยืดนี้ถูกเปรียบเทียบกับแบบแรงกดคงที่ในระบบกดที่ใช้กระบอกสูบอย่างง่าย ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4 อย่างไรก็ดีการออกแบบกลไกลักษณะนี้มีความซับซ้อนพอสมควร และต้องคำนึงถึงตัวแปรอื่นๆเช่นความเร็ว และช่วงชัก ซึ่งจะยังไม่นำเสนอในที่นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 เปรียบเทียบแรงลัพธ์ของการขับเคลื่อนแบบธรรมดา และกลไกที่ประยุกต์เพิ่มเติม

การประยุกต์ หรือนำกลไกดังตัวอย่างข้างต้นมาใช้ในการออกแบบการส่งถ่ายกำลังจะช่วยทำให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลดการใช้พลังงานลงได้อย่างมาก ลักษณะดังกล่าวนี้พบได้เพิ่มมากขึ้นในเครื่องจักรรุ่นใหม่ๆในท้องตลาด เช่น เครื่องพันซ์ สำหรับขึ้นรูปโลหะที่ต้องใช้กำลังงานมากๆ จะใช้การควบคุมข้อเหวี่ยงให้แกว่งในช่วงจำกัดเฉพาะระยะเท่าที่จำเป็นในการใช้งาน ทั้งนี้ผู้ออกแบบจำเป็นต้องเข้าใจลักษณะภาระ และการทำงานของเครื่องจักรที่ถูกต้องเช่นเดียวกับการเลือกใช้อุปกรณ์ให้ตรงชนิด และขนาดของการทำงาน

4. ใช้อุปกรณ์ที่มีขนาดถูกต้อง และเหมาะสม

การเลือกใช้อุปกรณ์ในระบบนิวเมติคส์โดยทั่วไปพบว่าส่วนใหญ่มักจะมีขนาดเกินความจำเป็น ถึงแม้การออกแบบที่มีการเผื่อขนาดไว้จะเป็นเรื่องปกติ หากแต่ว่าผู้ออกแบบควรคำนึงถึงการสูญเสียพลังงานขับเคลื่อนที่เกินความจำเป็นจากขนาดของกระบองสูบ วาล์ว ท่อลม ที่เพิ่มขึ้นมา ซึ่งหากมีการคำนวณ และเลือกใช้งานที่เหมาะสมจะสามารถลดการใช้พลังงานส่วนเกินลงได้มากถึง 15% โดยไม่ส่งผลต่อการทำงานของเครื่องจักรกล[1,2]

นอกเหนือจากเรื่องของขนาด ผู้ออกแบบควรเลือกชนิดของการใช้งานอุปกรณ์ขับเคลื่อนให้เหมาะสมด้วย เช่น ลักษณะภาระของเครื่องกดอัดที่นำเสนอไปก่อนหน้านี้ต้องการกำลังหลักในการยืดตัวของกระบอกสูบเท่านั้น ส่วนการหดกลับจะมีภาระน้อยมาก การเลือกใช้กระบอกสูบแบบไปด้านเดียว (Single-Acting Cylinder) ที่ใช้แรงสปริงดันก้านสูบกลับคืนจะช่วยให้สามารถลดการใช้พลังงานได้กว่า 30% [1,2]

ปัจจุบันผู้ผลิตอุปกรณ์นิวเมติคส์ให้ความสำคัญกับการประหยัดพลังงานมาก ทำให้มีการผลิตอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กกะทัดรัดเช่นวาล์วควบคุม และกระบอกสูบ ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยลดขนาดท่อทางที่ไม่จำเป็นลงทำให้ลดปริมาณอากาศอัด และพลังงานที่ใช้ขับเคลื่อน ซึ่งลักษณะคล้ายกันนี้ยังสอดคล้องกับการพัฒนาอุปกรณ์นิวเมติคส์ที่ลดการรวมศูนย์ของระบบจ่ายลมอีกด้วย

รูปที่ 5 อุปกรณ์ที่ออกแบบมมาเพื่อลดการใช้อากาศอัด

5. หลีกเลี่ยงการรวมศูนย์ของวาล์วควบคุม และแหล่งจ่ายอากาศ (Decentralization)

การรวมศูนย์ของวาล์วควบคุมเช่นการใช้เมนิฟอร์ยร่วมกันแล้วส่งผ่านท่อลมไปยังกระบอกสูบในตำแหน่งต่างๆของเครื่องจักรทำให้ง่ายต่อการติดตั้ง ซ่อมบำรุง และมีความเป็นระเบียบ แต่การทำเช่นนี้ส่งผลให้เกิดปริมาตรส่วนเกินที่ไม่ก่อให้เกิดงานเชิงกล ในท่อลมที่ต่อจากวาล์วควบคุมไปยังกระบอกสูบ โดยในแต่ละรอบการทำงานที่กระบอกสูบมีการยืด และหดตัว ปริมาตรในท่อลมนี้จะต้องถูกอัดด้วยอากาศไปจนสุดความดันใช้งาน แล้วปล่อยทิ้งไปเช่นเดียวกันกับปริมาตรในกระบอกสูบ หากแต่ว่าปริมาตรในท่อลมเหล่านี้จะไม่ก่อให้เกิดงานใดๆ [1,2]โดยการประมาณการอย่างง่ายๆ ตามกฎของบอร์ย (Boyle's law) ผู้ออกแบบต้องคำนึงอยู่เสมอว่าทุกๆ 1 หน่วยปริมาตรที่เพิ่มขึ้นในท่อลมเหล่านี้ ระบบต้องจ่ายอากาศเป็นปริมาตร 5-7 เท่า(ขึ้นอยู่กับแรงดันใช้งาน) ที่จะไม่ก่อให้เกิดงานใดๆเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6 อุปกรณ์แบบลดการรวมศูนย์ของวาล์วควบคุม

เช่นเดียวกันกับการลดขนาดอุปกรณ์อื่นในระบบนิวเมติคส์ การลดการรวมศูนย์นี้สามารถประหยัดพลังงานได้อย่างมาก รูปที่ 6 แสดงถึงอุปกรณ์นิวเมติคที่ถูกออกแบบมาให้มีวาล์วควบคุมติดตั้งบนตัวกระบอกสูบซึ่งกำจัดการรวมศูนย์ของวาล์ว โดยผู้ผลิตได้ชี้ให้เห็นว่า 35% ของการสูญเสียพลังงานในระบบนิวเมติคส์ เกิดจากการรวมศูนย์ในลักษณะนี้[1] รวมไปถึงการรวมศูนย์ของระบบจ่ายลมที่ต้องส่งอากาศแรงดันสูงไปยังเครื่องจักร หรือระบบย่อยอื่นๆ ที่มักจะใช้แรงดันที่แตกต่างกัน นอกจากนี้การการรั่วซึม และสูญเสียแรงดันในท่อทางต่างๆ มักจะมีให้เห็นเสมอในการส่งผ่านอากาศอัดระยะทางไกลๆ

6. ป้องกัน และลดความเสี่ยงจากการรั่วซึม

ประมาณการทั่วไปพบว่าการสูญเสียพลังงานในระบบนิวเมติคส์ที่อยู่ในรูปของการรั่วซึมอาจสูงถึง 30% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการป้องกัน และการดูแลที่ดีอยู่สม่ำเสมอ[2] ในส่วนของผู้ออกแบบเครื่องจักรกลที่ต้องใช้ระบบนิวเมติคส์จำเป็นต้องทราบความสุ่มเสี่ยงของอุปกรณ์ และบริเวณที่มักก่อให้เกิดการรั่วซึมเพื่อให้สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม และนำเสนอวิธีดูแลรักษาเครื่องจักรกลได้ถูกต้อง ทั้งนี้จุดที่มักก่อให้เกิดการรั่วซึมสูงได้แก่

6.1 ท่อลมโลหะที่ผุกร่อน

6.2 หน้าแปลนที่ประเก็นอาจจะเสื่อม หรือแข็งตัว

6.3 แผ่นเมนิฟอร์ยที่มีอุปกรณ์ประกอบกันเบียดเสียด

6.4 ท่อลมอ่อนที่เสื่อมสภาพ และมีการแข็งตัวแตกหัก

6.5 คลัปปลิ้งที่อาจจะมีซีลที่หมดสภาพ หรือแข็งตัว

6.6 วาล์วระบายน้ำ ในชุดกรอง หรือปรับแรงดัน

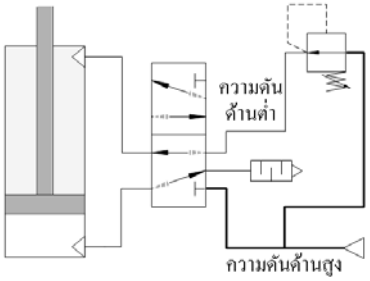
แน่นอนว่าหลังการออกแบบ และสร้างเครื่องจักรแล้วการตรวจเช็ค และทดสอบจะสามารถแก้ไขไม่ให้เกิดการรั่วซึมในระบบนิวเมติคส์ได้ แต่เมื่อผ่านการใช้งานไประยะหนึ่ง ชิ้นส่วนต่างๆอาจจะเกิดการเสื่อมแล้วก่อให้เกิดการรั่วซึมได้ตลอดเวลา ดังนั้นผู้ออกแบบควรพิถีพิทันในการเลือกใช้อุปกรณ์สำหรับจุดที่สำคัญๆเหล่านี้ รวมไปถึงการพิจารณาสภาพแวดล้อม และลักษณะการใช้งานของเครื่องจักรที่อาจจะก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนเร็วกว่าปกติเช่น บริเวณที่มีอุณหภูมิสูง มีความเป็นกรดด่าง หรือมีความสั่นสะเทือนสม่ำเสมอ

7. การใช้เทคนิค และอุปกรณ์เฉพาะสำหรับประหยัดพลังงานในระบบนิวเมติคส์

มีการพัฒนากรรมวิธีหลายแบบเพื่อที่จะลดการใช้พลังงานที่เกินความจำเป็นในระบบนิวเมติคส์ ในแต่ละวิธีมีความซับซ้อนแตกต่างกันซึ่งอาจจะเหมาะกับการนำไปใช้ในระบบที่แตกต่างกันออกไปด้วย ในบทความนี้จะนำเสนอเทคนิคการประหยัดพลังงานที่ไม่ซับซ้อนมากนัก สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบเครื่องจักรกลนิวเมติคส์ทั่วๆไปได้อย่างกว้างขวาง

7.1 เทคนิคการสลับวาล์ว และแยกแรงดันที่จ่ายให้ระบบ (Reverse Valve-Dual Supply Pressure System)

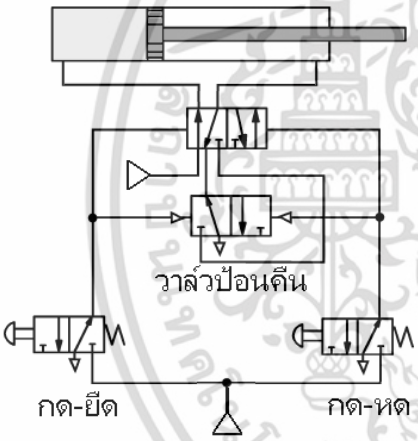
ถูกประยุกต์ใช้บนพื้นฐานของระบบนิวเมติคส์ที่พบว่าส่วนใหญ่ภาระในแต่ละรอบของตัวขับเคลื่อนมักจะมีความแตกต่างกันเช่น ในช่วงที่กระบอกสูบยืดออกอาจจะมีภาระให้ต้องใช้ความดันสูงถึง 5 bar ในขณะที่หดกลับอาจจะต้องการใช้ความดันสำหรับขับเคลื่อนภาระเพียง 2 bar ดังนั้นการแยกระดับความดันที่ต้องจ่ายให้กับภาระที่แตกต่างกันนี้สามารถทำได้ดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 7 ซึ่งจะทำให้ลดการใช้พลังงานลงได้มากโดยเฉพาะเมื่อมีความแตกต่างกันมากของภาระในแต่ละด้านของการทำงาน [3]



รูปที่ 7 วงจรการสลับวาล์ว และแยกความดันด้านจ่าย

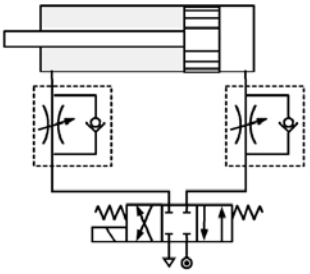
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 เทคนิคการป้อนแรงดันอัดกลับมาใช้ใหม่ (Pressure Recuperation System) เป็นการเพิ่มอุปกรณ์วาล์วควบคุมทิศทางสำหรับตัดต่อเส้นทางจ่ายอากาศ เพื่อให้สามารถนำอากาศแรงดันสูงที่จ่ายให้กระบอกสูบจากด้านที่เดิมถูกอัดอยู่เพื่อป้อนกลับไปยังด้านตรงข้าม โดยอาจจะใช้เป็นลักษณะเติม หรือพ่วงเข้ากับแรงดันที่ป้อนเข้ามาใหม่ ทั้งนี้สามารถเพิ่มถังเก็บความดันเสริมและตัวหน่วงเวลาเพื่อให้สามารถสลับแรงดัน และตัดต่อการจ่ายอากาศได้อย่างต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพดีขึ้น[4] รูปที่ 8 แสดงตัวอย่างวงจรแบบนำแรงดันอัดกลับมาใช้ใหม่อย่างง่าย โดยแรงดันที่ขับเคลื่อนให้กระบอกยืดออกจะถูกนำกลับไปป้อนให้กระบอกสูบหดตัวลงเมื่อวาล์วควบคุมทิศทางทำงานพร้อมกับควบคุมวาล์วป้อนคืน



รูปที่ 8 วงจรการป้อนคืนแรงดันอย่างง่าย

7.3 เทคนิคการควบคุมการไหลทางขาออก (Meter-Out Flow Control Circuit) เป็นการควบคุมการไหลทางขาออกของกระบอกสูบในกรณีที่ต้องควบคุมความเร็วของการเคลื่อนที่ โดยแรงดันด้านตรงข้ามที่ปล่อยออกจะหน่วงพลังงานจากการขยายตัวของอากาศ เมื่อการควบคุมการไหลในลักษณะนี้ถูกใช้ร่วมกับวาล์ว 5/3 ที่กำหนดให้มีการตัดจ่ายอากาศเมื่อกระบอกยืดถึงตำแหน่งที่วัดไว้ จะส่งผลให้แรงดันทำงานในกระบอกสูบต่ำกว่าแรงดันที่จ่ายให้กับระบบ และแน่นอนว่าจะทำให้การใช้ปริมาณอากาศอัดของระบบลดลงได้[5] รูปที่ 9 แสดงแผนผังวงจร Meter-Out Circuit อย่างง่าย



รูปที่ 9 วงจรการควบคุมการไหลทางขาออก

8. สรุป

จะเห็นได้ว่ามีหลายวิธี และแนวทางในการออกแบบระบบนิวเมติคส์ที่จะช่วยให้ประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ผู้ออกแบบต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องจักรกลนั้นๆ ความท้าทายในการประยุกต์กรรมวิธีเหล่านี้ไม่เฉพาะเพียงแต่การลดการใช้พลังงาน หากแต่ต้องคงไว้ถึงความปลอดภัย ต้นทุนการผลิต ความสะดวกในการใช้งาน ความคงทน และการบำรุงรักษา อันเป็นคุณลักษณะพื้นฐานที่สำคัญของการออกแบบเครื่องจักรกลอีกด้วย

9. เอกสารอ้างอิง

[1] U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, “Improving Compressed Air System Performance, a sourcebook for industry,”

[2] Kenneth J. Korane, Thomas Dwyer, “Tips to Improve Energy Efficiency, ” MACHINE DESIGN, Vol.81, No.22, pp.36-39, 2009.

[3] Moustafa Eissa, “Energy Efficiency - The Innovative Ways for Smart Energy, the Future Towards Modern Utilities ” Chapter 7, pp. 151-174

[4] Vladislav Blagojević, “Increasing Energy Efficiency of The Execution Part of Pneumatic System by Restoring Energy” Mechanical Engineering Vol. 6, No 1, pp. 37 – 44, 2008.

[5] Hiroshi MUTOH, “An Approach to Energy Conservation in Pneumatic Systems With Meter Out Circuit” Proceedings of the 7th JFPS International Symposium on Fluid Power 2008, pp.765-770.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้