ระบบอัดอากาศ เพื่อความปลอดภัยโดยการควบคุม ควันไฟบันไดหนีไฟและโถงลิฟต์ดับเพลิงในอาคารสูง

ชัชวาลย์ คุณค้ำชู
ที่ปรึกษา สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย
อดีตนายกสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย (พ.ศ.2548-2549)
กรรมการสภาวิศวกร สมัยที่ 5 และ สมัยที่ 6

พรบ.ควบคุมอาคาร 2522 ได้ออกกฎกระทรวง 33 (พ.ศ.2535) เกี่ยวกับความปลอดภัยของอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่ โดยเป็นกฎกระทรวงฉบับแรกที่คำนึงถึงความปลอดภัยของผู้คนที่ใช้สอยอาคารจากอัคคีภัยอย่างสมบูรณ์ จึงได้กำหนดให้อาคารต้องจัดให้มีระบบจัดการ สนันสนุนให้เกิดความปลอดภัยในอาคารให้อาคารและผู้คนสามารถช่วยเหลือตนเองได้ก่อนระดับหนึ่ง จนกว่าหน่วยงานช่วยเหลือหรือพนักงานดับเพลิงจะมาถึง อันได้แก่ การกำหนดให้มีระบบดับเพลิงแบบท่อยืน (Stand Pipe System) ระบบป้องกันเพลิงไหม้อัตโนมัติ (Automatic Water Sprinkler)ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm System) และระบบระบบอัดอากาศเพื่อ

ควบคุมควันไฟบันไดหนีไฟและโถงลิฟต์ดับเพลิง (Staircase Pressurized and Smoke Control System) บันไดหนีไฟ นอกจากนั้นกระทรวงอุตสาหกรรมยังได้ออกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ฉบับที่ 4407 (พ.ศ.2555) ได้ออกข้อกำหนดในการป้องกันอัคคีภัย เกี่ยวกับระบบอัดอากาศเพื่อ

ควบคุมควันไฟซึ่งวิศวกรปรับอากาศพึงรู้เพื่อให้การออกแบบสมบูรณ์ สอดคล้องกับกฎหมาย จึงขอแนะนำรายละเอียดที่ต้องพิจารณาคือ

อาคารที่ต้องมีระบบอัดอากาศในการควบคุมควันไฟตามกฎหมายควบคุมอาคาร

ได้แก่อาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 23 เมตรขึ้นไป ต้องมีบันไดหนีไฟไม่น้อยกว่าสองตัวและห่างกันไม่เกิน 60 เมตรวัดตามระยะทางเดิน ก่อสร้างด้วยวัสดุที่มีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชม

โดยบันไดหนีไฟภายในอาคารที่อยู่ติดกับขอบอาคารอาจมีระบบระบายควันไฟด้วยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) โดยมีช่องระบายอากาศต้องมีพื้นที่เปิดไม่น้อยกว่า 1.4 ตารางเมตรต่อชั้น และเปิดระบายลมสู่ภายนอกอาคาร หรือมีระบบระบายควันไฟด้วยทางกล (Mechanical Ventilation) ก็ได้

บันไดหนีไฟที่อยู่ภายในกลางอาคารต้องมีระบบระบายควันไฟด้วยวิธีทางกล (Mechanical Ventilation) โดยการติดตั้งระบบอัดอากาศที่ทำงานโดยอัตโนมัติหรือด้วยมือเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้

อาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษที่พื้นอาคารส่วนที่ต่ำกว่าระดับถนนหน้าอาคารตั้งแต่ชั้นที่ 3 ลงไป หรือต่ำกว่าระดับถนนหน้าอาคารตั้งแต่ 7 เมตร ลงไป ต้องจัดให้มีบันไดหนีไฟมีการปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟมีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 1 ชมและมีระบบอัดอากาศเพื่อป้องกันควันไฟ

โถงลิฟต์ดับเพลิงต้องมีพื้นที่ไม่น้อยกว่า 6 ตารางเมตร มีการป้องกันคงวันไฟเช่นเดียวกับบันไดหนีไฟภายในอาคารเพื่อควบคุมควันไฟ ระบบอัดอากาศโถงลิฟต์ดับเพลิงต้องทำงานได้โดยอัตโนมัติ

ระบบอัดอากาศต้องต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าสำรองฉุกเฉินจ่ายให้ระบบอัดอากาศทำงานได้ทันที

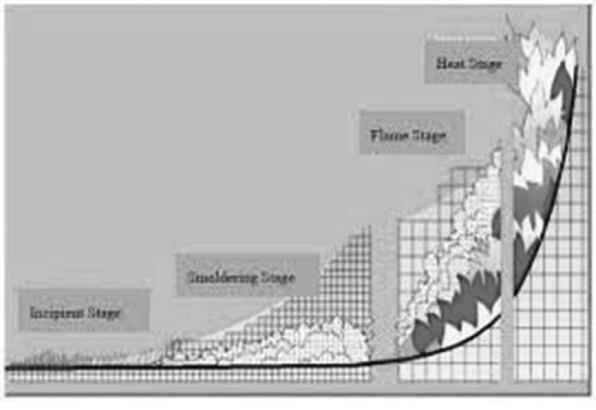
พัดลมอัดอากาศต้องนำอากาศเข้าจากภายนอกอาคารจากตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้ดูดควันย้อนเข้าสู่บันไดหนีไฟและโถงลิฟต์ดับเพลิง

ทางเข้าของอากาศ พัดลมระบบอัดอากาศต้องอยู่ห่างออกจากช่องระบายควันไฟของระบบระบายควันไฟ ช่องเปิดระบายควันไฟ และความร้อนที่หลังคา ช่องระบายอากาศทั่วไปที่ทิ้งออกจากอาคาร ช่องเปิดระบายอากาศของปล่องลิฟต์ และช่องเปิดใด ๆ ของอาคารที่สามารถปล่อยควันไฟในระหว่างเกิดเหตุเพลิงไหม้

การออกแบบ การติดตั้ง การทำงานของระบบอัดอากาศในการควบคุมควันไฟสำหรับอาคาร บันไดหนีไฟและโถงลิฟต์ดับเพลิง

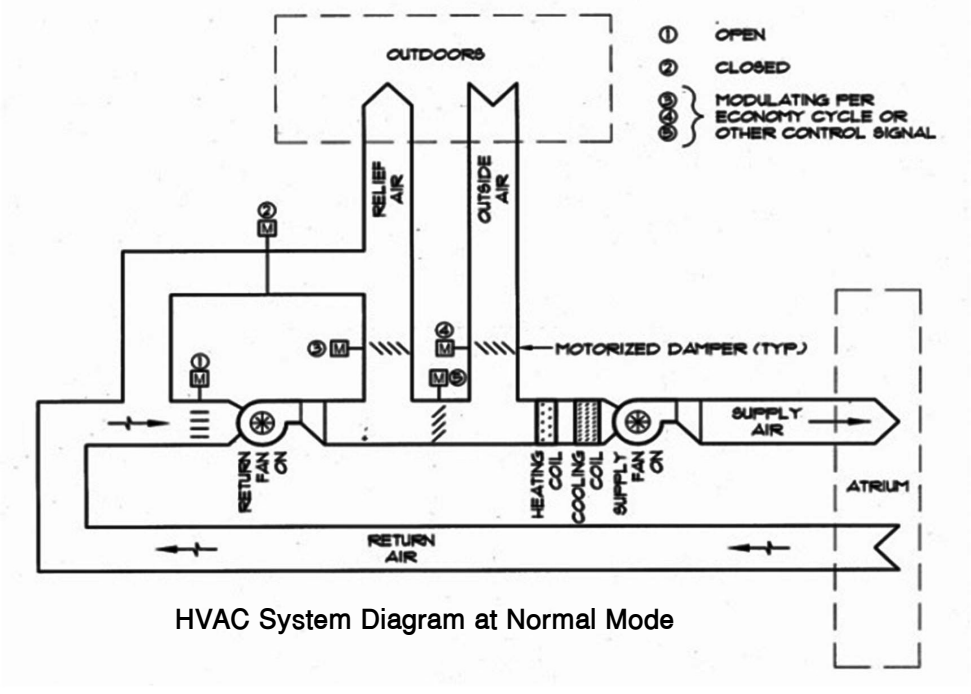
ซึ่งในอาคารสูงมีบันไดหนีไฟและลิฟต์ดับเพลิงที่ปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟและต้องป้องกันควันไฟไม่ให้เข้าสู่ส่วนปิดล้อมทนไฟตามกฎหมายควบคุมอาคาร

เมื่อเกิดการเผาไหม้ขึ้นควันไฟก็ก่อตัวขึ้นจากการไหม้ของ วัสดุเชื้อเพลิงไม่ว่าจะเป็นไม้ ผ้า สารเคมี ซึ่งควันไฟที่เกิดขึ้นประกอบด้วย ฝุ่นละอองสารแขวนลอยที่เกิดจากการเผาไหม้ น้ำและก๊าซ ผสมผสานลอยปั่นป่วนอยู่ในอากาศตามความดันที่เพิ่มขึ้น

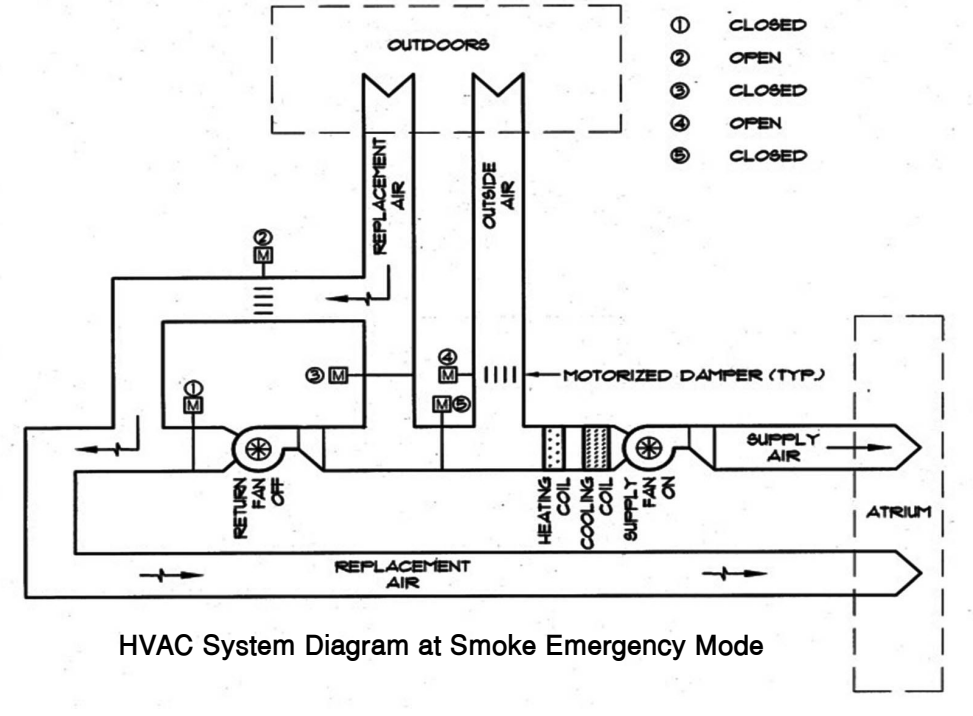


การออกแบบระบบอัดอากาศจะต้องพิจารณาเงื่อนไขข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในอาคาร โดยต้องออกแบบให้สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดจากสาเหตุสภาวะต่างๆได้แก่ การมีการใช้งานระบบปรับอากาศ, ระบบระบายอากาศ, Stack Effect, Bouyancy, Fume Expansion, WindEffect, Air Duct, Building Fume

ระบบปรับอากาศ จะสร้างปัญหาให้การแพร่กระจายของควันไฟและเปลวไฟได้โดยเร็วผ่านทางท่อลมไปสู่ส่วนต่างๆ ของอาคารโดยพัดลม แต่อย่างไรก็ตามระบบปรับอากาศยังสามารถนำมาใช้ในการควบคุมควันไฟได้ด้วยเช่นกัน โดยต้องมีการเตรียมการในการขั้นตอนออกแบบ(ดูรูปประกอบ)



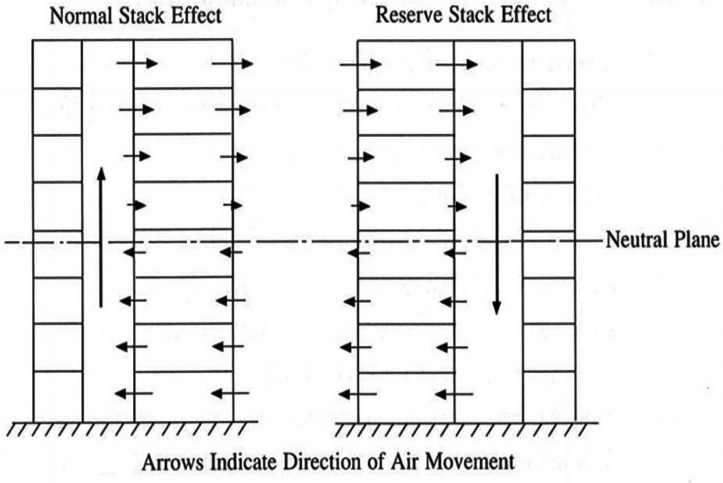
HVAC System Diagram at Normal Mode



HVAC System Diagram at Smoke Emergency Mode

ระบบระบายอากาศ ขณะเพลิงไหม้ทำให้การควบคุมควันไฟยุ่งยากมากขึ้น เนื่องจากการแพร่กระจายของควันไฟอันเกิดจากปริมาณลม ความเร็วลม ทิศทางการไหลเวียนของลม

Stack Effect ทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ขึ้นลงของควันในช่องเปิดหรือ ปล่องลิฟต์เปลี่ยนแปลงไป โดยที่ในประเทศที่อากาศหนาวเย็นเวลาเกิดไฟไหม้ควันไฟจะเป็นไปในทิศที่ไหลขึ้น (Normal Stack Effect)ในประเทศที่อากาศร้อนก็จะเป็นไปในทิศที่ไหลตรงกันข้ามคือควันไฟไหลย้อนลงได้ (Reverse Stack Effect) ดูรูปประกอบ



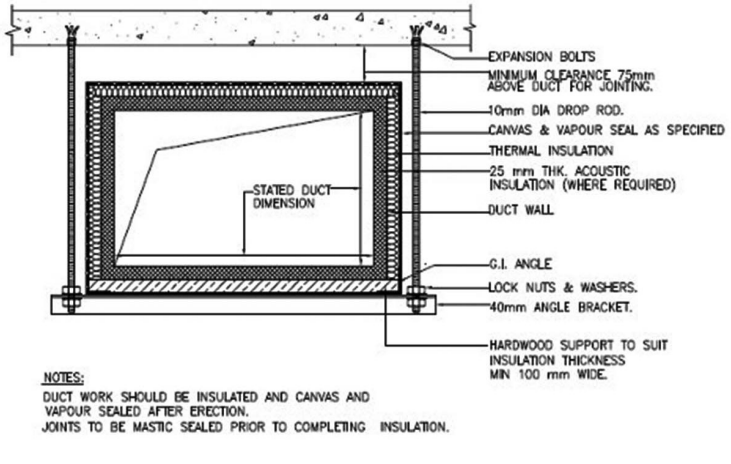
Stack Effect Flow Direction

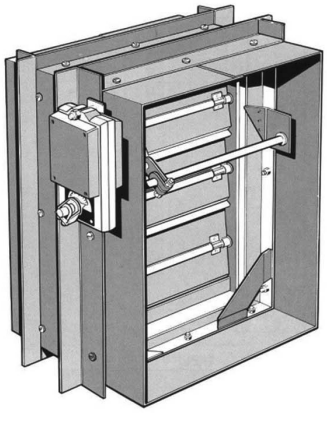
Bouyancy การลอยตัว ส่วนใหญ่มักจะเรียกว่าแรงลอยตัว (Bouyancy Force) การที่ควันไฟลอยตัวขึ้นสูงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ความหนาแน่นควันไฟน้อยลงควันเกิดการแพร่กระจายไปห่างจากแหล่งกำเนิดควันได้เพราะการลอยตัวของควันเอง

Fume Expansion ความร้อนทำให้เกิดการขยายตัวของอากาศ โดยอัตราการขยายตัวขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่สูงขึ้น อากาศเย็นที่เข้ามาปะทะ กับควันร้อนจะถูกทำให้ขยายตัวอย่างรวดเร็วและหลายเท่าตัว

Wind Effect ทิศทางอาคารในด้านที่ปะทะกับลมธรรมชาติในกรณีเกิดเพลิงไหม้จะเกิดปรากฏการณ์ Infiltration มีอากาศแทรกเข้ามาตามรอยแตก หรือกรอบกระจก บางทีก็จากการแตกของกระจกที่ได้รับความร้อนแล้วระเบิดตัวเอง ลมนี้อาจเป็นการไปเติม Oxygen ให้อาคารและเพลิงก็ขยายตัวจะลุกโชนต่อไป ส่วนในทิศตรงข้ามของอาคารก็จะเกิดปรากฏการณ์ Exfiltration ซึ่งเป็นการดีต่อการระบายควัน เพราะเป็นการเร่งระบายควันออกไปจากอาคาร

Air Duct ท่อลมเป็นตัวส่งเสริมทำให้การแพร่ของควันและไฟเร็วขึ้น สามารถนำไฟและควันไปสู่ที่ต่างๆ ที่ท่อลมไปถึง จึงต้องใช้ท่อลมแบบ Fire Rate Duct และติดตั้งลิ้นกันควันและกันไฟเพิ่มด้วย



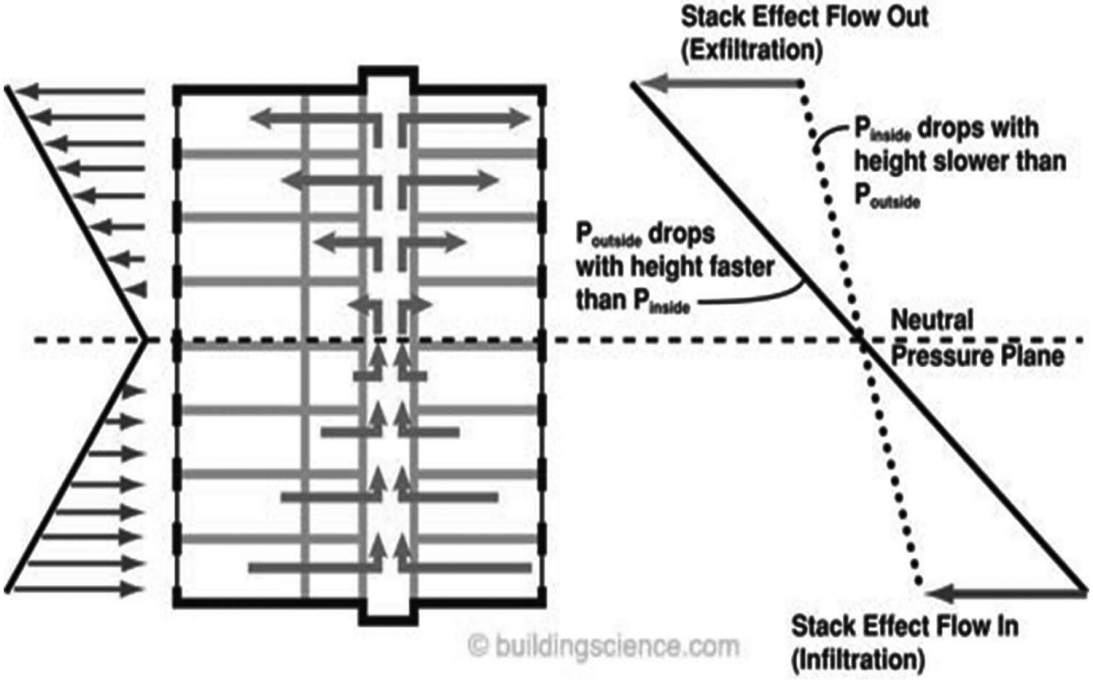


TYPICAL DUCT WORK SUPPORT DETAILS.

Fire Rate Duct, Fire And Smoke Damper

อาคารสูงที่เกิดปรากฏการณ์ stack effect ปรากฏการณ์นี้เกิดจากแรงลอยตัวของอากาศร้อนก่อให้เกิดอากาศเย็นเข้ามาแทนที่ในอาคาร รวมถึงปรากฏการณ์piston effectของลิฟต์ที่เคลื่อนขึ้นลงทำให้เกิดสภาวะการเคลื่อนที่ของอากาศในช่องลิฟต์เหมือนการสูบและการอัดอากาศของกระบอกสูบก่อให้เกิดการพาควันผ่านช่องเปิด ช่องท่อ ประตูหน้าต่าง บานประตูลิฟต์เข้าไปในพื้นที่และเข้าไปในปล่องลิฟต์ จึงต้องมีการป้องกันช่องเปิดที่ทะลุผ่านผนังทนไฟในพื้นที่ที่ต่อเชื่อมกับพื้นที่ต่างๆ โถงลิฟต์ โดยการติดตั้ง ลิ้นกันไฟและกันควัน (Fire and Smoke Damper) ซึ่งจะทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อถึงอุณหภูมิที่กำหนดไว้ ทำการป้องกันไม่ให้ควันและไฟแพร่กระจายไปยังส่วนอื่นของชั้นโถงลิฟต์ อุปกรณ์ลิ้นกันไฟและกันควันนี้ต้องมีอัตราทนไฟได้ไม่น้อยกว่าอัตราทนไฟของโครงสร้างที่ไปติดตั้งไว้

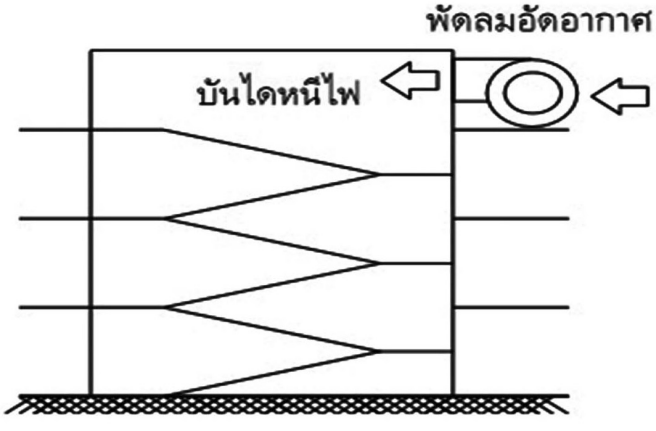
ทั้งนี้จะต้องคำนึงถึงการป้องกันช่องท่อของงานระบบ ช่องเปิดในแนวดิ่ง ด้วยการปิดช่องช่องเปิดทะลุพื้นด้วยวัสดุทนไฟเพื่อป้องกันควันและไฟลามช่องเปิดทะลุผ่านพื้นผนัง รวมถึงการติดตั้งท่องานระบบ ช่องทิ้งขยะ ปล่องลิฟต์ ช่องเปิดอื่นๆ



Building Fume การเกิดเพลิงไหม้ ก่อให้เกิดควันไฟมากมหาศาล และเมื่อมีช่องเปิด ณ จุดใดของอาคาร ควันก็จะเล็ดลอดออกมาและเกาะเป็นฟิลมห่อหุ้มตัวอาคาร ดังนั้นตำแหน่งติดตั้งพัดลมอัดอากาศต้องไม่มีหน้ากากท่อดูดอากาศบริสุทธ์อยู่ในที่ที่ดูดควันที่ห่อหุ้มตึก ข้อจำกัดนี้เกิดขึ้นมากจากการไม่มีตำแหน่งติดตั้งพัดลม

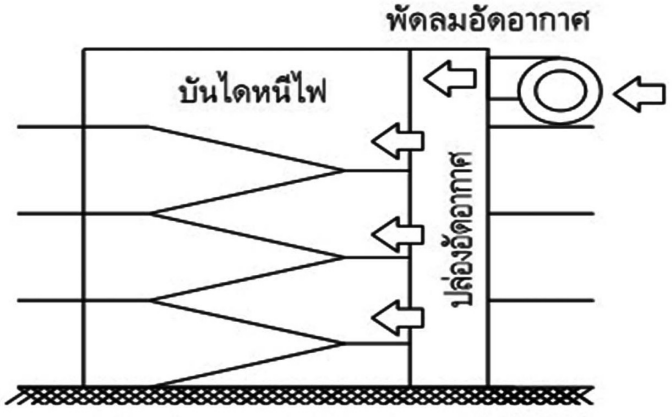
ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟและโถงลิฟต์ดับเพลิง (Staircase Pressurized System)

หมายถึง การใช้พัดลมส่งลมเข้าไปในช่องบันไดหนีไฟและโถงลิฟต์ดับเพลิง โดยอัดเข้าช่องบันไดโดยตรงหรือผ่านท่อลมที่ติดตั้งเข้ากับช่องบันไดหนีไฟเพื่อใช้ส่งลมและสร้างความดันอากาศให้ได้ค่าตามที่กำหนดคือ 38.6 pa ป้องกันการไหลของควันไฟเข้าสู่ช่องบันได



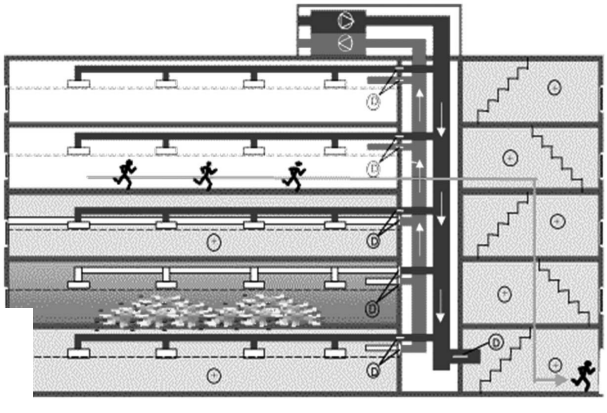
Staircase Pressurized System Single Injection

ก. ระบบอัดอากาศโดยตรง (Staircase Pressurized System Single Injection) หมายถึง การอัดอากาศเข้าในบันไดหนีไฟหรือโถงลิฟต์ดับเพลิงจากตำแหน่งเดียวหรือจากจุดเดียวโดยตรง



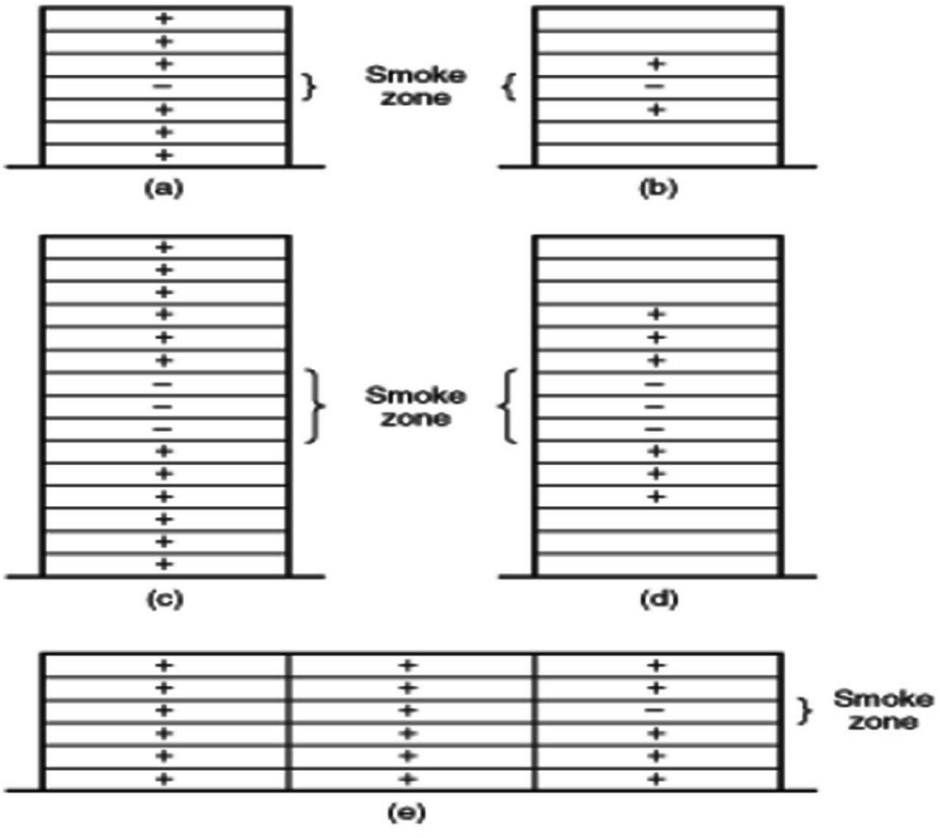
Staircase Pressurized System Multiple Injection

ข. ระบบอัดอากาศแบบหลายจุด (Staircase Pressurized System Multiple Injection) หมายถึง ชนิดของระบบควบคุมควันไฟที่มีการอัดอากาศเข้าในบันไดหนีไฟหรือโถงลิฟต์ดับเพลิงจากหลายตำแหน่งหรือจากหลายจุด



Sandwich Pressurized System

ค.ระบบอัดลมแบบแซนวิช (Sandwich Pressurized System) อาคารสูงยังมีการป้องกันการแพร่กระจายของควันไฟไปสู่ชั้นอื่นๆด้วย โดยมีการดูดควันไฟออกจากชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ (Smoke Zone) และอัดอากาศเพิ่มเข้าไปในชั้นที่อยู่สูงกว่าและต่ำกว่าอาจจะหนึ่งหรือสองชั้น



Sandwich Pressurized System

ระบบควบคุมควันไฟ (Smoke Control System)

ในการออกแบบและติดตั้งระบบอัดอากาศสำหรับบันไดหนีไฟ ต้องทำให้ความดันของอากาศภายในบันไดหนีไฟกับความดันอากาศของพื้นที่เกิดควันภายในอาคารเกิดความแตกต่างกันไม่ต่ำกว่า 38.6 Pa (0.15 in.wg) โดยต้องออกแบบให้สามารถรักษาความดันนี้ไว้ตลอดเวลาที่พัดลมทำงานซึ่งถือเป็นแรงดันที่เหมาะสมกับการใช้งาน โดยต้องมีระบบควบคุมการปรับความดันความดันคงที่ให้เหมาะสมกับการใช้งาน

การคำนวณปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าสู่บันไดหนีไฟ สามารถคำนวณจากสมการ (ค่าใช้งานโดยประมาณ)

$$Q = ac + bN$$

โดย

- **Q** = ปริมาณอากาศที่อัดเข้าสู่บันไดหนีไฟ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
- **a** = อัตราการไหลของอากาศผ่านประตูที่เปิดค้าง (7.08 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อหนึ่งประตู)
- **c** = จำนวนประตูที่เปิดค้างสู่ภายนอก
- **b** = อัตราการไหลของอากาศผ่านรอยรั่วที่ผนังและประตูของบันไดหนีไฟ (0.094 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อชั้น) หรือ
- **b** = อัตราการไหลของอากาศผ่านรอยรั่วที่ผนังและประตูของโถงลิฟต์ (0.142 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อชั้น)
- **N** = จำนวนชั้นของอาคาร

ระบบอัดอากาศ

ประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ

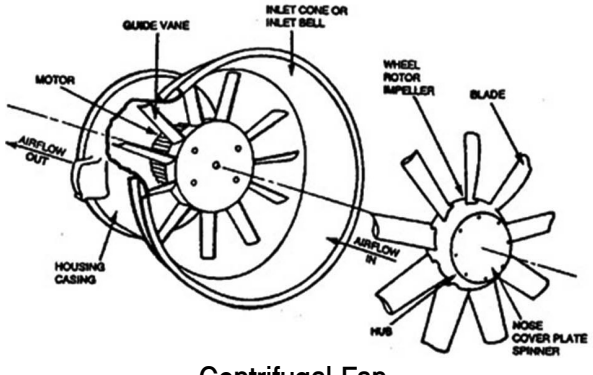
ก. พัดลมระบบอัดอากาศ

ข. ระบบท่อลม

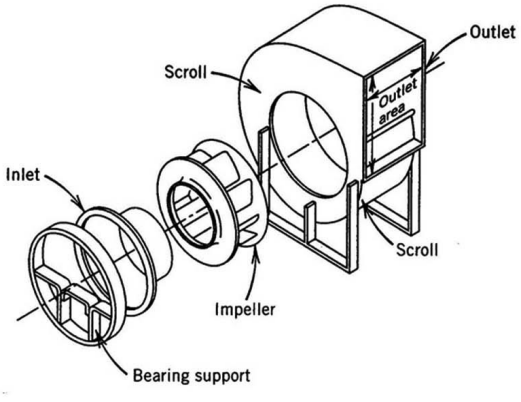
ค. ระบบสั่งการให้พัดลมทำงาน

ก. พัดลมระบบอัดอากาศ เป็นแบบพัดลมหอยโข่ง (Centrifugal Fan)

พัดลมแบบตามแนวแกน (In-line Axial Fan) พัดลมระบบอัดอากาศ แบบอื่นที่สามารถสร้างความดันสถิตพอเพียงในช่องบันไดหรือพื้นที่ ที่ควบคุมความดัน MOTOR ควรเลือกใช้มอเตอร์แบบมิดชิดTEFC (Totally Enclosed Fan Cooled) สามารถทำงานได้ต่อเนื่อง เมื่อเกิดเพลิงไหม้ มอเตอร์ระบบอัดลมจะไม่ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันภาระเกิน (Overload Protection) ไว้คือยอมให้พัดลมเสียหายจากการใช้งานได้เลยในกรณีเกิดเพลิงไหม้



Centrifugal Fan



In-line Axial Fan

ข. ระบบท่อลม

ท่อลมระบบอัดอากาศมีความเร็วของลมในส่วนต่างๆ

ความเร็วของลมภายในช่องท่อหรือท่อลมไม่เกิน 12.5 เมตรต่อวินาที ความเร็วของลมที่จ่ายออกจากช่องท่อหรือท่อลมไม่เกิน 7.5เมตรต่อวินาทีความเร็วของลมที่ไหลผ่านประตูหนีไฟเมื่อประตูเปิดไม่น้อยกว่า 0.8 เมตรต่อวินาทีเพื่อป้องกันการย้อนกลับของควันและความเร็วของลมไม่ควรเกิน 2 เมตรต่อวินาที ท่อลมติดตั้งภายในอาคาร วัสดุทำท่อต้องมีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชม

ไม่ติดตั้งลิ้นกันไฟ หรือลิ้นกันควันที่ช่องจ่ายลมเข้าสู่บันไดหนีไฟและโถงลิฟต์ดับเพลิง ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันบริเวณทางดูดของพัดลม เพื่อหยุดการทำงานของพัดลม และป้องกันการดูดควันเข้ามาในบันไดหนีไฟติดตั้งตะแกรงป้องกัน (Protected Inlet Screen) ที่ปากทางด้านดูดลม

การควบคุมความดันในช่องบันไดหนีไฟและโถงลิฟต์ดับเพลิง

ใช้แผ่นปรับลมโดยใช้น้ำหนักถ่วง (Gravity Barometric Damper)

ใช้แผ่นปรับลมระบายความดัน (Motorized Relief Damper) มอเตอร์ไฟฟ้าปิดเปิด ผ่านอุปกรณ์รับสัญญาณความดันแตกต่าง (Differential Pressure Sensor) ระหว่างในช่องบันไดหรือโถงลิฟต์ดับเพลิงกับในอาคาร

ใช้แผ่นเบี่ยงเบนลม (Bypass Damper) โดยการแบ่งแยกท่อลมอัดอากาศ ผ่านมอเตอร์ไฟฟ้าปิดเปิด ผ่านอุปกรณ์รับสัญญาณความดันแตกต่าง (Differential Pressure Sensor) ระหว่างในช่องบันไดหรือโถงลิฟต์ดับเพลิงกับในอาคาร

ใช้อินเวอร์เตอร์ควบคุมการทำงานของพัดลมโดยอัตโนมัติโดยอาศัยหรืออุปกรณ์ปรับรอบโดยอัตโนมัติอื่นผ่านอุปกรณ์รับสัญญาณความดันแตกต่าง (Differential Pressure Sensor) ระหว่างในช่องบันไดหรือโถงลิฟต์ดับเพลิงกับในอาคาร

ค. ระบบสั่งการให้พัดลมทำงาน

การทำงานของพัดลมระบบอัดอากาศจะสั่งการโดยระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้โดยอัตโนมัติ(Automatic Activateiond) ผ่าน Smoke Detector, Heat Detector และระบบสั่งการโดยคน (Manual Activation) ด้วยผ่านสวิทช์ต่างๆ (Manual pull switch)

อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้า ที่ติดตั้งอยู่นอกส่วนที่มีการปิดล้อมทนไฟ หรือมีโอกาสถูกเพลิงไหม้ต้องเป็นแบบทนไฟได้ไม่น้อยกว่า 1.5 hสายไฟฟ้าที่ไม่ได้ติดตั้งในช่องเปิดที่กันไฟได้ ต้องเป็นแบบทนไฟได้ไม่น้อยกว่า 1.5 h

อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าทุกชนิดของระบบอัดอากาศต่อจากระบบไฟฟ้าสำรองฉุกเฉินของอาคาร

สรุป

การทำงานเกี่ยวกับความปลอดภัยจะต้องมีความรอบคอบ รอบรู้และมีประสบการณ์ และการเรียนรู้ตลอดเวลา กฎหมายใหม่ๆ และทฤษฎีใหม่ๆ เทคโนโลยี่ ย่อมเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว วิศวกรผู้ทำงานออกแบบจะต้องติดตามและพัฒนาตนเองให้ทันสมัย เพื่อสร้างความปลอดภัยแก่ผู้คน

หนังสืออ้างอิง

1 พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

2 กฎกระทรวง. ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535).
ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร. พ.ศ. ๒๕๒๒

3 ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4407 (พ.ศ. 2555)
ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511
เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ข้อกำหนดในการป้องกันอัคคีภัยเล่ม 6
ระบบอัดอากาศเพื่อควบคุมควันไฟ

4 KCASHRAE12-04-2006DudaPresentation

5 NFPA 90AStandard for the Installation of Air-Conditioningand Ventilating Systems

6 NFPA 92: Standard for Smoke Control Systems

7 NFPA 101 Life Safety Code by National Fire Protection Association