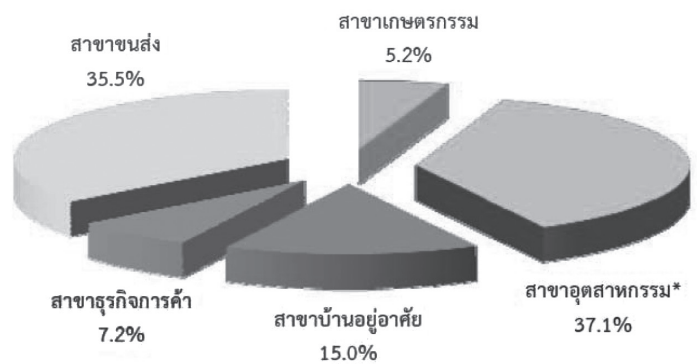


การคำนวณหาปริมาณอากาศอัดและความดันที่เหมาะสม ของเครื่องอัดอากาศ เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

(A Suitable Compressor Sizing Calculation for Energy Conservation)

1. บทนำ (Introduction)

สถานการณ์ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมยังคงเป็นประเด็นสำคัญทั้งระดับโลกและระดับประเทศที่ต่างได้ให้ความสนใจ และพยายามร่วมกันในการกำหนดแนวทางและนโยบายในการที่จะให้มีการใช้พลังงานอย่างยั่งยืนและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และด้วยเหตุที่พลังงานนั้นถูกจัดให้เป็นปัจจัยขั้นพื้นฐาน ทั้งการดำเนินชีวิต ด้านธุรกิจ และอุตสาหกรรม ทำให้แนวโน้มการใช้พลังงานของโลกยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดช่วง 20 ปีที่ผ่านมาเฉลี่ยร้อยละ 3.4 ต่อปี^[1] โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจโลกเป็นตัวขับเคลื่อนการใช้พลังงานนี้ ประเทศไทยก็มีแนวโน้มของการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นในแนวเดียวกันกับของโลก โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา ร้อยละ 2.7 ต่อปี และจากข้อมูลการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศไทยในไตรมาสที่ 1/2556 มีปริมาณ 18,725 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกัน ของปีก่อนร้อยละ 3.2 จำแนกการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายตามสาขาเศรษฐกิจ ไตรมาส 1/2556 ดังรูปที่ 1 พบว่า มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นทุกสาขา โดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรม มีการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย 6,944 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ หรือคิดเป็นร้อยละ 37.1^[2] และกว่าครึ่งหนึ่งของพลังงานที่ใช้ในประเทศนั้นเป็นพลังงานที่ต้องนำเข้า ซึ่งส่วนใหญ่ล้วนเป็นพลังงาน



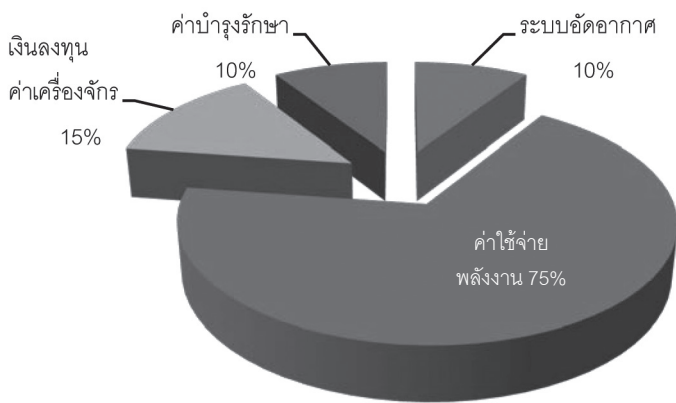
รูปที่ 1 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายตามสาขาเศรษฐกิจ ไตรมาส 1/2556^[2]

ฟอสซิล โดยมีมูลค่านำเข้าสุทธิประมาณ 1.24 ล้านล้านบาท^[3] และจากวิกฤตการณ์ทางพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้น 2 ครั้งในช่วงต้นปี 2556 ที่ผ่านมาได้แก่ เหตุการณ์ที่พม่าได้แจ้งหยุดส่งก๊าซธรรมชาติจากแหล่งยาดานาและเขตากูนให้กับโรงผลิตไฟฟ้าราชบุรี และอีกเหตุการณ์หนึ่ง คือ เหตุการณ์ไฟฟ้าดับทั่ว 14 จังหวัดภาคใต้ เมื่อวันที่ 21 พ.ค. 2556 อันเกิดจากสาเหตุฟ้าผ่าที่อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี เป็นเหตุให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจร ทำให้ระบบ

สายส่งไฟฟ้าแรงสูงจากภาคกลางลงสู่ภาคใต้ไม่สามารถใช้งานได้^[4] ทำให้ส่วนงานที่เกี่ยวข้องและรับผิดชอบด้านพลังงานของภาครัฐต้องหามาตรการเตรียมจัดหาแหล่งพลังงานสำรอง เพื่อรองรับภาวะฉุกเฉินหากเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ขึ้นอีก และในส่วนของภาคเอกชน รวมถึงอุตสาหกรรมต่างๆ ก็ควรตระหนักถึงการนำพลังงานอย่างคุ้มค่า รวมถึงการหาแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานด้านต่างๆ เพื่อให้เกิดความมั่นคงและยั่งยืนจากการใช้พลังงาน รวมถึงเป็นการช่วยสร้างขีดความสามารถในการแข่งขัน ทั้งของตนเองและของประเทศด้วย

2. การอนุรักษ์พลังงานของระบบอากาศอัด

สำหรับพลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรมถือว่าเป็นพลังงานที่มีความจำเป็นและต้องใช้ในกระบวนการผลิตของทุกโรงงาน โดยเราสามารถแบ่งสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าที่ใช้กับระบบต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมได้ เช่น ระบบเครื่องจักร ระบบลมอัดอากาศ ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และระบบอื่นๆ โดยเฉพาะในส่วนของระบบอัดอากาศ มีการประมาณค่าใช้จ่ายพลังงานของระบบอัดอากาศอยู่ที่เท่ากับ 10% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในภาคอุตสาหกรรม^[5] และได้แบ่งค่าใช้จ่ายรวมตลอดอายุ 10 ปีของระบบผลิตอากาศอัดเป็นดังนี้ คือ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน 75% ค่าเงินลงทุนเครื่องจักร 15% และอีก 10% เป็นค่าบำรุงรักษา^[5] ดังรูปที่ 2.1 ด้านล่าง ซึ่งระบบอัดอากาศนับได้ว่าเป็นระบบที่นิยมในระบบอุตสาหกรรม เพราะลมเป็นพลังงานที่สะอาดไม่เป็นอันตรายต่อระบบ แต่ก็ยังมีปัญหาที่พบบ่อยครั้งจากเครื่องอัดอากาศ คือ ลมรั่วตามจุดต่างๆ และบางโรงงานมีการใช้แรงดันของเครื่องอัดอากาศที่ไม่เหมาะสมกับกระบวนการผลิต ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าและยังส่งผลต่อต้นทุนของการผลิต ดังนั้น การใช้พลังงานในระบบอัดอากาศให้มีประสิทธิภาพจึงเป็นสิ่งที่คุ้มค่าและสามารถกระทำได้ง่าย เพียงแต่ทำความเข้าใจและตระหนักถึงคุณประโยชน์ที่จะได้รับ



รูปที่ 2.1 สัดส่วนค่าใช้จ่ายพลังงานของระบบอัดอากาศ

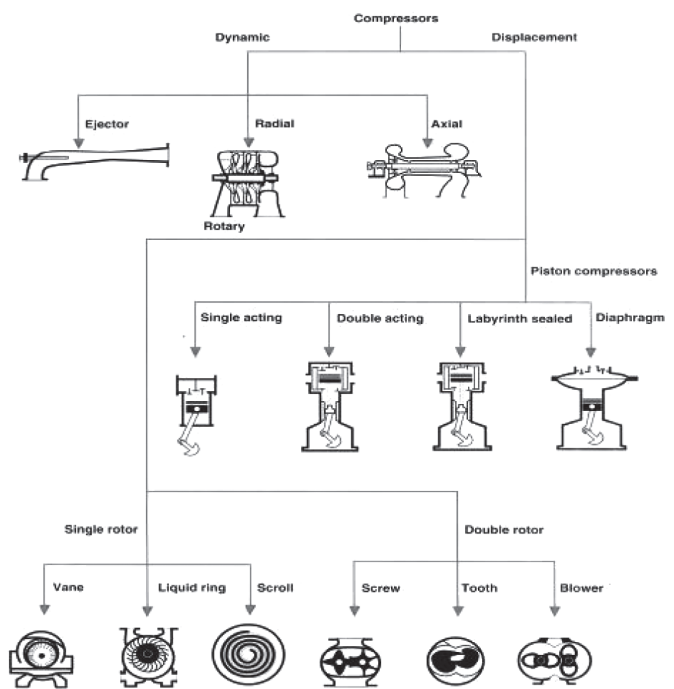
2.1 เครื่องอัดอากาศ

เครื่องอัดอากาศมีการใช้งานอย่างกว้างขวางในโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และขนาดเล็ก โดยเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพิ่มความดันให้กับอากาศ ทำให้อากาศมีความดันที่สูงขึ้น เครื่องอัดอากาศโดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภท แต่ละประเภทแยกได้หลายชนิดด้วยกันตามลักษณะของอัตราการไหล ความดัน และคุณภาพของอากาศที่ต้องการ เครื่องอัดอากาศ ดังรูปที่ 2.2

2.1.1 เครื่องอัดอากาศที่ใช้ลักษณะการแทนที่ของอากาศ (Dynamic)^[6]
 หลักการทำงาน คือ ให้พลังงานแก่แก๊สอากาศมีความเร็วเพิ่มขึ้น โดยผ่านโรเตอร์ แล้วอาศัยรูปร่างของโครงสร้าง (Casing) ภายในเครื่องอัดลดความเร็วของอากาศลง ทำให้พลังงานของอากาศในรูปพลังงานจลน์เปลี่ยนเป็นความดันอากาศแล้วไหลออกทางด้านข้าง ซึ่งมีแบบ Centrifugal, Ejector, Radial และ Axial

2.1.2 เครื่องอัดอากาศที่อัดอากาศเชิงปริมาตร (Displacement)

หลักการทำงาน คือ ดูดอากาศเข้าไปในปริมาตรห้องอัด แล้วลดปริมาตรอากาศโดยใช้พลังงานจากภายนอก เช่น เครื่องยนต์ มอเตอร์ไฟฟ้า แรงงานกลต่างๆ เมื่ออากาศถูกลดปริมาตรลงทำให้มีความดันสูงขึ้น แล้วปล่อยออกทางด้านข้างเป็นอากาศอัดที่มีความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศ เช่น โรตารี (Rotary) และแบบลูกสูบ (Reciprocating หรือ Piston Compressor)



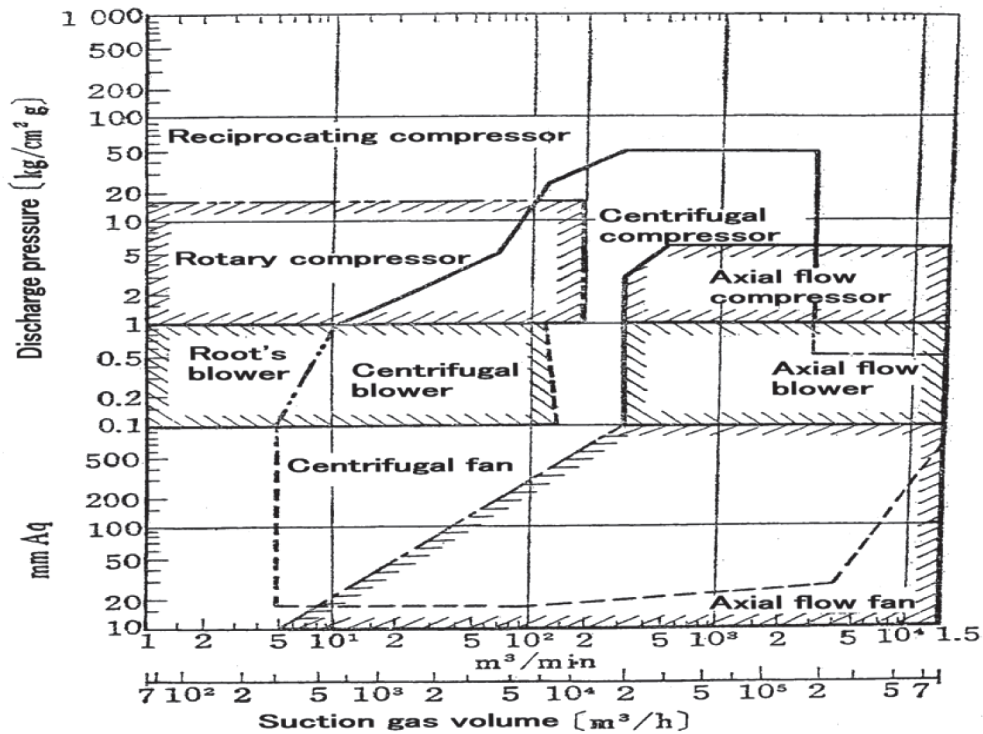
รูปที่ 2.2 การแบ่งชนิดของเครื่องอัดอากาศ^[6]

2.2 การเลือกขนาดและชนิดของเครื่องอัดอากาศที่เหมาะสม

โดยทั่วไปในอุตสาหกรรม การเลือกใช้เครื่องอัดอากาศนั้นจะมีเกณฑ์ในการพิจารณาเพื่อตัดสินใจที่เป็นพื้นฐานหลักๆ ดังต่อไปนี้

1. ชนิดของลมอัดอากาศ สามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ อากาศอัดชนิดที่มีน้ำมันติดไปกับอากาศที่เรียกว่า Oil Flooded และอากาศอัดชนิดที่ไม่มีน้ำมันติดไปกับอากาศ หรือที่เรียกว่า Oil Free

2. ความดันของอากาศอัด โดยทั่วไปความดันของอากาศอัดจะถูกกำหนดโดยความดันที่ต้องการต่ำสุดที่จุดใช้งานบวกกับความดันที่ต้องการเอาชนะความดันตกคร่อมของระบบท่อและระบบของเครื่องทำความแห้ง (Air Dryer System) การเลือกความดันของเครื่องอัดอากาศที่สูงเกินไปก็จะทำให้



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงย่านแรงดันต่างๆ ของเครื่องอัดอากาศ พัดลม และดูดสูญญากาศ⁽⁶⁾

เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น ในขณะที่เดียวกันถ้าเลือกความดันของเครื่องอัดอากาศที่ต่ำเกินไปก็จะทำให้เกิดความเสียหายแก่กระบวนการผลิตได้

3. ปริมาณความต้องการอากาศอัด จะถูกกำหนดโดยความต้องการปริมาณการใช้ลมที่จุดใช้งานบวกกับปริมาณลมที่สูญเสียในเครื่องอัดอากาศ, ระบบ Drain น้ำในระบบท่อและในระบบทำลมแห้ง ดังนั้น ถ้าในกรณีนี้ที่เลือกเครื่องอัดอากาศที่มีขนาดการจ่ายลมน้อยกว่าปริมาณความต้องการอากาศอัดของระบบ ก็จะทำให้ความดันของระบบตกต่ำกว่าที่ออกแบบไว้ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความเสียหายกับกระบวนการผลิตได้ ในทางกลับกันหากเลือกเครื่องอัดอากาศที่มีขนาดการจ่ายลมมากกว่าความต้องการ ก็จะทำให้เครื่องเดินอยู่ในสภาวะไม่เต็มประสิทธิภาพ

ดังนั้น เราอาจพิจารณาเลือกชนิดของเครื่องอัดอากาศตามขนาดของปริมาณอากาศอัดและความดันเบื้องต้นได้จากรูปที่ 2.3

2.3 ตัวอย่างการคำนวณหาความต้องการปริมาณอากาศอัดและความดันที่เหมาะสม (Determine the Air Compressor Sizing)

จากหัวข้อ 2.2 ถ้าเราจำเป็นต้องทราบขนาดของความดันและปริมาณความต้องการของอากาศอัดที่ใช้ในระบบอินสตรูเมนต์ ที่ต้องใช้ลูกสูบเป็นกลไกขับเคลื่อน เราก็สามารถคำนวณหาขนาดของความดันและปริมาณของลมอัดอากาศที่เหมาะสมได้จากตัวอย่างข้างล่าง

ตัวอย่าง ระบบอินสตรูเมนต์ มีลูกสูบ (Piston) เป็นกลไกการทำงาน และทำงานจังหวะเดียว (Single Acting) มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของกระบอกลูกสูบ (Bore) เท่ากับ 2 นิ้ว ระยะชัก (Stroke) เท่ากับ 10 นิ้ว และมีอัตราการทำงานของลูกสูบเท่ากับ 40 รอบ/นาที ก้านต่อของลูกสูบที่ต้องใช้แรงผลักขึ้นงานเท่ากับ 150 ปอนด์ ดังรูปที่ 2.4 และมีจำนวนลูกสูบใช้งานทั้งหมด 10 ชุดทำงานพร้อมกัน กำหนดให้ความดันตกคร่อมของระบบท่อและอุปกรณ์ทำลมแห้งเท่ากับ 10 lb/in² และปริมาณลมสูญเสียในระบบรวม

เท่ากับ 5% ของปริมาณความต้องการลมทั้งหมด ดังนั้น เราสามารถคำนวณหาความดันที่ใช้งาน (Working Pressure) และปริมาณความต้องการของอากาศอัด (Air Flow Capacity) ได้ดังนี้

$$\text{จากสมการ} \quad P = \frac{F}{A} \quad ; \quad A = \frac{F}{P} \quad \dots(1)$$

$$Q = AV \quad ; \quad A = \frac{Q}{V} \quad \dots(2)$$

$$\text{เมื่อ} \quad (1) = (2) \quad \text{ดังนั้น} \quad P = \frac{FV}{Q} \quad \dots(3)$$

กำหนดให้

P = ความดัน (Pressure), lb /in²

Q = อัตราการไหลของอากาศ (Air flow), ft³ /min, CFM

V = ความเร็วของลูกสูบ (Piston velocity), ft/min

F = แรงที่ใช้ในการผลักขึ้นงานของลูกสูบ, lbs

A = พื้นที่หน้าตัดกระบอกสูบ, in²

เนื่องจาก

Q = พื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบ (Piston area) × Stroke (ระยะชัก) × จำนวนรอบของลูกสูบ (no. of cycle in minute)

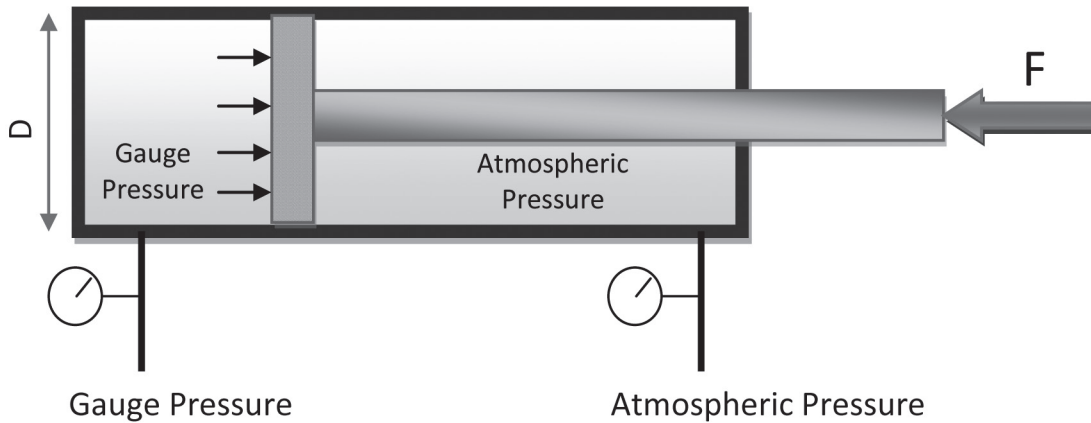
$$= \left(\frac{\pi}{4}\right) \left(\frac{2}{12}\right)^2 \times \left(\frac{10}{12}\right) \times 40$$

$$= 0.727 \text{ ft}^3/\text{min (CFM)}$$

V = no. of cycle × stroke length/cycle

$$= 40 \times \left(\frac{10}{12}\right)$$

$$= 33.33 \text{ ft/min}$$



รูปที่ 2.4 กระบอกสูบลม^[7]

อัตราการไหลของอากาศที่ต้องการ = 33.33 ft³/min

และ $F = 150 \text{ lbs}$

ดังนั้น เราสามารถหาความดันที่ใช้งาน โดยการแทนค่าในสมการ (3)

$$P = \frac{150 \times 33.33}{0.727}$$

$$= 6878.89 \text{ lb/ft}^2$$

$$\cong 47.76 \text{ lb/in}^2 \cong 48 \text{ lb/in}^2(\text{g})$$

อัตราการไหลของอากาศที่ต้องการในกระบอกสูบเท่ากับ 0.727 ft³/min ความดันใช้งาน 48 lb/in² แต่ค่า 0.727 ft³/min เป็นปริมาณอากาศที่ถูกอัดภายใต้ความดัน 48 lb/in² ดังนั้น เราสามารถหาปริมาณอากาศที่สภาวะบรรยากาศได้จากกฎของ General Gas Law

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad ; T_1 = T_2 = \text{คงที่}$$

ดังนั้น $P_1 V_1 = P_2 V_2$

กำหนดให้ $P_1 = \text{Atmospheric pressure (abs.)} = 14.7 \text{ lb/in}^2 \text{ (abs)}$

$V_1 = \text{Free air delivery; CFM}$

$P_2 = \text{Working pressure (abs.)} = 67.2 \text{ lb/in}^2 \text{ (abs)}$

$V_2 = \text{Air flow at } 48 \text{ lb/in}^2 = 0.727 \text{ ft}^3/\text{min}$

$$\therefore V_1 = \frac{(P_2 V_2)}{P_1}$$


$$= \frac{67.2 \times 0.727}{14.7}$$

$$\cong 3.32 \text{ CFM of free air ต่อ 1 ลูกสูบ}$$

ปริมาณลมที่ต้องการใช้ทั้งหมดของระบบอินสตรูเมนต์ เท่ากับ $3.32 \times 100 = 332 \text{ CFM}$

ดังนั้น ขนาดของเครื่องอัดอากาศที่เหมาะสมควรมีขนาดของ Free Air Delivery เท่ากับ $332 \times 1.05 = 349 \text{ CFM}$ และความดันทางออกของเครื่องอัดอากาศเท่ากับ $48 + 10 = 58 \text{ lb/in}^2(\text{g})$ เลือกเครื่องอัดอากาศขนาด 350 CFM ที่ความดัน 60 lb/in²

3. สรุป

แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของประชากรและการเติบโตทางเศรษฐกิจได้เป็นตัวขับเคลื่อนหลักที่ทำให้มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นทุกปีอย่างต่อเนื่อง และยังคงเป็นเช่นนี้ต่อไปตราบเท่าที่เงื่อนไขทั้งสองยังคงเป็นอยู่ พร้อม ๆ กับปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นควบคู่ไปกับการใช้พลังงาน ขณะที่ทรัพยากรที่นำมาใช้เพื่อผลิตพลังงานที่มีอยู่ในปัจจุบันก็กำลังจะหมดไปในอีกไม่กี่ปี ดังนั้น การตระหนักและรู้จักใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่าของทุกประเทศบนโลกนี้จะต้องให้ความร่วมมือกันอย่างจริงจัง การอนุรักษ์พลังงานในเครื่องอัดอากาศด้วยการเลือกขนาด ปริมาณ และความดันอากาศอัดที่เหมาะสมกับการใช้งาน อันจะทำให้เครื่องอัดอากาศนั้นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์ ก็เป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาตามที่กล่าวไปแล้ว และยังสามารถช่วยให้อุตสาหกรรมมีขีดความสามารถในการแข่งขันเพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่งด้วย 

ขอข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานของระบบอากาศอัดได้ที่ บริษัท ฟูลซิสเต็ม เอ็นจิเนียริง จำกัด
349/545 หมู่ 9 แขวงบางไผ่ เขตบางแค กรุงเทพฯ 10160
โทรศัพท์ : (02) 497-9280-4, (02) 420-6444-5
โทรสาร : (02) 497-9255
E-mail : fullsystem1@yahoo.com
Website : www.fsetech.com

4. อ้างอิง (Reference)

- [1] BP Energy outlook 2030, www.BP.com
- [2] สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย ไตรมาสที่ 1/2556, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน
- [3] รายงานพลังงานของประเทศไทย 2554, www.dede.go.th
- [4] นัษรุต เกื่อนทองคำ, Energy saving ฉบับที่ 56, กรกฎาคม 2556, หน้า 62 - 63
- [5] การใช้พลังงานในเครื่องอัดอากาศ, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน
- [6] ระบบอัดอากาศ, ระบบเครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย
- [7] รูปเครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบ, www.engineeringtoolbox.com