ระบบท่อแกสจ่ายกลางสำหรับโรงพยาบาล-3
การติดตั้งเครื่องผลิตลมอัด (Medical compressed air pipeline system)

พวงเพ็ญ อ่ำบัว*

บทนำ

ลมอัดหรือ compressed gas นั้นเป็นแกสที่รู้จักกันดี และใช้กันมาก่อนในงานอุตสาหกรรม แต่ในระยะหลังได้มีผู้นิยมนำมาใช้เพื่อประโยชน์ทางการแพทย์มากขึ้นเรื่อยๆ จนในปัจจุบันเป็นแกสที่มีบทบาทสำคัญควบคู่ไปกับออกซิเจนและสูญญากาศ จนอาจกล่าวได้ว่าโรงพยาบาลขนาดใหญ่ต่างๆ ล้วนติดตั้งระบบลมอัดแล้วทั้งสิ้น ประโยชน์ของลมอัดในทางการแพทย์ที่สำคัญก็คือ

1. เพื่อการบำบัดผู้ป่วยโรคทางเดินหายใจและผู้ป่วยหนักโดยใช้ผสมกับออกซิเจนให้ได้อากาศที่มีเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนที่เหมาะสมกับการรักษาผู้ป่วยแต่ละคน
2. เพื่อขับเคลื่อนเครื่องช่วยหายใจแทนไฟฟ้าหรือออกซิเจน
3. เพื่อการทำงานของเครื่องมือผ่าตัด แทนการใช้ไฟฟ้า เพราะจะไม่ก่อให้เกิดอันตรายจากไฟฟ้าลัดวงจร หรือไฟไหม้และยังสามารถนำเครื่องมือไปอบหรือนึ่งฆ่าเชื้อได้โดยไม่มีข้อห้าม
4. เพื่อใช้กับเครื่องมือทันตกรรม
5. เพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการหรืองานเภสัชกรรม

ลมอัดที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมและลมอัดในทางการแพทย์ แม้โดยหลักการจะเหมือนกัน แต่ในรายละเอียดแล้วมีข้อที่แตกต่างกัน กล่าวคือลมอัดในทางการแพทย์จะต้องมีการควบคุมความบริสุทธิ์และคุณสมบัติอื่นๆ ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดอย่างเคร่งครัด ทั้งนี้เพื่อป้องกันผู้ป่วยจากสารพิษ และป้องกันเครื่องมือแพทย์จากการชำรุดเสียหาย

ความบริสุทธิ์และคุณสมบัติของลมอัดทางการแพทย์ระบุเป็นปริมาณของสารที่มากที่สุดที่ยอมให้มีได้ในปริมาตร หนึ่งลูกบาศก์เมตร (maximal allowable concentration of contamination) ตามรายละเอียดในตารางที่ 1 [1] ดังนี้

---

* หัวหน้ากลุ่มงานวิสัญญีวิทยา โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา

ตารางที่ 1

Maximal allowable concentration of contaminants in medical breathing air
(By volume measured at 21 °c and 101.3 KPa)

ชนิดของสารปนเปื้อน (contaminants)	ปริมาณที่จำกัด (limit)
CO_2	500 ml/m^3
CO	5 ml/m^3
Total volatile non-substituted hydrocarbons as methane-equivalents.	25 ml/m^3
No_2	0.5 ml/m^3
N_2O	5.0 ml/m^3
Fluoride (as dissociated fluoride ion)	1.0 mg/m^3
Halogenated hydrocarbon (refrigerant type)	2 ml/m^3
Halogenated hydrocarbon (solvent type)	0.2 ml/m^3
Sulfur dioxide	1ml/m^3
Other components identied by dispersive infrared spectoscopy	1/10 T.L.V.
และลมอัดต้องแห้ง ไม่มีฝุ่นผง กลิ่น ไอน้ำมันหรือผลึกสาร hydrocarbon	ดูคำอธิบายในเรื่อง air dryer และ air filter และคำอธิบายข้างล่าง

ในจำนวนคุณสมบัติทั้งหมดการทำให้ลมอัดแห้งสนิทเป็นสิ่งที่ยากมาก ในลมอัดจะมีไอน้ำปะปนอยู่เสมอเนื่องจากไอน้ำอยู่ในสถานะแกสเช่นเดียวกับลม การมีไอน้ำเจือปนในปริมาณมากจะเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เครื่องมือแพทย์ชำรุด วิธีการกำจัดไอน้ำที่ได้ผลกระทำโดยการลดอุณหภูมิของลมอัดลงจนถึงระดับ pressure dew point (PDP) ที่มาตรฐานกำหนดไว้ซึ่งมาตรฐานของลมอัดทางการแพทย์นั้นกำหนดให้ลมอัดมี PDP* ที่จุดจ่าย (ซึ่งมักจะมีระดับความดันเท่ากับ 60 PSIG) ไม่สูงกว่า 5 °C [2] หรือมี PDP เท่ากับระดับที่จะกล่าวถึงต่อไปในเรื่องการติดตั้งเครื่อง air dryer

*PDP หมายถึงระดับอุณหภูมิที่ไอน้ำกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ณ ความดันอันหนึ่ง

ลมอัดที่นำเข้ามาใช้ในโรงพยาบาล มีด้วยกันหลายลักษณะ ที่พบเห็นเป็นประจำได้แก่

1. ในลักษณะบรรจุถังทนแรงดันสูงเป็นถังเดี่ยวข้างเตียงผู้ป่วย
2. ในลักษณะที่นำถังเดี่ยวมาประกอบกันขึ้นเป็น แมนิโฟลของศูนย์จ่ายกลาง จากนั้นจึงปล่อยลมไปตามท่อไปน์ไลน์
3. ในลักษณะการติดตั้งเครื่องผลิตลมอัดพร้อมอุปกรณ์โดยตรงที่ศูนย์จ่ายกลาง

การใช้ลมอัดในลักษณะบรรจุถังทนแรงดันสูงมีข้อได้เปรียบในเรื่อง ความแห้งและความบริสุทธิ์ แต่จะมีอันตรายจากการระเบิด และที่สำคัญ คือ มี ราคาแพงมากอีกทั้งสิ้นเปลืองแรงงานขนส่ง สิ้นเปลืองสถานที่เก็บไม่สะดวกต่อผู้ใช้ด้วยเหตุนี้ โรงพยาบาล ขนาดใหญ่ที่มีการใช้ลมอัดปริมาณมาก จึงเลือกที่จะติดตั้งเครื่องผลิตลมอัดมากกว่าการใช้ลมอัดในลักษณะบรรจุถังแรงดันสูง เพราะจะประหยัดและสะดวกกว่ามาก แต่ทั้งนี้ต้องควบคุมให้ลมอัดมีคุณภาพได้มาตรฐานตามที่กล่าวมาแล้ว

การติดตั้งศูนย์จ่ายกลางลมอัดทางการแพทย์ ศูนย์จ่ายกลางลมอัดทางการแพทย์จะประกอบด้วยอุปกรณ์จำเป็นดังนี้ [1,3]

1) air compressor
2) after cooler
3) air reciever
4) separator
5) air dryer
6) air filter
7) air pressure control
8) air compressor control
9) hours run meters

air compressor เป็นอุปกรณ์จำเป็นลำดับแรก ทำหน้าที่ผลิตลมให้กับระบบ ในทางการแพทย์จะต้องติดตั้งอย่างน้อย 2 เครื่อง ***โดยแต่ละเครื่องต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะผลิตลมให้กับระบบได้อย่างน้อยเท่ากับปริมาณความต้องการโดยรวมทั้งหมดของโรงพยาบาล*** แต่ถ้ามีได้ถึง 3 เครื่อง จะยิ่งดี และถ้ามี 3 เครื่องสามารถลดขนาดของเครื่องลงให้แต่ละเครื่องผลิตลมได้เพียงสองในสามของปริมาณความต้องการทั้งหมดชนิดของ compressor อาจเป็นแบบลูกสูบ (piston) แผ่นกระบังลม (diaphragm) หรือ โรตารี (rotary) และไม่ว่าจะเป็นแบบใด สิ่งสำคัญคือไม่ควรใช้ compressor ที่ใช้น้ำมัน (oil free or oiless compressor) เพราะจะควบคุมละอองน้ำมันได้ง่ายกว่า ***ส่วนความสามารถในการให้แรงดันนั้นเครื่องต้องสามารถให้แรงดันได้สูงกว่าแรงดันที่ใช้งานตามปกติ*** เช่น ถ้าต้องการใช้งานที่แรงดัน 105 PSIG เครื่องควรทำงานได้สูงกว่า 105 PSIG เช่นทำงานได้ถึงระดับแรงดันที่ 135-150 PSIG เป็นต้น

ขั้นตอนในการผลิตลม compressor จะดึงอากาศผ่านมาตามท่อ เข้าสู่ตัวเครื่อง สำหรับปากท่อหรือ air inlet นั้น แนะนำให้อยู่นอกตัวอาคาร โดยมีเครื่องป้องกันไม่ให้ถูกฝนหรือหิมะ และควรเลือกให้อยู่ในบริเวณที่ปราศจากกลิ่นไอพิษ หรือฝุ่นผง และควรติดตั้งแผ่นกรองอากาศไว้ด้วยเสมอ ***แผ่นกรองให้ใช้ชนิด dry medium type ที่ได้มาตรฐาน B.S 1701*** ซึ่งมีประสิทธิภาพ การกรองฝุ่นขั้นต่ำได้สูงถึง 95% ในส่วนตัวท่อต้องมีขนาดที่ถูกต้องมิฉะนั้นจะป้อนอากาศให้แก่ compressor ไม่ทันกับที่ compressor ต้องการโดยทั่วไปให้ใช้หลักเกณฑ์การเลือกขนาดของท่อตามระยะความยาวและตามปริมาณอากาศที่เครื่องต้องการดังนี้

ตารางที่ 2 [4]

ระยะความยาวของท่อนำอากาศเข้า (นับจาก air inlet ถึง compressor)	ปริมาณ air intake		
	51/2 CFM*	8 CFM	12 CFM
50 ft	1 1/2 "	1 1/2 "	2 "
100 ft	2 "	2 1/2 "	2 1/2 "
150 ft	2 1/2 "	3 "	3 "
	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อนำอากาศเข้า		

After cooler เป็นอุปกรณ์ชิ้นแรกที่ช่วยแยกน้ำออกจากลมอัดทั้งนี้โดยทำให้ลมอัดเย็นลงอาจจะเป็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (air cool after cooler) หรือชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (water cool after cooler) ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ จะแพงกว่าในตอนต้น แต่ถูกกว่าในการบำรุงรักษา และถ้าเลือกใช้ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ ควรเดินท่อนำอากาศมาจากข้างนอก เนื่องจากอากาศข้างนอกจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่อง ลมอัดเมื่อถูกทำให้เย็นลงส่วนประกอบที่เป็น ***ไอน้ำประมาณสองในสามของปริมาณที่มีทั้งหมดในลมอัด*** [5] ขณะนั้นจะกลั่นตัวเป็นละอองน้ำหรือหยดน้ำ

ดังนั้นท่อลม ต่อจาก after cooler จึงต้องมี ภาชนะดักจับน้ำไว้ด้วยเสมอ โดยเป็นภาชนะดักจับน้ำชนิดอัตโนมัติ ที่สามารถเปิดวาวล์ไขน้ำทิ้งได้ (automatic drain trap with manual drain valve) นอกจากนี้ควรมีปรอทติดไว้บริเวณก่อนและหลัง after cooler เพื่อแสดงอุณหภูมิของลมอัด ก่อนผ่าน after cooler และหลังผ่าน after cooler โดยทั่วไปอุณหภูมิของลมอัดหลังผ่าน after cooler ไม่ควรสูงกว่าอุณหภูมิของตัวทำความเย็น (cooling medium) เกิน 8°- 15 เซนติเกรด ซึ่งที่เป็นอยู่ในฤดูร้อนนั้นก็คือลมอัดที่ผ่าน after cooler มาแล้วจะมีอุณหภูมิ ระหว่าง 32°- 35°เซนติเกรด [3]

* CFM = cubic foot per minute

1CFM = 28.8 l/min

Air reciever เป็นอุปกรณ์ถัดจาก after cooler ทำหน้าที่เก็บกักลมก่อนที่จะจ่ายไปสู่จุดใช้งาน air receiver ต้องเป็นถังที่ได้รับการรับรอง กล่าวคือ***ได้มาตรฐาน B.S 5196*** [3] ***ขนาดของถังต้องสัมพันธ์กันขนาดของเครื่อง compressor.*** เช่นถ้า compressor สามารถผลิตลมได้ 1500 ลิตร/นาที ถังก็ควรมีความจุ 1500 ลิตร เช่นกันหรืออีกนัยหนึ่งก็คือ มีความจุไม่น้อยกว่าปริมาณตามต้องการโดยรวมของ ร.พ. นั่นเอง [1,3] ส่วนประกอบอื่นที่จำเป็นสำหรับถังเก็บลมได้แก่ safty valve, pressure guage, fusible plug, inspection door และ automatic drain trap with manual drain valve

Separator เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ระหว่าง air reciever กับ air dryer มีหน้าที่กรองละอองน้ำและน้ำมันออกให้มากที่สุด ก่อนที่จะปล่อยลมอัดไปยังเครื่อง air dryer น้ำในลมอัดระยะนี้เป็นละอองน้ำที่อิ่มตัว (Super saturated) อยู่ในอากาศ ณ ความดันที่เครื่อง compressor ทำงานซึ่งเป็นความดันที่สูงถึง 100 PSIG หรืออาจจะมากกว่า ละอองน้ำเล็กๆ เหล่านี้จะถูกแยกออกด้วยตัวกรอง ตัวกรองที่ใช้ใน Separtor ***กำหนดให้มีประสิทธิภาพไม่น้อยกว่า 95% เมื่อทดสอบกับ test dust No 2 ที่ได้มาตรฐาน B.S 2831,*** [3] หรือถ้าใช้ compressor ชนิดหล่อลื่นด้วยน้ำมัน มีผู้แนะนำให้ใช้ตัวกรองที่มี penetration power 0.5% หรือน้อยกว่า เมื่อทดสอบกับสารทดสอบที่ได้มาตรฐาน B.S 3928. ซึ่งจะแพงและสิ้นเปลืองมากกว่าแต่ก็อาจจำเป็นถ้าต้องการควบคุมไม่ให้มีละอองน้ำมันสูงเกิน 0.5 mg/m^3 ตามที่มาตรฐานกำหนด [2] และด้วยเหตุนี้นั่นเองทำให้ compressor ชนิดไม่มีน้ำมันหล่อลื่นเป็นที่นิยมมากกว่า ที่ separator จะต้องมีภาชนะไว้คอยรองรับน้ำเช่นเดียวกันกับที่ after cooler หรือ reciever โดยเป็นภาชนะในลักษณะเดียวกัน

Air dryer เป็นอุปกรณ์สำคัญชิ้นสุดท้ายที่จะทำให้ลมอัดมีความแห้งเพิ่มขึ้นให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งได้กล่าวมาแล้วว่าไอน้ำส่วนใหญ่หรือประมาณ สองในสามของทั้งหมดได้ถูกขจัดออกไปเป็นละอองน้ำหรือหยดน้ำ โดยการทำหน้าที่ของ after cooler หยดน้ำและละอองน้ำขนาดใหญ่จะรวมตัวตกลงในภาชนะรองรับที่ได้จัดเตรียมไว้ละอองน้ำขนาดเล็กจะไปถูกกรองออกที่ separator ดังนั้นจนลมอัดจึงยังมีไอน้ำเหลืออยู่ถึงหนึ่งในสามส่วน ถ้าปล่อยให้ไอน้ำเหล่านี้ผ่านไปยังเครื่องมือแพทย์ โอกาสที่ไอน้ำเหล่านี้จะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำมีได้เสมอ จึงทำให้เครื่องมือแพทย์เป็นสนิมทำให้ท่อเล็กๆ อุดตัน ทำให้ยางชื้นและเหนียวทำให้สารหล่อลื่นถูกชะล้างหรือกล่าวโดยสรุป ก็คือทำให้เครื่องมือแพทย์ชำรุด ทำงานผิดพลาดและเสื่อมสภาพเร็วเครื่อง air dryer, จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เครื่อง air dryer จะทำให้ลมอัดเย็นเพิ่มขึ้นอีก โดยหากสามารถทำให้เย็นลงจนกระทั่งลมอัดมี dew point เท่ากับ-40 เซนติเกรด ที่ความดันบรรยากาศ (ซึ่งเท่ากับ-18° เซนติเกรด ที่ 105 PSIG ก็จะได้อากาศที่แห้งสนิท แต่ air dryer ที่ใช้กันส่วนใหญ่มักจะเป็น refrigerated air dryer ซึ่งไม่สามารถให้ dew point ได้ ต่ำถึง -40 °เซนติเกรด air dryer ที่จะสามารถให้ dew point ได้ต่ำถึง -40 °เซนติเกรด ต้องเป็น desiccant air dryer เท่านั้น [3] สารที่เป็น desiccant จะเป็นตัวดูดซับไอน้ำ สาร desiccant ที่นิยมใช้มี 3 ชนิด ได้แก่ silica gel, activated alumina, และ molecular sieve, silica gel และ activated alumina มีความเหมาะสมที่จะใช้กับลมอัดทางการแพทย์มากกว่า เนื่องจากลมอัดทางการแพทย์มีความ

ชื้นสัมพันธ์สูงถึง 100% และมีอุณหภูมิไม่สูงกว่า 38 องศาเซนติเกรดในขณะที่ molecular sieue จะให้ประโยชน์กับลมที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และอุณหภูมิค่อนข้างสูง สำหรับ silica gel และ activated alumina นั้นควรใช้ในฟอร์มที่เป็นเม็ด ไม่ใช้ชนิดผงเพื่อเลี่ยงปัญหาเรื่องฝุ่น activated alumina จะได้เปรียบ silica gel ในแง่ที่สามารถคงรูปอยู่ได้ดีกว่า เมื่อสัมผัสกับน้ำและอุณหภูมิที่สูงขึ้น

ในการติดตั้ง desiccant air dryer ถ้าเป็นระบบ simplex อายุของ desiccant ไม่ควรน้อยกว่า 2 ปี ซึ่งหมายถึงว่าสามารถใช้งานได้นานถึง 4 ปี ในกรณีที่โรงพยาบาลเลือกใช้ระบบ duplex อย่างไรก็ดีราคาของ desiccant air dryer นั้นแพงมาก-ส่วนใหญ่จึงจำต้องใช้ refrigerated air dryer ซึ่งไม่อาจให้ dew point ได้ต่ำถึง -40 °เซนติเกรดดังที่ได้กล่าวแล้ว แต่ก็ต้องสามารถให้ dew point ได้ไม่น้อยกว่ามาตรฐานขั้นต่ำที่ยอมรับกัน ซึ่งกำหนดไว้พอเป็นสังเขปดังนี้คือ

1. **กรณีเป็นการติดตั้งนอกอาคาร** ซึ่งหมายถึงว่าบางส่วนของท่อทางเดินของระบบลมอัดสัมผัสกับบรรยากาศในที่โล่ง dew point ที่ line pressure ต้องต่ำกว่า อุณหภูมิของบรรยากาศรอบศูนย์จ่ายที่เคยวัดได้ต่ำสุดไม่น้อยกว่า 10 °เซนติเกรด [1]

2. **กรณีเป็นการติดตั้งในอาคาร** ซึ่งหมายถึงว่า ระบบลมอัดเดินอยู่ภายใต้ตัวอาคารทั้งหมด dew point ที่ line pressure ต้องต่ำกว่าอุณหภูมิข้างเคียงที่เคยต่ำสุดในระหว่างปีไม่น้อยกว่า 10 °C แต่ทั้งนี้หมายความว่า ***dew point ที่ line pressure นั้นต้องสูงไม่เกิน 2 °เซนติเกรด*** (35.6° F)[1] และด้วยความสำคัญของ pressur dew point ที่สัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณน้ำตกค้างในลมอัด หน่วยงานบางแห่งจึงกำหนดให้ติดตั้งระบบสัญญาณเตือนสำหรับเครื่อง air dryer โดยจะทำหน้าที่เตือนให้ผู้ใช้ทราบเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เช่น สูงกว่า 0 เซนติเกรด กรณีใช้ desiccant air dryer หรือ สูงกว่า 2 เซนติเกรดกรณีใช้ refrigerated air dryer ทั้งนี้ เพื่อการติดตามแก้ไขและป้องกันไม่ให้เครื่องมือแพทย์ชำรุด

ขนาดของเครื่อง air dryer เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นลำดับถัดไป เครื่อง air dryer ที่เลือกควรต้องมีขนาดใหญ่พอ ***นั่นคือต้องสามารถรองรับการไหลผ่านของลมอัดในปริมาณสูงสุดที่เครื่อง compressor ผลิตได้*** [3] วิธีปฏิบัติเมื่อมีการจัดซื้อก็คือการระบุอัตราการไหล ระดับความชื้นสัมพัทธ์และระดับความดันโดยระบุให้มีอัตราการไหลสูงสุดที่ความชื้นสัมพันธ์ 100 % ณ อุณหภูมิ และความดันขณะที่ลมอัดไหลออกจากเครื่อง after cooler

Air filter ทำหน้าที่กรองฝุ่นผง ไอพิษ ไอน้ำมันและอณูอื่นๆ การติดตั้งนอกจากควรจะมีอยู่ที่ air inlet ของเครื่อง compressor ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ก็ควรจะมีอีกชุดหนึ่งถัดจาก Air dryer เพื่อทำหน้าที่เป็น final filer filter ที่ใช้ต้องเชื่อถือได้ กล่าวคือเมื่อทดสอบกับ sodium flame test มาตรฐาน B.S 3928 ต้องมี penetration power ไม่มากกว่า 0.5% [3] ทั้งนี้ไม่ว่าอัตราการไหลของลมที่ออกจาก dryer จะช้าหรือเร็วถึงระดับสูงสุดที่เครื่องสามารถทำได้ นอกจากนี้ตำแหน่งของ filter ต้องอยู่ในที่ซึ่งสามารถเข้าไปดูแลบำรุงรักษาได้ง่าย เช่นการเปลี่ยนแผ่นกรอง

Air pressure control คืออุปกรณ์ควบคุมความดัน,โดยจะทำหน้าที่ลดความดันของลมอัดที่ผ่านออกมาจาก final filter ให้มาอยู่ในระดับที่เหมาะสมก่อนที่จะจ่ายไปสู่จุดใช้งาน โดยทั่วไประบบลมอัดของ ร.พ.ควรต้องสามารถผลิตความดันได้สูงถึง 105 PSIG ที่ห้องศูนย์จ่ายกลาง จากนั้นจึงถูกปรับลดลงด้วย pressure reducing valve ให้เหลือเป็น 100 PSIG หากนำไปใช้กับเครื่องมือผ่าตัด หรือเป็น 60 PSIG หากนำไปใช้กับเครื่องช่วยหายใจหรืออุปกรณ์การให้ออกซิเจนชนิดอื่นๆ ในระบบ duplex isolating valve และ relief valve จะให้ประโยชน์ในช่วงการซ่อมแซม โดยที่การจ่ายลมอัดให้กับวอร์ดต่างๆ จะเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

Air compressor control ประกอบด้วยแผงวงจรไฟฟ้าที่จะคอยควบคุมการทำงานของเครื่อง compressor ในระบบ duplex วงจรจะควบคุมให้เครื่องสลับกันทำงานหรือทำงานพร้อมกันหากเครื่องตัวเดียวผลิตลมได้ไม่ทันกับความต้องการ pressure switch จะควบคุมให้เครื่องเริ่มต้นและหยุดการทำงาน ในช่วงความดันที่เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกปรับได้ ตามต้องการ (manual rest cut in and cut out pressure) ส่วนกระแสไฟสู่แต่ละ compressor ก็ควรมาจากแต่ละ sub-circuit เพื่อประโยชน์ในช่วงการซ่อมแซม นอกจากนี้ควรมีไฟฉุกเฉินให้กับระบบเพื่อประโยชน์ในขณะไฟปกติขัดข้อง

Hours run meters เป็นมาตรวัดระยะเวลาการทำงานของเครื่อง compressure เพื่อเป็นเครื่องมือติดตามการบำรุงรักษา ทำให้การรักษาเป็นไปอย่างมีหลักเกณฑ์ มีระยะเวลาที่เหมาะสมแน่นอน

อุปกรณ์ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นทั้งหมดถ้าเป็นระบบที่สมบูรณ์ทุกชิ้นต้องเป็นระบบ duplex ทั้งนี้เพื่อให้ ร.พ.ได้มีลมอัดใช้อย่างต่อเนื่อง ในช่วงการบำรุงรักษาหรือการซ่อมแซมซึ่งในบางแห่งให้ความสำคัญกับปัญหานี้มากจนต้องจัดตั้งศูนย์จ่ายกลางสำรองที่ประกอบขึ้นจากท่อลมอัดแรงดันสูงควบคุมกันไปเพื่อสำรองไว้ในกรณีระบบปกติขัดข้อง

การกำหนดจุดใช้งาน การคำนวณปริมาณความต้องการ (outlet and flow requirement)

ปริมาณความต้องการลมอัดจะแปรตามจำนวนและประเภทของจุดใช้งาน ปริมาณความต้องการโดยรวมจากทุกๆ จุด จะนำไปสู่การกำหนดขนาดของเครื่อง compressure แนวทางการคำนวณตามวิธีการของแต่ละแหล่งอ้างอิงจะต่างกันไปบ้าง แต่โดยหลักการแล้วจะคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ มีรากฐานมาจาก การกำหนดอัตราการไหลของลมอัดต่อหนึ่งหัวจ่าย (flow per outlet) ตาม***ประเภท***หรือชนิดของหัวจ่าย หรือตำแหน่งการใช้งาน (location or type of outlet) โดยจะคำนึงด้วยว่า โอกาสถูกใช้งานพร้อมกันมีมากน้อยเพียงใด (% of simultaneous use) จากนั้นจึงนำข้อมูลอัตราการไหล จำนวนหัวจ่าย เปอร์เซนต์การถูกใช้งานมาคูณกันก็จะได้ปริมาณความต้องการต่อหนึ่งตำแหน่งหรือหนึ่งหัวจ่ายจากนั้นจึงนำปริมาณความต้องการของทุกตำแหน่งมารวมกันเพื่อเป็นความต้องการโดยรวมของโรงพยาบาล ดังตัวอย่างในตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3 แสดงการกำหนดความต้องการลมอัด คัดจาก "Pipe Gas Systems For Hospital - 2"[6]

CFM requirenant for air				
Outlet location (ตำแหน่งหัวจ่าย)	cfm at the outlet อัตราการไหล/หนึ่งหัวจ่าย	% of simultaneous use (โอกาสการถูกใช้งาน)	No of out let (จำนวนหัวจ่าย)	Total cfm จำนวนความต้องการ
Patient rooms	1	20		
Pre-mature, nursery	1	100		
Operating room, delivery	2	100		
Emergency-				
-Laboratory room	1	20		
Dental operation	3	100		
Recovery room	1	25		
Intensive care room	1	25		
			Total cfm required	

ตารางที่ 4 แสดงการกำหนดความต้องการลมอัด คัดจาก Preliminary Design Considerations For Medical Gas Distribution Systems [7]

Compressed air outlet Table for sizing compressors				
Location of outlet (ตำแหน่งหัวจ่าย)	Allowance cfm free air (อัตราการไหล/หัวจ่าย)		simultaneous use factor โอกาสถูกใช้งาน	Total cfm free air จำนวนความต้องการทั้งหมด
	*per Rm	per outlet		
Major operation Rm. Open heart, chest surgery, etc	1	-	100%	1.0
Major operation RM. General surgery	.75	-	100%	.75
Minor operation Rm,-dental eye, ear, nose, throat, cystoscopy, fracture, etc	.75	-	100%	.75
Delivery Rm.	.75		100%	.75
Recovery Rm.-post anesthesia, Intensive care- 1st outlet per patient 2nd outlet per patient 3rd outlet per patient		 .75 .75 .75	 100% 50% 25%	 .75 .375 .188

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Compressed air outlet Table for sizing compressors				
Location of outlet (ตำแหน่งหัวจ่าย)	Allowance cfm free air (อัตราการไหล/หัวจ่าย)		simultaneous use factor โอกาสถูกใช้งาน	Total cfm free air จำนวนความต้องการทั้งหมด
	*per Rm	per outlet		
Emergency Rm.		.5	100%	.5
Patient Rm. & wards (surgical		.5	20%	.1
laboratories		.5	20%	.1
Nurseries		.5	20%	.1
Treatment and examining Rm.		.5	20%	.1
Autopsy		.5	20%	.1
Respiratory therapy, central		.5	20%	.1
Supply, education, instruction				
Peak calculated demand (scfm) ----------				

(Aboue chart is based on free air SCFM @ 50 psi)

(*Max. per rm. regardless of no. of outlets in Free Air)

ตารางที่ 5 แสดงการกำหนดความต้องการลมอัด คัดจาก Oil-Free Air Compresors, Recomondation, Sizing [4]

Air compressor selection chart (sizing data)				
Location of outlet	CFM (at 50 PSI per outlet)	% of simultancous use	No of outlets	Total CFM required
Patient room	.25	20		
Premature (suspect-Nurseries, etc)	.5	100		
O.R,delivery, emergency	.5	100		
Recovery, ICU, CCU	.5	40		
Laboratories	.25	20		
Dental operation	5	100		
Dental prosthetic Laboratory	12	25		

Total free air ----------

ตารางที่ 6 แสดงการกำหนดความต้องการลมอัด คัดจาก Pipe medical gases, medical compressed air and medical vacuum installations [3]

Location of outlet	Flow requirement in l/min per/unit	Total flow required (l/min)
ตึกผ่าตัด		
-ขนาดไม่ใหญ่กว่า 8 ห้อง		
ห้องที่ 1	300	300
ห้องอื่นที่เหลือ	50	50x7
-ขนาด 9-16 ห้อง		
ห้องที่ 1 และ ห้องที่ 2	300	300x2
ห้องที่ 3-16	30	30x14
-ขนาดใหญ่ กว่า 16 ห้อง		
ห้องที่ 1-3	300	300x3
ห้องอื่นๆ	20	20xจำนวนห้อง
ห้องพักฟื้น		
-ขนาดไม่มากกว่า 8 เตียง	50	50x8
-ขนาด 9-12 เตียง		
เตียงที่ 1-8	50	50x8
เตียงที่ 9-12	30	30x4
-ขนาดใหญ่กว่า 12 เตียง		
เตียงที่ 1-8	50	50x8
เตียงอื่นๆ	25	25xจำนวนเตียง

ตารางที่ 6 (ต่อ)

Location of outlet	Flow requirement in l/min per/unit	Total flow required (l/min)
ไอ.ซี.ยู		
เตียงที่ 1-4	50	50x4
เตียงอื่นๆ	25	25xจำนวนเตียง
ทันตกรรม		
-ขนาด 1-5 unit	65	65x5
-ขนาด 6-10 unit		
unit 1-5	65	65x5
unit อื่นๆ	26	26xจำนวน unit
-ขนาด 11-30 unit		
unit 1-5	65	65x5
unit อื่นๆ	20	20xจำนวน unit
-ขนาด 31-80 unit		
unit 1-5	65	65x5
unit อื่นๆ	16	16xจำนวน unit
-ขนาดใหญ่กว่า 80 unit		
unit 1-5	65	65x5
unit อื่นๆ	13	13xจำนวน unit
จุดจ่ายตามแหล่งอื่นนอกเหนือจากที่กล่าวแล้ว		
จุดที่ 1-8	50	50x8
จุดอื่นๆ	10	10xจำนวนชุด
	Total free air	----------

การคัดแนวทางการคำนวนความต้องการลมอัดมาเขียนไว้ถึง 4 ตัวอย่าง ก็เนื่องจากในแต่ละตัวอย่างมีรายละเอียดเรื่องชนิดหรือตำแหน่งของหัวจ่ายไม่เหมือนกัน เพียงแต่คล้ายกัน ส่วนปริมาณอัตราการไหลของหนึ่งหัวจ่ายและโอกาสถูกใช้งานนั้นจะแตกต่างกัน ตัวเลขการคำนวณความต้องการโดยรวมจึงไม่เท่ากัน ซึ่งผู้ที่รับผิดชอบหรือผู้ที่สนใจจะได้ลองคำนวณเปรียบเทียบและพิจารณาเลือกตามความเหมาะสมของสถานพยาบาลนั้น ๆ เช่นสภาพเศรษฐฐานะ สภาพปัญหาผู้ป่วย ชนิดของ โรงพยาบาลเหล่านี้เป็นต้น โดยทั่วไปหากอิงค่าการคำนวณที่ทำให้การเลือกเครื่อง compressor มีขนาดใหญ่กว่า ย่อมดีกว่าและมั่นใจได้มากกว่าในเรื่องการมีลมอัดใช้อย่างพอเพียง แต่ก็จะสิ้นเปลืองงบประมาณมากกว่า ผู้ที่รับผิดชอบจะต้องเป็นผู้ตัดสินใจ

บทสรุป

ระบบลมอัดทางการแพทย์นับวันจะทวีความสำคัญและเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับ โรงพยาบาลทั่วไปมากขึ้นเรื่อยๆ แต่เดิมระบบนี้จะมี อยู่ใน โรงพยาบาลขนาดใหญ่ เช่น โรงเรียนแพทย์ หรือโรงพยาบาล ใน กทม. แต่ในปัจจุบันกระทรวงสาธารณสุข มุ่งที่จะยกระดับคุณภาพการรักษาพยาบาลให้กระจายออกไปสู่ชนบท เครื่องช่วยหายใจ ชนิดปรับปริมาตรและปรับเปอร์เซนต์ได้จัดเป็นอุปกรณ์จำเป็นพื้นฐานสำหรับ โรงพยาบาลศูนย์ และโรงพยาบาลทั่วไปทุกแห่ง เครื่องช่วยหายใจประเภทนี้ต้องใช้ควบคู่ไปกับระบบลมอัด เครื่องมือผ่าตัดหลายชนิดที่เลิกใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนมาใช้พลังงานลมแทน เด็กทารกแรกคลอดที่จำเป็นต้องรักษาด้วยเครื่องช่วยหายใจจะมีโอกาสรอดชีวิตสูงขึ้น แต่หากไม่มีระบบลมอัดใช้แม้จะรอดชีวิตก็จะมีอุบัติการณ์ตาบอดเกิดขึ้นสูงมาก เนื่องจากต้องสูดดม 100% O_2 ดังนั้นการมีระบบลมอัดใช้จึงเป็นสิ่งจำเป็น ปัญหาที่ผู้เขียนประสพมาด้วยตัวเองก็คือ บุคลากรของกระทรวงสาธารณสุข เช่นวิศวกรผู้ออกแบบ ห้องศูนย์จ่ายกลางแกส ไม่ทราบถึงความต้องการอันนี้ มักจะระบุให้เฉพาะระบบออกซิเจน ระบบไนตรัสออกไซด์ และระบบสูญญากาศ ในขณะที่บุคคลากรในโรงพยาบาลเอง ก็ไม่คุ้นเคยหรือมีประสพการณ์มากพอที่จะกำหนดความต้องการของตนเอง ทั้งนี้รวมถึงการควบคุมกำกับตรวจสอบหรือบำรุงรักษาระบบลมอัดที่ติดตั้งโดยผู้รับเหมาให้เป็นไปตามมาตรฐาน ปัญหาและอุปสรรคจึงมักเกิดตามมาเมื่อใช้งานไประยะหนึ่ง บทความชิ้นนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้สนใจได้ใช้เป็นแนวทางเพื่อการศึกษาค้นคว้าต่อไป ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์กับสถานพยาบาลแห่งนั้นตลอดไป

เอกสารอ้างอิง

1. Draft standard for public review, DR 80007
" Draft Australian Standard for Compressed Medical Breathing Air-Purity and Source" January 1980.
2. Anesthetic Equipment - Non flammable Medical Gas Pipeline Systems. Draft International standard., ISO/DIS 7396
3. Health Technical Memorandum No.22, Piped Medical Gases, Medical Compressed Air and Medical vacuum Installations. Department of health and social security. May 1972, new edition 1977.

4. Oil- free Air Compressors, Chemetron Medical Products, Form No. 61-00-0001 January 1977.
5. " Water Jeopadizes" Pnuematech inc. The preferred technology for non-cycling refrigerated air-gas dryers, Section 10-10-2 Bulletin A-7, Ecology minded.
6. Piped Gas Systems for Hospitals-2, by Lawrence. Gun. Senior Engineer, Frand K., Blas Plumbing & Heating Co. Detroit, Mich. Building Systems Design. Jan, 1973
7. Preliminary Design Considerations For Medical Gas Distribution Systems. The Sales Engineering Department of the Puritan-Benntt Corporation.