บทที่ 6

การออกแบบระบบแก๊สในโรงพยาบาล

ในการออกแบบระบบแก๊สในโรงพยาบาลสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่

1. การออกแบบแนวทางเดินท่อแก๊สทางการแพทย์และขนาดของท่อแก๊สทางการแพทย์จากจุดจ่ายแก๊สที่เข้าสู่อาคารจนถึงจุดปลายท่อที่จะนำแก๊สไปใช้งาน
2. การออกแบบระบบสัญญาณเตือนภัยโดยใช้ความดันภายในท่อเป็นตัวบ่งชี้

6.1. การออกแบบแนวการวางท่อแก๊สและขนาดของท่อแก๊สทางการแพทย์

สิ่งที่ต้องพิจารณาในการออกแบบระบบท่อ

1). อัตราการไหลของแก๊ส แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

อัตราการไหลที่หน่วยปลายทาง สำหรับแก๊สทางการแพทย์ที่ส่งตามท่อทุกชนิด และการติดตั้งเครื่องดูดสูญญากาศถูกกำหนดให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขของการไหลที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน(S.T.P)

อัตราการไหลในแนวท่อ อัตราการไหลจริงที่เกิดในแนวท่อ ซึ่งส่งไปยังหน่วยปลายทางจะขึ้นอยู่กับความดันที่ใช้งานในท่อ

2). ความดันของแก๊ส แบ่งการพิจารณาเป็น 2 ลักษณะ คือ

ความดันตกคร่อมภายในแนวท่อ คือ จะพิจารณาจากผนังของห้องจ่ายยาวไปตลอดแนวท่อจนถึงหน่วยปลายทาง ความดันตกคร่อมที่หน่วยปลายทาง จะพิจารณาความดันที่ตกคร่อมที่หน่วยปลายทางแต่ละหน่วยในขณะที่มีการจ่ายให้แก่โหลด

3). ลักษณะงานในพื้นที่ที่พิจารณา เช่น ห้องผ่าตัด ตึกพักฟื้น ห้องคลอด เป็นต้น

4). ขนาดของโหลด โดยคิดเป็นจำนวนเตียง จำนวนห้อง หน่วยปลายทาง

5). หน่วยปลายทางที่จะต่อเติมต่อไปเพื่อโหลดในอนาคต

6.1.1. อัตราการไหลของแก๊สและการออกแบบแนวการวางท่อ

อัตราการไหลในแนวท่อของออกซิเจน

1). อัตราการไหลที่กำหนดที่หน่วยปลายทางสำหรับออกซิเจนมีค่า 40 ลิตร/นาที ที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน ค่าที่กำหนดนี้ สามารถใช้ในบริเวณผู้ป่วยหนักซึ่งต้องการใช้ออกซิเจนในการเตรียมกำลังทางกลสำหรับเครื่องมือแพทย์บางชนิดเช่นเดียวกับการจ่ายให้แก่ผู้ป่วย

2). อัตราการไหลในแนวท่อของออกซิเจน

<u>ในห้องผ่าตัดใหญ่และแผนกสูตินรีเวช</u>

ความจุของท่อแยกย่อยไปสู่ห้องผ่าตัดใหญ่แต่ละห้องมีค่า 50 ลิตร/นาที

ความจุที่สามารถให้สำหรับไรเซอร์(riser) หรือ ดิสทริบิวเตอร์(distributor) จะ คิดตามจำนวนห้องที่เพิ่มขึ้นโดย

สำหรับห้องแรก	50 ลิตร/นาที
สำหรับห้องที่สองเพิ่ม	30 ลิตร/นาที
สำหรับแต่ละห้องที่เพิ่มขึ้นเพิ่ม	20 ลิตร/นาทีต่อห้อง

ขนาดท่อแยกย่อยหรือไรเซอร์ หรือ ดิสทริบิวเตอร์ ที่เข้าสู่ตึกพักฟื้น สามารถ คำนวณโดยใช้ค่าพื้นฐานคือ 20 ลิตร/นาทีต่อเตียง โดยมีข้อแตกต่างดังนี้

สำหรับ 8 เตียงแรก	100 เปอร์เซ็นต์
สำหรับ 9 – 12 เตียง	
8 เตียงแรก	100 เปอร์เซ็นต์
ส่วนที่เหลือ	60 เปอร์เซ็นต์
สำหรับ 13 – 16 เตียง	
8 เตียงแรก	100 เปอร์เซ็นต์
ส่วนที่เหลือ	50 เปอร์เซ็นต์
สำหรับ 17 เตียงขึ้นไป	
8 เตียงแรก	100 เปอร์เซ็นต์
ส่วนที่เหลือ	45 เปอร์เซ็นต์

สำหรับทุกแผนกอื่นๆ

สำหรับกิ่ง (branch) ที่จ่ายให้กับหน่วยปลายทางเดียว ให้คิดอัตราการไหลเป็น 20 ลิตร/นาที

สำหรับกิ่งที่จ่ายให้กับหน่วยปลายทางมากกว่า 1 หน่วย ให้เริ่มคิดที่หน่วยปลาย **ทางที่อยู่ห่างที่สุดมีอัตราการไหลเป็น 20 ลิตร/นาที โดยหน่วยอื่นๆ ถัดมา ให้คิดเพิ่มหน่วยละ 6 ลิตร/นาที และให้สันนิษฐานว่าไม่เกิน 1/4 ของหน่วยปลายทางที่ถัดจากหน่วยปลายทางสุดท้ายจะ ถูกใช้ในเวลาเดียวกัน**

3). ความดันที่หน่วยปลายทางที่ใช้งานของออกซิเจนคือ 3.9 บาร์ แต่ในการออก แบบแนวท่อของแก๊สออกซิเจนจะต้องคำนึงถึงความดันตกในแนวท่อคือ ความดันตกคร่อมในแนว ท่อจากจุดผลิตไปยังจุดจ่ายสำหรับออกซิเจนมีค่า 0.2 บาร์ รวมทั้งเผื่อสำหรับความดันตกสูงสุด

คร่อมหน่วยปลายทางมีค่า 0.035 บาร์ ภายใต้สภาวะของความดันใช้งานคือ 3.9 บาร์ และอัตราการไหลที่หน่วยปลายทางคือ 40 ลิตร/นาที

4). สำหรับออกซิเจนจะใช้ในทุกห้องที่ใช้ในการตรวจและรักษาผู้ป่วย

<u>อัตราการไหลในแนวท่อของไนตรัสออกไซด์</u>

1). อัตราการไหลที่กำหนดที่หน่วยปลายทางสำหรับไนตรัสออกไซด์มีค่า 20 ลิตร/นาที ที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน

2). อัตราการไหลในแนวท่อของไนตรัสออกไซด์

<u>ในห้องผ่าตัดใหญ่และแผนกสูตินรีเวช</u>

ความจุของท่อแยกย่อยไปสู่ห้องผ่าตัดใหญ่แต่ละห้องมีค่า 30 ลิตร/นาที

ความจุที่สามารถให้สำหรับไรเซอร์ หรือ ดิสทริบิวเตอร์ จะคิดตามจำนวนห้องที่เพิ่มขึ้นโดย

สำหรับห้องแรก	30 ลิตร/นาที
สำหรับห้องที่สองเพิ่ม	20 ลิตร/นาที
สำหรับแต่ละห้องที่เพิ่มขึ้นเพิ่ม	15 ลิตร/นาทีต่อห้อง

ขนาดท่อแยกย่อย หรือ ไรเซอร์ หรือ ดิสทริบิวเตอร์ ที่เข้าสู่ตึกพักฟื้น สามารถคำนวณโดยใช้ค่าพื้นฐานคือ 15 ลิตร/นาทีต่อเตียง โดยมีข้อแตกต่างดังนี้

สำหรับกิ่งที่จ่ายให้แก่หน่วยปลายทางหน่วยเดียวมีอัตราการไหล 20 ลิตร/นาที

สำหรับกิ่งที่จ่ายให้กับหน่วยปลายทางมากกว่า 1 หน่วย ให้เริ่มคิดที่หน่วยปลายทางที่อยู่ห่างที่สุดโดยมีอัตราการไหล 15 ลิตร/นาที โดยหน่วยอื่นๆ ที่อยู่ถัดมาให้คิดเพิ่มหน่วยละ 6 ลิตร/นาที

3). ความดันเกจปกติที่หน่วยปลายทางที่ใช้งานสำหรับไนตรัสออกไซด์คือ 3.9 บาร์ แต่สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบแนวท่อของไนตรัสออกไซด์คือ ความดันตกคร่อมในแนวท่อจากจุดผลิตไปยังจุดจ่ายสำหรับไนตรัสออกไซด์มีค่า 0.2 บาร์ รวมทั้งเผื่อสำหรับความดันตกสูงสุดคร่อมหน่วยปลายทางมีค่า 0.55 บาร์ ภายใต้สภาวะของความดันใช้งานคือ 3.9 บาร์ และอัตราการไหลที่หน่วยปลายทางคือ 275 ลิตร/นาที

4). ไนตรัสออกไซด์ เป็นแก๊สที่ใช้สำหรับห้องยาสลบ จึงใช้เฉพาะในห้องผ่าตัดเท่านั้น

อัตราการไหลในแนวท่อของสูญญากาศและปั๊ม

1. อัตราการไหลที่กำหนดที่หน่วยปลายทางสำหรับสูญญากาศมีค่าเท่ากับ 40 ลิตร/นาทีที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน

2. ขนาดของแนวท่อสูญญากาศและความจุของปั๊ม สามารถคำนวณได้โดยอาศัยอัตราการไหลในแนวท่อที่ออกแบบแสดงในเทอมของอากาศอิสระ(Free Air) ดังนี้

ห้องผ่าตัดที่ใช้งานแต่ละห้อง	80 ลิตร/นาทีของอากาศอิสระ
ห้องรมยาสลบแต่ละห้อง	40 ลิตร/นาทีของอากาศอิสระ
ตึกพักฟื้น	40 ลิตร/นาทีของอากาศอิสระต่อเตียง
หน่วยผู้ป่วยหนัก	20 ลิตร/นาทีของอากาศอิสระต่อเตียง

สำหรับแผนกที่มีห้องผ่าตัดมากกว่า 8 ห้อง ในการออกอัตราการไหลสำหรับแหล่งจ่ายสูญญากาศสู่ห้องผ่าตัด ห้องรมยาสลบ(และเตียงในตึกพักฟื้น) มีปัจจัยที่แตกต่างกันดังนี้

ห้องผ่าตัด ห้องรมยาและเตียงในตึกพักฟื้น

8 – 12	8 ส่วนแรก	100 เปอร์เซ็นต์
	ส่วนที่เหลือ	60 เปอร์เซ็นต์
13 – 16	8 ส่วนแรก	100 เปอร์เซ็นต์
	ส่วนที่เหลือ	50 เปอร์เซ็นต์
มากกว่า 16	8 ส่วนแรก	100 เปอร์เซ็นต์
	ส่วนที่เหลือ	45 เปอร์เซ็นต์

อัตราการไหลสำหรับตึกพักฟื้นควรจะแยกจากกัน ถ้าห้องพักฟื้นไม่ได้รับการจ่ายจากดิสทริบิวเตอร์ของห้องผ่าตัดและในกรณีนั้นจะใช้ปัจจัยต่างๆ ที่เหมือนกัน

วิธีการต่อไปนี้จะใช้สำหรับคำนวณหาอัตราการไหลของสูญญากาศจากพื้นที่ตึกพยาบาล

การออกแบบในส่วนพื้นที่ผู้ป่วยหนัก ควรออกแบบให้มีอัตราการไหล 12 ลิตร/นาทีต่อเตียง โดยมีอัตราการไหลต่ำสุด 40 ลิตร/นาที สำหรับแต่ละแนวท่อ สำหรับพื้นที่ผู้ป่วยที่ต้องการการเอาใจใส่ปานกลางและผู้ป่วยที่ช่วยเหลือตัวเองได้ ควรพิจารณาจาก

ตึกพยาบาลหรือพื้นที่สำหรับ 1 – 6 เตียง	40 ลิตร/นาที (รวม)
ตึกพยาบาลหรือพื้นที่สำหรับ 7 – 15 เตียง	สำหรับ 6 เตียงแรก 40 ลิตร/นาที
	แต่ละเตียงที่เหลือเพิ่มอีก 3.5 ลิตร/นาที
ตึกพยาบาลหรือพื้นที่ที่มากกว่า 16 เตียง	สำหรับ 6 เตียงแรก 40 ลิตร/นาที
	แต่ละเตียงที่เหลือเพิ่มอีก 2.5 ลิตร/นาที

ถ้าไม่สามารถนับจำนวนเตียงที่แน่นอนได้ ให้สันนิษฐานว่าไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ของหน่วยปลายทางของสูญญากาศ ในแต่ละแผนกอื่นๆ จะใช้อัตราการไหลสูงสุด 20 ลิตร/นาที

ต้องทำความเข้าใจให้กระจ่างว่ามีความแตกต่างระหว่างระดับของอากาศอิสระที่ ต้องการที่หน่วยปลายทางและระดับของปริมาณอากาศที่อยู่ในปั๊ม อย่างไรก็ตาม 100 ลิตร**ของ**อากาศอิสระสอดคล้องกับ 200 ลิตรของอากาศที่สูญญากาศที่ความดันต่ำกว่าความดันบรรยา**กาศ** 400 มิลลิเมตรปรอทและประมาณ 300 ของอากาศที่สูญญากาศที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ 500 มิลลิเมตรปรอท ระดับของอากาศบริสุทธิ์ที่ไหลในแนวท่อเท่ากับ 2 – 3 เท่าของระดับอัตราการ**ไหล**รวมที่ออกแบบได้ ซึ่งอยู่ในเทอมของอากาศอิสระ

3). ความดันที่หน่วยปลายทางที่ใช้งานของสูญญากาศคือ ต่ำกว่าความดันบรรยากาศ 400 มิลลิเมตรปรอท แต่ในการออกแบบแนวท่อของสูญญากาศจะต้องคำนึงถึงความ**ดัน**ตกในแนวท่อคือ ความดันตกคร่อมในแนวท่อจากจุดผลิตไปยังจุดจ่าย สำหรับสูญญากาศมีค่า 50 มิลลิเมตรปรอท รวมทั้งเผื่อสำหรับความดันตกสูงสุดคร่อมหน่วยปลายทางมีค่า 100 มิลลิเมตรปรอท ภายใต้สภาวะความดันที่ใช้งานคือ ต่ำกว่าความดันบรรยากาศ 400 มิลลิเมตรปรอท **และ**อัตราการไหลที่หน่วยปลายทางคือ 40 ลิตร/นาที

4). สำหรับสูญญากาศจะใช้ในทุกๆ ห้องที่ใช้ในการตรวจและรักษาผู้ป่วย โดย**จะ**ติดตั้งที่จะใช้งานควบคู่กับออกซิเจน

<u>อัตราการไหลในแนวท่อของเมดิคอลคอมเพลสแอร์(Medical Compressed Air) และคอมเพลสเซอร์ (Compressor)</u>

ขนาดแนวท่อของคอมเพลสแอร์ (Compressed Air) และขนาดของคอมเพลสเซอร์ **จะ**ขึ้นอยู่กับการไหลที่ได้ออกแบบโดยจะแสดงในเทอมของอากาศที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน

1). แต่ละหน่วยปลายทางของคอมเพลสแอร์ในทุกห้องผ่าตัดควรมีอัตราการไหลผ่าน 250 ลิตร/นาที ท่อย่อยสู่ห้องผ่าตัดแต่ละห้องต้องสามารถเก็บได้ 300 ลิตร/นาที สำหรับ**พื้นที่**อื่นๆ อัตราการไหลที่กำหนดที่หน่วยปลายทางเท่ากับ 50 ลิตร/นาที

2). ขนาดของไรเซอร์ หรือ ดิสทริบิวเตอร์ สามารถคำนวณได้โดยอยู่บนพื้นฐานที่แตกต่างกัน ดังนี้

<u>ห้องผ่าตัด</u>

สำหรับห้องผ่าตัดจำนวน 1 – 8 ห้อง

ห้องแรก	**300 ลิตร/นาที**
ห้องอื่นๆ ที่เหลือ	**50 ลิตร/นาทีต่อห้อง**

สำหรับห้องผ่าตัดจำนวน 9 – 16 ห้อง

สองห้องแรก	600 ลิตร/นาที
ห้องอื่นๆ ที่เหลือ	30 ลิตร/นาทีต่อห้อง

สำหรับห้องผ่าตัดจำนวน 17 ห้องขึ้นไป

สามห้องแรก	900 ลิตร/นาที
ห้องอื่นๆ ที่เหลือ	20 ลิตร/นาทีต่อห้อง

ตึกพักฟื้น

สำหรับ 1 – 8 เตียง	50 ลิตร/นาทีต่อเตียง

สำหรับ 9 – 12 เตียง

แปดเตียงแรก	50 ลิตร/นาทีต่อเตียง
เตียงอื่นๆ ที่เหลือ	30 ลิตร/นาที่ต่อเตียง

สำหรับ 13 เตียงขึ้นไป

แปดเตียงแรก	50 ลิตร/นาทีต่อเตียง
เตียงอื่นๆ ที่เหลือ	25 ลิตร/นาทีต่อเตียง

หน่วยหรือบริเวณที่ทำการรักษาผู้ป่วยหนัก

สี่เตียงแรก	50 ลิตร/นาทีต่อเตียง
เตียงอื่นๆ ที่เหลือ	25 ลิตร/นาทีต่อเตียง

หน่วยปลายทางอื่นๆ

แปดหน่วยปลายทางแรก	50 ลิตร/นาทีต่อหน่วยปลายทาง
หน่วยปลายทางอื่นๆ ที่เหลือ	10 ลิตร/นาทีต่อหน่วยปลายทาง

3). ความดันเกจปกติที่หน่วยปลายทางที่ใช้งานสำหรับคอมเพลสแอร์ คือ 6.9 บาร์ แต่สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบแนวท่อของคอมเพลสแอร์คือ ความดันตกคร่อมในแนวท่อจากจุดผลิตไปยังจุดจ่ายสำหรับคอมเพลสแอร์มีค่า 0.3 บาร์ รวมทั้งเผื่อสำหรับความดันตกสูงสุดคร่อมหน่วยปลายทางมีค่า 0.35 บาร์ ภายใต้สภาวะของความดันใช้งานคือ 6.9 บาร์ และอัตราการไหลที่หน่วยปลายทางคือ 250 ลิตร/นาที

4). การติดตั้งคอมเพลสแอร์เป็นอุปกรณ์หลักที่ต้องใช้สำหรับงานในห้องผ่าตัด ใช้สำหรับเครื่องช่วยหายใจในผู้ป่วยหนักและในตึกพักฟื้น

6.1.2. ขั้นตอนการออกแบบส่วนแนวท่อแก๊ส

1). ศึกษาแบบอาคารของโรงพยาบาลที่ต้องการจะออกแบบ โดยต้องกำหนดตำแหน่งของแพลนท์รูม (plant room) บริเวณของจุดจ่ายแก๊สเข้าสู่อาคารและชนิดของแก๊สที่ใช้ในห้องแต่ละห้อง

2). ออกแบบแนวทางเดินของท่อแก๊ส ทำการออกแบบวางทางเดินของท่อจากจุดจ่ายสู่หน่วยปลายทางแต่ละหน่วย โดยต้องคำนึงถึงสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้คือ

- ความปลอดภัย ในการวางแนวท่อต้องพยายามให้แนวท่อห่างจากบริเวณชุมชนและบริเวณใดๆ ที่อาจทำให้ท่อเสียหายหรือบริเวณที่มีสิ่งแวดล้อม ที่มีโอกาสทำให้แก๊สบางประเภทซึ่งมีคุณสมบัติไวต่อการเผาไหม้เกิด การระเบิดได้

- ลักษณะการใช้งานจริง ต้องคำนึงถึงความสะดวกของการนำแก๊สจากจุดปลายท่อไปใช้งานเช่น ในห้องที่มีการกำหนดบริเวณที่จะวางเตียงผู้ป่วย จุดที่เป็นจุดปลายท่อที่จะจ่ายแก๊สให้กับผู้ป่วยคือบริเวณเหนือหัวเตียง ในการวางแนวท่อย่อยต้องให้ท่อย่อยที่จะจ่ายแก๊สสู่ห้องนั้นเข้าสู่ห้อง ด้านที่ใกล้กับจุดปลายท่อมากที่สุด เพื่อความสะดวกในการติดตั้งชุดจ่ายแก๊ส

- ความประหยัด ควรคำนึงถึงความประหยัดในการติดตั้งแนวท่อเช่น ห้องที่มีลักษณะความต้องการการใช้แก๊สคล้ายคลึงกันถ้าห้องทั้งคู่มีผนังห้อง ติดกันเราสามารถวางแนวท่อย่อยที่จะจ่ายสู่ห้องทั้งสองเพียงท่อเดียว เพื่อความประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง

3). เขียนไดอะแกรมของแนวท่อ โดยการจำลองจากแนวท่อที่เราได้ออกแบบไปเขียนเป็นไดอะแกรมสำหรับส่วนต่อและส่วนแยกย่อยต่างๆ เพื่อความสะดวกในการคำนวณ

4). คำนวณหาอัตราการไหล โดยเริ่มคำนวณจากหน่วยปลายทางที่อยู่ห่างจากจุดจ่ายแก๊สมากที่สุดก่อน โดยอาศัยค่าอัตราการไหลที่กำหนดสำหรับกรณีต่างๆ แล้วคำนวณค่าอัตราการไหลในแต่ละส่วนอื่นๆ จากนั้นคำนวณค่าอัตราการไหลรวมทั้งหมดของแต่ละชั้นแล้วสุดท้ายจะได้อัตราการไหลรวมที่ต้องการจากแพลนท์รูม

5). หาขนาดท่อแก๊ส การหาขนาดท่อต้องทราบสิ่งต่างๆ ดังนี้

- ระยะทางจากจุดจ่ายแก๊สสู่หน่วยปลายทาง โดยค่านี้ต้องเป็นค่าความยาวจริงของท่อที่จะใช้ตามแนวทางการเดินท่อซึ่งสามารถหาได้โดยการวัด จากแบบอาคาร

- ความดันตกคร่อมส่วนแนวท่อ โดยคิดความดันตกคร่อมแนวท่อจากแพลนท์รูมสู่จุดจ่ายแก๊สที่เข้าสู่อาคาร โดยดูได้จากค่าที่กำหนดสำหรับแก๊สชนิดต่างๆ

- อัตราการไหล เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณในขั้นตอนที่ผ่านมาตัวอย่างการคำนวณ มักใช้การคำนวณในรูปของตาราง ดังนี้

ตารางที่ 6.1 การคำนวณอัตราการไหลใน main oxygen riser สำหรับชั้นที่ 2

ส่วนแนวท่อ	พื้นที่บริเวณให้บริการ	การคำนวณ	ลิตร/นาที ที่ S.T.P
A	ห้องผ่าตัด 15 ห้อง	ห้องแรก อัตราการไหล 50 ลิตร/นาที ห้องที่ 2 อัตราการไหล 30 ลิตร/นาที ห้องถัดๆ ไป ให้คิดห้องละ 20 ลิตร/นาที ดังนั้นจะได้ 50+30+(13X20)	340
B	ห้องผ่าตัด 2 ห้อง	50+30	80
C	A+B	340+80	420
D	ห้องคลอด 8 ห้องๆ ละ 1 เตียง รวม 8 เตียง	คิดเหมือนห้องผ่าตัด จะได้ 50+30+(6X20)	200
E	ห้องพักฟื้นหลังคลอด 3 เตียง	20X3	60
F	C+D+E	420+200+60	680
G	ห้องพัก 1 เตียง 11 ห้อง รวม 11 เตียง	8 ห้องแรกคิดห้องละ 20 ลิตร/นาที ที่เหลืออีก 3 ห้องคิดห้องละ 0.6X20 = 12 ลิตร/นาที จะได้ (8X20)+(3X12)	196
H	ห้องพัก 4 เตียง 12 ห้อง รวม 48 เตียง	8 ห้องแรกคิดห้องละ 20 ลิตร/นาที ที่เหลือคิดห้องละ 0.6X20 = 12 ลิตร/นาที จะได้ (8X20)+(4X12)	208
I	F+G+H	680+196+208	1084

6.2. การออกแบบระบบสัญญาณเตือนภัย สัญญาณเตือนภัยที่ใช้ภายในอาคารมี 2 ชนิด ได้แก่

1). โลคอลอะลาม (Local Alarm) ใช้ในแนวท่อหลักของแต่ละชั้น

2). แอเรียอะลาม (Area Alarm) ใช้ในแนวท่อที่จ่ายสู่ห้องผ่าตัดหรือส่วนอื่นๆ ที่ต้องการการดูแลเป็นพิเศษ

ลักษณะการทำงานของ โลคอลอะลามและแอเรียอะลาม

- อะลามทั้งสองชนิดจะทำงานเมื่อความดันในแนวท่อเพิ่มขึ้นหรือลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ของความดันที่ออกแบบไว้
- มีส่วนแสดงผลทางสายตาในแต่ละโมดูล (module) โดยกำหนดให้

แอลอีดี (LED) หลอดไฟสีเขียว แสดงสภาวะการทำงานปกติ

หลอดไฟสีแดงแสดงเมื่อมีสภาวะผิดปกติเกิดขึ้นในระบบ เมื่อระบบได้รับการแก้ไขแล้วไฟสีแดงจะต้องดับโดยอัตโนมัติ

3). มีการติดตั้งแผงควบคุมซึ่งแสดงสภาวะการทำงานของระบบรวมไว้ในห้องควบคุมที่มีเจ้าหน้าที่ฝ่ายเทคนิคประจำอยู่ตลอดเวลาและควรติดตั้งแผงควบคุมย่อยที่แสดงสภาวะการทำงานของระบบในแต่ละชั้นไว้ที่เนอร์สสเตชั่น (Nurse Station) โดยแผงควบคุมจะมีส่วนแสดงผลแบ่งเป็น 2 แบบ

ส่วนแสดงผลทางสายตา (LED) โดย

หลอดไฟสีเขียว แสดงสภาวะการทำงานปกติ

หลอดไฟสีแดงแสดงเมื่อมีสภาวะผิดปกติเกิดขึ้นในระบบ

ส่วนแสดงผลทางเสียง (Audible Indicator) โดยมีความดังของเสียงไม่ต่ำกว่า 80 เดซิเบล วัดที่ 1 เมตรจากตัวบ่งชี้และเป็นเสียงแบบต่อเนื่องและเมื่อระบบยังไม่ได้รับการแก้ไขควรมีการเตือนซ้ำทุกๆ 1/2 ชั่วโมงจนกระทั่งระบบได้รับการแก้ไขเมื่อเกิดสัญญาณเตือนขึ้นเจ้าหน้าที่สามารถกดรีเซ็ท (reset) ได้

แผงควบคุมที่เนอร์สสเตชั่นแต่ละชั้นจะรับสัญญาณจากโลคอลอะลามและแอเรียอะลามในแต่ละชั้น

แผงควบคุมที่ห้องคอนโทรล (control) จะรับสัญญาณจากโลคอลอะลามและแอเรียอะลามทั้งหมด

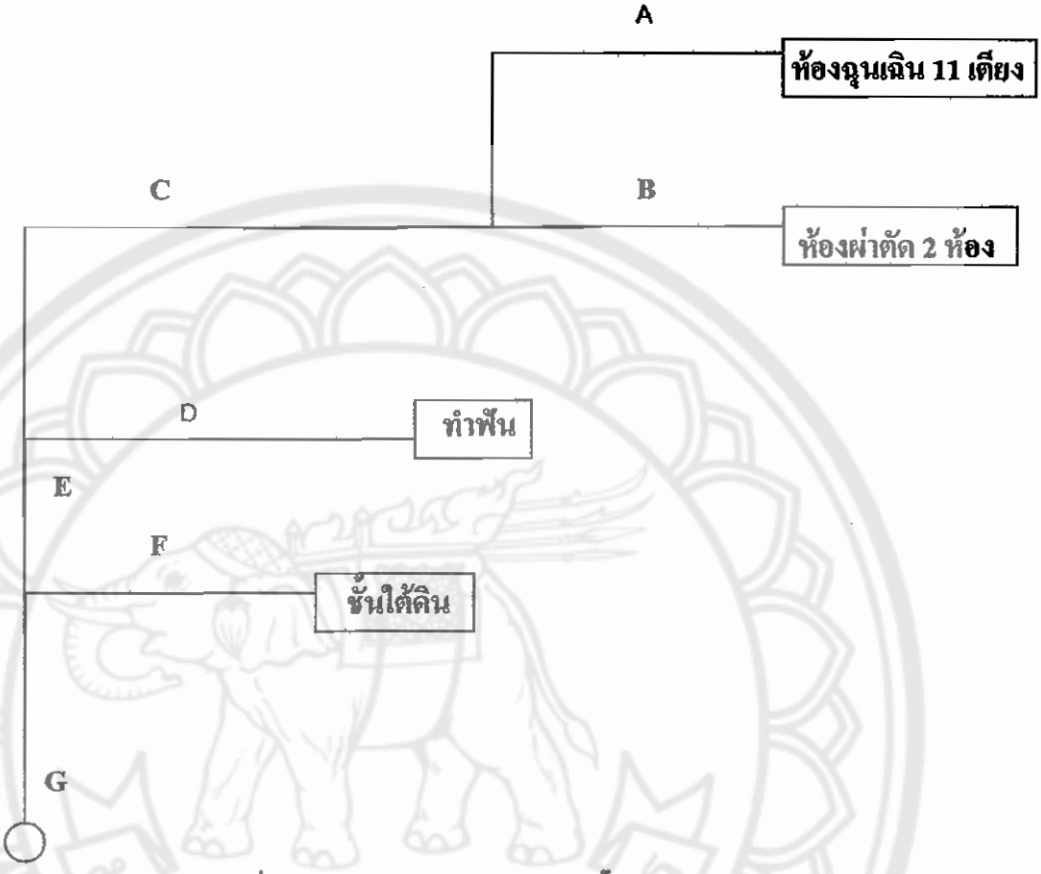
ขั้นตอนการออกแบบสัญญาณเตือนภัย

1). เลือกชนิดของสัญญาณเตือนภัยที่จะใช้ในระบบ โดยต้องดูว่าสัญญาณเตือนภัยที่จะใช้แต่ละชนิดเหมาะสำหรับงานลักษณะใด และสัญญาณเตือนภัยแต่ละตัวมีความสัมพันธ์กันอย่างไร รวมถึงต้องพิจารณาการทำงานของสัญญาณเตือนภัย เมื่อเกิดความผิดปกติขึ้นในระบบแก๊สแล้วระบบสัญญาณเตือนภัยจะแสดงภาวะผิดปกตินั้นให้แก่เจ้าหน้าที่ทราบอย่างไร (โดยปกติจะมีการแสดงความผิดปกติ 2 ลักษณะ ได้แก่ การแสดงผลทางสายตาและการแสดงผลทางเสียง) และเตือนไปยังจุดใดบ้าง และเมื่อมีการแก้ไขระบบแก๊สที่ผิดพลาดแล้วระบบสัญญาณเตือนภัยจะทำงานต่อไปอย่างไร

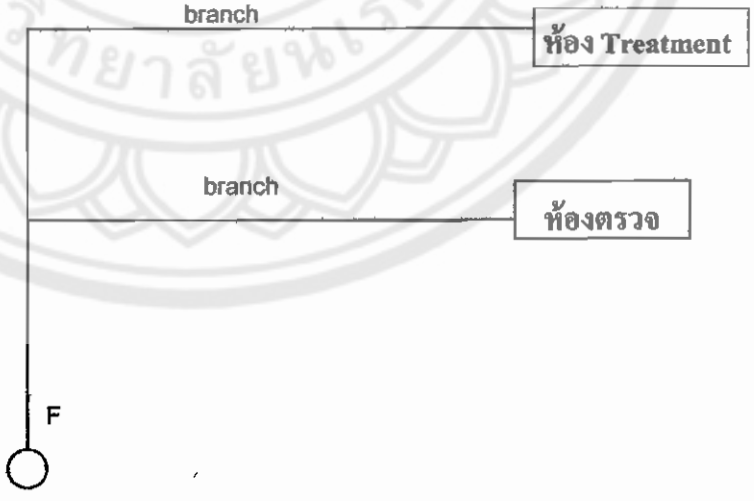
2). เลือกบริเวณที่จะติดสัญญาณเตือนภัย โดยต้องคำนึงถึงความเหมาะสมและความจำเป็นในการใช้งาน เช่นโดยปกติแล้วจะติดสัญญาณเตือนภัยชนิดโลคอลอะลาม (local alarm) ไว้บริเวณจุดจ่ายแก๊สเข้าสู่อาคารในแต่ละชั้น แต่สำหรับห้องผ่าตัดซึ่งเป็นพื้นที่ที่ต้องการการดูแลเป็นพิเศษ โดยระบบต้องมีความถูกต้องสูงก็สามารถเพิ่มแอเรียอะลาม (area alarm) ซึ่งเป็นสัญญาณเตือนภัยที่จำกัดเฉพาะบริเวณที่ต้องการการดูแลเป็นพิเศษ

3). คำนวณหาความดันในแนวท่อที่จะติดตั้งสัญญาณเตือนภัย โดยวิธีการคำนวณจะคล้ายกับการหาอัตราการไหลในแนวท่อคือ เริ่มคำนวณจากหน่วยปลายทางที่อยู่ห่างจากจุดจ่ายแก๊สมากที่สุดก่อน โดยใช้ค่าความดันในแนวท่อและความดันที่หน่วยปลายทางที่กำหนดสำหรับแก๊สแต่ละชนิดและคำนวณต่อไปตามไดอะแกรมของแนวทางเดินท่อ

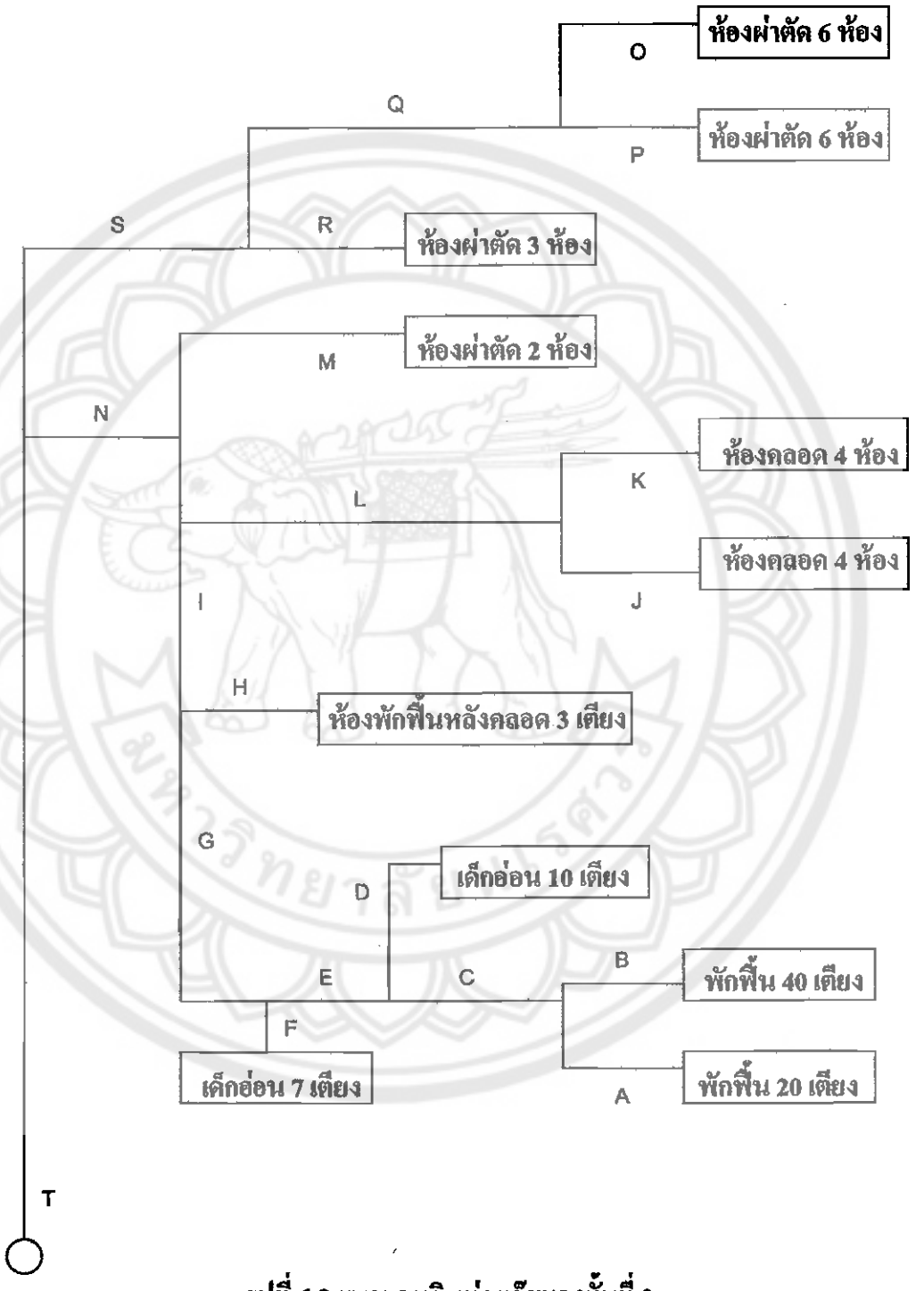
4). คำนวณหาขีดจำกัดของความดันสำหรับตั้งค่าทำงานของสัญญาณเตือนภัยแต่ละตัว โดยให้แสดงความผิดปกติของระบบทันทีที่ความดันเพิ่มขึ้นหรือลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ของความดันปกติในแนวท่อ



รูปที่ 6.1 แนวทางเดินท่อแก๊สของชั้นล่าง



รูปที่ 6.2 แนวทางเดินท่อแก๊สของชั้นใต้ดิน



รูปที่ 6.3 แนวทางเดินท่อแก๊สของชั้นที่ 2

รูปที่ 6.4 แนวทางเดินท่อแก๊สของชั้นที่ 4 - 9

ตารางที่6.2 ระบบแก๊สที่ใช้ในทางการแพทย์สำหรับโรงพยาบาลของชั้นล่าง

ส่วนแนวท่อ	พื้นที่ให้บริการ	ความยาวท่อ (เมตร)	ออกซิเจน		สุญญากาศ		คอมเพลสเซอร์แอร์				ไนตรัสออกไซด์	
			อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	ความดัน (บาร์)	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	ความดัน (mmHg)	ความดันสูง		ความดันต่ำ		อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	ความดัน (บาร์)
							อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	ความดัน (บาร์)	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	ความดัน (บาร์)		
A	ห้องฉุกเฉินจำนวน 11 เตียง	35.8	196	3.935	392	-500	-	-	430	7.25	-	-
B	ห้องผ่าตัด 2 ห้อง	16.3	80	3.935	160	-500	100	7.25	100	7.25	50	4.45
C	A + B	51.3	276	7.870	552	-1,000	100	7.25	530	14.50	50	4.45
D	ห้องทำฟัน	75	-	3.935	-	-500	2910	7.25	-	-	-	-
E	C + D	27.5	276	11.805	552	1,500	3010	14.50	530	14.50	50	4.45
F	ชั้นใต้ดิน	75	40	3.935	80	-500	-	-	-	-	-	-
G	E + F	22.5	316	15.740	632	-2,000	3010	14.50	530	14.50	50	4.45

ตารางที่6.3 ระบบแก๊สที่ใช้ในทางการแพทย์สำหรับโรงพยาบาลของชั้นที่ 2

ส่วนแนวท่อ	พื้นที่ให้บริการ	ความยาวท่อ (เมตร)	ออกซิเจน		สุญญากาศ		คอมเพลสเซอร์แอร์				ไนตรัสออกไซด์	
			อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	ความดัน (บาร์)	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	ความดัน (mmHg)	ความดันสูง		ความดันต่ำ		อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	ความดัน (บาร์)
							อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	ความดัน (บาร์)	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	ความดัน (บาร์)		
A	ห้องพักฟื้น 20 เตียง	14.5	268	3.935	536	-500	-	-	-	-	-	-
B	ห้องพักฟื้น 40 เตียง	43.7	448	3.935	896	-500	-	-	-	-	-	-
C	A+B	58.5	716	7.870	1,432	-1,000	-	-	-	-	-	-
D	เด็กอ่อน 10 เตียง	8.8	178	3.935	356	-500	-	-	-	-	-	-
E	C+D	7.8	894	11.805	1,788	-1,500	-	-	-	-	-	-
F	เด็กอ่อน 7 เตียง	8.3	140	3.935	280	-500	-	-	-	-	-	-
G	E+F	13.7	1,034	15.740	2,068	-2,000	-	-	-	-	-	-
H	พักฟื้นหลังคลอด 3 เตียง	2.5	60	3.935	120	-500	-	-	-	-	-	-
I	G+H	6.3	1,094	19.675	2,188	-2,500	-	-	-	-	-	-
J	ห้องคลอด 4 ห้อง	22.5	120	3.935	320	-500	-	-	450	7.25	120	4.45
K	ห้องคลอด 4 ห้อง	37.5	120	3.935	320	-500	-	-	450	7.25	120	4.45
L	J+K	9.3	240	7.875	640	-1,000	-	-	900	14.50	240	8.90
M	ห้องผ่าตัด 2 ห้อง	25	80	3.935	160	-500	350	7.25	350	7.25	60	4.45
N	I+L+M	55	1,414	31.480	2,988	-4,000	350	7.25	1250	21.75	300	13.35

ตารางที่6.3 ระบบแก๊สที่ใช้ในทางการแพทย์ของชั้นที่ 2 (ต่อ)

ส่วนแนวท่อ	พื้นที่ให้บริการ	ความยาวท่อ (เมตร)	ออกซิเจน		สุญญากาศ		คอมเพลสเซอร์แอร์				ไนตรัสออกไซด์	
			อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	ความดัน (บาร์)	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	ความดัน (mmHg)	ความดันสูง		ความดันต่ำ		อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	ความดัน (บาร์)
							อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	ความดัน (บาร์)	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	ความดัน (บาร์)		
O	ห้องผ่าตัด 6 ห้อง	28.3	160	3.935	480	-500	550	7.25	550	7.25	180	4.45
P	ห้องผ่าตัด 6 ห้อง	28.3	160	3.935	480	-500	550	7.25	550	7.25	180	4.45
Q	O + P	36.3	320	7.870	960	-1,000	1,100	14.50	1,100	14.50	360	8.90
R	ห้องผ่าตัด 3 ห้อง	28	100	3.935	240	-500	400	7.25	400	7.25	90	4.45
S	Q + R	56.3	420	11.805	1,200	-1,500	1,500	21.75	1,500	21.75	450	13.35
T	N + S	10.7	1,834	43.825	4,188	-5,500	1,850	29.00	2,750	43.50	750	26.70

ตารางที่6.4 ระบบแก๊สที่ใช้ในทางการแพทย์สำหรับโรงพยาบาลของชั้นที่ 4 – 9

ส่วนแนวท่อ	พื้นที่ให้บริการ	ความยาวท่อ (เมตร)	ออกซิเจน		สูญญากาศ		คอมเพลสแอร์ความดันต่ำ	
			อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	ความดัน (บาร์)	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	ความดัน (mmHg)	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	ความดัน (บาร์)
A	ห้องพักพื้นที่ 15 เตียง	22.5	230	3.935	71.5	-500	470	7.25
B	ห้องพักพื้นที่ 10 เตียง	32.5	184	3.935	54	-500	420	7.25
C	A + B	22	414	7.870	125.5	--1,000	890	14.50
D	ห้องพักพื้นที่ 16 เตียง	41.7	232	3.935	75	-500	480	7.25
E	C + D	10	646	11.805	200.5	-1,500	1,370	21.75
F	ห้องพักพื้นที่ 4 เตียง	15	80	3.935	40	-500	200	7.25
G	E + F	8.5	726	15.740	240.5	-2,000	1,570	29.00

หมายเหตุ *การคำนวณอัตราการไหลของแก๊สออกซิเจนคิดที่ความดันตกคร่อมแนวท่อเท่ากับ 0.21 บาร์

*การคำนวณอัตราการไหลของสูญญากาศคิดที่ความดันตกคร่อมแนวท่อเท่ากับ 30 มิลลิเมตรปรอท

*การคำนวณอัตราการไหลของแก๊สคอมเพลสแอร์ความดันคิดที่ความดันตกคร่อมแนวท่อเท่ากับ 0.14 บาร์

*การคำนวณอัตราการไหลของแก๊สไนตรัสออกไซด์คิดที่ความดันตกคร่อมแนวท่อเท่ากับ 0.14 บาร์

ตารางที่ 6.5 การหาขนาดท่อที่ใช้(คำนวณโดยใช้ตารางในภาคผนวก) สำหรับชั้นล่าง

ส่วนแนวท่อ	ระยะทางจากท่อ main (เมตร)	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)					ขนาดท่อที่ใช้ (ϕ ตารางมิลลิเมตร)				
		ออกซิเจน	สุญญากาศ	คอมเพลสแอร์ความดันสูง	คอมเพลสแอร์ความดันต่ำ	ไนตรัสออกไซด์	ออกซิเจน	สุญญากาศ	คอมเพลสแอร์ความดันสูง	คอมเพลสแอร์ความดันต่ำ	ไนตรัสออกไซด์
A	137	196	392	-	430	-	15	22	-	22	-
Branch	-	-	-	-	-	-	10	12	-	10	-
B	117.6	80	160	100	100	50	12	15	12	12	12
Branch	-	-	-	-	-	-	10	12	15	15	10
C	101.3	276	552	100	530	50	12	22	12	22	12
D	125	-	-	2,910	-	-	-	-	35	-	-
Branch	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-
E	50	276	552	3,010	530	50	12	22	35	22	12
F	97.5	40	80	-	-	-	10	12	-	-	-
Branch	-	-	-	-	-	-	10	12	-	-	-
G	22.5	316	632	3,010	530	50	15	22	35	22	12

ตารางที่ 6.6 การหาขนาดท่อที่ใช้(คำนวณโดยใช้ตารางในภาคผนวก) สำหรับชั้นที่ 2

ส่วนแนวท่อ	ระยะทางจากท่อ main (เมตร)	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)					ขนาดท่อที่ใช้ (ϕ ตารางมิลลิเมตร)				
		ออกซิเจน	สุญญากาศ	คอมเพลสแอร์ ความดันสูง	คอมเพลสแอร์ ความดันต่ำ	ไนตรัสออกไซด์	ออกซิเจน	สุญญากาศ	คอมเพลสแอร์ ความดันสูง	คอมเพลสแอร์ ความดันต่ำ	ไนตรัสออกไซด์
A	160.2	268	89	-	-	-	22	28	-	-	-
Branch	-	-	-	-	-	-	10	22	-	-	-
B	145.7	448	159	-	-	-	22	28	-	-	-
Branch	-	-	-	-	-	-	10	22	-	-	-
C	102	716	248	-	-	-	22	35	-	-	-
D	105.3	178	54	-	-	-	15	22	-	-	-
Branch	-	-	-	-	-	-	10	22	-	-	-
E	96.5	894	302	-	-	-	28	35	-	-	-
F	97	140	43.5	-	-	-	15	22	-	-	-
Branch	-	-	-	-	-	-	10	22	-	-	-
G	88.7	1,034	345.5	-	-	-	28	35	-	-	-
H	77.5	60	40	-	-	-	12	22	-	-	-
Branch	-	-	-	-	-	-	10	22	-	-	-
I	75	1,094	395.5	-	-	-	28	35	-	-	-
J	100.5	120	320	-	450	120	12	35	-	22	15
Branch	-	-	-	-	-	-	10	22	-	10	10

ตารางที่ 6.6 การหาขนาดท่อที่ใช้(คำนวณโดยใช้ตารางในภาคผนวก) สำหรับชั้นที่ 2 (ต่อ)

ส่วนแนวท่อ	ระยะทางจากท่อ main (เมตร)	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)					ขนาดท่อที่ใช้ (ϕ ตารางมิลลิเมตร)				
		ออกซิเจน	สุญญากาศ	คอมเพลสเซอร์ความดันสูง	คอมเพลสเซอร์ความดันต่ำ	ไนตรัสออกไซด์	ออกซิเจน	สุญญากาศ	คอมเพลสเซอร์ความดันสูง	คอมเพลสเซอร์ความดันต่ำ	ไนตรัสออกไซด์
K	115.5	120	320	-	450	120	12	35	-	22	15
Branch	-	-	-	-	-	-	10	22	-	10	10
L	78	240	640	-	900	240	15	42	-	22	15
M	93.7	80	160	350	350	60	12	28	22	22	12
Branch	-	-	-	-	-	-	10	22	15	15	10
N	68.7	1,414	1,195.5	350	1,250	300	28	54	22	28	22
O	131.6	160	480	550	550	180	15	42	22	22	15
Branch	-	-	-	-	-	-	10	22	15	15	10
P	113.4	160	480	550	550	180	12	42	22	22	15
Branch	-	-	-	-	-	-	10	22	15	15	10
Q	103.3	320	960	1,100	1,100	360	22	54	28	28	22
R	95	100	240	400	400	90	12	35	22	22	12
Branch	-	-	-	-	-	-	10	22	15	15	10
S	67	420	1,200	1,500	1,500	450	22	54	28	28	22
T	10.7	1,834	2,395.5	1,850	2,750	750	28	54	28	28	22

ตารางที่ 6.7 การหาขนาดท่อที่ใช้(คำนวณโดยใช้ตารางในภาคผนวก) สำหรับชั้นที่ 4 – 9

ส่วนแนวท่อ	ระยะทางจากท่อ main (เมตร)	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)					ขนาดท่อที่ใช้ (ϕ ตารางมิลลิเมตร)				
		ออกซิเจน	สุญญากาศ	คอมเพลสแอร์ความดันสูง	คอมเพลสแอร์ความดันต่ำ	ไนตรัสออกไซด์	ออกซิเจน	สุญญากาศ	คอมเพลสแอร์ความดันสูง	คอมเพลสแอร์ความดันต่ำ	ไนตรัสออกไซด์
A	63	230	71.5	-	470	-	15	22	-	22	-
Branch	-	-	-	-	-	-	10	12	-	10	-
B	72.5	184	54	-	420	-	12	15	-	12	-
Branch	-	-	-	-	-	-	10	12	-	15	-
C	40.5	414	125.5	-	890	-	12	22	-	22	-
D	60.2	232	75	-	480	-	-	-	-	-	-
Branch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	18.5	646	200.5	-	1,370	-	12	22	-	22	-
F	33.5	80	40	-	200	-	10	12	-	-	-
Branch	-	-	-	-	-	-	10	12	-	-	-
G	8.5	726	240.5	-	1,570	-	15	22	-	22	-

ตารางที่ 6.8 การหาขนาดท่อที่ใช้(คำนวณโดยใช้ตารางในภาคผนวก) สำหรับแนวท่อระหว่างชั้น

ส่วนแนวท่อ	ความสูงของชั้น	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)					ขนาดท่อที่ใช้ (ϕ ตารางมิลลิเมตร)				
		ออกซิเจน	สุญญากาศ	คอมเพลสแอร์ ความดันสูง	คอมเพลสแอร์ ความดันต่ำ	ไนตรัส ออกไซด์	ออกซิเจน	สุญญากาศ	คอมเพลสแอร์ ความดันสูง	คอมเพลสแอร์ ความดันต่ำ	ไนตรัส ออกไซด์
0* - 1	-	6,506	6,263	4,860	12,700	800	28	62	28	35	15
1 – 2	5.0	6,190	5,631	1,850	12,170	750	28	62	22	35	15
2 – 4	5.0	4,356	1,443	-	9,420	-	28	42	-	35	-
4 – 5	5.0	3,630	1,202.5	-	7,850	-	28	35	-	35	-
5 – 6	3.5	2,904	962	-	6,280	-	22	35	-	28	-
6 – 7	3.5	2,178	721.5	-	4,710	-	22	35	-	28	-
7 – 8	3.5	1,452	481	-	3,140	-	22	28	-	22	-
8 – 9	3.5	726	240.5	-	1,570	-	15	28	-	22	-

ตารางที่ 6.9 การติดตั้งสัญญาณเตือนภัยสำหรับชั้นล่าง

ส่วนแนวท่อ	แก๊ส	ความดันเตือนภัยสำหรับในแนวท่อ
B	ออกซิเจน	สูงกว่า 4.722 บาร์ และ ต่ำกว่า 3.148 บาร์
	สุญญากาศ	สูงกว่า –400 มิลลิเมตรปรอท และ ต่ำกว่า –600 มิลลิเมตรปรอท
	คอมเพลสแอร์ความดันสูง	สูงกว่า 8.7 บาร์ และ ต่ำกว่า 5.8 บาร์
	คอมเพลสแอร์ความดันต่ำ	สูงกว่า 8.7 บาร์ และ ต่ำกว่า 5.8 บาร์
	ในตรัสออกไซด์	สูงกว่า 5.34 บาร์ และ ต่ำกว่า 3.56 บาร์
D	ออกซิเจน	สูงกว่า 4.722 บาร์ และ ต่ำกว่า 3.148 บาร์
	สุญญากาศ	สูงกว่า –400 มิลลิเมตรปรอท และ ต่ำกว่า –600 มิลลิเมตรปรอท
	คอมเพลสแอร์ความดันสูง	สูงกว่า 8.7 บาร์ และ ต่ำกว่า 5.8 บาร์
F	ออกซิเจน	สูงกว่า 4.722 บาร์ และ ต่ำกว่า 3.148 บาร์
	สุญญากาศ	สูงกว่า –400 มิลลิเมตรปรอท และ ต่ำกว่า –600 มิลลิเมตรปรอท
G	ออกซิเจน	สูงกว่า 18.888 บาร์ และ ต่ำกว่า 12.592 บาร์
	สุญญากาศ	สูงกว่า –1,600 มิลลิเมตรปรอท และ ต่ำกว่า –2,400 มิลลิเมตรปรอท
	คอมเพลสแอร์ความดันสูง	สูงกว่า 26.1 บาร์ และ ต่ำกว่า 17.4 บาร์
	คอมเพลสแอร์ความดันต่ำ	สูงกว่า 17.4 บาร์ และ ต่ำกว่า 11.6 บาร์
	ในตรัสออกไซด์	สูงกว่า 5.34 บาร์ และ ต่ำกว่า 3.56 บาร์

ตารางที่ 6.10 การติดตั้งสัญญาณเตือนภัยสำหรับชั้นที่ 2

ส่วนแนวท่อ	แก๊ส	ความดันเตือนภัยสำหรับในแนวท่อ
A	ออกซิเจน	สูงกว่า 5.34 บาร์ และ ต่ำกว่า 3.56 บาร์
	สุญญากาศ	สูงกว่า –400 มิลลิเมตรปรอท และ ต่ำกว่า –600 มิลลิเมตรปรอท
B	ออกซิเจน	สูงกว่า 5.34 บาร์ และ ต่ำกว่า 3.56 บาร์
	สุญญากาศ	สูงกว่า –400 มิลลิเมตรปรอท และ ต่ำกว่า –600 มิลลิเมตรปรอท
I	ออกซิเจน	สูงกว่า 23.61 บาร์ และ ต่ำกว่า 15.74 บาร์
	สุญญากาศ	สูงกว่า –2,000 มิลลิเมตรปรอท และ ต่ำกว่า –3,000 มิลลิเมตรปรอท
L	ออกซิเจน	สูงกว่า 9.444 บาร์ และ ต่ำกว่า 6.296 บาร์
	สุญญากาศ	สูงกว่า –800 มิลลิเมตรปรอท และ ต่ำกว่า –1,200 มิลลิเมตรปรอท
	คอมเพลสแอร์ความดันต่ำ	สูงกว่า 17.4 บาร์ และ ต่ำกว่า 11.6 บาร์
	ในตรัสออกไซด์	สูงกว่า 10.68 บาร์ และ ต่ำกว่า 7.12 บาร์

ตารางที่ 6.10 การติดตั้งสัญญาณเตือนภัยสำหรับชั้นที่ 2 (ต่อ)

ส่วนแนวท่อ	แก๊ส	ความดันเตือนภัยสำหรับในแนวท่อ
M	ออกซิเจน	สูงกว่า 4.722 บาร์ และ ต่ำกว่า 3.148 บาร์
	สุญญากาศ	สูงกว่า –400 มิลลิเมตรปรอท และ ต่ำกว่า –600 มิลลิเมตรปรอท
	คอมเพลสแอร์ความดันสูง	สูงกว่า 8.7 บาร์ และ ต่ำกว่า 5.8 บาร์
	คอมเพลสแอร์ความดันต่ำ	สูงกว่า 8.7 บาร์ และ ต่ำกว่า 5.8 บาร์
	ไนตรัสออกไซด์	สูงกว่า 5.34 บาร์ และ ต่ำกว่า 3.56 บาร์
O	ออกซิเจน	สูงกว่า 4.722 บาร์ และ ต่ำกว่า 3.148 บาร์
	สุญญากาศ	สูงกว่า –400 มิลลิเมตรปรอท และ ต่ำกว่า –600 มิลลิเมตรปรอท
	คอมเพลสแอร์ความดันสูง	สูงกว่า 8.7 บาร์ และ ต่ำกว่า 5.8 บาร์
	คอมเพลสแอร์ความดันต่ำ	สูงกว่า 8.7 บาร์ และ ต่ำกว่า 5.8 บาร์
	ไนตรัสออกไซด์	สูงกว่า 5.34 บาร์ และ ต่ำกว่า 3.56 บาร์
P	ออกซิเจน	สูงกว่า 4.722 บาร์ และ ต่ำกว่า 3.148 บาร์
	สุญญากาศ	สูงกว่า –400 มิลลิเมตรปรอท และ ต่ำกว่า –600 มิลลิเมตรปรอท
	คอมเพลสแอร์ความดันสูง	สูงกว่า 8.7 บาร์ และ ต่ำกว่า 5.8 บาร์
	คอมเพลสแอร์ความดันต่ำ	สูงกว่า 8.7 บาร์ และ ต่ำกว่า 5.8 บาร์
	ไนตรัสออกไซด์	สูงกว่า 5.34 บาร์ และ ต่ำกว่า 3.56 บาร์
R	ออกซิเจน	สูงกว่า 4.722 บาร์ และ ต่ำกว่า 3.148 บาร์
	สุญญากาศ	สูงกว่า –400 มิลลิเมตรปรอท และ ต่ำกว่า –600 มิลลิเมตรปรอท
	คอมเพลสแอร์ความดันสูง	สูงกว่า 8.7 บาร์ และ ต่ำกว่า 5.8 บาร์
	คอมเพลสแอร์ความดันต่ำ	สูงกว่า 8.7 บาร์ และ ต่ำกว่า 5.8 บาร์
	ไนตรัสออกไซด์	สูงกว่า 5.34 บาร์ และ ต่ำกว่า 3.56 บาร์
T	ออกซิเจน	สูงกว่า 52.59 บาร์ และ ต่ำกว่า 35.06 บาร์
	สุญญากาศ	สูงกว่า –4400 มิลลิเมตรปรอท และ ต่ำกว่า –6600 มิลลิเมตรปรอท
	คอมเพลสแอร์ความดันสูง	สูงกว่า 34.8 บาร์ และ ต่ำกว่า 23.2 บาร์
	คอมเพลสแอร์ความดันต่ำ	สูงกว่า 52.2 บาร์ และ ต่ำกว่า 34.8 บาร์
	ไนตรัสออกไซด์	สูงกว่า 32.04 บาร์ และ ต่ำกว่า 21.36 บาร์

ตารางที่ 6.11 การติดตั้งสัญญาณเตือนภัยสำหรับชั้นที่ 4 – 9

ส่วนแนวท่อ	แก๊ส	ความดันเตือนภัยสำหรับในแนวท่อ
C	ออกซิเจน	สูงกว่า 9.444 บาร์ และ ต่ำกว่า 6.296 บาร์
	สุญญากาศ	สูงกว่า –800 มิลลิเมตรปรอท และ ต่ำกว่า –1,200 มิลลิเมตรปรอท
	คอมเพลสแอร์ความดันต่ำ	สูงกว่า 17.4 บาร์ และ ต่ำกว่า 11.6 บาร์
G	ออกซิเจน	สูงกว่า 18.888 บาร์ และ ต่ำกว่า 12.592 บาร์
	สุญญากาศ	สูงกว่า –1,600 มิลลิเมตรปรอท และ ต่ำกว่า –2,400 มิลลิเมตรปรอท
	คอมเพลสแอร์ความดันต่ำ	สูงกว่า 34.8 บาร์ และ ต่ำกว่า 23.2 บาร์