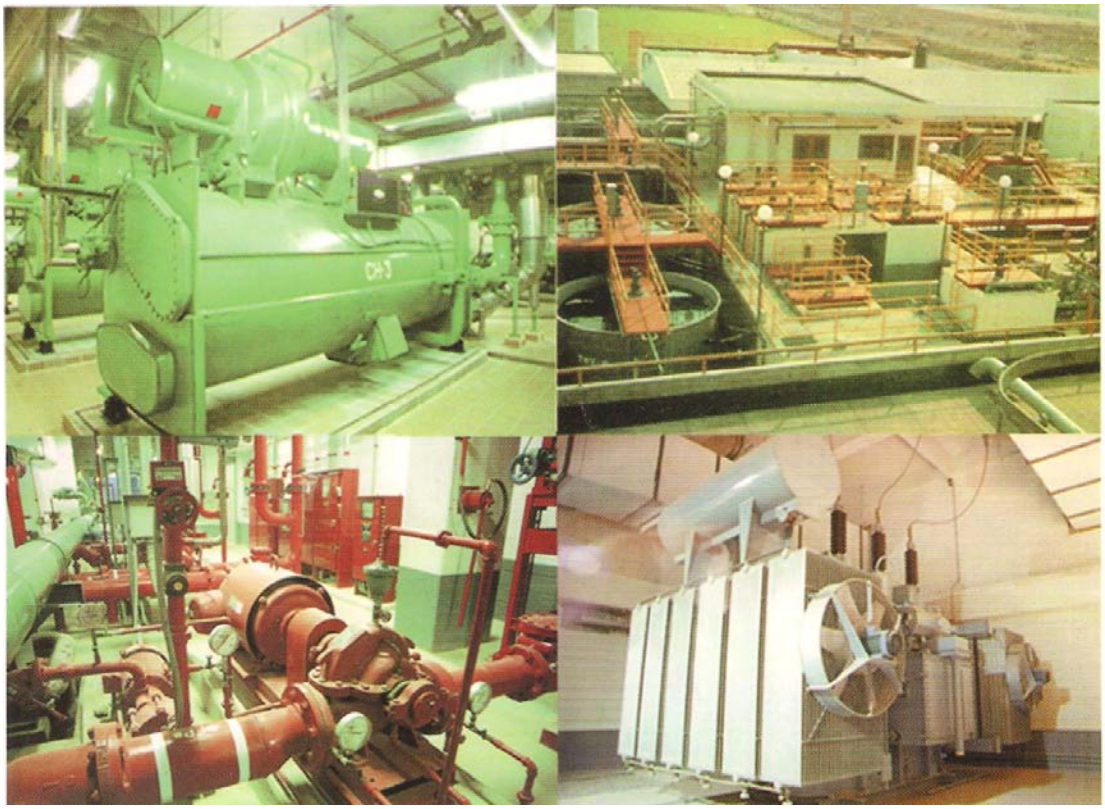
ความรู้เบื้องต้น

วิศวกรรมงานระบบ



20 years
EEC
Group

ความรู้เบื้องต้น
วิศวกรรมงานระบบ

เรียบเรียงโดย

เกชา ธีระโกเมน

เกียรติ อัชรพงศ์

วันชัย บัณฑิตกฤษดา

วิโรจน์ ตั้งธนาพลกุล

สุรสิทธิ์ ทองจินทรัพย์

บริษัท เอ็มแอนด์อี จำกัด

ผู้ผลิตวารสารเทคนิค

คำนำ

ในโอกาสที่กลุ่มบริษัทอีอีซีมีอายุครบ 20 ปี ในปี พ.ศ.2539 นี้ เราคิดว่าการจัดทำหนังสือวิชาการสักเล่ม น่าจะเป็นประโยชน์กว่าการจัดเลี้ยงประชาสัมพันธ์ เพราะเป็นการแสดงถึงความอุตสาหะและการร่วมแรงร่วมใจของผู้จัดทำ และถือว่าเป็นวิทยาทานอย่างหนึ่ง ในขณะเดียวกันยังช่วยเป็นสื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจทางด้านวิศวกรรมระบบมากยิ่งขึ้น

เนื้อหาของหนังสือเล่มนี้ถูกเขียนขึ้นเพื่อให้ผู้อ่านที่ไม่จำเป็นต้องเป็นวิศวกรสามารถอ่านและทำความเข้าใจได้ เนื่องจากจุดประสงค์ที่ต้องการจะเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับวิศวกรรมงานระบบให้เกิดเข้าใจว่า วิศวกรรมระบบคืออะไร และมีความสำคัญ เกี่ยวข้องกับทุกคนอย่างไร

อาคารปัจจุบันนี้มีเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องมากมาย เช่น ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (BAS), ระบบสื่อสารข้อมูล (DATA TELECOMMUNICATION), ระบบเก็บกักความเย็น (THERMAL STORAGE), ระบบบำบัดน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ฯลฯ ยิ่งถ้าต้องการสร้างอาคารอัจฉริยะก็ยิ่งจะมีระบบต่าง ๆ มากขึ้น ผู้ออกแบบอาคารในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นวิศวกรหรือสถาปนิก จำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีใหม่ ๆ เหล่านี้เป็นอย่างดี โดยอาคารที่กล่าวถึงนี้ก็ไม่จำเป็นต้องหมายถึงอาคารขนาดใหญ่ หรืออาคารสูง อาคารที่เป็นบ้านก็มีแนวความคิดใหม่ ๆ เช่น การประหยัดพลังงาน วิธีการก่อสร้าง ก็เป็นเรื่องที่น่าสนใจสำหรับพวกเราทุกคนเช่นกัน

หากหนังสือเล่มนี้มีความดีอยู่บ้าง ก็ขอให้ความปรารถนาดีนี้มีส่วนช่วยส่งเสริมให้การพัฒนางานก่อสร้างในประเทศไทยได้มาตรฐาน มีความปลอดภัย มีคุณภาพต่อไป แต่หากมีข้อบกพร่องอย่างใด คณะผู้จัดทำก็ขออภัยและขอน้อมรับไว้ และหวังว่าคณะผู้จัดทำรุ่นต่อไปจะได้แก้ไขปรับปรุงและจัดทำหนังสือเล่มนี้ให้มีความครบถ้วนสมบูรณ์ยิ่งกว่านี้ต่อไป

เกชา ธีระโกเมน
(กรรมการผู้จัดการ)
20 years
EEC
Group

กิตติกรรมประกาศ

หนังสือ “ความรู้เบื้องต้น วิศวกรรมงานระบบ” เล่มนี้จัดทำขึ้นเนื่องในโอกาสบริษัทอีอีซีได้ก่อตั้งมาครบ 20 ปี โดยนับตั้งแต่ปี พ.ศ.2519 จนถึงปัจจุบัน กลุ่มบริษัทอีอีซีได้สร้างผลงานการออกแบบทางวิศวกรรม อันได้แก่งานระบบงานไฟฟ้า ระบบปรับอากาศ ระบบสุขาภิบาล ระบบป้องกันอัคคีภัย และระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน สำหรับอาคารต่าง ๆ มาอย่างมากมาย เช่น อาคารศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ อาคารสำนักงานเมืองไทย – ภัทร อาคารสำนักงานฟอร์จูน ทาวน์ อาคารเลครัชดา ซีคอนสแควน์ ฟิวเจอร์พาร์ค รังสิต โรงแรมแชงการีล่า โรงแรมฮอลิเดย์อินน์ โรงแรมฮิลตัน โรงงานไทยซีอาร์ที ธนาคารกสิกรไทย ธนาคารกรุงศรีอยุธยา ธนาคารกรุงไทย และธนาคารอาคารสงเคราะห์ ฯลฯ

เนื้อหาในหนังสือได้รวบรวมขึ้นจากประสบการณ์การทำงานของวิศวกรอาวุโสในบริษัท ฯ ดังรายนามต่อไปนี้

1. คุณเกชา ธีระโกเมน
2. คุณวิโรจน์ ตั้งธนาพลกุล
3. คุณเกียรติ อัชรพงศ์
4. คุณวันชัย บัณฑิตกฤษดา
5. คุณสุรสิทธิ์ ทองจินทรัพย์
6. คุณพงษ์สันต์ อัคนิวรรณ
7. คุณจักรพันธ์ ภวังคะรัตน์

นอกจากคณะผู้เขียนดังรายนามที่กล่าวมาแล้วนั้น ความสำเร็จของหนังสือเล่มนี้ยังประกอบไปด้วยความร่วมมือจากฝ่ายจัดพิมพ์และจัดรูปเล่ม ได้แก่ คุณสมบัติ สมบูรณ์วรรณะ คุณธวัชชัย โกพัฒน์ตา ฝ่ายตรวจต้นฉบับ ได้แก่ คุณอิงกมล มหาบวรรักษ์ คุณเกียรติศักดิ์ หล่อเทียนทอง คุณสมโภชน์ ศิริโชติ คุณสัจจา อัศรัสกร คุณเขมะณัฐ เที่ยงตรง และความร่วมมือร่วมใจของกลุ่มพนักงานบริษัทในเครืออีอีซีทุกท่าน ซึ่งทางคณะผู้จัดทำขอแสดงความขอบคุณไว้เป็นอย่างสูง ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

จากอดีตจนถึงวันนี้

บริษัทเอ็นไวรอนเมนตอบ เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนส์ จำกัด หรือที่รู้จักกันในนามว่า อีอีซี ก่อตั้งขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ.2519 โดยกลุ่มวิศวกรชาวไทย นำโดย คุณชยันต์ ศาลิคุปต์ ดร.สุรควง อัศวณิชย์ คุณสุรชาญ สุวรรโณดม และคุณเกชา ธีระโกเมน สำนักงานแห่งแรกอยู่บริเวณซอยรางน้ำ ต่อมาได้ย้ายไปที่ซอยสุขุมวิท 49 (ซอยกลาง) และที่อาคารสินธร ถนนวิทยุ ตามลำดับ ปัจจุบัน บริษัทเอ็นไวรอนเมนตอล เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนส์ จำกัด ตั้งอยู่ที่อาคารสำนักงานฟอร์จูน ทาวน์ ชั้น 28 และ 30 ถนนรัชดาภิเษก

ในยุคแรก อีอีซี เป็นบริษัทที่ปรึกษาซึ่งรับออกแบบเฉพาะงานทางด้านวิศวกรรมระบบปรับอากาศ ต่อมาภายหลังจึงได้ขยายงานทางด้านวิศวกรรมระบบไฟฟ้า, วิศวกรรมระบบสุขาภิบาล , วิศวกรรมระบบสิ่งแวดล้อม และวิศวกรรมระบบป้องกันอัคคีภัย จึงกล่าวได้ว่าในปัจจุบันนี้ อีอีซี เป็นบริษัทที่ปรึกษาด้านวิศวกรรมงานระบบอย่างสมบูรณ์แบบ

นับตั้งแต่เริ่มก่อตั้งบริษัทในปี พ.ศ.2519 เป็นต้นมา อีอีซีได้สร้างชื่อเสียงได้มากมายในด้านงานออกแบบวิศวกรรมระบบสำหรับอาคารสูงและโรงงานอุตสาหกรรม ด้านกลุ่มวิศวกรผู้มากทั้งความรู้และประสบการณ์ ทำให้งานของบริษัทเต็มไปด้วยคุณภาพทัดเทียมและสามารถแข่งขันกับบริษัทต่างประเทศ

จากสภาพการเติบโตของธุรกิจในสาขาวิศวกรรมในประทศไทย งานของบริษัท เอ็นไวรอนเมนตอล เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนส์ จำกัด ก็มิได้จำกัดอยู่เฉพาะอาคารสูงและโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นในปี พ.ศ.2535 อีอีซีจึงได้ขยายโครงสร้างของการทำงานโดยการจัดตั้งเป็นกลุ่มบริษัทขึ้น ภายใต้ชื่อ กลุ่มบริษัท EEC GROUP ซึ่งประกอบไปด้วยบริษัทต่าง ๆ คือ

- บริษัท เอ็นไวรอนเมนตอล เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนส์ จำกัด (EEC)

ดำเนินธุรกิจในด้านงานออกแบบงานวิศวกรรมระบบ สำหรับอาคารสูงโดยครอบคลุมถึงงานวิศวกรรมระบบปรับอากาศ วิศวกรรมระบบไฟฟ้า วิศวกรรมระบบสุขาภิบาล และวิศวกรรมระบบป้องกันอัคคีภัย ดังมีผลงานปรากฏสู่สาธารณชนมากมาย เช่น ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ โรงแรมแชงกรีล่า ซีคอนสแควร์ อาคารสำนักงานเมืองไทย – ภัทร ฟิวเจอร์ พาร์ค (รังสิต) อาคารสำนักงานฟอร์จูน ทาวน์ โรงแรมรอยัล ออร์คิด เชอราตัน อาคารสำนักงานใหญ่ธนาคารกสิกรไทย อาคารสำนักงานใหญ่ธนาคารกรุงไทย อาคารสำนักงานใหญ่ธนาคารกรุงศรีอยุธยา อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ โรงเรียนเตรียมทหาร (เขาชะโงก) ฯลฯ

- บริษัท อีอีซี อินดัสเตรียล เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด (EEC – IE)

ดำเนินธุรกิจทางด้านวิศวกรรมโรงงาน ระบบผลิต ระบบควบคุมภายในโรงงาน มีผลงาน เช่น โรงงานมิชลิน โรงงานยางสยาม สยามสตีลคอร์ด สยามอัลลอยล์วีล คาร์เนชั่น จอห์นสันแอนด์จอห์นสัน ไทยแทนทาลัม ไทย ซีอาร์ที แอดวานซ์ ไมโคร ดีไวส์ แอคโซเคมิคอล โอลิค ฯลฯ

- **บริษัท อีอีซี คอนสตรัคชั่น แมเนจเมนท จำกัด (EEC-CM)**

ดำเนินธุรกิจทางด้านการบริหาร และควบคุมงานก่อสร้างทางด้านวิศวกรรมงานระบบปรับอากาศ วิศวกรรมงานระบบไฟฟ้า วิศวกรรมงานระบบสุขาภิบาล และวิศวกรรมงานระบบ ป้องกันอัคคีภัย

- **บริษัท อีอีซี ลินคอล์น สก็อตต์ จำกัด (EEC-LS)**

เป็นบริษัทร่วมทุนของอีอีซี กับบริษัท ลินคอล์น สก็อตต์ ประเทศออสเตรเลีย ดำเนินธุรกิจด้านงานบริการเกี่ยวกับเทคโนโลยีเฉพาะทาง เช่น ระบบแสงสว่าง ระบบเสียง ระบบสื่อสารข้อมูล ระบบโครงข่ายข้อมูล การบริหารความเสี่ยง (Rick Management) การบริหารพลังงาน (Energy Management) ฯลฯ

- **บริษัท อีอีซี อีเนอร์เจติกส์ จำกัด**

ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับงานบริหารพลังงาน การวิเคราะห์การใช้พลังงาน โดยมีความชำนาญโดยเฉพาะทางด้านอุตสาหกรรม

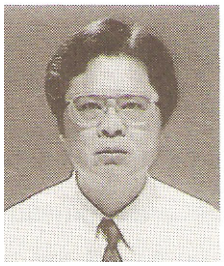
ปัจจุบันกลุ่มบริษัท EEC GROUP เป็นกลุ่มบริษัทที่มีศักยภาพสูงในงานบริการด้านวิศวกรรมที่ปรึกษา ซึ่งเป็นกลุ่มบริษัทของคนไทย เรามีความตั้งใจที่จะใช้ทรัพยากรบุคคลที่บริษัทมีอยู่เพื่อพัฒนางานในสาขาวิศวกรรมของประเทศชาติให้มีความสามารถทัดเทียมกับนานาประเทศ และผลักดันให้งานวิศวกรรมของประเทศไทยเป็นที่ยอมรับและก้าวสู่ระดับสากลต่อไปในอนาคต

ประวัติผู้เขียน

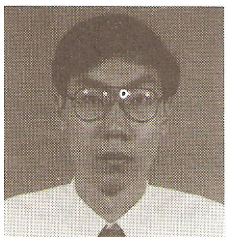
ชื่อ : เกชา ธีระโกเมน
การศึกษา : วศ.บ. (เครื่องกล) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ตำแหน่ง : กรรมการผู้จัดการ
บริษัท : เอ็นไวรอนเมนตอล เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนส์ จำกัด

ชื่อ : เกียรติ อัชรพงศ์
การศึกษา : วศ.บ. (ไฟฟ้า) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ตำแหน่ง : ผู้จัดการส่วนระบบไฟฟ้า และสื่อสาร
บริษัท : เอ็นไวรอนเมนตอล เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนส์ จำกัด

ชื่อ : วันชัย บัณฑิตกฤษดา
การศึกษา : วศ.บ. (สุขาภิบาล) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ตำแหน่ง : ผู้ช่วยผู้จัดการส่วนสิ่งแวดล้อม
บริษัท : เอ็นไวรอนเมนตอล เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนส์ จำกัด



ชื่อ : วิโรจน์ ตั้งธนาพลกุล
การศึกษา : วศ.บ. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
พณ.ม. (บริหารธุรกิจ) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ตำแหน่ง : รองกรรมการผู้จัดการ
บริษัท : อีอีซี คอนสตรัคชั่น แมเนจเมนท จำกัด



ชื่อ : สุรสิทธิ์ ทองจินทรัพย์
การศึกษา : วศ.บ. (เครื่องกล) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
วท.ม. (การจัดการงานคอมพิวเตอร์)
และวิศวกรรม มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ
ตำแหน่ง : ผู้จัดการวิศวกรรม
บริษัท : อีอีซี – อีเนอร์จีติคส์ จำกัด

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
จากอดีตจนถึงวันนี้	ค
ประวัติผู้เขียน	จ
ระบบปรับอากาศ	1
หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ	3
เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง	8
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	9
เครื่องปรับอากาศแบบสำเร็จครบชุดในตัว	13
ระบบปรับอากาศที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็น	18
โครงสร้างของระบบปรับอากาศ	22
ระบบท่อน้ำยา	27
ระบบท่อน้ำเย็น	28
ระบบท่อน้ำระบายความร้อน	30
ระบบท่อน้ำทิ้ง	33
ระบบระบายอากาศ	34
ระบบควบคุมควันไฟ	37
อุปกรณ์ที่น่าสนใจ	39
แดมเพอร์	40
แผงกรองอากาศ	42
พัดลม	44
คอมเพรสเซอร์	45
ระบบไฟฟ้า	49
การไฟฟ้า	51
1.1 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	51
1.2 การไฟฟ้านครหลวง	52

สารบัญ

เรื่อง	**หน้า**
1.3 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	52
หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง	55
2.1 ประเภทของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง	55
2.2 ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า	55
2.3 ระบบระบายความร้อนของหม้อแปลงไฟฟ้า	59
2.4 อุปกรณ์ประกอบและป้องกันหม้อแปลงที่สำคัญ	60
2.5 ค่าทางเทคนิคที่ควรรู้	63
อุปกรณ์ตัดตอนไฟฟ้า	63
3.1 อุปกรณ์ตัดตอนไฟฟ้าแรงต่ำ	64
3.2 อุปกรณ์ตัดตอนไฟฟ้าแรงสูง	77
ระบบไฟฟ้าสำรอง	85
ระบบแสงสว่างฉุกเฉิน	85
ระบบ UPS	86
ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	88
การจัดเตรียมอาคารให้ระบบไฟฟ้า	95
การจัดเตรียมห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	101
การจัดเตรียมห้องให้ระบบชุมสายโทรศัพท์ในอาคาร	105
การจัดเตรียมห้องควบคุมงานระบบอาคาร	106
ระบบป้องกันอัคคีภัย	109
วัตถุประสงค์หลักของการป้องกันอัคคีภัย	111
ความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร	111
ความปลอดภัยของทรัพย์สิน	112
ความต่อเนื่องในการดำเนินกิจการ	112
หลักการออกแบบอาคารให้ปลอดภัยจากอัคคีภัย	113
กฎหมายและมาตรฐานเกี่ยวกับการป้องกันอัคคี	113
อาคารที่ปลอดภัย	116

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้	122
อุปกรณ์สำคัญในระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้	123
ระบบดับเพลิงด้วยน้ำ	125
ระบบควบคุมควันไฟ	133
ระบบสุขาภิบาล	135
ระบบน้ำประปา	138
ระบบท่อระบายน้ำเสีย	141
ระบบบำบัดน้ำเสีย	143
ระบบบำบัดน้ำดี	145
ระบบสระว่ายน้ำ	147
ระบบรดน้ำต้นไม้	148
ระบบน้ำพุ น้ำตก	148
ระบบท่อระบายน้ำฝน	149
ระบบระบายน้ำรอบอาคาร	152
ระบบน้ำร้อน	153
ระบบไอน้ำ	154
ระบบท่อก๊าซ	155
การเดินท่อระบบสุขาภิบาลภายในอาคาร	156
การอนุรักษ์พลังงาน	159
ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร	161
การอนุรักษ์พลังงานในงานระบบ	164
การตรวจสอบพลังงาน	176
การบริหารงานโครงการ	185
แนวทางการปฏิบัติหน้าที่ควบคุมงาน	187
คำนำ	187
สาเหตุที่ต้องมีการควบคุมงาน	188

สารบัญ

เรื่อง	**หน้า**
การควบคุมงานและการบริหารงานก่อสร้าง	188
ดุลยพินิจ	189
สภาพแวดล้อมของโครงการ	192
ความซื่อสัตย์ในวิชาชีพ	194
หน้าที่หลักของผู้ควบคุมงานก่อสร้าง	194
ขอบเขตและหน้าที่ทั่วไปของผู้ควบคุมงานในระหว่างก่อสร้าง	197
หน้าที่โดยจำเพาะของเจ้าหน้าที่ควบคุมงาน	202
บทสรุป	203
แนวทางการประสานงานระหว่างงานตกแต่งภายในกับวิศวกรรมระบบประกอบอาคาร	204
แนวทางการขจัดปัญหาที่ทำงานก่อสร้างล่าช้า	214
วัตถุประสงค์หลักในการลงทุนของเจ้าของโครงการ	214
วัตถุประสงค์	215
สาเหตุทำให้โครงการล่าช้า	215
ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้	216
ปัจจัยที่พอจะเป็นแนวทางแก้ไขได้บางส่วน	217
ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ และมีแนวทางแก้ไข	220
วิธีการปิดงานเมื่อเสร็จสิ้นโครงการ	224
1. แบบก่อสร้างจริง	224
2. หนังสือคู่มือการใช้งานและบำรุงรักษาเครื่องอุปกรณ์	226
3. การทดสอบและการปรับแต่งเครื่อง อุปกรณ์	229
4. การทำความสะอาดหน่วยงานก่อสร้าง	23
5. การฝึกอบรมเจ้าหน้าที่	230
6. การคิดบัญชี	231
7. การส่งมอบงาน	232
8. การรับประกัน	234

ระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศ หรือบางคนเรียกว่า ระบบปรับภาวะอากาศ (Air – conditioning System) ในอดีตระบบนี้ถูกมองว่าเป็นระบบที่ฟุ่มเฟือย อาคารราชการทั่วไป จะมีเฉพาะห้องระดับผู้อำนวยการกองขึ้นไปเท่านั้นที่จะติดตั้งเครื่องปรับอากาศ หรือชาวบ้านเรียกว่า เครื่องแอร์ หรือเครื่องปรับอากาศ (Air – conditioner) แต่อาคารสำนักงานในปัจจุบันเกือบจะทุกแห่ง จะติดตั้งเครื่องปรับอากาศกันหมดแล้ว

โรงแรมมีความจำเป็นต้องใช้เครื่องปรับอากาศ เนื่องจากต้องใช้ต้อนรับชาวต่างประเทศ และมีอิทธิพลทำให้ร้านอาหาร, คลับต่าง ๆ มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

รูปที่ 1 หัวจ่ายลมเย็น

โรงพยาบาลต้องใช้เครื่องปรับอากาศ เพื่อให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะกับการรักษา และป้องกันฝุ่น

ศูนย์การค้า, โรงภาพยนต์ ใช้เครื่องปรับอากาศ เพื่อดึงดูดลูกค้าให้เข้ามาใช้บริการ

แม้แต่บ้าน, คอนโดมิเนียม ก็หันมาใช้เครื่องปรับอากาศกันมากเพราะเดี๋ยวนี้ เราอยู่กันหนาแน่นกว่าแต่ก่อน ลมธรรมชาติพึ่งพาไม่ได้ แถมยังมีเรื่องเสียง และฝุ่นละอองอีก

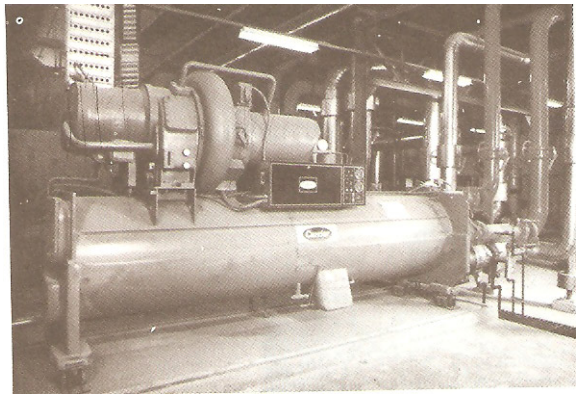
ดังนั้นตลาดเครื่องปรับอากาศ จึงขยายตัวเร็วมาก และกลายเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญสำหรับอาคารสมัยใหม่ไปแล้ว

หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศทุกชนิด มีหลักการทำงานเหมือน ๆ กัน คือใช้คุณสมบัติในการระเหยของของเหลว และความร้อนแฝงจากการระเหยนี้ เช่น น้ำ เมื่อระเหยกลายเป็นไอ ตัวเองก็จะเย็นลง

เนื่องจากได้ใช้ความร้อนแฝงไปในการระเหย ความเย็นลักษณะนี้ ก็คือความเย็นที่เราสามารถนำมาใช้ในการปรับอากาศ

น้ำก็เป็นสารทำความเย็นโดยเรียกว่า R – 718 แต่เนื่องจากน้ำมีคุณสมบัติในการระเหยช้าเกินไป ไม่สามารถนำมาใช้เป็นสารทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพได้โดยตรง (มีการนำน้ำมาใช้เป็นสารทำความเย็น ในเครื่องทำความเย็นที่เรียกว่า Absorption แต่จะต้องเพิ่มส่วนผสมของสารเคมี เช่น ลิเธียมโบรไมด์ การทำงานของเครื่องแบบ Absorption อาศัยความร้อนจากไอน้ำ หรือความร้อนที่เหลือจากขบวนการผลิตในอุตสาหกรรม)



รูปที่ 2 เครื่องทำน้ำเย็น

นักเคมีจึงได้คิดค้นหาสารทำความเย็นตัวใหม่ที่ระเหยได้เร็ว และมีค่าความร้อนแฝงมาก จะได้ความเย็นมาก ๆ ในเวลาที่สั้นลง ในที่สุดก็พบว่าสารที่ประกอบด้วยคาร์บอน, ฟลูออรีน, คลอรีน และไฮโดรเจน เป็นหลัก มีคุณสมบัติเช่นที่ว่านี้ จึงได้มีการสังเคราะห์สารทำความเย็นออกมา ที่ชาวบ้านเรียกว่า น้ำยาแอร์ หรือสารทำความเย็น (Refrigerant) หรือบางทีเรียกว่า ฟรีออน (Freon เป็นชื่อเรียกทางการค้าของผู้ผลิต คือ ดูปองท์) มีชื่อเรียกต่าง ๆ กัน ตามองค์ประกอบที่ต่างกัน เช่น R – 11, R – 12, R – 22, R – 502 โดย R – 11, R – 12 มีใช้อยู่ในเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ R – 12 ใช้ในเครื่องปรับอากาศติดรถยนต์ ส่วน R – 22 จะใช้กับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก และ R – 502 จะใช้ในเครื่องเย็น

ปัจจุบันมีการพบว่าสารเหล่านี้ ก่อให้เกิดปัญหากับโอโซนในชั้นบรรยากาศ ซึ่งห่อหุ้มโลกนี้ให้พ้นจากรังสีอุลตราไวโอเลต เป็นช่องโหว่ทางขั้วโลก จึงมีข้อตกลงระหว่างประเทศที่เรียกว่า Montreal Protocol เพื่อจำกัดปริมาณการใช้สารนี้ โดยเฉพาะสารที่มีองค์ประกอบของคลอรีน (Cl), ฟลูออรีน (F) และคาร์บอน (C) หรือที่เรียกว่า CFC (Chlorofluoro Carbon) เนื่องจากสารตัวนี้สามารถตกค้างอยู่ในชั้นบรรยากาศได้ยาวนาน ในขณะเดียวกันก็จะทำลายโอโซนไปได้เรื่อย ๆ นอกจากนี้ยังกล่าวกันว่าทำให้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามายังโลกสะท้อนกลับออกไปสู่นอกโลกได้น้อยลงทำให้บรรยากาศของโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น

การกำหนดค่าความสามารถในการทำลายโอโซน เรียกว่า ODP (Ozone Depletion Potential) และความสามารถในการทำให้โลกร้อนขึ้น เรียกว่า GWP (Global Warming Potential)

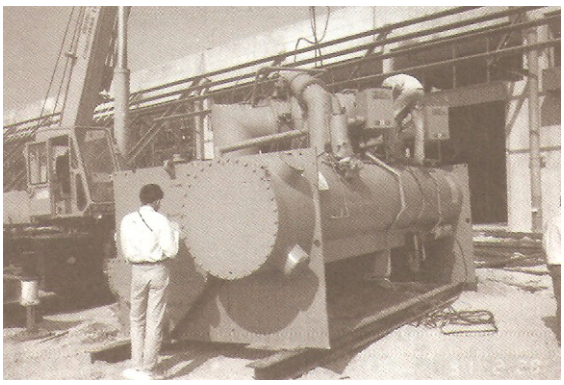
ตารางแสดงค่าดัชนี ODP และ GWP ของสารทำความเย็น

	R - 11 (CFC - 11)	R – 12 (CFC – 12)	R - 22 (HCFC - 22)	R - 502 (CFC - 502)	R – 123 (HCFC - 123)	R – 134a (HCFC – 134a)
ODP	1.0	1.0	0.05	0.23	0.02	0.0
GWP	1.0	2.8	0.34	3.75	0.02	0.26

สาร CFC ที่จะต้องถูกกำจัดให้หมดไปได้แก่ R – 11, R – 12, R – 502 เป็นต้น

ส่วน R – 22 เป็นพวกที่มีองค์ประกอบของไฮโดรเจน (H) เป็นหลักด้วย จึงจะอยู่ในพวกที่เรียกว่า HCFC (Hydrochlorofluoro Carbon) ซึ่งจะมีค่า ODP และ GWP ต่ำกว่า และเนื่องจากใช้อยู่กับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กที่มีจำนวนเครื่องมหาศาล จึงยังคงให้ใช้อยู่ได้ต่อไปอีกระยะหนึ่ง หรือไม่เกิน ปี ค.ศ.2030 และมีแนวโน้มอาจจะถูกกำจัดไปเร็วกว่านี้

จากเรื่อง CFC นี้ ทำให้เกิดการปฏิบัติในวงการปรับอากาศขนานใหญ่ กล่าวคือ ผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศต้องวิจัย และออกแบบเครื่องปรับอากาศกันใหม่ เพื่อให้เหมาะกับสารทำความเย็นใหม่ที่ไม่ใช่ CFC รวมทั้งผู้ผลิตสารทำความเย็นต้องพัฒนาผลิตสารทำความเย็นตัวใหม่ ที่มีผลกระทบกับสภาวะแวดล้อมน้อยลง สารทำความเย็นที่พูดถึงมากที่สุดขณะนี้ก็คือ R – 123 และ R – 134a โดยการสร้างโรงงานใหม่ เพื่อผลิตสารทำความเย็นนี้



รูปที่ 3 เครื่องทำน้ำเย็น

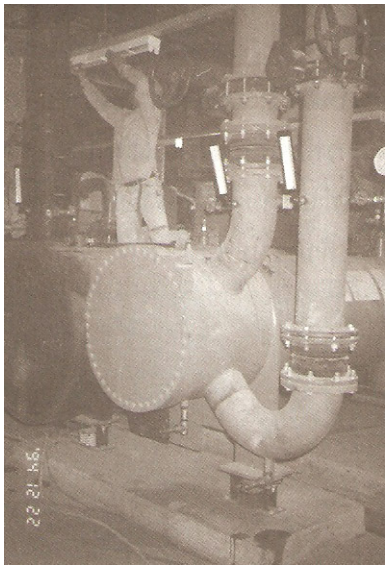
สารทำความเย็นนี้ ไม่สามารถนำไปใช้กับเครื่องปรับอากาศที่มีอยู่เดิมได้โดยตรง เนื่องจากปัญหาการกัดกร่อน, ปัญหาน้ำมันหล่อลื่นในระบบ และประสิทธิภาพการทำงานที่ลดลง เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ อาจจะนำมาปรับปรุง (Retrofit) ได้แต่ก็มีค่าใช้จ่ายสูง ส่วนเครื่อง

ปรับอากาศขนาดเล็ก คงจะต้องใช้จนหมดสภาพและในอนาคตอันใกล้ก็คงจะมีเครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่ใช้สารทำความเย็น R – 134a มาแทนที่

แอมโมเนีย หรือ R – 717 ก็เป็นสารทำความเย็นที่ใช้ได้ และนิยมใช้ในโรงงานผลิตอาหารแช่แข็ง และโรงงานน้ำแข็งขนาดกลาง และขนาดใหญ่ แต่มักจะเป็นห่วงกันเรื่องความปลอดภัยจากการรั่วของสารแอมโมเนีย หรือการที่อาจจะเกิดโอกาสระเบิดของแอมโมเนียได้ จึงยังไม่แพร่หลายถึงสารแอมโมเนียจะไม่ใช่สาร CFC ก็ตาม

ผู้ผลิตสารทำความเย็นรายใหญ่ของโลก คือ ดูปองท์ ยังได้ผลิตสารทำความเย็นหลายชนิดเข้าสู่ตลาด โดยส่วนมากจะเป็นสารทำความเย็นผสม หรือ Blended Refrigerant มีชื่อทางการค้าว่า SUVA เพื่อทดแทน R – 11, R – 12, R – 22, R – 502 สารทำความเย็นบางตัวสามารถใช้กับอุปกรณ์เครื่องปรับอากาศเดิมได้ แต่สารทำความเย็นบางตัวจะต้องออกแบบเครื่องใหม่เลย สาเหตุที่ต้องออกแบบใหม่เพราะหากใช้เครื่องเดิมกับสารทำความเย็นทดแทนเหล่านี้มักจะมีความสามารถในการทำความเย็นลดลงหรือประสิทธิภาพลดลง

นอกจากนี้ในการพิจารณาเลือกใช้สารทำความเย็นยังมีมาตรฐานกำหนดเกี่ยวกับอันตรายเมื่อหายใจเอาสารนี้เข้าไป เมื่อเกิดการรั่วของสารนี้ด้วย



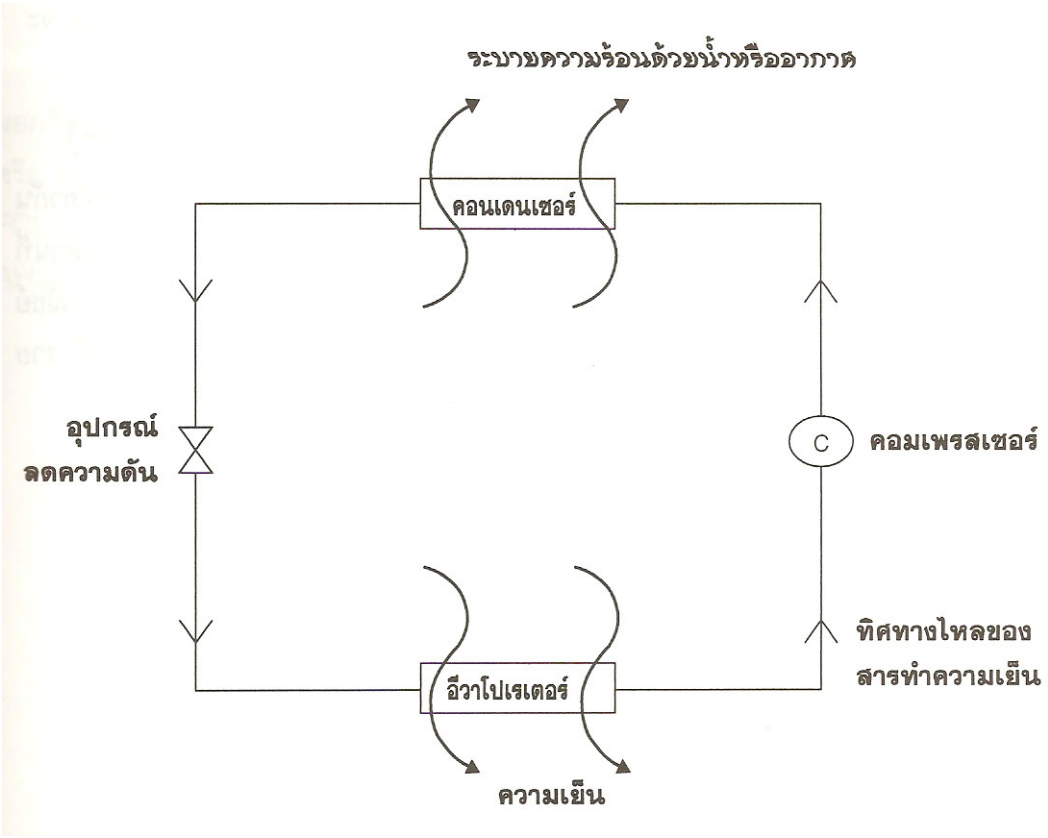
รูปที่ 4 เครื่องทำน้ำเย็น

การทำความเย็นของระบบปรับอากาศจะอาศัยหลักการระเหยของสารทำความเย็น และเนื่องจากสารทำความเย็นมีราคาแพง ประกอบกับการให้ระเหยทิ้งไป จะทำให้เกิดผลกับสภาพแวดล้อม เมื่อสารทำความเย็นระเหยและทำความเย็นแล้ว จึงต้องนำไปควบแน่นเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

หลักการควบแน่นอาศัยการเพิ่มความดันให้กับไอระเหย หรืออัด (Press) ไอ โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า คอมเพรสเซอร์ (Compressor) จนไอระเหยนั้นกลายเป็นของเหลวอีกครั้ง ใน

ขณะที่อัดนี้ ไอระเหยก็จะคายความร้อนออกมาด้วย เราก็ต้องมีวิธีการในการระบายความร้อนนี้ออกไป โดยอาจจะใช้อากาศ (Air – cooled) หรือน้ำ (Water – cooled) ในการระบายความร้อนก็ได้

เมื่อสารทำความเย็นกลายเป็นของเหลวแล้ว การทำให้ของเหลวระเหยเพื่อทำความเย็นอีกครั้งจะอาศัยการลดความดันลง โดยผ่านอุปกรณ์ลดความดันสำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กมักจะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า วาล์วลดความดัน (Thermal Expansion Valve) หรือบางทีการใช้ขดท่อทองแดงเล็ก ๆ (Capillary Tube) ที่ให้ค่าแรงเสียดทานที่พอเหมาะ ก็ใช้ในการปรับลดความดันนี้ได้ดี ซึ่งจากที่เล่ามานี้สามารถแสดงด้วยวงจรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) ดังนี้ (ดังรูปที่ 5)



รูปที่ 5 วงจรทำความเย็น

* คอนเดนเซอร์ – คอนเดนเซอร์ หรือที่เรียกว่า คอยล์ร้อน คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการให้สารทำความเย็นระบายความร้อน เป็นที่ที่สารทำความเย็นควบแน่นเป็นของเหลว คอยล์ร้อนมีทั้งชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air – cooled) และชนิดที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water – cooled)

* อีวาโปเรเตอร์ – อีวาโปเรเตอร์ คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความเย็น เป็นที่ที่สารทำความเย็นระเหย

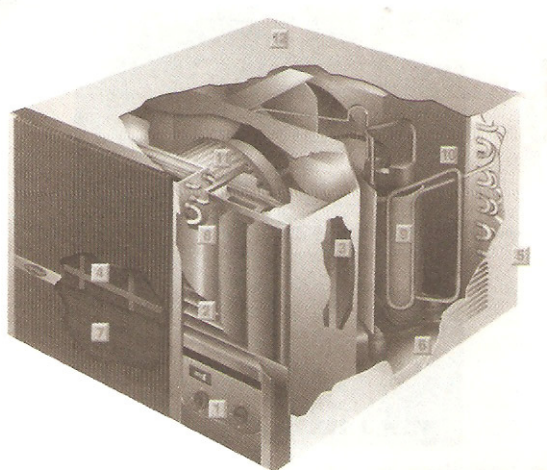
* อุปกรณ์ลดความดัน เช่น Thermal Expansion Valve หรือ Capillary Tube

* คอมเพรสเซอร์ เป็นเครื่องขับเคลื่อนสารทำความเย็น และอัดเพื่อให้เกิดการควบแน่นมี ทั้งชนิดที่เป็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor), แบบโรตารี่ (Rotary Compressor) หรือในเครื่องขนาดใหญ่อาจจะเป็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Compressor) หรือแบบสกรู (Screw Compressor)

ขอย้ำอีกครั้งว่าเครื่องปรับอากาศทุกชนิดอาศัยหลักการเดียวกันนี้ทั้งสิ้น การเรียกชื่อเครื่องปรับอากาศต่าง ๆ นานา เป็นการเรียกตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ และการใช้งาน เช่น เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง (Window Type) คือเครื่องที่ผลิตมาเพื่อติดตั้งที่หน้าต่างได้, เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) เป็นเครื่องที่ผู้ผลิต ผลิตให้ส่วนของคอนเดนเซอร์และอีวาโปเรเตอร์แยกออกจากกัน โดยให้ส่วนที่มีเสียงดัง และต้องระบายความร้อนอยู่นอกห้อง จะได้ไม่รบกวนภายในห้อง เป็นต้น

เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง (Window Type)

คือเครื่องปรับอากาศที่มีอุปกรณ์หลักของวงจรทำความเย็นทุกอย่างครบชุดอยู่ในเครื่องเดียวกันและออกแบบให้เหมาะกับการติดตั้งที่หน้าต่าง โดยด้านทำความเย็นจะโผล่เข้ามาในห้อง ส่วนด้านที่ระบายความร้อนจะโผล่ออกไปนอกห้อง เป็นเครื่องปรับอากาศรุ่นแรก ๆ ที่ทำมาขายในเชิงพาณิชย์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ Carrier เป็นที่รู้จักกันไปทั่วโลก เนื่องจากเป็นผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศนี้ รายแรกของโลก



รูปที่ 6 เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง

เครื่องปรับอากาศแบบนี้ จะอาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศ เพราะเป็นเครื่องขนาดเล็ก การติดตั้งง่าย เพราะเพียงแต่เตรียมช่องวงกบหน้าต่าง หรือผนังตามขนาดเครื่องแล้วเอาเครื่องเสียบเข้าไปต่อสายไฟเข้า และต่อท่อน้ำทิ้งจากเครื่องก็เรียบร้อย

เครื่องปรับอากาศแบบนี้ในปัจจุบัน จะไม่ค่อยนิยมกันมากนัก เนื่องจากเสียงที่ดังกว่า

ประกอบกับราคาก็ใกล้เคียงกับแบบแยกส่วน อาจจะยังมีใช้อยู่เฉพาะในกรณีที่ไม่สามารถหาที่ตั้ง Condensing Unit หรือในต่างประเทศที่ค่าแรงการติดตั้งสูง เช่น อเมริกา ซึ่งนิยมใช้กันอยู่ในโรงแรมบริเวณชานเมือง (ประเภท Inn และ Motel) โดยออกแบบเครื่องให้ภายในห้องดูคล้ายแฟนคอยล์ยูนิต อย่างของ GE จะเรียกรุ่นนี้ว่า Zone Line สามารถทำความเย็นในหน้าร้อนเหมือนเครื่องปรับอากาศทั่วไป และทำความร้อนในหน้าหนาว โดยการสับเปลี่ยนหน้าที่ของคอนเดนเซอร์เป็นอีวาโปเรเตอร์ และอีวาโปเรเตอร์เป็นคอนเดนเซอร์ ด้วยการเปลี่ยนทิศของสารทำความเย็น เครื่องลักษณะนี้มีชื่อเรียกว่า Heat Pump

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)

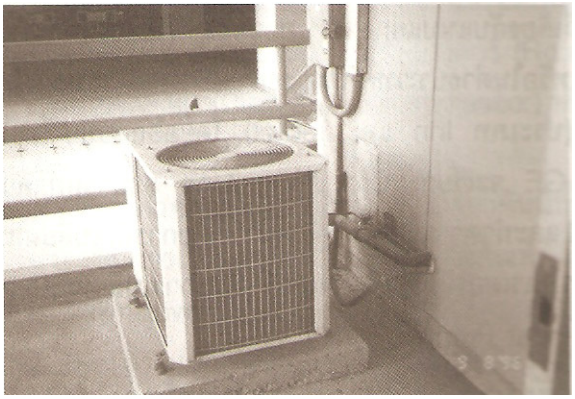
เป็นเครื่องที่แบ่งภาคมาจากเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างโดยแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนที่อยู่นอกห้องเรียกว่า Outdoor Unit หรือ Condensing Unit ภาคที่อยู่ภายในห้องเรียกว่า Indoor หรือ Evaporator Unit หรือ ชื่อเชิงพาณิชย์อาจจะเรียกว่า แฟนคอยล์ยูนิต (Fan Coil Unit – FCU) หรือถ้าตัวโต ๆ ที่มีลักษณะเป็นตู้ ก็มิคนเรียกว่า เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit – AHU)

รูปที่ 7 เครื่องปรับอากาศแบบ CASSETTE TYPE

ชื่อเรียกมีต่าง ๆ นานา ก็อย่าไปกังวลมากนัก เพราะคนเรายังมีชื่อเรียกได้สารพัด เรามาเข้าใจหน้าที่ของมันก็แล้วกัน เพราะในปัจจุบันส่วน Indoor Unit ยังมีรุ่นใหม่ ๆ เกิดขึ้นอีก เช่น รุ่น Wall Type, Cassette Type, Column Type ฯลฯ

เครื่องปรับอากาศเหล่านี้ จะอาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศ เพราะมักจะเป็นเครื่องที่มีขนาดเล็กถึงขนาดกลาง (0.75 – 30 ตัน)

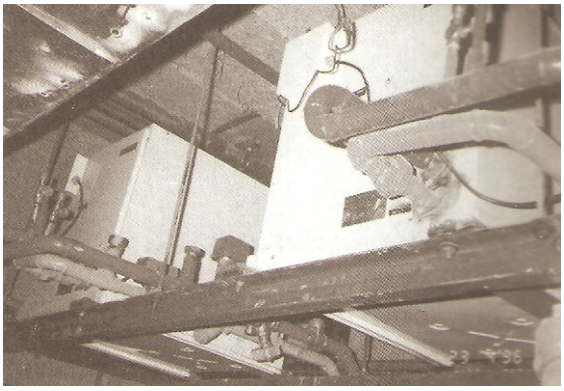
ตำแหน่งที่วาง Condensing Unit จะต้องระบายอากาศได้ดี และหากติดตั้งในอาคารสูง จะต้องพิจารณาผลจากแรงลมที่มาปะทะอาคารด้วย โดยทั่วไป CDU ไม่ควรจะห่างจาก FCU หรือ AHU เกิน 15 เมตร เนื่องจากจะมีผลกับประสิทธิภาพของเครื่อง และปัญหาระบบน้ำมันหล่อลื่นภายในระบบ ซึ่งจะมีผลกับการทำงานและอายุของคอมเพรสเซอร์ หากมีความจำเป็นที่จะต้องเดินท่อน้ำยาไกลกว่านี้ จะต้องมั่นใจว่า จะต้องมีความรู้ทางด้านเทคนิคการเดินท่อน้ำยาที่ถูกต้อง เช่น



รูปที่ 8 Condensing Unit
แบบระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

การขยายขนาดท่อน้ำยา และการทำ Oil trap รวมทั้งการกำหนดความลาดเอียงของท่อ

การพิจารณาที่ตั้ง Condensing Unit ควรจะทราบถึงลักษณะของเครื่องที่จะใช้ด้วย เพราะมีรุ่นที่เป่าลมร้อนออกข้าง และรุ่นที่เป่าลมร้อนขึ้นด้านบน รวมทั้งลักษณะการนำลมเข้ามาระบายความร้อนของเครื่องว่าลมเข้าในลักษณะใด เพื่อให้เครื่องระบายความร้อนได้ดี นอกจากนี้จะต้องพิจารณาไม่ให้ลมร้อนที่เป่าออกจากเครื่องกลับมาที่เครื่องอีก เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องลดลงเป็นอย่างมาก



รูปที่ 9 Condensing Unit แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้ มีรุ่นที่ใช้การระบายความร้อนด้วยน้ำเหมือนกัน แต่มักจะใช้เป็นเครื่องเสริม เมื่อต้องใช้งานนอกเวลาทำการปกติในอาคารที่มีระบบหอระบายความร้อนอยู่แล้ว โดยอาจจะแขวน Water - cooled Condensing Unit ไว้ในห้องเครื่อง หรือห้องเก็บของ แล้วต่อท่อน้ำยาไปยัง FCU ที่สามารถจะติดตั้งไว้ภายในห้องที่ต้องการได้ เช่น ห้องผู้บริหาร, ห้องประชุม การระบายความร้อนของ Condensing Unit ก็ใช้วิธีต่อน้ำระบายความร้อนจากระบบของหอระบายความร้อน

ผู้นำสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในปัจจุบัน เห็นทีจะต้องยกให้ญี่ปุ่น โดยผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศญี่ปุ่นเป็นผู้ค้นคิดในการออกแบบให้เครื่องมีขนาดกะทัดรัดสวยงาม เงียบ และประหยัดไฟ ซึ่งก็อาจจะมีผลมาจากความคับแคบของสถานที่ในประเทศญี่ปุ่นเอง ความเป็นระเบียบของคนญี่ปุ่น และกฎหมายควบคุมความดังของเสียงของเครื่องปรับอากาศ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่แพง และความล้ำหน้าทางด้านอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ในประเทศญี่ปุ่น รวมทั้งค่าแรงในการบริการที่แพง ทำให้มีการออกแบบเครื่องปรับอากาศให้ชาวบ้านธรรมดา สามารถติดตั้ง และซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศได้ด้วยตัวเอง แผงกรองอากาศสามารถถอดออกมาทำความสะอาดได้ง่ายกว่าเครื่องปรับอากาศในอดีตเป็นอย่างมาก

การควบคุมอุณหภูมิโดยทั่วไปอาศัยอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่เรียกว่า เทอร์โมสตัท (Thermostat) เพื่อควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ให้หยุดหรือเดินตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้ เทอร์โมสตัทรุ่นหลัง ๆ นี้ ที่มีคุณภาพจะเป็นแบบอิเลคทรอนิกส์ ซึ่งมีความแม่นยำสูงกว่าแบบเดิม ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ดีขึ้น และช่วยในการประหยัดไฟฟ้า

อุปกรณ์ที่เราจะพบว่ามีทั้งรุ่นที่เป็นรีโมท (Remote) แบบมีสาย หรือไร้สาย สามารถตั้งเวลาได้ มี Mode การทำงานมากขึ้น เช่น Econo Mode เพื่อประหยัดพลังงาน และ Sleep Mode เพื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้นหลังจากที่เราหลับแล้ว ซึ่งอัตราการเต้นของหัวใจจะต่ำลง และจะรู้สึกหนาวหากคงอุณหภูมิไว้ เช่น ขณะก่อนที่จะหลับ นอกจากนี้ยังมีรุ่นที่ใช้ Fuzzy Logic Control ที่จะทำให้ระบบควบคุมสั่งการทำงานของเครื่องปรับอากาศ มีความคิดใกล้เคียงกับสมองของคนมากขึ้น เครื่องรุ่นใหม่บางรุ่นยังมีเครื่องฟอกอากาศ (Air Cleaner) ติดตั้งมาภายในเครื่อง FCU เลย เนื่องจากมีการให้ความสำคัญเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality - IAQ) กันมากขึ้น

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นใหม่ ยังเน้นที่การใช้ที่ตั้ง Condensing Unit น้อยลง โดยออกแบบให้เครื่อง Condensing Unit เครื่องเดียวสามารถที่จะใช้กับ Fancoil ได้หลาย ๆ ชุด เครื่องปรับอากาศแบบนี้ในสมัยแรก เหมือนกับการเอา Condensing Unit หลาย ๆ ตัวมารวมไว้ตัวเดียวกัน แต่ในรุ่นใหม่จะใช้คอมเพรสเซอร์ที่ปรับรอบได้ ประกอบกับถังสำรองสารทำความเย็นและน้ำมันหล่อลื่น และใช้วาล์วอิเลคทรอนิกส์ ในการควบคุมการจ่ายสารทำความเย็นไปยัง Fancoil Unit จุดเด่นของเครื่องรุ่นใหม่ก็คือ Fancoil Unit แต่ละตัวสามารถเปิด – ปิดได้โดยอิสระ และสามารถมีขนาดที่แตกต่างกันได้

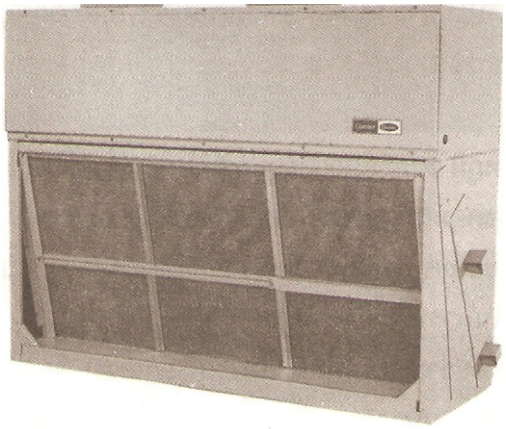
สำหรับเครื่องปรับอาคารแบบแยกส่วนที่มีขนาดใหญ่ (3 – 30 ตัน) อาจจะส่งลมเย็น โดยอาศัยระบบท่อลม ซึ่งจะช่วยให้ได้การกระจายลมเย็นที่ดี และเหมาะกับสำนักงาน, ห้องอาหาร, ห้องพักผ่อน การกระจายลมที่ดีจะทำให้ได้อุณหภูมิเฉลี่ยสม่ำเสมอ และลดปัญหาการไม่สบายเนื่องจากการแตกต่างของอุณหภูมิ การเป็นโรคภูมิแพ้และโอกาสเป็นหวัดในบางคน ลักษณะการติดตั้งโดยทั่วไปจะให้ Condensing Unit อยู่ภายนอกอาคาร, และเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit - AHU) อยู่ภายในอาคารโดยจัดให้มีห้องเครื่อง AHU และนำ AHU มาตั้งภายในห้องนี้

หากใช้ระบบท่อลมในการส่งลมเย็นก็จะต่อท่อลมมาเข้ากับเครื่อง

ท่อลมที่ออกจากเครื่อง หรือท่อลมส่ง เรียกว่า Supply Air

ท่อลมที่นำลมภายในห้องกลับมาที่เครื่อง หรือท่อลมกลับ เรียกว่า Return Air

สาเหตุที่ควรจะติดตั้ง AHU ภายในห้องเครื่องก็เพื่อให้เกิดความเรียบร้อย ลดความดังของเสียงและง่ายต่อการบำรุงรักษา



รูปที่ 10 เครื่องส่งลมเย็น

การนำเครื่อง AHU มาตั้งไว้ภายในห้องปรับอากาศโดยตรง (เป็นเครื่องตั้งไว้ โดยมองเห็นตัวเครื่องและเป่าลมเย็นจากเครื่องโดยตรงเลย) หากมีเครื่องขนาดใหญ่ อาจจะแลดูเทอะทะไม่สวยงาม (ความสวยงามขึ้นกับยี่ห้อ) และการกระจายลมจะไม่ดี เนื่องจากเครื่องเป่าลมจำนวนมากออกมาเป็นลำของอากาศเย็น หากตกลงตรงไหนก็จะเย็นมากเฉพาะตรงนั้น จึงไม่เหมาะกับสำนักงานเพราะหากนั่งโดนลมเย็นเป่านาน ๆ อาจจะไม่สบายก็ได้ การติดตั้งในลักษณะนี้อาจจะใช้ได้เฉพาะบริเวณโถง, ทางเดิน ซึ่งคนมีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา

หรือการนำ AHU หรือ FCU แขวนซ่อนไว้ในฝ้าเพดาน ก็จะทำให้การซ่อมบำรุงลำบาก เนื่องจากเนื้อที่ในฝ้าเพดานมักจะคับแคบ และมักจะมีโครงเคร่าฝ้า, สายไฟเกะกะหรือช่องเปิดไม่สะดวกแถมยังต้องใช้บันไดปีนขึ้นไปเวลาที่จะบริการเครื่อง ในที่สุดความไม่สะดวกต่าง ๆ จะทำให้เครื่องขาดการเอาใจใส่ สกปรก และเครื่องจะชำรุดทรุดโทรมเร็วกว่าที่ควร แถมฝ้าในบริเวณนี้ก็จะพลอยสกปรก ทรุดโทรมไปด้วย และเนื่องจากที่เครื่องจะมี “น้ำทิ้ง” ที่เกิดจากการกลั่นตัวของความชื้นในอากาศออกมาด้วย หากท่อน้ำทิ้ง หรือถาดน้ำทิ้งสกปรก ก็อาจจะทำให้น้ำล้น และหยดลงมาที่ฝ้าเพดานทำให้เสียหายได้ ยิ่งในกรณีที่เอาเครื่องไปแขวนไว้ใต้เพดานหรือ หลังคาที่ร้อน จะยิ่งมีปัญหามาก เพราะเครื่องปรับอากาศมีความเย็น เมื่อโดนอากาศร้อนในหลังคา อาจจะทำให้น้ำจับตัวเครื่องและหยดลงมาได้ นอกจากนี้จะทำให้ความเย็นลดลง เนื่องจากความร้อนในหลังคาด้วย

ในกรณีที่ต้องการจะแขวนเครื่องที่ชั้นบนสุดของอาคาร ควรจะใช้วิธีทำฝ้าเพดานก่อนชั้นหนึ่ง แล้วจึงเอาเครื่องแขวนไว้ใต้เพดานนั้น (เปรียบเสมือนกับการแขวนเครื่องไว้ภายในห้องนั่นเอง) แล้ว

จึงจะตีกล่อง หรือตีฝ้าเพดานปิด เพื่อความสวยงามอีกชั้นหนึ่ง และที่สำคัญจะต้องออกแบบช่องเปิดบริการให้มีขนาดใหญ่เพียงพอ และสามารถเปิดได้โดยสะดวก ไม่หนักจนเกินไป ตัวแผ่นเปิดควรทำจากวัสดุที่ทนความชื้น และน้ำ และสามารถทำความสะอาดได้ง่าย และมีสีไม้ หรือสีคล้ำ เพื่อบดบังรอยนิ้วมือของช่าง และรอยสกปรกต่าง ๆ

เครื่องปรับอากาศแบบสำเร็จครบชุดในตัว

(Packaged Unit)

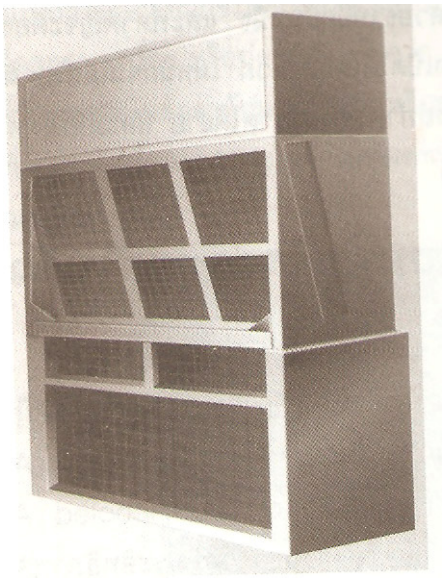
เครื่องแบบนี้มีโครงเหมือนกับ เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง แต่มีขนาดใหญ่กว่า มีทั้งชนิดที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ เรียกว่า Packaged Air – cooled Air – conditioner และชนิดที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ เรียกว่า Packaged Water - cooled Air – conditioner การที่ใช้น้ำในการระบายความร้อนมักจะทำให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และมีการระบายความร้อนที่ดีกว่าการระบายความร้อนด้วยอากาศ

Packaged Air – cooled Air – conditioner

ถ้าพูดไปแล้วก็เหมือนเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างแต่มีขนาดใหญ่กว่า หรือก็คือเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่รวมเครื่อง CDU และ FCU ไว้ด้วยกัน (โดยทั่วไป 3 – 30 ตัน) การส่งลมเย็นมักจะใช้ระบบท่อลม ในบ้านเรานิยมใช้กับอาคารประเภทสำนักงานคอนโดมิเนียม เนื่องจากติดตั้งง่าย การใช้งานเป็นเอกเทศ และลงทุนสร้างคอนโดมิเนียมประเภทสำนักงานนี้มักจะไม่ต้องการรับภาระลงทุนในส่วนนี้ รวมทั้งเรื่องการบำรุงรักษาภายหลังด้วย โดยผลักภาระทั้งหมดไปให้กับผู้ซื้อพื้นที่

อย่างไรก็ตามการใช้เครื่องปรับอากาศ ประเภทที่ระบายความร้อนด้วยอากาศจะใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 1.4 – 1.7 กิโลวัตต์ / ตัน (ตันในที่นี้ คือ ตันความเย็น และ 1 ตันความเย็นเท่ากับ 12,000 บีทียู / ชั่วโมง) ซึ่งนับว่าสูงมาก และสูงกว่าเครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ 20 – 30 เปอร์เซ็นต์เลยทีเดียว อาคารขนาดใหญ่หากใช้เครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยอากาศจะมีผลทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ามีขนาดใหญ่ ระบบจ่ายไฟฟ้าจะมีราคาแพงมากขึ้น และค่าไฟฟ้าในการเดินเครื่องปรับอากาศจะสูงมาก แต่ภาระค่าไฟฟ้านี้เจ้าของอาคารถือว่าผู้ใช้อาคารเป็นผู้จ่ายเองตามบิลค่าไฟฟ้าประจำเดือน จึงมักจะไม่สนใจ ซึ่งว่าไปแล้วก็ออกจะเห็นแก่ตัวไปสักหน่อย และมีผลเสียกับสังคมโดยรวม เพราะเครื่องปรับอากาศใช้กำลังไฟฟ้าถึงประมาณครึ่งหนึ่ง ของการใช้ไฟฟ้าของอาคารแต่ละหลัง หากทุกคนไม่รับผิดชอบเช่นนี้ ก็จะมีผลกับการใช้พลังงานของประเทศ ทำให้รัฐไม่สามารถขยายโรงไฟฟ้าได้ทันกับการพัฒนาประเทศ ซึ่งเป็นปัญหาที่วิกฤติของประเทศอยู่ในขณะนี้

ความจริงหากจะสร้างให้เครื่องปรับอากาศชนิดนี้กินไฟน้อยลง ก็สามารถทำได้ เช่น การขยายคอนเดนเซอร์ให้ใหญ่ เพื่อที่จะได้ระบายความร้อนได้ดีขึ้น การใช้คอมเพรสเซอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Compressor) การใช้ระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพก็อาจจะทำให้การใช้ไฟ



รูปที่ 11 Packaged Air – cooled Air – conditioner

ฟ้าลดลงมาที่ประมาณ 1.2 – 1.3 กิโลวัตต์ / ตันได้ แต่ตัวเครื่องจะมีราคาแพงขึ้นบ้าง ปัญหาอยู่ที่ในอดีต เราไม่ได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับตัวเลข กิโลวัตต์ / ตัน เท่าใดนัก ชาวบ้านทั่วไปเวลาซื้อเครื่องปรับอากาศสนใจที่ บาท / ตัน มากกว่า ผู้จำหน่ายจึงขายโดยสู้กันที่ราคามากกว่าคุณภาพ ทำให้เครื่องที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมักจะเป็นเครื่องที่กินไฟมาก หากจะขยายคอนเดนเซอร์ ฯลฯ จะต้องสั่งพิเศษและมีจำนวนที่มากพอที่จะผลิตให้

(กฎหมายอนุรักษ์พลังงานที่ประกาศใช้ในปี 2538 บังคับให้เครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ จะต้องกินไฟไม่เกิน 1.4 กิโลวัตต์ / ตัน ซึ่งจะช่วยให้การใช้ไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศน้อยลงกว่าในอดีต)

เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง และแบบแยกส่วนที่ดี ๆ เช่น ของญี่ปุ่นหลายยี่ห้อ หรือยี่ห้อดี ๆ ของอเมริกัน (ที่ผลิตในประเทศไทย แต่มีคุณภาพดีกว่าของบริษัท ฯ แม่ในอเมริกา) ก็มีประสิทธิภาพใกล้เคียง 1.2 กิโลวัตต์ / ตัน ซึ่งนับว่าใกล้เคียงกับเครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ

การใช้เครื่อง Packaged Air – cooled Air – conditioner ยังต้องพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งให้เหมาะสม มีการระบายความร้อนที่ดี และจะต้องพิจารณาแรงลมที่มาปะทะในกรณีของอาคารสูง ถ้าให้ดีควรจะติดตั้งแผงเกล็ดระบายความร้อนที่ดี สำหรับทางลมเข้า และทางลมออกตั้งฉากกัน คือให้ทางลมเข้าทางหนึ่งทำมุม 90 องศา กับทางระบายลมร้อนออกที่ออกในทิศที่ตั้งฉากกัน (หรือถ้าสามารถเข้าออกในทางตรงกันข้ามกับทางลมเข้าก็ยิ่งดี) และให้เกล็ดระบายลมร้อน มีลักษณะที่ช่วยให้ลมร้อนเป่าออกไปห่างเครื่องให้ได้ไกล ๆ เช่นการใช้เกล็ดที่มีใบที่สามารถดัดทิศทางลมให้วิ่งไปในแนวราบแทนที่จะเป่าเป็นมุมเอียงลง เพื่อป้องกันไม่ให้ลมร้อนย้อนกลับเข้ามาที่คอนเดนเซอร์ อันจะทำให้ประสิทธิภาพลดลง อากาศที่ใช้ในการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 องศา อาจจะทำให้ประสิทธิภาพในการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ เพิ่มขึ้นหรือลดลงเกือบ 10

.

การกล่าวถึงประสิทธิภาพนี้ มีนิยามที่เรียกว่า EER (Energy Efficiency Ratio) มาจาก

EER = บีทียู / ชั่วโมง (ความเย็นที่ได้)
วัตต์ (กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่อง)

12,000 บีทียู / ชั่วโมง = EER 10 = 1.2 กิโลวัตต์ / ตัน
1,200 วัตต์

(12,000 บีทียู / ชั่วโมง = 1 ตันความเย็น ; 1,200 วัตต์ = 1.2 กิโลวัตต์)

ผู้เขียนอยากให้ผู้อ่านคุ้นเคยกับนิยาม EER ไว้ เพราะในทางการค้า หากต่อไปเราพบการโฆษณาขายเครื่องปรับอากาศ ถ้ามี EER 10 หรือมากกว่า แสดงว่ากินไฟน้อย แต่ถ้า EER เป็น 7 – 8 แสดงว่าประสิทธิภาพต่ำ

เครื่องปรับอากาศต่อไปควรจะโฆษณาค่า EER ด้วย และเคยพบเครื่องปรับอากาศที่โฆษณา ว่าสามารถมีค่า EER ถึง 11.5 เลยทีเดียว ในขณะที่ยังพบว่าเครื่องปรับอากาศถูก ๆ หลายยี่ห้อมีค่า EER เพียง 7 ซึ่งเท่ากับกินไฟมากกว่าถึงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

เปอร์เซ็นต์เลยทีเดียว

การติดตั้งควรจะนำเครื่องไว้ในห้องเครื่อง และมีการคำนึงถึงเรื่องการป้องกันเสียง เพราะเครื่องชนิดนี้มีคอมเพรสเซอร์อยู่ในตัว จึงมีเสียงดังกว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่แยกคอมเพรสเซอร์ออกไป

นอกจากนี้ ห้องเครื่องยังช่วยป้องกันไม่ให้ฝนเข้ามาในอาคารอีกด้วย ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นโดยเฉพาะอาคารสูง

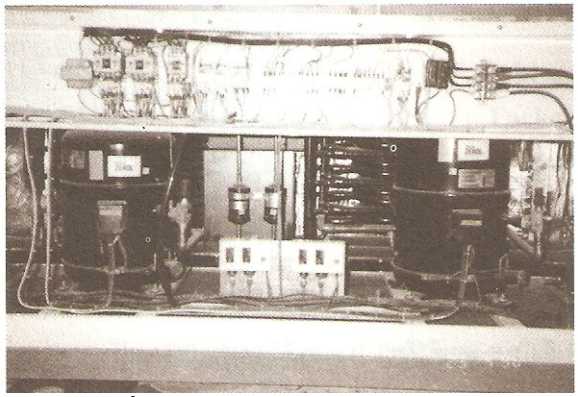
การควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ อาศัยอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิที่เรียกว่า เทอร์โมสตัท (Thermostat) ซึ่งจะมีค่าความแม่นยำ $\pm$ 1 องศา โดยการวัดอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศ และไปสั่งการทำงานของคอมเพรสเซอร์ให้หยุดหรือเดิน ในกรณีของเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ คอมเพรสเซอร์อาจจะมีหลายตัว หรือในแต่ละตัวอาจจะมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า Unloader ที่ลดกำลังของตัวเองลงได้เป็นขั้น ๆ ดังนั้น เทอร์โมสตัท จึงอาจจะเป็นแบบที่สามารถสั่งการทำงานเป็นขั้น ๆ (Step Thermostat) ได้เช่นเดียวกัน

Packaged Water - cooled Air – conditioner

ลักษณะโดยทั่วไปเหมือน Packaged Air - cooled Air – conditioner แต่ใช้การระบายความร้อนด้วยน้ำ เพื่อลดการกินไฟ (ระบบโดยทั่วไปจะกินไฟทั้งระบบประมาณ 1.2 กิโลวัตต์ / ตัน) และใช้กรณีที่ไม่สามารถจัดหาสถานที่ตั้งเครื่องที่ระบายความร้อนด้วยอากาศได้

หากเทียบความคล่องตัวในการใช้งาน ก็สามารถกล่าวได้ว่า เครื่องปรับอากาศแต่ละ

เครื่องสามารถเปิด – ปิด ได้โดยอิสระเช่นกัน แต่จะมีภาระมากกว่าเครื่องแบบ Air – cooled ตรงที่ต้องการดูแลการเปิดปิดหอระบายความร้อนด้วย ซึ่งถือเป็นภาระส่วนกลาง และจะต้องมีวิธีการเรียกเก็บค่าบริการนี้จากผู้เช่า ทั้งค่าบริการปกติ และเมื่อใช้งานนอกเวลาทำการปกติ อย่างไรก็ตาม ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ก็ถือว่าไม่มากนัก เพราะค่าไฟฟ้าในการเดินเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน และหอระบายความร้อนไม่สูงมากนัก แต่ในการคิดค่าใช้จ่ายต้องไม่ลืมที่จะคิดค่าน้ำ และค่าพนักงานที่ต้องคอยดูแลด้วย



รูปที่ 12 ภายในเครื่อง Packaged Air - cooled Air – conditioner

การระบายความร้อนด้วยน้ำ เนื่องจากน้ำก็มีราคาแพงเกินกว่าที่จะทิ้งไปเฉย ๆ ได้ โดยทั่วไปลูกบาศก์เมตรละประมาณ 10 บาท และในพื้นที่ห่างไกลอาจจะเพงกว่านี้) จึงต้องมีระบบที่จะนำน้ำนี้ไปทำให้เย็นลงแล้วนะกลับมาใช้ใหม่

อุปกรณ์ที่ใช้ทำให้น้ำระบายความร้อนนี้เย็นลง เรียกว่า หอระบายความร้อน (Cooling Tower) และน้ำที่ใช้ในการระบายความร้อนนี้เรียกว่า Condenser Water

หลักการทำงานของหอระบายความร้อน อาศัยหลักการระเหยของน้ำที่จะทำให้น้ำเย็นลง โดยการนำน้ำร้อนหลังจากผ่านคอนเดนเซอร์ ซึ่งจะมีอุณหภูมิประมาณ 38°C มาฉีดเพื่อให้สวนทางกับลมที่เกิดจากแรงดูดของพัดลมของหอระบายความร้อน ขั้นตอนนี้จะต้องทำให้น้ำระเหย และคายความร้อนให้กับลม เมื่อตกลงมาที่อ่างรับน้ำก็จะมีอุณหภูมิลดเหลือประมาณ 32°C สามารถนำกลับไปใช้ในการระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ได้ใหม่

น้ำบางส่วน (ประมาณ 2 – 3 เปอร์เซ็นต์) ของปริมาณน้ำหมุนเวียนทั้งหมดจะสูญเสียไป เนื่องจากการระเหยบ้าง, โดยพัดลมเป่าไปบ้าง, ล้นบ้าง จึงต้องมีการเติมน้ำมาชดเชย ซึ่งเพียงแค่ชดเชยเท่านี้ ก็มักจะประมาณเท่ากับการใช้น้ำในอาคาร สำหรับส่วนของห้องน้ำของอาคารทั้งหมดแล้ว อาจจะพูดได้ว่า เมฆในกรุงเทพ ฯ ส่วนหนึ่ง เกิดจากการระเหยของน้ำขอหอระบายความร้อน ซึ่งในกรุงเทพ ฯ จะมีการระเหยน้ำจากอุปกรณ์นี้เป็นแสนลูกบาศก์เมตรเลยทีเดียว

การระบายความร้อนด้วยน้ำมีประสิทธิภาพสูงกว่าการระบายความร้อนด้วยอากาศ

เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำที่ต่ำกว่าอากาศ และการถ่ายเทความร้อนผ่านน้ำจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการถ่ายเทผ่านอากาศ

อย่างไรก็ตามการใช้ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำทำให้ต้องมีระบบท่อน้ำระบายความร้อน (Condenser Water System) เพิ่มขึ้นอีกหนึ่งระบบ, ต้องใช้น้ำมากขึ้น และยังต้องการดูแลระบบน้ำนี้เพิ่มขึ้น เพราะน้ำจะแห้งไม่ได้, ต้องเดินหอระบายความร้อน, ต้องเติมสารเคมี เพื่อป้องกันการเกิดตะกรัน และตะไคร่น้ำ และต้องรักษาทำสะอาดคอนเดนเซอร์ และหอระบายความร้อนด้วย นอกจากนี้ ขนาดถังน้ำสำรองใต้ดินก็จะมีขนาดใหญ่ขึ้นอีกเท่าตัว เพื่อสำรองน้ำใช้ในการเติมหอระบายความร้อน

สถานที่ตั้งหอระบายความร้อนก็มีความสำคัญ เพราะละอองน้ำจากหอระบายความร้อนทำให้เกิดความชื้น หากมากระทบกับอาคารก็จะมีละอองคราบน้ำที่ยากกับการทำความสะอาด และถ้าย้อนกลับมาเข้าทางช่องอากาศบริสุทธิ์ก็จะทำให้ภายในอาคารมีความชื้นสูง, อาจมีเชื้อรา และยังอาจจะได้รับแบคทีเรียที่เรียกว่า ลีเจียนแนรา (Legionaira) ซึ่งมีผลทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจได้

หอระบายความร้อน มักจะมีขนาดใหญ่ และต้องการระบายอากาศที่ดี จึงจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นในการออกแบบสถาปัตยกรรม จึงจะต้องพิจารณาตำแหน่งของหอระบายความร้อนตั้งแต่เริ่มแรก จึงจะสามารถทำให้เกิดความกลมกลืนกับอาคาร และไม่น่าเกลียด เมื่อมองจากภายนอกอาคาร

หากติดตั้งไว้ใกล้กับพื้นที่ที่ไม่ต้องการเสียงรบกวน หรือการสั่นสะเทือนรบกวน เช่นห้องประชุม, สำนักงานบริหาร, อพาร์ทเมนต์, ห้องออกอากาศ ฯลฯ จะต้องพิจารณาติดตั้งอุปกรณ์ลดความสั่นสะเทือน และจะต้องกำหนดให้ผู้ผลิตหอระบายความร้อน เลือกใช้พัดลมที่มีระดับเสียงต่ำ

การลดการสั่นสะเทือนจากหอระบายความร้อน เป็นเรื่องยากเหมือนกัน เพราะพัดลมอันเป็นต้นกำเนิดของการสั่นสะเทือนมักจะเดินที่รอบต่ำ (ประมาณ 600 รอบ / นาที) จึงกำจัดการสั่นสะเทือนยากกว่า อุปกรณ์ เช่น เครื่องสูบน้ำ ซึ่งจะเดินที่รอบสูงกว่า (ประมาณ 1,450 รอบ / นาที หรือ 2,900 รอบ / นาที) หากใช้สปริงที่มีการยุบตัวมาก ทำให้ยากต่อการควบคุมแกว่งของใบพัดลมที่อาจจะไปตีกับตัวถังได้ การติดตั้งสปริงมักจะติดตั้งที่ชุดตัวพัดลมเลย จะไม่นำสปริงไปรองรับหอระบายความร้อนทั้งตัว เนื่องจากมีน้ำหนักมาก และยุ่งยาก

ส่วนการลดเสียงจะใช้วิธีเลือกพัดลมที่มีระดับเสียงต่ำ หากระดับเสียงยังสูงเกินไปอีก (โดยทั่วไปไม่ควรจะเกิน 60 เดซิเบล – เอ) อาจจะต้องติดตั้งกล่องเสียงเพิ่มเข้าไป

เครื่องปรับอากาศแบบนี้ มักจะอาศัยการส่งลม โดยใช้ระบบท่อลมเช่นกัน เนื่องจากต้องการให้ได้การกระจายลมที่ดี และป้องกันเสียงจากคอมเพรสเซอร์ที่อยู่ในเครื่องที่มีเสียงดี การส่งลมโดยทั่วไปจะเป็นแบบปริมาณการส่งลมคงที่ (Constant Air Volume – CAV) เนื่องจากอีวา – โปเรเตอร์เป็นแบบ Direct Expansion – DX เหมือนเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง, หรือแบบแยกส่วน ซึ่งหากลมหมุนเวียนผ่านคอยล์เย็นต่ำเกินไปจะเกิดอาการหิมะจับที่คอยล์ (Freezing)ได้ ดัง

นั้นปริมาณลมหมุนเวียนของเครื่องปรับอากาศ โดยทั่วไปจึงเป็นแบบคงที่ แต่เครื่องรุ่นใหม่ ได้มีการพัฒนานำระบบการควบคุม โดยใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ ในการควบคุมระบบน้ำยา, และคอมเพรสเซอร์ ทำให้สามารถจะใช้กับระบบการส่งลมแบบเปลี่ยนแปร (Variable Air Volume - VAV) ได้ด้วย แต่ราคาจะแพงขึ้น และยังมีผลิตอยู่เพียงไม่กี่ยี่ห้อ

หมายเหตุ

อาการหิมะจับที่คอยล์เย็น (Freezing) เกิดเนื่องจากอุณหภูมิ และความดันของสารทำความเย็นลดลงต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (หากทำงานปกติจะอยู่ที่ประมาณ 4.4°C ซึ่งสูงกว่าจุดเยือกแข็ง) ซึ่งมักจะเกิดจาก 2 สาเหตุ คือ

1. ปริมาณลมหมุนเวียนต่ำกว่า – ในกรณีนี้หิมะจะจับทั่วทั้งแผงคอยล์เย็น มักจะเกิดแผงกรองอากาศตัน หรือสกปรก หรือคอยล์เย็น สกปรก

นอกจากนี้อาการที่เกิดจะเป็นแบบทวีคูณ เพราะเมื่อมีหิมะจับปริมาณลมหมุนเวียนจะยิ่งลดลงอีก

2. สารทำความเย็นรั่ว - ในกรณีนี้หิมะจะจับเฉพาะส่วนต้นของแผงคอยล์เย็น และแผงคอยล์ส่วนที่เหลือจะไม่เย็นเลย

ทั้ง 2 กรณีนี้ จะได้ผลสรุปว่าความเย็นที่ได้จากเครื่องปรับอากาศจะลดลง ซึ่งอาจจะขัดความรู้สึกอยู่บ้าง บางครั้งจะเห็นไอเป็นควันขาวออกมาด้วย เพราะอุณหภูมิของคอยล์ที่ลดลง ทำให้เกิด “หมอก” ได้ง่าย แต่เนื่องจากการถ่ายเทความเย็นที่ลดลง จะทำให้ปริมาณความเย็นที่ได้ลดลง หรือแอร์ไม่เย็นนั่นเอง

ระบบปรับอากาศที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller)

เนื่องจากเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง, แบบแยกส่วน และแบบ Packaged Unit ต่างก็มีข้อดี ข้อเสีย และมีข้อจำกัดในการติดตั้งอยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เรื่องระยะห่างระหว่าง Condensing Unit กับ FCU ซึ่งห่างไม่ได้มากนักในกรณีของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน, ส่วนเครื่องแบบหน้าต่าง ก็ดูไม่สวยงาม และเสียงดัง, เครื่องแบบ Packaged Unit ก็ยังมีเสียงดัง และการควบคุมอุณหภูมิก็ยังไม่แน่นอน เนื่องจากการควบคุมอุณหภูมิอาศัยการตัด – ต่อของคอมเพรสเซอร์ ดังนั้นจึงได้มีการนำเครื่องทำน้ำเย็น เมื่อทำน้ำให้เย็นก่อนแล้ว จึงใช้น้ำเย็นนี้เป็นตัวกลางในการส่งผ่านความเย็นต่อไปให้กับ FCU หรือ AHU อีกทอดหนึ่ง

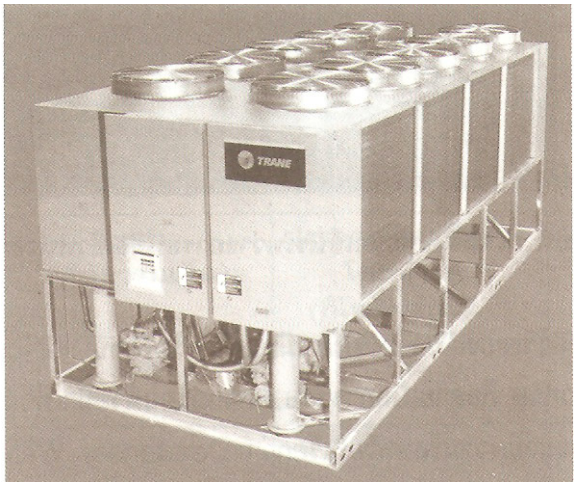
โครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็น ก็เหมือนกับเครื่องปรับอากาศทุกชนิด คือ มีวงจรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) เหมือนเดิม เพียงแต่แทนที่อีวาโปเรเตอร์จะทำความเย็นให้อากาศโดยตรง ก็กลับไปทำความเย็นให้กับน้ำก่อน เมื่อน้ำเย็นแล้ว จึงใช้น้ำเป็นตัวกลางถ่ายทอดความเย็นต่อไป

สาเหตุที่ต้องใช้น้ำเป็นตัวกลางถ่ายทอดความเย็นนี้ เนื่องจากน้ำสามารถสูบจ่ายไปได้ไกล ๆ

โดยไม่มีปัญหา จะรั่วบ้างไม่เป็นไร และการควบคุมปริมาณน้ำก็ทำได้ง่าย ซึ่งก็จะมีผลทำให้การควบคุมอุณหภูมิทำได้ง่ายและแม่นยำขึ้น การที่ไม่มีคอมเพรสเซอร์อยู่กับ FCU หรือ AHU เหมือนกับเครื่อง Packaged Unit ก็ทำให้ไม่มีปัญหาเสียงดังรบกวนจากคอมเพรสเซอร์

Air cooled Water Chiller

ก็คือเครื่องทำน้ำเย็นที่อาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศ ลักษณะของงานที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบนี้ จะเป็นลักษณะของงานที่มีความต้องการความเย็นไม่มากนัก (มักจะไม่เกิน 500 ตันความเย็น) ซึ่งต้องการความสะดวกในการติดตั้ง และต้องการลดภาระการดูแลรักษา หรือจะใช้ในโครงการที่ขาดน้ำ หรือไม่มีน้ำที่มีคุณภาพพอจะมาใช้ระบายความร้อนของเครื่องได้ อย่างไรก็ตาม เครื่องที่ระบายความร้อนด้วยอากาศก็ย่อมที่จะกินไฟมากกว่า เครื่องที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ (โดยทั่วไปประมาณ 1.4 – 1.6 กิโลวัตต์ / ตัน)



รูปที่ 13 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

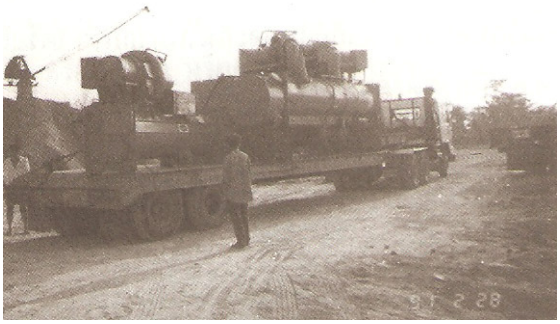
น้ำเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็น จะถูกเครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump) จ่ายเข้าสู่ระบบไปยัง FCU และ AHU โดยอุณหภูมิน้ำเย็นนี้จะอยู่ที่ประมาณ 7°C เมื่อใช้งานผ่าน FCU หรือ AHU แล้วจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 12°C ก็จะถูกส่งกลับมายังเครื่องทำน้ำเย็นอีกครั้งหนึ่ง

ระบบส่งน้ำเย็นที่อาศัยท่อน้ำเย็น (Chilled Water Pipe) มีทั้งท่อส่งน้ำเย็น (Supply Chilled Water Pipe) และท่อน้ำเย็นกลับ (Return Chilled Water Pipe) ซึ่งจะต้องหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันน้ำเกาะท่อ (Condensation) เนื่องจากความเย็นของท่อ จะทำให้ความชื้นที่อยู่ในอากาศมาเกาะเป็นหยดน้ำที่ท่อ

คอมเพรสเซอร์ที่ใช้มักจะเป็นคอมเพรสเซอร์ชนิดลูกสูบ หากมีขนาดใหญ่หน่อยก็อาจจะมีชนิดที่เป็นสกรู ส่วนชนิดที่เป็นหอยโข่ง จะมีใช้เฉพาะเครื่องขนาดใหญ่จริง ๆ เท่านั้นที่ออกแบบมาใช้แถบตะวันออกกลาง เราจะไม่เห็นนำมาใช้ในประเทศไทย

Water Cooled Water Chiller

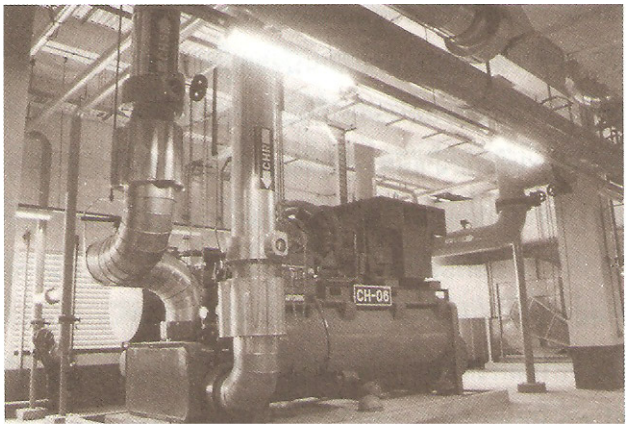
ในกรณีที่โครงการมีขนาดใหญ่ และมีความต้องการความเย็นมาก มักจะนิยมใช้เครื่องทำน้ำเย็นชนิดนี้ เพราะจะมีเครื่องทำน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพสูงให้เลือกใช้ (0.62 – 0.75 กิโลวัตต์ / ตัน) ทำให้ได้ระบบปรับอากาศที่กินไฟน้อยกว่าเครื่องแบบอื่น ๆ อย่างไรก็ตามการเลือกใช้ระบบนี้จะต้องมีหอระบายความร้อน และจะต้องมั่นใจว่ามีน้ำเพียงพอ มีคุณภาพเหมาะสมกับการนำมาเติมที่หอระบายความร้อน



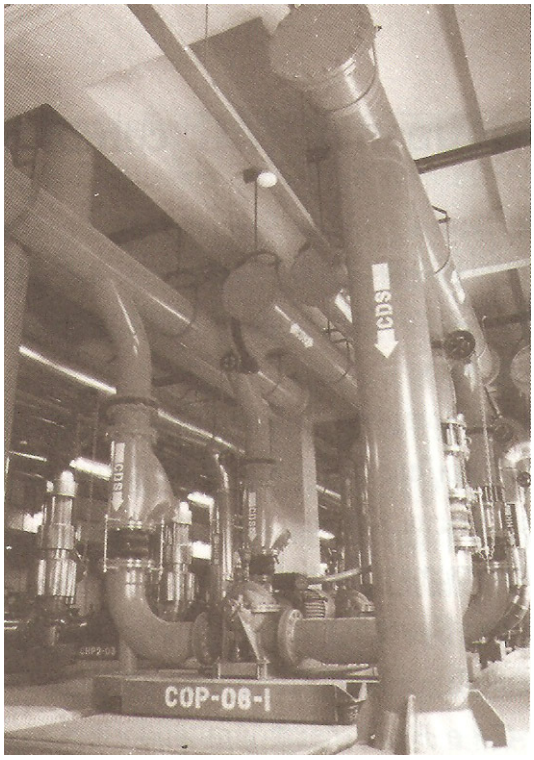
รูปที่ 14 เครื่องทำน้ำเย็นระหว่างการขนส่งเข้าหน่วยงาน

ลักษณะโครงสร้างของเครื่องก็ยังคงเหมือนกับเครื่องแบบ Air – cooled เพียงแต่แทนที่จะระบายความร้อนด้วยอากาศ ก็กลายเป็นระบายความร้อนด้วยน้ำเท่านั้นเอง

ระบบท่อน้ำระบายความร้อนหรือที่เรียก Condenser Water จะประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Pump) ทำหน้าที่สูบน้ำเพื่อระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็น คอมเพรสเซอร์จะมีทั้งชนิดลูกสูบ, สกรู และแบบหอยโข่ง



รูปที่ 15 เครื่องทำน้ำเย็น



รูปที่ 16 เครื่องสูบน้ำระบายความร้อน

ตารางสรุปลักษณะการใช้งานของเครื่องปรับอากาศแบบต่าง ๆ

ลักษณะของ เครื่องปรับอากาศ	ขนาด (ตันความเย็น)	ประมาณการกินไฟ โดยทั่วไป (กิโลวัตต์ / ตัน)	ลักษณะการใช้งาน
เครื่องแบบหน้าต่าง (Window Type)	0.5 – 3	1.3 – 1.5	- บ้านพักอาศัย - สำนักงาน
เครื่องแบบแยกส่วน (Split Type)	0.75 – 3.0	1.3 – 1.5	- บ้านพักอาศัย - สำนักงาน
Packaged Air – cooled Airconditioner	3 – 30	1.3 – 1.5	- คอนโดมิเนียมสำนักงาน
Packaged Water – cooled Airconditioner	1 – 50	1.2	- สำนักงาน - คอนโดมิเนียมสำนักงาน
Air – cooled Water Chiller	3 – 10 10 – 500	1.4 – 1.6 1.4 – 1.6 (ประมาณการกินไฟ รวมทั้งระบบ)	- บ้านพักอาศัย - ศูนย์คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก - ศูนย์คอมพิวเตอร์ - โรงแรมขนาดกลาง - ห้องส่งสถานีขนาดเล็ก - โรงพยาบาลขนาดกลาง
Water – cooled Water Chiller	500 – 10,000 หรือมากกว่านี้	0.8 – 1 (ประมาณการกินไฟ รวมทั้งระบบ)	- โรงแรม - โรงพยาบาล - ศูนย์กลางค้าขนาดใหญ่ - สำนักงานขนาดใหญ่ - ศูนย์คอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่

โครงสร้างของระบบปรับอากาศ (Air conditioning System)

เมื่อเราได้ทราบว่า เครื่องปรับอากาศทำงานอย่างไร และมีลักษณะต่าง ๆ กันอย่างไรแล้ว ต่อไปนี้จะขอกล่าวถึง “ระบบปรับอากาศ” เพราะในอาคารขนาดใหญ่ เครื่องปรับอากาศอาจจะเป็นเพียงส่วนประกอบส่วนหนึ่งในระบบปรับอากาศเท่านั้น

ระบบปรับอากาศคือการประกอบองค์ประกอบสำคัญเข้าด้วยกันเป็นระบบ เพื่อให้สามารถทำหน้าที่ปรับสภาวะอากาศในบริเวณที่ต้องการให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด โดยทั่วไปเกณฑ์ที่กำหนดคือ อุณหภูมิประมาณ 24°C และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 55% RH

องค์ประกอบของระบบปรับอากาศที่ควรจะทราบมีดังต่อไปนี้

ระบบท่อลม (Air distribution System)

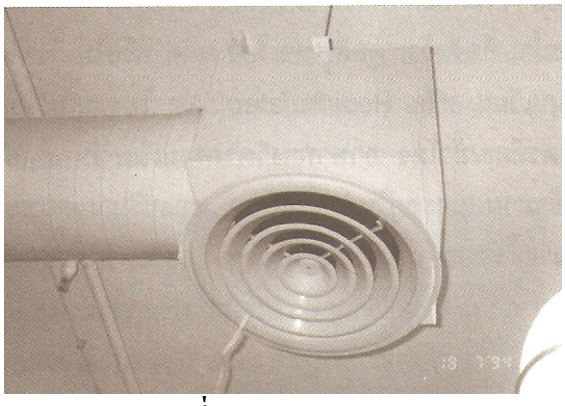
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยทั่วไปจะเป่าลมได้ไกลไม่เกิน 6 เมตร หรือหากใช้เครื่องส่งลมเย็นแบบตู้ตั้งแล้วเป่าลมโดยตรง (Free Blow) ก็จะทำให้ลมเย็นตกไปที่ ๆ ตรงที่โดนลมเย็นเป่าก็จะเย็นเกินไป นั่งนาน ๆ ไม่ได้ ส่วนตรงที่ไม่ได้โดนลมเย็นบางบริเวณก็อาจจะไม่เย็นพอ เครื่องแบบนี้จึงเหมาะที่จะใช้เฉพาะกับบริเวณที่คนสัญจรไปมาไม่อยู่กับที่

ในกรณีสำนักงานที่คนต้องนั่งทำงานนาน ๆ, ห้องประชุม, ห้องจัดเลี้ยง, ห้องอาหาร, ห้องพักผ่อน หรือบริเวณที่มีพื้นที่ปรับอากาศเป็นบริเวณกว้าง การกระจายลมจึงต้องอาศัยระบบท่อลมในการช่วยกระจายลมให้ทั่วถึง โดยทั่วไปความเร็วลมที่ผ่านคนที่เหมาะสมควรจะอยู่ที่ประมาณ 50 ฟุต / นาที

รูปที่ 17 ท่อลมแบบ SPIRAL

โครงสร้างของท่อลมประกอบจากแผ่นสังกะสีพับขึ้นรูปเป็นท่อ ซึ่งมักจะเป็นรูปสี่เหลี่ยม แล้วหุ้มทับภายนอกด้วยฉนวนใยแก้ว ที่มีอลูมิเนียมฟอยล์เป็นเปลือกนอกอีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันไม่ให้ฉนวนใยแก้วที่มีอลูมิเนียมฟอยล์เป็นเปลือกนอกอีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันไม่ให้ฉนวนใยแก้วหลุดลุ่ย ความหนาของแผ่นสังกะสีและลักษณะการพับขึ้นรูปของท่อลมจะมีมาตรฐานกำหนดให้เหมาะสมกับขนาดของท่อ

ท่อลมจะต่อกับเครื่องปรับอากาศ, FCU หรือ AHU ลักษณะการเดินท่อลมโดยทั่วไปก็มักจะเดินอยู่ภายในฝ้าเพดาน เครื่องปรับอากาศ, FCU หรือ AHU ที่จะใช้ระบบท่อส่งลม จะต้องเป็นเครื่องที่มีความดันลมมากพอเนื่องจากการส่งลมผ่านท่อลม จะต้องใช้ความดันลมที่สูงกว่าการเป่าลมเย็นโดยตรง ผู้ออกแบบระบบปรับอากาศจะตรวจสอบเรื่องความดันลมที่พอเหมาะ รวมทั้งเรื่องความดังของเสียงพัดลมว่าต้องไม่ดังเป็นที่รบกวนด้วย ความยาวของท่อลมในเกณฑ์ประมาณ 40 – 50 เมตร จัดว่าเป็นระยะที่ยาวมากแล้ว โดยทั่วไปมักไม่เกินเกณฑ์นี้ แต่ถ้าต้องเกินจริงก็ทำได้ ไม่มีปัญหาเหมือนการเดินท่อน้ำยาแอร์ในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน แต่วิศวกรจะต้องตรวจความดันของพัดลมให้เพียงพอ และต้องระวังในเรื่องเสียงของพัดลมมากขึ้น ประกอบกับมอเตอร์พัดลมจะต้องมีขนาดใหญ่ขึ้น การเดินท่อลมยาว ๆ จะต้องระวังเรื่องลมรั่วด้วย เพราะลมจะรั่วจากท่อลมได้จำนวนหนึ่ง หากลมรั่วมากไปก็เท่ากับเสียลมแอร์ไปโดยเปล่าประโยชน์ ความเร็วของลมในท่อลมเมนมักจะสูงถึง 1500 – 2000 ฟุต / นาที ดังนั้นการเจาะหัวจ่ายแอร์จากท่อลมเมนเลยจะทำให้เสียงลมที่มีความเร็วดังออกมาที่หัวจ่ายแอร์ ดังนั้นโดยทั่วไปวิศวกรจะเดินท่อแยก (Branch) ออกมาจากท่อเมนก่อน แล้วขยายท่อเพื่อลดความเร็วลมลงเหลือไม่เกิน 800 ฟุต / นาที จนถึงหัวจ่ายแอร์ ซึ่งจะจ่ายลมที่มีความเร็วลมที่มีความเร็วประมาณ 400 – 500 ฟุต / นาที



รูปที่ 18 หัวจ่ายลมเย็น

ท่อลมส่ง เรียกว่า Supply Air ทำหน้าที่จ่ายลมเย็นที่ออกจากเครื่องปรับอากาศ, FCU หรือ AHU ไปยังบริเวณปรับอากาศที่ต้องการ

ท่อลมกลับ เรียกว่า Return Air ทำหน้าที่นำลมจากภายในห้องปรับอากาศ กลับมาเข้ายังเครื่องปรับอากาศ, FCU หรือ AHU วิธีการนำลมกลับนี้ อาจจะไม่จำเป็นต้องเดินท่อลม เพื่อไปรับตามจุดต่าง ๆ เสมอไป หากพื้นที่ห้องไม่ใหญ่นักก็อาจจะเดินท่อลมกลับสั้น ๆ แล้วดูดลมจากห้องปรับอากาศในบริเวณใกล้เครื่องได้เลย หรือในกรณีสำนักงาน อาจจะใช้พื้นที่ในฝ้าเพดานเป็นทางลมกลับก็ได้ ทั้งนี้ต้องพิจารณาไม่ให้เกิดกระแสลมมากเกินไปบริเวณหน้าลมกลับ

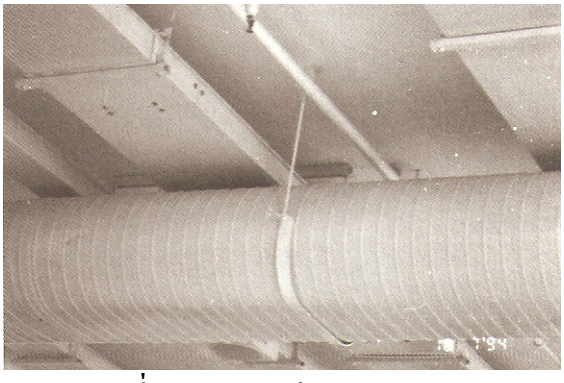
ท่านอาจจะสังเกตได้ว่าลักษณะวงจรการหมุนเวียนของลมนี้เป็นแบบปิด (Recirculate) คือส่งลมเย็นไปแล้วก็ดึงลมที่ร้อนขึ้นหลังจากรับภายในห้องกลับมาทำให้เย็นแล้วก็ส่งกลับ

รูปที่ 19 ระบบท่อลม

เข้าไปในห้องใหม่ เป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ในขณะที่เดินระบบปรับอากาศ แต่เพื่อให้ได้ปริมาณออกซิเจนที่เพียงพอในห้องปรับอากาศ ก็จะมีการนำอากาศจากภายนอกห้องปรับอากาศเข้ามาผสม อากาศส่วนนี้มักจะตั้งชื่อเสียโก้ว่า อากาศบริสุทธิ์ (Fresh Air) ทั้ง ๆ ที่โดยความจริงจะ Fresh หรือไม่ ขึ้นกลับแหล่งที่เราเอาอากาศนี้เข้ามาด้วย ในบริเวณย่านธุรกิจในกรุงเทพ ฯ แหล่งอากาศบริสุทธิ์ในระดับถนนคงจะหาไม่ได้ จึงอาจจะต้องหาทางนำมาจากระดับที่สูงกว่า และก็ต้องระวังว่าบริเวณข้างเคียงมีอากาศเสียจากห้องน้ำ, ห้องครัว, คูลลิ่งเทาเวอร์ ฯลฯ หรือไม่

บริเวณลมที่หมุนเวียน หรือ Recirculated Air ในระบบปรับอากาศโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 12 – 15 เท่าของปริมาณห้อง / ชั่วโมง ภาษาทางวิศวกรรมเรียกว่า 12 – 15 Airchanges / hr หรือปริมาณอากาศบริสุทธิ์ที่เข้ามาผสมอยู่ในช่วง 10 – 15% ของปริมาณลมหมุนเวียนนี้ ขึ้นกับลักษณะการใช้งาน เช่น ความหนาแน่นของคน และหากเป็นร้านอาหารหรือห้องประชุมก็จะมากขึ้น

นอกจากการนำอากาศบริสุทธิ์ที่เข้ามาที่ว่านี้แล้ว ยังมีการระบายอากาศเสียทิ้ง (Exhaust Air) จากห้องน้ำ, ห้องครัว, ห้องที่มีการดูดบุหรี่, Pantry, ห้องเก็บของที่ป้องกันกลิ่นรบกวน ปริมาณอากาศเสียจะน้อยกว่าปริมาณอากาศบริสุทธิ์อยู่บ้าง ทั้งนี้เพราะโดยทั่วไปห้องปรับอากาศจะพยายามรักษาให้มีความดันอากาศภายในห้องสูงกว่านอกห้อง เป็นการป้องกันไม่ให้ฝุ่นและความชื้นเข้าไปได้โดยง่าย มาถึงตอนนี้ท่านอาจจะสงสัยว่าการจัดให้มีอากาศบริสุทธิ์และการระบายอากาศเสียนี้ทำได้ในทุกกรณีหรือไม่ ก็ตอบได้ว่าเรื่องทั้งหมดนี้ก็มักจะถูกละเลยอยู่เรื่อย แต่ในกรณีที่ห้องปรับอากาศนั้นไม่มีแหล่งเกิดกลิ่น, ก๊าซพิษ และไม่ใหญ่นัก การที่ปิดเปิดประตูบ้าง การที่ห้องมีลมรั่วได้บ้าง ก็ทำให้มีอากาศจากภายนอกห้องเข้ามาเจือปนได้บ้างอยู่แล้ว แต่หากจะทำให้ถูกต้องก็ควรจะจัดให้มี ที่เห็นได้ชัดคือพวกคอนโดมิเนียมที่ใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน มักจะไม่มีการนำอากาศบริสุทธิ์มาเข้าที่เครื่องเลย และการเจาะช่องเปิดเพื่อให้อากาศจากภายนอกมาเข้าที่เครื่อง FCU ก็ทำได้ยาก วิธีที่ถูกต้องคือ สำหรับคอนโดมิเนียม ควรจะติดตั้งอุปกรณ์ที่เรียกว่า Air to Air Heat Exchanger ซึ่งจะทำหน้าที่ระบายอากาศเสียทิ้งจากห้องน้ำ และนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาแทนที่ พร้อมทั้งทำให้อากาศบริสุทธิ์นี้เย็นลงโดยอาศัยความเย็นที่เหลืออยู่ของอากาศเสีย



รูปที่ 20 ท่อลมวงรีแบบ SPIRAL

เมื่อเป็นเช่นนี้เราก็มั่นใจได้ทั้ง 2 ทาง ว่าจะมีทั้งอากาศดีและจะมีการระบายอากาศเสียทิ้ง

ในการควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality) นอกจากการนำอากาศบริสุทธิ์เข้ามาผสมดังกล่าวแล้ว ยังมีการกรองอากาศโดยใช้แผงกรองอากาศ (Air Filter) ซึ่งตามเครื่องปรับอากาศทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นเครื่องแบบหน้าต่าง แบบแยกส่วน ก็มีทั้งนั้น ท่านก็อาจจะเคยถอดแผงกรองอากาศที่เครื่องมาล้างกันบ้างแล้ว

ในระบบปรับอากาศ แผงกรองอากาศนี้จะอยู่ที่ FCU หรือ AHU หรือในระบบท่อลมกลับ เพื่อทำหน้าที่กรองฝุ่นละอองในอากาศ เมื่อฝุ่นมาจับที่แผงกรองอากาศแล้วก็จะต้องเปลี่ยนหรือถอดออกมาล้าง แล้วแต่ว่าจะใช้แผงกรองอากาศชนิดไหน

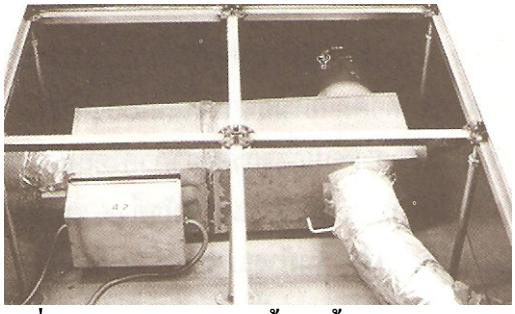
รูปที่ 21 หัวจ่ายลมเย็น

ฝุ่นละอองในอากาศนี้ เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในห้องปรับอากาศ ไม่ว่าจะเป็นการพูดการจาม การเขียนหนังสือ การเดิน จากเฟอร์นิเจอร์ พรม และตัวร้ายที่สุดก็คือการสูบบุหรี่ หากมีปริมาณฝุ่นละอองในอากาศที่จะสูงจะทำให้คนเป็นหวัด เป็นโรคภูมิแพ้ได้ง่าย หรือเป็นโรคทางเดินหายใจ

ปัจจุบันมีผู้เห็นความสำคัญเรื่องคุณภาพอากาศมากขึ้น และเข้าใจปัญหาสุขภาพที่

เกี่ยวข้องกับฝุ่นละอองในอากาศ จึงมีการผลิตและจำหน่ายเครื่องกรองอากาศกันมากขึ้น และมีการนำมาประกอบในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบสำเร็จครบชุดในตัวด้วย

ในการออกแบบระบบท่อลมในปัจจุบันยังนิยมที่จะเดินท่อลมลอยโดยไม่ต้องมีฝ้าเพดานด้วยและก็สามารถใช้ท่อลมชนิดกลม (Spiral Duct) ซึ่งแลดูสวยงามกว่าท่อแบบสี่เหลี่ยม รวมทั้งขึ้นรูปได้เร็วกว่าเนื่องจากใช้เครื่องม้วนท่อลมจากม้วนแผ่นสังกะสีออกมาเป็นรูปท่อกลมได้เลย นอกจากนี้ปริมาณลมรั่วจากท่อลมจะน้อยกว่า เพราะตะเข็บที่แน่นกว่า ท่อกลมมีข้อจำกัดมีพื้นที่เพราะท่อจะมีความลึกกว่าท่อสี่เหลี่ยม แต่ก็เริ่มมีผู้นำท่อลมแบบวงรี (Oval Duct) ซึ่งก็คือท่อกลมที่นำไปบีบด้วยไฮดรอลิคให้แบบลง เพื่อลดความลึกของท่อเหมือนกัน

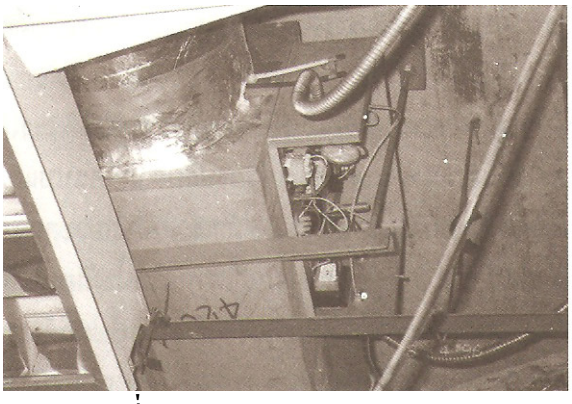


รูปที่ 22 กล่อง VAV ติดตั้งใต้พื้น Raised Floor

ลักษณะการจ่ายลมในระบบปรับอากาศโดยทั่วไปจะเป็นแบบปริมาณการจ่ายลมคงที่ (Constant Air Volumn หรือ CAV) แต่เนื่องจากลักษณะการจ่ายลมแบบนี้จะมีเครื่องควบคุมอุณหภูมิหรือเทอร์โมสตัทเพียงชุดเดียวที่บริเวณห้องเครื่องหรือที่หน้าลมกลับ จึงทำให้ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในบริเวณต่าง ๆ ได้ทั่วถึง ดังนั้นอาคารสำนักงานสมัยใหม่ จึงมักจะใช้ระบบการจ่ายลมที่มีปริมาณการจ่ายลมเปลี่ยนแปร (Variable Air Volume หรือ VAV) โดยมีกล่องควบคุมปริมาณลม (VAV – BOX) ซึ่งมีลิ้นควบคุมปริมาณลมตามเทอร์โมสตัทในบริเวณนั้น ทำให้ปริมาณการจ่ายลมมากน้อยตามสภาพการใช้งานและการรับแดด ในลักษณะนี้จะทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ดีขึ้น และในแต่ละชั้นอาจจะมีเทอร์โมสตัทถึง 10 -30 ชุด ตามขนาดพื้นที่อาคารและการใช้งาน

การเลือกหัวจ่ายลมสำหรับระบบ VAV จะต้องเลือกชนิดที่ใช้กับระบบ VAV กล่าวคือจะต้องมีคุณสมบัติที่สามารถเป่าลมให้วิ่งเกาะไปใต้ฝ้าเพดานได้ เมื่อปริมาณลมเปลี่ยนไป เนื่องจากหัวจ่ายแอร์โดยทั่วไป เมื่อปริมาณลมน้อยลง ลมจะต้องลงใต้หัวจ่าย ทำให้ไม่สามารถกระจายลมไปได้

สิ่งสำคัญที่ไม่ควรจะมองข้ามก็คือ เนื่องจากท่อลมติดตั้งอยู่ภายในฝ้าเพดาน และมีอุปกรณ์ประกอบในระบบท่อลมหลายอย่าง เช่น ใบปรับปริมาณลม หรือในกรณีที่ใช้ระบบ VAV ก็มี VAV BOX ซึ่งมีอุปกรณ์มอเตอร์ที่จะขับลิ้นปรับปริมาณลม อุปกรณ์เหล่านี้ต้องการช่องเปิดเพื่อให้



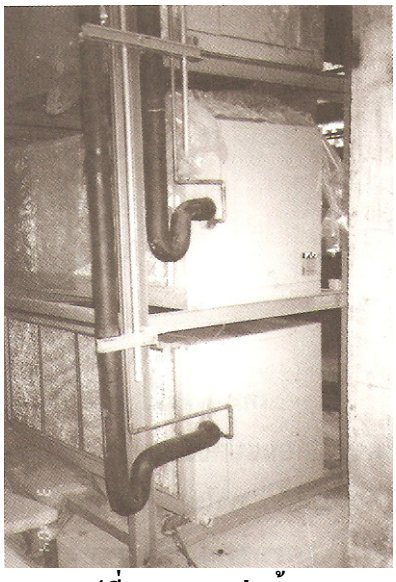
รูปที่ 23 ชุดควบคุมของกล่อง VAV

สามารถตรวจสอบหรือปรับแต่งปริมาณลมได้ ฝ้าเพดานจึงควรเป็นแบบที่เปิดได้ให้มากที่สุด ไม่เช่นนั้นก็มักจะพบปัญหาว่า จ่ายลมแอร์มากไปหรือน้อยไปแล้วไม่สามารถปรับหรือทำอะไรได้

ระบบท่อน้ำยาแอร์ (Refrigerant Piping)

ในกรณีที่เราแยก Condensing Unit (CDU) ออกจาก Fancoil Unit (FCU) อย่างในกรณีของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ก็จำเป็นที่จะต้องมีท่อเพื่อส่งสารทำความเย็นไป – กลับ ระหว่างเครื่องทั้งสองนี้ ท่อจาก CDU ยังมีความดันสูงอยู่ เพราะอุปกรณ์ลดความดันจะอยู่ใน FCU ท่อจึงจะอุ่น และไม่มีการหุ้มฉนวน ส่วนท่อส่งสารทำความเย็นกลับจาก FCU ไป CDU จะมีความดันต่ำและเย็น จึงต้องหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันน้ำเกาะ และป้องกันการสูญเสียความเย็นให้กับอากาศภายนอกห้องปรับอากาศ

หากเครื่องปรับอากาศของท่านทำงานปกติ ท่อจาก CDU ไป FCU หรือที่เรียกว่า Liquid Line จะอุ่น ๆ จับได้ ถ้าร้อนมากแสดงว่า CDU ระบายความร้อนได้ไม่ดี ส่วนท่อจาก FCU ไป CDU หรือที่เรียกว่า Suction line จะเย็น ๆ และบริเวณท่อที่หัวคอมเพรสเซอร์ที่ไม่ได้หุ้มฉนวนควรจะมีเหงื่อน้ำจับบ้าง ถ้าอาการเป็นอย่างนี้แสดงว่าอาการปกติ



รูปที่ 24 แสดงท่อน้ำยา

ท่อน้ำยานี้เป็นท่อทองแดง เนื่องจากเป็นท่อที่รับความดันได้มาก ช่างที่ติดตั้งจะเชื่อมท่อเข้าถึงกัน โดยภายในท่อจะต้องสะอาด หลังจากนั้นจะใช้ปั๊มสุญญากาศดูดอากาศและความชื้นออกก่อนที่จะเติมสารทำความเย็นเข้าไป แต่ในปัจจุบันเครื่องปรับอากาศญี่ปุ่นจะมีท่อขดมาเสร็จทั้งชุด พร้อมทั้งสายไฟที่ใช้ควบคุมการทำงาน มีสารทำความเย็นเติมมาภายในท่อเสร็จเรียกว่า Precharged

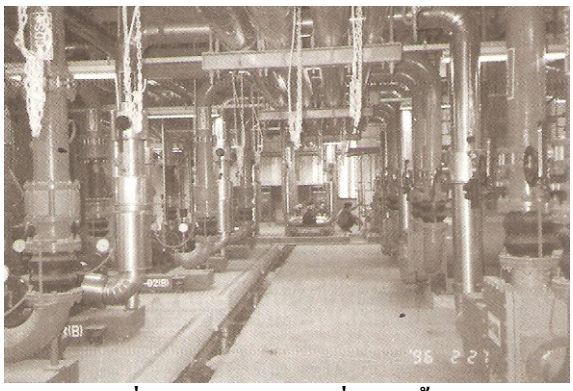
เวลาติดตั้งก็เพียงขันปลายของท่อเข้ากับเครื่องเป็นอันเสร็จพิธี ท่อที่เหลือก็ขดทิ้งไว้ข้าง ๆ เครื่อง CDU นั่นเอง

ท่อน้ำยาไม่ควรจะมีความยาวมากเกินไป เพราะจะทำให้แรงเสียดทานมาก และทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นใหม่ ๆ ที่ใช้โรตารี่คอมเพรสเซอร์ ซึ่งถึงแม้ว่าจะกินไฟน้อยและเงียบ แต่ถ้าเดินท่อน้ำยายาวจะมีประสิทธิภาพลดลงมาก อีกเหตุผลหนึ่งที่ไม่ควรเดินท่อน้ำยายาว ๆ ก็คือจะมีปัญหาทำให้น้ำมันหล่อลื่นในคอมเพรสเซอร์ที่ปกติจะระเหยและปนไปกับสารทำความเย็น เวลาคอมเพรสเซอร์ทำงานไปตกค้างอยู่ในระบบท่อ หรือที่ FCU ได้ เมื่อเครื่องเดินไปเรื่อย ๆ น้ำมันหล่อลื่นในคอมเพรสเซอร์ก็จะลดลงทีละนิดไปเรื่อย ๆ จนไม่เพียงพอกับการหล่อลื่น ก็จะทำให้คอมเพรสเซอร์เสียหายหรือไหม้

สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยทั่วไป ท่อน้ำยาควรจะมีความยาว (รวมแนวหัวเลี้ยวต่าง ๆ) ไม่เกิน 15 เมตร

ระบบท่อน้ำเย็น (Chilled Water Piping)

ระบบนี้ไม่เกี่ยวกับระบบท่อน้ำยาแต่อย่างใด กรุณาอย่าเรียกสลับกัน ระบบท่อน้ำยาเย็นก็คือ ระบบท่อที่นำน้ำเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chilled) ไปยัง FCU และ AHU เมื่อน้ำร้อนขึ้นก็นำกลับมาทำให้เย็น ที่เครื่องทำน้ำเย็นใหม่ จัดว่าเป็นระบบปิด (Closed System) เพราะน้ำเย็นหมุนเวียนอยู่อย่างนี้ภายในระบบท่อไปเรื่อย ๆ เมื่อน้ำพร่อง ลงเนื่องจากรั่วหรือมีการระบายทิ้งบ้างจึงจะเติมน้ำเข้ามาชดเชย ซึ่งมักจะเติมกันที่ถังที่เรียกว่า Expansion Tank



รูปที่ 25 ภายในห้องเครื่องทำน้ำเย็น

เหตุที่ต้องมี Expansion Tank ก็เนื่องจากปริมาตรของน้ำจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และเนื่องจากระบบเป็นระบบปิดดังกล่าวแล้ว จึงต้องมีที่ให้น้ำที่ขยายตัวไปพักไว้ หาไม่แล้วจะเกิดความดันจากการขยายตัวของน้ำ ทำให้ระบบท่อเสียหายได้

การหมุนเวียนของน้ำเย็น อาศัยแรงขับเคลื่อนจากเครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump)

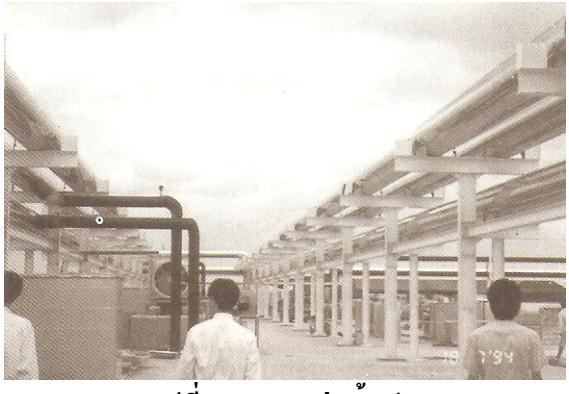
ท่อน้ำเย็นที่ส่งน้ำเย็นเรียกว่า Chilled Water Supply จะมีน้ำเย็นอุณหภูมิประมาณ 7°C

ท่อน้ำเย็นหลังจากออกจาก FCU และ AHU เรียกว่า Chilled Water Return จะมีน้ำเย็นที่อุณหภูมิประมาณ 12°C

ท่อทั้งหมดจะต้องหุ้มฉนวน เพราะที่อุณหภูมินี้ หากไม่หุ้มจะมีน้ำเกาะและหยดลงเป็นทางได้

การเดินท่อน้ำเย็นจะต้องพิจารณาความดันน้ำในท่อไม่ให้แตกต่างกันมากระหว่างต้นทางและปลายทางของท่อ ไม่เช่นนั้นมักจะมีปัญหาในการควบคุมปริมาณน้ำเข้า FCU และ AHU ดังนั้นหากพบว่าท่อเดินไกล ก็อาจจะต้องแบ่งเครื่องสูบน้ำเย็น เป็นชุดที่มีความดันสูง และชุดที่มีความดันปานกลาง หรืออาจจะต้องเดินท่อเป็นแบบที่เรียกว่า Reverse Return เพื่อเฉลี่ยให้ระยะทางท่อไป – กลับ FCU และ AHU ใกล้เคียงกันทุกตัว

การควบคุมอุณหภูมิในระบบปรับอากาศในกรณีที่ใช้ระบบน้ำเย็นนี้ อาศัยเทอร์โมสตัทเหมือนกัน โดยเทอร์โมสตัทจะวัดอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศแล้วไปสั่งการทำงานของวาล์วควบคุมปริมาณน้ำเย็น อัตโนมัติซึ่งจะติดตั้งอยู่ที่ FCU และ AHU แต่ละตัว ถ้าห้องมีอุณหภูมิสูงขึ้นเทอร์โมสตัทก็จะสั่งให้วาล์วเปิดน้ำเย็นไหลเข้าคอยล์เย็นมากขึ้น และถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าที่ตั้งไว้วาล์วก็จะหรี่ให้น้ำเย็นไหลเข้าคอยล์เย็นน้อยลงอุปกรณ์ประกอบในระบบท่อน้ำเย็นยังมีอีกหลายอย่างเช่น วาล์วปิด – เปิด ที่จะติดตั้งไว้ตามจุดที่สำคัญ เพื่ออำนวยความสะดวกในการซ่อมบำรุง หรือเดินท่อเพิ่มวาล์วระบายน้ำที่จุดต่ำสุดของท่อเพื่อระบายตะกอน เช่น ขี้เชื่อมที่อยู่ในท่อ วาล์วปรับปริมาณน้ำ (Balancing Valve) เพื่อช่วยในการปรับสมดุลของระบบ วาล์วระบายอากาศ (Air Vent) เพื่อระบายอากาศที่ค้างอยู่ในระบบท่อ และตามคอยล์เย็นใน FCU และ AHU ข้อต่อเพื่อรับการขยายยืด – หดตัวของท่อ (Expansion Joint) ข้อต่ออ่อน (Flexible Connection) เพื่อลดการส่งผ่านของการสั่นสะเทือนจากเครื่องสูบน้ำเย็น เครื่องวัดความดัน ที่วัดอุณหภูมิ ฯลฯ



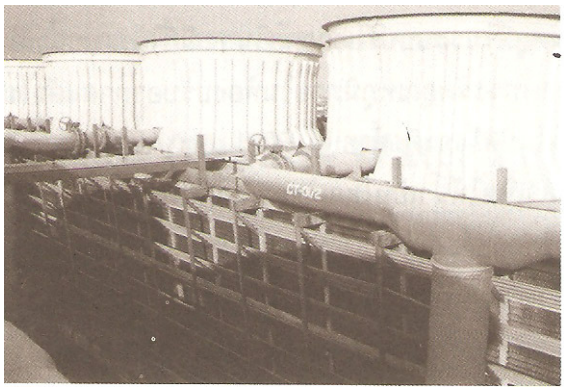
รูปที่ 26 ระบบท่อน้ำเย็น

คอยล์เย็นที่ทำงานตามปกติ จะต้องเย็นและมีน้ำเกาะและหยดไหลอยู่ตลอดเวลา หากคอยล์แห้งเย็นชืด ๆ แสดงว่าผิดปกติ จะต้องดูว่าน้ำเย็นไหลเข้าคอยล์เย็นได้สะดวกหรือไม่ และมีลม

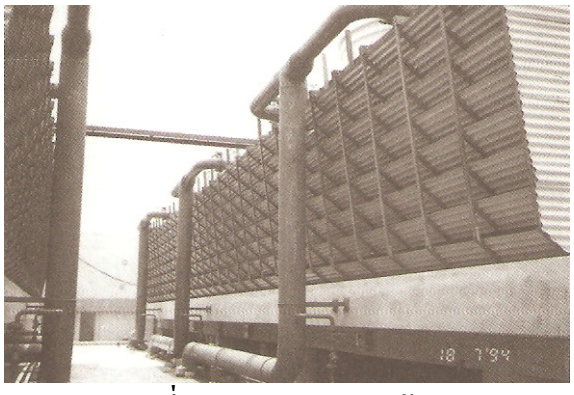
ค้างอยู่ภายในท่อน้ำหรือคอยล์น้ำเย็นหรือไม่ เพราะลมที่ค้างอยู่จะขวางไม่ให้น้ำไหล (Air Block) ต้องไล่อากาศนี้ออกทาง Air Vent

ระบบท่อน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Piping)

ในกรณีที่เราใช้การระบายความร้อนสำหรับเครื่องทำความเย็น เป็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled) ไม่ว่าจะเป็นเครื่อง Packaged Water Cooled Air Conditioner หรือ Water Cooled Water Chiller ก็จะต้องมีระบบท่อน้ำระบายความร้อนนี้



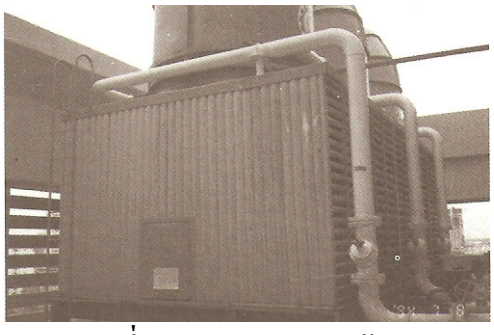
รูปที่ 27 หอระบายความร้อน (COOLING TOWER)



รูปที่ 28 หอระบายความร้อน

ระบบนี้จะประกอบด้วยหอระบายความร้อน (Cooling Tower) ท่อน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Piping) และเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Pump) โดยเครื่องสูบน้ำระบายความร้อนจะทำหน้าที่ขับเคลื่อนน้ำระบายความร้อนผ่านคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำความเย็น เมื่อน้ำร้อนขึ้นจากประมาณ 32°C - 38°C ก็จะถูกส่งไปยังหอระบายความร้อน ซึ่งจะทำให้น้ำเย็นลงและนำกลับมาใช้ระบายความร้อนใหม่ วนไปอย่างนี้เรื่อย ๆ

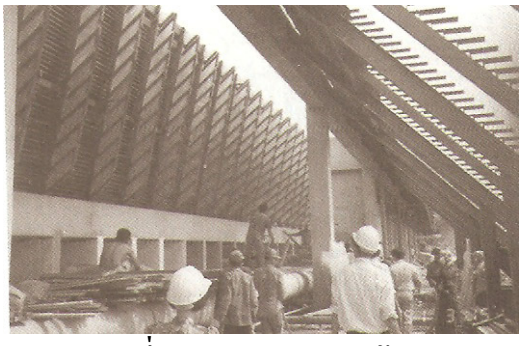
อย่างไรก็ตาม ระบบนี้นับว่าเป็นระบบเปิด (Open System) เนื่องจากหอระบายความร้อน มีลักษณะเป็นหอฉีดน้ำ และมีอ่างรับ จึงไม่จำเป็นต้องมีถังสำหรับการขยายตัวของน้ำอีก การเติมน้ำก็จะเติมที่อ่างของหอระบายความร้อนเลย



รูปที่ 29 หอระบายความร้อน

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่าหอระบายความร้อนนั้นใช้น้ำเป็นปริมาณมาก เนื่องจากการระเหยของน้ำส่วนหนึ่ง การที่น้ำโดนพัดลมของหอระบายความร้อนดูดทิ้งเองส่วนหนึ่ง การที่น้ำล้นทิ้งส่วนหนึ่งรวมทั้งการที่ต้องระบายทิ้งเพื่อลดปริมาณสารแขวนลอยและตะกอนอีกส่วนหนึ่ง โดยทั่วไปปริมาณน้ำเติมจะเป็นประมาณ 2 – 3% ของปริมาณน้ำหมุนเวียน และมากพอ ๆ กับการใช้น้ำสำหรับกิจกรรมอื่น ๆ ทั้งหมดในอาคารเลยทีเดียว

อุณหภูมิน้ำในระบบน้ำยังเหมาะกับการเกิดตะกอน ตะไคร่ และเชื้อแบคทีเรียอีกด้วย จึงต้องมีการเติมสารเคมี เพื่อป้องกันสิ่งเหล่านี้ หาไม่แล้วประสิทธิภาพของระบบอาจจะลดลงได้

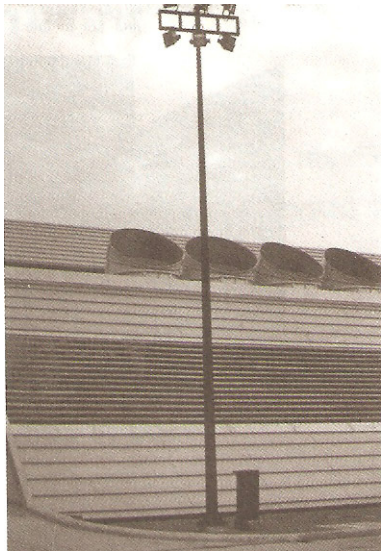


รูปที่ 30 หอระบายความร้อย

ละอองน้ำจากคูลลิ่งเทาเวอร์ หากโดนกระจกหรืออาคารจะทำให้สกปรก และยากกับการทำความสะอาด จึงไม่ควรให้ละอองน้ำนี้เป่าใส่อาคาร และต้องไม่ให้คนหายใจละอองน้ำนี้เข้าไปเป็นประจำเพราะเป็นโรคทางเดินหายใจได้

ตำแหน่งที่ติดตั้งคูลลิ่งเทาเวอร์ จะต้องพิจารณาตั้งแต่เริ่มต้นการออกแบบอาคาร โดยจัดให้มีพื้นที่พอเพียง มีการระบายอากาศที่ดี ไม่รบกวนบริเวณข้างเคียง ไม่อยู่ใกล้ตำแหน่งของการนำ

อากาศบริสุทธิ์เข้าอาคาร โดยตรวจสอบทิศทางลมด้วย นอกจากจะต้องดูความสูงของคูลลิ่งเทาเวอร์ซึ่งมักจะมีความสูง 3 – 6 เมตรเลยทีเดียว



รูปที่ 31 ปล่องระบายลมของหอระบายความร้อน

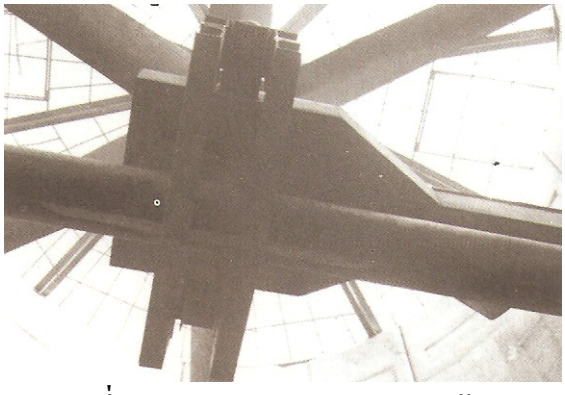
ในบริเวณที่มีความวิกฤตเรื่องความดังของเสียง เช่น โรงแรม โรงพยาบาล จะต้องพิจารณาว่าเสียงของคูลลิ่งเทาเวอร์จะรบกวนหรือไม่ หากรบกวนก็จะต้องใช้รุ่นที่เรียกว่า Low Noise หรือติดตั้งกล่องเก็บเสียงเพิ่มเติม

รูปที่ 32 หอระบายความร้อนระหว่างการติดตั้ง

การสั่นของคูลลิ่งเทาเวอร์ก็มองข้ามไม่ได้ เพราะการสั่นที่มีความถี่ต่ำและยากต่อการกำจัด หากตั้งอยู่บนพื้นหลังคาที่มีความหนาไม่มากก็ควรจะเสริมให้หนาขึ้นและใส่สปริงรับชุดพัดลมและมอเตอร์

โครงสร้างของคูลลิ่งเทาเวอร์มีหลายรูปแบบ แต่ที่นิยมใช้กันมากเห็นมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบที่มีรูปเป็นถังวงกลม ทำด้วยไฟเบอร์กลาสมีการออกแบบเป็น Counter Flow แบบนี้จะมีราคาถูกแต่ประสิทธิภาพต่ำและใช้น้ำมาก อีกแบบคือทรงสี่เหลี่ยม ทำด้วยไฟเบอร์กลาสหรือกระเบื้อง

หรือโลหะมีการออกแบบเป็น Cross Flow แบบนี้จะมีราคาแพงกว่า แต่ประสิทธิภาพสูงใช้พื้นที่น้อยกว่าและใช้น้ำน้อยกว่าถึงประมาณ 30%

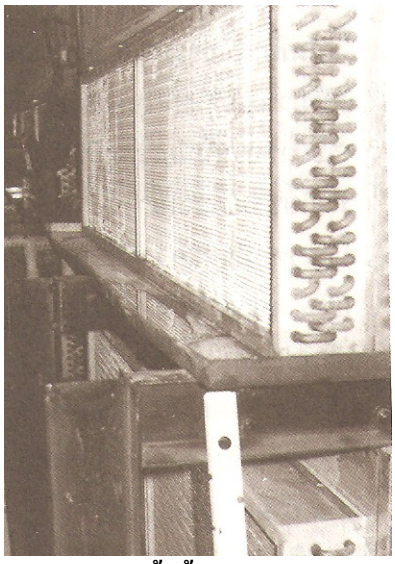


รูปที่ 33 พัดลมของหอระบายความร้อน

ระบบท่อน้ำทิ้ง (Condensate Drain)

ในห้องปรับกาศโดยปกติจะมีความชื่นสัมพัทธ์ประมาณ 55% ที่อุณหภูมิ 23 – 24°C ซึ่งอากาศภายนอกจะมีความชื้นสัมพันธ์ 70 – 80% ที่อุณหภูมิ 30 – 35°C และอาจจะสูงถึงเกือบ 100% บ่อย ๆ ในหน้าฝน ดังนั้นเครื่องปรับอากาศนอกจากจะมีหน้าที่ลดอุณหภูมิอากาศลงแล้ว ยังมีหน้าที่ลดความชื่นลงด้วย

อากาศเมื่อผ่านคอยล์เย็นจะกระทบกับผิวของคอยล์ และเกิดการกลั่นตัวของความชื้น ในอากาศที่ผิวคอยล์เย็นนี้จะกลายเป็นหยดน้ำไหลลงมา ดังนั้นที่ใต้คอยล์เย็นจะมีถาดน้ำทิ้งเพื่อรองรับปริมาณน้ำในอากาศที่เกิดจากการกลั่นตัวของความชื้นนี้ เพื่อไม่ให้หยดเลอะเทอะ หลังจากนั้นก็จะมีท่อน้ำทิ้งที่เรียกว่า Condensate Drain เพื่อนำน้ำที่ทิ้งต่อไป ท่านที่ใช้เครื่องปรับอากาศที่บ้านก็พบเห็นท่อน้ำทิ้งนี้ และเมื่อเดินเครื่องปรับอากาศจะมีน้ำไหลออกมา ท่อนี้จะต้องหุ้มฉนวนเช่นกัน เพราะน้ำทิ้งมีความเย็นไม่เช่นนั้นอาจจะมีน้ำเกาะที่ท่ออีก



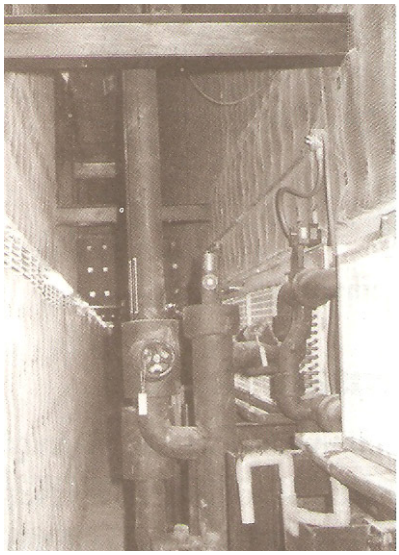
รูปที่ 34 แสดงถาดน้ำทิ้งของคอยล์ทำความเย็น

เมื่อวางแผนติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ก็อย่ามองข้ามการเดินท่อน้ำทิ้งนี้เชียว เพราะท่อน้ำทิ้งจะต้องมีทางให้เดิน มีตำแหน่งให้ทิ้ง และท่อจะต้องมีความลาดเอียง เพื่อให้สามารถระบายน้ำทิ้งได้โดยสะดวก หาไม่แล้ววันดีคืนดี น้ำก็อาจจะล้นออกที่ถาดน้ำทิ้งได้

ในการติดตั้งมักจะต้องติดคอห่านเล็ก ๆ (Trap)

เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องปรับอากาศดูดลมจากภายนอกย้อนเข้ามาตามท่อ ซึ่งอาจจะมีกลิ่น รวมทั้งอาจจะทำให้น้ำไหลไม่สะดวกได้

เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างบางรุ่นต้องการตัดปัญหาเดินท่อน้ำทิ้ง จึงออกแบบให้ใบพัดลมระบายความร้อนช่วยวักน้ำทิ้งมาสาดที่คอยล์ร้อน แล้วอาศัยให้ระเหยไปเลย แต่อย่างไรก็ตามพอเครื่องเก่า น้ำก็อาจจะหยดจากเครื่องได้เหมือนกัน



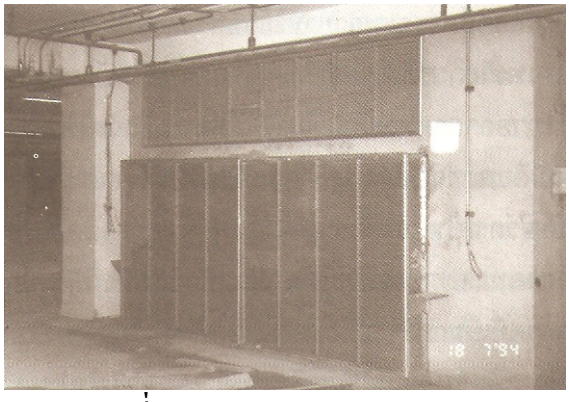
รูปที่ 35 แสดงฉาดและท่อน้ำทิ้งของคอยล์ทำความเย็น

ระบบระบายอากาศ (Ventilation System)

ภาวะอากาศที่ทำให้คนเรารู้สึกสบายจะอยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 23 - 24°C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ประมาณ 55% และทั้งอุณหภูมิและความชื้นเป็นเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกัน ในห้อง ๆ หนึ่งที่มีปริมาณความชื้นในอากาศอยู่จำนวนหนึ่ง หากห้องนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์ก็จะลดลง หรือถ้าห้องนั้นมีอุณหภูมิลดลง ความชื้นสัมพัทธ์ก็จะมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากค่าความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับปริมาณไอน้ำในอากาศ / ปริมาณไอน้ำอิ่มตัว ดังนั้นในการกำหนดภาวะอากาศจึงจะต้องระบุทั้งอุณหภูมิและความชื้นควบคู่ไปด้วยกันเสมอ และเป็นที่น่าสังเกตว่า หากเราลดความชื้นให้ต่ำลง เช่นจากปกติ 55% เป็น 45 หรือ 50% ถึงแม้อุณหภูมิจะสูงขึ้นเป็น 25 หรือ 27°C คนก็ยังอาจจะรู้สึกสบายอยู่ได้

นอกจากภาวะอากาศจะขึ้นกับอุณหภูมิ และความชื้นเป็นอย่างมากแล้ว ความจริงส่วนหนึ่งยังขึ้นกับความเร็วลมที่มาปะทะร่างกายอีกด้วย นี่คือเหตุผลที่ว่าทำไมเวลาเรายืนอยู่กลางทุ่งที่แดดเปรี้ยง อุณหภูมิ 35 - 40°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80% แต่มีลมพัดโกรกเราถึงยังรู้สึกเย็นสบาย ยิ่งถ้าอยู่ใต้ร่มไม้ก็ยิ่งสบายเพราะเราไม่ได้รับแสงแดดโดยตรง

เทคนิคในการระบายอากาศให้ได้ผล และทำให้พอจะสบายอยู่ได้ก็อาศัยการถ่ายเทอากาศให้มีปริมาณที่เพียงพอ ที่จะทำให้เกิดกระแสลมนั่นเอง



รูปที่ 35 เกร็ดดูดลมระบายอากาศ

การกำหนดค่าปริมาณการถ่ายเทอากาศ ทางวิศวกรรมเรียกว่า Airchanges / hr. หรือปริมาณปริมาตรการถ่ายเทอากาศคิดเป็นจำนวนเท่าของปริมาตรห้องภายในหนึ่งชั่วโมง อย่างเช่นในปัจจุบัน เทศบัญญัติระบุให้อาคารจอดรถที่อยู่ใต้ดิน ต้องมีการถ่ายเทอากาศไม่น้อยกว่า 4 เท่าของปริมาตร ห้อง / ชั่วโมง ก็คือ 4 Airchanges / hrs. (4 A / C / hr) อย่างไรก็ตามผู้ออกแบบมักจะออกแบบที่ประมาณ 6 A / C / hr. เนื่องจากพฤติกรรมการใช้รถในบ้านเราจะมีรถที่ติดเครื่องยนต์ไม่ว่าจะเป็นการวนหาที่จอดรถ หรือติดเครื่องติดแอร์ทิ้งไว้เป็นจำนวนมาก

โดยทั่วไปมักจะกำหนดให้การระบายอากาศเป็นดังนี้

	A / C / hr.
ห้องใช้งานทั่วไป	15
ห้องเก็บของ	10
ห้องน้ำ	20 – 30
ห้องเครื่อง / โรงงาน / ห้องครัว	30 – 40

การออกแบบอาคารที่ดีเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานจะต้องออกแบบให้มีพื้นที่ที่ต้องการการปรับอากาศจริง ๆ ให้น้อยที่สุด และพยายามใช้การระบายอากาศเข้ามาช่วยในพื้นที่

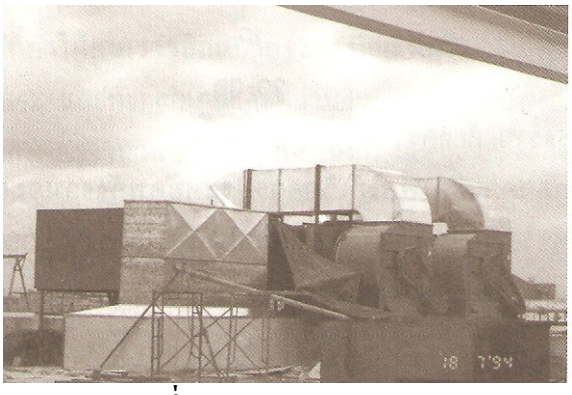
รูปที่ 36 พัดลมระบายอากาศแบบติดหลังคา

ส่วนที่เหลือ การระบายอากาศก็ควรจะพยายามใช้วิธีทางธรรมชาติให้มากที่สุด ที่เหลือจึงจะใช้วิธีการระบายอากาศทางกล เพราะการระบายอากาศทางกลก็ใช้ไฟฟ้าเหมือนกัน

ตัวอย่างการระบายอากาศทางธรรมชาติ เช่น การจัดให้บริเวณทางเดินอยู่ภายในสวนภายในที่เรียกว่า Inner Court ทำให้ได้บรรยากาศที่ร่มรื่นบริเวณทางเดิน หรือโถงโดยทั่วไปโดยไม่ต้องมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศในส่วนนี้

การระบายอากาศทางธรรมชาติที่ได้ผลมากอีกวิธีหนึ่งก็คือ การใช้หลักการของอากาศร้อนที่ลอยตัวขึ้น และอากาศที่เย็นกว่าจะเข้าแทนที่ หรือที่เรียกว่า Stack Effect หลักการนี้จะเห็นได้จากโบสถ์คริสต์ ซึ่งจะมีการเจาะให้ช่องลมด้านล่างของผนังโดยรอบ และมีช่องระบายอากาศออกในส่วนสูง จะทำให้มีกระแสลมได้มากทีเดียว พอที่จะใช้ประโยชน์ได้ แต่หากมีคนมาก ๆ เช่น ตอนรับประกาศนียบัตรก็ยังอาจจะไม่เพียงพอ สาเหตุส่วนหนึ่งเนื่องมาจากหลังคาภายในไม่มีฉนวนกันความร้อน ทำให้หลังคาอมความร้อนและแผ่รังสีกลับลงมา (คงยังจำได้ว่าการแผ่รังสีความร้อนอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จึงไม่สามารถที่จะถูกกำจัดโดยกระแสลม)

การใช้ Stack Effect ให้ได้ผลจะต้องพยายามให้มีความสูงระหว่างช่องลมเข้าด้านล่างและช่องระบายอากาศออกด้านบน (Stack Height) ที่สูงพอ (5 เมตรขึ้นไป) จึงจะเริ่มเห็นผลโดยที่ขนาดช่องเปิดก็จะต้องมากพอด้วย (สถาปนิกบางคนเข้าใจว่า ช่องลมเล็ก ๆ จะช่วยรีดลมให้แรงซึ่งเป็นความเข้าใจผิด ช่องลมที่เล็กจะมีแรงเสียดทานมากทำให้ลมเข้า – ออกไม่ได้) นกจากนี้จะต้องระวังไม่ให้กระแสลมเกิดการลัดวงจร ทำให้ Stack Height เสียไป และจะต้องให้กระแสลมผ่านห้องตามแนวกระแสลมที่ต้องการ



รูปที่ 37 พัดลมระบายอากาศ

นอกจากการระบายอากาศ จะช่วยให้ห้องมีภาวะอากาศที่เหมาะสมแล้ว การระบายอากาศยังมีหน้าที่ในการนำอากาศเสียไปทิ้งอีกด้วย ดังนั้นการระบายอากาศจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับห้องที่มีกลิ่น ควัน ไอเสียต่าง ๆ เช่น ห้องประชุม ห้องอาหาร บริเวณสูบบุหรี่ ห้องน้ำ ที่จอดรถ ห้องเครื่อง ห้องครัว ห้องขยะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการระบายอากาศจากห้องที่มีอากาศเสีย เช่น ห้องครัวและห้องขยะ จะต้องระบายทิ้งที่ระดับสูง เพื่อป้องกันไม่ให้กลิ่นตกค้างอยู่รอบบริเวณอาคาร

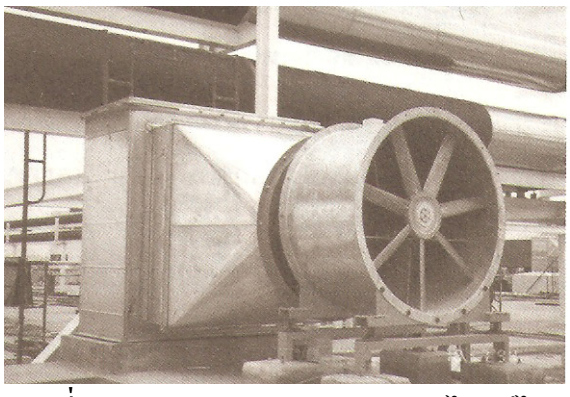
การระบายอากาศเสียให้ได้ผล จะต้องพยายามดูดอากาศเสียออกที่จุดต้นกำเนิด เช่นจุดที่มีอากาศร้อน เตาไฟ ต้นกำเนิดของกลิ่น หากปล่อยให้ความร้อน กลิ่น ควัน ไอน้ำกระจายออกไป การที่จะดูดทิ้งให้ได้ผลก็จะทำได้ยาก ในบางกรณีจึงนิยมทำฝาครอบ (Hood) ครอบเสียเลย

การระบายอากาศยังมีความสำคัญในการช่วยควบคุมความดันอากาศภายในห้องอย่างที่ได้กล่าวแล้วว่า ห้องปรับอากาศมักจะออกแบบให้มีความดันอากาศภายในห้องสูงกว่าภายนอก โดยอาศัยการนำ Fresh Air เข้ามาที่ FCU หรือ AHU เพื่อป้องกันฝุ่นและความชื้นที่จะแทรกตัวเข้าไป ห้องที่ควรจะมีความดันอากาศต่ำก็คือ พวกห้องที่มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ เช่น ห้องน้ำ ห้องอาหาร ห้องครัว พวกนี้จะอาศัยการระบายอากาศทิ้งไปบางส่วนทำให้ความดันต่ำกว่าบริเวณอื่น

ในอาคารประเภทโรงพยาบาลหรือโรงงานอิเลคทรอนิส์ การกำหนดค่าความดันอากาศของห้องต่าง ๆ จะมีความสำคัญมาก โดยการกำหนดจะกำหนดเป็นลำดับชั้น เช่น ห้องผ่าตัดจะต้องมีความดันสูงกว่าบริเวณหน้าห้องผ่าตัด และบริเวณหน้าห้องผ่าตัดจะต้องมีความดันสูงกว่าบริเวณภายนอก เป็นต้น

ระบบควบคุมควันไฟ (Smoke Control System)

อาคารที่เข้าข่ายอาคารขนาดใหญ่ อันได้แก่อาคารที่มีความสูงเกิน 23 เมตร และ / หรืออาคารที่มีขนาดเกิน 10,000 ตารางเมตร จะต้องพิจารณาให้มีระบบควบคุมควันไฟนี้ ซึ่งตามเทศบัญญัติในปัจจุบัน ระบุให้มีระบบอัดอากาศ (Pressurizing System) ในบันไดหนีไฟ เนื่องจากประเทศไทยไม่มีปัญหาอากาศหนาวในหน้าหนาว จึงอาจจะใช้การเปิดช่องระบายอากาศตามธรรมชาติที่บันไดหนีไฟ ซึ่งควรจะเป็นช่องที่เปิดตาย เช่น การใช้ช่องบานเกล็ดหรือช่องระเบียงขนาดไม่น้อยกว่า 1.4 ตารางเมตร ต่อชั้นได้ การเปิดช่องดังกล่าวจะทำให้บันไดหนีไฟไม่มีสภาพเป็นปล่องไฟ หรือเกิด Stack Effect เมื่อเกิดเพลิงไหม้ พร้อมทั้งช่วยการระบายอากาศในบันไดด้วย การเปิดช่องดังกล่าวนี้จะต้องพิจารณาลักษณะเปลือกอาคารข้างเดียวว่า หากเกิดไฟไหม้จะต้องไม่มีเปลวไฟหรือควันไหลย้อนเข้ามาในบันไดได้ การระบายอากาศตามธรรมชาตินี้เป็นระบบที่ไม่มีระบบเครื่องกลที่อาจจะไม่ทำงานได้



รูปที่ 38 พัดลมอัดความดันสำหรับบันไดหนีไฟ

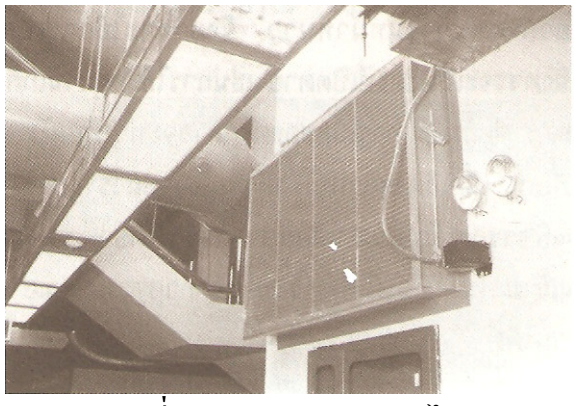
การอัดอากาศในบันไดหนีไฟ อาศัยพัดลมอัดอากาศ โดยควรจะทำปล่องลมอัดอากาศภายในบันไดหนีไฟเพื่อช่วยส่งลม หากใช้การก่ออิฐเป็นปล่องจะต้องทำให้ผิวภายในเรียบเพื่อลดแรงเสียดแทนของลม แล้วจะมีหน้ากากเป่าลมทุกชั้น รวมทั้งมีระบบความคุมความดันภายในบันได ให้ได้ตามที่ต้องการคือ ไม่มากจนผลักเปิดประตูเข้าได้ลำบาก และต้องไม่น้อยจนไม่สามารถป้องกันควันไฟเข้าสู่บันไดได้ (เทศบัญญัติระบุไว้ที่ 38 ปาสคาล)

ปล่องอัดอากาศสำหรับโถงลิฟท์บริการจะต้องแยกจากปล่องของบันไดหนีไฟ

สำหรับอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่นอกจากจะมีระบบอัดอากาศตามเทศบัญญัติระบุดังกล่าวแล้ว ยังควรจะพิจารณาให้มีระบบระบายควัน และระบบการนำอากาศเข้ามาเจือจางควันไฟด้วย

พวกเราคงจะทราบกันดีอยู่แล้วว่า เมื่อเกิดเพลิงไหม้ ส่วนมากคนจะสลบหรือเป็นอันตรายเนื่องจากควันไฟที่เป็นก๊าซพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ ดังนั้นการช่วยให้คนหนีจากอาคารได้โดยปลอดภัย จึงต้องอาศัยให้มีระบบระบายควันไฟนี้ออกไป บริเวณที่ควรจะจัดให้มีระบบนี้ ได้แก่ บริเวณโถงสูง (Atrium) ห้องจัดเลี้ยง (Convention Hall) ห้องจัดนิทรรศการ (Exhibition Hall) หรือแม้แต่ในพื้นที่สำนักงาน

และเพื่อให้การระบายควันมีประสิทธิภาพจึงต้องมีการนำอากาศเข้ามาบริเวณข้างเคียงด้วย โดยมีจุดประสงค์ 2 ประการ คือ ประการแรกเพื่อช่วยเจือจางควันไฟ และช่วยให้ระบายควันไฟได้เร็วขึ้น ประการที่สอง คือ ช่วยไล่ควันไฟออกจากบริเวณข้างเคียง



รูปที่ 39 ช่องสำหรับดูดควันไฟ

สำรับอาคารสูง ยังมีเทคนิคการป้องกันการลามของควันไฟที่เรียกว่า ระบบแซนวิช (Sandwich System) โดยมีการดูดควันไฟออกจากที่ที่เกิดไฟไหม้ และอัดอากาศในชั้นที่สูงกว่าและต่ำกว่า

ระบบไฟฟ้าที่จะจ่ายให้กับพัดลมในระบบนี้ จะต้องใช้ไฟฟ้าฉุกเฉินและใช้สายไฟฟ้าชนิดที่ทนไฟได้

ในการกำหนดวัสดุภายในประกอบอาคาร หากสามารถเลือกใช้วัสดุที่ไม่ติดไฟ หรือไม่ก่อให้เกิดก๊าซพิษเมื่อถูกไฟเผา ก็จะทำให้เกิดความปลอดภัยสูงขึ้น

อุปกรณ์ที่น่าสนใจ

ส่วนต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาทั้งหมดก่อนหน้านี้ คือ ส่วนหลักในระบบปรับอากาศตั้งแต่เครื่องปรับอากาศ ระบบท่อลม ท่อน้ำ ฯลฯ นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศที่น่าสนใจอีกหลายอย่าง ได้แก่

หน้ากากแอร์ (Air Grille)

หน้ากากแอร์ เป็นส่วนประกอบในระบบท่อลม มีชื่อเรียกและหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้

หัวจ่ายแอร์ หรือหน้ากากลมส่ง (Supply Air Grille)

ติดตั้งตรงปากท่อลมส่ง เพื่อช่วยในการกระจายลมเย็นและเพื่อความสวยงาม โดยมีคุณสมบัติในการจ่ายลม และมีรูปร่างให้เลือกได้หลายแบบ เช่น แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square Diffuser) ซึ่งมีทั้งแบบเป่า 4 ทาง, 2 ทาง, 3 ทาง, แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular Diffuser), แบบเป็นร่อง (Slot Diffuser) ซึ่งมีตั้งแต่ 1 – 4 ร่อง (Slot) หรือมากกว่า, แบบเป่าข้าง (Register), แบบเจ๊ต (Jet Diffuser) หัวจ่ายแอร์ที่ใช้กับระบบ (VAV) จะต้องมีความสามารถในการเป่าลมเย็นเลียดไปกับฝ้าเพดานได้ (อาศัยความเร็วลมและแรงยกตัว เช่นเดียวกับแรงยกตัวของปีกเครื่องบินมีชื่อทางเทคนิคว่า Coanda Effect) เพื่อไม่ให้ลมเย็นตกเมื่อมีการหรี่ลมให้น้อยลง นอกจากนี้ในระบบปรับอากาศที่ใช้ความเย็นเสริมจากระบบเก็บความเย็นในรูปของน้ำแข็ง (Ice Storage) ที่อาจจะใช้ระบบอุณหภูมิต่ำ (Low Temperature) ก็ยังมีหัวจ่ายแอร์แบบพิเศษ ที่เรียกว่า Low Temp. Diffuser ซึ่งมีความสามารถในการดึงลมข้างเคียงมาผสม (Induce Effect) ให้เกิดการหมุนเวียนของลมสูงขึ้น เนื่องจากการใช้ลมที่มีอุณหภูมิต่ำจะทำให้ปริมาณลมส่งลดลง หากจะให้การหมุนเวียนของอากาศภายในห้องอยู่ในเกณฑ์ปกติ จำเป็นที่จะต้องใช้หัวจ่ายที่สามารถทำให้เกิดอัตราการหมุนเวียนลมภายในห้องต่อปริมาณลมเย็นที่จ่ายสูงขึ้น หัวจ่ายดังกล่าวนี้จะต้องไม่เกิดน้ำเกาะ เนื่องจากลมที่เย็นกว่าปกติด้วย

รูปที่ 40 หัวจ่ายลมที่เหมาะสำหรับระบบ VAV

รูปที่ 41 SLOT DIFFUSER แบบโค้ง

หัวลมกลับหรือหน้ากากลมกลับ (Return Air Grille)

ติดตั้งตรงปากทางลมกลับเพื่อความสวยงาม โดยทั่วไปความเร็วลมที่หน้ากากลมกลับจะเป็นประมาณ 300 – 400 ฟุต / นาที ในขณะที่ความเร็วลมที่หัวจ่ายแอร์จะใช้ความเร็วลมประมาณ 400 – 600 ฟุต / นาที หากติดตั้งหน้ากากลมกลับใกล้กับหัวจ่ายแอร์ จะต้องให้ความเร็วลมไม่มากกว่าครึ่งหนึ่งของความเร็วของหัวจ่าย เพื่อป้องกันการลัดวงจรของลมส่งกลับมาที่ทางลมกลับ เราจะสังเกตได้ว่าเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง หรือแบบ Wall Type จะมีหน้ากากลมกลับใหญ่กว่าหน้ากากจ่ายแอร์มาก เนื่องจากเหตุผลเดียวกันนี้

รูปที่ 42 หัวจ่ายลมเย็นและช่องลมกลับข้างโคมไฟ

หัวระบายอากาศหรือหน้ากากระบายอากาศ (Exhaust Air Grille)

ทำหน้าที่ดูดอากาศทิ้ง รูปร่างลักษณะเดียวกับหน้ากากลมกลับแต่มีขนาดเล็กกว่ามาก หน้ากากระบายอากาศตรงที่จะเป่าอากาศทิ้งสู่ภายนอก จะต้องพิจารณาเรื่อการกันฝน การกันลมปะทะ และการป้องกันแมลงด้วย

หน้ากากอากาศบริสุทธิ์ (Fresh Air Grille)

เป็นหน้ากากที่ติดตั้งอยู่ที่ผนังหรือเพดานภายนอกอาคารเพื่อรับอากาศจากภายนอกอาคารเข้ามา ซึ่งจะต้องพิจารณาเรื่องการกันฝน และแมลงด้วยเช่นกัน ตำแหน่งที่ติดตั้งจะต้องไม่อยู่ใกล้บริเวณที่มีอากาศเสียหรือมีกลิ่น

แดมเพอร์ (Air Damper)

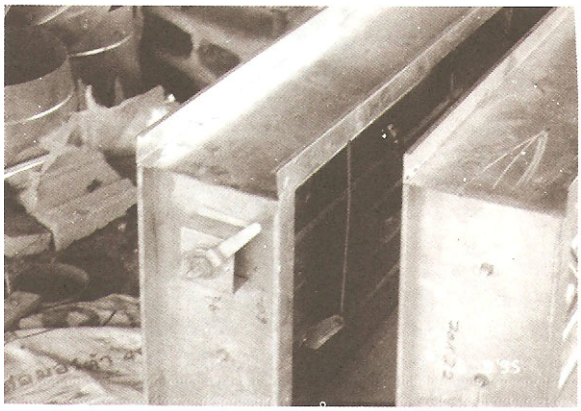
เป็นอุปกรณ์ประกอบในระบบท่อลม เพื่อควบคุมปริมาณลม ได้แก่

Volume Damper

ทำหน้าที่ปรับปริมาณลม อาจจะติดตั้งตรงบริเวณท่อทางแยกต่าง ๆ ในระบบท่อลม

Motorized Damper

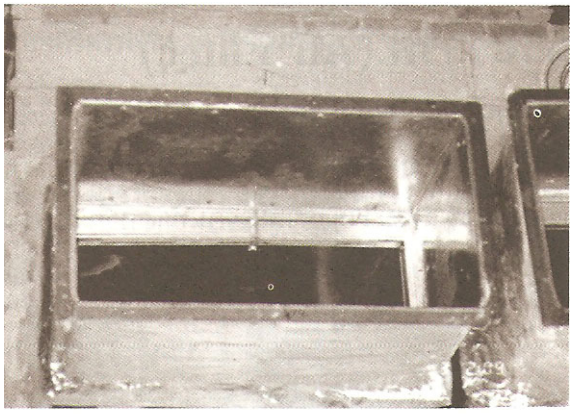
ทำหน้าที่รับปริมาณลมโดยมีมอเตอร์ขับให้ตัวใบปรับลมเปิดมากหรือน้อยตามที่ต้องการ



รูปที่ 43 Volumn Damper

Fire Damper

ทำหน้าที่ปิดระบบท่อลมไม่ให้ลมหรือเปลวไฟผ่านได้หากเกิดไฟไหม้ โดยการทำงานอาศัยตัวเชื่อมต่อที่จะละลายเมื่อโดนไฟเผา (Fusible Link) และเมื่อสลายจะปล่อยให้ใบที่เป็นลิ้นกันไฟปิดลงโดยอาศัยน้ำหนักของตัวเอง



รูปที่ 44 Fire Damper

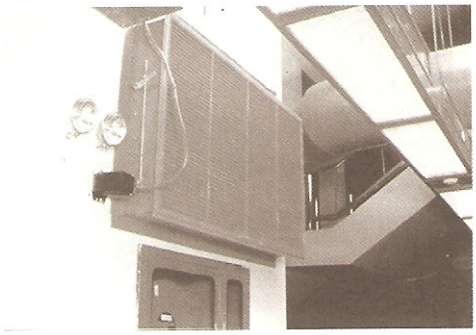
Smoke Damper

ทำหน้าที่เหมือน Fire Damper แต่มักจะเป็นชนิดที่ใช้มอเตอร์ขับ และจะทำงานร่วมกับระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ โดยจะปิดเมื่อพบว่าเกิดควันไฟเกิดขึ้น เพื่อป้องกันไม่ให้ควันไฟผ่านไปในระบบท่อลม

Gravity Shutter

ทำหน้าที่เหมือนวาล์วทางเดียว คือจะให้ลมไหลได้ทางเดียว หากลมหยุดไหลก็จะปิดเองโดยอาศัยน้ำหนักถ่วง

แดมเพอร์ที่คุณภาพจะต้องไม่ค้าง จะต้องสามารถปรับลมได้ตามต้องการ และเมื่อเปิดจะต้องปิดได้ค่อนข้างสนิท (Low Leakage) ลักษณะใบปรับลมอาจจะเป็นแบบหลายใบปิดเข้าหากัน



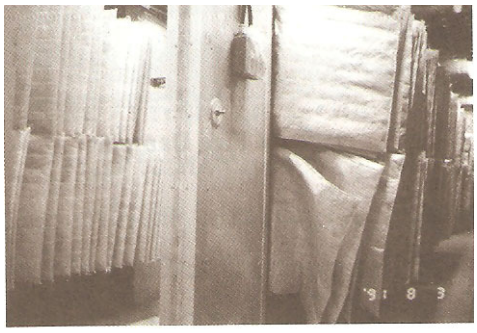
รูปที 45 ช่องดูดควันไฟ

(Opposed Blade) หรือแบบปีกผีเสื้อ (Butterfly) ที่มักจะใช้กับท่อลมขนาดเล็กหรือใช้ใน VAV Box เนื่องจากสร้างง่าย และควบคุมปริมาณลมได้ดี โดยที่ปลายใบอาจจะมีแผ่นยางช่วยให้ปิดลมได้สนิทขึ้น

พวกแดมเพอร์ต่าง ๆ ไม่นิยมใช้ในท่อที่มีอากาศสกปรก เช่น ท่อระบายอากาศจากครัวหรือหรือห้องซักรีด เพราะไขมันหรือสิ่งสกปรกจะไปจับแกนของใบลมทำให้ค้าง ถ้าจะได้ประโยชน์ก็เฉพาะช่วงปรับลมเมื่อตอนติดตั้งเสร็จใหม่ ๆ เท่านั้น

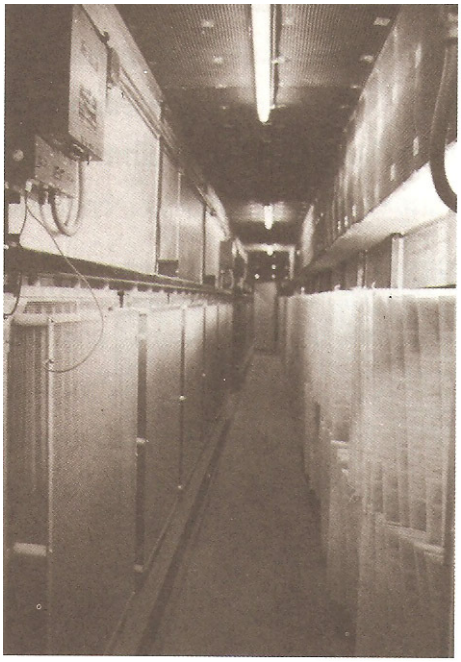
แผงกรองอากาศ (Air Filter)

แผงกรองอากาศมีหน้าที่กรองฝุ่นละอองในอากาศ เพื่อทำให้คุณภาพอากาศภายใน ห้องปรับอากาศดีขึ้น ในปัจจุบันมีผู้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับเรื่องคุณภาพอากาศในอาคาร (Indoor Air Quality - IAQ) กันมากขึ้น เนื่องจากพบว่าสุขภาพของคนทำงานขึ้นกับคุณภาพอากาศภายในอาคารเป็นอย่างมาก และฝุ่นละอองในอากาศเป็นสาเหตุของอาการป่วย โรคภูมิแพ้ต่าง ๆ



รูปที่ 46 แผงกรองอากาศ

สำนักงานในกรุงเทพ ฯ ที่ปล่อยให้มีการสูบบุหรี่ภายในสำนักงานได้ อาจจะมีจำนวนฝุ่นละอองขนาด 0.05 ไมครอน ถึง 800,000 – 1,000,000 อณู ในขณะที่สำนักงานที่มีการกรองอากาศที่ดี และไม่มีการสูบบุหรี่ จะมีจำนวนฝุ่นละอองในอากาศขนาดเดียวกันเพียง 100,000 - 300,000 อณู และจะพบว่าสำนักงานที่มีอากาศที่ดีพนักงานจะมีสถิติการป่วยและเป็นหวัดน้อยลงมาก (จากประสบการณ์ ในบริษัท ฯ ที่ผมทำงานอยู่)

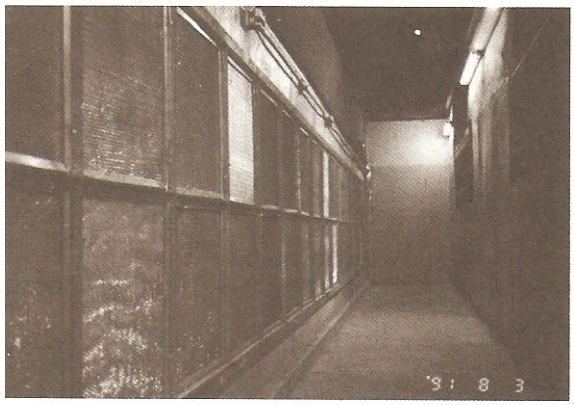


รูปที่ 47 เครื่องฟอกอากาศ (ซ้าย)
และแผงกรองอากาศ (ขวา)

ในปัจจุบันมีผู้ขายเครื่องฟอกอากาศกันมากมายหลายยี่ห้อ ซึ่งก็ล้วนแล้วแต่ช่วยลดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศทั้งสิ้น

แผงกรองอากาศที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศมีหลายชนิดด้วยกัน ชนิดที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กทั่วไปมักจะทำจากใยสังเคราะห์เป็นแผ่นบาง ๆ และสามารถล้างทำความสะอาดได้ โดยการจุ่มทำความสะอาดในอ่างน้ำ (Washable Type) นอกจากนี้ยังมีชนิดที่ถักจากเส้นอลูมิเนียม (Aluminium Filter) และมีกรอบทำเป็นแผ่น ๆ ชนิดนี้ถอดมาล้างได้เหมือนกัน และมีความหนา 1 – 2 นิ้ว แผงกรองอากาศพวกนี้จะมีประสิทธิภาพ 10 – 20%

ในกรณีที่ต้องการการกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น แผงกรองอากาศมักจะทำจากกระดาษมีความลึกของตัวชั้นแผงกรองอากาศตั้งแต่ 2 – 24 นิ้ว ขนาดมักจะเป็น 2 ฟุต × 2 ฟุต



รูปที่ 48 แผงกรองอากาศ

(หน่วยยังนิยมเป็นนิ้ว – ฟุต เพราะใช้ตามระบบอเมริกัน) และมีประสิทธิภาพตั้งแต่ 70 – 99.99% ในกรณีที่ใช้แผงกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพ มักจะต้องมีแผงกรองอากาศประสิทธิภาพต่ำ และปานกลาง เป็นตัวดักหน้าไว้ก่อน จะได้ไม่ตันเร็วเพราะแผงกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง จะมีราคาแพง นอกจากนี้ยังมีแรงเสียดทานสูงอีกด้วย

พัดลม (Fan)

พัดลมนับเป็นหัวใจในระบบส่งลมต่าง ๆ ทั้งหมด เพราะเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนลม การเลือกใช้พัดลมจะขึ้นกับความดันลมที่ต้องการ ปริมาณลม การกินไฟและระดับเสียงโดยเฉพาะเรื่องการกินไฟและระดับเสียง เมื่อก่อนไม่ค่อยได้ให้ความสำคัญกันมากนัก แต่ในปัจจุบันจะเห็นว่าเริ่มมีการให้ความสำคัญเกี่ยวกับการประหยัดไฟและความเงียบ ซึ่งได้กลายเป็นจุดขายไปแล้ว

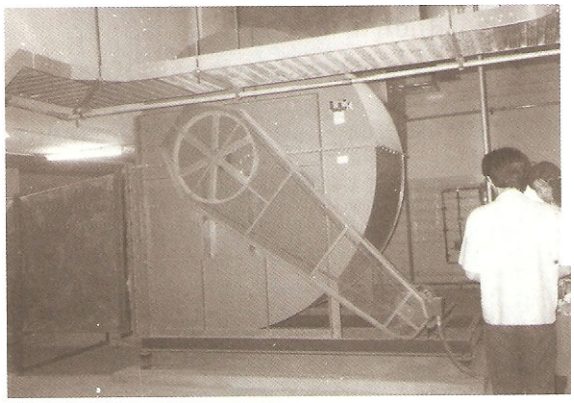
การเรียกชื่อพัดลม จะเรียกตามลักษณะของใบ โดยใบลักษณะต่าง ๆ กันจะมีคุณสมบัติต่างกัน

แบบใบพัด (Propeller Fan)

เหมาะกับการใช้เป็นพัดลมระบายอากาศ ที่มีปริมาณลมไม่มากนัก และไม่ต้องการความดันลมมาก พัดลมแบบนี้จะมีราคาถูก เหมือนพัดลมตามบ้าน

แบบหอยโข่ง (Centrifugal Fan)

จะให้ปริมาณลมได้มาก และให้ความดันลมได้สูงพอประมาณ จึงเป็นแบบที่นิยมใช้มากที่สุด ตั้งแต่เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างจนถึงเครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่ โดยลักษณะของใบยังมีหลายลักษณะ เช่น Forward Curve ซึ่งนิยมใช้มากที่สุด แบบ Backward Curve จะมีราคาแพงขึ้นและมีเสียงดังขึ้น แต่เหมาะกับความดันลมที่สูงขึ้นหรืออากาศที่สกปรก ส่วนแบบ Airfoil ก็มีใช้บ้างในกรณีที่ต้องการความดันสูงแต่มักจะมีเสียงดัง



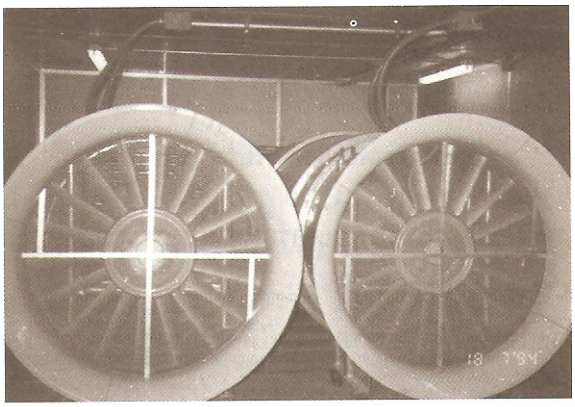
รูปที่ 49 พัดลมหอยโข่ง

แบบแอกเชียล (Axial Flow Fan)

มีใบแบบ Airfoil เป็นชนิดที่ให้ปริมาณลมได้มาก แต่ความดันลมปานกลาง และตัวใหญ่จะมีราคาถูกกว่าแบบหอยโข่ง รวมทั้งมีขนาดกระทัดรัดกว่า หากเลือกใช้ได้อย่างถูกต้องจะทำให้ได้

ราคาถูก ประสิทธิภาพดี กะทัดรัด แต่ผู้ขายมักจะเลือกรุ่นที่มีรอบจัด เสียงดัง ความดันไม่ดี ประสิทธิภาพต่ำมาให้เพราะต้องการแข่งขันราคาจึงมักจะมีปัญหา ดังนั้นจะใช้พัดลมแบบนี้จะต้องมีความรู้พอตอนเลือกรุ่นของพัดลม

ข้อดีอีกประการหนึ่งของพัดลมแบบแอกเชียลก็คือทางลมเข้าและทางลมออกอยู่ในแกนเดียวกัน จึงทำให้การติดตั้งง่ายกว่าและใช้เนื้อที่น้อยกว่าพัดลมแบบหอยโข่ง ซึ่งทางลมเข้า – ออกทำมุม 90˚



รูปที่ 50 พัดลมแอกเชียล

อย่างไรก็ตามในระยะหลังนี้ผู้ผลิตพัดลมด้านที่ถนัดทางหอยโข่ง และพยายามผลิตพัดลมแบบใบพัดที่สามารถให้ความดันลมได้สูงขึ้นบ้าง หรือผลิตพัดลมแบบหอยโข่งที่สามารถต่อท่อเข้า – ออกตามแนวแกนพัดลมได้เลย เพื่อมาสู้กับพัดลมแอกเชียล

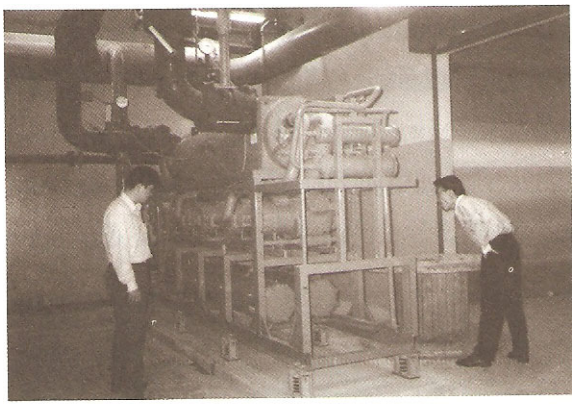
การพัฒนาเทคโนโลยีของพัดลมยังไม่สิ้นสุด และมีการผลิตพัดลมลักษณะต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานต่าง ๆ กัน

คอมเพรสเซอร์ (Refrigerant Compressor)

คอมเพรสเซอร์ คือ หัวใจของเครื่องปรับอากาศ ที่ทำหน้าที่สูบฉีดสารทำความเย็นให้ไหลเวียนภายในระบบและทำให้สารทำความเย็นมีความดันสูงพอที่จะขับถ่ายความร้อนออกไปทางคอนเดนเซอร์ได้ คอมเพรสเซอร์จึงมีความสำคัญกับค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศด้วย ยิ่งในปัจจุบันเรื่องการประหยัดไฟเป็นเรื่องที่มีความสำคัญและเป็นจุดขายของเครื่องปรับอากาศ รวมทั้งเรื่องความเงียบของเครื่อง คอมเพรสเซอร์จึงได้รับการพัฒนาให้ประหยัดไฟ เงียบ และทนทานมากขึ้น

คอมเพรสเซอร์ที่นิยมใช้กันมีดังนี้

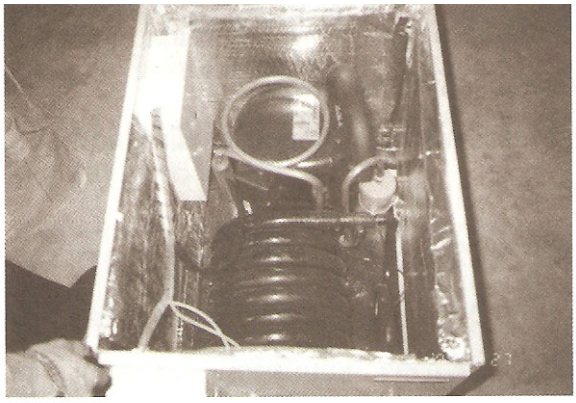
คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor) มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับเครื่องยนต์ในรถยนต์ โดยใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนการทำงานของลูกสูบให้ดูดสารทำความเย็นจากอีวาโปเรเตอร์ และส่งไปยังคอนเดนเซอร์ คอมเพรสเซอร์แบบนี้เป็นแบบที่ใช้มาตั้งแต่เครื่องปรับอากาศรุ่นแรก



รูปที่ 51 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ

หากมีโครงสร้างที่มีชุดลูกสูบและมอเตอร์อยู่ภายในกระป๋องเดียวกัน ซึ่งเชื่อมปิดสนิท เรียกว่า Sealed Hermetic Compressor

หากมีโครงสร้างที่สามารถเปิดฝาลูกสูบออกได้ เรียกว่า Semi Hermetic Compressor ซึ่งแบบหลังนี้มักจะใช้ขนาดแรงม้าตั้งแต่ 5 แรงม้าขึ้นไป มีรุ่นที่เป็นรุ่นปกติและรุ่นที่ประหยัดไฟ (Hieff.) และรุ่นตั้งแต่ 10 แรงม้าขึ้นไปมักจะมีอุปกรณ์ลดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ลงได้ โดยการยกลิ้นของลูกสูบขึ้นที่เรียกว่า Unloader เพื่อช่วยประหยัดไฟเมื่อภาวะต่ำลง

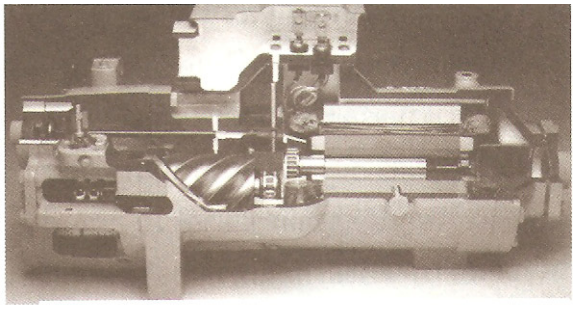


รูปที่ 52 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบภายใน Condensing Unit แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี่ (Rotary Compressor) คล้าย ๆ กับแบบลูกสูบ โดยจะมีเฉพาะที่เป็น Sealed Hermetic แต่การสูบฉีดหรืออัดสารทำความเย็นใช้คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี่แทนลูกสูบ คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี่นี้นิยมใช้กับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก เนื่องจากเงียบและมีการสั่นสะเทือนน้อยและมักจะกินไฟน้อยกว่าแบบลูกสูบ เนื่องจากประกอบด้วยชิ้นส่วนจำนวนน้อยกว่า การพัฒนาคอมเพรสเซอร์แบบนี้ถือว่าเป็นการพัฒนาต่อจากแบบลูกสูบ และโรตารี่คอมเพรสเซอร์รุ่นใหม่ที่เรียกว่า Scroll Compressor กำลังขยายการผลิตครอบคลุมแรงม้าขนาดต่าง ๆ

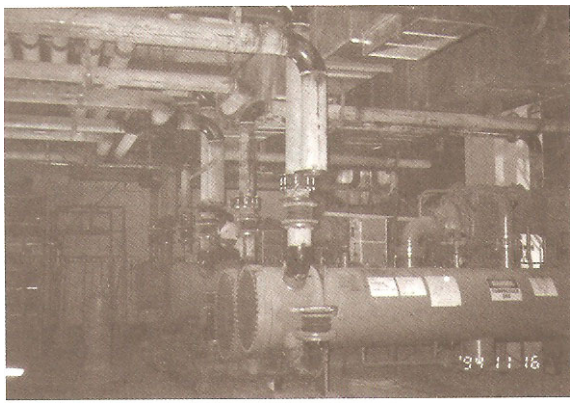
มากขึ้น โรตารี่คอมเพรสเซอร์แบบเดิมมักจะมีขนาดไม่เกิน 3 แรงม้า แต่ Scroll Compressor รุ่นใหม่จะมีขนาด 5 แรงม้า และอาจจะใหญ่กว่านี้อีกในอนาคต

คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw Compressor) มักจะใช้กับเครื่องที่มีแรงม้ามาก ขนาดเล็กก็จะอยู่ในช่วง 50 แรงม้าขึ้นไป เดิมใช้กันมากในระบบห้องเย็น เนื่องจากสามารถใช้งานที่อุณหภูมิต่ำได้ดี มีความคงทนสูงแต่มีราคาแพง หลังจากที่มีเรื่อง CFC ทำให้คอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่งมีปัญหา และมีการใช้สารทำความเย็นที่มีความดันการทำงานสูงกว่าความดันบรรยากาศ (High Pressure Refrigerant เช่น R – 22, R – 134a) แทนการใช้การทำความเย็นที่มีความดันการทำงานต่ำกว่าความดันบรรยากาศ (Low Pressure Refrigerant เช่น R – 11, R – 12) ทำให้มีผู้หันมาใช้สกรูคอมเพรสเซอร์กันมากขึ้น เมื่อมีการผลิตมากขึ้นราคาจึงถูกลงกว่าเดิม และมีการนำสกรูคอมเพรสเซอร์มาใช้ในเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) มากขึ้น สามารถปรับลดภาระการทำงานของคอมเพรสเซอร์โดยอาศัยลิ้นเลื่อน (Sliding Valve) เพื่อควบคุมปริมาณสารทำความเย็นเข้าคอมเพรสเซอร์ได้ การทำงานมักจะทำงานที่ความเร็วรอบ 2900 รอบ / นาที



รูปที่ 53 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู

คอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่ง (Centrifugal Compressor) มักจะใช้กับเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) ขนาดใหญ่ เนื่องจากเป็นคอมเพรสเซอร์ที่สามารถขับเคลื่อนปริมาณสารทำความเย็นได้มาก และมีประสิทธิภาพสูง และหลังจากที่มีปัญหาเรื่อง CFC ไม่นาน ผู้ผลิตเครื่องทำน้ำเย็นขนาดใหญ่ก็ได้ลงทุนออกแบบและพัฒนาคอมเพรสเซอร์แบบนี้ขึ้นมาใหม่ ให้สามารถใช้กับสารทำความเย็นใหม่ที่ไม่ใช่ CFC



รูปที่ 54 คอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่ง

การปรับลดภาระการทำงานของคอมเพรสเซอร์ อาศัย Inlet Vane ซึ่งเป็นลิ้นที่ขับด้วยมอเตอร์ เพื่อควบคุมปริมาณสารทำความเย็นเข้าคอมเพรสเซอร์และช่วยประหยัดพลังงาน เมื่อภาระของเครื่องลดลง

การทำงานของใบพัดจะทำงานที่ความเร็วรอบสูงถึง 8000 – 10000 รอบ / นาที จึงต้องมีการทดรอบของมอเตอร์

หากโครงสร้างเป็นชนิดที่มีมอเตอร์อยู่ในเรือนเดียวกัน เรียกว่า Hermetic ซึ่งมักจะนิยมโครงสร้างแบบนี้

หรือในบางกรณีหรือกรณีที่เครื่องมีขนาดใหญ่มาก หรือใช้มอเตอร์ที่ใช้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น หรือมอเตอร์พิเศษหรือใช้เครื่องยนต์ขับก็อาจจะให้มอเตอร์อยู่นอกเรือน ซึ่งเรียกว่า Open Type

บางรุ่นอาจจะออกแบบให้มีใบพัดทำงานต่อกันหลายชุด เรียกว่า Multi – Stage โดยประกอบกับชุดระบายความร้อนระหว่างชุดใบพัด (Intercooler) ก็จะทำให้ได้คอมเพรสเซอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง และอาจจะทำงานที่ความเร็วรอบลดลงได้

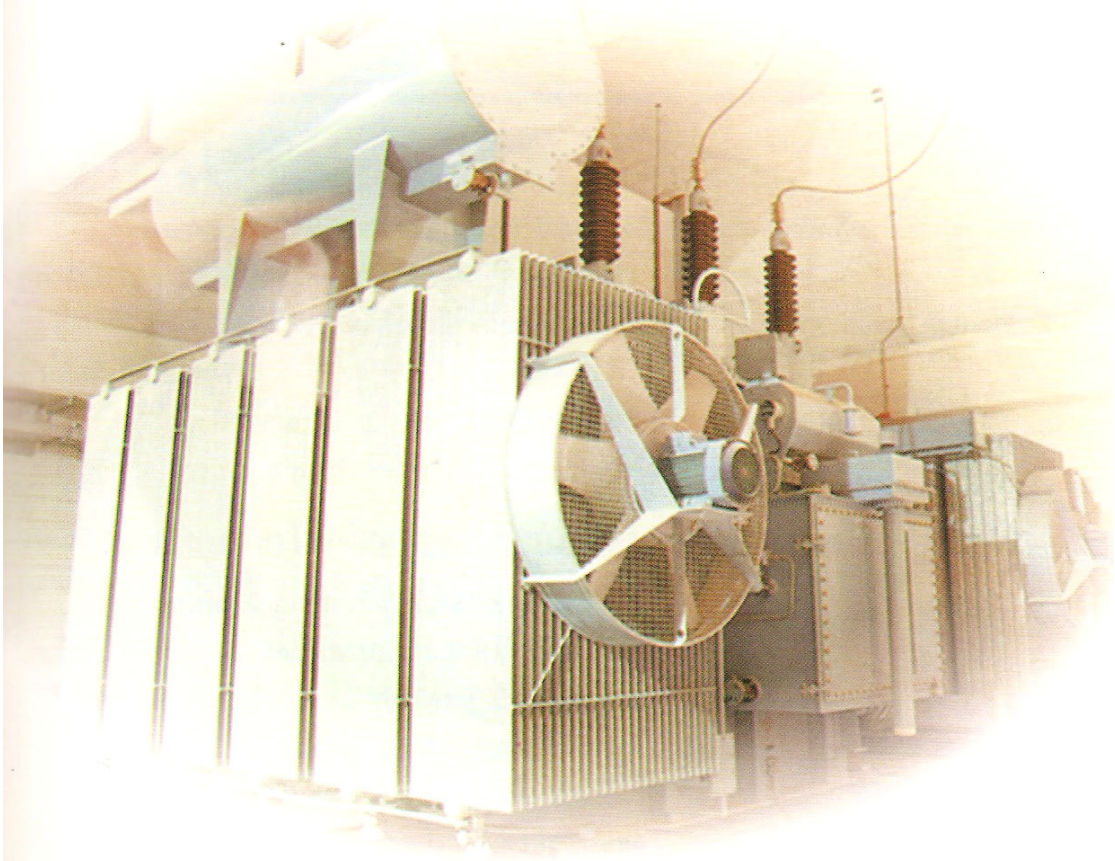
การควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์

การควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กในปัจจุบันยังอาศัยการตัด – ต่อ และการสั่งการทำงานของเทอร์โมสตัท

ในส่วนของเทอร์โมสตัท มีการพัฒนานำไมโครชิพมาช่วยให้การควบคุมถูกต้องแม่นยำ และสามารถมีฟังชั่นควบคุมการทำงานได้หลากหลายมากขึ้น

ในอนาคตการควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ จะเปลี่ยนมาใช้ระบบการควบคุมระบบของมอเตอร์ ซึ่งจะทำให้ประหยัดพลังงานได้มากขึ้น การควบคุมอุณหภูมิดีขึ้น และสามารถจะใช้ CDU หนึ่งเครื่องกับ FCU หลาย ๆ เครื่องที่มีขนาดต่าง ๆ กันได้

สำหรับเครื่องทำน้ำเย็น มีการพัฒนานำคอมพิวเตอร์มาใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องหรือที่เรียกว่า Chiller Manager ทำให้สามารถควบคุมการเดินเครื่องโดยอัตโนมัติ และสามารถจัดการเดินเครื่องให้สอดคล้องกับภาระ ช่วยให้การจัดการทางด้านพลังงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



ระบบไฟฟ้า

ความรู้เบื้องต้น

เกี่ยวกับระบบไฟฟ้า

เกียรติ อัชรพงศ์

1) การไฟฟ้า

ประเทศไทยมีหน่วยงานที่รับผิดชอบ และเกี่ยวข้องกับระบบการผลิต และส่งจ่ายไฟฟ้ากำลังใหญ่ ๆ รวม 2 หน่วยงาน

- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, กฟผ. (Electricity Generating Authority of Thailand, EGAT)
- การไฟฟ้านครหลวง, กฟน. (Metropolitan Electricity Authority, MEA)
- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, กฟภ. (Provincial Electricity Authority, PEA)

1.1 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

การไฟฟ้าฝ่ายผลิต เป็นหน่วยงานรัฐวิสาหกิจที่มีหน้าที่ในการวางแผนการเตรียมระบบผลิตไฟฟ้าของทั้งประเทศไทย เช่น สร้างโรงผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ พลังงานความร้อน จากก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น ระบบผลิตจะมีการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่แรงดัน 500 กิโลวัตต์, 230 กิโลวัตต์ และ 115 กิโลวัตต์ ขายต่อการไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

รูปที่ 1 สัญลักษณ์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ในปัจจุบันการใช้กำลังไฟฟ้าได้เติบโตอย่างรวดเร็วจนการสร้างโรงงานผลิตไฟฟ้า ไม่สามารถทำได้ทันต่อการใช้งาน โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตเพียงหน่วยงานเดียว จึงมีการเปิดโอกาสให้บริษัทเอกชน ทำการสร้างโรงงานผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (Co – Generation Plant) โดยขายไฟฟ้าให้โรงงานอุตสาหกรรมภายในนิคม พร้อมทั้งขายไอน้ำ (Steam) น้ำเย็น (Chilled Water) เพื่อทำวามเย็นโดยทั้งไอน้ำ และน้ำเย็นจะผลิตได้จากพลังงานส่วนที่เหลือทิ้งจากการผลิตไฟฟ้า และเมื่อมีไฟฟ้าเหลือใช้งานจึงจะขายต่อให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิต

1.2 การไฟฟ้านครหลวง

การไฟฟ้านครหลวงเป็นหน่วยงานรัฐวิสาหกิจที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการรับซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต เพื่อทำการส่งขายให้ลูกค้าทั้งเอกชน และหน่วยงานรัฐบาล ภายในเขตกรุงเทพมหานคร, นนทบุรี, สมุทรสาคร, สมุทรปราการ

ระบบสั่งจ่ายกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง มีทั้งระบบเดินลอยบนสายไฟฟ้า และระบบสายใต้ดิน ระบบส่งจ่ายไฟฟ้ามีหลายระดับแรงดันไฟฟ้าดังนี้

ก) ระบบ 220 V.1 Phase และ 220 / 380 V.3 Phase 50 Hz มีขนาดมิเตอร์สูงสุด 400 A.

ข) ระบบ 12 KV.3 Phase เป็นระบบแรงดันไฟฟ้าเดิมที่ปัจจุบันยังมีใช้อยู่ แต่จะยกเลิกในอนาคต สำหรับลูกค้ารายใหม่ที่จะขอไฟฟ้าที่อยู่ในเขตการจ่ายไฟฟ้า 12 KV. และ 24 KV. ในอนาคต

รูปที่ 2 สัญลักษณ์ของการไฟฟ้านครหลวง

ค) ระบบไฟฟ้า 24 KV.3 Phase เป็นระบบแรงดันไฟฟ้าที่เริ่มทำการจ่ายไฟฟ้า และทยอยเปลี่ยนเขตการจ่ายไฟฟ้า 12 KV. เป็น 24 KV. การขอใช้ไฟฟ้าหากลูกค้าอยู่ในเขตสายส่งไฟฟ้าใต้ดิน การไฟฟ้านครหลวงจะจ่ายไฟฟ้าให้ในระบบ Ring Main โดยลูกค้าจำเป็นต้องจัดเตรียมห้องให้การไฟฟ้านครหลวง ที่ระดับชั้นพื้นดินที่มีทางเข้าออกห้องได้จากภายนอกอาคาร ขนาดของการใช้ไฟฟ้า สำหรับระบบจ่ายไฟฟ้า 24 KV. จะต้องมีขนาดความต้องการไฟฟ้าไม่เกิน 15,000 KVA.

ง) ระบบไฟฟ้า 69 KV.3 Phase เป็นระบบไฟฟ้าที่การไฟฟ้านครหลวงทำการจ่ายให้ลูกค้าที่มีขนาดความต้องการไฟฟ้าเกิน 15,000 KVA.ระบบจ่ายไฟฟ้า มีทั้งระบบสานเดินลอยบนเสาไฟฟ้า และระบบสายใต้ดิน

1.3 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นหน่วยงานรัฐวิสาหกิจที่รับซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตเพื่อส่งขายให้ลูกค้าทั่วทั้งประเทศ โดยยกเว้นเขตการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้แบ่งพื้นที่รับผิดชอบออกเป็น 4 ภาค คือ ภาคกลาง, ภาคเหนือ, ภาคตะวันออก และภาคใต้ โดยแต่ละภาคแบ่งดังนี้

รูปที่ 3 INDOOR SUBSTATION

1.3.1 ภาคเหนือ ประกอบด้วย

ก. ภาคเหนือเขต 1 สำนักงานอยู่ที่ อำเภอเมืองเชียงใหม่ รับผิดชอบ 6 จังหวัด คือ เชียงใหม่, ลำพูน, ลำปาง, เชียงราย, พะเยา และแม่ฮ่องสอน

ข. ภาคเหนือเขต 2 สำนักงานอยู่ที่ อำเภอเมืองพิษณุโลก รับผิดชอบ 8 จังหวัด คือ พิษณุโลก, พิจิตร, ตาก, กำแพงเพชร, สุโขทัย, แพร่, น่าน และอุตรดิตถ์

ค. ภาคเหนือเขต 3 สำนักงานอยู่ที่ อำเภอเมืองลพบุรี รับผิดชอบ 6 จังหวัด คือ ลพบุรี, สิงห์บุรี, เพชรบูรณ์, นครสวรรค์, อุทัยธานี และชัยนาท

1.3.2 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วย 3 เขต

ก. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเขต 1 สำนักงานอยู่ที่ อำเภอเมืองอุดรธานี รับผิดชอบ 6 จังหวัด คือ อุดรธานี, หนองคาย, ขอนแก่น, เลย, สกลนคร และนครพนม

ข. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเขต 2 สำนักงานอยู่ที่ อำเภอเมืองอุบลราชธานี รับผิดชอบ 7 จังหวัด คือ อุบลราชธานี, ยโสธร, ร้อยเอ็ด, กาฬสินธุ์, มหาสารคาม, ศรีษะเกษ และมุกดาหาร

รูปที่ 4 สัญลักษณ์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ค. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเขต 3 สำนักงานอยู่ที่ อำเภอเมืองนครราชสีมา รับผิดชอบ 4 จังหวัด คือนครราชสีมา, ชัยภูมิ, บุรีรัมย์ และสุรินทร์

1.3.3 ภาคกลาง ประกอบด้วย 3 เขต

ก. ภาคกลางเขต 1 สำนักงานอยู่ที่ อำเภอเมืองพระนครศรีอยุธยา รับผิดชอบ 6 จังหวัด คือพระนครศรี

อยุธยา, อ่างทอง, ปทุมธานี, สระบุรี, นครนายก และปราจีนบุรี

ข. ภาคกลางเขต 2 สำนักงานอยู่ที่ อำเภอเมืองชลบุรี รับผิดชอบ 5 จังหวัด คือ ชลบุรี, ฉะเชิงเทรา, ระยอง, จันทบุรี และตราด

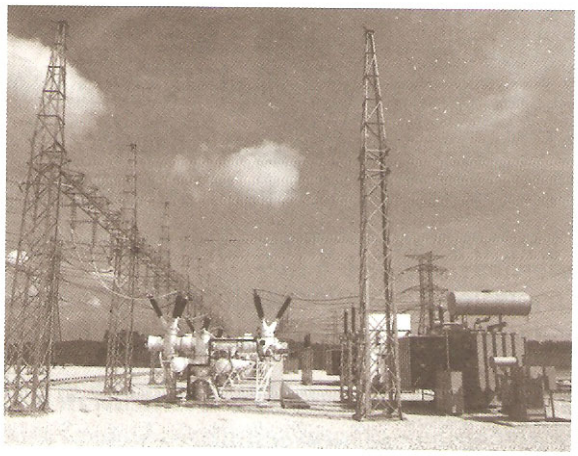
ค. ภาคกลางเขต 3 สำนักงานอยู่ที่ อำเภอเมืองนครปฐม รับผิดชอบ 4 จังหวัด คือ นครปฐม, สมุทรสาคร, สุพรรณบุรี และกาญจนบุรี

1.3.4 ภาคใต้ ประกอบด้วย 3 เขต

ก. ภาคใต้เขต 1 สำนักงานอยู่ที่ อำเภอเมืองเพชรบุรี รับผิดชอบ 6 จังหวัด คือ เพชรบุรี , ประจวบคีรีขันธ์, ราชบุรี, สมุทรสงคราม, ชุมพร และระนอง

ข. ภาคใต้เขต 2 สำนักงานอยู่ที่ อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช รับผิดชอบ 6 จังหวัด คือ นครศรีธรรมราช, ตรัง, กระบี่, สุราษฎร์ธานี, ภูเก็ต และพังงา

ค. ภาคใต้เขต 3 สำนักงานอยู่ที่ อำเภอเมืองยะลา รับผิดชอบ 6 จังหวัด คือ ยะลา, ปัตตานี, นราธิวาส, สงขลา, สตูล และพัทลุง



รูปที่ 5 OUTDOOR SUBSTATION

เนื่องจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค รับผิดชอบพื้นที่เกือบทั่วประเทศไทย ระบบส่งกำลังไฟฟ้าจึงเป็นระบบเดินลอยบนเสาไฟฟ้า และมีระบบแรงดันไฟฟ้าต่างจากการไฟฟ้านครหลวง ดังนี้

ก) ระบบ 230 V 1 Phase และ 230 / 400 V 3 Phase มีขนาดมิเตอร์สูงสุด 400 A

ข) ระบบ 22 KV 3 Phase โดยสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ไม่เกิน 10,000 KVA ต่อ 1 สายป้อน

ค) ระบบ 33 KV 3 Phase เป็นระบบที่ใช้เฉพาะจังหวัดเชียงราย พะเยา และภาคใต้นับตั้งแต่จังหวัดระนองลงไป ขนาดไม่เกิน 10,000 KVA ต่อ 1 สายป้อน

ง) ระบบ 69 KV หรือ 115 KV 3 Phase จะจ่ายกำลังไฟฟ้าให้เฉพาะลูกค้าที่มีความต้องการไฟฟ้าเกิน 10,000 KVA

2) หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

2.1 ประเภทของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง พอจะแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 2 กลุ่ม คือ Auto – Transformer และ Isolating Transformer

2.1.1 Auto – Transformer

เป็นหม้อแปลงที่ขดลวดทางด้านขาเข้า หรือปฐมภูมิ (Primary) ยังมีการเชื่อมต่อทางไฟฟ้ากับขดลวดขาออก หรือทุติยภูมิ (Secondary) การวัดการเชื่อมต่อสามารถวัดโดยใช้ Ohm – Meter ได้ หรือหากเขียนเป็นวงจรสมมติ (Equivalent Circuit) ก็จะมีการแสดงเส้นเชื่อมต่อของวงจรไฟฟ้า จุดนี้มีความสำคัญที่แสดงว่าระบบสายดิน (Grounding System) ของ Primary และ Secondary ยังเป็นระบบเดียวกันอยู่ ประโยชน์หรือลักษณะการใช้งานของ Auto – Transformer พอสรุปได้ดังนี้

ก) ใช้ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าให้ได้ตามที่ต้องการ เช่น เมื่อ 20 ปีที่แล้วมาระบบไฟฟ้าของไทยตามหมู่บ้านต่าง ๆ มี Voltage เหลือ 180 Volts. เขาจะใช้ Auto – Transformer ปรับค่าขึ้นให้เป็น 220 V เป็นต้น

ข) ใช้วงจรหรี่ไฟแสงสว่าง โดยเป็นวงจรง่าย ๆ ที่ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าให้ลดลงเพื่อให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟฟ้าชนิดมีไส้ลดลง แสงสว่างที่ได้ก็จะลดลง ปัจจุบันยังมีผลิตขายและนิยมใช้กับวงจรแสงสว่างค่า 300 – 500 Watts

ค) ใช้ระบบ Motor Control โดยเฉพาะวงจร Start Motor ที่เราเรียกกันว่า Auto – Transformer Starter เป็นวิธีการหนึ่งของ Reduced Voltage Starting System

2.1.2 Isolating Transformer

เป็นหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่เราใช้กันอยู่ทั่วไป โดยวงจรไฟฟ้าระหว่าง Primary winding แยกขาดออกจาก Secondary winding การเชื่อมต่อทำโดยผ่านวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า นั่นคือ Equivalent circuit จะแยก Primary ขาดออกจาก Secondary อย่างชัดเจน และที่สำคัญคือระบบ Grounding ถูกแยกออกจากกันเป็น 2 ระบบ ทำให้ง่ายต่อการตรวจสอบ และคำนวณการลัดวงจรของระบบไฟฟ้า

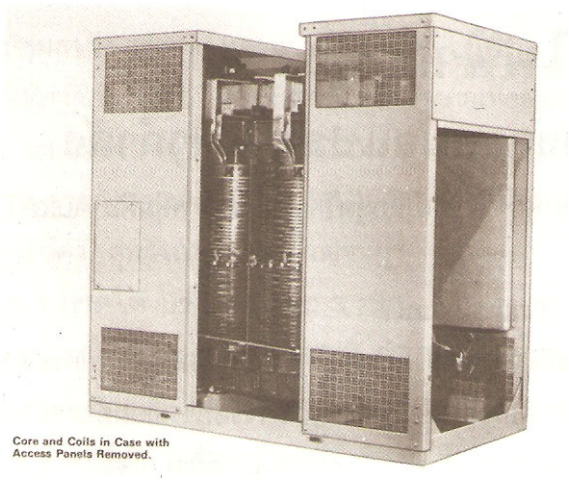
2.2 ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ใช้ทั่วไปในประเทศไทย ส่วนมากจะเป็นประเภท Isolating Transformer มีหลายชนิดดังนี้

ก) หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแห้ง (Dry Type)

ข) หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดหล่อแห้ง (Cast – Rasin Type)

ค) หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดก๊าซ (SF_6 Type)



รูปที่ 6 หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแห้ง

ง) หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแช่ในฉนวนทนไฟไหม้ (Synthetic – Liquid Immersed Type)

จ) หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแช่ในน้ำมัน

2.1.1 หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแห้ง (Dry Type)

หม้อแปลงชนิดนี้มีประวัติการเริ่มใช้งานมายาวนานเรียกได้ว่าเป็นรุ่นแรกของหม้อแปลงไฟฟ้า ปัจจุบันงานด้านไฟฟ้ากำลังได้เลิกใช้แล้ว คงมีใช้แต่ในวงจรควบคุมเล็ก ๆ และงานอีเลคโทรนิคเท่านั้น

โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้าจะค่อนข้างใหญ่โต ฉนวนไฟฟ้าจะเป็นอากาศ และวัสดุประกอบบางอย่าง เช่น กระดาษ, วานิช เป็นต้น ความร้อนที่เกิดขึ้นจะระบายสู่อากาศโดยตรง มีความทนทานต่อการใช้งานดี แต่มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถรับแรงดันไฟฟ้าได้สูง

2.1.2 หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดหล่อแห้ง (Cast – Rasin Type)

เป็นพัฒนาการอีกระดับหนึ่งของหม้อแปลงแบบแห้งที่เกิดขึ้น เมื่อมีการใช้ทางเทคนิคของการหล่อแห้งแบบเสริมใยแก้ว (Rienforce fiber glass) เทคนิคการผลิตมีหลายรูปแบบพอสรุปได้ดังนี้

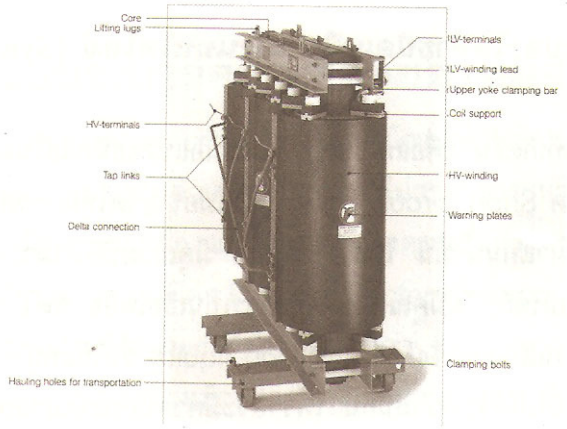
ก) High voltage coil

- การหล่อในสุญญากาศ (Vacuum cast)
- การพันฉนวนโดย Fiber glass พร้อม Rasin

ข) Low voltage coil

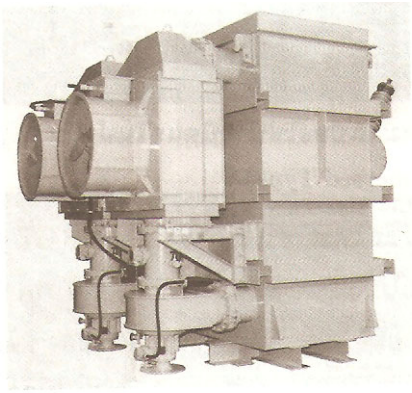
- การหล่อในสุญญากาศ (Vacuum cast)
- การพันฉนวนโดยวิธีเดียวกับหม้อแปลงชนิดแห้ง

ข้อสำคัญในการผลิต คือ วิธีการลดฟองอากาศใน Rasin ให้เหลือน้อยที่สุด เพราะฟองอากาศใน Rasin คือ ตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิด Insulation Failure ของหม้อแปลงชนิดนี้ วิธีการหนึ่งที่ใช้ คือหล่อแห้งในสุญญากาศ เพื่อดูดฟองอากาศออกจากเนื้อ Rasin ก่อนเกิดการแข็งตัว



รูปที่ 7 หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดหล่อแห้ง
(CAST-RASIN TYPE)

ส่วนวิธีการพันนั้น จะต้องมีเทคนิคในการเสริมค่าความเป็นฉนวนของเนื้อ Rasin มากขึ้น ยังไม่มีข้อสรุปว่า วิธีการใดเป็นวิธีการที่ดีที่สุด หม้อแปลงชนิดนี้เหมาะกับการใช้งานภายในอาคาร ทั้งแบบติดตั้งเปลือยภายในห้อง และแบบติดตั้งภายในตู้หม้อแปลง หม้อแปลงไม่ไหม้ไฟ และไม่ก่อให้เกิดก๊าซพิษ (Toxic Gas)



รูปที่ 8 หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดก๊าซ
(SF_6 TYPE)

2.1.3 หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดก๊าซ (SF_6 Type)

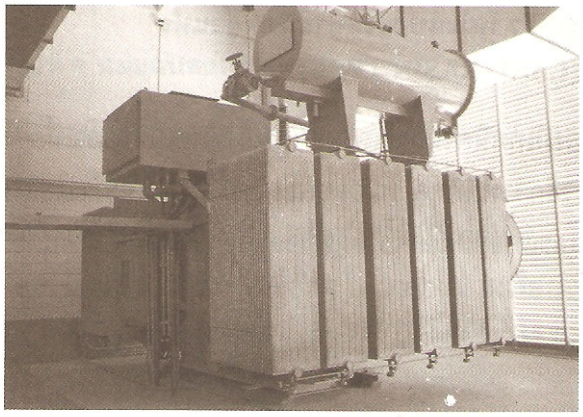
มีการพัฒนานำ SF_6 มาเป็นฉนวนไฟฟ้าครั้งแรก โดยการเริ่มใช้อุปกรณ์ Extra High voltage switchgear ภายหลังเมื่อราคา และเทคนิคการใช้ SF_6 เริ่มถูกลงจึงเริ่มมาใช้กับอุปกรณ์ Medium voltage Switchgear และใช้ในหม้อแปลงไฟฟ้า

ความนิยมในการใช้หม้อแปลง SF_6 นี้ยังไม่แพร่หลาย เนื่องจากราคายังสูง ข้อดีของหม้อแปลงชนิดนี้ คือมีขนาดเล็ก รับแรงที่เกิดจาก Short circuit ได้ดี ลดปัญหาในการซ่อมบำรุง ยกเว้นแต่การตรวจสอบแรงดันก๊าซ ให้อยู่ในระดับปกติ ในกรณีที่เกิดก๊าซรั่วจะมีอุปกรณ์เตือน และสุดท้ายจะตัดหม้อแปลงไฟฟ้าออกจากการใช้งาน

2.1.4 หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแช่ในฉนวนทนไฟไหม้ (Synthetic – Liquid immersed Type)

เป็นพัฒนาการที่เกิดขึ้น เพื่อแก้ไขปัญหาของหม้อแปลงชนิดแช่ในน้ำมัน ซึ่งเป็นเชื้อเพลิง และมีการไหม้ไฟกรณีที่เกิด Short circuit รุนแรง และไม่อนุญาตให้มีการติดตั้งในตัวอาคารได้นำฉนวนไฟฟ้า “Askarel” มาแทนน้ำมัน โดย Askarel มีคุณสมบัติสามารถเป็นฉนวนไฟฟ้าเป็นสารรับ และถ่ายเทความร้อนได้ดี ไม่มีคุณสมบัติของการเป็นเชื้อเพลิง แต่ในภายหลังได้พบว่า Askarel จะสร้างปัญหาเกี่ยวกับมลภาวะ จึงได้คิด “Silicon liquid” ขึ้นใช้แทน

หม้อแปลงชนิดนี้ไม่ได้รับความนิยม เพราะจะมีความยุ่งยากมากกว่าการใช้ Cast Rasin Type



รูปที่ ๑ หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแช่ในน้ำมัน (Oil Immersed Type)

2.1.5 หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแช่ในน้ำมัน (Oil Immersed Type)

หม้อแปลงชนิดนี้ใช้ Mineral Oil เป็นฉนวนไฟฟ้า และถ่ายเทความร้อนจากตัวลวดทองแดง, แกนเหล็กออกสู่ภายนอก พัฒนาการของหม้อแปลงเริ่มมานาน สามารถใช้ได้ในระดับ High Voltage ถึง 230 KV ในระดับ Power Transformer เนื่องจากหม้อแปลงชนิดนี้มีราคาถูก จึงนิยมใช้แพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Distribution Transformer ที่ใช้ติดตั้งบนเสาทั่วประเทศ

ปัจจุบันไม่อนุญาตใช้ติดตั้งหม้อแปลงน้ำมัน ภายในอาคารทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันเป็นเชื้อเพลิง และมีโอกาสลุกไหม้ เมื่อเกิดการ Short circuit ที่รุนแรงขึ้น

หม้อแปลงชนิดนี้ โดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ แบบ Seal – Tank ถังน้ำมันปิดสนิท ภายหลังจากการเติมน้ำมันเรียบร้อยแล้ว และอีกแบบหนึ่ง คือชนิดเปิดที่ประกอบด้วยถังน้ำมันสำรอง (Conservator Tank) เหนือตัวหม้อแปลงในปัจจุบัน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้เริ่มกำหนดให้ใช้แบบ Hermetically Seal – Tank เพราะให้ความสะดวกในการดูแล คือไม่ต้องคอยดูระดับน้ำมัน และอุปกรณ์ตรวจจับความชื้น (Silica gel) ข้อเสียของแบบ Seal – Tank คือจะต้องมีระบบการระบายก๊าซที่เกิดขึ้นฉับพลันเมื่อมีการ Short circuit อย่างรุนแรง และกรณีที่มีการรั่วของน้ำมันจะไม่มีระบบการใช้น้ำมันสำรองเติม และระบบเตือน เมื่อน้ำมันลดระดับลง

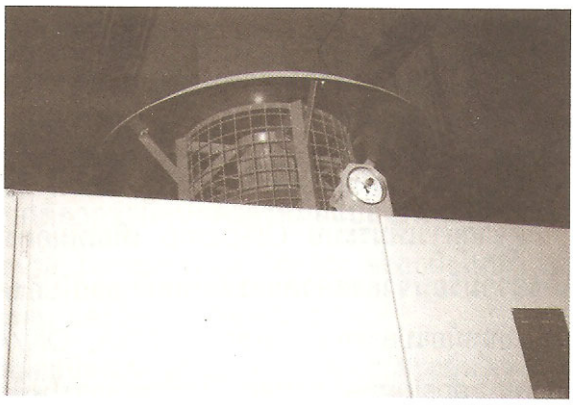
2.3 ระบบระบายความร้อนของหม้อแปลงไฟฟ้า

ความสามารถของการจ่ายกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า ส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับการระบายความร้อน หากความร้อนภายในตัวหม้อแปลงไฟฟ้าไม่สามารถระบายออกสู่ภายนอก ความร้อนสะสมจะทำให้อุณหภูมิของแกนเหล็ก และขดลวดทองแดงสูงขึ้นมาก เช่น หม้อแปลงขนาด 1000 KVA หากการระบายความร้อนไม่ดีจะจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ 800 KVA เพราะเมื่อจ่ายสูงกว่า 800 KVA อุณหภูมิจะสูงขึ้นจนอุปกรณ์ป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้าด้านการตรวจจับอุณหภูมิจะสั่งตัดหม้อแปลงไฟฟ้าออกจากการทำงาน

ระบบระบายความร้อนโดยทั่วไปมีดังนี้

2.3.1 ระบบระบายความร้อนแบบธรรมชาติ (Natural Cool)

โดยปกติขนาดกำลังของหม้อแปลงจะกำหนดที่ Natural Cool System (ONAN สำหรับหม้อแลงน้ำมัน และ AN สำหรับ Cast rasin) คือให้หม้อแปลงระบายความร้อนตามปกติที่ค่าอุณหภูมิแวดล้อม (Ambient Temperature) ที่กำหนดค่าของ Ambient Temperature เป็นค่าที่วัดที่ระยะห่างจากหม้อแปลงไปติดตั้งในห้อง หรือในตู้หม้อแปลงไฟฟ้า จะต้องมีระบบระบายอากาศเพียงพอที่จะรักษาไม่ให้อุณหภูมิแวดล้อมเกินค่าที่กำหนด ในบางครั้งอาจต้องติดตั้งพัดลมระบายอากาศ (Forced – air ventilation fan)



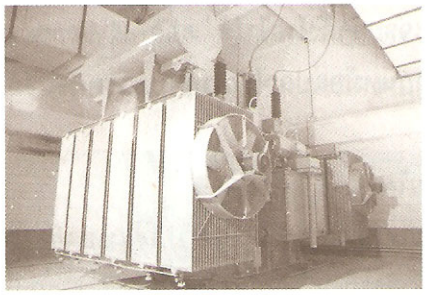
รูปที่ 10 พัดลมระบายอากาศของหม้อแปลง
(FORCED-AIR VENTILATION FAN)

2.3.2 ระบบระบายความร้อนด้วยพัดลม (Forced – air)

ในบางครั้งการใช้ไฟฟ้าของโครงการอาจจะมีค่าสูงกว่าขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าบ้างเป็นระยะเวลาสั้น ๆ หรือปกติกำหนดให้ไม่เกิน 2 ชั่วโมง กรณีนี้เราจำเป็นต้องเพิ่มระบบการระบายความร้อน เพื่อระบายความร้อนส่วนเกินค่าที่กำหนดให้ออกจากตัวหม้อแปลงให้เร็วขึ้นกว่าปกติ

หรือระบบที่เราเรียกว่า Forced – air system

ก) หม้อแปลงน้ำมันหรือก๊าซ SF_6 การเพิ่มขนาดกำลังไฟฟ้า เช่น หม้อแปลงขนาด 15 / 20 MVA, ONAF คือ ขนาดปกติ 15 MVA และสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ 20 MVA ที่ Forced air system วิธีการกระทำได้โดยติดพันลมเพื่อเป่าลมไปยังครีบระบายความร้อนของหม้อแปลงไฟฟ้าทุกครีบ โดยพัดลมจะทำงาน หรือหยุดด้วยคำสั่งจากอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิของหม้อแลง



รูปที่ 11 BOOSTER FAN ของหม้อแปลง

ข) หม้อแปลงชนิด Cast – rasin การเพิ่มขนาดกำลังไฟฟ้า เช่น หม้อแปลงขนาด 2000 / 2500 KVA, AF โดยปกติเมื่อมีระบบ Forced – air ขนาดกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจะได้ 25 – 30% ของขนาดปกติ บางยี่ห้ออ้างว่าทำได้ถึง 50% แต่ทั่วไปแนะนำไว้ที่ประมาณ 25% วิธีการกระทำโดยติดตั้งพัดลมชนิด Axial fan ที่ฐานหม้อแปลงเพื่อเป่าลมผ่านช่องระหว่าง High voltage coil และ Low voltage coil ซึ่งเป็นจุดที่ความร้อนเกิดขึ้น และสะสมอยู่เป็นจำนวนมาก การทำงานของพัดลมจะอยู่ภายใต้การควบคุมของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนเดียวกัน

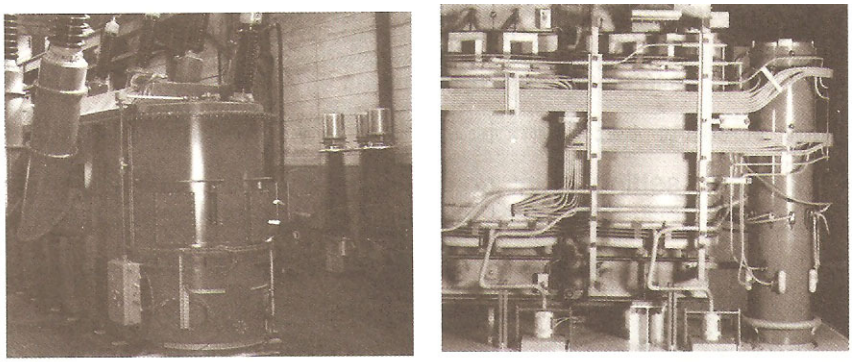
2.3.3 ระบบระบายความร้อนด้วยพัดลมและสูบน้ำมัน (Forced – air and Forced – oil system)

ระบบนี้จะมีเฉพาะกับหม้อแปลงชนิดน้ำมัน โดยกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากระบบ Forced – oil system เกิดจากการเพิ่มระบบ Oil – pump เพื่อเพิ่มอัตราการหมุนเวียนของน้ำมันภายในหม้อแปลงเพื่อดึงความร้อนจากขดลวดและแกนเหล็กออกไปยังครีบระบายความร้อนของหม้อแปลงให้รวดเร็วยิ่งขึ้น เช่น หม้อแปลงขนาด 15 / 20 / 25 MVA, ON / AF / OF เป็นต้น ระบบนี้ส่วนใหญ่จะทำเฉพาะ Power transformer ตามสถานีไฟฟ้าของการไฟฟ้าเท่านั้น ในส่วนของ Distribution Transformer ยังไม่ได้เคยปรากฏการใช้งาน

2.4 อุปกรณ์ประกอบและป้องกันหม้อแปลงที่สำคัญ

2.4.1 Transformer Tap – changer

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปรับระดับแรงดันไฟฟ้าแรงสูงขาเข้าโดยทั่วไป สำหรับ Distribution Transformer จะเป็นแบบ Manual Tap – changer ขนาดระดับละ 2.5% ของระดับแรงดันปกติ เช่น การไฟฟ้านครหลวงกำหนด $-4 \times 2.5\%$ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด $\pm 2 \times 2.5\%$ เป็นต้น



รูปที่ 12 TAP-CHANGER ของหม้อแปลง

Manual Tap – changer จะเป็นชนิด Off – load Tap – changer หรือจะต้องหยุดการจ่ายไฟฟ้าเพื่อจะทำการเปลี่ยน Tap – changer ของหม้อแปลงทั้งนี้ เพื่อป้องกันการกระโดดของกระแสไฟฟ้า Tap – changer ของหม้อแปลงน้ำมัน จะเป็นอุปกรณ์คล้าย ๆ สวิทช์โยกอยู่เหนือถังหม้อแปลงเพียงแต่คลาย Mechanical lock แล้วเปลี่ยนตำแหน่งตามต้องการ แล้วทำการ Lock อีกครั้งส่วนของหม้อแปลงชนิด Cast – rasin จะเป็นขั้วต่อที่มีแท่งทองแดงเป็นตัวเชื่อม ดังนั้นจะต้องคลายขั้วต่อทองแดงและเปลี่ยนตำแหน่งของ Tap แล้วจึงอัดแน่นอีกครั้ง

ในส่วนของ Power transformer นั้น Tap changer ส่วนใหญ่จะเป็น On – load automatic tap changer คือสามารถเปลี่ยน Tap ได้อัตโนมัติ โดยที่หม้อแปลงยังคงจ่ายไฟฟ้าตามปกติ จะไม่มีกระแสไฟฟ้ากระโดดข้าม Tap เพราะอุปกรณ์จะมีจังหวะต่อ Tap เดิม ขณะเดียวกันต่อ Tap ใหม่และเมื่อต่อ Tap ใหม่ได้มั่นคงและก็จะปล่อย Tap เก่าออก การสั่งเปลี่ยน Tap อัตโนมัติ ทำโดยอุปกรณ์ตรวจจับแรงดันไฟฟ้า ระบบจะมี Remote control panel อยู่ภายในห้องควบคุมของสถานีไฟฟ้า

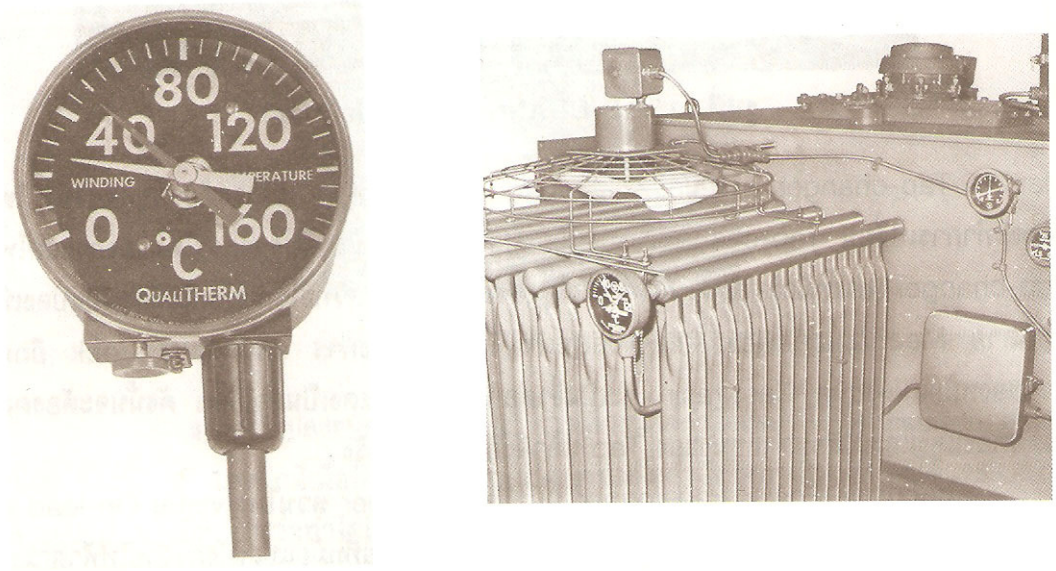
2.4.2 อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature Sensor)

ตามปกติการผิดปกติของหม้อแปลงไฟฟ้าเกี่ยวกับการจ่ายกำลังไฟฟ้า จะแสดงออกทางด้านอุณหภูมิ Temperature Sensor จะถูกฝังในบริเวณที่เรียกว่า Hot spot หรือจุดที่ความร้อนจะถูกสะสมและร้อนที่สุดของหม้อแปลง

ก) หม้อแปลงชนิดน้ำมัน Hot spot จะอยู่บริเวณน้ำมันด้านบนของถังในส่วนที่เหนือขดลวดทองแดง อุปกรณ์ตรวจจับส่วนใหญ่จะใช้ Dial thermometer ที่มี Temperature alarm setting contacts ที่ตั้งค่าอุณหภูมิได้ โดย Contact แรกจะเตือนการใช้งานและ Contact ที่ 2 จะตัดหม้อแปลงออกจากการทำงาน Dial type thermometer นี้ยังให้ประโยชน์ในการอ่านค่าอุณหภูมิภายในตัวของหม้อแปลงได้ด้วย

ข) หม้อแปลงชนิด Cast rasin hot spot จะอยู่ที่ช่องระหว่าง High voltage coil และ Low voltage coil ช่วงบนของ coil กลาง อุปกรณ์วัดจะใช้แท่ง Thermistor เสียบไว้ที่ coil ทั้ง 3 ชุด และต่อเข้า Temperature relay อุณหภูมิจุดแรกจะส่งสัญญาณเตือน และสั่งพัด

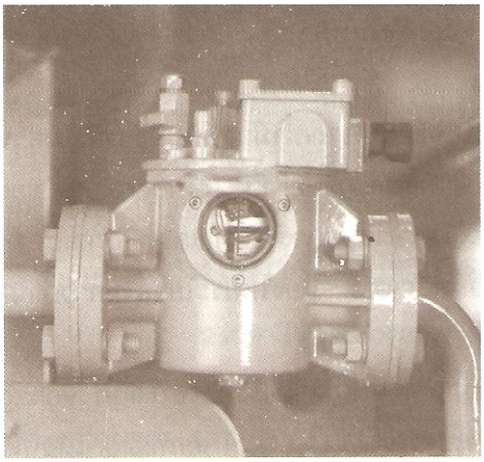
ลมระบายอากาศหรือ Booster fan ทำงาน อุณหภูมิจุดที่สอง จะสั่งตัดหม้อแปลงไฟฟ้าออกจากการทำงานในบางครั้งที่ต้องการวัดอุณหภูมิของหม้อแปลง จะใช้กระเปาะของ Dial type thermometer เสียบไว้ที่ Coil ตรงกลาง และ Remote dial ออกมายังจุดที่ปลอดภัยสำหรับการอ่านค่า Dial type อาจจะมี Alarm setting point contacts เพื่อใช้สั่งพัดลมระบายอากาศของห้อง หรือของตู้หม้อแปลงทำงานก็ได้



รูปที่ 13 DIAL THERMOMETER

2.4.3 Buchholz relay

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดน้ำมันชนิดเปิด โดยอาศัยหลักการของการเกิดก๊าซจากน้ำมัน ในขณะที่หม้อแปลงเกิดผิดปกติหรือเกิด Short ciucuit อย่างรุนแรงที่ภายนอกหม้อแปลง อุปกรณ์จะติดตั้งอยู่ที่ท่อน้ำมันระหว่างตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้ากับ Conservator tank



รูปที่ 14 BUCHHOLZ RELAY

ก๊าซที่เกิดในถังจะลอยขึ้นสู่ Conservator tank และจะถูกดักจับโดย Buchholz relay ปริมาณของก๊าซที่ถูกดักจับได้ในระดับที่ 1 จะทำให้มีสัญญาณส่งไปเตือน และหากก๊าซมีมากจนถึงระดับที่ 2 จะมีค่าสั่งตัดหม้อแปลงไฟฟ้าออกจากการทำงาน

2.4.4 Dessicator

เป็นชื่ออุปกรณ์ที่ไม่ค่อยจะเรียกกันในงานวิศวกรรม แต่ถ้าเรียกกระเปาะ Silica gel เป็นที่รู้จักมากว่า เป็นอุปกรณ์ที่ต่อไว้ดักความชื้นระหว่างอากาศภายนอก Conservator tank

และอากาศภายใน Conservator tank ในสภาพปกติของ Silica gel จะเป็นเม็ดสีน้ำเงิน และเมื่อดูดความชื้นสีเปลี่ยนไปจากเดิมเป็นสีน้ำตาลแดง การทำให้กลับคืนสู่สภาพสีน้ำเงิน ทำโดยการนำไปอบแห้งไล่ความชื้นออกจากเนื้อ Silica gel

2.4.5 Level indicator and alarm

ในกรณีของหม้อแปลงน้ำมันที่ Conservator tank จะมี Magnetic oil level indicator with alarm contact เมื่อระดับน้ำมันต่ำกว่าค่าที่กำหนดจะมีการส่งสัญญาณเตือน เพื่อให้ผู้ใช้งานได้ทำการตรวจสอบอาการผิดปกติที่เกิดขึ้น

หม้อแปลงชนิดก๊าซจะมี Pressure indicator and alarm เพื่อตรวจสอบแรงดันของก๊าซที่อัดเก็บไว้ในถังหม้อแปลง เมื่อแรงดันต่ำกว่าค่ากำหนดที่ 1 จะมีสัญญาณเตือน และถ้ายังต่ำลงไปจนถึงค่าที่ 2 จะมีการสัญญาณตัดหม้อแปลงออกจากการใช้งาน

2.5 ค่าทางเทคนิคที่ควรรู้

2.5.1 Rated voltage เป็นการกำหนดค่าแรงดันไฟฟ้าด้านขาเข้า (Primary) และขาออก (Secondary) ของหม้อแปลงไฟฟ้า

2.5.2 Impedance voltage เป็นค่าตัวเลขที่จะต้องนำไปใช้ในการคำนวณหาค่า Short circuil current ทางด้านไฟฟ้าขาออก (Secondary)

2.5.3 ค่าความสูญเสียของหม้อแปลง (Loss) เป็นค่าตัวเลขที่สามารถนำไปเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าได้หม้อแปลงที่ดีจะต้องมีค่าความสูญเสียที่ต่ำค่าที่น่าสนใจ 2 ค่า คือ No load loss และ Load loss

2.5.4 Vector group เป็นค่าที่แสดงลักษณะของการต่อของขดลวด ทั้งด้านขาเข้าและขาออก เพื่อแสดง Phase shift เช่น Dyn 5 หมายถึง ด้านขาเข้าต่อแบบ delta ด้านขาออกต่อแบบ Star โดยมีการต่อ Neutral ออกมาใช้งาน เลข 5 เมื่อคูณ 30 องศา (เลข 1 เท่ากับ 30 องศา) = 150 องศานั้นคือจะมี Phase shift ของ Voltage ที่ไฟด้านขาออกจากด้านไฟขาเข้าไป 150 องศา

3) อุปกรณ์ตัดตอนไฟฟ้า (Swithgear)

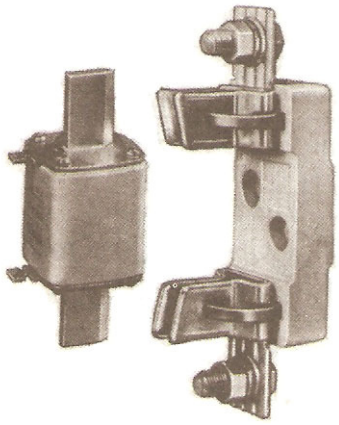
ระบบการจ่ายไฟฟ้าดั้งเดิมเริ่มขึ้นจากการกระจุกตัวภายในเมือง การจ่ายไฟฟ้าเริ่มจากแรงดันไฟฟ้าต่ำ 110 – 220 Volt เมื่อมีการขยายตัวสูงขึ้นของการใช้ไฟฟ้า ระยะทางการจ่ายไฟฟ้าเริ่มไกลออกไป แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายจึงต้องเพิ่มขึ้นเพื่อลดกระแสในสายไฟฟ้า เป็นการลดการสูญเสียพลังงานในสายไฟฟ้าและลดปัญหาเรื่องแรงดันไฟฟ้าตก แรงดันไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นเข้าสู่ระดับแรงดันปานกลาง (Medium Voltage) 3000 ถึง 33000 Voltageไปจนถึงระดับแรงสูง (High Voltage) 69,000 ถึง 230,000 Volts และปัจจุบันเข้าสู่ระดับสูงพิเศษ (Extra High or Ultra High Voltage) ที่ระดับแรงดัน 500,000 Volts

การจ่ายไฟฟ้าไปในระยะทางทั้งใกล้และไกลจึงต้องมีอุปกรณ์ป้องกันหรือใช้ตัดตอนไฟฟ้าที่น่าจะรู้เป็นกลุ่มใหญ่ ดังนี้

3.1 อุปกรณ์ตัดตอนไฟฟ้าแรงต่ำ (Low Voltage Switchgear)

3.1.1 ฟิวส์ (Fuse)

ฟิวส์เป็นอุปกรณ์ชิ้นแรกที่เราได้รู้จักและคุ้นเคยกันมานาน จะทำหน้าที่หลัก 2 ประการ คือ ป้องกันการใช้กระแสไฟฟ้าเกิน (Over Loaded) และป้องกันการลัดวงจรไฟฟ้า (Short Circuit)



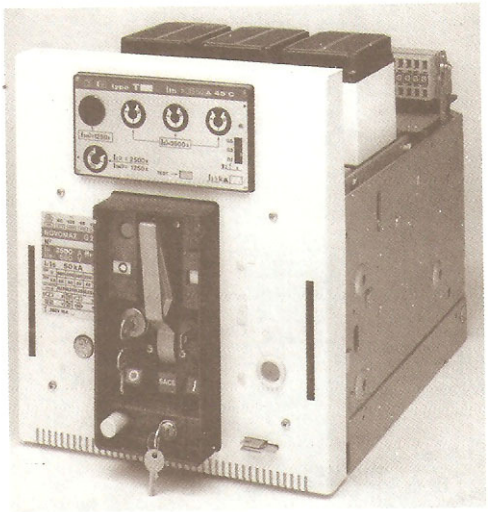
รูปที่ 15 HRC FUSE

ฟิวส์ทำงานโดยอาศัยหลักการของการหลอมละลายของโลหะ เมื่อมีความร้อนที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน โดยทั่วไปตัวฟิวส์จะเป็นแผ่นโลหะบาง ๆ หรือบางครั้งเป็นเส้นลวดโลหะเล็ก ๆ ที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปเท่าที่เราต้องการหรือที่กำหนดขนาดกระแสไว้ หากกระแสไหลผ่านมากกว่าที่กำหนดความร้อนที่เกิดขึ้นมากในตัวฟิวส์ก็จะหลอมตัวฟิวส์ให้ขาดและตัดกระแสไฟฟ้า การเลือกใช้ฟิวส์ปกติจะเลือกขนาดฟิวส์ประมาณ 1.3 ถึง 1.5 เท่าของกระแสใช้งานสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดไม่มีกระแสกระชาก (Inrush Current) เช่น มีการใช้กระแส 10A เลือกฟิวส์ 15A เป็นต้น กรณีที่เครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นมอเตอร์จะเลือกฟิวส์ประมาณ 2.5 ถึง 3 เท่าของกระแสปกติของมอเตอร์ เช่น มอเตอร์ 10A จะเลือกฟิวส์ 25 หรือ 30A เป็นต้น

3.1.2 Circuit Breaker (C.B.)

ในบางครั้งเราอาจจะเรียกสวิทช์ตัดตอนอัตโนมัติ คือ เมื่อมีการใช้กระแสเกิน หรือเกิดการลัดวงจรไฟฟ้า สวิทช์จะตัดตอนระบบไฟฟ้าออก และเราสามารถสับสวิทช์ให้จ่ายไฟฟ้าใหม่ได้อีกครั้ง โดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนอุปกรณ์อื่นใด โดยปกติ Circuit Breaker จะมีอายุการใช้งานโดยขึ้นกับจำนวนครั้ง และขนาดของความรุนแรงในการตัดกระแส ยิ่งถ้ามีการตัดวงจรที่กระแสลัด

วงจรสูงสุดแล้ว จะได้ 3 – 5 ครั้ง หลังจากนั้น ความสามารถในการทำงานจะไม่สามารถประกันความถูกต้องได้ หรืออาจจะระเบิดขึ้นได้ ปกติจะต้องตรวจสอบความเสียหายของ Contact Surface และอุปกรณ์ตัดวงจรทั้งหมด อาการที่แสดงออกจะมี เช่น ตัว Circuit Breaker มีคามร้อนสูงกว่าการใช้งานปกติเทียบกับในอดีต หรือมีการตัดวงจรไฟฟ้าโดยไม่รู้สาเหตุ ดังนั้นจึงควรจะเปลี่ยนใหม่ก่อนที่จะเกิดความเสียหายมากขึ้น



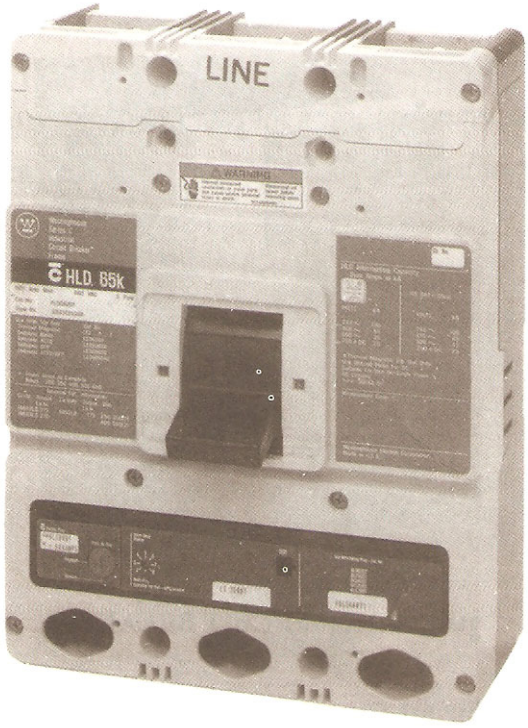
รูปที่ 16 AIR CIRCUIT BREAKER

สิ่งที่ควรรู้จักเกี่ยวกับ Circuit Breaker แรงต่ำ มีดังนี้

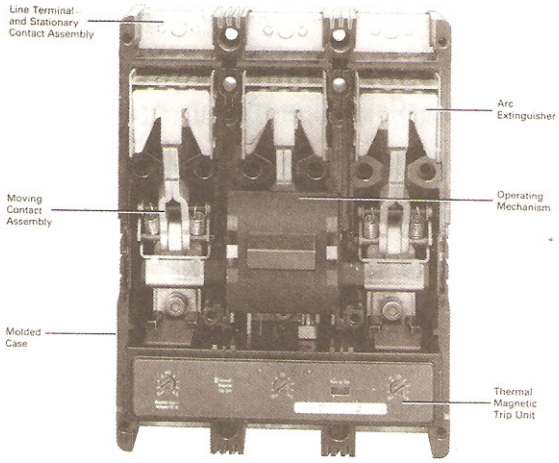
3.1.2.1 Air Circuit Breaker (ACB) เป็น Circuit Breaker รุ่นแรก ๆ ที่ผลิตมาใช้งาน และขณะนี้ก็ยังพอมีจำหน่าย เพื่อใช้งานในบางลักษณะ รูปร่างค่อนข้างใหญ่โต จุดสังเกตที่แสดงให้เรารู้ว่าเป็น ACB คือ Are – Chute ที่ใหญ่อยู่ด้านบน และถอดออกได้ง่าย และมี Operating Mechanism ที่เห็นได้ชัดเจน การประกอบ ACB เข้าไปในแผงไฟฟ้า จะต้องมีช่องโตพอเหมาะไม่เล็กเกินไปและจะต้องมีระยะปลอดภัยจาก Are – Chute ถึงแผงแผ่นเหล็กด้านบนตู้ เพื่อป้องกันการกระโดดของ Arcing ion ลัดวงจรลงสู่ดิน ACB ไม่เหมาะกับการใช้งานในบริเวณที่มีฝุ่นละอองมาก ๆ เช่น ภายในโรงงานปูนซีเมนต์, โรงโม่หิน เพราะฝุ่นมีมากจะเข้าไปสะสมภายใน Are – Chute, Contacts และภายในตัว ACB อันจะเป็นสาเหตุของความผิดพลาดในการทำงาน ACB มีขนาดที่ผลิตสูงสุดได้ถึง 5000A

3.1.2.2 Molded Case Circuit Breaker (MCB) เป็นพัฒนาการลำดับถัดจาก ACB โดยสรุปง่าย ๆ คือ นำ ACB มาลดขนาดลงและจับใส่กล่องฉนวนที่สามารถทนต่อแรงดัน หรือทนต่อการเกิดการลัดวงจรที่รุนแรงได้ ขนาดของ MCB จึงเล็กกระทัดรัดกว่า ACB มากและยังมีการปิดมิดชิด (Sealed) มากกว่า ACB แต่ยังมีช่องเล็ก ๆ บริเวณ Are – Chute เหลืออยู่ ดังนั้น MCB จึงเหมาะกับการใช้งานปกติ ในทุก ๆ สภาวะ และยังมีรุ่นที่ออกแบบให้ใช้ภายในเรือ

(Marine Type) โดยเพิ่มอุปกรณ์ป้องกันการกระแทก, ความสะเทือนขณะเรือใช้งานเพื่อไม่ให้เกิดการ Trip เนื่องจากการกระแทกของเรือกับผิวน้ำ ขนาดกระแสสูงสุดที่ผลิตในปัจจุบันได้ 4000A ในรุ่นที่เรียกกันส่วนใหญ่ว่า Power Break

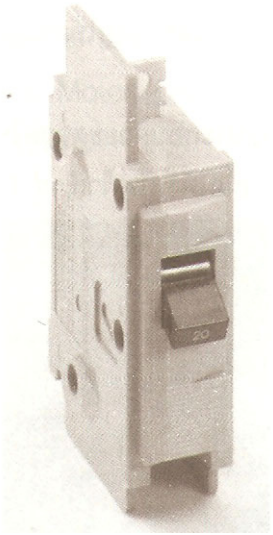


รูปที่ 17 MOLDED CASE CIRCUIT BREAKER



รูปที่ 18 ส่วนประกอบภายในของ
MOLDED CASE CIRCUIT BREAKER

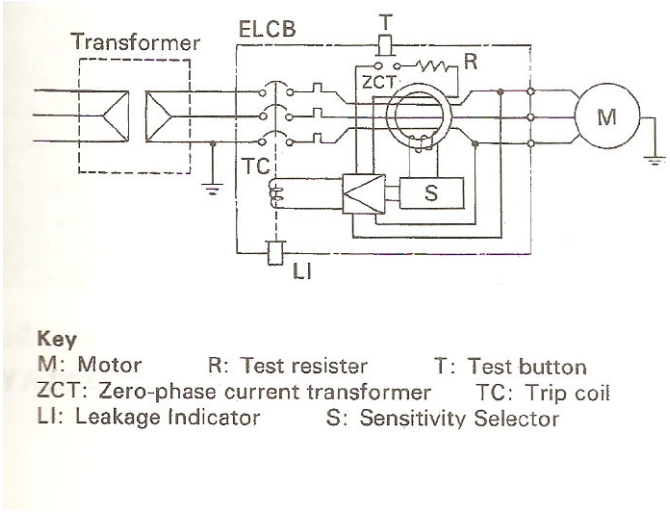
3.1.2.3 Miniature Molded Circuit Breaker (MMCB) โดยทั่วไปจะคล้าย ๆ MCB เพียงแต่มีขนาดเล็กหรือใช้งานกับขณะของกระแสต่ำ ๆ ทั่วไป จะใช้ในบ้านที่อยู่อาศัย หรือวงจรจ่ายไฟฟ้าย่อย ๆ ภายในอาคาร กระแสใช้งานทั่วไปจะอยู่ประมาณ 5 – 20A และไม่ควรใช้ขนาดเกิน 50A ทั้งนี้เนื่องจากจะเกิดปัญหาความร้อนทำให้การทำงานผิดพลาดได้



รูปที่ 19 MINIATURE MOLDED CIRCUIT BREAKER

3.1.2.4 Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) อุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดมีโอกาสที่ไฟฟ้าจะรั่วเข้าสู่ผิวนอกของอุปกรณ์ หรือรั่วลงน้ำที่สัมผัสกับตัวคนได้ เช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องทำน้ำอุ่น หรือน้ำร้อน การป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้น ทำโดยการใช้ ELCB ซึ่งจะตัดวงจรออกเมื่อมีกระแสรั่วลงสู่ดินทั่วไป ขนาดกระแสรั่วมีให้เลือกใช้ตั้งแต่ 5mA ถึง 30mA ขณะที่กระแสใช้งานปกติเหมือนกับ MMCB

หลักการทำงานของ ELCB คือผลรวมของกระแสทาง Vector ที่ไหลเข้าสู่อุปกรณ์หรือกลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้าใด ๆ มีค่าเท่ากับศูนย์ดังนั้นเมื่อกระแสรั่วลงดินกลับไปยังแหล่งกำเนิดไฟฟ้าผลรวมดังกล่าวจะไม่เท่ากับศูนย์ อุปกรณ์ตรวจจับจะสั่งตัดวงจรไฟฟ้า



รูปที่ 20 แผนผังแสดงการทำงานของ ELCB

3.1.2.5 อุปกรณ์ประกอบ Circuit Breaker

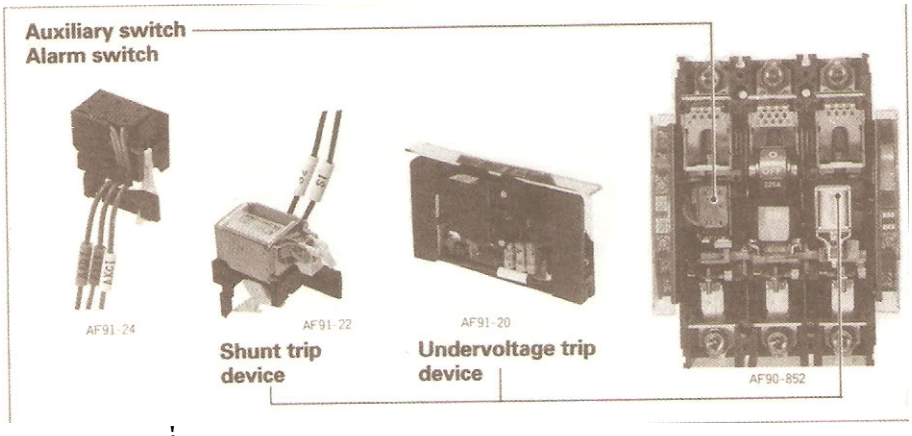
Circuit Breaker จะประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญ และน่ารู้ดังนี้

ก) Arc Chute เป็นช่องหรือส่วนที่ใช้ดับ Arc โดยอาศัยหลักการแยกประจุไฟฟ้าที่เกิดจาก Are ออกจากกัน

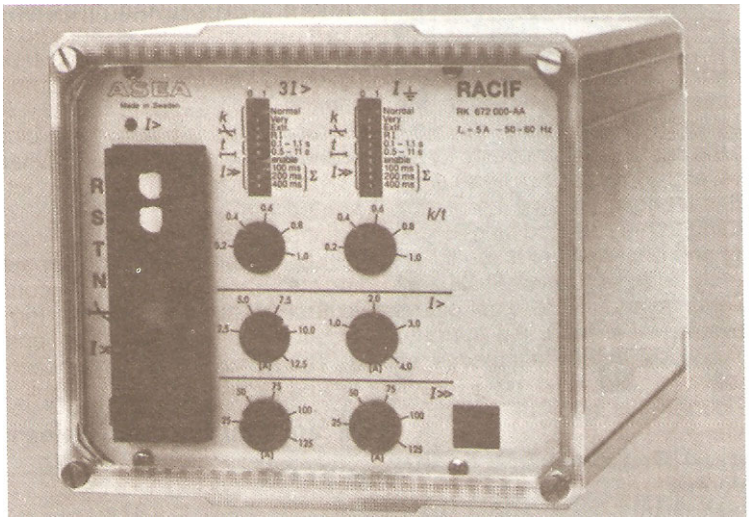
ข) Main Contact เป็นหน้าสัมผัสหลักที่จะให้กระแสไฟฟ้าส่วนใหญ่วิ่งผ่าน

ค) Arcing Contact เป็นหน้าสัมผัสที่ใช้ล่อให้กระแส Arc เกิดขึ้นเพื่อรักษา Main Contact ให้คงสภาพเรียบและสมบูรณ์

ง) Tripping Device ส่วนใหญ่ประกอบด้วยขดลวดไฟฟ้าต่าง ๆ ได้แก่ Shunt Trip Coil ซึ่งจะสั่ง Circuit Breaker Tripped เมื่อได้รับไฟฟ้าเข้าสู่ Coil ส่วน No – Voltage Released Coil นั้นปกติ Circuit Breaker จะ Close ได้เมื่อมีไฟฟ้าจ่ายเข้าสู่ Coil และ Trip เมื่อตัดไฟฟ้าออกจาก Coil



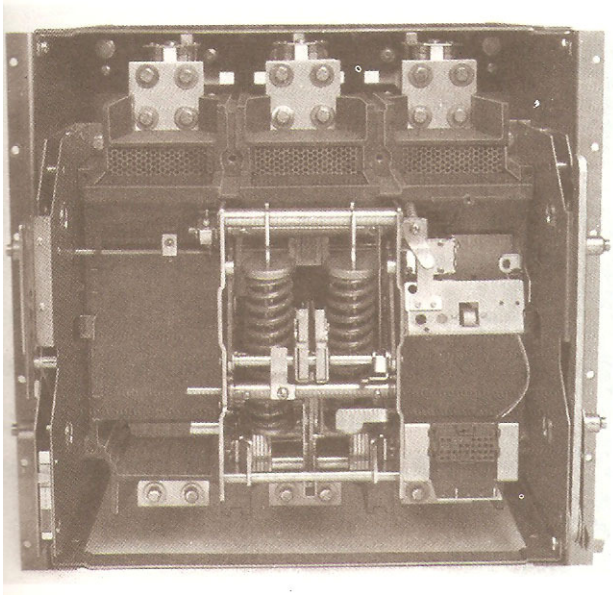
รูปที่ 21 TRIPING DEVICE ของ CIRCUIT BREAKER



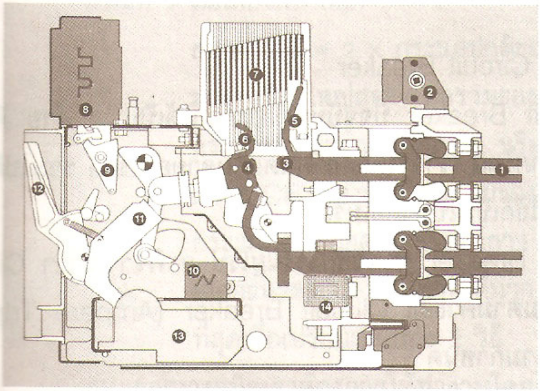
รูปที่ 22 TRIPING RELAY

จ) Protective Device จะเป็นอุปกรณ์ตรวจจับความผิดปกติของวงจรไฟฟ้าได้แก่ การป้องกัน Overcurrent หรือที่ทั่วไปเรียก Thermal Overload Trip และการป้องกัน Shot Circuil หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า Magnetic Trip หรือ Instantaneous Trip ปัจจุบันส่วนใหญ่จะเปลี่ยนเป็น Solid State Trip

ฉ) Operating Mechanism เป็นอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับการบังคับทางกลและทางไฟฟ้าให้ Circuit Breaker On และ Off ได้แก่ อุปกรณ์เกี่ยวกับ Spring ที่เก็บพลังงานไว้ใช้ขณะ On – Off, Spring Loading Motor, Closing Coil, ปุ่มกด Circuit Breaker On – Off, กุญแจ Lock Circuit Breaker เป็นต้น



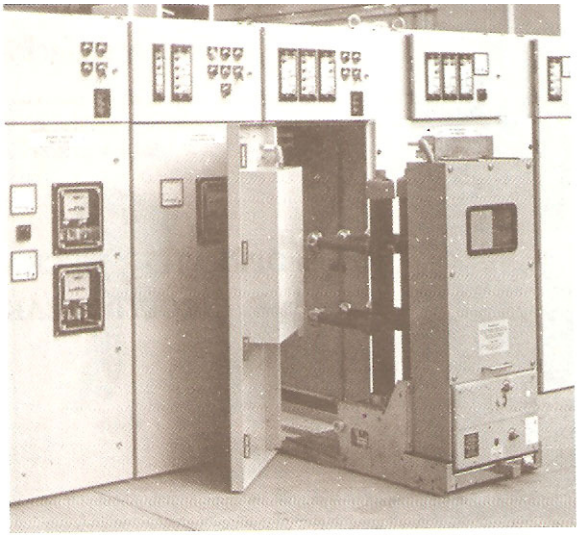
รูปที่ 23 OPERATING MECHANISM ภายในตัว CIRCUIT BREAKER



รูปที่ 24 ภาพตัดแสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของ AIR CIRCUIT BREAKER

1.Rear terminals
2.Auxiliary switches
3.Fixed main contacts
4.Moving main contacts
5.Fixed arcing contacts
6.Moving arcing contacts
7.Magnetic deionization arc-chutes closing springs
8.Thermomagnetic or electronic release
9.Trip lever
10.Closing release
11.Closing mechanism assembly
12.Spring loading lever
13.Motor driven reduction gear for the automatic charging of the
14.Supply transformers for the thermomagnetic or electronic release

ช) Draw – in and Draw – out Mechanism เมื่อเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาดใหญ่ ๆ เช่น ตั้งแต่ 1500A ขึ้นไป เพื่อความสะดวกในการซ่อมบำรุงส่วนใหญ่จะเลือกใช้รุ่น Draw – out ต่อไฟฟ้ากำลัง และ Moving part หรือบางครั้งเป็น Moving Truck ประกอบด้วยตัว Circuit Breaker ทั้งชุด ปกติตำแหน่งของ Truck จะมี 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งต่อเข้าสมบูรณ์ทั้งไฟฟ้ากำลังและชุดควบคุม ตำแหน่งที่ 2 เรียกว่า Test Position จะมีการต่อเฉพาะส่วนควบคุม แต่ส่วนไฟฟ้ากำลังแยกออกจากกัน และตำแหน่งสุดท้ายแยกอิสระออกจากกันโดยสมบูรณ์ การเลื่อน Truck เข้าหรือออก จะต้องกระทำที่ตำแหน่ง Circuit Breaker Off Position เสมอ ผู้ผลิตจะทำ Mechanical interlock ไว้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิด Arc ที่ขั้วไฟฟ้าของ Fixed Part และ Moving Part



รูปที่ 25 DRAW-OUT TRUCK ของ CIRCUIT BREAKER

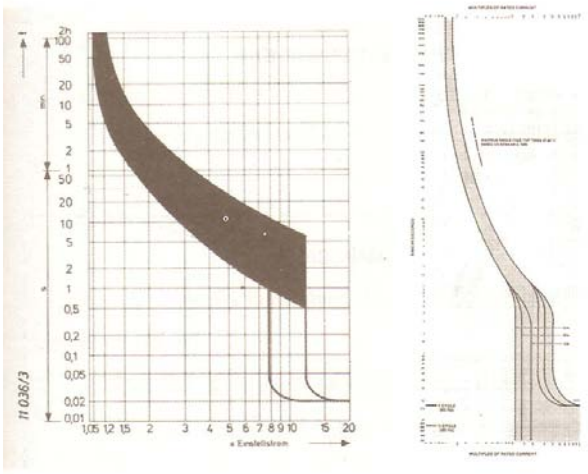
ซ) Auxiliary Contact เป็น Switch ที่สถานะเปลี่ยนตามสถานะของตำแหน่ง Circuit Breaker เพื่อใช้ในวงจรควบคุม

3.2.1.6 การกำหนดขนาด Circuit Breaker

การกำหนดขนาด Circuit Breaker ปัจจุบันจะแบ่งออกได้เป็น 2 ค่าย คือ ค่ายยุโรป และค่ายอเมริกา ส่วนใหญ่ในประเทศไทย จะเลือกกำหนดตามค่ายอเมริกา รวมไปถึงมาตรฐานของไทยในปัจจุบัน ที่กำหนดออกมาใช้ก็เป็นไปตามอเมริกา

ถ้ากำหนดขนาด Circuit Breaker ตามวิธีการในยุโรป จะพิจารณาว่า Circuit Breaker สามารถใช้งานในค่ากระแสเต็มตามค่า Circuit Breaker (Ampere Trip) หรือเป็น 100% Circuit Breaker ที่อุณหภูมิตามกำหนด

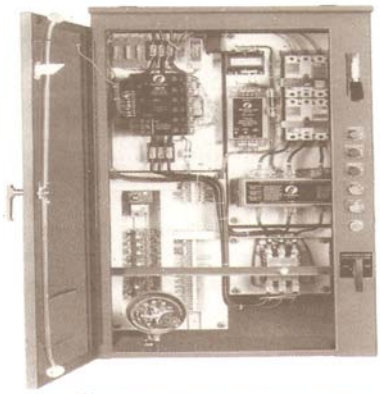
ถ้ากำหนดขนาด Circuit Breaker ตามวิธีการของอเมริกาที่ประเทศไทยนิยมใช้และนำมาเป็นมาตรฐานของการไฟฟ้านครหลวงรวมถึงมาตรฐานของประเทศไทยนั้น รากฐานมาจากมาตรฐานของอเมริกา คือ NEC (National Electrical code) หรือ NFPA (National Fire



รูปที่ 26 กราฟของกระแสต่อเวลาของ Circuit Breaker ค่ายยุโรป (ด้านซ้าย) และค่ายอเมริกา

Protection Association) หลักใหญ่กำหนดไว้ให้ Circuit Breaker รับกระแสที่ไหลผ่านได้ไม่เกิน 80% ของค่า Ampare Trip ที่อุณหภูมิตามกำหนด ในกรณีที่ผู้ผลิตกำหนดให้ Circuit Breaker บางรุ่นเป็น 100% Circuit Breaker นั้น จึงจะยินยอมให้ Circuit Breaker รับกระแสได้เต็มพิกัด โดยสภาวะแวดล้อมจะต้องถูกต้องตามข้อกำหนดที่วางไว้

เมื่อใช้กับอุปกรณ์พวก Motor หากไม่รู้ข้อมูลจำเพาะของมอเตอร์แล้ว เราพอจะกำหนดขนาดของ Circuit Breaker ได้คร่าว ๆ ดังนี้



รูปที่ 27 FIRE PUMP CONTROL PANEL

กรณีที่ 1 มอเตอร์ชุดเดียว

ขนาด CB = 2 × กระแสใช้งานปกติ

กรณีที่ 2 มอเตอร์หลายชุด

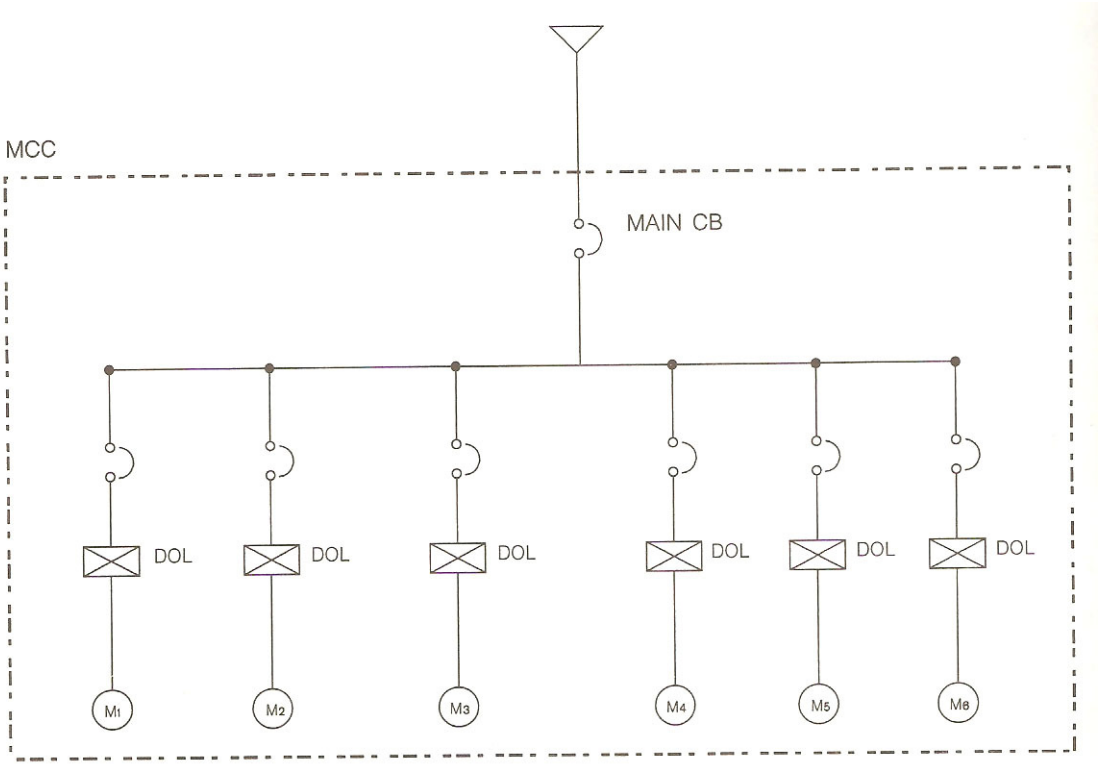
ขนาด CB = 2 × กระแสปกติของมอเตอร์ชุดใหญ่สุด + ผลรวมของกระแสปกติของทุกชุดที่เหลือ หรือ

ขนาด CB = 1.25 × ผลรวมของกระแสปกติของทุกชุด โดยให้ทำการเลือกขนาด CB ตามค่าที่ได้มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 วิธี

อุปกรณ์บางชนิดเราต้องการให้ทำงานโดยไม่สนใจความเสียหายต่ออุปกรณ์ที่เกิดขึ้น เช่น Electric Fire Pump ซึ่งกรณีนี้

ขนาด = 3 × กระแสปกติของมอเตอร์

ตัวอย่างการคำนวณขนาดของ CB ของมอเตอร์หลายชุด



กรณีที่ 1

M1 – M3 มอเตอร์ 3.7 KW 380 V พิกัดกระแส 8A Start แบบ DOL

M4, M5 มอเตอร์ 11 KW 380 V พิกัดกระแส 22A Start แบบ DOL

M6 เป็นมอเตอร์ 22 KW 380 V พิกัดกระแส 44A Start แบบ DOL

การหาขนาดของ CB

- มอเตอร์ M1 – M3 ขนาด CB = 2 × กระแสใช้งานปกติ
  = 2 × 8 = 16 A
  ∴ ใช้ CB ขนาด 20 AT
- มอเตอร์ M4, M5 ขนาด CB = 2 × 22 = 44 A
  ∴ ใช้ CB ขนาด 50 AT
- มอเตอร์ M6 ขนาด CB = 2 × 44 = 88 A
  ∴ ใช้ CB ขนาด 100 AT
- ขนาดของ Main CB

1) ขนาดของ CB = 2 × กระแสปกติของมอเตอร์ชุดใหญ่ที่สุด
   + ผลรวมของกระแสปกติของชุดที่เหลือ
   = 2 × 44 + 8 + 8 + 8 + 22 + 22

= 156

∴ ใช้ CB 175 AT

2) ขนาดของ CB = 1.25 × ผลรวมของกระแสปกติทุกชุด

= 1.25 × (5.5 + 5.5 + 5.5 + 5.5 + 5.5 + 5.5)

= 41.25 A

∴ ใช้ CB 50 AT

กรณีที่ 2 (มอเตอร์แต่ละชุดมีขนาดเท่ากัน หรือใกล้เคียงกัน)

M1 – M6 เป็นมอเตอร์ 2.2 KW 380 V พิกัดกระแส 5.5 A START แบบ DOL

- ขนาดของ CB ของมอเตอร์แต่ละตัว = 2 × 5.5 = 11 A

∴ ใช้ CB 15 AT

- ขนาดของ Main CB

1) ขนาดของ CB = 2 × กระแสปกติของมอเตอร์ชุดใหญ่ที่สุด

+ ผลรวมของกระแสปกติของชุดที่เหลือ

= 2 × 5.5 + 5.5 + 5.5 + 5.5 + 5.5 + 5.5

= 38.5

∴ ใช้ CB ขนาด 40 AT

2) ขนาดของ CB = 1.25 × ผลรวมของกระแสปกติทุกชุด

= 1.25 × (5.5 + 5.5 + 5.5 + 5.5 + 5.5 + 5.5)

= 41.25 A

∴ ใช้ CB ขนาด 50 AT

จะเห็นว่าขนาดของ CB จากข้อ 2) ใหญ่กว่าขนาดที่ได้จากข้อ 1) ดังนั้นเลือกใช้ CB ขนาด 50 AT

3.1.3 Magnetic Contactor

Magnetic Contactor เป็นอุปกรณ์ตัดตอนระบบไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่งที่เป็นเครื่องมือสำคัญในการเปิด หรือปิด การใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ เช่น ชุด Motor Starter, ชุดควบคุมการเปิด – ปิดไฟฟ้าแสงสว่าง เป็นต้น

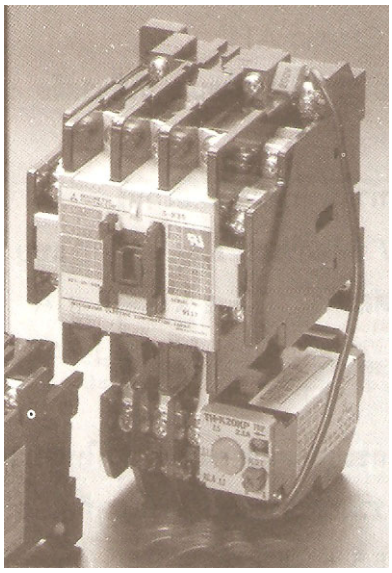
3.1.3.1 ชนิดของ Magnetic Contactor

Magnetic Contactor ที่ใช้งานทั่ว ๆ ไป มี 2 แบบ

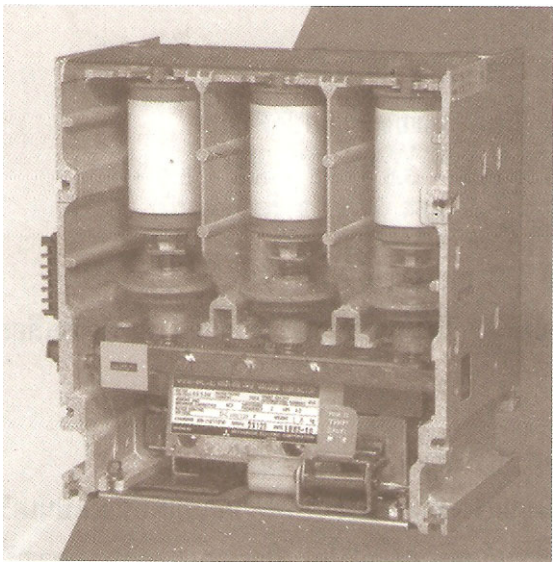
ก) แบบสุญญากาศ (Vacuum Contactor)

ข) แบบอากาศ (Air Type Contactor)

แบบสุญญากาศนั้น บางครั้งจะใส่ไอปรอท โดยเรียกเป็น Mercury Type ซึ่งหน้าสัมผัสของ Contact ต่าง ๆ จะถูกปิดมิดชิดจากอากาศภายนอก (Seal) ราคาจะค่อนข้างแพงมาก ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้ในสถานที่ที่มีฝุ่นมาก ๆ เช่น โรงโม่หิน, โรงปูนซีเมนต์ หรือบริเวณทางด่วนต่าง ๆ ส่วนแบบทั่วไป หรือแบบอากาศจะมีราคาถูกจึงใช้แพร่หลายกับงานทั่วไป



รูปที่ 28 MAGNETIC CONTATOR



รูปที่ 29 MAGNETIC CONTATOR
แบบสุญญากาศ

3.1.3.2 ส่วนประกอบของ Magnetic Contactor

องค์ประกอบใหญ่ ๆ ของ Magnetic Contactor ดังนี้

ก) Main Contact เป็นสัดส่วนตัดต่อหลักที่ให้กระแสไฟฟ้าวิ่งผ่าน การเปิด – ปิด หรือตัดต่ออาศัยแรงดูดของระบบแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากการจ่ายไฟฟ้า หรือปลดไฟฟ้าที่ขดลวดควบคุม (Control Coil)

ข) Auxiliary Control เป็นสวิทช์ หรือ Contact ที่ตำแหน่งเปลี่ยนตามการเปลี่ยนสถานะของ Main Contact มีทั้งชนิด (Normally Close) และชนิดเปิด (Normally Open)

ค) Main Coil เป็นขดลวดที่สร้างสนามแม่เหล็กให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของ Contact ต่าง ๆ คือ จะดูดเมื่อมีไฟฟ้าจ่าย และจะจากเมื่อไม่มีไฟฟ้าจ่าย ยกเว้นชนิด Latching ที่สถานะจะยังคงอยู่ ยกเว้นมีการป้อนไฟฟ้ากลับทาง จึงจะเปลี่ยนสถานะอีกครั้ง

ง) Overload Relay ส่วนนี้เป็นส่วนประกอบเพิ่มเติมที่จะใช้เฉพาะงาน เช่น ใช้ในงาน Motor Starter หรืองานอื่น ๆ ที่ต้องการ การป้องกันกระแสไหลเกิน การทำงานของ Overload Relay จะอาศัยหลักการความร้อนที่เกิดขึ้นจากการไหลของกระแสที่มากกว่าปกติ (Thermal Overloaded) และจะให้สัญญาณตัด Coil ของ Magnetic Contactor ชนิดของ Overload Relay พอแบ่งได้ดังนี้

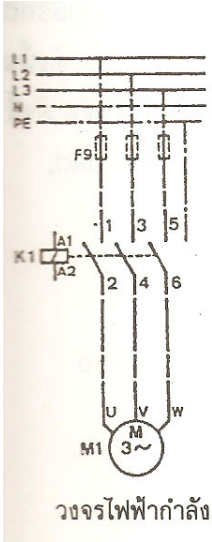
- Direct Current Sensing คือ ความร้อนเกิดจากกระแสที่ไหลโดยตรง
- Indirect Current Sensing คือ ความร้อนที่เกิดจากกระแสไหลทางด้าน Secondary ของ Current Transformer ชนิดนี้จะใช้กับ Overload Relay ขนาดใหญ่ยังสามารถแบ่งออกตามโครงสร้างดังนี้

- Two Element Overload Relay คือ จับกระแสเพียง 2 Phase ปกติจะเป็น Phase A และ Phase C โดยทั่วไปจะใช้ในงาน Motor Starter
- Three Element Overload Relay คือจับกระแสทุก ๆ Phase

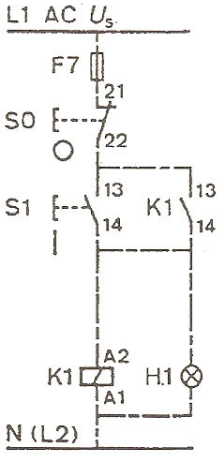
3.1.3.3 การประยุกต์ใช้งาน

Magnetic Contactor ได้ถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในวงจรควบคุมมอเตอร์หลาย ๆ แบบ

- Direct - On – Line Starter เป็นการ Start Motor ที่ระดับแรงดันปกติ จะได้



วงจรไฟฟ้ากำลัง

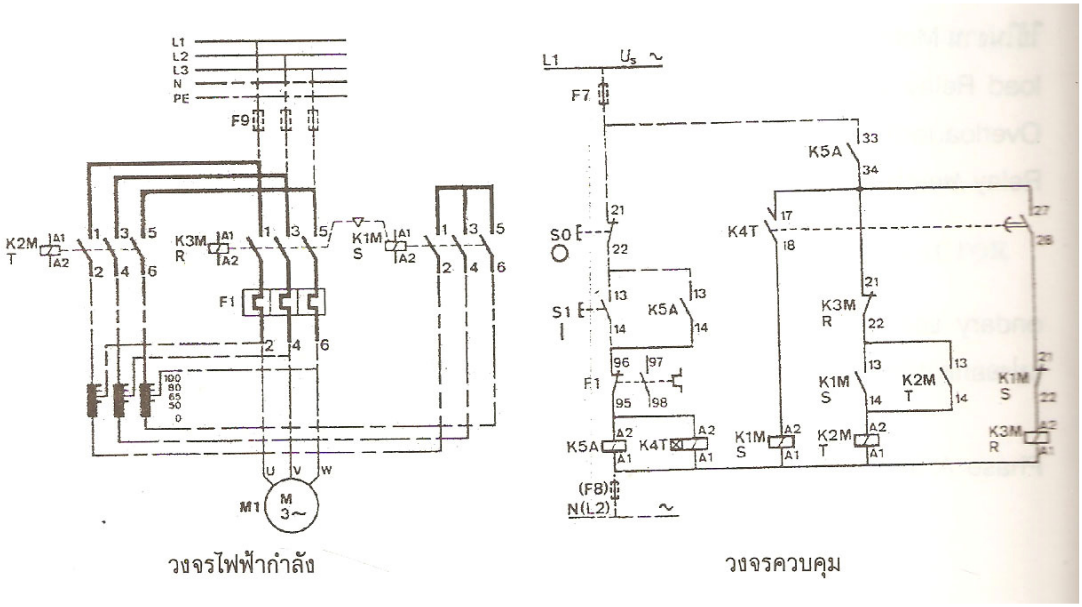


วงจรควบคุม

รูปที่ 30 วงจรแสดงการ START MOTOR แบบ DIRECT-ON-LINE

Starting Torque หรือแรงบิดครั้งแรกสูง แต่ Starting Current ก็จะสูงเช่นเดียวกันการเลือก Overload Relay ควรเลือกใช้กระแสปกติของ Motor อยู่ที่กึ่งกลางของช่วงกระแส Overload Relay (Mid Range) ปกติตั้งค่า Overload Relay ไว้ที่ 100 – 110% ของกระแสปกติ

- Auto Transformer Start เป็นการ Start Motor ชนิด Reduced Voltage Start คือ เริ่มให้ Motor หมุนที่ระดับแรงดันต่ำกว่าปกติ เพื่อให้การ Start นุ่มนวลขึ้น และ Starting Current ต่ำลง



รูปที่ 31 วงจรแสดงการ START MOTOR แบบ AUTO TRANSFORMER

- Y - Δ (Wye - Delta) Start เป็นการ Start Motor ชนิด Reduced Voltage Start เช่นเดียวกัน ปกติทั่วไป Overload Relay จะต่ออยู่ที่ Delta Loop ดังนั้นการเลือกใช้ Magnetic Contactor สามารถดูค่าความเหมาะสมของการใช้งานได้อีกวิธีหนึ่ง ดังนี้

AC1 เป็นการเลือกใช้กับ Load ชนิด Non or small inductive load. resistive

AC2 เป็นการเลือกใช้กับ Load ชนิด Slip ring motor

AC3 เป็นการเลือกใช้กับ Load ชนิด Squirrel – cage motor

AC4 ใช้กับ Load ชนิด Squirrel – cage motor ที่มีระบบ Reverse current braking

DC1 ใช้กับ Load ชนิดเดียวกับ AC1 แต่เป็นกระแสตรง

100% Overload Relay Setting Current = กระแสปกติ / 1.732

DC2 ใช้กับ Shunt – wound motor

DC3 ใช้เช่นเดียวกับ DC2 แต่เพื่อ Jogging และที่มี Reverse current braking

DC4 ใช้กับ Series - wound motor

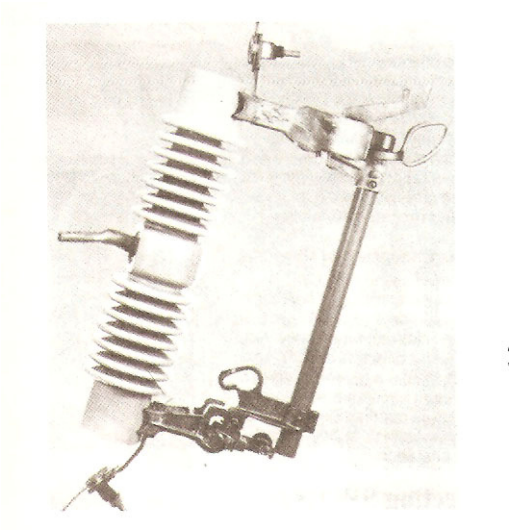
DC5 ใช้เช่นเดียวกับ DC4 แต่เพื่อ Jogging และที่มี Reverse current braking

กรณีที่จะเปิด – ปิด เครื่องใช้ไฟฟ้าปกติที่เป็นชนิดต้านทาน หรือ Resistive Load สามารถดูค่า Ith หรือค่า Thermal Current ของ Contact ไปใช้งานได้ แต่แนะนำให้ใช้สูงสุด 80% ของค่า Ith เท่านั้น ค่า Ith ไม่เหมาะที่จะนำไปเป็นค่า เพื่อเลือกขนาดของ Magnetic Contactor กับ Load ชนิด Capacitor หรือวงจรที่เป็น Gas Discharge Lamp ซึ่งเราจะต้องดูค่าเฉพาะที่ผู้ผลิตระบุในเรื่อง Capacitive Load เท่านั้น

3.2 อุปกรณ์ตัดตอนไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage Switchgear)

3.2.1 Drop – out – Fuse

เป็นอุปกรณ์ตัดตอนไฟฟ้าแรงสูงอย่างง่าย ๆ ที่มีใช้ทั่วไปในระบบการจ่ายไฟฟ้าแรงสูงชนิดเดินลอยบนเสาไฟฟ้า (Over Head Line) ทั้งในระบบจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ระดับแรงดันไฟฟ้าที่มีใช้สูงสุดคือ 33 KV.ตัวอุปกรณ์จะทำจากลูกถ้วยกระเบื้อง (Porcelain) พร้อมขาจับไม้คอนทำหน้าที่เป็นฉนวนไฟฟ้า จะมีตัวกระบอก Fibre ที่ภายในสามารถเปลี่ยนและใส่ Fuse – Link ขนาดต่าง ๆ Fuse – Link ที่ใส่จะไปดึงสลักไว้ เพื่อให้สามารถคล้องกระบอก Fuse ต่อเป็นสะพานไฟฟ้าได้ เมื่อ Fuse ขาดจะทำการปลดสลัก และให้กระบอก Fuse ตกลงมาห้อยไว้กับตัวกระเบื้องด้านที่ไม่มีไฟฟ้าจึงเป็นที่มาของชื่อ Drop – out – Fuse



รูป Drop – out – Fuse

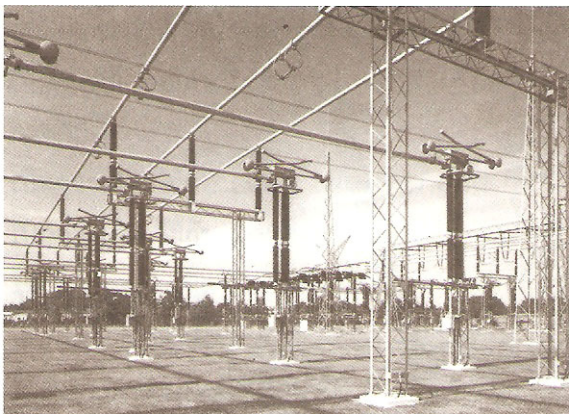
ตารางแสดงการเลือก FUSE

แรงดันไฟฟ้า KV	ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า (KVA)																
	50	75	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100 0	125 0	160 0	200 0	2500
	ขนาด FUSES I_n (A)																
3	25	25	40	40	63	63	63	100	100	100	160	200	200	250*	315*		
5	16	25	25	25	40	40	63	63	63	100	100	100	160	200	200	250*	315*
6	16	16	25	25	25	40	40	63	63	63	100	100	100	160	200	200	250*
10	10	16	16	16	25	25	25	40	40	63	63	63	100	100	100	160	200
12	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	63	63	63	100	100	160	160
15	10	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	63	63	63	100	100	125
20	10	10	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	63	63	63	100	100
24	10	10	10	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	63	63	63	100
30	10	10	10	10	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	40	2X40	2X40
36	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	2X40	2X40

3.2.2 Disconnecting Switch (DS)

หากจะเปรียบเทียบให้เห็นภาพชัด จะนึกถึง Cut – Out ไฟฟ้าแรงต่ำที่ใช้กันในช่วงสิบกว่าปี ที่ผ่านมา DS มีหน้าที่ง่าย ๆ คือ ทำหน้าที่เป็นสะพานไฟฟ้าเปิด หรือปิด แต่จะต่างจาก Cut – Out ที่ใช้ตามบ้านเพราะในวงจรของ Power System หรือระบบจ่ายไฟฟ้ามาก ๆ กระแสต่าง ๆ ที่จะวิ่งผ่านขณะเปิด และปิดวงจรจะมีสูง ดังนั้นการใช้งานที่ปลอดภัย และถูกต้อง “DS จะเปิดหรือปิดดวงไฟฟ้าขณะที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเท่านั้น” ทั้งนี้เพราะลักษณะของโครงสร้างของ DS ดังนี้

ก) DS ไม่มี Arcing Contact ดังนั้น หากมีกระแสค่าสูง ๆ ไหลผ่านขณะเปิด – ปิดวงจรที่ Main Contact แล้วการเกิด Arc ขึ้นจะทำลายผิวสัมผัสของ Main Contact ทำให้



รูป Disconnecting SW แรงสูง

ขรุขระและหมดสภาพใช้งาน

ข) DS เกือบทุกประเภทไม่มีระบบสะสมพลังงาน (Spring Store Energy) ที่จะใช้สับหรือปลดชุดใบมีดให้มีความเร็วสูงเพื่อลดเวลาของการเกิด Arc ให้สั้นที่สุด

ประโยชน์ของ DS ที่ใช้ในงาน Power System คือ เพื่อความปลอดภัยในการซ่อมบำรุง เช่น อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงชนิด Circuit Breaker ภายใน Outdoor Substation เมื่อต้องการซ่อมชุดควบคุม นายช่างจะต้องปลดไฟฟ้าทั้งด้านหน้า และด้านหลังของตัวอุปกรณ์ออก โดยจะเปิด (Off) Circuit Breaker เพื่อตัดกระแสไฟฟ้าออกก่อน เป็นต้น

3.2.3 Load Break Switch (LBS)

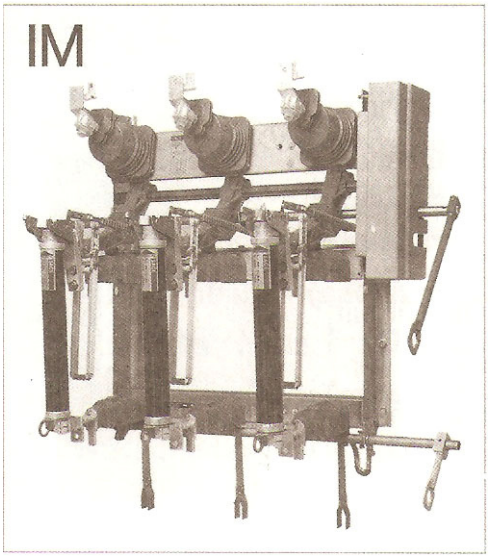
ชื่อของอุปกรณ์ก็พอจะบอกลักษณะการใช้งานแล้ว คือ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตัดตอนขณะมีกระแสไหลผ่านตัวเองได้ ลักษณะโยทั่วไปจะพัฒนาเพิ่มเติมจาก Disconnecting Switch คือ

ก) เพิ่ม Arcing Contact เพื่อล่อให้กระแส Arc ที่เกิดขณะเปิด และปิดวงจรเกิดขึ้นโดยไม่มีหน้าที่หลักในการให้กระแสส่วนใหญ่ไหลผ่าน หรือกล่าวง่าย ๆ ว่ายอมให้เกิดการขรุขระของหน้าสัมผัสได้ โดยรักษาสภาพของ Main Contact ไว้

ข) เพิ่ม Arc – Chute เพื่อเป็นส่วนในการดับกระแส Arc หรือไม่ให้ Arc แพร่กระจายออกไป

ค) เพิ่มความเร็วในการปลด – สับใบมีด โดยการเพิ่มระบบ Spring Store Energy กล่าวคือ พลังงานจากคนจะกด Spring ไว้เมื่อได้ระยะจะปล่อยให้ Spring ดีดตัวด้วยความเร็วสูงดันใบมีดให้ปลด หรือสับด้วยความเร็วสูง ทั้งนี้เป็นวิธีการลดเวลาของการเกิด Arc ขึ้นในวงจรให้มีเวลาสั้นที่สุด

การ LBS นั้นจะมีการใช้งานใน 2 รูปแบบ คือ



รูป Load Break Switch with Fuses

ก) รูปแบบ Load Break Switch เพียงอย่างเดียว โดยไม่มีอุปกรณ์ป้องกันประกอบ เช่น ในวงจร Primary ของ Ring Main Circuit เป็นต้น

ข) การประกอบ Load Break Switch และ Tripping Mechanism กรณีที่ใช้ประกอบร่วมกับ Fuse นั้น เมื่อ Fuse ชุดใดชุดหนึ่งใน 3 ชุด เกิดขาดจะมีเดือยโลหะกระแทกออกมาทางปลายกระบอก Fuse ทำให้ Tripping Mechanism ปลดใบมีดของ Load Break Switch ออกจากวงจรไฟฟ้าทั้ง 3 Phase ทั้งนี้ เพื่อป้องกันจ่ายไฟฟ้าไม่ครบ 3 Phases ซึ่งจะก่อให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์บางชนิด

3.2.4 Circuit Break (CB)

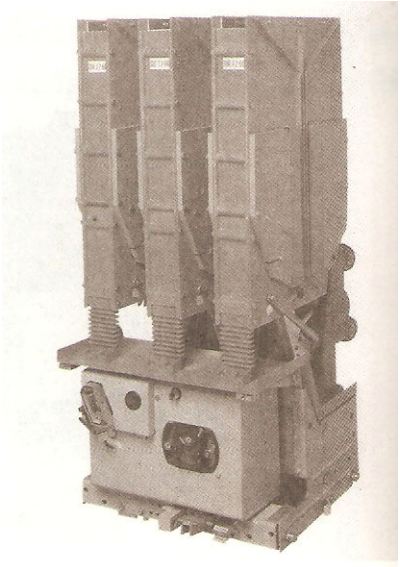
องค์ประกอบทางโครงสร้างของ Circuit Break สำหรับระบบไฟฟ้าแรงดันสูง จะคล้ายกับชนิดแรงดันไฟฟ้าต่ำ จะมีส่วนแตกต่างกันในอุปกรณ์สั่งตัดตอน (Tripping Unit) เท่านั้น ใน CB แรงดันต่ำการ Trip เกิดจาก Thermal Trip Unit หรือ Electro Magnetic Trip Unit ซึ่งเป็นลักษณะของส่วนประกอบหลัก (Built – In Unit) ในตัวอุปกรณ์ แต่ CB ในระบบแรงดันไฟฟ้าสูง ไม่มีอุปกรณ์ดังกล่าวในตัวเอง CB จะรับสัญญาณ Overload Current หรือ Short Circuit Current จากอุปกรณ์ตรวจจับภายนอก (Protective Relay) แล้วสั่งให้ Shunt Trip หรือ No – Voltage Release Coil ตัด CB ออกจากการจ่ายไฟฟ้า

Circuit Break ไฟฟ้าแรงดันสูงมีการพัฒนาการมานาน พอจะเรียงลำดับรุ่นต่าง ๆ ได้ดังนี้

3.2.4.1 Air Circuit Break เป็นพัฒนาการรุ่นแรกที่ใช้วิธีการดับ Arc ในอากาศภายในช่อง Arc – Chute สามารถทำได้ถึงระดับแรงดันไฟฟ้า 24 KV. สูงสุด การทำงานเหมือนชนิดไฟฟ้าแรงดันต่ำ แต่ขณะเปิด – ปิด วงจรจะมีเสียงดังมาก บางครั้งเหมือนเสียงระเบิดลูกเล็ก ๆ ปัจจุบันแทบจะไม่มีการผลิตเพื่อใช้งาน

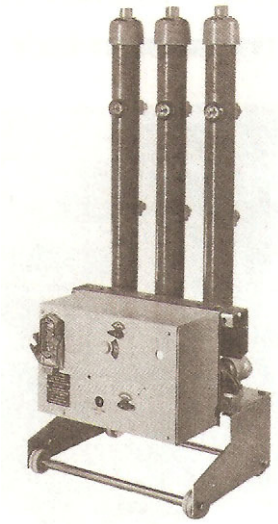
3.2.4.2 Maximum Oil Circuit Breaker เป็นการพัฒนาการที่สูงขึ้นโดยใช้น้ำมันมาเป็นฉนวนไฟฟ้า และใช้ในการดับ Arc ที่เกิดขึ้น พัฒนาการในรุ่นแรก ๆ ถังน้ำมันจะมีขนาดใหญ่ ช่องที่ออกแบบไว้สำหรับ Main Contact และ Arc – Chute ต่าง ๆ จะใหญ่โต จึงต้องบรรจุน้ำมันเป็นปริมาณมาก ๆ

3.2.4.3 Minimum Oil Circuit Breaker เป็นการพัฒนาการ Maximum Oil Circuit Breaker โดยการพัฒนาวัสดุต่าง ๆ รวมถึงเทคนิค



รูป ACB

การออกแบบ ทำให้ขนาดอุปกรณ์เล็กลงพอจะบรรจุอยู่ในกระบอกเล็ก ๆ ที่ใส่น้ำมันไว้เพียงเล็กน้อยระดับแรงดันที่ทำได้สูงสุด คือ 69 KV

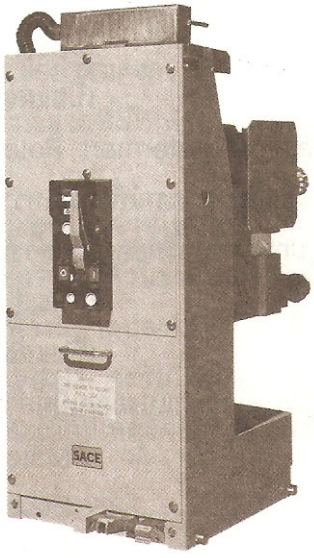


รูป Minimum Oil CB

3.2.4.4 Vacuum Circuit Breaker เป็นการพัฒนาการที่จะทำให้อุปกรณ์มีขนาดเล็กลง โดยให้ส่วนที่มีไฟฟ้า เช่น หน้าสัมผัสต่าง ๆ อยู่ภายในกระบอกสุญญากาศ นั่นคือ Arc ที่เกิดขึ้นในสุญญากาศจะมีน้อยมาก (ไม่มีสุญญากาศที่แท้จริงในกระบอก) อุปกรณ์ที่ใช้โดยทั่วไปจะคล้ายของ Minimum Oil พัฒนาการทำได้สูงสุดถึง 36 KV. นิยมใช้แพร่หลายในญี่ปุ่น และบางประเทศในญี่ปุ่น

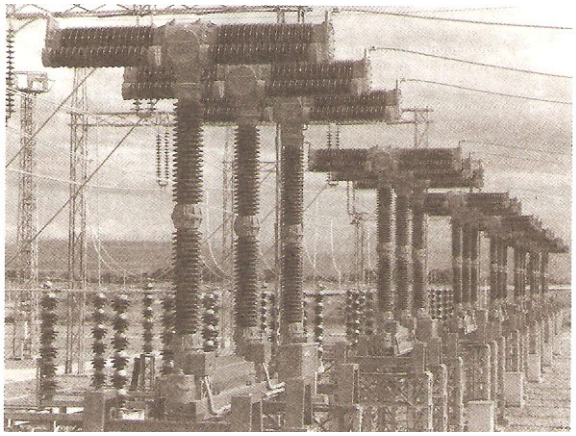
3.2.4.5 Gas Circuit Breaker

เป็นพัฒนาการชนิดเดียวที่สามารถใช้กับระบบไฟฟ้าแรงดันสูง เช่น 69 KV, 115 KV, 230 KV และ 500 KV ต้นกำเนิดของอุปกรณ์เริ่มจากระดับแรงดันสูง ๆ อย่างนี้ เพราะมีราคาแพงมาก ภายหลังที่เทคนิคการผลิต และปริมาณการใช้เริ่มสูงขึ้น จึงทำให้มีราคาถูกลงจนนำมาใช้ระบบ 69 KV, 24 KV ได้อย่างแพร่หลาย ก๊าซที่ใช้เป็นชนิด SF6 ขนาดของอุปกรณ์กระทัดรัด บางยี่ห้อจะมีอุปกรณ์วัดแรงดันก๊าซภายในกระบอก แต่บางยี่ห้องไม่มีโดยอ้างว่า Baring ที่ใช้เป็น



รูป Vacuum CB

ชนิดน้ำมัน 2 ชั้น ที่ก๊าซไม่มีโอกาสรั่วออกมาเลย ตลอดเวลามากกว่า 20 ปี ส่วนยี่ห้อที่มีอุปกรณ์วัดแรงดันก๊าซนั้น Baring ที่ใช้มีวิธีการ Seal ก๊าซ โดยใช้ Double O – Ring ที่เป็นยาง แต่อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ได้มีการออกแบบไว้ให้มีความปลอดภัยโดยหากเกิดการรั่วของก๊าซแล้ว สุดท้ายจะยังคงมีก๊าซอยู่ภายในกระบอกซึ่งมีแรงดันเท่ากับ 1 บรรยากาศ และเพียงพอให้อุปกรณ์ Trip ได้ 1 ครั้ง โดยไม่เกิดอันตรายแต่อย่างใด หลังจากนั้นระบบจะ Lock ไม่ให้เกิดการสับสวิทช์ต่อไป



รูป SF Circuit Breaker

3.2.5 ตู้ไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage Switchboard)

หากจะกล่าวถึงตัวอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงโดยอธิบายเรื่องของตู้ไฟฟ้าแรงสูง ก็จะดูเหมือนว่าไม่มีความสมบูรณ์ในตัวเอง ตู้ไฟฟ้าแรงสูงมีพัฒนาการของมันเองมานาน

3.2.5.1 ห้องไฟฟ้าแรงสูง

ในเริ่มแรกมีการนำอุปกรณ์ต่าง ๆ ติดตั้งโดยการแยกส่วนของอุปกรณ์แต่ละชุดจัดเป็นกำแพงคอนกรีตต่าง ๆ เป็นห้อง ๆ

3.2.5.2 Metal Enclose Switchboard

เป็นแผงไฟฟ้าที่นำอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น Circuit Breaker หรือสวิทช์ต่าง ๆ Current Transformer, Potential Transformer ฟิวส์ และ Busbar ต่าง ๆ บรรจุอยู่ภายในตู้เหล็กโดยอุปกรณ์ทั้งหมดบรรจุอยู่ภายในช่องตู้เดียวกัน (Single Compartment) เพียงแต่แยกอุปกรณ์วัดไว้ในช่องแยกต่างหาก

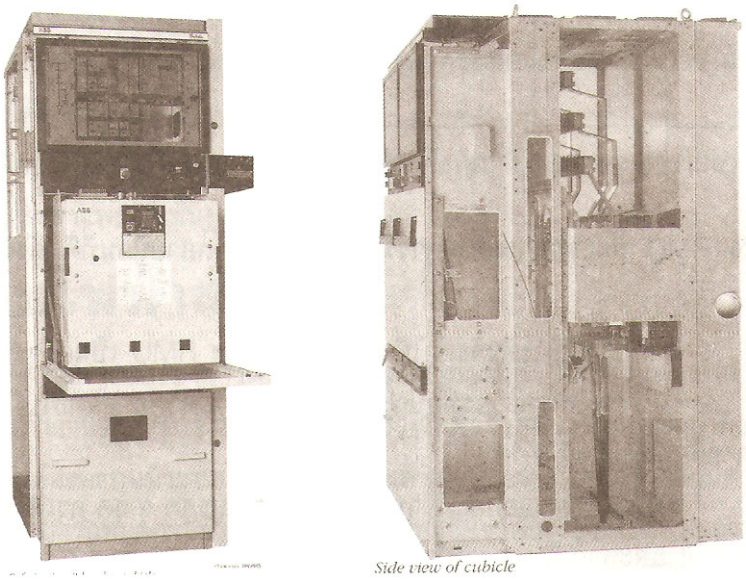
3.2.5.3 Metal Clad Switchboard

เป็นแผงไฟฟ้าแบบเดียวกับ Metal Enclose Switchboard แต่ช่องของอุปกรณ์จะถูกแบ่งออกเป็นส่วน ๆ อย่างน้อยดังนี้

- Metering Compartment
- Busbar Compartment
- Cable Compartment

- Switchgear Compartment

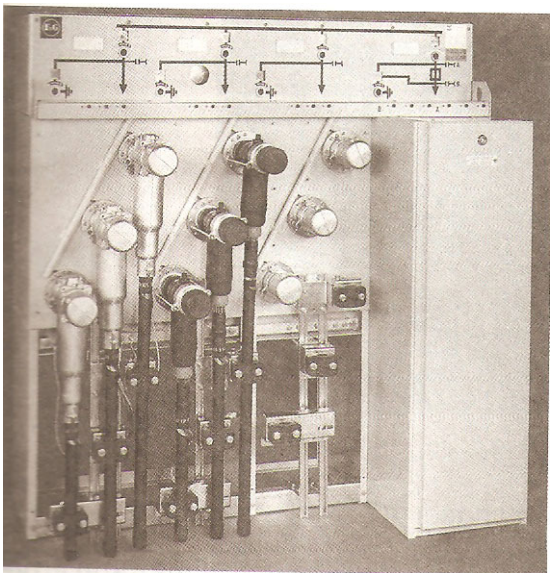
ข้อดีของ Metal Clad คือ เมื่อเกิดปัญหาในช่องใดช่องหนึ่งความเสียหายจะถูกจำกัดอยู่เพียงภายในช่องนั้น ไม่ลุกลามไปยังช่องอื่น ๆ นอกจากนี้ช่องต่าง ๆ ดังกล่าวแต่ละช่องจะต้องมีช่องระบายแรงดันอากาศ (Pressure Relief) เพื่อระบายแรงดันที่เกิดจากการลัดวงจร โดยแรงดันดังกล่าวที่ถูกระบายออกไปจะไม่ปะทะหรือทำอันตรายต่อผู้ใช้งาน หรือทำงานบริเวณดังกล่าว



รูป Metal Clad

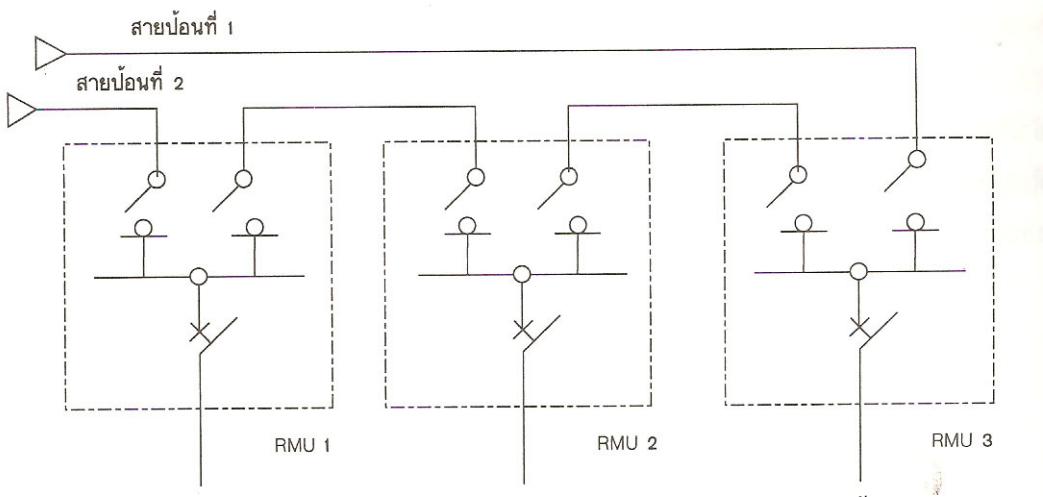
3.2.5.4 Ring Main Unit (RMU)

มีการเริ่มนำ Ring Main Unit เข้ามาใช้ในประเทศไทยครั้งแรก โดยการไฟฟ้านครหลวงประมาณ 10 กว่าปี แล้ว หรือประมาณปี พ.ศ.2526 และเป็นที่แพร่หลายในการใช้งานภายในตัวเมืองใหญ่ ๆ เช่น กรุงเทพฯ และเขตปริมณฑลต่าง ๆ ข้อกำหนดของ RMU มีอยู่ง่าย ๆ คือ อุปกรณ์ส่วนที่มีไฟฟ้าแรงสูงจะถูกหุ้มด้วยก๊าซ SF_6



ทฤษฎีของการจ่ายไฟแบบ Ring Main หรือที่เรียกว่าวงแหวนนั้นมีง่าย ๆ คือ จะมีการจ่ายไฟฟ้าได้จากปลายทั้ง 2 ข้าง ขนาดเต็มกำลัง RMU จะรับไฟฟ้าจากสายป้อนใดก็ได้ และเมื่อมีเหตุขัดข้องของไฟฟ้า

รูป Ring Main Unit



ด้านใดด้านหนึ่ง RMU ก็สามารถย้ายการรับไฟฟ้าไปรับรับจากสายป้อนที่ดี ดังนั้นระบบจะมีไฟฟ้าใช้ตลอดเวลา

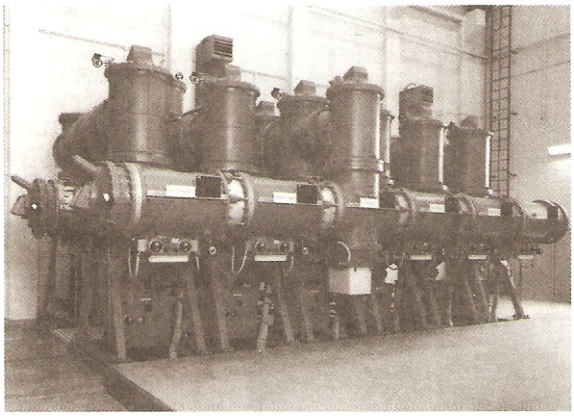
จากทฤษฎีข้างต้นจึงทำให้องค์ประกอบของ RMU เป็นอย่างง่าย ๆ คือ

ก) ด้านไฟฟ้าเข้าจะมีอุปกรณ์มาตรฐานตายตัว คือ สวิทช์ใบมีด (Load Break Switch) 2 ชุด หรือทั่วไปเรียก 2 - In

ข) ด้านไฟฟ้าออกจะมีจำนวนของอุปกรณ์สูงสุด 2 ชุด กรณีที่อุปกรณ์ที่ใช้มี 1 ชุด ทั่วไปจะเรียก 1 – Out และหากเป็น 2 ชุด ทั่วไปจะเรียก 2 – Out

ค) อุปกรณ์ด้านไฟฟ้าขาออกจะมีให้เลือกใช้ 3 แบบ คือ

- สวิทช์ใบมีด (Load Break Switch)
- Circuit Breaker
- Fuse – Load Break Switch



รูป GIS

3.2.5.5 Gas Insulated Switchgear (GIS)

การใช้ไฟฟ้าในตัวเมืองใหญ่ ๆ มีการกระจุดตัวเป็นพื้นที่ในอดีตพื้นที่ภายในตัว

เมืองมีราคาไม่แพงสามารถหาได้ง่าย ๆ การจัดตั้งสถานีเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าจึงไม่ติดขัดแต่อย่างใด แถมสถานีไฟฟ้ามีพื้นที่กว้างขวาง แต่ในปัจจุบันราคาที่ดินแพง และยังไม่สามารถหาทำเลที่เหมาะสมได้การไฟฟ้านครหลวงจึงเริ่มมีการใช้ GIS สำหรับสถานีไฟฟ้าในตัวเมือง เพื่อประหยัดเนื้อที่ของสถานีไฟฟ้า

หลักการของ GIS คือ การนำแผงไฟฟ้า (Switchboard) และอุปกรณ์ไฟฟ้า (Switchgear) บรรจุลงในถังที่มีก๊าซ SF6 บรรจุอยู่จากที่กล่าวมาแล้วในเบื้องต้น ๆ ว่า SF6 จะช่วยทำให้ขนาดของ Switchgear ต่าง ๆ เล็กกระทัดขึ้นมาก การใช้งานและการติดตั้งอุปกรณ์จะทำได้ง่ายขึ้น ความปลอดภัยสูง

ข้อเสียเปรียบของ GIS คือ มีราคาแพง จึงเหมาะสมเฉพาะการใช้งานในตัวเมืองที่ที่ดินและตัวอาคารมีราคาแพงเท่านั้น

4) ระบบไฟฟ้าสำรอง

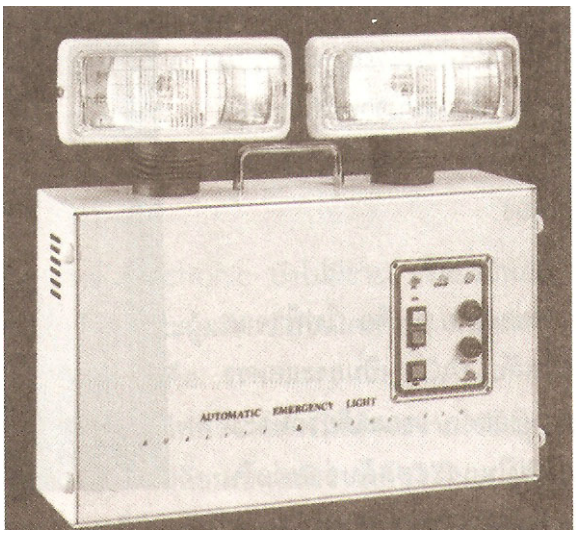
ในอดีตที่สภาพของอาคารต่าง ๆ ไม่สูงใหญ่มากนัก ตลอดจนสภาพการแข่งขันทางธุรกิจไม่รุนแรง การทำงานต่าง ๆ รวมถึงระบบการช่วยเหลือจึงสามารถหยุดงานได้ขณะที่เกิดไฟฟ้าดับไม่มีความจำเป็นต้องลงทุนมีระบบไฟฟ้าสำรอง แต่ปัจจุบันระบบไฟฟ้าสำรองมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะธุรกิจไม่สามารถหยุดการทำงานได้ ระบบช่วยชีวิตจำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าขณะเกิดเพลิงไหม้เพื่อช่วยเหลือคนที่ต้องใช้เวลาหนีออกจากอาคาร ระบบไฟฟ้าสำรองพอจะแบ่งได้ดังนี้

ก) ระบบแสงสว่าง

ข) ระบบ UPS

ค) ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

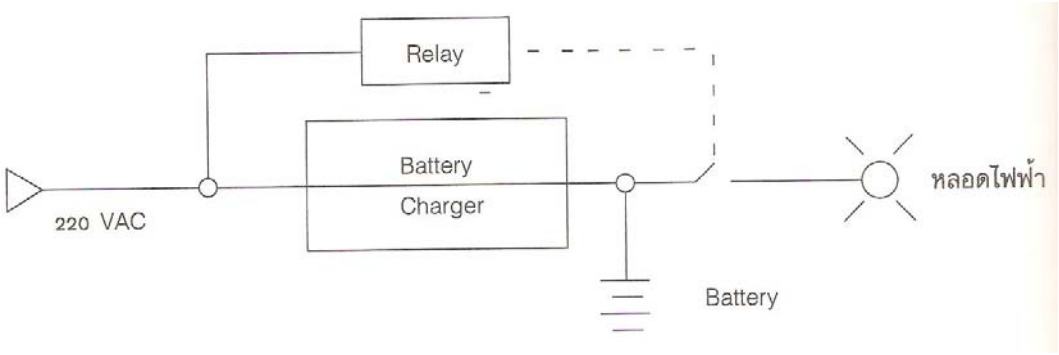
ระบบแสงสว่างฉุกเฉิน



รูป Battery Light

องค์ประกอบของระบบแสงสว่างฉุกเฉินมี

- หลอดไฟฟ้า
- ชุดอัดประจุไฟฟ้า (Battery Charger)
- Battery



วงจรง่าย ๆ ของ Battery Light

การทำงานของระบบอย่างง่าย ๆ คือ ระบบจะอัดประจุไฟฟ้าเก็บไว้ใน Battery และเมื่อไฟฟ้าดับวงจรจะต่อไฟฟ้าจาก Battery จ่ายไปหลอดไฟฟ้าให้แสงสว่าง

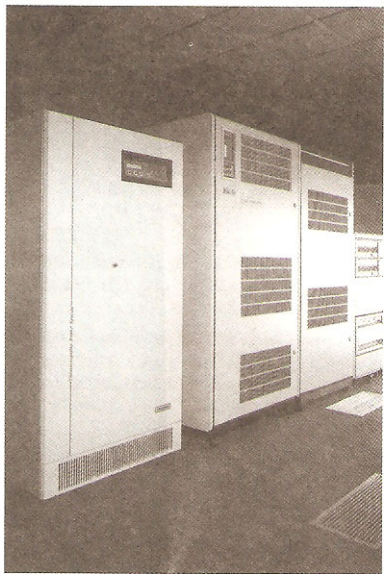
ระบบแสงสว่างฉุกเฉินสามารถติดตั้งได้เป็น 2 แบบ คือ แบบติดเครื่องไว้ ณ จุดที่ต้องการใช้ และแบบแยกเครื่องไว้ในห้องเก็บ โดยต่อสายไปยังหลอดไฟฟ้าที่จุดต้องการ (Remote Battery) ประโยชน์ใช้งานพอสรุปได้ดังนี้

ก) ป้องกันการตกใจขณะไฟฟ้าแสงสว่างดับ

ข) ให้แสงสว่างขณะเกิดเพลิงไหม้ เพื่อส่งทางหนีไฟ

ระบบ UPS

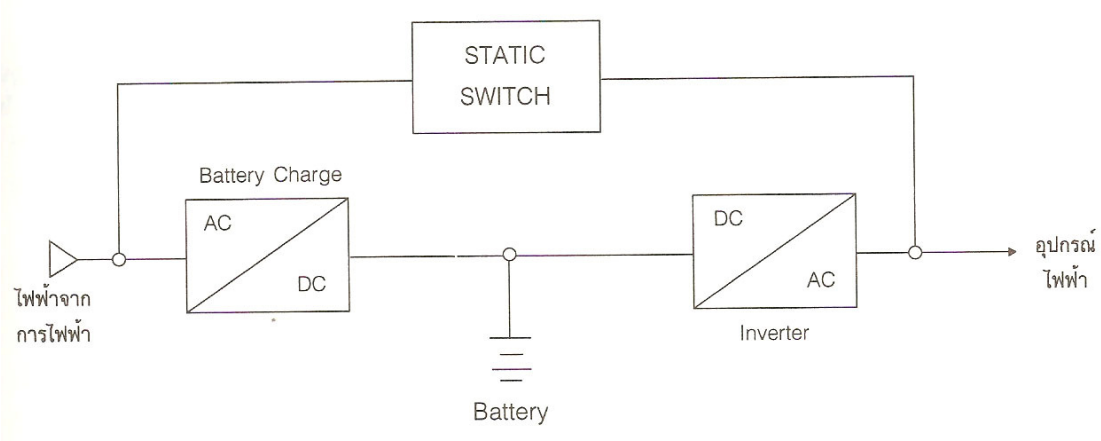
ปัจจุบันระบบ UPS นิยมใช้อย่างแพร่หลาย ชื่อเรียกเต็ม ๆ คือ Uninterruptible Power Supply ความหมายของระบบแปลได้ตรงตัว คือ ระบบจ่ายไฟฟ้ากำลังชนิดจ่ายได้ต่อเนื่องตลอดเวลา โดยไม่มีการกระพริบของไฟฟ้า เมื่อกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าดับลง



รูป UPS

STATIC UPS

การทำงานของระบบอย่างง่าย ๆ คือ ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าจะถูกแปลงจากกระแสสลับ (AC) เป็นกระแสตรง (DC) เพื่อเก็บประจุไฟฟ้าไว้ใน Battery ขณะเดียวกันจะมีเครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสตรงไปเป็นกระแสสลับจ่ายต่อไปอุปกรณ์ไฟฟ้า เมื่อกระแสไฟฟ้าดับไฟฟ้าจาก Battery จะถูก



จ่ายออกไปในทันที ดังนั้นอุปกรณ์ไฟฟ้าจึงมีไฟฟ้าใช้อย่างต่อเนื่อง ระยะเวลาที่มีไฟฟ้าใช้จะขึ้นอยู่กับขนาดของ Battery ว่ามีขนาดใหญ่เล็กเพียงใด โดยทั่วไปจะถูกกำหนด หรือออกแบบไว้ให้ใช้ได้นาน 15 นาที

ในกรณีที่อุปกรณ์ เช่น Battery Charger หรือ Inverter เสียขณะที่มีไฟฟ้าจากการไฟฟ้าใช้งานอยู่ ระบบจะทำการต่อไฟฟ้าผ่าน Static Bypass Switch ไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า และตัดการจ่ายไฟฟ้าจาก Inverter ออก ดังนั้นอุปกรณ์จะยังคงมีไฟฟ้าใช้ตลอดเวลาเช่นเดิม

ระบบ Static UPS จะประกอบขึ้นจากอุปกรณ์ทาง Electronic เป็นส่วนใหญ่ ในปัจจุบันจึงมีราคาถูกกว่าประเภทอื่น ๆ ข้อดี และข้อเสีย มีดังนี้

ก) มีราคาถูกจัดหา และติดตั้งได้ง่าย ใช้สถานที่ไม่มากแต่ต้องติดระบบปรับอากาศ

ข) รูปลักษณะของไฟฟ้าด้านขาออก (Output Wave Form) จะไม่สวยงามกล่าวคือ ไม่เป็นรูป Full Sine Wave หรือไม่สะอาดเหมือนไฟฟ้าขาเข้า เพราะใช้หลักการสับไฟฟ้ากระแสตรงเป็นช่วง ๆ แล้วปรับแรงดันช่วงต่าง ๆ นำมาต่อกันให้เป็น Sine Wave

ค) อุปกรณ์ Electronic มีอายุการใช้งานไม่ยาวนาน จะต้องมีการสำรองอะไหล่ เพื่อซ่อมบำรุง

ง) Battery มีขนาดใหญ่ และมีอายุการใช้งานสั้น จำเป็นต้องเปลี่ยนตามอายุ

จ) ประสิทธิภาพสูง

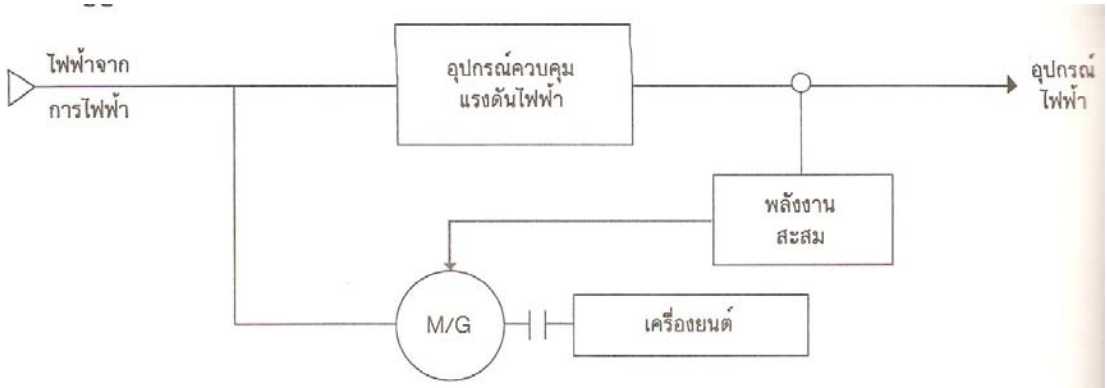
ฉ) ในภาค Output รับกระแสลัดวงจรได้ต่ำ

Dynamic UPS

ในอดีตที่อุปกรณ์ Electronic ยังไม่มีขาย หรือยังมีพัฒนาการไม่ก้าวหน้าอุปกรณ์ UPS จะเป็นชนิด Dynamic โดยแต่ละผู้ผลิต มีเทคนิคต่าง ๆ กันไปแต่จะยืนอยู่บนหลักการ หรือวิธีการที่ใกล้เคียงกัน พอจะสรุปง่าย ๆ คือ

- สภาวะปกติ กระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าจะจ่ายไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยตรง

- ไฟฟ้าส่วนหนึ่งจะเป็นพลังงานเก็บไว้ในรูปของไฟฟ้ากระแสตรง ใน Battery หรือเก็บไว้ใน Fly Wheel ที่มีหลายรูปแบบ เช่น Synchronous machine



รูปแสดง Dynamic UPS

- เมื่อไฟฟ้าดับพลังงานที่สะสมจะจ่ายไฟฟ้าให้อุปกรณ์ในช่วงเวลาสั้น ๆ

- เครื่องยนต์ต้นกำลังจะเดินเครื่องขึ้น โดยใช้เวลาก่อนที่พลังงานสะสมจะหมดไป ระบบจะมีไฟฟ้าใช้ต่อไป

- เมื่อไฟของการไฟฟ้ากลับสู่ปกติระยะเวลาหนึ่ง เครื่องยนต์ต้นกำลังก็จะดับลง เพื่อให้การจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่สภาวะปกติ

Dynamic UPS มีข้อดีและข้อเสียหลายประการ

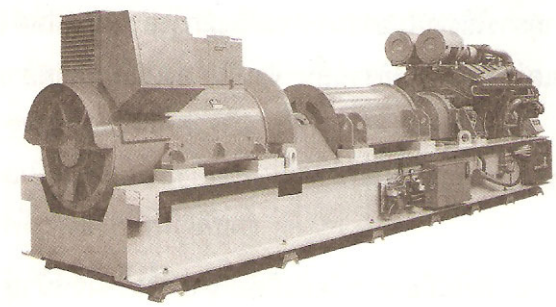
ก) มีราคาแพง และใช้เนื้อที่มาก

ข) สถานที่ติดตั้งไม่ต้องการระบบปรับอากาศ

ค) รูปลักษณ์ของไฟฟ้าขาออกสะอาด และสวยงาม

ง) ความคงทนทานของอุปกรณ์ที่สูง

จ) ภาค Output รับกระแสลัดวงจรได้สูง



รูป Dynamic UPS

ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยทั่วไปพอจะแบ่งแยกชนิดตามเชื้อเพลิงที่ใช้ได้ดังนี้

ก) ชนิดใช้น้ำมันเบนซิน

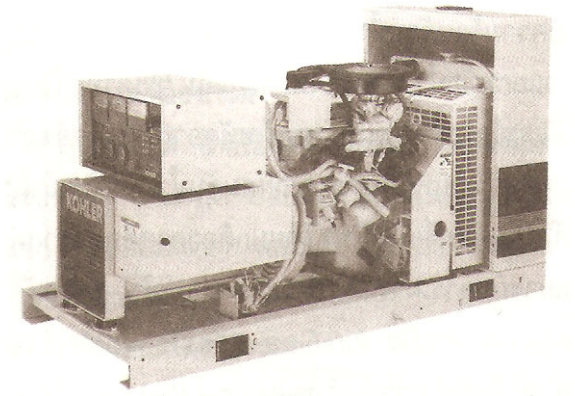
ข) ชนิดใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว

ค) ชนิดใช้น้ำมันดีเซลหมุนช้า

นอกจากนี้ยังมีชนิดที่ใช้พลังงานน้ำ, พลังงานไอน้ำ และพลังงานการเผาไหม้ของก๊าซธรรมชาติ แต่ในที่นี้ไม่ขอกล่าวถึง โดยจะกล่าวถึงเฉพาะ 3 ชนิดข้างต้นที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งยังมีความเหมาะสมที่จะใช้กับงานอาคาร และโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กจนถึงปานกลาง

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดเบนซิน

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดนี้มีขนาดเล็ก โดยประมาณทั่วไป ขนาดไม่เกิน 25 KVA จะมีทั้ง 1 Phase และ 3 Phase เหมาะสำหรับใช้งานตามบ้านเรือนที่อยู่อาศัย หรือธุรกิจร้านค้าที่มีขนาดเล็กมาก ๆ เครื่องยนต์มีทั้งชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ สำหรับขนาดเล็ก และระบายความร้อนด้วยน้ำสำหรับขนาดใหญ่ขึ้น การ Start เครื่องยนต์จะมีทั้งการใช้เชือกกระตุกเครื่องยนต์ หรือใช้เครื่องมือหมุนกรณีที่ขนาดเครื่องยนต์โตขึ้นไปจะมีระบบไฟฟ้าช่วยในการ Start เครื่อง เครื่องชนิดนี้มีราคาไม่แพง ดูแลรักษาง่าย

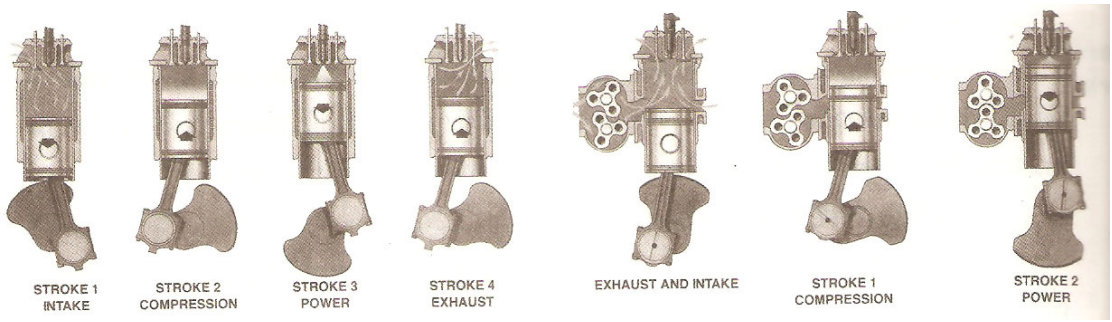


รูปเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดเบนซิน

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว

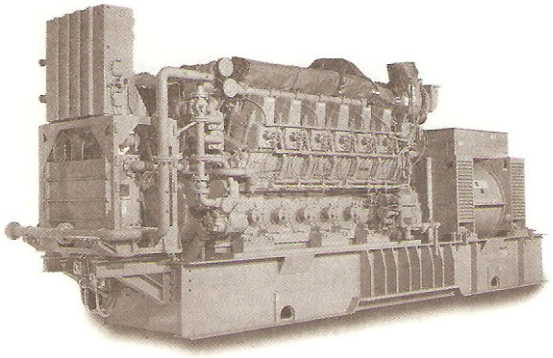
เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดนี้ จะมีขนาดพอเหมาะสำหรับการใช้งานธุรกิจทั่วไป มีขนาดเครื่องตั้งแต่ 30 KVA จนถึง 2000 KVA ประเภทของเครื่องยนต์ที่ใช้งานมี 2 ประเภท คือ

- เครื่องยนต์ชนิด 2 จังหวะ เป็นประเภทที่เราเรียกว่า เครื่องสำหรับใช้งานหนัก การจุดระเบิดของเครื่องยนต์มีจำนวนครั้งมากเป็น 2 เท่าของชนิด 4 จังหวะ จังหวะที่ 1 ระบายไอเสียพร้อมบรรจุไอดีเข้ากระบอกสูบ และอัดไอดีจังหวะที่ 2 ฉีดน้ำมัน เพื่อสันดาป เหมาะสำหรับกิจการที่ต้องการรับแรงบิดหรือการกระชากในการ Start อุปกรณ์ไฟฟ้าหนัก ๆ เช่น การ Start motor หรือใบพัดขนาดใหญ่ ๆ เพราะสามารถเร่งเครื่องเพื่อรักษาความเร็วรอบของเครื่องได้รวดเร็ว แรงดันตกชั่วคราว (Voltage dip) หรือความถี่ตกชั่วคราว (Frequency dip) จะกลับคือสู่สภาพปกติได้รวดเร็วมาก ปัญหาที่ไม่นิยมใช้ในธุรกิจทั่วไป คือ เป็นเครื่องที่มีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง อัตราสึกหรอขอบเครื่องมีสูง ส่วนใหญ่จะใช้ในกิจการรถไฟ เรือ หรือกิจการทหารที่ใช้งานหนัก



รูปแสดงการทำงานเครื่อง 4 จังหวะ และ 2 จังหวะ

- เครื่องยนต์ชนิด 4 จังหวะ จังหวะที่ 1 สูบไอดี เข้ากระบอกสูบ จังหวะที่ 2 อัดไอดี จังหวะที่ 3 ฉีดน้ำมันเพื่อสันดาป และจังหวะที่ 4 ระบายไอเสียออกจากกระบอกสูบ เป็นเครื่องที่มีความนิยมใช้ในกิจการทั่วไป ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ คือ 1500 รอบต่อนาที การระบายความร้อนของเครื่องเป็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ ผ่านทางหม้อน้ำ ซึ่งอาจจะเป็นชนิดประกอบอยู่บนแท่นเครื่องเดียวกัน หรือมีการแยกหม้อน้ำไปติดตั้งบริเวณอื่น ๆ เครื่องที่ใช้นิยมเป็นระบบ Turbo โดยจะนำไอเสียเครื่องยนต์ที่มีแรงอัดไอเสียออกไป หมุนใบพัดอากาศ เพื่ออัดอากาศดีเข้ากระบอกสูบหรือเรียกง่าย ๆ ว่าเพิ่มปริมาณอากาศเพื่อให้สามารถผสมกับน้ำมันที่ฉีดเข้ากระบอกสูบได้เพิ่มมากขึ้นเป็นการเพิ่มการเผาไหม้ให้ได้กำลังเครื่องสูงขึ้น โดยปกติอากาศดีหลังจากผ่านชุด Turbo แล้ว จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นมาก ไม่เหมาะกับการเผาไหม้ จึงจะต้องต่อท่อไป ยังใบพัดหน้าหม้อน้ำ เพื่อลดอุณหภูมิลง (Cool down) ที่นิยมจะเป็น Air Cool แต่ชนิด Water Cool ก็มี ให้ใช้ในเครื่องยนต์ใหญ่ ๆ เครื่องยนต์มีทั้งชนิดเครื่องลูกสูบแถวเดียวกัน (In - Line) และชนิดลูกสูบเรียงเป็นตัววี (V - Form) ระบบการ Start จะใช้ระบบไฟฟ้า



รูป เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
ชนิด DIESEL

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดใช้น้ำมันดีเซลหมุนช้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดนี้ จะมีขนาดใหญ่มาก ตั้งแต่ 2200 KVA ขึ้นไป จะใช้งานในกิจการอุตสาหกรรมหนักต่าง ๆ รวมถึงโรงผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กตามชนบทห่างไกล ความเร็วรอบ

เครื่องยนต์จะต่ำลงอยู่ที่ 1000 รอบต่อนาที ระบบระบายความร้อนจะใช้น้ำ ในกรณีที่เครื่องใหญ่มากจะไม่ใช้หม้อน้ำแต่จะใช้หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) แทน การ Start เครื่องยนต์ไม่สามารถใช้ระบบไฟฟ้าได้ จะใช้การ Start โดยระบบอัดลม (Compressed air)

สิ่งที่ควรรู้เกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ก. การกำหนดขนาดเครื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดเดียวกัน เมื่อใช้ในสภาวะต่างกัน ขนาดเครื่องจะต่างกัน สภาวะการใช้งานจะมีอยู่ 3 สภาวะ คือ Standby Power, Prime Power และ Continuous Power การกำหนดสภาวะการทำงานทั้ง 3 สภาวะ เป็นดังนี้

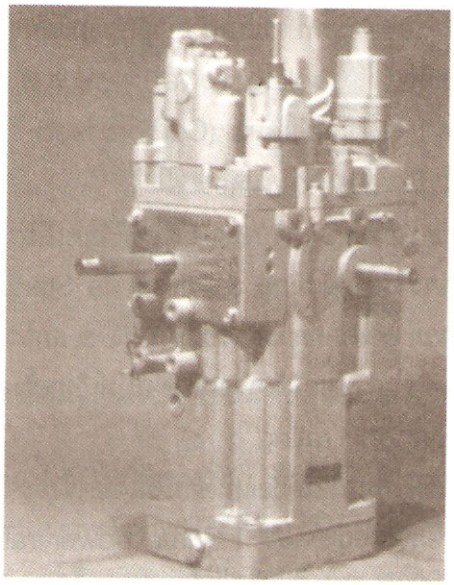
- Standby Power จะกำหนดให้เครื่องทำงานไม่เกินครั้งละ 2 ชั่วโมง ยกตัวอย่างให้เครื่องมีขนาด 1000 KVA ที่ Standby rating
- Prime Power จะกำหนดให้เครื่องทำงานไม่เกินครั้งละ 8 – 10 ชั่วโมง เครื่องชุดเดียวกับข้างต้น จะมีขนาดประมาณ 900 KVA ที่ Prime power rating
- Continuous Power จะกำหนดให้เครื่องทำงานได้ต่อเนื่องกันตลอดเวลา เครื่องชุดเดียวกับข้างต้น จะมีขนาดประมาณ 800 KVA

ข. ระบบการ Start เครื่องยนต์

- การ Start เครื่องยนต์ โดยใช้ไฟฟ้า กำลังไฟจะได้จาก Battery ดังนั้นการดูแลระบบจำเป็นต้องดูแลระบบ Charge battery และพร้อม ๆ กันต้องหมั่นตรวจสอบ Battery ซึ่งทั่วไปใช้ Lead acid หรือ Battery รถยนต์ ให้มีสภาพสมบูรณ์ คอยเติมน้ำกลั่นและเปลี่ยน Battery ที่จะหมดอายุการใช้งานใน 2 ปี
- การ Start เครื่องยนต์ โดยใช้ระบบอัดลม พลังงานจะได้มาจากการให้ Pump ลมอัดอากาศเข้าถังเก็บลม (Compressed air Tank) และต่อท่อลมเข้าสู่มอเตอร์ในระบบการ Start เครื่องยนต์ การดูแลระบบจะต้องหมั่นตรวจสอบเครื่องอัดลม, ถังลม และท่อลมต่าง ๆ ไม่ให้มีการรั่วของลม และจะต้องมีลมอัดเก็บไว้ในถังลมเสมอ ในขนาดแรงดันขั้นต่ำที่ต้องหมุนเครื่องได้อย่างน้อย 1 ครั้ง อาจจะติดตั้งระบบเตือนแรงดันต่ำ (Low Pressure alarm) เพื่อเตือนให้ทราบ
- ให้การ Start เครื่องยนต์ โดยทั่วไป เครื่องยนต์จะอยู่ในสภาพดี จะติดเครื่องได้ภายใน 1 ครั้งในกรณีที่เครื่องยนต์ไม่ติด ระบบ Automatic Start ที่ดี จะกำหนดให้มีการ Start ได้ไม่เกิน 3 ครั้ง (3 Cranking) โดยมีการเว้นช่วงของแต่ละครั้งประมาณ 5 – 10 วินาที เมื่อครบ 3 ครั้งแล้วเครื่องยังไม่ติด ระบบจะหยุดการทำงาน และให้สัญญาณเตือนเหตุขัดข้อง

ค. Governor

เป็นชุดควบคุมความเร็วรอบของเครื่องยนต์ให้คงที่ ตาที่กำหนดในทุกสภาวะการทำงานของเครื่อง เช่น ความเร็วรอบที่ 1500 รอบต่อนาที เมื่อไม่ได้จ่ายไฟฟ้า เมื่อจ่ายไฟฟ้าในทันทีความเร็วรอบจะตกลง Governor จะสั่งให้เครื่องฉีดน้ำมันเข้าเครื่องเพิ่มเพื่อเร่งรอบในทันที ในอดีต Governor จะเป็นแบบ Hydrolic รวมถึงชุดวัดความเร็ว ซึ่งความไวในการควบคุมความเร็วรอบ จะสู้ชุดที่ทำจากอุปกรณ์ Electronic ในปัจจุบันไม่ได้



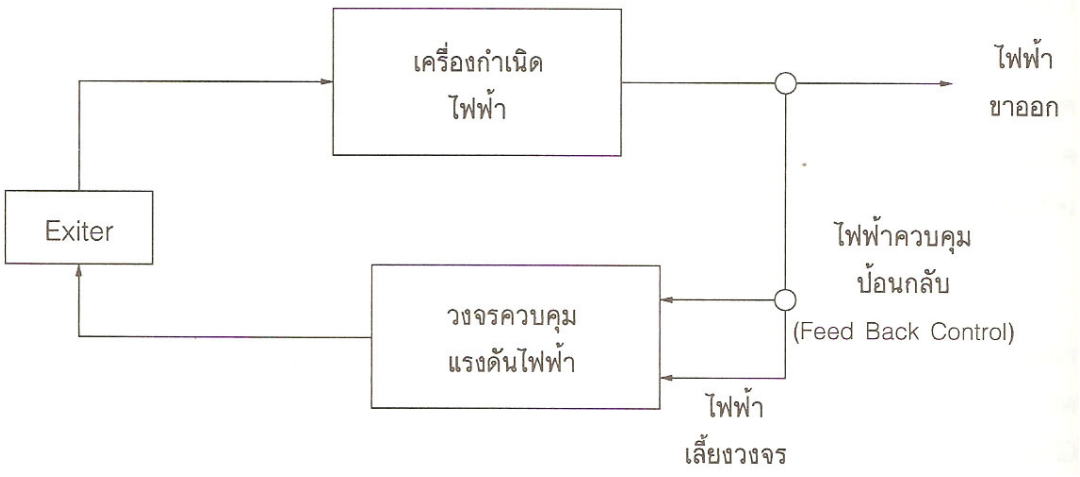
รูป GOVERNOR

ง. ท่อไอเสีย

การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าบางครั้งจะอยู่ไกลจากหลังคา หรือขอบอาคารในกรณีนี้จะต้องมีการคำนวณค่าของแรงดันไอเสียอัดกลับ (Back - Pressure) ซึ่งหากค่าดังกล่าวมากเกินกำหนด เครื่องยนต์จะไม่สามารถเดินได้เต็มกำลัง หรือกำลังเครื่องจะถูกลดลง การแก้ไขคือ ต้องเพิ่มขนาดของท่อไอเสียให้ใหญ่ขึ้น ในด้านการป้องกันเสียงจะต้องมีการติดตั้งท่อพักไอเสีย (Silencer) ที่มีขนาดพอเหมาะ

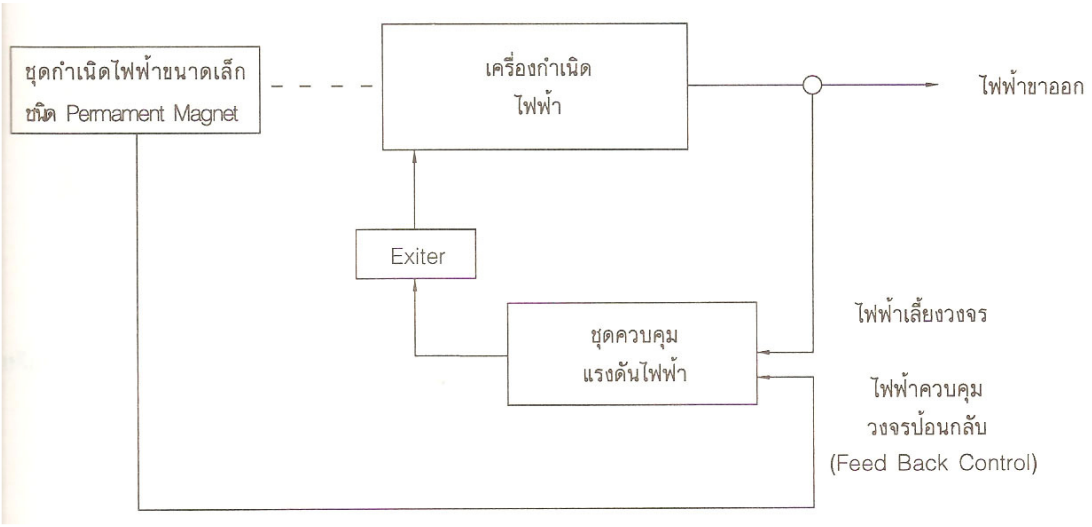
จ. Exiter

เป็นอุปกรณ์ส่วนหนึ่งของชุดปั่นไฟฟ้า (Alternator) ที่จะสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อก่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการปกติจะมี 2 แบบ คือ Self – Exited และ Separate Exited



รูปแสดงผัง Self Exited

ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เป็นชนิด Self Exited ไฟฟ้าควบคุมที่ใช้ในวงจรป้อนกลับ (Feedback control) จะต่อจากไฟฟ้าด้านขาออก (Out put) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนั้นเมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้องจ่ายอุปกรณ์ที่ก่อให้เกิด Distortion หรือที่มี Harmomic ไฟฟ้าป้อนกลับไปยัง Exiter จะถูกรบกวนเป็นผลให้ไฟฟ้าขาออก ถูกกระทบตามไปด้วย ผลคือ ไฟฟ้าด้านขาออกจะเลวลง ดังนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิด Self Exited จะไม่เหมาะหรือมีความสามารถในการจ่ายกำลังไฟฟ้าต่ำ สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทมีระบบควบคุมอีเลคโทรนิค เช่น LIPS, Speed controller ของ Motor ต่าง ๆ



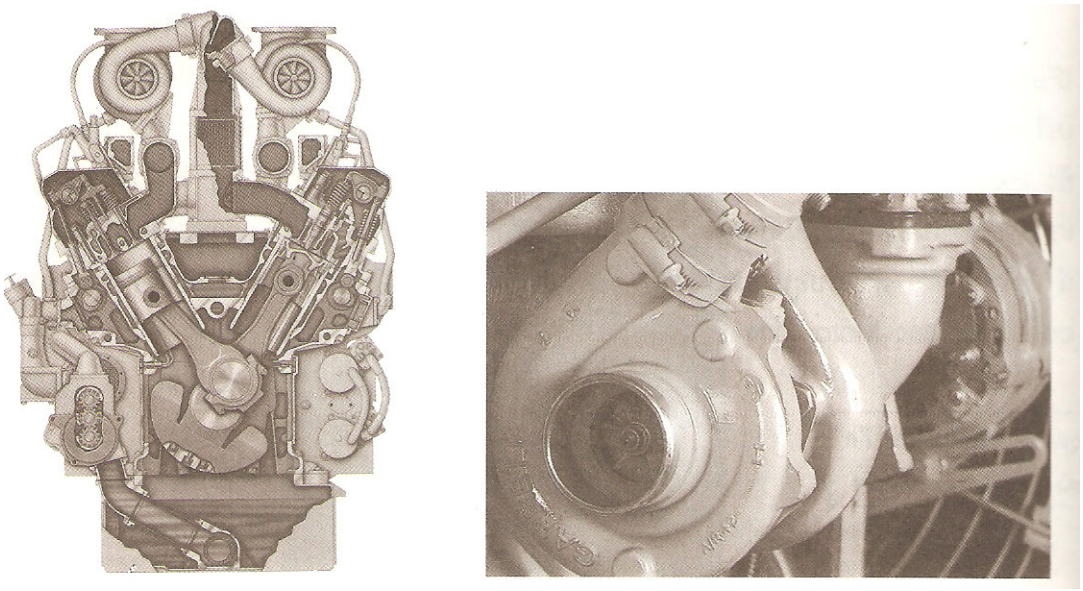
รูปแสดงผัง Separate Exited

ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิด Separate Exited นั้นจะมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเล็ก ๆ ที่เป็นชนิด Permanent magnet เพิ่มขึ้นเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้วงจร Feed – Back Control กับ Exiter ดังนั้นการรบกวนของ Harmomic ของอุปกรณ์ชนิด Thyristor load จะไม่กระทบกับ Exited ดังนั้นเครื่องประเภทนี้จะมีความสามารถสูง ในการจ่ายไฟฟ้ากำลังให้อุปกรณ์ Thyristor Load เช่น LIPS, Speed controller ของ Motor ต่าง ๆ

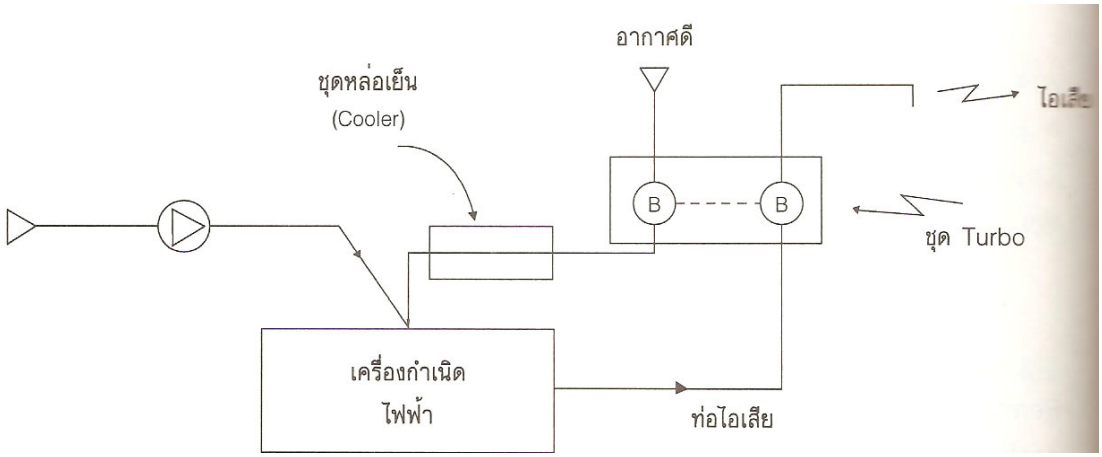
ฉ. Turbo

ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าปัจจุบันเราจะต้องการอัตราการเร่งเครื่องยนต์ และกำลังของเครื่องยนต์ที่สูง และเร็วต่อการรับแรงกระชากของ Load ไฟฟ้าที่เกิดขึ้น อุปกรณ์ Turbo จะเป็นชุดเพิ่มอัตราการเร่งของเครื่องโดยอาศัยหลักเพิ่มปริมาณอากาศที่ป้อนเข้ากระบอกสูบเพื่อให้สามารถเพิ่มปริมาณน้ำมัน อันเป็นการเพิ่มการเผาไหม้ ที่ได้พลังงานกลออกจากเครื่องได้มากขึ้น

การเพิ่มปริมาณอากาศทำได้ โดยการนำไอเสียที่มีแรงดันไปทำการหมุนพัดลมที่เชื่อมแกนไปยังปั๊มอากาศดี เพื่ออัดปริมาณอากาศเข้ากระบอกสูบมากขึ้น อากาศที่ถูกอัดนั้นจะมีความร้อนสูงขึ้น ซึ่งยังไม่เหมาะที่จะถูกส่งเข้ากระบอกสูบ ดังนั้นการเข้ากระบอกสูบจะนำอากาศที่ผ่านชุด Turbo



รูป TURBO



รูปผังแสดงอุปกรณ์ TURBO

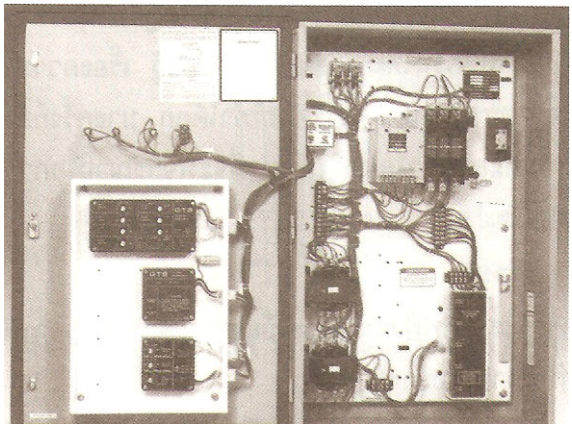
ผ่านชุดหล่อเย็น (Cooler) ที่มีทั้งชนิด Air cooler หรือ Water cooler เพื่อลดอุณหภูมิอากาศอัดให้เย็นลงเป็นปกติ

ข. Sound Attenuator

ในห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขณะทำงาน เสียงที่เกิดขึ้นจะดังมาก เมื่อวัดระยะห่าง 1 เมตร จากเครื่อง จะได้ความดังประมาณ 110 – 120 Db เกินกว่าที่หูของคนจะทนได้ หรืออาจสร้างอันตรายต่อการได้ยิน ภายในห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจึงจะต้องบุผนังเพื่อดูดซับเสียง ปัญหาของเสียงที่ลอดออกไปบริเวณนอกห้องเกิดจากช่องเป่าลมออกหน้าหม้อน้ำ และช่องลมระบายอากาศเข้า การกันเสียงทำโดยใช้ Sound Attenuator โดยมีหลักการให้ลมสามารถผ่านทะลุได้ตามปกติ แต่เสียงจะ

ถูกดักให้หลงทางอยู่ภายใน และดูดซึมออกไปในที่สุด ห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ติดตั้งถูกต้อง เมื่อวัดที่ระยะห่างจากกำแพงด้านภายนอกห้อง ความดังจะไม่เกิน 70 dB

ช. Automatic Transfer Switch (ATS)



รูป ATS

ATS เรียกกันง่าย ๆ ว่า สวิทช์สับถ่ายอัตโนมัติ จะมีการรับไฟฟ้าเข้า 2 ทาง โดยทางที่ 1 จากการไฟฟ้า และทางที่สองจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ไฟฟ้าขาออกจะจ่ายไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการ โยมีหลักการทำงานดังนี้

- ปกติรับไฟจากการไฟฟ้า
- เมื่อไฟฟ้าดับ Voltage Relay จะส่งสัญญาณไป Start Generator
- เมื่อไฟฟ้าด้าน Generator มาถึง ATS จะโยกไปรับไฟขาเข้าจาก Generator
- เมื่อไฟฟ้าจากการไฟฟ้ากลับส่าสภาวะปกติ ระบบจะจับเวลา โดยประมาณ 3 นาที
- ATS จะโยกไปรับไฟฟ้าจากการไฟฟ้า และส่งสัญญาณให้ Generator
- ชุดควบคุม Generator เริ่มจับเวลาให้ Generator เข้าสู่ Cool Down Period โดยทั่วไป 15 – 30 นาที เมื่อครบเวลาจะดับเครื่องยนต์
- ในกรณีที่ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าดับขณะเครื่องอยู่ในสภาวะ Cool Down ATS จะโยกไปรับไฟฟ้าจาก Generator อีกครั้ง

5) การจัดเตรียมอาคารให้ระบบไฟฟ้า

ในอดีตที่ผ่านมาอาคารต่าง ๆ ทั้งในกรุงเทพ ฯ และต่างจังหวัดยังมีขนาดไม่ใหญ่โต ส่วนใหญ่หนักไปทางเรือนแถว 3 – 4 ชั้น การจัดเตรียมอาคารสำหรับใช้งานระบบจึงไม่มีความยุ่งยาก ทุกอย่างดูง่ายไปหมด การติดตั้งระบบไฟฟ้าทำเมื่องานอาคารก่อสร้างเสร็จแล้วก็ยังได้ การเดินสายไฟฟ้า ก็เป็นเพียงเส้นเล็ก ๆ ตีกิ๊บเดินลอยบนลูกถ้วยก็มีให้เห็นในอดีต การเตรียมอาคารให้ระบบไฟฟ้าจึงถูกลืมไปจากสารบบของงานก่อสร้างอาคาร ความหลงลืมดังกล่าวก็ยังคงถูกสืบทอดตลอด

มาถึงปัจจุบันทั้ง ๆ ที่สภาพของอาคารถูกปรับเปลี่ยนตามธุรกิจให้มีขนาดใหญ่โต สูงนับสิบ ๆ ชั้น การเปลี่ยนความหลงลืมนี้ ได้เกิดขึ้นมาในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา เพราะปัญหาต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมายไฟไหม้อาคารเกิดจากไฟฟ้าลัดวงจร อาคารต่าง ๆ ถูกสกัดเพื่อเพิ่มช่องท่อ ห้องต่าง ๆ ถูกปรับเปลี่ยนจากแบบเพราะไม่ได้เตรียมห้องให้อุปกรณ์ไฟฟ้า ชีวิตคนในอาคารตายจากการเกิดไฟไหม้ เพราะไม่สามารถหนีไฟ สถาปนิกรุ่นใหม่ ๆ คงต้องเรียนรู้ เรื่องความจำเป็นของงานระบบต่าง ๆ จากประสบการณ์บ้าง จากการอ่านบ้าง บางครั้งก็ทำได้ถูกต้อง บางครั้งก็ยังคงผิดอยู่ สิ่งที่รวบรวมไว้ในที่นี้ จะเป็นสิ่งที่สถาปนิกและผู้ทำโครงการ น่าจะพิจารณาเพื่อการเตรียมความคิดไว้สำหรับการทำโครงการที่จะเกิดขึ้นใหม่ ๆ

ระบบไฟฟ้าแรงสูง

การเตรียมการให้ระบบไฟฟ้าแรงสูงในเบื้องต้น ควรจะทำการ สำรวจความต้องการไฟฟ้าของโครงการและสถานที่ตั้งว่าเป็นอย่างไร

โครงการในเขตการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ระบบไฟฟ้าจ่ายดังนี้

- 230 V / 400 V 3 Phase สำหรับมิเตอร์ขนาดไม่เกิน 100 A

- 22 KV 3 Phase สำหรับความต้องการไฟฟ้าไม่เกิน 10 MVA

- 33 KV 3 Phase สำหรับจังหวัดเชียงราย, พะเยา และภาคใต้ ตั้งแต่ระนองลงไปที่ความต้องการไฟฟ้าไม่เกิน 10 MVA

- 69 KV หรือ 115 KV 3 Phase สำหรับความต้องการไฟฟ้าที่เกิน 10 MVA

โครงการในเขตการไฟฟ้านครหลวง

ระบบไฟฟ้าจ่ายดังนี้

- 220 / 380 V 3 Phase สำหรับมิเตอร์ขนาดไม่เกิน 400 A

- 12 KV / 24 KV 3 Phase สำหรับพื้นที่เตรียมการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าเป็น 24 KV โดยความต้องการไฟฟ้าไม่เกิน 15 MVA

- 24 KV 3 Phase สำหรับพื้นที่โครงการ 24 KV โดยความต้องการไฟฟ้าไม่เกิน 15 MVA

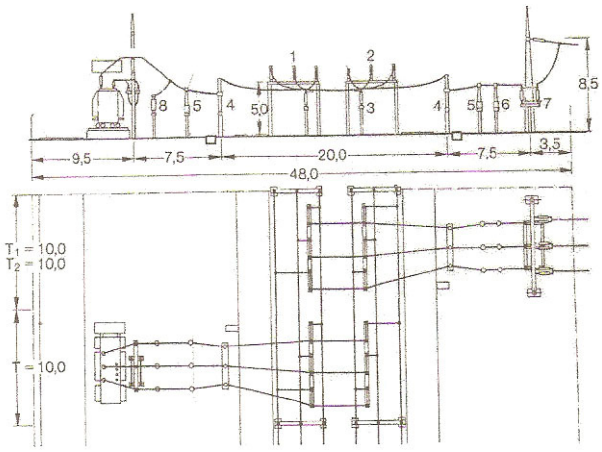
- 69 KV 3 Phase สำหรับโครงการที่มีความต้องการไฟฟ้าที่เกิน 15 MVA

การเตรียมพื้นที่ 69 KV หรือ 115 KV Substation

ลักษณะของการเตรียมเป็นไปได้หลายรูปแบบ

ก. สถานีเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าชนิดกลางแจ้ง (Outdoor)

เป็นชนิดที่มีค่าลงทุนของอุปกรณ์มีราคาถูกทุกอย่าง เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า 69 หรือ 115 KV Switchgear, CT, PT ต่าง ๆ จะอยู่กลางแจ้ง มีเฉพาะอุปกรณ์ควบคุม และ 22 KV Switchboard อยู่ภายในอาคารเท่านั้น พื้นที่สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า 2 ชุด ใช้ขนาดประมาณความกว้าง 35 เมตร ความยาว 40 เมตร โดยในพื้นที่ดังกล่าวมีอาคารควบคุมขนาดประมาณ ความกว้าง 6

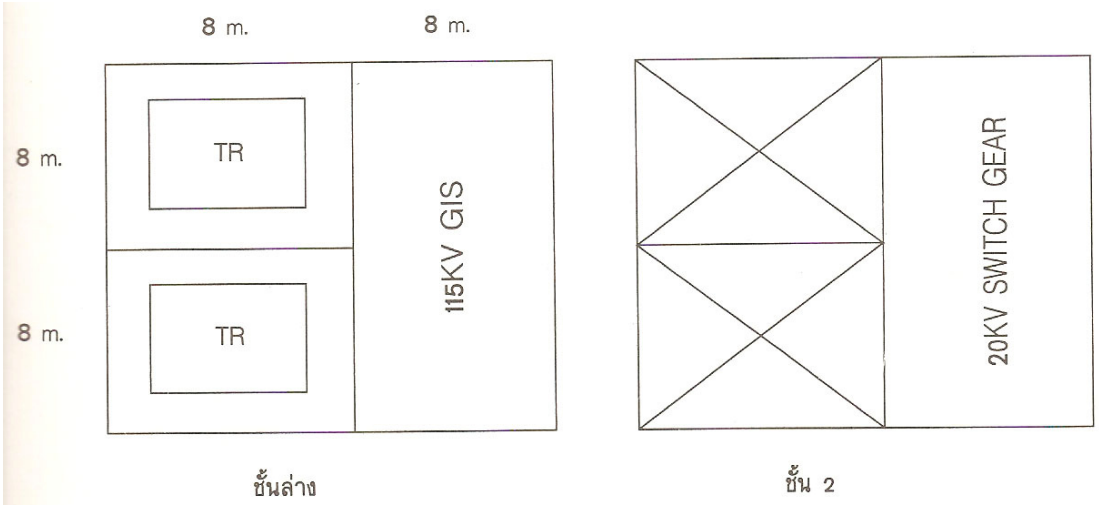


รูป 115 KV OUTDOOR SUBSTSTION LAY OUT

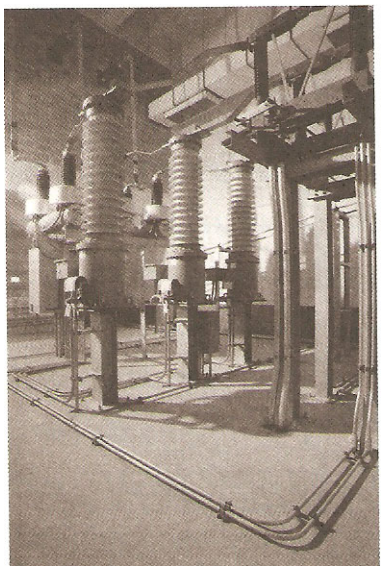
เมตร ความยาว 12 เมตร

ข. สถานีเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าชนิดภายในอาคาร (Indoor)

อุปกรณ์ที่ให้เลือกใช้มี 2 แบบ คือ 69 KV หรือ 115 KV Switchgear ชนิดธรรมดาหรืออีกชนิดก็คือ แบบ GIS แต่สถานีทั้ง 2 แบบ หม้อแปลงไฟฟ้าจะยังคงใช้ชนิดเดียวกันได้ โดยทั่วไปหม้อแปลงไฟฟ้าจะต้องติดตั้งอยู่ที่ระดับพื้นดินอาจจะกำหนดให้อยู่ภายนอกอาคารมีรั้วล้อมรอบหรือมีหลังคาคุม โดยกำแพงโดยรอบทุกด้านโปร่งสามารถถ่ายเทอากาศได้โดยสะดวก เพื่อการระบายความร้อนของหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาดของอาคารสำหรับหม้อแปลง 2 ชุด โดยประมาณ คือ กว้าง 16 เมตร ยาว 16 เมตร สูง 10 เมตร แต่อย่างไรก็ตามขนาดห้องควรให้วิศวกร ทำการตรวจสอบกับขนาดของหม้อแลงไฟฟ้าอีกครั้ง



รูปแสดงผังแสดงการจัด 115 KV Substation



รูป 115 KV Indoor Substation

นอกจากการจัดห้องดังกล่าวแล้ว ภายในห้องหม้อแปลงจะต้องมีบ่อ เพื่อรองรับน้ำมันในกรณีที่เกิดการรั่ว โดยอาจจะจัดถังเก็บฝังดินในบริเวณใกล้เคียง ทั้งนี้เพื่อป้องกันการลุกลามของการเกิดไฟไหม้จากน้ำมัน กำแพงห้องต่าง ๆ รวมถึงประตูห้องจะต้องกันไฟไหม้ลามได้นานไม่ต่ำกว่า 2 ชั่วโมง

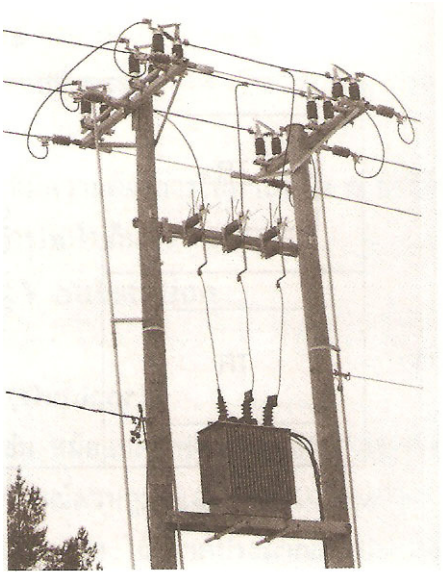
การเตรียมพื้นที่ให้ 24 KV หรือ 33 KV Substation

รูปแบบของการจัดเตรียม จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลาย ๆ อย่างแต่ทั้งนี้จะขอจัดองค์ประกอบตามลักษณะของการจ่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าต่าง ๆ

ก. ระบบจ่ายไฟฟ้าชนิดสายอากาศ

- หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดน้ำมันติดตั้งบนเสา

เป็นลักษณะหนึ่งที่มีให้เห็นอยู่ทั่วไป สำหรับขนาดการใช้ไฟฟ้าไม่ใหญ่มากนัก อุปกรณ์ป้องกันจะเป็นชุดประกอบบนเสา เป็นรูปแบบที่จะคำนึงถึงประโยชน์การใช้งานเป็นหลัก โดยความสวยงามเป็นรอง ต้นทุนการติดตั้งไม่แพงเกินไปนัก



รูปหม้อแปลงติดตั้งบนเสา

- หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดน้ำมันติดตั้งบนพื้นดินภายนอกอาคาร

เป็นลักษณะเดียวกัน แต่ขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าใหญ่เกินจะติดตั้งบนเสา โดยทั่วไปจะแนะนำให้ใช้กับหม้อแปลงขนาดตั้งแต่ 1000 KVA เป็นต้นไป

ขนาดของรั้วหม้อแปลงจะขึ้นอยู่กับขนาดของ

รูปหม้อแปลงบนดินพร้อมรั้ว

หม้อแปลงไฟฟ้า โดยทั่วไปจะมีขนาดโดยประมาณ กว้าง 4.50 เมตร และยาว 5.00 เมตร รั้วจะทำเป็นลักษณะลวดตาข่าย (Chain - link) สูงประมาณ 2.00 เมตร ฐานหม้อแปลงเป็นฐานคอนกรีตรอบ ๆ ฐานภายในรั้วจะโรยด้วยหินกรวด

- หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแห้งติดตั้งภายในอาคาร

ในกรณีส่วนใหญ่จะใช้ภายในเขตตัวเมืองโดยเฉพาะเขตการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งไม่ได้อยู่ในเขตวงจรสายใต้ดิน ลักษณะเช่นนี้จะต้องจัดเตรียมห้องสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง และหม้อแปลงชนิดแห้งหรือชนิดไม่ติดไฟ สถานที่ตั้งควรอยู่ในบริเวณที่สามารถขนถ่ายอุปกรณ์หนัก ๆ ได้ง่าย ทั้งนี้ไม่จำเป็นต้องอยู่บนชั้นล่าง กรณีที่ต้องอยู่ชั้นใต้ดินก็ไม่ควรจะอยู่ชั้นสุดท้าย หากมีชั้นใต้ดินเพียงชั้นเดียวก็ควรหลีกเลี่ยงเช่นกัน ทั้งนี้เพื่อป้องกันปัญหาที่เกิดจากน้ำท่วม ซึ่งเกิดปัญหาในทุกโครงการ แม้ว่าโครงการนั้นจะมีระบบสูบน้ำที่ดีเพียงใดก็ตาม

รูปแสดง Substation ชนิดมีตู้หม้อแปลง

ข. ระบบจ่ายไฟฟ้าในเขตวงจรสายใต้ดิน

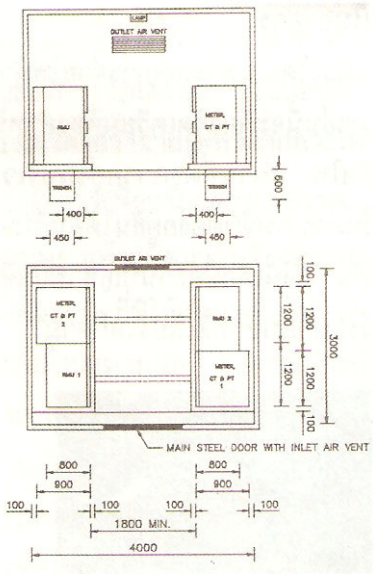
การเตรียมการรับไฟฟ้าในเขตวงจรสายใต้ดินนั้น จะมีเฉพาะในเขตการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง ในเขตที่กำหนดเท่านั้นโดยเขตนั้น ๆ สามารถให้วิศวกรตรวจสอบกับการไฟฟ้านครหลวงเขตที่รับผิดชอบได้ เมื่อโครงการอยู่ในเขตดังกล่าว การเตรียมการต้องเพิ่มพิเศษโดยมีห้อง Ringmain unit และอุปกรณ์วัดการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอีก 1 ห้อง ห้องและอุปกรณ์ดังกล่าว การไฟฟ้านครหลวงจะเป็นผู้ถือสิทธิการครอบครอง และเป็นผู้ถือกุญแจห้องแต่ผู้เดียว พร้อมสิทธิจำยอมของเจ้าของโครงการที่ต้องอนุญาตให้ผู้ปฏิบัติงานของการไฟฟ้า ฯ เข้าปฏิบัติงานได้ทุกเวลา สถานที่ตั้งของห้องจะต้องอยู่ที่ระดับพื้นดินหรือชั้นล่าง กรณีที่ไม่สามารถจัดทำให้มีชั้นล่าง จะต้องยื่นขออนุญาตปรับตำแหน่งที่ตั้งให้การไฟฟ้า ฯ อนุมัติ แต่ทั้งนี้ห้องจะต้องอยู่ไม่สูงกว่าหรือต่ำกว่าชั้นล่าง 1 ชั้น โดยรถปฏิบัติการของการไฟฟ้า ฯ ต้องเข้าถึงหน้าห้องได้

ขนาดของห้อง Ringmain unit ขึ้นกับขนาดการใช้ไฟฟ้าของโครงการ ดังนี้

- ขนาดอย่างต่ำกว้าง 3 เมตร ยาว 3.50 เมตร สูง 3.00 เมตร สำหรับการใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 4000 KVA

- ขนาดอย่างต่ำกว้าง 3 เมตร ยาว 4.00 เมตร สูง 3.00 เมตร สำหรับการใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 8000 KVA ทั้งนี้ต้องดูประตูสำหรับการขนถ่ายอุปกรณ์ประกอบด้วย

- ขนาดอย่างต่ำกว้าง 4.00 เมตร ยาว 4.00 เมตร สำหรับการใช้ไฟฟ้าเกิน 8000 KVA



รูปแสดงการจัดห้อง RMU ตามการไฟฟ้านครหลวง

การจัดหม้อแปลงไฟฟ้าและแผงเมนแรงต่ำ

การจัดห้องจะมีระยะกำหนดบางประการที่เป็นกฎเกณฑ์ ต้องปฏิบัติโดยทั่วไปดังนี้

ก. ระยะห่างต่าง ๆ จากกำแพงห้อง

- ระยะห่างรอบแผงไฟฟ้าหลักอย่างต่ำ 1.00 เมตร

- ระยะห่างด้านหน้าแผงไฟฟ้าหลักอย่างต่ำ 2.00 เมตร

- ระยะห่างรอบตู้หม้อแปลงไฟฟ้าอย่างต่ำ 1.00 เมตร

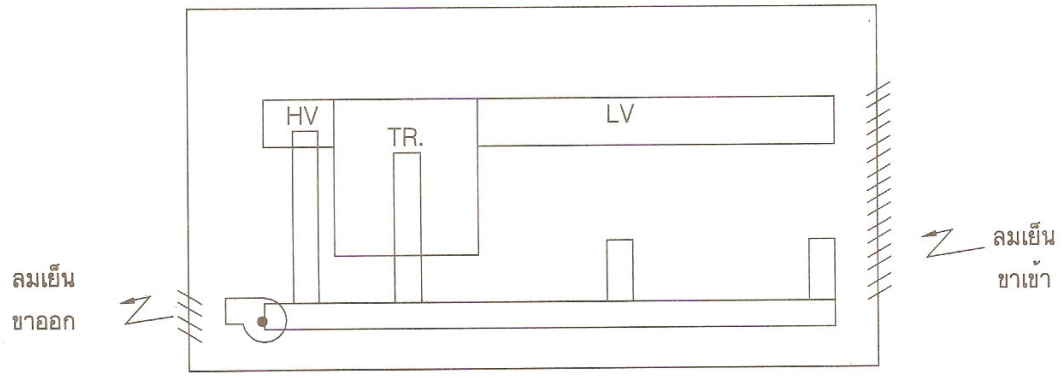
- ระยะห่างอย่างน้อย 1 ด้านของตู้หม้อแปลงไฟฟ้าอย่างน้อย 2.50 เมตร

- ภายในห้องจะต้องมีลู่ทางขนถ่ายอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดใหญ่สุด หรือคือหม้อแปลงไฟฟ้าได้สะดวก

ขนาดของห้องที่มีระยะต่ำที่สุด สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า 1 ชุด พร้อมแผงไฟฟ้าหลัก และอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง โดยประมาณกว้างอย่างน้อย 6.00 เมตร ยาวอย่างน้อย 10 เมตร

ข. ระบบระบายอากาศ

ห้องไฟฟ้าหลักโดยทั่วไปจะใช้วิธีระบายอากาศ มีน้อยโครงการที่ใช้ระบบปรับอากาศ ระบบระบายอากาศที่ดีจะต้องระบายความร้อนที่จุดกำเนิด คือหม้อแปลงออกไปทิ้งนอกห้อง โดยนำวิธีการเดินท่อลมมาใช้



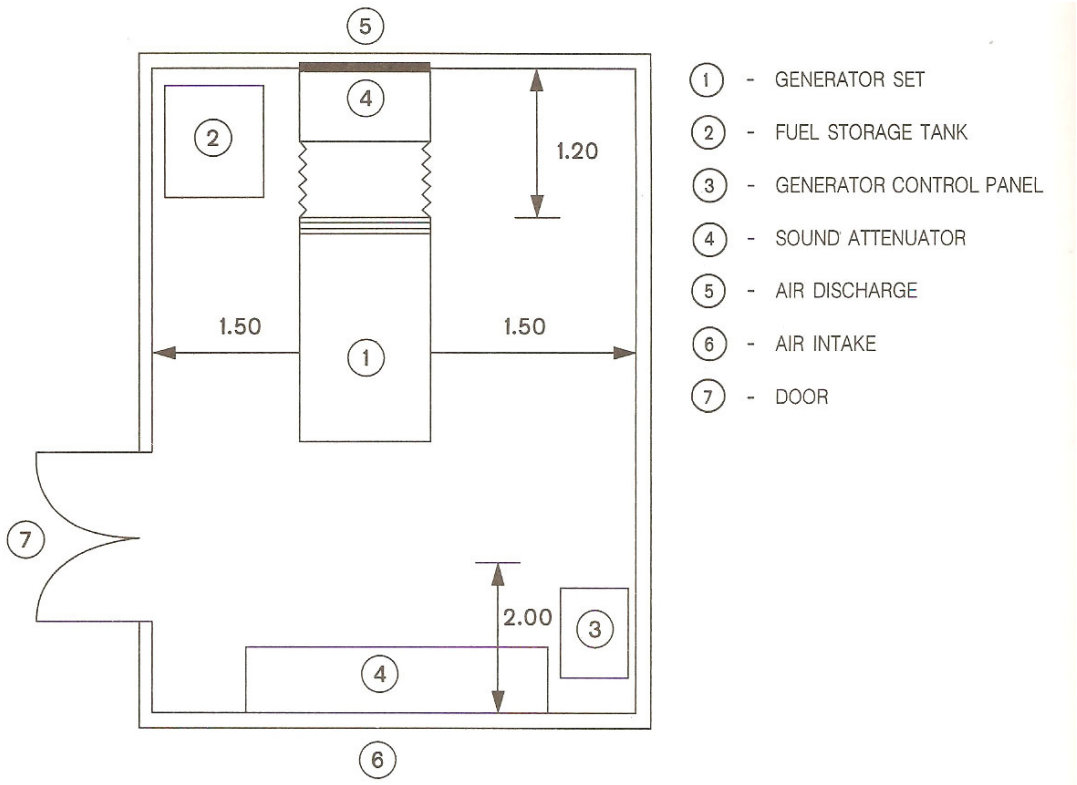
รูปแสดงการระบายอากาศของห้องไฟฟ้าหลัก

การจัดทิศทางของลมภายในห้องมีความสำคัญ เช่นเดียวกันจะต้องกำหนดทิศทางของลมเย็นเข้าห้อง และทิศทางของลมร้อนเป่าออกจากห้อง รวมถึงตำแหน่งหัวดูดลมภายในห้อง ซึ่งต้องจัดให้ไม่มีจุดอับลม (Dead zone) เกิดขึ้นภายในห้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องไม่มีจุดอับลมบริเวณหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาดของพัดลมต้องคำนวณจากขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาดช่องลมเข้าโดยทั่วไป จะให้มีขนาดประมาณ 3 – 4 เท่าของช่องลมร้อนออก

การจัดเตรียมห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ในการเตรียมห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ผู้ออกแบบควรจะต้องคำนึงความต้องการพื้นฐานของโครงการ และคุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในด้านต่าง ๆ ดังนี้

- การจัดห้องที่เหมาะสม
- การป้องกันเสียง
- การระบายอากาศ และความร้อน
- ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง



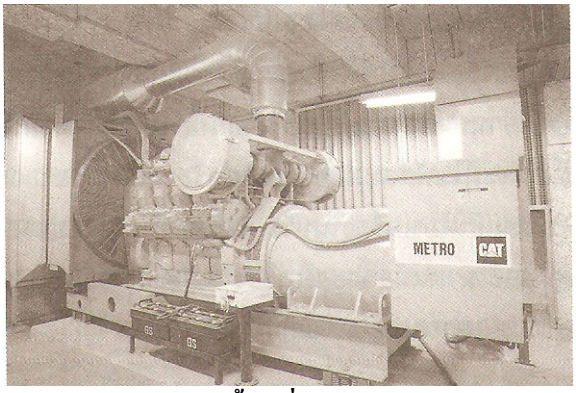
รูป Generator Room Layout

ก. การ จัดห้องที่เหมาะสม

การจัดห้องก่อนอื่นจะต้องดูลู่ทางการขนถ่ายเครื่องกำเนิดไฟฟ้าว่าเป็นอย่างไร เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ ๆ ไม่ควรจะไว้ในชั้นของอาคารที่สูง ๆ กรณีที่จำเป็นจริง ๆ ก็ไม่ควรให้ห้องเครื่องสูงเกิน 30 เมตรจากพื้นดิน ทั้งนี้บริเวณที่ยกเครื่องขึ้นนั้น ต้องมีพื้นที่ที่ระดับดินให้รถยกเข้าทำงานได้ โดยทั่วไปต้องกว้างอย่างน้อย 8 เมตร ความยาวพอให้รถบรรทุกเครื่อง และรถยกเข้าจอดได้ อาจตะต้องไม่ต่ำกว่า 40 เมตร

ภายในห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าควรจะมีพื้นที่เหลือด้านข้างระหว่างเครื่อง และกำแพงห้องไม่ต่ำกว่า 1 เมตร ส่วนบริเวณท้ายเครื่องไม่ควรต่ำกว่า 2.50 เมตร ความสูงของห้องจากพื้นถึงใต้คาน โดยประมาณสูง 3.50 เมตร และไม่ต้องการให้มีฝ้าเพดานแต่อย่างใด

เนื่องจากห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีเชื้อเพลิงเก็บอยู่ดังนั้น กำแพงห้องทุกด้านรวมถึงประตูจะต้องสามารถทนไฟได้ไม่ต่ำกว่า 2 ชั่วโมง ขนาดของประตูห้องควรใหญ่พอจะขนชิ้นอะไหล่ผ่านเข้าออกได้สะดวก กรณีที่จะมีการขนเครื่องเข้าติดตั้งหรือยกออก อาจใช้วิธีทุบกำแพงออก และก่อกลับคืนภายหลัง ในกรณีที่ทุบกำแพงไม่สะดวกต่อการใช้งานของอาคาร จะต้องเตรียมประตูบานใหญ่และสูงพอขนเครื่องเข้า – ออกได้



รูปงานติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ข. ระบบป้องกันเสียง

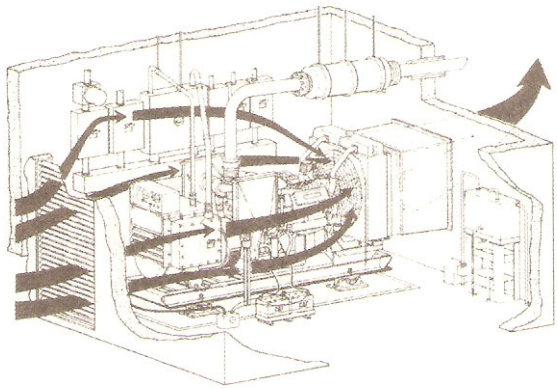
เสียงที่เกิดขึ้นภายในห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อวัดที่ระยะห่างจากตัวเครื่อง 1 เมตร จะมีความดังประมาณ 110 – 120 dB ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้อยู่ใกล้ เสียงต่าง ๆ สามารถลอดออกนอกห้องเครื่องได้ 4 ทาง คือ ผ่านกำแพง, เพดาน หรือพื้นห้อง ผ่านช่องลมเข้าห้อง ผ่านช่องลมออกห้องและผ่านทางท่อไอเสีย

รูปงานติดตั้งแสดง Sound Attenuator

การป้องกันเสียงผ่านกำแพง และเพดานสามารถทำได้โดยการบุผนังห้องและเพดานห้องด้วยวัสดุดูดซับเสียง เช่น Rock Wool, Fibre Glass, Celocrete การป้องกันเสียงทางด้านลมเข้าห้องและออกห้อง ทำโดยการเพิ่มอุปกรณ์ดูดซับเสียงชนิดให้ลมผ่านได้สะดวกที่เรียกว่า Sound Attenuator การจัดการเสียงทางท่อไอเสียทำโดยการเพิ่มท่อพักไอเสียชนิดดูดซับเสียง ห้องที่ป้องกันเสียงได้อย่างดี เมื่อวัดภายนอกห้องที่ระยะ 1 เมตร จากผนังห้องจะมีความดังประมาณ65 – 70 dB ในกรณีที่จะลดระดับเสียงลงอีก ทำโดยเพิ่มกำแพงเป็น 2 ชั้น (Double Wall) หรือให้มีทางเดินกั้นระหว่างห้องเครื่องและห้องอื่น ๆ

ค. การระบายอากาศ และความร้อน

ความร้อนที่ออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกมาด้วยกัน 3 ทาง คือ ทางท่อไอเสีย ทางระบบระบายความร้อนด้วยน้ำผ่านหม้อน้ำ และความร้อนที่ถ่ายเทจากตัวเครื่องสู่อากาศ ภายในห้องความร้อนส่วนที่ผ่านหม้อน้ำ จะมีใบพัดลมต่อจากแกนเครื่องยนต์เป่าอากาศผ่านหม้อน้ำออกไปยังนอกห้อง นั่นคือจะต้องมีลมผ่านเข้าห้องเครื่องในปริมาณที่เท่ากัน ปกติช่องลมออกของห้องเครื่องจะให้มีขนาดประมาณ 1.2 เท่าของขนาดหม้อน้ำของเครื่อง และช่องลมเข้าห้องจะให้มีความเร็วของลมเข้าลดลง โดยมีพื้นที่ประมาณ 2 เท่าของช่องลมออก



รูปแสดงการจัดช่องลมเข้าออก

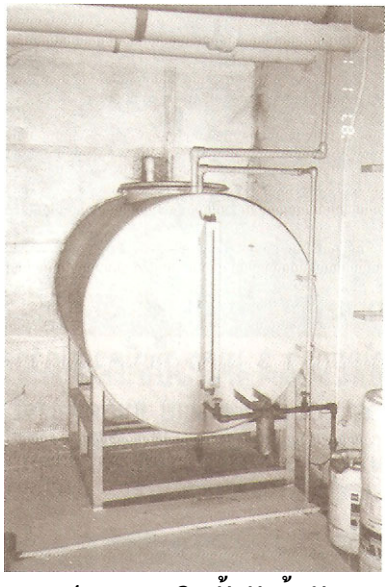
เนื่องจากห้องเครื่องต้องการลมเข้าห้องจำนวนมาก ดังนั้น เพื่อความสะดวกห้องเครื่องควรอยู่ริมอาคารช่องลมเข้าจะต้องอยู่ในทิศที่ลมสามารถผ่านนำความร้อนจากตัวเครื่องผ่านไปยังพัดลมและหม้อน้ำออกสู่ช่องลมออก ดังนั้นช่องลมเข้าที่ดีที่สุดควรอยู่ด้านท้ายเครื่อง กรณีที่ช่องลมเข้าต้องอยู่กำแพงด้านข้างเครื่อง ช่องลมควรจะจัดให้อยู่ค่อนไปทางท้ายเครื่องให้มากที่สุด การจัดห้องควรหลีกเลี่ยงไม่ให้ช่องลมเข้า และช่องลมออกอยู่บนกำแพงด้านเดียวกัน เพราะจะทำให้เกิดการลัดวงจรของลมระบายความร้อน

ในกรณีที่ช่องลมเข้าไม่สามารถอยู่ด้านริมอาคารไม่ควรให้มีการดูดลมผ่านห้องเครื่องอื่น ๆ หรือห้อง Work Shop ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยจากเพลิงไหม้ ควรจะให้ดูดลมจากทางเดินสาธารณะที่มีช่องเปิดออกสู่ภายนอกอาคาร

ง. ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง

การใช้งานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับชนิด และความสำคัญของอาคาร ตลอดจนความยาก หรือง่ายในการจัดหาน้ำมันให้ทันใช้งานในขณะไฟฟ้าดับ อาคารทั่วไปจะให้เครื่องยนต์มีน้ำมันสำรองได้ 8 ชั่วโมง เครื่องยนต์อาจจะมีถัง Day Tank ภายในห้องเครื่องก็เป็นการเพียงพอ สำหรับอาคารที่มีความสำคัญและขนาดเครื่องใหญ่ ปริมาณน้ำมันจะต้องสำรองมากกว่า 24 ชั่วโมง จำเป็นต้องมีถังน้ำมันเหล็ก (Storage Tank) อยู่ภายนอกห้องเครื่อง ขนาดของถังจะใช้ขนาด

มาตรฐานประมาณ 20,000 ลิตร ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการจัดหาน้ำมันด้วย เนื่องจากการสั่งน้ำมันปริมาณมากจะใช้ส่งโดยรถขนน้ำมันที่มีการกำหนด Minimum Order เช่น 10,000 ลิตร เป็นต้น ตามกฎหมายถังน้ำมันดังกล่าวจะต้องฝังดิน เช่นเดียวกับสถานีจำหน่ายน้ำมันทั่วไป การติดตั้งจะฝังให้อยู่ห่างจากตอหม้อของอาคารไม่น้อยกว่า 10 เมตร โดยจะต้องอยู่ที่ระดับพื้นดิน ไม่จัดให้อยู่ภายในอาคาร และบริเวณ Storage Tank จะต้องมีห้อง Pump น้ำมัน ขนาดห้องอยู่กับปริมาณการใช้งาน แต่ทั่วไปขนาดประมาณ 2 × 2.5 เมตร บริเวณถังใต้ดินจะต้องมีท่ออากาศจากถังน้ำมันยกสูงขึ้นไปจากระดับพื้นดินประมาณ 3 เมตร สถาปนิกจึงควรจัดเตรียมการจัดรูปด้านอาคารให้เหมาะสม



รูปแสดการติดตั้งถังน้ำมัน

การจัดเตรียมห้องในระบบชุมสายโทรศัพท์ในอาคาร

สำหรับโครงการขนาดใหญ่ ๆ ที่มีความต้องการใช้ระบบโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยจำนวนมาก การออกแบบอาคารจะต้องมีการจัดเตรียมห้องให้เป็นห้องต่อสายโทรศัพท์หรือห้องเครื่องชุมสายย่อยโทรศัพท์ ห้องและสถานที่ตั้งจะแล้วแต่ความต้องการของโทรศัพท์ดังนี้

ก.ความต้องการเลขหมายโทรศัพท์ที่ไม่เกิน 400 เลขหมาย ในกรณีนี้ปกติโครงการจัดเตรียมเฉพาะห้องต่อสายโทรศัพท์เท่านั้น ยกเว้นในสถานที่ตั้งโครงการอยู่ห่างไกล หรืออยู่ในเขตที่ไม่มีระบบโทรศัพท์เข้าถึง ห้องต่อสายโทรศัพท์สามารถอยู่ในห้องเดียวกับห้องเครื่องโทรศัพท์ (PABX) โครงการได้ ขนาดของห้องโทรศัพท์พอจะประมาณทั่วไปดังนี้

- ห้องเครื่อง PABX ขนาดไม่เกิน 100 เลขหมาย มีขนาดห้องประมาณ 1.5 เมตร × 2.0 เมตร
- ห้องเครื่อง PABX ขนาดไม่เกิน 500 เลขหมาย มีขนาดห้องประมาณ 2 เมตร × 2.5 เมตร และห้องพนักงานรับโทรศัพท์ 2.5 เมตร × 3.0 เมตร

- ห้องเครื่อง PABX ขนาดไม่เกิน 1000 เลขหมาย มีขนาดห้องประมาณ 2.5 เมตร × 4 เมตร และห้องพนักงานรับโทรศัพท์ 5 เมตร × 3 เมตร

- ห้องเครื่อง PABX ขนาดไม่เกิน 2000 เลขหมาย มีขนาดห้องประมาณ 2.5 เมตร × 6 เมตร และห้องพนักงานรับโทรศัพท์ 8 เมตร × 4 เมตร

ความสูงของห้องต้องไม่น้อยกว่า 3 เมตร และขนาดห้องที่กำหนดไว้โดยประมาณนี้ยังจะต้องพิจารณาเหตุผลอื่น ๆ ประกอบ ดังนั้น จึงควรปรึกษาวิศวกรผู้ออกแบบอีกครั้งหนึ่ง

ข. ความต้องการเลขหมายที่เกิน 400 เลขหมาย ในกรณีนี้หากโครงการตั้งอยู่บริเวณที่มีชุมสายโทรศัพท์ในบริเวณใกล้เคียงที่มีขนาดเหลือมากพอจะจ่ายเลขหมายให้โครงการแล้ว การจัดเตรียมห้องจะเป็นแบบเดียวกันกับที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ในกรณีทั่วไปแล้ว โครงการต้องจัดเตรียมห้องชุมสายย่อยไว้ให้องค์การโทรศัพท์เข้าทำการติดตั้งอุปกรณ์ชุมสายย่อย (RSU) ไว้ภายในโครงการ โดยมีความต้องการของห้องดังนี้

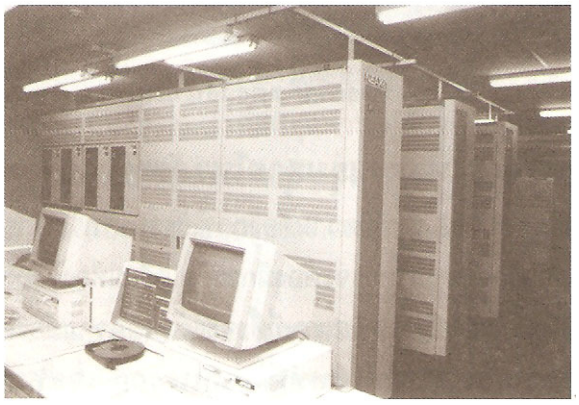
- สถานีที่ตั้งทั่วไปกำหนดไว้ที่ชั้นระดับดินหรือสูงกว่า หรือต่ำกว่าระดับดิน 1 ชั้น

- ไฟฟ้ากำลังของระบบจะต้องรับโดยตรงจากการไฟฟ้า ฯ

- ขนาดห้องสำหรับเลขหมายจำนวนไม่เกิน 4000 เลขหมาย ประมาณ 5 เมตร × 9 เมตร ห้องมีความสูงจากพื้นถึงใต้คานไม่น้อยกว่า 3 เมตร ทั้งนี้ความกว้างยาวเป็นระยะต่ำสุดตายตัว

- กรณีเลขหมายมากกว่า 4000 เลขหมาย ขนาดห้องจะเป็น 10 เมตร × 9 เมตร

- ห้องจะต้องอยู่ในสถานที่ที่รถบริการและรถขนส่งเข้าออกได้โดยสะดวก



รูปแสดงชุมสาย RSU

การจัดเตรียมห้องควบคุมงานระบบอาคาร

อาคารที่มีขนาดใหญ่และทันสมัยมากเท่าใด การดูแลรักษาสภาพของอาคารรวมถึงระบบของอาคารให้อยู่ในสภาพที่สนองตอบการใช้งานยิ่งมีความละเอียดอ่อนและยุ่งยากมากขึ้นเป็นเงาตามตัว อุปกรณ์ควบคุมและทีมงานที่มีหน้าที่ดูแลยังต้องการพื้นที่ทำงานที่เป็นสัดส่วน หลาย ๆ โครงการในอดีตบุคลากรเหล่านี้ต้องยึดพื้นที่จอดรถของอาคารใช้ทำห้องทำงาน บางครั้งใช้เป็น Workshop

เพราะไม่ได้มีการจัดเตรียมพื้นที่ให้ ผู้ลงทุนในบางโครงการมองเห็นส่วนงานดูแลรักษาเป็นส่วนงานที่มีแต่ความสิ้นเปลือง หรือมีแต่รายจ่ายไม่ได้สร้างรายรับให้การลงทุน บางครั้งเริ่มนับตั้งแต่ต้นทุนที่เสียไปให้กับพื้นที่ห้องทำงาน ห้องต่าง ๆ จึงมักถูกจัดไว้ในช้องชั้นใต้ดิน บางที่เป็นซอกมุมต่าง ๆ กันไป ผลสุดท้ายอาคารต่าง ๆ จึงทรุดโทรมลงไป ผู้เช่าอาคารจึงพากันย้ายออกสู่อาคารใหม่ ๆ ที่ระบบยังไม่ทรุดโทรมเป็นเช่นนี้เรื่อย ๆ ไป ยกเว้นแต่อาคารให้ความสำคัญต่อการรักษาสภาพงานระบบที่ลูกค้ายังอุดหนุนอยู่หนาแน่น

ห้องที่จำเป็นต่อการควบคุมดูแลระบบ พอจะแบ่งออกได้ดังนี้

รูปแสดงห้องระบบรักษาความปลอดภัย

1. ห้องระบบรักษาความปลอดภัย ภายในห้องประกอบด้วยระบบ ทีวีวงจรปิด, ระบบเตือนภัยต่าง ๆ ระบบเตือนภัยลิฟท์, ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้, ระบบสื่อสารพนักงานดับเพลิง และพนักงานรักษาความปลอดภัย ในต่างประเทศห้องนี้จะถูกจัดให้อยู่ที่ชั้นล่าง บริเวณทางเข้าหลักเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ พนักงานดับเพลิงจากภายนอกจะเข้าใช้ห้องนี้เป็นศูนย์บัญชาการดับเพลิง หรือหาข้อมูลอาคารเพื่อการดับเพลิง ขนาดของห้องขึ้นอยู่กับจำนวนอุปกรณ์ที่มีอยู่ ขนาดของห้องอย่างน้อยควรเหมาะสำหรับ 2 คนทำงานได้ โดยขนาดไม่ต่ำกว่า 3 เมตร × 5 เมตร หากห้องจัดอยู่ในชั้นอื่นที่ใช่ทางเข้าชั้นล่าง ห้องควรมีพื้นที่ใหญ่ขึ้นควรจะมีขนาดประมาณ 4 เมตร × 6 เมตร เป็นอย่างน้อย ห้องควรจะจัดทำระบบพื้นยกสูงไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร เพื่อความสะดวกในการเดินสายต่าง ๆ

รูปแสดงห้อง BAS

2. ห้องควบคุมอาคาร ในอาคารสมัยใหม่ที่มีระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ บางครั้งการจัดอุปกรณ์ของอาคารไว้ในห้องควบคุมบางอย่าง เราอาจให้อุปกรณ์หลาย ๆ ชนิดย้ายจากห้องระบบรักษาความปลอดภัยไปไว้ในห้องควบคุมอาคารที่มีช่างเทคนิคช่วยดูแล เช่น ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ โดยให้มีชุด Remote annunciator หรือชุดแจ้งเหตุรองไว้ที่ห้องอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยแทนห้องควบคุมอาคารจะดูเป็นหัวใจของการดูแลรักษาอาคาร ขนาดห้องควรจัดไว้ประมาณ 5 เมตร × 8 เมตร พร้อมระบบพื้นที่ยกสูงไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร

3. ห้องทำงานวิศวกรและช่างเทคนิค ขนาดของห้องขึ้นกับขนาดของโครงการ โดยจะกำหนดได้จากจำนวนช่างบำรุงรักษาที่จำเป็นสำหรับโครงการ ขนาดห้องที่แนะนำให้จัดไว้ในเบื้องต้นประมาณ 6 เมตร ×10 เมตร

4. Workshop & storage ขนาดของ Workshop จะขึ้นกับขนาดของโครงการ และยังขึ้นอยู่กับชนิดของโครงการ เช่น หากเป็นหอพักอาศัย Workshop จะมีงานไม่มากและไม่บ่อยนัก หากห้องจะเล็ก ๆ ก็เพียงพอ หากเป็นห้างสรรพสินค้าหรือหอแสดงสินค้าและจัดนิทรรศการ งานใน Workshop จะมีมากทั้งงานไม้งานเหล็ก งานปูนต่าง ๆ รวมถึงห้องเก็บของต่าง ๆ จะมีขนาดใหญ่ขึ้นเป็นเงาตามตัว ขนาดห้องพอแนะนำในเบื้องต้น ดังนี้

ก) หอพัก, คอนโดมิเนียม ขนาด Workshop & storage 80 ตารางเมตร

ข) อาคารสำนักงาน ขนาดกลางถึงใหญ่ ขนาด Workshop & storage 120 ตารางเมตร

ค) ห้างสรรพสินค้า / ศูนย์การค้าขนาดปานกลาง Workshop 250 ตารางเมตร Storage ไม่ต่ำกว่า 150 ตารางเมตร

ง) ห้างสรรพสินค้า / ศูนย์การค้าขนาดใหญ่ Workshop 250 ตารางเมตร Storage ไม่ต่ำกว่า 300 ตารางเมตร

โครงการต่าง ๆ ที่สามารถจัดห้องและช่องท่อให้งานระบบไฟฟ้าสื่อสารรวมถึงห้องควบคุมดูแลรักษาอาคารได้ครบถ้วนจะนับได้ว่าเป็นโครงการชั้นดีที่ได้ผู้ออกแบบอาคารได้อย่างสมบูรณ์ และเชื่อได้ว่าผลของการลงทุนจะทำให้มูลค่าของโครงการคงอยู่หรือเพิ่มคุณค่าของอาคารได้และที่แน่ ๆ คือไม่มีปัญหาต่องานก่อสร้างและการใช้งานอาคาร

ระบบป้องกันอัคคีภัย

ระบบป้องกันอัคคีภัย

วัตถุประสงค์หลักของการป้องกันอัคคีภัย

* เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร
* เพื่อความปลอดภัยของทรัพย์สิน
* เพื่อความต่อเนื่องในการดำเนินกิจการ

ความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร

ในการออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัย สิ่งสำคัญอันดับแรกที่ต้องพิจารณา คือ ความปลอดภัยต่อชีวิตของผู้ใช้อาคาร การพิจารณาระบบป้องกันอัคคีภัย เช่น ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ระบบทางหนีไฟ ระบบระบายควันไฟ ระบบดับเพลิง การแบ่งพื้นที่กันไฟ (Fire Compartment) ด้วยวัสดุทนไฟ การเลือกใช้วัสดุที่ไม่ติดไฟ หรือลามไฟน้อยมาใช้อาคาร จะต้องพิจารณาร่วมกันกับข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของอาคาร ผู้ใช้อาคาร และช่วงเวลาที่ดำเนินกิจกรรมในอาคาร เช่น โรงเรียนอนุบาลผู้ใช้อาคารส่วนใหญ่ คือ เด็กเล็ก หรือ โรงพยาบาล เปิดบริการ 24 ชั่วโมง ดัง

ชีวิตจะปลอดภัยมากขึ้นหากมีการป้องกันอัคคีภัย

นั้นเจ้าของโครงการ สถาปนิก วิศวกรจะต้องนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดมาพิจารณาในเบื้องต้น พร้อมกันกับการกำหนดพื้นที่ใช้สอยของอาคาร ซึ่งจะทำให้ได้อาคารที่ปลอดภัยต่อชีวิตในเงินลงทุนที่เหมาะสม และสามารถใช้งานได้ตามต้องการ

ความปลอดภัยของทรัพย์สิน

การออกแบบ การติดตั้ง การทดสอบ และการบำรุงรักษาระบบป้องกันอัคคีภัยให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานได้ตลอดเวลาจะช่วยลดการสูญเสียทรัพย์สินอันเนื่องมาจากเพลิงไหม้ได้อย่างมาก เช่น เมื่อเกิดเพลิงไหม้ ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง (Sprinker System) จะทำการฉีดน้ำออกมาดับเพลิงโดยอัตโนมัติ ทำให้สามารถดับเพลิงและควบคุมเพลิงให้สงบในบริเวณที่เกิดเพลิงไหม้ได้อย่างรวดเร็ว ทรัพย์สินจึงเสียหายเล็กน้อย ส่วนระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm System) จะส่งสัญญาณไปยังศูนย์ควบคุมการดับเพลิงของอาคาร เพื่อบอกตำแหน่งของบริเวณที่เกิดเพลิงไหม้ เพื่อที่จะสั่งการดับเพลิง เตือนภัยและอพยพคนออกจากอาคารพร้อมทั้งส่งพนักงานดูแลด้านความปลอดภัยไปยังสถานที่เกิดเหตุในทันที เพื่อตรวจสอบและรายงานสภาพของเพลิงไม้ และทำการดับเพลิงด้วยเครื่องดับเพลิงแบบมือถือหรือหัวฉีดน้ำดับเพลิงในกรณีที่เพลิงไหม้ยังมีขนาดเล็กและในขณะนั้นหัวกระจายน้ำดับเพลิงยังไม่ทำงาน การแจ้งเหตุเพลิงไหม้และการดับเพลิงได้อย่างมีประสิทธิภาพทำให้ควันไฟและความร้อนจากการเผาไหม้เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย ทำให้ใช้น้ำในการดับเพลิงน้อย ทรัพย์สินภายในอาคารที่เกิดเพลิงไหม้จึงเสียหายน้อยมาก ทรัพย์สินส่วนใหญ่จึงมีความปลอดภัยมากขึ้น

อัคคีภัยที่ควบคุมไม่ได้ทำลายทรัพย์สินและอาคารจนย่อยยับ

ความต่อเนื่องในการดำเนินกิจการ

หากเพลิงไหม้เผาผลาญอาคารและทรัพย์สินจนเสียหายอย่างมาก แน่นอนว่าอาคารหลังนั้นต้องถูกปิดไม่ให้ใช้งาน กิจการและธุรกิจที่ดำเนินการอยู่ต้องหยุดชะงักลง ทำให้กิจการขาดรายได้

คนตกงาน สูญเสียลูกค้าเดิม คู่แข่งทางการค้าได้เปรียบขึ้น การบูรณะอาคารเดิมให้ใช้ได้ หรือการสร้างอาคารใหม่ต้องอาศัยเงินลงทุนสูงและเสียเวลามาก การพิจารณาออกแบบและติดตั้งระบบป้องกันอัคคีภัยที่เหมาะสม จึงเป็นการป้องกันและคุ้มครองให้กิจการนั้นสามารถดำรงอยู่และดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง

หลักการออกแบบอาคารให้ปลอดภัยจากอัคคีภัย

การออกแบบอาคารที่ดีโดยทั่วไป จะประกอบด้วยส่วนที่เรียกว่า Passive และส่วนที่เรียกว่า Active

ส่วน Passive หมายถึง การออกแบบอาคารจะต้องคำนึงถึงการควบคุมไม่ให้ควันไฟ และเปลวไฟลุกลามจากเขตที่เกิดเพลิงไหม้ (Fire Zone) ไปยังส่วนอื่นของอาคารการออกแบบนี้จะรวมถึงโครงสร้างของอาคารต้องปลอดภัย และการอพยพคนออกจากอาคารต้องเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัย ดังนั้น การวางตัวอาคาร การกำหนดระยะห่างของอาคาร การจัดระบบการจราจรของรถ การจราจรของคน การจัดแนวผนังกันไฟ การจัดทางหนีไฟ การจัดบันไดหนีไฟ รวมถึงโครงสร้างของอาคารจะต้องพิจารณาให้ประสาน และสอดคล้องกันทั้งหมด เพื่อให้ใช้งานได้สมบูรณ์

ส่วน Active หมายถึงระบบเตือนภัย ระบบดับเพลิง และระบบควบคุมวันไฟ เช่น ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง ท่อดับเพลิง ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง เครื่องดับเพลิงแบบมือถือ ระบบควบคุมควันไฟ เป็นต้น

สำหรับอาคารสร้างใหม่ ควรจะให้ความสำคัญของส่วน Passive เป็นอย่างมาก เพื่อที่จะให้อาคารได้รับการออกแบบให้มีความปลอดภัยในตัว (Inherent Fire Safety) ตั้งแต่แรกหากอาคารมีความปลอดภัยในตัวแล้ว การที่จะเสริมด้วยระบบ Active ต่าง ๆ ก็จะทำได้ง่าย และมีประสิทธิภาพ

ส่วนอาคารที่สร้างแล้วหรืออาคารเก่า จะต้องมีระบบการสำรวจส่วน Passive เพื่อประเมินสถานภาพของอาคาร แล้วจึงทำการปรับปรุงอาคารให้มีความปลอดภัยสูงขึ้น เช่น การเพิ่มบันไดหนีไฟ การเพิ่มผนังกันไฟ หลังจากนั้นจึงจะเสริมด้วยระบบ Active ต่าง ๆ ในกรณีอาคารที่สร้างแล้วมักจะพบว่ามีปัญหาอยู่เสมอ และปรับปรุงได้ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการติดตั้งระบบป้องกันเพลิงต่าง ๆ ในภายหลังจากที่อาคารสร้างเสร็จแล้ว มักจะพบว่าทำได้ยาก และต้องลงทุนสูงกว่าในกรณีก่อสร้างอาคารใหม่หลายเท่าตัว เผลอ ๆ ในระหว่างการติดตั้งยังอาจจะไม่ปลอดภัยอีกด้วย

กฎหมายและมาตรฐานเกี่ยวกับการป้องกันอัคคีภัย

กฎกระทรวง

ปัจจุบันกฎกระทรวงที่สำคัญเกี่ยวข้องกับการป้องกันอัคคีภัยในอาคารมีดังนี้

กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) – กำหนดลักษณะของอาคารสูง อาคารขนาดใหญ่พิเศษ และระบบระบายอากาศ ระบบไฟฟ้า ระบบป้องกันกันเพลิงไหม้ ระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบ

ระบายน้ำทิ้ง ระบบประปา ระบบกำจัดขยะ และระบบลิฟท์

กฎกระทรวงฉบับที่ 39 (พ.ศ.2537) – กำหนดเรื่องระบบการป้องกันอัคคีภัย ระบบสุขาภิบาล ระบบการจัดแสงสว่าง การระบายอากาศ สำหรับอาคารทั่วไป

นอกจากนี้ยังมีข้อกำหนดเกี่ยวกับระยะห่างระหว่างอาคาร ระยะทางเดินหลังอาคารห้องแถว ตึกแถว สำหรับการดับเพลิง รถดับเพลิง และการหนีไฟ

มาตรฐาน วสท.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยมีดำริที่จะจัดทำมาตรฐานระบบเครื่องกลในอาคารเมื่อต้นปี 2538 ที่ผ่านมา โดยมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับชีวิต สุขภาพ และความปลอดภัยในที่นี้มีมาตรฐานระบบป้องกันอัคคีภัยรวมอยู่ด้วย

มาตรฐานระบบป้องกันอัคคีภัยฉบับใหม่ จะเป็นฉบับที่พัฒนาเพิ่มเติมต่อจากมาตรฐานเดิมฉบับปี พ.ศ.2526 โดยมีการจัดหมวดหมู่ใหม่ให้สอดคล้องกับมาตรฐานเครื่องกลในอาคารฉบับอื่น ๆ พร้อมทั้งยังมีการปรับปรุงแก้ไขมาตรฐานระบบป้องกันอัคคีภัยเดิมให้ทันสมัยมากยิ่งขึ้น เนื่องจากมาตรฐานเดิมได้จัดทำไว้นานแล้ว

รายละเอียดในมาตรฐานฉบับใหม่ที่เพิ่มเติมขึ้นมาได้แก่

* ลักษณะของบันไดหนีไฟที่ถูกต้อง
* การแบ่งพื้นที่กันไฟ และโครงสร้างอาคารเพื่อการป้องกันอัคคีภัย
* การระบาย และการควบคุมควันไฟ
* ศูนย์สั่งการดับเพลิง
* มาตรฐานเกี่ยวกับการจัดทางหนีภัย
* สารดับเพลิง
* การอัดกันไฟ
* การซ้อมหนีไฟ
* การทดสอบอุปกรณ์ป้องกันอัคคีภัยในอาคาร

เนื่องจากรายละเอียดที่กำหนดในมาตรฐานฉบับใหม่นี้จะมีรายละเอียดที่มากกว่าเดิม รวมทั้งมีเรื่องใหม่เพิ่มหลายเรื่องด้วย ซึ่งอาจจะมีผลกระทบกับการออกแบบทางด้านวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม คณะกรรมการร่างจึงได้นำร่างมาตรฐานฉบับใหม่นี้ส่งออกไปยังผู้เกี่ยวข้อง แสดงความคิดเห็นประชาพิจารณ์ในเดือนสิงหาคม 2539 และได้ข้อแนะนำมาปรับปรุงเพื่อจัดทำมาตรฐานให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

คณะกรรมการร่างมาตรฐานฉบับนี้ประกอบด้วยวิศวกร และสถาปนิกในสายวิชาชีพ ดังนั้นในร่างมาตรฐาน จึงพยายามพิจารณาทางด้านความเป็นไปได้ปฏิบัติประการสำคัญด้วย ในขณะเดียวกันก็มีจุดประสงค์ที่จะยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยในอาคารให้สูงขึ้นกว่าในปัจจุบัน เนื่องจากเห็นว่ามาตรฐานในปัจจุบันยังไม่เพียงพอ และตามไม่ทันกับการก่อสร้างอาคารใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้น จึงได้ก่อปัญหาความเสียหายจากอัคคีภัยอย่างมากมาย ในช่วงเวลาที่ผ่านมา

มาตรฐาน NFPA

วิศวกรในประเทศไทยจะคุ้นเคยกับมาตรฐาน National Fire Protection Association (NFPA) เนื่องจากเป็นมาตรฐานที่ถือว่าเชื่อถือได้ และได้รับการยอมรับมากที่สุดในโลก สำหรับมาตรฐานของอังกฤษ หรือ Fire Office Committee (FPC) ปัจจุบันยังคงมีใช้แต่ไม่แพร่หลาย เนื่องจากเอกสารที่จะนำมาใช้อ้างอิงมีน้อยกว่า NFPA

การออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัยโดยการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์

นอกจากออกแบบและติดตั้งระบบป้องกันอัคคีภัย โดยใช้มาตรฐานดังกล่าวข้างต้นแล้วในปัจจุบันมีการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยวิเคราะห์ลักษณะขอการเกิดอัคคีภัย เพื่อช่วยในการจัดระบบระบายควันไฟ และระบบสปริงเกลอร์ รวมทั้งช่วยในการประเมินเวลาหนีภัย

ลักษณะการออกแบบนี้จะมีหลักการต่าง ๆ จากการออกแบบมาตรฐาน ซึ่งถือว่าเป็นการทำตามตัวหนังสือ ซึ่งมีจุดอ่อนซึ่งในบางกรณีอาจจะมีเหตุผลสนับสนุนไม่เพียงพอ

การใช้การศึกษาถึงลักษณะการเกิดอัคคีภัย (Performance Based Analysis) แล้วจึงมาดำเนินการออกแบบ ทำให้การออกแบบมีที่มาของเหตุผลที่ดีขึ้น เช่นเดียวกับการออกแบบระบบวิศวกรรมอื่น ๆ ทำให้เกิดความประหยัด และการทำงานของระบบมีประสิทธิภาพดีขึ้นกว่าเดิม

จรรยาบรรณ

เรื่องของความปลอดภัยเป็นเรื่องที่จะต้องอาศัยจิตสำนึกความรับผิดชอบต่อสังคมประกอบด้วยเป็นอย่างมาก และสังคมจะเป็นสังคมที่ดีได้ก็ต่อเมื่อทุกคนให้ความร่วมมือ และสนับสนุนให้อาคารมีความปลอดภัยสูงขึ้น หากจะจัดประเภทอาจจะจัดได้ดังนี้

ประเภท A - มีความรับผิดชอบต่อสังคมมีความตั้งใจที่จะให้อาคารมีความปลอดภัย โดยพร้อมที่จะดำเนินการในสิ่งที่จำเป็น ถึงจะไม่ได้ระบุไว้ในกฎหมาย / มาตรฐาน

ประเภท B - มีความรับผิดชอบตามที่กฎหมายระบุไว้ แต่จะไม่ทำเกินกว่านี้

ประเภท C - หาช่องโหว่ทางกฎหมาย และพยายามหลีกเลี่ยง

ประเภท D - หลอกลวง

ในสังคมไทยยังมีคนประเภท A อยู่ ดังจะเห็นได้ว่ามีอาคารจำนวนไม่น้อยที่ได้ทำการติดตั้งระบบสปริงเกลอร์ ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ก่อนที่จะประกาศกฎกระทรวงในปี 2535 และมีหลายอาคารในขณะนี้ที่จัดให้มีระบบควบคุมควันไฟ อีกพวกหนึ่งคือพวกบริษัท อเมริกัน หรือยุโรป ที่จะมีมาตรฐานความปลอดภัยจากต่างประเทศ โดยทำตามมาตรฐานสากล ซึ่งถือว่าเป็นนโยบายจากบริษัทแม่ หรือใช้บริษัทประกันภัยจากต่างประเทศ เช่น FMI

ในสังคมไทย ส่วนใหญ่จะเป็นประเภท B คือยังไม่สนใจในความรับผิดชอบต่อสังคมเท่าไร แต่อย่างน้อยก็ไม่ทำผิดกฎหมายที่มีอยู่

ส่วนประเภท C ก็มีอยู่พอสมควรเช่นกัน มักจะหาทางเลี่ยงกฎหมาย เช่นเดียวกับการเลี่ยงกฎหมายเทศบัญญัติถ้าสามารถเลี่ยงได้ ประเภทนี้น่าเป็นห่วงว่าจะเป็นต้นเหตุที่จำทำให้เกิดความไม่ปลอดภัย

ประเภทที่แย่ที่สุดคือประเภท D ซึ่งเป็นประเภทที่อันตรายเลยที่เดียว คือหลอกว่ามี แต่ที่จริงไม่มี เช่น การเอาท่อมาติดไว้เฉย ๆ แต่ความจริงส่งน้ำไม่ได้ หรือติดแต่หัวสปริงเกลอร์ แต่ไม่มีท่อ เมื่อเจ้าหน้าที่มาตรวจก็ใช้วิธีการให้สินบน

บุคคลใดที่ชอบทำตัวว่าเก่งในการช่วยเจ้าของโครงการเลี่ยงกฎหมาย โปรดทราบไว้ด้วยว่าคุณกำลังหลงทาง และมีทัศนคติที่ไม่ถูกต้อง

อย่าลืมว่าการอยู่ร่วมกันอย่างมีความสุขในสังคม ทุกคนต้องเห็นความสำคัญซึ่งกันและกัน ผู้ลงทุนจะต้องเห็นความสำคัญของความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร จึงจะได้รับการยอมรับในระยะยาว ถือว่าเป็นความรับผิดชอบของผู้ประกอบธุรกิจ

คิดดูว่า หากคอนโดมิเนียมไฟไหม้ หรือโรงแรมไฟไหม้ ใครจะกล้าเข้าไปอยู่อีก หรือใครจะเข้าไปพักและยังเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับชีวิตคน เมื่อมีคนตายใครจะรับผิดชอบได้เพราะคนตายแล้วฟื้นไม่ได้ เหตุการณ์ที่ว่านี้อาจจะเกิดได้กับทุกคน บางทีเจ้าของตึก ครอบครัว ญาติพี่น้อง ก็อาจจะอยู่ในที่เกิดเหตุนั้นเอง

และก็ต้องไม่ลืมว่า การป้องกันอัคคีภัยที่มีประสิทธิภาพ จะต้องประกอบกันระหว่างส่วน Passive และส่วน Active รวมทั้งการติดตั้งระบบป้องกันอัคคีภัยภายหลังอาคารสร้างเสร็จแล้ว จะยุ่งยากและสิ้นเปลืองกว่ากันมาก ดังนั้นในการพัฒนาโครงการ จึงจะต้องมีความจริงใจ และตั้งใจที่จะทำให้โครงการที่พัฒนามีคุณค่าทางสังคม โดยให้ความสำคัญเกี่ยวกับความปลอดภัยของอาคารเป็นอันดับแรก เราจะต้องให้เกิดเหตุร้ายแรงก่อนหรืออย่างไร จึงจะหันมาทำเรื่องนี้กันอย่างจริงจัง

อาคารปลอดภัยจะต้องมีเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมที่ถูกต้องในการก่อสร้าง ดังนั้นจึงควรจะมีการส่งเสริมให้มีการศึกษา และพัฒนาเทคโนโลยีเหล่านี้ให้เป็นที่เข้าใจแพร่หลาย และสนับสนุนให้มีการนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ เหตุการณ์ร้ายแรงที่เกิดขึ้นในอดีต ไม่ว่าจะเป็นเรื่องตึกถล่ม รถแก๊ส โป๊ะล่ม ล้วนแล้วแต่เกิดจากการไม่ให้ความสำคัญกับเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมทั้งสิ้น

สิ่งหนึ่งที่สังคมจะเรียกร้องในอนาคตคือ เรื่องความปลอดภัยของอาคารในอนาคต คนจะไม่ยอมทำงานหรือเข้าไปซื้อของในอาคารที่ไม่ปลอดภัย หลายคนห้ามไม่ให้ลูกไปเดินห้างสรรพสินค้าบางแห่ง หรือไม่ดูภาพยนตร์ หรือไม่กวดวิชา เนื่องจากสถานที่บางแห่งเหล่านี้ไม่ปลอดภัย

ศูนย์การค้าหลายแห่งที่เกิดอัคคีภัยต้องเสียหายทั้งทางด้านภาพพจน์โอกาสทางตลาด และยังต้องลงทุนปรับภาพพจน์ใหม่ เพื่อให้ประชาชนยอมรับที่จะกลับเข้ามาใช้บริการใหม่

เชื่อได้เลยว่า ถ้าสามารถย้อนกลับไปในอดีตได้ เจ้าของศูนย์การค้าเหล่านี้ คงยินดีที่จะสร้างอาคารให้เกิดความปลอดภัยดีกว่าที่จะต้องมาเสียหายแบบนี้อย่างแน่นอน

อาคารที่ปลอดภัย

องค์ประกอบสำคัญที่เกี่ยวกับความปลอดภัยของอาคารได้แก่

การทนไฟ อาคารที่ปลอดภัยควรจะมีโครงสร้างหลักที่มีความสามารถในการทนไฟได้ โดยไม่พังทลายได้ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง และควรจะใช้วัสดุประกอบอาคารที่ไม่ติดไฟ และไม่ก่อให้เกิดก๊าซพิษเมื่อไฟเผา หากมีพื้นที่เก็บสารอันตรายควรจะมีผนังกันไฟที่สามารถทนไฟได้ไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง

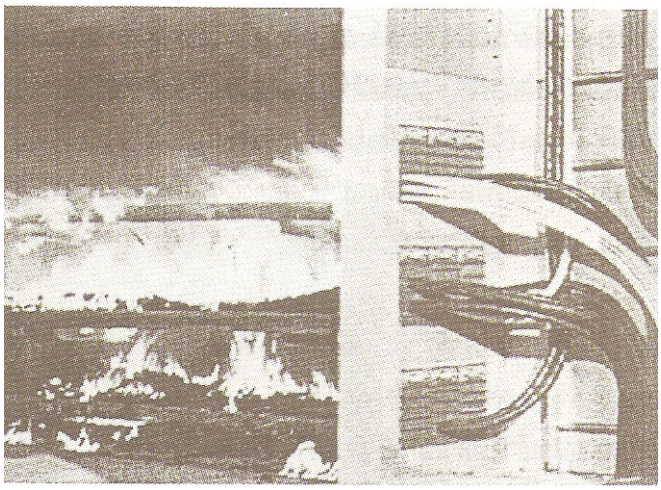
การทนไฟมาจากคำว่า Fire Rating หรืออัตราการทนไฟ เช่น 1.5 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง หรือ 4 ชั่วโมง

การติดไฟมากจากคำว่า Combustible ถ้าวัสดุติดไฟได้ เรียกว่า Combustible Material

วัสดุทนไฟมาจากคำว่า Fire Rating Material แต่วัสดุที่ถูกไฟแล้วดับได้เอง เรียกว่า Self Extinguished material หรือชนิดที่ไม่ลามไฟจะเรียกว่า Fire Rating Material

สารไวไฟมาจากคำว่า Flamable เช่น Flamable Liquid พวกน้ำมัน แอลกอฮอล์ เป็นต้น

วัสดุอุดกันไฟมาจากคำว่า Fire Seal หมายถึงสารที่ใช้อุดช่องว่างระหว่างพื้น หรือผนังกันไฟเพื่อป้องกันไฟลาม



วัสดุอุดกันไฟลาม

อาคารที่ดีจะต้องสามารถป้องกันการลามของไฟและควันจากพื้นที่เกิดเพลิงไหม้ไปยังพื้นที่อื่น ๆ ภายในอาคาร โดยพิจารณาการจัดแบ่งพื้นที่ป้องกันด้วยผนังกันไฟ (Fire Compartment) และผนังกันควันไฟ (Smoke Compartment) ภายในอาคารให้เหมาะสม

ทางหนีไฟ อาคารที่ปลอดภัยต้องมีระบบทางหนีไฟที่ดี มีบันไดหนีไฟที่ทนไฟ และมีตำแหน่งและขนาดที่พอเพียงในการที่จะสามารถลำเลียงคนลงมาชั้นล่าง และออกสู่ภายนอกอาคารได้อย่างรวดเร็วและเกิดอันตรายน้อยที่สุด การจัดทางหนีไฟควรจะพิจารณาให้มีทางเลือกได้ 2 ทาง ซึ่งให้อยู่คนละทิศทาง (2 – Ways Means of Escape) เพราะหากทางหนีไฟทางแรกมีปัญหาอุปสรรคทำให้ไม่สามารถหนีไฟไปในทิศทางนั้นได้ก็ยังมีอีกทางให้เลือกในการหนีไฟ ดังนั้น

การใช้บันไดหนีไฟที่มี 2 บันไดในปล่องบันไดเดียวกัน (Scissor Stair) จึงเป็นบันไดที่ไม่ปลอดภัย เนื่องจากประตูบันไดจะอยู่ในบริเวณที่ใกล้กันเกินไป บันไดทุกบันไดไม่ว่าจะเป็นบันไดหนีไฟหรือบันไดสัญจรหลักจะต้องปิดด้วยประตูกันไฟ เนื่องจากเมื่อเกิดอัคคีภัยปล่องบันไดอาจจะเป็นทางกระจายของเพลิงและควันไฟได้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้ยังอาจจะเสริมด้านการหนีไฟด้วยวิอื่น ๆ เช่น การให้มีลิฟท์พิเศษสำหรับลำเลียงผู้ป่วยและพิการ การจัดให้มีการหนีไฟทางอากาศฉุกเฉิน หรือการจัดให้มีพื้นที่นิรภัย (Refuge Area)

พื้นที่นิรภัย คือ พื้นที่ที่มีโครงสร้างที่สามารถป้องกันอัคคีภัยได้เป็นอย่างดี พร้อมทั้งมีอุปกรณ์ช่วยชีวิตต่าง ๆ สาเหตุที่จำเป็นต้องมีพื้นที่นิรภัยก็เนื่องจากในอาคารสูง การที่จะอพยพคนทั้งหมดออกจากอาคารในคราวเดียวจะมีปัญหามาก ไม่ว่าจะเป็นปัญหาสุขภาพ ความยุ่งยากในการที่จะลงบันไดมาหลายสิบชั้น ปัญหาความสามารถในการลำเลียงคนของบันได ปัญหาผู้ที่ได้รับบาดเจ็บ ปัญหาผู้สูงอายุ / พิการ ฯลฯ พื้นที่นิรภัยจะทำหน้าที่เป็นพื้นที่รองรับชั่วคราว (Buffer Area) ในระหว่างการอพยพคนได้เป็นอย่างดี

ลิฟท์สำหรับพนักงานดับเพลิง อาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่ จะต้องจัดให้มีลิฟท์สำหรับพนักงานดับเพลิงแยกต่างหากจากลิฟท์ทั่วไป และมีโถงลิฟท์ที่มีระบบอัดอากาศที่มีขนาดไม่น้อยกว่า 6 ตารางเมตร พร้อมหัวต่อสายส่งน้ำดับเพลิง

ตามกฎหมายระบุให้มีลิฟท์ดับเพลิงอย่างน้อย 1 ชุด แต่ในทางปฏิบัติ ควรจะพิจารณาให้มีจำนวนมากกว่านี้ เช่น อาคารที่มีพื้นที่ต่อชั้นมาก ๆ หรืออาคารที่สูงมาก ๆ ควรจะมีลิฟท์ดับเพลิงสำรองด้วย

ช่องทางดับเพลิง อาคารที่ปลอดภัยยังจะต้องพิจารณาช่องทางเข้าอาคารสำหรับพนักงานดับเพลิงได้อย่างรวดเร็ว จะเห็นว่าอาคารประเภทศูนย์การค้าหลายแห่ง ที่เกิดอัคคีภัยพนักงานดับเพลิงไม่สามารถฉีดน้ำเข้าในอาคารได้ เนื่องจากก่อผนังปิดทึบหมด หรือเป็นผนังที่เจาะทะลุเข้าไปได้ลำบาก จึงทำให้ความเสียหายที่เกิดขึ้นมากกว่าที่ควรจะเป็น ในต่างประเทศบางประเทศจะมีช่องที่มีสัญลักษณ์สามเหลี่ยมสีแดงแสดงให้เห็นจากภายนอกอาคาร เพื่อให้พนักงานดับเพลิงทราบว่าเป็นช่องทางฉุกเฉินที่สามารถเจาะทะลุเข้าไปทำการดับเพลิงได้

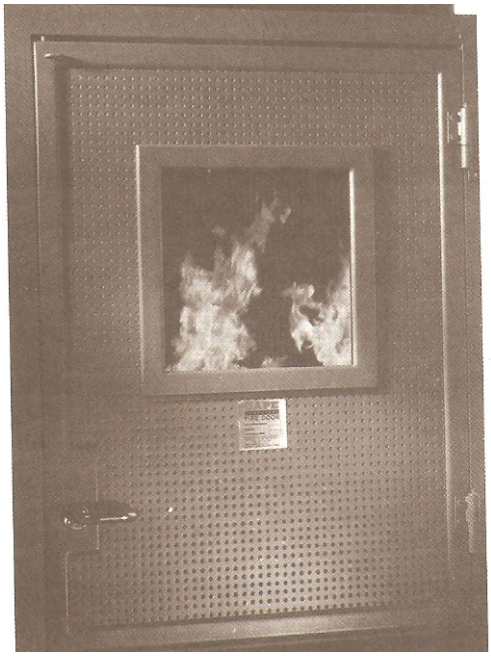
ห้องศูนย์สั่งการดับเพลิง ควรจะจัดให้มีห้องควบคุมการดับเพลิงที่ประกอบด้วยแผงควบคุม ระบบป้องกันภัยของอาคาร มีพนักงานประจำตลอด 24 ชั่วโมง มีแบบแผนผังของอาคาร แผนผังแสดงระบบวิศวกรรมของอาคาร คู่มือรายละเอียดต่าง ๆ พร้อมทั้งระบบสื่อสาร ระบบประกาศฉุกเฉิน อุปกรณ์ช่วยชีวิต อุปกรณ์ต่อสู้เพลิง ชุดผจญเพลิง ชุดออกซิเจนเพื่อใช้ศูนย์บัญชาการได้ หากเกิดอัคคีภัยขึ้น

นอกจากนี้ยังจะต้องพิจารณาการเข้าถึงของรถ และอุปกรณ์ดับเพลิง แหล่งน้ำดับเพลิง ตำแหน่งหัวรับน้ำดับเพลิง ศูนย์สั่งการดับเพลิงในอาคารอีกด้วย

ชุดผจญเพลิงและชุดออกซิเจนสำหรับพนักงานดับเพลิง

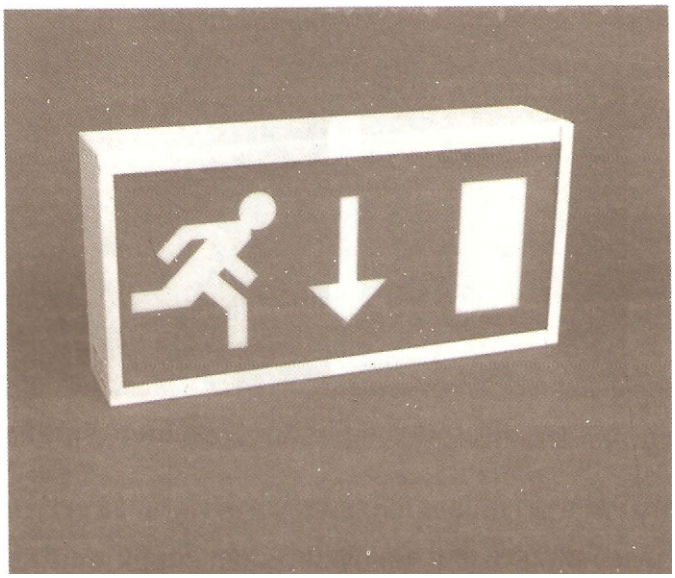
บันไดหนีไฟ อาคารที่ปลอดภัยโดยเฉพาะอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ จะต้องมีบันไดหนีไฟซึ่งทำด้วยวัสดุทนไฟ เช่น คอนกรีตเสริมเหล็ก โดยบันไดหนีไฟจะต้องตั้งอยู่ในที่ซึ่งมีผู้ใช้สอยอาคารไม่ว่าจะอยู่ ณ จุดใดของอาคารสามารถหนีไฟมาตามทางหนีไฟจนถึงบันไดหนีไฟได้ปลอดภัยและสะดวก

ประตูหนีไฟ ส่วนประกอบสำคัญของบันไดหนีไฟก็คือ ประตูหนีไฟ ซึ่งเป็นตันกันควันและไฟในกรณีที่ผู้ใช้อาคารหนีไฟมาที่บันไดหนีไฟ ประตูหนีไฟที่ดีจะต้องทำจากวัสดุทนไฟเป็นชนิดปิดได้เอง (Self Closing Door) และต้องผลักออกไปทางบันไดหนีไฟได้สะดวก



ประตูหนีไฟ

ป้ายบอกทางหนีไฟ ในเส้นทางหนีไฟ จะต้องมีป้ายหรือสัญลักษณ์บอกทางหนีไฟอยู่ในตำแหน่งที่เห็นเด่นชัดตลอดเวลา ทั้งภาวะปกติและฉุกเฉิน เพื่อให้ผู้ใช้อาคารสามารถเข้าใจเส้นทาง



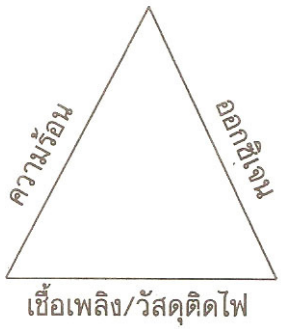
ป้ายบอกทางหนีไฟ

หนีไฟได้ถูกต้อง

การป้องกันอันตรายจากพื้นที่ข้างเคียง นอกจากพิจารณาอาคารของตัวเองแล้วจะต้องพิจารณาอาคารโดยรอบว่ามีอันตรายหรือไม่ เช่น อาคารที่สร้างโดยที่บริเวณโดยรอบ เป็นตลาดผ้าก็อาจจะต้องมีอุปกรณ์ที่จะช่วยดับเพลิงจากภายนอกหากเกิดเหตุด้วย หรือผนังบางด้านอาจจะต้องเป็นผนังกันไฟหรือมีหัวฉีดให้เกิดกำแพงน้ำ (Water Curtain)

ธรรมชาติของการเกิดอัคคีภัย การเกิดอัคคีภัยเกิดขึ้นจากองค์ประกอบ 3 อย่าง คือ

- เชื้อเพลิง
- ออกซิเจน
- ความร้อน



รูปสามเหลี่ยมของการเกิดสันดาป

หากองค์ประกอบทั้ง 3 อย่างมีครบในสภาวะที่เหมาะสมเมื่อไร ก็จะเกิดไฟขึ้น หรือถ้าขาดอย่างใดอย่างหนึ่งไฟก็จะดับลง หลักการดับเพลิงก็อาศัยการกำจัดองค์ประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งนี้ เช่น การใช้น้ำดับเพลิงก็ได้ ก็เนื่องจากน้ำจะลดความร้อนได้เป็นอย่างดี ในขณะเดียวกันเมื่อเกิดไอน้ำขึ้น

จะทำให้ปริมาณสัดส่วนของออกซิเจนในอากาศลดลง การใช้สารเคมีในการดับเพลิงก็คือ การปกคลุมเชื้อเพลิง / วัสดุติดไฟ ไม่ให้สัมผัสกับออกซิเจน หรือป้องกันไม่ให้เกิดการสันดาป จึงสามารถดับเพลิงได้

ควันและเปลวไฟที่รุนแรงทำให้ควบคุมเพลิงได้ยาก

การเกิดอัคคีในระยะแรก จะเริ่มจากไฟขนาดเล็ก และเกิดควัน หลังจากนั้นหากปล่อยทิ้งไว้ในระยะเวลาไม่นานเพลิงก็จะสามารถขยายตัวได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นหากจะดับเพลิงเมื่อเริ่มเกิดจะทำได้ไม่ยาก แต่หากปล่อยให้เพลิงขยายตัวภายในเวลาไม่กี่นาทีการควบคุมเพลิงและดับเพลิงจะทำได้ยากขึ้น

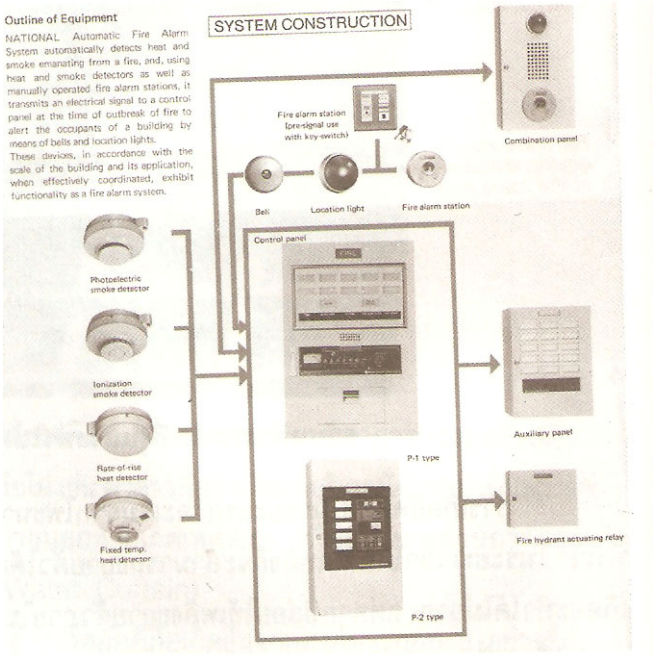
อันตรายจากการเกิดอัคคีภัยที่มากที่สุด คือ “ควันไฟ” เพราะจากเหตุการณ์เพลิงไหม้ส่วนใหญ่พบว่า คนจะเสียชีวิตเนื่องจากสำลักควัน หรือสูดดมก๊าซพิษมากกว่าที่ถูกไฟคลอก ทั้งนี้เนื่องจากควันไฟสามารถเกิดขึ้นได้ในปริมาณมากอย่างรวดเร็วและสามารถกระจายไปตามช่องบันได ตามช่องชาฟท์ ปล่องลิฟท์ ปล่องระบายอากาศ ฯลฯ ในเวลาเพียงไม่กี่นาทีหลังจากเริ่มเกิดอัคคีภัย นอกจากนี้วัสดุประกอบอาคาร เช่น พรม โฟม ผ้าม่าน เฟอร์นิเจอร์ พลาสติก ล้วนแล้วแต่เป็นวัสดุที่ก่อให้เกิดก๊าซพิษเมื่อถูกไฟเผาทั้งสิ้น เมื่อขบวนการเผาไหม้สมบูรณ์ ควันไฟจะมีปริมาณมากและเกิดก๊าซที่มีอันตราย

ควันไฟเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้คนเสียชีวิต

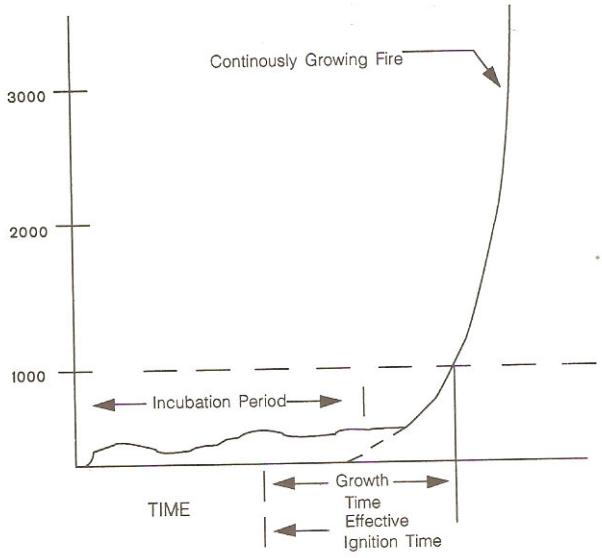
โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การเกิดควันไฟทำให้การมองเห็นของคนลดลงทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย หาทางหนีไฟไม่ได้ และเกิดความสับสนชุลมุนอลหม่านทำให้การอพยพคนออกจากอาคารเป็นไปได้ยากลำบาก เป็นผลให้คนต้องสูญเสียชีวิต ดังนั้นการป้องกันอัคคีภัย จึงจะต้องพิจารณาระบบควบคุมควันไฟให้ใช้งานได้อย่างดีอย่างดีด้วย

ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้

เนื่องจากความสำคัญของ “เวลา” เมื่อเริ่มเกิดไฟจนขยายตัวกลายเป็นอัคคีภัย สามารถใช้เวลาเพียงไม่กี่นาทีเท่านั้น ดังนั้นระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้หรือที่เรียกว่า Fire Alarm Syste, จึงถือว่าเป็นระบบที่มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นระบบที่จะทำหน้าที่เตือนที่เรียกว่า Early Warming คือ เตือนเมื่อแรกเกิดอัคคีภัย ในปัจจุบันระบบนี้ยังได้มีการพัฒนาให้สามารถทำงานร่วมกับระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ ระบบประกาศเหตุฉุกเฉิน ระบบสื่อสารสำหรับพนักงานดับเพลิง



ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้



กราฟแสดงลักษณะการเกิดและการขยายตัวของเพลิง

อุปกรณ์สำคัญในระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้

ประกอบไปด้วย

อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ (Fire Detector)

อุปกรณ์ชนิดนี้ มีทั้งชนิดที่ทำงานโดยอาศัยอุณหภูมิความร้อน (Heat Detector) และชนิดที่ทำงานโดยอาศัยควันไฟ (Smoke Detector) นอกจากนี้ยังอาจจะมีชนิดพิเศษอื่น ๆ เช่น ชนิดที่ตรวจจับรังสีความร้อนอินฟาเรด (Infrared Detector)

อุปกรณ์ตรวจจับควันไฟ

อุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้ด้วยมือ (Manual Station)

อุปกรณ์ชนิดนี้มีทั้งแบบดึง (Pull) และแบบผลัก (Push) ใช้งานในกรณีที่คนพบเหตุการณ์เพลิงไหม้ก่อนที่อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ (Fire Detector) จะทำงาน

แผงควบคุมย่อย (Sub Fire Alarm Control Panel)

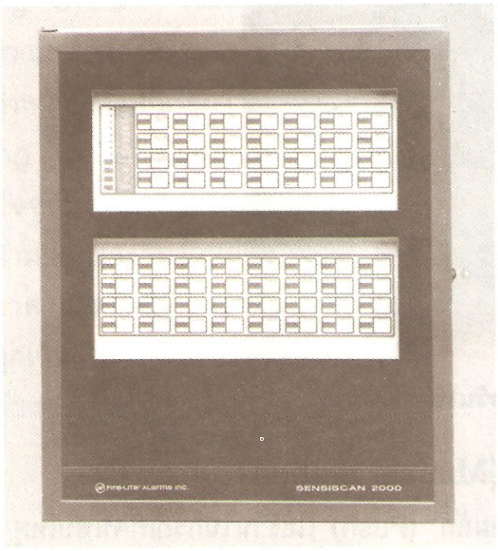
แผงควบคุมย่อยนี้จะติดตั้งกระจายอยู่ตามโซนของอาคารซึ่งจะทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ (Fire Detector) หรือ Manual Station แผงนี้จะทำหน้าที่ส่งผ่านสัญญาณไปยังแผงควบคุมส่วนกลางและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Central Alarm Control Panel)

แผงควบคุมส่วนกลางและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Central Alarm Control Panel)

แผงควบคุมส่วนกลางนี้สามารถที่จะรับสัญญาณทั้งจากอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงโดยตรง หรือจากแผงควบคุมย่อย โดยทั่วไปแผงควบคุมส่วนกลางจะทำหน้าที่ตรวจสอบและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ซึ่ง

ปกติจะติดตั้งอยู่ที่ศูนย์สั่งการดับเพลิงของอาคาร (Fire Command Center) ดังนั้นเมื่อเกิดอัคคีภัยก็จะมีสัญญาณไฟ และเสียงที่เกิดขึ้นที่แผงควบคุมส่วนกลาง โดยจะมีเจ้าหน้าที่ประจำอยู่ตลอดเวลา หากตรวจสอบว่าไม่ใช่เป็นสัญญาณผิดพลาด (False Alarm) ก็จะดำเนินการในขั้นตอนต่อไป ตามมาตรการที่กำหนดไว้ในกรณีที่เกิดอัคคีภัย เช่น ดำเนินการส่งสัญญาณเตือนอัคคีภัยภายในอาคาร โดยอาศัยกระดิ่ง (Alarm Bell) ลำโพงฉุกเฉิน ฯลฯ เพื่อแจ้งให้คนรับรู้ว่ามีอัคคีภัยเกิดขึ้นและให้รีบหนีออกจากอาคาร และทำการติดต่อพนักงานดับเพลิง รวมทั้งสั่งให้ระบบควบคุมควันไฟ ระบบไฟฟ้าและระบบแสงสว่างฉุกเฉินทำงาน ขั้นตอนต่าง ๆ ดังกล่าวสามารถทำงานแบบอัตโนมัติหรือให้คนเป็นผู้สั่งดำเนินการก็ได้

นอกจากนี้แผงควบคุมส่วนกลางยังได้เชื่อมโยงกับแผงควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง อุปกรณ์ตรวจจับการไหลของน้ำ (Flow Switch) ที่ติดตั้งในชั้น และโซนต่าง ๆ ของอาคาร เพื่อแสดงว่ามีการใช้น้ำดับเพลิงที่ตำแหน่งใด อุปกรณ์แสดงตำแหน่งการปิด – เปิด ของวาล์วควบคุม เพื่อเป็นการแจ้งเหตุเพลิงไหม้ และตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบป้องกันอัคคีภัยด้วย



Fire Alarm Panel

Alarm Bell

Manual Station

ในกรณีที่ต้องการให้มีสัญญาณแสดงในอีกสถานที่หนึ่งอาคาร เช่น ในห้องวิศวกรก็อาจจะให้มีแผงแสดงสัญญาณ (Remote Annunciator Panel) ซึ่งเชื่อมต่อกับแผงควบคุมส่วนกลางได้

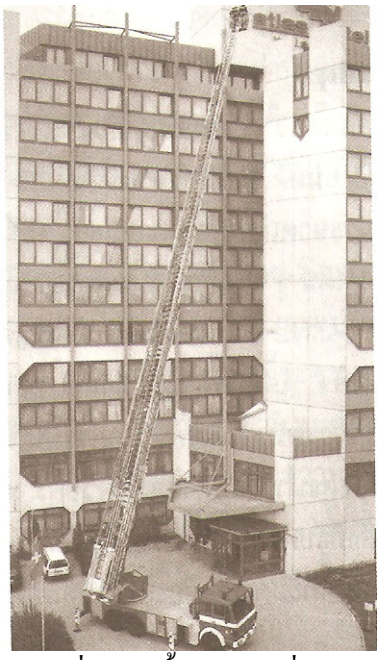
การเดินสายไฟเชื่อมระหว่างแผงควบคุมย่อย และแผงควบคุมส่วนกลางจะต้องเดินภายในช่องท่อนิรภัย เพื่อให้ปลอดภัยจากเพลิงไหม้ และใช้สายไฟชนิดทนไฟ (Fire Resistant Cable) หรือชนิดที่ยังสามารถทำงานได้แม้จะถูกไฟเผา และเพื่อให้การดำเนินการภายหลังจากที่ทราบว่าเกิดเพลิงไหม้ ไม่เกิดการโกลาหล และให้ทราบว่าทุกคนควรปฏิบัติอย่างไร จึงควรจะมีการซ้อมการทำงานของระบบ และซ้อมการหนีไฟอย่างสม่ำเสมอ

ระบบดับเพลิงด้วยน้ำ

องค์ประกอบที่สำคัญของระบบดับเพลิงด้วยน้ำ คือ

ถังสำรองน้ำดับเพลิง

อาคารขนาดใหญ่ และอาคารสูง จะต้องมีถังเก็บน้ำสำรอง สำหรับการดับเพลิงโดยเฉพาะ และมีเครื่องสูบน้ำดับเพลิงเป็นของตัวเอง เพื่อให้สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ในขณะที่ตำรวจดับเพลิงยังไม่ถึง นอกจากนี้อาคารที่มีอาคารสูงมากประสิทธิภาพในการดับเพลิงของรถหอน้ำดับเพลิงจากภายนอกอาคารจะลดลง การดับเพลิงให้สงบจะต้องอาศัยระบบภายในเป็นหลักโดยมีระบบดับเพลิงจากภายนอกช่วยเสริมการดับเพลิงจึงสำเร็จได้



รถหอน้ำดับเพลิงดับเพลิงตึกสูงไม่เกิน 2 ชั้น

โดยทั่วไปเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่อยู่ประจำวันรถดับเพลิง ไม่มีแรงดันพอที่จะส่งน้ำ ถึงชั้นสูง ๆ ของอาคารได้ และยังมักจะมีปัญหาการหาแหล่งน้ำดับเพลิง เพราะน้ำประปาจากหัวดับเพลิงริมถนนมักจะมีปริมาณไม่เพียงพอ

สำหรับข้อกำหนดในปัจจุบันระบุให้อาคารขนาดใหญ่และอาคารสูง จะต้องมีถังสำรองน้ำสำหรับใช้ในการดับเพลิงไม่น้อยกว่า ½ ชั่วโมง ซึ่งเมื่อพิจารณาจากสภาพข้อเท็จจริงเกี่ยวกับการดับเพลิงแล้วจะพบว่าไม่เพียงพอ ในมาตรฐานสากลทั่วไปปริมาณน้ำสำรองสำหรับการดับเพลิงจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับประเภทของอาคารและปริมาณของวัสดุติดไฟในอาคารนั้น ดังนั้นในกรณีของอาคารใหญ่และอาคารสูงจึงควรจะมีปริมาณสำรองน้ำไม่น้อยกว่า 1 – 1½ ชั่วโมง และในอาคารที่เป็นอาคารสาธารณะ เช่น ศูนย์การค้าควรจะมีถังสำรองน้ำไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง โดยปริมาณน้ำสำรองจะต้องสำรวจไว้สำหรับการดับเพลิงเท่านั้นไม่ให้นำไปใช้อย่างอื่น ตำแหน่งของถัง

สำรองน้ำดับเพลิงควรจะอยู่ในชั้นล่าง หรือชั้นใต้ดินเพื่อที่จะสามารถเติมน้ำเข้าไปในถังได้สะดวกจากระบบประปาปกติหรือจากระบบเสริม เช่น จากรถดับเพลิง หรือแหล่งน้ำข้างเคียง และควรจะแบ่งเป็น 2 ถัง เผื่อในกรณีล้างถังหรือซ่อมแซมในกรณีที่ถังใบใดใบหนึ่งมีปัญหา และควรจะมีระบบสัญญาณเตือนเมื่อระดับน้ำต่ำกว่าที่กำหนดไว้

นอกจากนี้หากมีถังน้ำประปาบนหลังคาอาคารก็ให้ต่อนำ จากถังน้ำหลังคาเข้ากับระบบท่อส่งน้ำดับเพลิงด้วย ถังน้ำหลังคานี้ถือว่าเป็นส่วนเสริมเท่านั้น

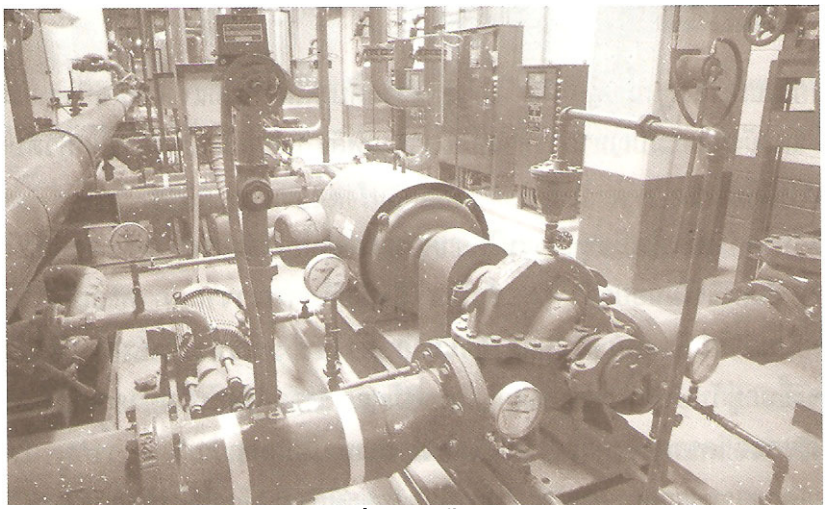
ระบบส่งน้ำดับเพลิง

ส่วนประกอบหลักของระบบ คือ เครื่องสูบน้ำดับเพลิง (Fire Pump) ท่อเมนส่งน้ำดับเพลิง ท่อยืน (Standpipe) สายส่งน้ำดับเพลิง (Fire Hose) และหัวรับน้ำดับเพลิง (Fire Department Connection)

เครื่องสูบน้ำดับเพลิง (Fire Pump)

การส่งน้ำดับเพลิงจะอาศัยเครื่องสูบน้ำดับเพลิง ซึ่งจะประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำดับเพลิงชนิดที่ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า และชนิดที่ขับด้วยเครื่องยนต์ดีเซล นอกจากนี้ยังมีเครื่องสูบน้ำเพื่อรักษาความดัน (Jockey Pump) ซึ่งเป็นเครื่องสูบน้ำขนาดเล็กเพื่อที่จะชดเชยน้ำที่รั่ว หรือระบายทิ้ง ทำให้เครื่องสูบน้ำดับเพลิงหลักที่มีขนาดใหญ่ไม่ต้องเดิน ๆ หยุด ๆ การติดตั้งควรจะให้น้ำในถังสูงกว่าเรือนเครื่องสูบน้ำเพื่อให้ได้ความดันทางดูด (Positive Suction) และตัดปัญหาการล่อน้ำ

เครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า โดยปกติจะรับกำลังไฟฟ้าจากระบบจ่ายไฟฟ้าปกติในกรณีที่ระบบจ่ายไฟฟ้าปกติมีปัญหาก็สามารถรับกำลังไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าสำรองฉุกเฉิน (Emergency Generator) ได้ด้วย ห้องเครื่องสูงน้ำดับเพลิงและตู้ควบคุมจะต้องอยู่ในส่วนที่ปลอดภัยจากอัคคีภัย ข้อดีของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าก็คือ มีขนาดเล็กอุปกรณ์ประกอบน้อยและสามารถทำงานได้ทันที่ ต่างจากชนิดที่ขับด้วยเครื่องยนต์ดีเซลที่ต้องใช้เวลาสตาร์ท



สถานีเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

มีอุปกรณ์ประกอบเครื่องยนต์ที่ต้องการการดูแลรักษามากกว่า และมีราคาแพงกว่าด้วย แต่ก็จำเป็นเพื่อให้มั่นใจว่ายังจะคงมีเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ทำงานได้ แม้จะไม่มีไฟฟ้าเลย

เครื่องสูบน้ำดับเพลิง (Fire Pump) จำทำหน้าที่สูบน้ำจากถังสำรองน้ำดับเพลิง เพื่อส่งน้ำเข้าสู่ระบบท่อน้ำดับเพลิง โดยจะต้องมีปริมาณการไหลของน้ำที่พอเพียง และความดันที่พอเพียงสำหรับอุปกรณ์ที่ติดตั้งใช้งานในระบบป้องกันอัคคีภัย เช่น หัวกระจายน้ำดับเพลิง (Sprinker) และสายส่งน้ำดับเพลิง (Fire Hose) โดยทั่วไปความดันน้ำที่ดีสำหรับสายส่งน้ำดับเพลิงจะต้องไม่น้อยกว่า 65 ปอนด์ต่อตารางนิ้วน้ำ ซึ่งจะทำให้ปริมาณการส่งน้ำต่อชุดของสายส่งน้ำขนาด 2½ นิ้ว จะเป็นประมาณ 250 แกลลอน / นาที สำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงความดันควรจะไม่น้อยกว่า 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วน้ำ

ในกรณีที่ใช้สถานีเครื่องสูบน้ำดับเพลิงร่วมกันสำหรับอาคารหลายหลังในที่ดินเดียวกัน การหาขนาดของปริมาณน้ำดับเพลิงจะคำนวณจากอาคารที่มีพื้นที่ใช้งานใหญ่สุด หรือมีพื้นที่ครอบครองประเภทรุนแรงสูงสุดเพียงอาคารเดียวก็เพียงพอ ส่วนอาคารหลังเดียวกันแต่มีการแบ่งพื้นที่ด้วยผนังทนไฟเป็นสัดส่วนแน่นอนก็ให้ใช้พื้นที่ที่ใหญ่ที่สุดของการแบ่งมาหาปริมาณการใช้น้ำดับเพลิงสำหรับอาคารหลังนั้น

ระบบท่อยืน (Standpipe System)

อาคารสูงส่วนใหญ่ระบบท่อยืนแบ่งเป็นโซน (Zone) เช่น โซนล่าง (Low Zone) และโซนบน (High Zone) ทั้งนี้เพื่อที่จะควบคุมความดันน้ำดับเพลิงให้อยู่ในช่วงที่ต้องการไม่ต่ำเกินไปและไม่สูงจนเกินไป โดยทั่วไปจะกำหนดความดันน้ำสูงสุดในแต่ละโซนไม่ให้เกิน 175 ปอนด์ต่อตารางนิ้วน้ำ ทั้งนี้เพื่อสอดคล้องกับความดันใช้งาน (Working Pressure) ของอุปกรณ์ที่ติดตั้งในระบบ เช่น หัวกระจายน้ำดับเพลิง วาล์วควบคุม ฯลฯ ส่วนความดันน้ำต่ำสุดจะกำหนดจากความดันน้ำที่อุปกรณ์ดับเพลิงที่ติดตั้งในโซนนั้นต้องการ

ในกรณีที่อาคารสูงมาก ๆ จนอุปกรณ์ดับเพลิงที่มีใช้ทั่วไปในท้องตลาดไม่สามารถจัดหาได้ง่ายและมีราคาแพง อาคารจำเป็นต้องมีถังเก็บน้ำสำรองดับเพลิง และชุดเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่กลางอาคาร (Intermediate Fire Tank and Fire Pump) เพื่อให้ได้ระบบดับเพลิงและอุปกรณ์ที่เหมาะสมและใช้งานได้ดี ในบางกรณีสามารถใช้วาล์วลดความดัน (Pressure Reducing Valve) เพื่อลดความดันที่สูงใน ระบบให้ลงมาจนเหมาะสมสำหรับอุปกรณ์ดับเพลิง แต่ต้องเป็นชนิดที่ใช้ในระบบดับเพลิงเท่านั้น

นอกจากนี้ตามข้อกำหนดยังระบุให้ต่อท่อส่งน้ำดับเพลิงออกมายังบริเวณหน้าอาคารหรือตำแหน่งที่รถดับเพลิงสามารถเข้าถึงได้ และให้มีหัวรับน้ำดับเพลิง (Fire Department หรือ Siamese Connection) ด้วย

ระบบดังกล่าวนี้จะต้องมีการทดสอบอยู่สม่ำเสมอ เพื่อให้แน่ใจว่าสามารถทำงานได้ และก็จะต้องมีการฝึกผู้อาศัยในอาคารให้ทราบถึงตำแหน่งและวิธีการใช้อุปกรณ์ และฝึกวิธีการ บังคับหัวฉีดสายส่งน้ำดับเพลิง

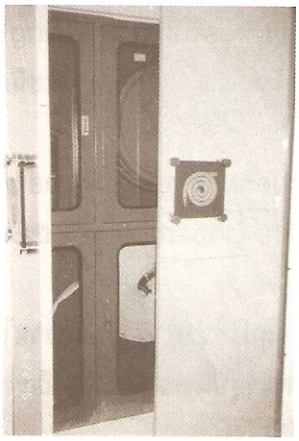
Fire Department Connection

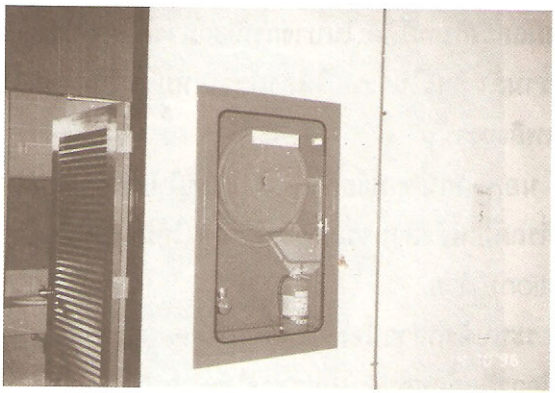
สายส่งน้ำดับเพลิง (Fire Hose)

การคิดว่าจะต้องใช้สายส่งน้ำในการดับเพลิงกี่ชุด จะขึ้นกับขนาดพื้นที่ โดยทั่วไปสายส่งน้ำดับเพลิงจะอยู่ประจำบันไดหนีไฟ เพื่อที่พนักงานดับเพลิงจะสามารถดับเพลิงได้ในขณะที่ยังมีทางหนีในกรณีที่ดับเพลิงไม่สำเร็จ ระยะความยาวของสายจะเป็น 30 เมตร ซึ่งก็จะสอดคล้องกับระยะห่างระหว่างบันไดที่ระบุไว้ไม่เกิน 60 เมตร พอดี

ในการคำนวณจำนวนการใช้งานของสายส่งน้ำดับเพลิง จะคิดให้สายส่งน้ำทุกชุดในบริเวณที่เกิดเพลิงไหม้ทำงาน พร้อมกับสายส่งน้ำดับเพลิงในชั้นที่ติดกันอย่างน้อยอีก 1 ชุด ในกรณีที่มีระบบสปริงเกลอร์ ก็จะคิดปริมาณการส่งน้ำสำหรับสปริงเกลอร์เข้าไปด้วย ซึ่งจะไม่น้อยกว่า 250 – 300 แกลลอน / นาที

สายส่งน้ำดับเพลิงขนาด 1½นิ้ว จะบังคับยาก และมีไว้สำหรับพนักงานดับเพลิงหรือผู้ที่เคยฝึกการใช้มาแล้ว ส่วนสายส่งน้ำขนาด 1 นิ้ว หรือ 1½ นิ้วนั้น มีไว้สำหรับคนทั่วไปใช้ได้ เพราะจะบังคับง่ายกว่า สายส่งน้ำขนาด 1 นิ้ว จะเป็นขดสายยางและนิยมใช้ในประเทศอังกฤษ และยุโรป





สายส่งน้ำดับเพลิงขนาด $2^{1}/_{2}$ นิ้ว ∅ และขนาด 1 นิ้ว ∅

ซึ่งจะสะดวกในการใช้เพราะเมื่อลากออกมาจากตู้เพียงไม่กี่เมตรก็จะฉีดน้ำได้เลย ส่วนสายส่งน้ำขนาด 1½ นิ้ว จะเป็นสายผ้าโพลีเอสเตอร์เหมือนกับขนาด 2½ นิ้ว สำหรับให้พนักงานดับเพลิงใช้เมื่อพนักงานดับเพลิงมาถึง

ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง

ในอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่ตาม พ.ร.บ. ควบคุมอาคารฉบับปัจจุบันระบุให้ติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงด้วย (Automatic Water Sprinkler) หรือที่ชาวบ้านเรียกกันว่า ระบบสปริงเกลอร์

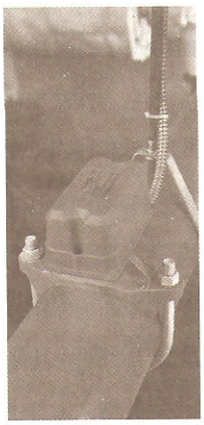
โดยทั่วไปท่อย่อย (Branch Pipe) ส่งน้ำของระบบนี้จะเป็นท่อกระจายทั่วไปในพื้นที่ของอาคาร โดยต่อกับระบบท่อเมนส่งน้ำดับเพลิงนั่นเอง ตำแหน่งและการติดตั้งหัวสปริงเกลอร์จะถูกกำหนดโดยพื้นที่ครอบคลุมสูงสุดต่อหัวและระยะห่างระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิงซึ่งจะออกแบบตามมาตรฐาน NFPA หรือ วสท. เช่น พื้นที่อันตรายปานกลางจะกำหนดไว้ไม่เกิน 130 ตารางฟุต / หัว พื้นที่อันตรายสูงจะกำหนดไว้ไม่เกิน 100 ตารางฟุต / หัว เป็นต้น

ระบบท่อเปียก (Wet Pipe System)

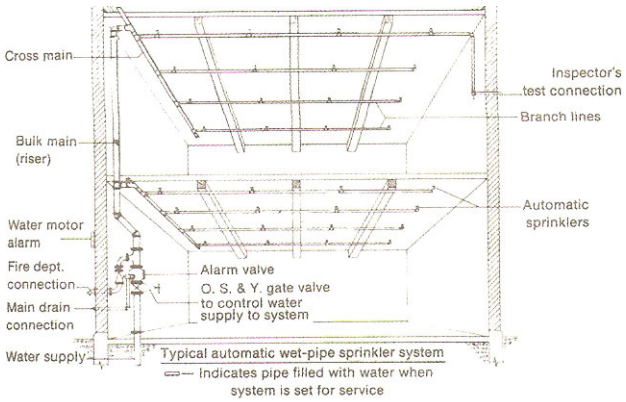
ระบบนี้จะมีน้ำอยู่ในท่อที่ติดตั้งหัวสปริงเกลอร์อยู่ตลอดเวลา เมื่อเกิดเพลิงไหม้ความร้อนจะทำให้หัวสปริงเกลอร์ที่ติดตั้งอยู่เหนือบริเวณฐานเพลิงแตกออกอัตโนมัติ น้ำดับเพลิงจะไหลออกจากหัวสปริงเกลอร์ครอบคลุมพื้นที่เพลิงไหม้นั้น ทำให้สามารถดับเพลิงได้ก่อนที่ไฟจะลุกลามใหญ่โต นอกจากนี้ระบบยังติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับการไหลของน้ำ (Flow Switch) ในแต่ละชั้นและโซนต่าง ๆ ของอาคารเพื่อให้ทราบถึงพื้นที่ต้นเพลิง (Origin of Fire Area)

เนื่องจากระบบนี้ทำงานอัตโนมัติ อุปกรณ์ตรวจสอบสภาพการเปิด – ปิดของวาล์ว (Supervisory Switch of Valve) จึงเป็นสิ่งจำเป็นทั้งนี้เพราะหากวาล์วถูกปิดจะไม่มีน้ำดับเพลิงไหลไปยังหัวสปริงเกลอร์ทำให้เพลิงลุกลามจนควบคุมได้ยาก

ระบบท่อเปียกจะต้องมีระบบท่อน้ำทิ้ง (Drain Pipe) ประกอบด้วยเพื่อระบายน้ำทิ้งในกรณีที่มีการต่อท่อเพิ่มหรือซ่อมท่อ



อุปกรณ์ตรวจจับการไหลของน้ำ



ระบบท่อเปียก

ระบบท่อแห้งแบบชะลอน้ำเข้า (Preaction System)

เป็นระบบท่อแห้ง (Dry Pipe System) ที่ไม่มีน้ำอยู่ และทำงานร่วมกันระบบตรวจจับเพลิง (Fire Detection) คือ เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับเพลิง (Fire Detection) จับสัญญาณได้ว่า เกิดเพลิงไหม้ จึงจะส่งสัญญาณให้วาล์ว (Preaction Valve) เปิดน้ำเข้าสู่ระบบท่อสปริงเกลอร์ โดยทั่วไประบบนี้จะใช้กับห้องที่เก็บของมีค่าหรือห้องคอมพิวเตอร์ เพื่อหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุจากน้ำที่เกิดจากหัวกระจายน้ำดับเพลิงแตกเอง ในกรณีไม่มีเพลิงไหม้ ระบบตรวจจับเพลิงในกรณีนี้จะจัดเป็น 2 ชุด (Cross Zoned Detection System) และจะต้องมีอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงอย่างน้อย 1 ตัว ในแต่ละชุดทำงาน เพื่อยืนยันว่าเกิดเพลิงไหม้จริง จึงจะส่งสัญญาณแจ้งให้เปิดน้ำเข้าสู่ระบบ ในระบบท่อแห้งนี้จะต้องมีวาล์วไล่อากาศ (Air Vent) ติดตั้งด้วย เพื่อไล่ลมออกเวลาปล่อยน้ำเข้ามา

ระบบท่อแห้ง (Dry Pipe System)

ระบบนี้เหมาะสำหรับประเทศที่มีอากาศหนาวจัดจนอุณหภูมิต่ำกว่าเยือกแข็ง เพื่อป้องกันการเสียหายของท่อซึ่งเกิดจากการแข็งตัวของน้ำในเส้นท่อ เนื่องจากไม่มีน้ำอยู่ในเส้นท่อที่ติดตั้งหัวสปริงเกลอร์ การดับเพลิงจึงช้ากว่าระบบท่อเปียก

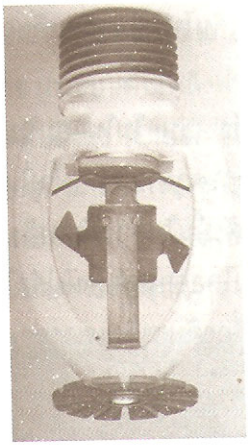
หัวกระจายน้ำดับเพลิง (Automatic Sprinkler)

หัวกระจายน้ำดับเพลิงแต่ละหัวจะมีอุณหภูมิทำงาน (Operating Temperature) กำหนดไว้แน่นอน เช่น 135˚F, 155˚F, 165˚F, 212˚F ฯลฯ การเลือกอุณหภูมิทำงานของหัวกระจายน้ำดับเพลิงในแต่ละพื้นที่ใช้สอยของอาคารจึงต้องเลือกให้เหมาะสม โดยทั่วไปอุณหภูมิทำงานของหัวกระจายน้ำดับเพลิงจะสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงสุด (Maximum Ambient Temperature) ประมาณ 30˚ - 40˚F ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้หัวกระจายน้ำดับเพลิงแตกในกรณีที่ไม่มีเพลิงไหม้เกิดขึ้น สำหรับความดันน้ำที่เหมาะสมโดยทั่วไปไม่ควรน้อยกว่า 15 ปอนด์ / ตารางนิ้ว หัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ผลิตจะมีทั้งชนิดหัวที่ติดชี้ลง (Pendent Type) ใช้กับพื้นที่ทั่วไป และใช้ติดที่ฝ้าเพดาน ชนิดหัวชี้ขึ้น (Upright Type) ใช้กับบริเวณจอดรถ ห้องเก็บของ เพราะโอกาสจะโดนกระแทกแล้วหัวเกิดการเสียหายมีน้อยกว่าหากติดตั้งให้หัวชี้ขึ้น ข้อแตกต่างระหว่างหัวทั้ง 2 ชนิดนี้สังเกตได้จาก แผ่นบังคับทิศทางน้ำ (Deflector) นอกจากนี้ยังมีชนิดติดผนัง (Sidewall Type) ในกรณีที่ไม่สามารถเดินท่อไปยังกลางห้องได้ เช่น ห้องพักในโรงแรม

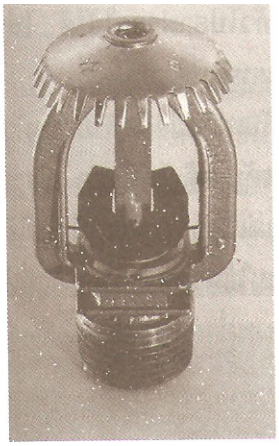
หัวสปริงเกลอร์เหล่านี้จะผ่านการรับรองจากมาตรฐาน เช่น UL และ FM มาแล้ว จึงไม่ต้องสงสัยว่า เมื่อเกิดอัคคีภัย จะทำงานได้จริงหรือไม่ คือ หากถูกเผาถึงอุณหภูมิที่หัวสปริงเกลอร์ถูกผลิตมารับรองว่าหัวฉีดน้ำออกมาแน่ ๆ ไม่ต้องห่วง และไม่จำเป็นต้องเผาไฟเพื่อทำการทดสอบอีก

ในกรณีที่ช่องว่างในเพดานมีมากกว่า 0.80 เมตร และมีวัสดุติดไฟจะต้องมีสปริงเกลอร์ 2 ชั้น คือ ที่ระดับฝ้าเพดานและในฝ้าเพดาน ในกรณีที่มีช่องว่างเพดานหลังคาจั่วก็จะต้องมีสปริงเกลอร์ 2 ชั้น เช่นกัน คือ ที่ระดับฝ้าเพดาน และอีกชั้นเกาะไปตามความเอียงขอหลังคาจั่ว

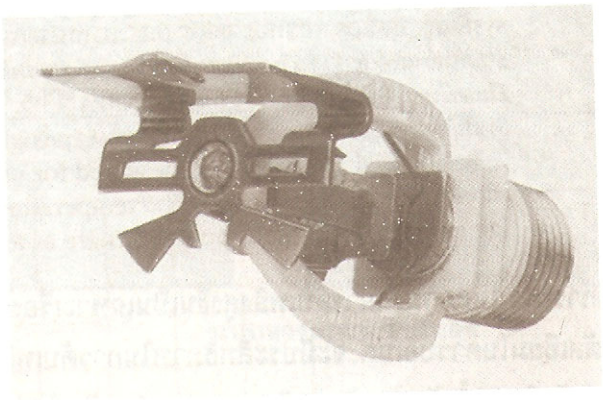
ในกรณีที่มีโถงโล่ง (Atrium) ก็จะต้องมีการติดตั้งสปริงเกลอร์ตามปกติ แต่สปริงเกลอร์นี้



Pendent Sprinkler



Upright Sprinkler



Sidewall Sprinkler

อาจจะไม่สามารถดับไฟที่เบื้องล่างได้ แต่จะช่วยลดความร้อนของโครงสร้างหลังคา Atrium นี้ เพื่อยืดเวลาการถล่มของโครงสร้าง Atrium เนื่องจากความร้อน การดับเพลิงในบริเวณโถงโล่งจะต้องใช้สายส่งน้ำดับเพลิงหรือปืนฉีดน้ำดับเพลิง (Fire Monitor หรือ Fire Gun)

ในกรณีที่ Atrium มีช่องแสง (Sky Light) ช่องแสงนี้จะต้องทำจากวัสดุที่ไม่ติดไฟ ไม่ก่อให้เกิดลูกไฟ หยดไฟ และไม่เป็นอันตรายเมื่อเกิดการแตกของกระจก

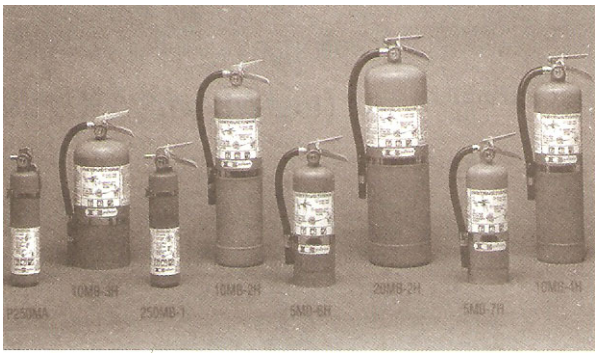
เครื่องดับเพลิงมือถือ

เครื่องดับเพลิงมือถือ (Portable Fire Extinguisher) เป็นอุปกรณ์ช่วยในการดับเพลิง ในขณะที่เพลิงยังมีขนาดเล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ และคนทั่วไปสามารถนำไปใช้ได้ไม่ยากนัก ตำแหน่งที่ติดตั้งจะอยู่ในที่เดียวกันกับตำแหน่งสายส่งน้ำดับเพลิง และตำแหน่งเสริมอื่น ๆ เช่น บริเวณห้องครัว ห้องเครื่อง ห้องเก็บของ ห้องเก็บสารไวไฟ เป็นต้น

ขนาดของเครื่องดับเพลิงมือถือที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ ขนาด 10 ปอนด์ เนื่องจากมีขนาด

และน้ำหนักที่คนทั่วไปสามารถใช้ได้ ไม่หนักหรือเทอะทะจนเกินไป ในขณะเดียวกันก็จะมีสารดับเพลิงที่พอจะใช้ดับเพลิง

เครื่องดับเพลิงมือถือที่ใช้โดยทั่วไปจะบรรจุผงเคมีแห้ง เช่น โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต ที่มีคุณสมบัติในการดับเพลิงได้ทั้ง 3 ประเภท คือ A (ไม้, กระดาษ), B (น้ำมัน, สารไวไฟ), C (อุปกรณ์ไฟฟ้า) แต่เนื่องจากผงเคมีเมื่อใช้งานแล้วจะสกปรก ดังนั้นในการดับเพลิงเนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้า จึงมักจะนิยมใช้พวกสารดับเพลิงที่เป็นก๊าซ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งไม่ก่อให้เกิดการสกปรก แต่จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าชนิด A, B, C และมีราคาของเครื่องดับเพลิงแพงกว่า



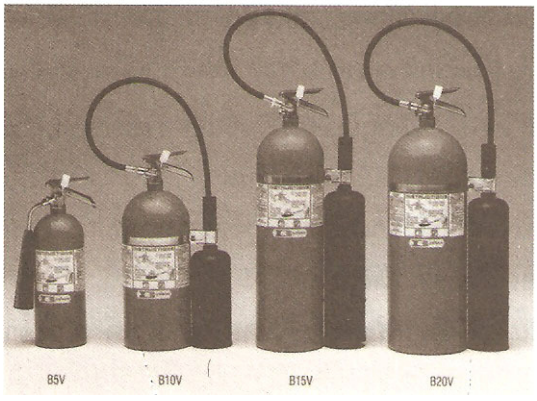
A, B, C

ในกรณีที่ต้องการประสิทธิภาพในการดับเพลิงสูงขึ้นเป็นเฉพาะเรื่อง ก็มีสารดับเพลิงอื่นให้เลือกใช้ได้ เช่น พวกโปตัสเซียมไบคาร์บอเนต จะมีประสิทธิภาพในการดับเพลิงประเภท B ได้ดีกว่า พวกนี้มักจะนิยมใช้ในสถานีบริการน้ำมัน

การติดตั้งเครื่องดับเพลิงจะต้องติดตั้ง “ภายนอก” ห้องที่ป้องกัน เพราะเมื่อเกิดอัคคีภัยจะดำเนินการจากภายนอกห้อง คงไม่มีใครจะเสี่ยงเข้าไปหยิบเครื่องดับเพลิงจากภายในห้องที่เกิดเหตุ

ตำแหน่งที่ติดตั้งจะต้องเห็นชัดเจน และมีป้ายแสดงพร้อมวิธีการใช้เครื่องดับเพลิงอย่างถูกต้อง

เครื่องดับเพลิงมือถือ จะต้องตรวจสอบอยู่เสมอ เพื่อให้อยู่ในสภาที่พร้อมจะใช้งาน และจะต้องมีการซ้อมให้รู้จักวิธีใช้อยู่ประจำ



เครื่องดับเพลิงมือถือ เคมี / CO_2

ระบบดับเพลิงแบบพิเศษ

นอกจากระบบดับเพลิงต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีระบบดับเพลิงพิเศษอีก เช่น ระบบที่ใช้สารสะอาดดับเพลิง (Clean Agent Fire Extinguishing System) เช่น FM 200 Inergen ระบบฮาลอน 1301 ระบบคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นระบบที่ติดตั้งและสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ เหมาะกับห้องคอมพิวเตอร์ ห้องอุปกรณ์โทรคมนาคม อุปกรณ์ไฟฟ้า เนื่องจากเมื่อทำงานแล้วจะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ เหมือนกับกรณีที่ใช้น้ำเป็นสารดับเพลิงในระบบสปริงเกลอร์

ระบบสารสะอาดดับเพลิง

อย่างไรก็ตามในปัจจุบัน ฮาลอน ถือว่า เป็นสารประเภท CFC ซึ่งจะถูกยกเลิก เนื่องจากไปทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศ ซึ่งไม่มีการใช้ระบบนี้อีกต่อไป ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อฉีดออกมาจะทำให้เกิดหมอกขาว หากมีผู้ในการดับเพลิงอยู่ในห้องจะทำให้มองไม่เห็นทางออก และจะขาดออกซิเจน เนื่องจากการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ต้องใช้ถึง 40% โดยปริมาตร

นอกจากนี้ยังมีระบบที่ใช้โฟม ซึ่งมีการนำไปใช้ในบริเวณที่มีน้ำมัน เช่น ที่จอดรถ

ระบบควบคุมควันไฟ

จุดมุ่งหมายของระบบควบคุมควันไฟ คือ

1. ป้องกันไม่ให้ควันไฟเข้าสู่บริเวณบันไดโถงลิฟท์ และชะลอการแพร่กระจายของควันไฟ

2. ระบายควันไฟ ก๊าซพิษ และความร้อนออกจากบริเวณที่เกิดอัคคีภัย

การดำเนินการเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ในข้อแรก มักจะใช้วิธีอัดอากาศ (Pressurizing System) เช่น การอัดอากาศในบันไดหนีไฟ การอัดอากาศ ในบริเวณโถงลิฟท์ การอัดอากาศในพื้นที่ข้างเคียง หรือชั้นบน / ล่างของชั้นที่เกิดอัคคีภัย

การดำเนินการเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ในข้อที่ 2 จะใช้วิธีการระบายควันออก (Smoke Exhaust System) จากบริเวณที่เกิดอัคคีภัย เช่น การใช้พัดลมดูดอากาศออกจากชั้นที่เกิดอัคคีภัย

Smoke Exhaust Fan

การระบายควันออกจากโถงอาคาร การระบายควันออกจะช่วยลดปริมาณควันที่พื้นที่ทำให้คนสามารถเห็นทางหนีได้ ลดอันตรายจากการสำลักควันไฟ และลดความร้อนซึ่งจะทำให้ชะลอการถล่มของโครงสร้างอาคาร ประสบการณ์จากการเผาโรงงานแทนทาลั่มที่ จ.ภูเก็ต พบว่าอุปกรณ์ระบายอากาศที่หลังคา (Roof Ventilator) ช่วยให้หลังคาโรงงานไม่ถล่มลงมา และการเสียหายของอุปกรณ์จำกัดอยู่ในวงแคบไม่กระจายตัว สามารถนำเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าไปใช้ต่อได้ ไม่มีผู้เสียชีวิตเนื่องจากควันและไฟ ทั้ง ๆ ที่ภายในโรงงานมีสารเคมี และพลาสติก รวมทั้งมีน้ำมันและยางมะตอยที่นำมาโดยผู้เผาโรงงาน

หากใช้พัดลมในระบบนี้ จะต้องใช้พัดลมที่ทนความร้อนได้สูง และสายไฟฟ้าที่จ่ายไฟฟ้าให้กับพัดลมจะต้องเป็นสายชนิดทนไฟ รวมทั้งต้องใช้ระบบไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง

การทำงานของระบบจะมีระบบควบคุมการทำงานของพัดลม และการควบคุมความดันลมจะเชื่อมโยงกับระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ และระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้

ระบบนี้จะต้องใช้รับการทดสอบว่าใช่งานได้ดีอยู่เสมอ เช่นเดียวกับอุปกรณ์อื่น ๆ ในระบบป้องกันเพลิงไหม้ เพื่อมั่นใจว่าระบบสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ

ระบบสุขาศิบาล

ระบบสุขาภิบาล

ระบบสุขาภิบาล (Sanitary System) โดยหลักการแล้วก็คือ ระบบที่เกี่ยวข้องกับน้ำ ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งยวดต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เราได้อาศัยน้ำทั้งในการอุปโภคและบริโภคอยู่เกือบตลอดเวลา ดังนั้นระบบสุขาภิบาล จึงเป็นระบบที่ถือว่าเป็นปัจจัยที่ขาดไม่ได้สำหรับอาคารทุกอาคารด้วย

เมื่อมนุษย์ได้มีการวิวัฒนาการทางด้านความเป็นอยู่ให้เป็นระบบมากขึ้น ระบบสุขาภิบาลจึงมีวิวัฒนาการตามกันไปด้วย

ระบบสุขาภิบาลที่สำคัญ และจัดว่าเป็นระบบพื้นฐานที่จำเป็นจะต้องมีในทุกอาคาร ได้แก่

1. ระบบน้ำประปา (Water Supply System)

มีหน้าที่หลัก คือ การจ่ายน้ำที่สะอาดไปยังจุดใช้งานต่าง ๆ ในอาคารในปริมาณ และแรงดันที่เหมาะสมต่อการใช้งาน หน้าที่ที่สำคัญอีกประการหนึ่งของระบบประปา คือ เป็นแหล่งสำรองน้ำ ซึ่งจะทำให้ตัวอาคารมีน้ำสะอาดไว้ใช้ได้ในช่วงระยะเวลาที่ระบบจ่ายน้ำประปาภายนอกอาคารปิดซ่อมแซม นอกจากนี้ในอาคารขนาดใหญ่ที่มีระบบดับเพลิงของตัวเอง ก็จำเป็นต้องมีแหล่งสำรองน้ำเพื่อใช้ในการดับเพลิงด้วย

2. ระบบท่อระบายน้ำเสีย (Waste water Drainage System)

น้ำเมื่อผ่านการใช้งานก็จะเปลี่ยนแปลงสภาพเป็นน้ำเสีย เพราะปนเปื้อนสิ่งสกปรกต่าง ๆ โดยทั่วไปน้ำเสียจากอาคารสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ

- น้ำเสียที่เกิดจากการชำระล้าง, อาบน้ำ จะเรียกว่า น้ำทิ้ง (Waste)
- น้ำเสียที่เกิดจากสุขภัณฑ์ที่ โถปัสสาวะ, ส้วม จะเรียกว่า น้ำโสโครก (Soil)

3. ระบบบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment System)

ระบบบำบัดน้ำเสียจะทำหน้าที่หลัก คือ บำบัดน้ำเสียที่รับมาจากระบบท่อระบายน้ำเสียให้มีคุณลักษณะตรงต้องตามมาตรฐานน้ำทิ้งของหน่วยราชการที่เกี่ยวข้อง ก่อนที่จะระบายลงสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะ หรือคู คลองต่าง ๆ

นอกจากระบบพื้นฐานทั้ง 3 ประเภท ที่กล่าวถึงข้างต้นนี้ ระบบสุขาภิบาล ยังจะประกอบด้วยระบบอื่น ๆ อีกได้แก่

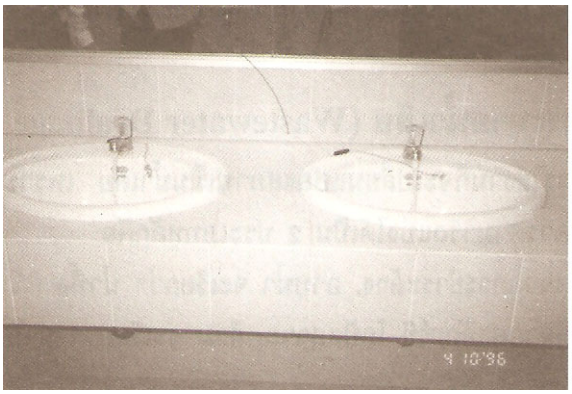
- ระบบบำบัดน้ำดี (Water Treatment System) เช่น ระบบกรองน้ำ (Filtration System) ระบบทำน้ำอ่อน (Water Softener) ระบบทำน้ำดื่ม (Drinking Water System)

- ระบบสระว่ายน้ำ (Swimming Pool System)
- ระบบรดน้ำต้นไม้ (Irrigation System)
- ระบบน้ำพุ น้ำตก (Fountain & Waterfall System)
- ระบบระบายน้ำฝน (Storm Drainage System)
- ระบบน้ำร้อน (Hot Water System)
- ระบบไอน้ำ (Steam System)
- ระบบท่อก๊าซ (Gas Piping System)

วิศวกรรมที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีเหล่านี้ จะรับผิดชอบโดยวิศวกรสุขาภิบาล (Sanitary Engineer) ซึ่งในปัจจุบันได้เปลี่ยนเป็นวิศวกรสิ่งแวดล้อม (Environmental Engineer) เนื่องจากในปัจจุบันสิ่งแวดล้อมได้รับความสำคัญและมีบทบาทเพิ่มมากขึ้น

ระบบน้ำประปา

สำหรับอาคารที่อยู่ในกรุงเทพฯ การประปานครหลวง (กปน.) จะเป็นผู้ให้บริการน้ำประปา โดยน้ำประปามีคุณภาพได้ตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (WHO) แต่เนื่องจากยังมีความไม่แน่นอนของระบบจ่ายน้ำประปา รวมทั้งความดันน้ำยังอยู่ในเกณฑ์ อาคารส่วนใหญ่จึงจำเป็นที่จะต้องมีถังสำรองน้ำในระดับดินหรือใต้ดิน โดยมีความจุไม่น้อยกว่า 1 – 2 วันของปริมาณน้ำใช้



สำหรับอาคารสำนักงานประมาณว่าจะใช้น้ำคนละประมาณ 60 – 80 ลิตร / คน / วัน และสำหรับอาคารพักอาศัยประมาณว่าจะใช้น้ำประมาณ 150 – 300 ลิตร / คน / วัน ในการคิดปริมาณน้ำใช้จะต้อง คิดเผื่อสำหรับร้านอาหาร น้ำรดต้นไม้ ฯลฯ และน้ำสำหรับเติมให้กับระบบปรับอากาศในกรณีที่ใช้ระบบปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ซึ่งจะใช้น้ำพอ ๆ ปริมาณน้ำใช้ทั่วไปในอาคาร

ถังสำรองน้ำควรแบ่งเป็น 2 ถัง เผื่อล้างหรือซ่อมถังหนึ่ง อีกถังหนึ่งยังจะสามารถใช้ได้และควรจะแยกถังน้ำประปาออกจากถังสำรองน้ำดับเพลิงเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของน้ำอันเนื่องมาจากคราบสนิมที่เกิดจากท่อน้ำดับเพลิง

การจ่ายน้ำในอาคารจะอาศัยเครื่องสูบน้ำ โดยอาจจะใช้วิธีอัดน้ำด้วยความดันเข้าไปในระบบท่อประปาเลย (Pressurized System) หรือใช้การจ่ายโดยแรงโน้มถ่วง (Gravity Feed System)

สำหรับอาคารขนาดใหญ่ และอาคารสูง ความดันน้ำที่ต่ำที่สุดในการจ่ายน้ำมักจะถูกกำหนดโดยวาล์วชำระชนิดก้านโยก (Flush Valve) เนื่องจาก Flush Valve ซึ่งต้องใช้ความดันอย่างน้อย 15 ปอนด์ / ตารางนิ้ว จึงจะทำงานได้ดี ความดัน 15 ปอนด์ / ตารางนิ้ว เท่ากับความสูงของน้ำ 10.5 เมตร หมายความว่า ระดับก้นถังเก็บน้ำจะต้องสูงระดับ Flush Valve ตัวที่อยู่สูงที่สุดไม่น้อยกว่า 10.50 เมตร และยังต้องเผื่อความสูงเพื่อชดเชยแรงเสียดทานในระบบท่อและวาล์วอีกด้วย

โดยทั่วไป ระบบแรงโน้มถ่วง จะเหมาะกับอาคารสูงเกิน 10 ชั้น โดย7 ชั้นล่างใช้แรงโน้มถ่วง และ 3 ชั้นบนใช้การอัดน้ำเข้าท่อโดยตรง โดยมีถังน้ำที่หลังคาเป็นที่พักน้ำ

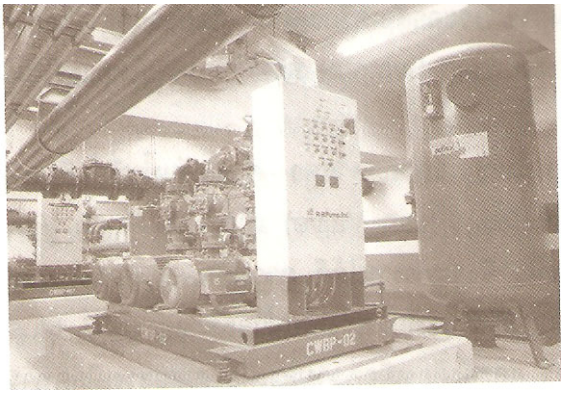
สำหรับอาคารเตี้ย ก็สามารถทำถังน้ำสูงได้ เช่น โครงการประเภทรีสอร์ท ถังน้ำสูงจะต้องมีหัวถังน้ำสูงกว่าตำแหน่ง Flush Valve ตัวที่อยู่สูงสุดมากพอ ในกรณีโรงแรมที่ใช้ฝักบัวพิเศษ (ฝักบัวที่ใช้นวดตัวได้) ยิ่งต้องมีระดับน้ำที่สูงมากขึ้นเพื่อให้ได้ความดันที่พอเพียง

ที่กล่าวมานี้ เป็นเรื่องการทำให้ได้ความดันที่พอเพียง แต่ทุกอย่างต้องมีความพอดี ความดันหากสูงเกินไปก็จะมีปัญหาน้ำแรงเกินไป ซึ่งก็อาจจะมีปัญหาตามมาอีกคืออุปกรณ์จะเสียง่าย น้ำรั่วง่าย ท่อสั่น เมื่อน้ำวิ่ง หรือเกิดน้ำกระแทก (Water Hammer) ดังนั้นหากความดันน้ำเกิน 55 ปอนด์ / ตารางนิ้ว ก็มักจะต้องมีอุปกรณ์ลดความดันน้ำ (Pressure Reducing Valve) เข้ามาเพื่อช่วยในการลดความดัน

สำหรับอาคารสูงที่มีความดันมาก ๆ การป้องกันน้ำกระแทก ถือว่าเป็นเรื่องสำคัญมาก เพราะการกระแทกของน้ำอาจจะมีความรุนแรงมากพอที่จะทำให้อุปกรณ์ในระบบเสียหายได้ และบางครั้งก็อาจจะมีเสียงดังมากได้ การป้องกันน้ำกระแทกอาจใช้อุปกรณ์เพื่อลดหรือป้องกันการเกิดการกระแทกของน้ำ เช่น การใช้กระเปาะลมเพื่อรับแรงกระแทกของน้ำ (Shock Absorber หรือ Water Hammer Arrestor) การใช้ถังลม (Air Pressure Tank) การใช้เช็ควาล์วที่สามารถปิดได้เร็ว (Silent Check Valve)

ระบบอัดน้ำด้วยความดัน (Pressurized System)

มักจะนิยมใช้เครื่องสูบน้ำที่มีถังอัดความดันในตัว (Air Pressure Tank) ซึ่งในปัจจุบันมีการพัฒนาให้มีวาล์วเติมลม (Air Valve) เพื่อช่วยเติมลมในถังให้มีปริมาณเพียงพอ เนื่องจากเมื่อใช้งานลมจะลดลงไปเอย ๆ โดยละลายไปในน้ำ ลมที่อยู่ในถังอัดความดัน จะช่วยรักษาความดันน้ำให้คงที่ และทำให้เครื่องสูบน้ำมีจังหวะหยุดเป็นการประหยัดไฟฟ้า และยืดอายุของเครื่องสูบน้ำสำหรับอาคารขนาดใหญ่ เครื่องสูบน้ำประเภทนี้จะประกอบมาเป็นชุดเรียกว่า Pressure Booster Pump Set เครื่องสูบน้ำอาจมีหลายชุด โดยทำงานกี่ชุดขึ้นกับปริมาณการใช้น้ำ ทำงานโดย



ระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติ และอาจจะมีวาล์วปรับความดัน (Pressure Regulating Valve) เพื่อช่วยในการควบคุมความดันน้ำด้วย บางครั้งจะเรียกว่า Constant Pressure Booster Pump Set ถังอัดความดันที่มากับชุดเครื่องสูบน้ำประเภทนี้ มักจะเป็นชนิดที่มีแผ่นไดอะแฟรม (Diaphragm) คั่นระหว่างส่วนที่เป็นน้ำกับลมในถังทำให้ไม่จำเป็นต้องเติมลมเหมือนในถังลมของเครื่องสูบน้ำขนาดเล็ก

ระบบการจ่ายน้ำโดยแรงโน้มถ่วง (Gravity Feed System)

จะอาศัยการสูบน้ำขึ้นไปเก็บไว้ที่ถังน้ำสูง และปล่อยให้ไหลลงมาเอง การควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำจะใช้สวิทช์ระดับ (Level Switch) ที่ติดตั้งอยู่ในถังน้ำสูง ระบบนี้จะเป็นระบบง่าย ๆจึงเป็นที่นิยม เพราะมีปัญหาน้อย และหากไฟฟ้าดับก็พอมีน้ำใช้ไปอีกพักหนึ่ง

ดังนั้นอาคารทั่วไปจึงมักจะนิยมใช้การสูบน้ำขึ้นถังน้ำสูง เช่น ถังน้ำหลังคา หรืออาจจะเป็นถังน้ำทรงแชมเปญที่เห็นใช้กันตามหมู่บ้านจัดสรร หรือโรงงาน อย่างไรก็ตามถังน้ำสูงจะต้องมีความสูงกว่าจุดใช้น้ำสูงที่สุด อย่างเพียงพอตามเหตุผลซึ่งได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นบางครั้งจึงใช้ระบบถังน้ำสูงนี้ไม่ได้ เนื่องจากถังที่สูงเกินไปอาจจะทำไม่ได้เนื่องจากความสวยงามของอาคาร ติดปัญหาเรื่องสถานที่ การติดข้อกำหนดเกี่ยวกับความสูงของอาคาร เป็นต้น

หากมีปัญหาว่าทำไม่ได้จึงจะต้องหันไปใช้ระบบอัดน้ำด้วยความดัน ซึ่งถือว่าเป็นระบบที่มีความซับซ้อน และอาจจะมีปัญหาได้มากกว่า รวมทั้งหากไฟฟ้าดับน้ำก็จะหยุดไหลทันที สำหรับอาคารประเภทโรงแรมหรือที่อยู่อาศัย การที่น้ำหยุดไหลทันที อาจจะก่อให้เกิดความรำคาญ เช่น กำลังสระผม และมีแชมพูอยู่เต็มหัวแล้วน้ำหยุดไหลไปเฉย ๆ นอกจากนี้โดยทั่วไปหากชุดเครื่องสูบน้ำอัดความดันไม่มีอุปกรณ์ช่วยในการปรับความดันน้ำก็มักจะพบว่าความดันน้ำอาจจะไม่สม่ำเสมอ ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดความรำคาญ โดยเฉพาะในกรณีของโรงแรมที่มีระบบท่อน้ำร้อน ก็อาจจะทำให้ความดันระหว่างน้ำร้อนและน้ำเย็นไม่คงที่ ทำให้เกิดปัญหาน้ำร้อนมากน้อยไม่สม่ำเสมอ ทำให้ผู้ใช้น้ำเกิดความรำคาญ

อุปกรณ์ในระบบท่อประปาผู้ผลิตได้ผลิตโดยการแบ่งเป็น Class เป็น Class 125, 150, 200, 300 ความหมายของ Class 125 ก็คืออุปกรณ์นั้นเมื่อนำมาใช้กับไอน้ำ จะสามารถทนแรงดัน

ใช้งานสูงสุดได้ 125 ปอนด์ / ตารางนิ้ว แต่เมื่อนำอุปกรณ์ Class 125 นี้มาใช้งานกับน้ำ, น้ำมัน, ก๊าซ อุปกรณ์นั้นจะสามารถทนแรงดันใช้งานสูงสุดได้ถึง 200 ปอนด์ / ตารางนิ้ว ดังนั้นการเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างถูกต้อง ควรจะต้องพิจารณาถึง Class ให้เหมาะกับความดันใช้งานของอุปกรณ์นั้น ๆ ด้วย

อาคารที่มีความสูง 100 เมตร จากตำแหน่งเครื่องสูบน้ำใต้อาคาร มักจะต้องมีถังน้ำกลางอาคารอีกที่เรียกว่า Intermediate Tank เพื่อไม่ให้ความดันในระบบมากเกินกว่าที่อุปกรณ์จะรับได้

Intermediate Tank มักจะก่อให้เกิดปัญหาทางด้านการออกแบบ เนื่องจากมีน้ำหนักมากต้องมีเครื่องสูบน้ำ ต้องการช่องเปิดบริการถังน้ำ และต้องป้องกันเสียง การสั่นสะเทือน และยังอาจจะมีปัญหาน้ำรั่ว น้ำล้นและน้ำซึมด้วย ดังนั้นจึงจะมีถังน้ำชนิดนี้ เมื่อเห็นว่ามีความจำเป็นจริง ๆ เท่านั้น

หากอาคารนั้นใช้ระบบปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ และมีคูลลิ่งเทาเวอร์ ก็จะต้องพิจารณาการจ่ายน้ำเติมคูลลิ่งเทาเวอร์อีกซึ่งอาจจะกินน้ำถึงครึ่งหนึ่งของปริมาณการใช้น้ำทั้งอาคาร และน้ำเติมส่วนนี้จะต้องเป็นน้ำอ่อน (Soft Water) เพื่อไม่ให้เกิดตะกรันในระบบระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศอีกด้วย

การบริหารการใช้น้ำก็เป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้น จะต้องพิจารณาเรื่องตำแหน่งที่ติดมิเตอร์น้ำด้วยเพื่อให้ความสะดวกแก่พนักงานที่ตรวจมิเตอร์น้ำ นอกจากนั้นบางอาคารยังมีการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่ด้วย (Recycled Water)

โครงการที่อยู่ในต่างจังหวัด ยังมีปัญหาแหล่งน้ำอยู่ และต้องพิจารณาตั้งแต่เริ่มโครงการว่าจะนำน้ำมาจากไหน เพราะถ้าไม่มีน้ำโครงการจะเกิดไม่ได้เลยและคุณภาพต่ำ น้ำจากแม่น้ำก็มักจะพบว่ามีระดับไม่แน่นอน และคุณภาพต่ำลง ในบางโครงการ เช่น โครงการที่อยู่บนเกาะ หรือโครงการชายทะเลที่ห่างไกลอาจจะต้องนำน้ำทะเลมาทำเป็นน้ำจืดก็มี

ระบบท่อระบายน้ำเสีย

ระบบท่อระบายน้ำทิ้ง

น้ำหลังจากใช้แล้ว ก็จะต้องทิ้งออกไป ท่อน้ำทิ้งจะมีขนาดใหญ่กว่าท่อประปาเพราะมีการไหลโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง ซึ่งจะช้ากว่าน้ำประปาที่น้ำถูกส่งด้วยความดัน นอกจากนี้ในการระบายน้ำในท่อให้เป็นไปโดยสะดวกและรวดเร็วขึ้นจะต้องมีท่ออากาศ (Vent Pipe) เพื่อให้อากาศที่อยู่ในท่อมีทางออกและหลบทางให้น้ำไหลผ่านไปได้

สิ่งสำคัญที่สุดในการเดินท่อน้ำทิ้งก็คือ ความลาดเอียงของท่อ ซึ่งควรจะมีความลาดเอียงไม่น้อยกว่า 1 : 100 เพื่อให้น้ำไหลด้วยความเร็วที่พอเพียง ลดปัญหาน้ำหรือกากของเสียตกค้าง และลดการอุดตันของท่อ นอกจากนี้ยังควรที่จะมีที่เปิดเพื่อทำความสะอาดท่อ (Clean Out) ตามทางเลี้ยวที่สำคัญต่าง ๆ

น้ำทิ้งนี้ได้แก่น้ำทิ้งจากอ่างล้างมือ การอาบน้ำ หัวรับน้ำทิ้งที่พื้น (Floor Drain) ส่วนน้ำทิ้งจากอ่างล้างจาน และครัว (Kitchen Drain) จะต้องมีบ่อดักขยะและไขมัน (Grease Trap)

ก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้ท่ออุดตัน และมักจะแยกท่อออกต่างหากจากท่อน้ำทิ้งทั่วไป

ปัญหาท่อตันส่วนใหญ่ มักจะเกิดจากน้ำทิ้งจากครัว เนื่องจากเศษข้าว เศษอาหาร ฯลฯ และเป็นปัญหาของความมักง่ายของคนที่แก้ไขได้ยาก อาคารคอนโดมิเนียม แฟลต ศูนย์การค้า จะปวดหัวกับปัญหาเหล่านี้เสมอ วิธีการลดปัญหานี้ลง ขอแนะนำให้ปฏิบัติดังนี้

1. เดินท่อในช่องท่อที่เปิดได้โดยสะดวก และมี Clean Out เป็นระยะ ๆ ตลอดความยาวของท่อ
2. หากเป็นไปได้ควรเดินท่อเกาะภายนอกอาคารทำให้สามารถเปลี่ยนท่อได้ หรือตัดท่อช่วงที่มีปัญหาออกเปลี่ยนได้ (ส่วนมากจะตันตรงช่วงล่าง ๆ ของท่อ)
3. ใช้หัวรับน้ำที่มีตะแกรงดักเศษอาหาร ตะแกรงนี้จะถอดออกได้โดยใช้เครื่องมือพิเศษเท่านั้น ถ้าตะแกรงตันก็ยอมให้น้ำท่วมห้องเลยใช้หลัก “กรรมใดใครก่อคนนั้นก็ต้องรับเอง”

น้ำทิ้งทั้งหมดนี้จะต้องผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียจึงจะสามารถระบายลงสู่ส่อระบายน้ำสาธารณะได้

ระบบท่อระบายน้ำโสโครก

จัดว่าเป็นน้ำเสียประเภทหนึ่ง แต่จะมีความสกปรกมากว่า กล่าวคือ เป็นน้ำทิ้งจากส้วมและโถปัสสาวะ ส่วนใหญ่มักจะนิยมแยกท่อน้ำเสียออกจากท่อน้ำทิ้งทั่วไป เพื่อป้องกันปัญหากลิ่นย้อนเข้าไปออกที่หัวรับน้ำทิ้งที่พื้น หรืออ่างล้างมือหากน้ำในที่ดักกลิ่น โดยอาจจะใช้ท่ออากาศร่วมกับท่อน้ำทิ้งทั่วไปได้เพื่อความประหยัด

น้ำโสโครกนี้จะต้องผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะระบายลงสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะ

โดยปกติในระบบท่อน้ำทิ้ง และท่อน้ำโสโครกจะมีกลิ่น โดยเฉพาะระบบท่อน้ำโสโครกจะมีกลิ่นเหม็นมาก วิธีการป้องกันกลิ่น เพื่อไม่ให้ย้อนกลับมาออกตามสุขภัณฑ์ จะอาศัยที่ดักกลิ่น (Trap) ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปตัว U หรือ P ซึ่งตามปกติจะมีน้ำขังอยู่ทำหน้าที่เป็นซีล (Water Seal) กันไม่ให้กลิ่นย้อนกลับขึ้นมาได้

ปัญหาที่พบมากในระบบท่อระบายน้ำเสีย ได้แก่ ปัญหาเสียงน้ำไหลในท่อเสียงที่เกิดจากการที่น้ำไหลในท่อ บางครั้งอาจจะรู้สึกว่าเป็นเรื่องที่ไม่สำคัญ แต่บางทีมันน่ารำคาญ ถ้าเป็นโรงแรมชั้นหนึ่งจะต้องมีการพิจารณาวิธีการป้องกันเสียงน้ำไหลนี้เป็นพิเศษ

การป้องกันเสียงน้ำไหล ก็คือ

1. พยายามเดินท่อน้ำทิ้ง ท่อส้วม ท่อน้ำฝนนอกบริเวณที่ต้องการความเงียบ
2. ใช้วัสดุท่อประเภทที่มีความหนา เช่น ท่อเหล็กหล่อ
3. ใช้วิธีตีกลองหุ้มท่อ เช่น การใช้แผ่นยิปซั่มหนา ๆ หุ้มปิดท่อ
4. ใช้วัสดุประเภทฉนวนใยแก้วพร้อมอลูมิเนียมฟอยล์หุ้มท่อ
5. ใส่แผ่นยางระหว่างท่อกับที่จับยึดท่อ

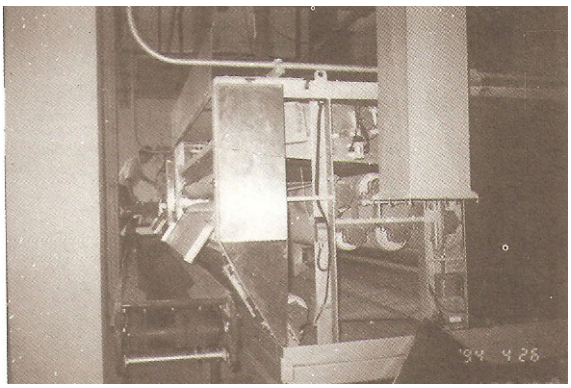
ระบบบำบัดน้ำเสีย

น้ำทิ้งและน้ำโสโครกเป็นน้ำเสียที่จะต้องผ่านการบำบัดก่อนที่จะระบายสาธารณะ ทางราชการได้กำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งของอาคารขนาดต่าง ๆ ไว้หลายประเภท ตัวอย่าง เช่น อาคารสำนักงานที่มีพื้นที่รวมกันทุกชั้นเกิน 55,000 ตารางเมตร จะอยู่ในอาคารประเภท ก. ซึ่งจะมีค่ามาตรฐานน้ำทิ้งสำคัญ ๆ ตัวอย่างเช่น ค่า pH กำหนดไว้มีค่า 5 – 9, ค่า BOD กำหนดไว้ไม่ให้เกิน 20 มก / ล และค่า SS กำหนดไว้ไม่เกิน 30 มก / ล สำหรับรายละเอียดและมาตรฐานน้ำทิ้งของอาคารประเภทอื่น ๆ สามารถตรวจสอบได้ในกฎกระทรวงฉบับที่ 44 (พ.ศ.2538) ซึ่งมีรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก

โดยทั่วไประบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กับสำหรับอาคารประเภท ก และ ข ได้แก่ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated Sludge ซึ่งเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถบำบัดน้ำเสียได้ตามมาตรฐานและเป็นระบบที่ต้องการการดูแลและบำรุงรักษาต่ำ

การบำบัดน้ำเสียของระบบนี้ จะอาศัยจุลชีพเป็นสำคัญ หลักการก็คือ จะเลี้ยงจุลชีพไว้ในเมื่อน้ำเสียเข้ามาในระบบที่มีจุลชีพอยู่ จุลชีพก็จะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ในกระบวนการนี้จุลชีพจะเพิ่มจำนวนขึ้นซึ่งจุลชีพในส่วนที่เพิ่มขึ้นนี้จะต้องถูกนำออกมาจากระบบเพื่อรักษาสมดุลของจำนวนจุลชีพให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำเสีย จุลชีพส่วนเกินนี้เมื่อรวมตัวกันจะมีลักษณะเป็นตะกอน (Sludge) การกำจัดตะกอนเหล่านี้ โดยทั่วไปสำหรับอาคารขนาดเล็ก จะเก็บรวมกันไว้ในบ่อเก็บตะกอนส่วนเกินเพื่อรอรถเทศบาลมาขนถ่ายต่อไป สำหรับอาคารใหญ่ (ปริมาณน้ำเสียมากว่า 500 ลูกบาศก์เมตร / วัน ปริมาณตะกอนส่วนเกินจะมีปริมาณมากซึ่งอาจทำให้ไม่สะดวกในการขนถ่าย จึงควรออกแบบระบบลดปริมาณตะกอนเหล่านี้ วิธีที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ การใช้อุปกรณ์ Filter Press หรือ Belt Filter Press ซึ่งอุปกรณ์ทั้งสองจะทำหน้าที่หลักคือ รีดน้ำออกจากตะกอนซึ่งมีผลโดยตรงทำให้ปริมาณตะกอนลดลง และสามารถขนถ่ายได้โดยสะดวก

นอกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated Sludge แล้ว ในปัจจุบันมีการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียแบบอื่น ๆ ออกมาอีกหลายแบบ อาทิเช่น ระบบ Anaerobic Filter, ระบบ Rotating



Biological Contactor (RBC) ระบบต่าง ๆ นี้ก็มีคุณสมบัติ ประสิทธิภาพ และความเหมาะสมกับการใช้งานแตกต่างกันออกไป

ระบบบำบัดน้ำเสียที่ทำงานได้ดีนั้น สามารถนำน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดแล้วมาใช้ประโยชน์อื่นได้ เช่น นำมารดน้ำต้นไม้ หรือนำไปใช้เติมในระบบระบายความร้อนของระบบปรับอากาศ เป็นการลดภาระค่าน้ำประปาของอาคารได้เป็นอย่างดี

ปัญหาที่มักจะพบ ซึ่งเป็นปัญหาที่ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียทำงานไม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ

1. มีปัญหาไขมัน (Grease) จากครัวที่ไม่ได้ถูกแยกแกไปก่อน ไขมันนี้เมื่อเข้ามาในระบบบำบัดน้ำเสีย หากมีปริมาณมากจะมีผลต่อขบวนการย่อยสลายของจุลชีพ และมีผลกับอุปกรณ์ในระบบเพราะไขมันจะไปเกาะอุปกรณ์ ไขมันหากมีปริมาณสะสมจะกลายเป็นแผ่นไขแข็ง ๆ ซึ่งสร้างปัญหามาก ดังนั้นน้ำทิ้งจากครัวจะต้องผ่านบ่อดักไขมันก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย และไขมันที่แยกตัวออกแล้วในบ่อดักไขมัน จะต้องมีการตักออกอยู่อย่างสม่ำเสมอ หากมีปริมาณไขมันมาก เช่น ใน Fast Food ของห้างสรรพสินค้า อาจจะต้องมีเครื่องแยกไขมัน โดยใช้ระบบทางกลเข้ามาช่วย
2. มีปัญหาน้ำทิ้งจากห้องซักผ้า ซึ่งมีสารซักฟอกปนมา หากมีปริมาณมาก และเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ก็จะสร้างปัญหาทำให้ระบบทำงานไม่มีประสิทธิภาพ ในโรงแรมที่มีห้องซักผ้าขนาดใหญ่ ระบบบำบัดน้ำเสีย จะต้องออกแบบเป็นพิเศษให้สามารถรับน้ำทิ้งนี้ได้ และจะต้องใช้สารซักฟอกประเภทที่ย่อยสลายได้ (Biodegradable)
3. สถาปนิกกำหนดให้บ่อบัดน้ำเสียอยู่ในสถานที่ซึ่งดูแลรักษาได้ลำบาก เช่น ใต้ทางลาด ใต้ห้องเครื่อง เป็นต้น โดยไม่สามารถทำช่องเปิด (Service Manhole) ตามที่ควรจะเป็นได้ เนื่องจากพื้นที่ไม่อำนวย โดยมองว่าระบบบำบัดน้ำเสียเป็น “**ถังส้วม**” ที่ควรถูกต้องจะมองระบบบำบัดน้ำเสียว่าเป็น “**โรงงานบำบัดน้ำเสีย**” ต้องจัดให้มีการเข้าดูแลระบบได้โดยสะดวก

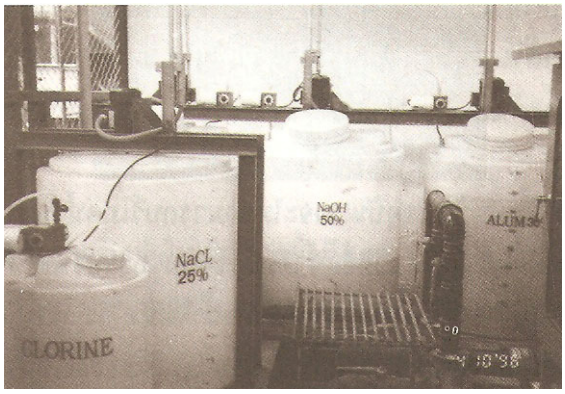
การออกแบบที่ดีวิธีที่หนึ่ง คือ การเปิดให้บริเวณเหนือระบบบำบัดน้ำเสียเป็นห้องที่คนเข้าไปได้ และมีเดินเข้าถึงส่วนต่าง ๆ ของระบบได้โดยตลอด พร้อมทั้งมีการระบายอากาศที่ดี มีการติดตั้งไฟฟ้าและแสงสว่างที่พอเพียง จะต้องเข้าใจว่าในระบบบำบัดน้ำเสียมีอุปกรณ์อยู่ และเมื่ออุปกรณ์ เช่น

เครื่องเติมอากาศ เครื่องสูบน้ำ หัวจ่ายลม ฯลฯ มีปัญหาจะต้องถอดออกเพื่อซ่อมแซมได้ โดยไม่ต้องหยุดการทำงานของระบบ

4. ถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) ตื้นเกินไป ดังที่ได้กล่าวแล้วว่าจุลชีพส่วนเกินจะกลายเป็นตะกอน โดยการแยกตะกอนนี้ออกในขั้นต้น จะอาศัยถังตกตะกอนซึ่งหากตื้นเกินไป หรือมีรูปร่างไม่เหมาะสมจะทำให้มีตะกอนลอยปนไปกับน้ำที่จะทิ้งมากเกินไปทำให้น้ำขุ่น โดยทั่วไปถังตะกอนควรจะมีความลึกไม่น้อยกว่า 3 เมตร และในระบบใหญ่อาจจะมีอุปกรณ์ทางกล (Sludge Scraper) มาช่วยในการแยกตะกอนออกด้วย

5. ปัญหาเรื่องกลิ่น โดยทั่วไปหากในระบบบำบัดน้ำเสียจะมีกลิ่นบ้างก็ไม่มาก แต่เนื่องจากในบ่อบำบัดน้ำเสีย อาจจะมีน้ำโสโครกที่เก็บไว้นาน หรือมีความอับชื้นที่ต้องการระบายอากาศที่ดี (ห้องที่อับชื้นทั่วไปที่ไม่มีการระบายอากาศก็มีกลิ่นเหมือนกัน) ดังนั้นในระบบบำบัดน้ำเสียจะต้องจัดให้มีการระบายที่ดีด้วย ตำแหน่งที่อาจจะมีกลิ่นได้ ก็คือ ถังเกรอะ (Septic Tank) ซึ่งเป็นถังเก็บที่ดีอาจจะมีการเติมอากาศช่วยในถังเหล่านี้ เพื่อลดปัญหากลิ่นลงด้วย การเติมอากาศจะต้องเติมให้ทั่วถึงเพื่อไม่ให้เกิดมุมอับ

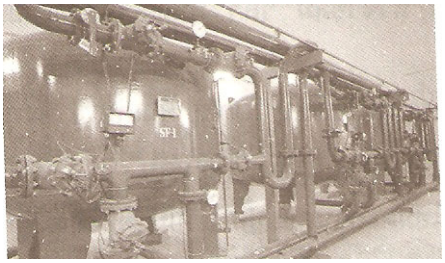
น้ำเสียนอกจากจะเกิดจากน้ำทิ้ง และน้ำโสโครกโดยทั่วไปแล้ว ยังอาจจะเกิดจากน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต จากห้องทดลอง จากเครื่องฟอกอากาศด้วย ซึ่งการบำบัดน้ำเสียเหล่านี้อาจจะแตกต่างกันไป ขึ้นกับลักษณะของน้ำเสียว่ามีสารประกอบอะไรเจือปนอยู่ในน้ำเสียบ้าง โดยจะ



ต้องนำตัวอย่างน้ำเสียไปทำการวิเคราะห์เสียก่อน เพื่อให้ทราบองค์ประกอบต่าง ๆ แล้วจึงทำการศึกษากระบวนการบำบัดต่อไป โดยทั่วไปแล้ว จะใช้กระบวนการปรับค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) โดยการเติมสารละลายกรดหรือด่างเพื่อปรับน้ำเสียมีสภาพเป็นกลาง ในบางกรณีอาจจะมีการเติมสารเคมีเพื่อทำให้ปฏิกิริยากับน้ำเสียนั้นเพื่อแยกสารเคมีบางตัวออกมาจากน้ำเสียในลักษณะที่เป็นตะกอน

ระบบบำบัดน้ำดี

ในบางโครงการคุณภาพของน้ำที่ทางโครงการต้องการอาจจะสูงกว่าน้ำที่จัดหาได้ใน



บริเวณโครงการนั้น ๆ การบำบัดน้ำดีจึงมีจุดประสงค์ที่เพิ่มคุณภาพน้ำให้มีคุณภาพน้ำให้มีคุณลักษณะตรงต้องตามโครงการต้องการ ตัวอย่างเช่น

1. **ระบบบำบัดน้ำประปาจากน้ำดิบ –** ใช้กับสถานที่ซึ่งไม่มีน้ำประปา แต่มีแหล่งน้ำดิบตามธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตน้ำประปาต่อไปได้ ซึ่งขบวนการบำบัดน้ำนี้จะมีขั้นตอนเช่นเดียวกับของการประปานครหลวง

2. **ระบบทำน้ำอ่อน** – สำหรับบำบัดน้ำเพื่อลดปริมาณสารที่ก่อให้เกิดตะกรันได้ โดยจะใช้บำบัดน้ำเพื่อใช้เติมในระบบไอน้ำ ระบบปรับอากาศแบบที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ฯลฯ

3. **ระบบทำน้ำบริสุทธิ์** – เป็นการบำบัดน้ำเพื่อเอาสารต่าง ๆ ที่ผสมอยู่ในน้ำออกจากน้ำให้หมด ซึ่งอาจจะใช้การจับด้วยเรซิน (Cation – Anion Resin) หรืออาจจะใช้เมมเบรนในการกรอง (Reverse Osmosis) การใช้เมมเบรนนี้ยังใช้ในการบำบัดน้ำกร่อยหรือใช้ในการทำน้ำจืดจากน้ำทะเลด้วย น้ำประเภทนี้จะใช้ในโรงงานที่ต้องการน้ำที่สะอาดมาก ๆ เช่น โรงงานทำวงจรอิเลคโทรนิคส์

4. **ระบบทำน้ำกลั่น** – ใช้วิธีต้มน้ำให้กลายเป็นไอ แล้วจึงนำมากลั่นให้กลายเป็นน้ำ ซึ่งจะมีความบริสุทธิ์มาก และต้นทุนในการบำบัดน้ำจะสูงมาก น้ำประเภทนี้จะใช้ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ทั่วไป

5. **ระบบผลิตน้ำดื่ม** – ในปัจจุบันเราจะไม่สามารถบริโภคน้ำประปาโดยตรงได้ จึงจำเป็นที่จะต้องใช้น้ำดื่มจากแหล่งอื่น ซึ่งนิยมใช้วิธีซื้อดื่มบรรจุกัน การบริโภคน้ำดื่มบรรจุเป็นแนวทางที่ไม่ประหยัด สร้างปัญหาการจราจร ปัญหาการขนส่งถังน้ำในอาคาร ทำให้เปลืองลิฟต์ ทำให้วัสดุปูพื้นทางเดิน และขอบประตูเสียหาย ฯลฯ ดังนั้นการผลิตน้ำดื่มใช้เองจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสม

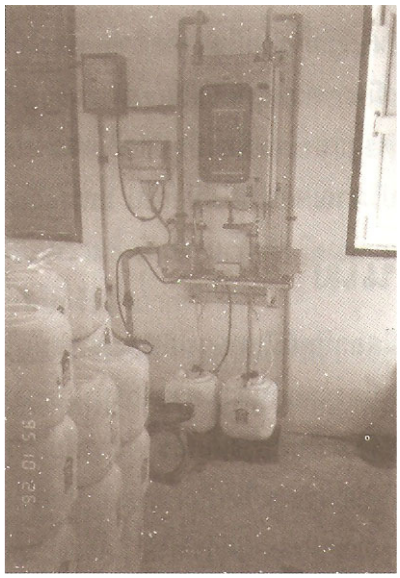
ในปัจจุบันเครื่องกรองน้ำที่มีประสิทธิภาพได้มาตรฐานมีจำหน่ายมากมายหลายประเภท เช่น เครื่องกรองน้ำที่ใช้ระบบ RO (Reverse Osmosis) เครื่องกรองน้ำที่ใช้รังสี (Ultraviolet) ในการฆ่าเชื้อโรค เครื่องกรองน้ำเหล่านี้สามารถหาซื้อได้ในราคาที่ไม่สูงมากนัก และมีประสิทธิภาพในการกรองน้ำดื่มสูง สะดวกในการใช้งาน ต้องการดูแลรักษาเพียงแค่เปลี่ยนสี้กรอง หลอด UV หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ตามเวลาที่กำหนดก็จะได้น้ำดื่มที่สะอาดไว้บริโภคโดยไม่ต้องเสียสตางค์ซื้อน้ำดื่มบรรจุขวด

สำหรับอาคารขนาดใหญ่ อาจจะจัดให้มีระบบผลิตน้ำดื่มส่วนกลาง (Central Drinking Water System) และมีเครื่องฆ่าเชื้อโรค เช่น การใช้ระบบโอโซน หรือการใช้รังสีอุลตราไวโอเลต

(UV) รวมทั้งอาจจะมีไส้กรองถ่าน (Carbon Filter) เพื่อกำจัดกลิ่นด้วย ที่สำคัญคือในระบบนี้จะต้องมีระบบระบายน้ำทิ้งอัตโนมัติด้วย เพื่อป้องกันปัญหาน้ำค้างท่อเป็นเวลานานเพราะเมื่อมีน้ำค้างท่ออาจจะเริ่มมีการสะสมตัวของจุลชีพเกิดขึ้นซึ่งอาจเป็นอันตรายได้

ระบบสระว่ายน้ำ

สระว่ายน้ำในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะมีความลึกประมาณ 1.50 เมตร ยกเว้นสระกระโดด ซึ่งมักจะไม่นิยมเพราะมักจะเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย ลักษณะของสระก็มักจะนิยมเป็นระบบน้ำล้น (Over Flow Type) เนื่องจากระดับน้ำจะปริ่มที่ขอบสระทำให้ดูสวยงามกว่าระบบเดิมที่จะมีระดับน้ำต่ำกว่าขอบสระ และจะต้องมีร่องน้ำโดยรอบที่ขอบสระ



ก่อนอื่นเราต้องทราบว่าน้ำในสระว่ายน้ำมี 2 ระบบ คือ ระบบทิ้งน้ำจากรางระบายน้ำ (Gutters to Sewer) และระบบหมุนเวียนน้ำจากรางระบายน้ำ (Reclaiming Gutter water) โดยที่ระบบหมุนเวียนน้ำจากรางระบายน้ำนี้เป็นที่นิยมในการออกแบบ เนื่องจากเป็นระบบที่ประหยัดน้ำ โดยน้ำในสระว่ายน้ำที่ล้นออกมาที่รางระบายน้ำ จะนำกลับมาใช้ใหม่ และจะมีการเติมน้ำใหม่เข้ามาบ้างก็เพื่อชดเชยส่วนที่ระเหย ส่วนที่ล้นหรือส่วนที่ระบายน้ำเท่านั้น ดังนั้นวิธีการควบคุมให้น้ำแลดูใสสะอาดก็คือในระบบหมุนเวียนจะต้องมีการกรองน้ำเพื่อกรองสารแขวนลอยต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำ และการเติมสารเคมีประเภทคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคตลอดจนป้องกันไม่ให้เกิดตะไคร้ นอกจากนี้ในบริเวณสระจะต้องการดูดกวาดตะกอนฝุ่นดิน ฯลฯ ที่ตกค้างอยู่ในสระด้วย โดยใช้ (Vacuum Cleaner) ที่ดูดกวาดตะกอน สำหรับสระขนาดใหญ่ อาจจะใช้เครื่องทำความสะอาดมีล้อ และวิ่งด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า แรงดูดน้ำได้มาจากการทำงานของเครื่องสูบน้ำเพื่อหมุนเวียนน้ำนั่นเอง

ในระบบน้ำล้น การจ่ายน้ำเข้าสระจะจ่ายเข้าบริเวณทางด้านของสระ และให้ล้นลง

รางน้ำบนพื้นรอบขอบสระ น้ำจะล้นและไหลตามรางไปลงยังถังพักน้ำ (Surge Tank) หลังจากนั้นก็จะมีเครื่องสูบน้ำสูบน้ำจากถังพักนี้ไปเข้าเครื่องกรองน้ำ ซึ่งสำหรับสระว่ายน้ำขนาดใหญ่อาจจะเป็นถังกรองด้วยทราย (Sand Filter) และหากเป็นสระขนาดเล็กก็อาจจะใช้ถังกรองที่ใช้ตัวกรองเป็น Diatomaceous Earth เมื่อตัวกรองสกปรกก็จะใช้น้ำดันย้อนกลับทาง เพื่อไล่ตะกอนที่จับอยู่ออก (Back Wash) แล้วระบายทิ้งออกไป เนื่องจากน้ำต้องไหลจากรางลงถังพักน้ำ ดังนั้นถังพักน้ำนี้จึงต้องอยู่ต่ำกว่าพื้นรอบสระว่ายน้ำ

บริเวณพื้นใต้สระว่ายน้ำ หากสามารถจัดเป็นที่ว่างสำหรับการเดินท่อ และให้สามารถเข้าซ่อมแซมท่อได้ เมื่อท่อรั่วก็จะเป็นการดี เพราะสระว่ายน้ำหลายแห่งต้องปิดใช้ไม่ได้ เพราปัญหามีเกี่ยวกับท่อน้ำ การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน โดยทั่วไปมีอยู่ 2 วิธี คือ การเติมสารละลายประเภทไฮโปคลอไรด์ วิธีนี้จะมีสารตกค้าง (Residue) เหลืออยู่แล้วจะสะสมมากขึ้นในสระน้ำเรื่อย ๆ อีกวิธีหนึ่งก็คือ การใช้ก๊าซคลอรีน วิธีนี้จะไม่มีสารตกค้าง และได้ผลในการฆ่าเชื้อโรคดีกว่าวิธีแรก แต่การใช้วิธีนี้จะอันตรายได้ ต้องมีการควบคุมการใช้อย่างเข้มงวด

สำหรับสระว่ายน้ำมาตรฐาน จะต้องมีอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณคลอรีนตามจุดต่าง ๆ ของสระน้ำทั่วไป เพื่อควบคุมให้ปริมาณคลอรีนไม่มากไป และไม่น้อยเกินไป

ระบบรดน้ำต้นไม้

ในปัจจุบัน การจัดภูมิสถาปัตย์มีบทบาทกับอาคารสมัยใหม่มากขึ้น แม้กระทั่งบ้านที่อยู่อาศัยก็ยังมีระบบรดน้ำอัตโนมัติ เนื่องจากคนสวนหายากขึ้น และน้ำมีราคาแพงมากขึ้น

ระบบรดน้ำต้นไม้ หรือระบบสปริงเกลอร์ จะอาศัยการทำงานของเครื่องสูบน้ำ และท่อรวมทั้งหัวฉีดกระจายน้ำ ซึ่งมีลักษณะต่าง ๆ ให้เลือกตามลักษณะการใช้งาน

น้ำที่ใช้ในระบบนี้จะต้องสะอาดพอสมควร หรือมีเครื่องกรองน้ำ (อาจจะใช้เครื่องกรองทราย Sand Filter หรือเครื่องกรองโดยใช้ตะแกรง – Inline Irrigation Filter) เพื่อป้องกันการอุดตันของหัวฉีดกระจายน้ำ

นอกจากนี้สำหรับกระบะต้นไม้ตามระเบียง อาจจะใช้ระบบการรดต้นไม้แบบหยดน้ำด้วย การระบายน้ำจากกระบะต้นไม้จะต้องให้มีจัดกรวดและทราย เพื่อกรองป้องกันไม่ให้ดินเข้าไปทำให้ท่อระบายน้ำอุดตันได้

น้ำที่เหมาะสมจะนำมาใช้ในระบบนี้ชนิดหนึ่งก็คือ น้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งนอกจากจะทำให้ใช้น้ำอย่างคุ้มค่าแล้ว คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (สวล.) ยังมักจะแนะนำให้ใช้วิธีนี้ด้วยกับโครงการประเภทรีสอร์ท หรือโรงแรมชายทะเล

ระบบน้ำพุ น้ำตก

ระบบดังกล่าวนี้ก็มีบทบาทมากขึ้นในงานภูมิสถาปัตย์เช่นกัน และมักจะต้องให้ผู้ชำนาญงานดำเนินการ เนื่องจากลักษณะต่าง ๆ กัน ทำให้ปริมาณน้ำและความดัน

น้ำแตกต่างออกไป ข้อที่ควรจะพิจารณาในการจัดทำ “ระบบภูมิสถาปัตย์น้ำ” นี้คือ

1. ควรจะจัดให้มีห้องเครื่องที่มีการระบายอากาศ และทางเข้าออกที่ดี เพื่อติดตั้งเครื่องสูบน้ำ เครื่องกรองน้ำ อุปกรณ์ควบคุม ฯลฯ สำหรับระบบน้ำพุ น้ำตกขนาดใหญ่ ห้องเครื่องควรจะอยู่ต่ำกว่าบ่อน้ำ

2. หากจะต้องการให้น้ำใสเหมือนสระว่ายน้ำ ก็จะต้องมีระบบกรองน้ำ เติมคลอรีนเหมือนสระว่ายน้ำ ไม่เช่นนั้นน้ำจะขุ่น และเกิดฟองรวมทั้งมีตะไคร่จับบ่อน้ำ

3. อีกทางเลือกหนึ่งก็คือ ให้สระเป็นแบบธรรมชาติ ในกรณีนี้ไม่จำเป็นที่จะต้องมีระบบกรองน้ำเหมือนสระว่ายน้ำ เช่น สระบัว สระประเภทนี้หากมีความลึกไม่เกิน 1.50 เมตร และไม่มีน้ำเสียทิ้งลงไปในสระน้ำสระก็จะไม่เน่าเสีย หากมีพืชน้ำอยู่ พืชน้ำเหล่านี้จะช่วยเติมให้มีปริมาณออกซิเจนในน้ำให้เพียงพออยู่แล้ว

4. กรณีที่จะทำให้มีน้ำตกแบบน้ำล้นไม่ควรจะให้ความกว้างของฝายน้ำล้นกว้างหรือยาวมาก เพราะจะทำให้ต้องใช้ปริมาณน้ำมาก และระดับของขอบฝายจะต้องได้ระดับเสมอ จึงจะทำให้น้ำตกเป็นแผ่นสวยงาม ในบางกรณีอาจจะติดตั้งขอบที่มีความคม (Sharp Edge) เพื่อช่วยในการปรับระดับและทำให้น้ำตกเป็นแผ่นน้ำตามต้องการ

5. น้ำพุ น้ำตก ทำให้เกิดความชื้นในบรรยากาศเป็นอย่างมาก จึงไม่ควรให้มีไว้ภายในอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่มีระบบปรับอากาศ

“น้ำพุแสดง” เช่นที่เราเริ่มจะเห็นตามศูนย์การค้า จะต้องใช้เทคนิคพิเศษ เช่น น้ำพุที่กระโดดเป็นสายน้ำไปมา จะต้องมีเทคนิคในการเอาอากาศออกจากน้ำ จะต้องใช้ความดันสูง ใช้หัวฉีด และมีระบบควบคุมพิเศษ

ระบบท่อระบายน้ำฝน

ประเทศไทย จัดว่าเป็นประเทศที่มีฝนตกหนาแน่น การจัดวางท่อระบายน้ำฝน รางระบายน้ำฝนให้เพียงพอ จึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญ ตำแหน่งท่อน้ำฝนอาจจะมีผลกระทบกับเสาหรือรูปภายนอกของอาคารด้วย ท่อน้ำฝนไม่ควรฝังในเสา เพราะหากท่อตันในระหว่างการก่อสร้าง (ซึ่งมักจะพบอยู่เสมอ เนื่องจากปูนลงไปในท่อ เพราะคนงานเทน้ำปูนลงไป) จะไม่สามารถแก้ไขได้ นอกจากนี้หากเป็นเสาหลักจะพบว่าท่อน้ำฝนจะไม่สามารถแหวกเหล็กเสริมในเสาออกมาที่ชั้นล่างของอาคารได้ เพราะเหล็กเสริมจะแน่นมาก

การพิจารณาระบบระบายน้ำฝน ยังต้องพิจารณาจุดระบายน้ำออกจากอาคารด้วย

หากถนนบริเวณรอบอาคารต่ำหรืออาจจะยกระดับในอนาคต อาจจะทำให้การระบายน้ำไม่สะดวก หรือมีปัญหาในอนาคต

ทางลาดลงในชั้นใต้ดิน จะต้องยกระดับก่อนทางลง (ลักษณะเป็นหลังเต่า) เพื่อป้องกันน้ำจากผิวถนนไหลลงชั้นใต้ดินตามทางลาด เพราน้ำจากผิวถนนมีปริมาณมาก และถนนอาจจะเชื่อมโยงกับที่อื่น ๆ อีก ซึ่งอาจจะนำน้ำจากที่อื่นเข้ามาอีก การเข้าใจว่ารางน้ำช่วยกันน้ำลงชั้นใต้ดิน

ได้เป็นการเข้าใจที่ผิด เพราะรางน้ำเป็นเพียงที่ “ดักน้ำ” ไม่ใช่ “กันน้ำ” และจะต้องมีการระบายต่อไปยังมีที่ต่ำกว่า หากการระบายน้ำไปยังที่ต่ำกว่าไม่มีก็หมายถึงรางน้ำนั้นลงชั้นใต้ดินอยู่ดี และโดยปกติเครื่องสูบระบายน้ำจากชั้นใต้ดินจะมีขนาดไม่ใหญ่พอที่จะระบายน้ำจากผิวถนน

ปัญหาเรื่องฝนรั่วจากหลังคาเป็นปัญหาที่มักจะพบอยู่เสมอ โดยเฉพาะเมื่อฝนตกหนักและลมแรง ตัวอย่างปัญหาที่พบมีดังนี้

เมื่อคิดพื้นที่รับน้ำฝนเว้นวรรคคิดแต่พื้นที่รับน้ำในแนวราบ สภาพตามความเป็นจริง ฝนไม่ตกลงมาตรง ๆ และจะสาดเข้าที่ผนังอาคารแล้วจึงไหลลงมารวมกัน ดังนั้นพื้นที่รับน้ำฝนจะต้องคิดจากพื้นที่ทั้งแนวราบ และแนวตั้งรวมกัน

เคยพบว่ามีกันสาดขนาด 10 ตารางเมตร และผู้ออกแบบใส่ท่อระบายน้ำฝนขนาด 2 นิ้วไม่พอ เพราะลืมนึกถึงว่าอาคารนั้นสูง 10 ชั้น และผนังส่วนที่เหนือขึ้นไปรับน้ำฝนลงมารวมกันที่กันสาดนี้ทั้งหมด

หากกันสาดนั้นไม่ได้ออกแบบให้รับน้ำหนักไว้ เมื่อน้ำฝนระบายไม่ทันอาจจะทำให้น้ำหนักเพิ่มและพังลงมาได้

ฝนที่เข้าอาคารไม่ได้ไหลลงแต่สามารถไหลขึ้นได้ด้วย เมื่อเราขับรถฝ่าฝน เราจะเห็นว่าน้ำฝนไหลย้อนขึ้นตามกระจกหน้าของรถได้ อาคารเมื่อโนลมพัดปะทะก็สามารถดันให้น้ำฝนไหลย้อนกลับขึ้นไปได้

ดังนั้นจะต้องมีที่ครอบกันฝน (Flashing) ที่ไหนดีและจะต้องลึกพอ

ปัญหาที่เคยพบ คือ การทำหลังคาจั่ว ที่ปลายหลังคาทำรางน้ำคอนกรีตรับ และมีแผงบัง (Parapet) เพื่อไม่ให้เห็นรูปจั่วหลังคา เมื่อมีลมแรงลมปะทะแผงบังนี้ จะดันน้ำไหลย้อนเข้าที่ปลายหลังคาจั่วเข้าอาคาร จะแก้ยังไง อุดยังไงก็ไม่หาย และน้ำแทรกเข้ามาด้วยแรงลมอัด สุดท้ายต้องติดรางน้ำเสริม “ในอาคาร”

น้ำระบายออกไม่ทัน โดยเฉพาะในหน้าฝนที่ท่อระบายน้ำเทศบาลมีน้ำเต็มหรือถนนน้ำท่วม ทำให้นำฝนระบายได้ช้า ผลก็คือจะเกิดความดันย้อนกลับ ดันน้ำกลับไปออกตามหัวรับน้ำตามจุดต่าง ๆ ของอาคาร

ถ้าบังเอิญมีหัวรับน้ำทิ้งจากภายในอาคาร เช่น หากห้องเครื่องส่งลมเย็น หรือห้องเก็บอุปกรณ์ทำความสะอาด (Janitor Room) ก็อาจจะไปบอกที่ห้องพวกนี้ แล้วท่วมกลับเข้ามาในสำนักงานได้

วิธีแก้ คือ ควรจะปล่อยน้ำฝนให้ปลายล่างของท่ออยู่สูงกว่าระดับน้ำสูงสุดในบ่อพักของท่อระบายน้ำ หรือแทนที่จะต่อท่อระบายน้ำฝนเข้าด้านข้างของบ่อพัก ก็ใช้วิธีจุ่มลงจากด้านบนแทน ซึ่งจะช่วยลดปัญหาบ่อพักทรุดทำให้ท่อหักได้ด้วย

ท่อเลี้ยวไปมา ท่อน้ำฝนหากมีการหักเลี้ยวไปมา (ในแบบคิดว่าท่อลงมาตรง ๆ แต่เมื่อก่อสร้างต้องหักเลี้ยวไปมา) จะทำให้น้ำไหลช้าลง ซึ่งจะทำให้เกิดอาการน้ำไหลไม่ทัน ดังนั้นควรจะ

เผื่อขนาดท่อให้ใหญ่ไว้ โดยเฉพาะเมื่อท่อจะต้องหลบเนื่องจากปัญหาการก่อสร้าง และต้องเดินแนวราบ

ด้วย ท่อแนวราบจะทำให้น้ำไหลช้ากว่าท่อแนวตั้งมาก และหากต้องเดินในแนวราบยาว ๆ อาจจะต้องเสริมด้วยท่ออากาศ เพื่อช่วยระบายอากาศทำให้น้ำมีพื้นที่ไหลในท่อมากขึ้นด้วย

รางน้ำภายในอาคาร หากหลีกเลี่ยงได้ ไม่ควรจะทำรางน้ำไว้ภายในอาคาร เพรารางน้ำมีโอกาสรั่ว ผุ ได้ และการซ่อมรางน้ำเป็นเรื่องยาก เพราะสถานที่มักจะไม่อำนวย เนื่องจากมีซอกมุมที่ทำความสะอาด หรือทำสี ทำสีกันสนิม กันซึม ได้ลำบาก นอกจากนั้นยังต้องคอยดูแลทำความสะอาดรางน้ำไม่ให้มีสิ่งสกปรกกีดขวางการไหลของน้ำด้วย ยิ่งไปกว่านั้นรางน้ำที่มีขนาดยาว ๆ จะมีปัญหาการยืดหดของราง เนื่องจากอุณหภูมินาน ๆ เข้า จะทำให้รอยต่อของรางน้ำปริแตกและรั่ว

ปัญหาที่พบมาอีกก็คือ ขนาดและความลาดเอียงไม่เพียงพอทำให้น้ำล้นจากราง

ตำแหน่งที่ท่อน้ำฝนต่อกับรางน้ำ ก็เป็นจุดอ่อนที่น้ำมักจะรั่วอยู่เสมอ

รางน้ำคอนกรีตรั่วซึมหากไม่มีระบบกันซึม เพราะรางคอนกรีตมักจะมีรอยร้าว (Hair Crack) เล็ก ๆ ที่เกิดจากการที่ถูกแดด ถูกฝนเป็นระยะเวลานาน ๆ

ทางที่ดีขอแนะนำว่าควรหลีกเลี่ยงการทำรางน้ำภายในอาคาร

การระบายน้ำบนหลังคาคอนกรีต หลังคาคอนกรีตดูเหมือนจะแน่นหนาสามารถกันฝนได้ดี แต่หลังคาคอนกรีตมักจะรั่วได้ดีเช่นกัน ปัญหาเกิดเนื่องจากคอนกรีตจะมีรอยร้าวเล็ก ๆ เนื่องจากการยืดหดของเนื้อคอนกรีต เพราะหลังคาคอนกรีตต้องผจญกับอุณหภูมิที่แสนจะร้อนในตอนกลางวันและเย็นในตอนกลางคืน หากมีน้ำขังเมื่อไร น้ำก็จะซึมและรั่วได้ การป้องกันปัญหาก็คือ ควรจะทำให้หลังคามีความลาดเอียง (1 : 200) โดยลาดเอียงตั้งแต่การหล่อหลังคาเลย ไม่ใช่ใช้วิธีเทปูนทราบทับหน้าตอนหลัง และที่รางน้ำก็ควรจะทำระบบกันซึมที่ดี ให้รางน้ำมีขนาดใหญ่ และมีท่อระบายน้ำฝนที่สามารถระบายน้ำฝนได้เร็วทำให้น้ำฝนไม่ขังอยู่ในรางน้ำ

หลังคาที่ใช้มุงด้วยกระเบื้องมุงหลังคาก็มักจะมีปัญหาเนื่องจากรอยร้าวในแผ่นกระเบื้องเช่นกัน โดยเฉพาะกระเบื้องที่หนา เนื่องจากยิ่งหนาปัญหาการร้าวเนื่องจากอุณหภูมิก็ยิ่งมาก และยังมีการร้าวที่การขนส่งวัสดุอีกดังนั้นผู้ผลิตกระเบื้องมุงหลังคาบางรายจึงเสนอให้ปูอลูมิเนียมฟอยล์ใต้กระเบื้อง โดยอ้างว่าเพื่อกันความร้อน โดยความจริงเพื่อช่วยป้องกันฝนรั่วด้วย

หัวรับน้ำฝนตันส่วนใหญ่แล้วงานก่อสร้างที่ไม่มีคุณภาพมักจะมีปูนมากลบบริเวณหัวรับน้ำฝน ซึ่งเป็นเรื่องที่แก้ไขยาก เนื่องจากเป็นเรื่องของฝีมือ และเป็นเรื่องของคนงาน

ส่วนหลังคาขนาดใหญ่ควรจะจัดให้มีท่อระบายน้ำฝนหลักขนาดใหญ่มีลักษณะเป็นปล่อง (บางโครงการขนาดจะมีขนาดใหญ่กว่า 1 ตารางเมตร) เหมือนการจับท่อระบายน้ำมาตั้งขึ้น จะทำให้มั่นใจเรื่องการระบายน้ำหลังคาได้ และลดปัญหาหัวระบายน้ำตัน

นอกจากนี้ก็อาจจะจัดให้มีช่องน้ำล้นจากหลังคา เพื่อป้องกันปัญหาการรับน้ำหนักของหลังคา หากระบายน้ำไม่ทันด้วย ช่องน้ำล้นนี้ หากเกิดน้ำล้นควรจะให้สามารถมองเห็นได้เลย เพื่อที่จะได้ทราบว่าการระบายน้ำหลังคามีปัญหาแล้ว และควรจะรีบแก้ไข

ระบบระบายน้ำรอบอาคาร

หมายถึงระบบการระบายน้ำไม่ว่าจะเป็นระบบท่อระบายน้ำ / บ่อพัก หรือรางระบายน้ำรอบตัวอาคาร การระบายน้ำรอบอาคารจะได้ผลดี เมื่อตัวอาคาร และพื้นที่บริเวณรอบตัวอาคารมีความสูงกว่าถนน ซึ่งมักจะถูกใช้เป็นที่รับน้ำต่อจากตัวอาคาร

เมื่อเริ่มออกแบบ จะต้องใช้การสำรวจสภาพท่อระบายน้ำ ระดับน้ำขังในบ่อพักเทศบาล รวมทั้งจะต้องศึกษาข้อมูลสถิติระดับน้ำสูงสุดในบริเวณนั้น แล้วจึงมาใช้ในการกำหนดระดับพื้นภายในโครงการ และก็ต้องอย่าลืมตรวจสอบดูด้วยว่า ถนนนั้นจะมีการยกระดับขึ้นหรือไม่ (ถนนหลาย ๆ สายในกรุงเทพฯ จะพบปัญหานี้ เป็นปัญหาที่แสบมาก เพราะเมื่อมีปัญหาแล้ว และอาคารสร้างแล้วก็ต้องอยู่กับปัญหาตลอดไป)

ความสำคัญของความสูงของพื้นที่ก่อสร้าง นอกจากจะต้องสูงกว่าระดับน้ำที่อยู่ในท่อเทศบาลแล้วยังจะต้องมีความสูงพอที่จะดันให้น้ำภายในพื้นที่ไหลออกได้อย่างรวดเร็วด้วย ไม่ใช่ค่อย ๆ ไหลออกไปเรื่อย ๆ เพราะอาจจะทำให้เกิดการเอ่อล้นของน้ำภายในบริเวณ หรือทำให้การไหลของน้ำฝนจากท่อน้ำฝนไหลไม่ทันได้ พื้นที่ใหญ่ ๆ ยิ่งจะต้องยกให้สูงขึ้น เพราะเมื่อต้องเดินท่อระบายน้ำไกล ๆ ท่อระบายน้ำควรจะมีความลาดเอียงไปหาท่อระบายน้ำของเทศบาล ถ้าหากไม่ยกพื้นให้สูงขึ้น ระดับปลายตรงท่อทางออกที่เชื่อมกับท่อเทศบาลอาจจะอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำเกินไป

การใช้ระบบระบายน้ำโดยท่อระบายน้ำ / บ่อพัก เป็นระบบพื้น ๆ ที่นิยมใช้กันทั่วไป มีราคาไม่แพง สามารถขุดวางได้ไม่ยาก แต่จะมีปัญหาความลาดเอียงของท่อในพื้นที่ใหญ่ ๆ ทำให้ท่อลึกมากเกินไป ก็อาจจะทำให้ไม่สามารถก่อสร้างได้หรือระดับท่อต่ำหรือใกล้เคียงกับระดับท่อระบายน้ำเทศบาล ก็อาจจะต้องพิจารณาใช้ระบบรางระบายน้ำแทน เนื่องจากรางระบายน้ำสามารถเปิดออกเพื่อทำความสะอาดได้โดยตลอด จึงสามารถใช้ความลาดเอียงที่น้อยกว่าได้ เช่น 1 : 500 แต่การก่อสร้างรางระบายน้ำ หากต้องหล่อกับที่จะมีความยุ่งยากกว่า และมักจะมีราคาค่าก่อสร้างสูงกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าต้องมีตะแกรงเหล็ก (Steel Grating) ปิดราง หรือต้องทำฝารางปิด จะมีราคาแพงมาก หากไม่ปิดก็กลัวคนตกลงไป (หากรางลึก พลาดตกลงไปขาหักได้ง่าย ๆ) ฝาบริเวณที่รถทับ จะต้องออกแบบให้มีความแข็งแรงเป็นพิเศษ ไม่เช่นนั้น จะเสียหายในเวลาสั้น ๆ เท่านั้นเอง

ตรงจุดที่ท่อน้ำฝนต่อกับระบบระบายน้ำรอบอาคารนี้ ควรจะพยายามต่อให้ท่อน้ำฝนลงบนบ่อพักและให้แยกจากัน (Indirect Drain) เพราะเมื่อบ่อพักทรุดจะได้ไม่ดึงให้ท่อทรุดหรือหักตามลงไปด้วย และจะได้เป็นจุดให้สามารถระบายอากาศจากท่อน้ำฝนได้อีกทางหนึ่ง ทำให้น้ำฝนระบายได้เร็วขึ้น

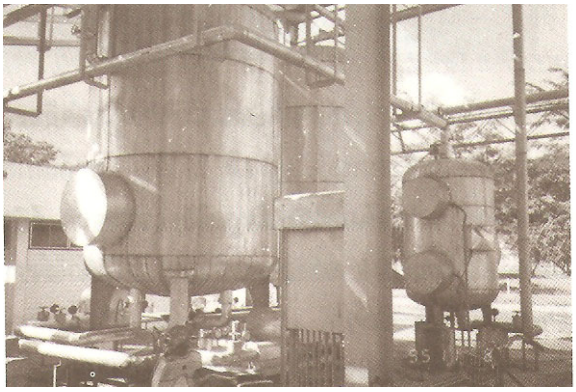
หากมีความจำเป็นจะต้องต่อท่อเข้าด้านข้างของบ่อพัก จะต้องให้มีท่อช่วงหนึ่งเป็นท่ออ่อน (Flexible Connector) เพื่อป้องกันความเสียหายจากการแตกหักของท่อ เนื่องจากการทรุดตัวของบ่อพัก บ่อพักที่รับท่อน้ำฝนขนาดใหญ่ หรือท่อน้ำฝนของอาคารที่มีความสูงมาก น้ำจากท่อน้ำฝนอาจจะพุ่งสุงกลับขึ้นมาได้ (บางครั้งเรียกว่า พญานาคโผล่) บ่อพักนี้ จึงควรจะมีฝาปิดที่ทึบ และ

อาจจะต้องมีขนาดของบ่อใหญ่เป็นพิเศษ เพื่อให้สามารถรับปริมาณน้ำฝนจำนวนมากที่ลงมาได้

ระบบน้ำร้อน

อาจเป็นเพราะเศรษฐกิจของบ้านเราดีขึ้นเลยทำให้มีการอาบน้ำร้อนกันมากขึ้น ระบบน้ำร้อนจึงมีความจำเป็นสำหรับบ้านเรือนและอาคารต่าง ๆ เพิ่มรับระบบน้ำร้อนโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญ คือ เครื่องทำน้ำร้อน และระบบท่อจ่ายน้ำร้อน เครื่องทำน้ำร้อน มีอยู่มากมายหลายแบบ แต่แบบที่เราจะพบเห็นกันบ่อย ๆ มนครัวเรือน ได้แก่ เครื่องทำน้ำร้อน ไฟฟ้าชนิดผ่านร้อน (Instantaneous Electric Hot Water Heater) คือแบบที่ติดอยู่กับฝาผนังห้องอาบน้ำในบ้านเรานั่นเอง ในบางแห่งเมื่อมีความต้องการน้ำร้อนในปริมาณที่มากขึ้นก็จะมีเครื่องทำน้ำร้อนในรูปแบบอื่น ๆ ที่เหมาะสม เช่น

- เครื่องทำน้ำร้อนแบบมีหม้อเก็บน้ำร้อนในตัว ซึ่งเหมาะสมกับห้องอาบนี้ในสปอร์ตคลับต่าง ๆ บ้านที่มีจุดใช้น้ำร้อนหลาย ๆ จุด หรือมีห้องน้ำหลาย ๆ ห้อง ร้านอาหารและภัตตาคาร โดยเครื่องทำน้ำร้อนแบบนี้เราสามารถเลือกใช้พลังงานสำหรับทำน้ำร้อนได้หลายอย่าง เช่น ไฟฟ้า แก๊ส หรือพลังงานแสงอาทิตย์
- เครื่องทำน้ำร้อนแบบใช้ไอน้ำ (Steam) โดยทั่วไปจะนิยมใช้ในโรงแรมหรืออพารทเมนท์ขนาดใหญ่



การเดินท่อน้ำร้อนจากเครื่องทำน้ำร้อนไปยังจุดใช้งานจะมีอยู่ 2 แบบ คือ

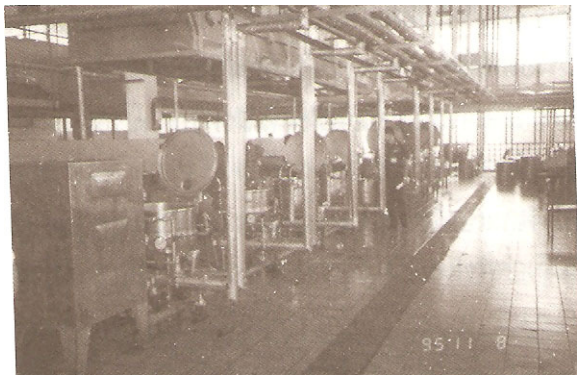
- จ่ายน้ำร้อนไปยังจุดใช้งานโดยไม่มีการหมุนเวียนน้ำร้อนกลับมายังเครื่องทำน้ำร้อนหรือถังเก็บน้ำร้อน ระบบนี้จะเหมาะสมเมื่อเครื่องทำน้ำร้อนและจุดใช้งานอยู่ใกล้กัน เมื่อไม่มีการใช้น้ำร้อน น้ำร้อนที่ค้างอยู่ในท่อจะเย็นลงถึงแม้ว่าท่อน้ำร้อนจะหุ้มฉนวน ในกรณีที่ไม่มีการใช้น้ำร้อนเป็นเวลานาน น้ำร้อนที่ค้างอยู่อาจจะลดอุณหภูมิจนเหลือเท่ากับน้ำประปา ดังนั้นเมื่อเปิดน้ำร้อนอาจจะต้องรอระยะเวลาหนึ่งกว่าจะมีน้ำร้อนไหลออกมา

จ่ายน้ำร้อนโดยการหมุนเวียนน้ำร้อนกลับมายังเครื่องทำน้ำร้อนหรือถังเก็บน้ำร้อน ทั้งนี้เพื่อควบคุมอุณหภูมิของน้ำร้อนในระบบท่อให้อยู่ในระดับที่ต้องการตลอดเวลา รายการจ่ายน้ำ

แบบนี้เหมาะกับโรงแรม หรือ อพาร์ทเมนท์ ขนาดกลางถึงใหญ่ที่มีเครื่องทำน้ำร้อนอยู่ที่จุด ๆ เดียว และต้องจ่ายน้ำร้อนไปยังจุดใช้งานที่อยู่ไกลจากเครื่องทำน้ำร้อน

ระบบไอน้ำ

ระบบไอน้ำ โดยทั่วไปจะใช้ในโรงแรม และโรงงาน โดยในระบบจะประกอบด้วยหม้อไอน้ำ (Steam Boiler) เพื่อทำหน้าที่ผลิตไอน้ำที่มีความดัน 100 – 150 ปอนด์ / ตารางนิ้ว (7 – 10 บาร์) ซึ่งเป็นความดันใช้งานปกติและใช้ไอน้ำนี้เป็นตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงานความร้อนไปใช้ในกิจกรรมอื่น ๆ ต่อไป เช่น ใช้ในการทำน้ำร้อน ใช้ในห้องซักรีด ใช้ในห้องครัว ใช้ในขบวนการผลิต เมื่อไอน้ำถูกใช้แล้วก็จะกลายเป็นน้ำ (Condensate) ซึ่งจะถูกนำกลับไปที่หม้อน้ำ (Condensate Return) เพื่อต้มให้กลายเป็นไอน้ำอีกครั้ง



เชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำมักจะใช้น้ำมัน หากใช้น้ำมันเตาก็มีเขม่าควันมากหน่อย และหากใช้น้ำมันดีเซลหมุนช้าก็จะมีควันน้อยลง

สิ่งที่จะต้องพิจารณาจัดเตรียมในกรณีที่มีการใช้ระบบไอน้ำ ก็คือ

1. ห้องที่ติดตั้งหม้อไอน้ำจะต้องสามารถระบายอากาศได้ดี เพราะจะร้อนและชื้นมาก และสามารถขนย้ายเครื่องเข้า – ออกได้โดยสะดวก

2. พื้นห้องจะต้องสามารถรับน้ำหนักได้มาก (โดยทั่วไปไม่น้อยกว่า 2.5 ตัน / ตารางเมตร)

3. หากอยู่ใกล้กับแหล่งใช้ไอน้ำสำคัญ เช่น เครื่องทำน้ำร้อน (Hot Water Generator) ครัว ห้องซักรีด ก็จะประหยัดท่อ และลดปริมาณความร้อนสูญเสียในระบบ

4. จะต้องสามารถเดินปล่องไอเสียขึ้นสู่ยอดอาคารได้โดยสะดวกไม่เลี้ยวไปมามาก (โดยทั่วไปท่อนี้จะใช้พื้นที่ 0.80 – 1.0 ตารางเมตร)

5. จะต้องจัดเตรียมที่ติดตั้งถังน้ำมันใต้ดินในบริเวณใกล้เคียง โดยรถน้ำมันจะต้องสามารถจอด และเติมน้ำมันได้โดยสะดวก และปลอดภัย

ระบบท่อก๊าซ

ก๊าซ LPG ใช้สำหรับครัว ในกรณีที่มีครัวขนาดใหญ่ เช่น ครัวโรงแรม ร้านอาหาร และต้องใช้ก๊าซเป็นปริมาณมาก มีความจำเป็นที่จะต้องติดตั้งถังก๊าซจำนวนมาก มีข้อกำหนดของกรมโยธิการ ฯลฯ ซึ่งพอจะสรุปสาระสำคัญได้ว่า

1. ถังก๊าซจะต้องติดตั้งที่ระดับพื้นดิน และจะต้องสามารถระบายอากาศได้ รวมทั้งสะดวกต่อการขนถ่าย

2. ในกรณีที่ใช้ถังก๊าซขนาดถังละประมาณ 50 กิโลกรัม จำนวนจะต้องไม่เกิน 20 ถังต่อชุด และแต่ละชุดจะต้องห่างกันอย่างน้อย 20 เมตร

3. จะต้องอุปกรณ์ตรวจจับเมื่อก๊าซรั่ว (Gas Detector)

ในการติดตั้งโดยทั่วไปมักจะจัดให้ถังก๊าซแต่ละชุดแบ่งเป็น 2 กลุ่ม การใช้งานใช้ทีละกลุ่มสลับกัน เมื่อก๊าซในกลุ่มที่หนึ่งหมดก็จะสลับวาล์วไปใช้อีกกลุ่มหนึ่งได้ในทันที ในขณะที่กำลังรอเปลี่ยนถังอีกกลุ่มหนึ่ง ถังก๊าซแต่ละชุดจะมีวาล์วปรับความดัน เพื่อควบคุมความดันให้พอเหมาะ

ในกรณีที่ต้องเดินท่อก๊าซไกล ๆ อาจจะต้องมีอุปกรณ์ช่วยระเหยก๊าซ (Vaporizor) เพื่อให้ปริมาณการส่งก๊าซเพียงพอ การทำงานของอุปกรณ์นี้อาศัยการให้ความร้อนเพื่อช่วยในการระเหย

การวัดปริมาณการใช้ก๊าซใช้มิเตอร์ก๊าซ (Gas Meter) ซึ่งควรจะใช้ประเภทที่มีคุณภาพและมีมาตรฐานรับรองจึงจะปลอดภัย

บริเวณตำแหน่งใช้งานจะต้องมีวาล์ว (Quick Shut – off Valve) เช่น บอลล์วาล์ว (Ball Valve) ติดตั้งใกล้ประตูทางเข้าสามารถมองเห็นได้ชัดเจน และอยู่ในระดับไม่เกิน 2 เมตร ที่สามารถเอื้อมถึงได้ง่าย เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินจะได้สามารถปิดก๊าซได้ทันที

ท่อก๊าซจะต้องใช้วัสดุที่แข็งแรงทนทาน เช่น ท่อ Sch. – 40 หรือ 80 หากต้องเดินไกลหรือผ่านช่วงต่อของอาคารจะต้องมีข้อต่ออ่อน (Flexible Connector) และจะต้องมีการตรวจสอบสภาพท่อก๊าซอยู่ตลอดเวลา

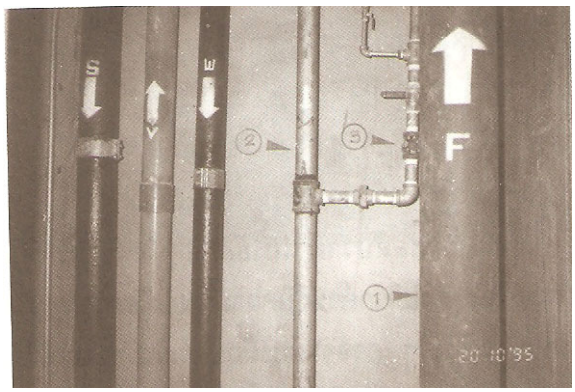
การใช้ถังบรรจุก๊าซขนาดใหญ่ (Gas Storage Tank) ควรจะหลีกเลี่ยงเนื่องจากมีโอกาสเกิดอันตรายมากกว่า ทั้งจากตัวถังก๊าซเอง และทั้งจากเวลาที่รถมาเติมก๊าซ

ก๊าซ LPG หนักกว่าอากาศ จึงไม่ควรไว้ในหลุม หรือในชั้นใต้ดินเพราหากก๊าซรั่วจะเกิดการสะสม และเป็นอันตราย

การดับเพลิงที่เกิดจากก๊าซจะต้องพยายามปิดก๊าซให้ได้ เพราะหากดับเฉพาะเปลวก๊าซแล้วก๊าซยังรั่วอยู่ต่อไป พอโดนประกายไฟ หรือเปลวไฟก็จะลุกขึ้นมาได้อีก และหากมีการสะสมตัวก็อาจจะระเบิดได้ การใช้หัวกระจายน้ำดับเพลิงภายในสถานีเก็บก๊าซ ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถลดโอกาสการติดไฟของก๊าซ LPG เมื่อเกิดการรั่วไหลได้ เมื่อก๊าซรั่วระบบจะทำให้หัวกระจายน้ำดับเพลิงฉีดน้ำมายังถังก๊าซน้ำบางส่วนจะผสมกับก๊าซและลดความเข้มข้นของก๊าซลงจนอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตราย

การเดินท่อระบบสุขาภิบาลภายในอาคาร

การจัดให้มีทางเดินท่อที่เหมาะสมมีความสำคัญเป็นอย่างมากในระบบสุขาภิบาล เนื่องจากท่อน้ำทุกชนิดมีโอกาสรั่วได้เสมอ (Pipe Always Leaks) และท่อน้ำทิ้งก็มีโอกาสตันได้เสมอเช่นกัน ของแบบนี้ห้ามกันไม่ได้ หรือป้องกันไม่ให้เกิด 100% ดังนั้นทุกทางที่ท่อเดินไปจะต้องสามารถเปิดโอกาสให้ซ่อมบำรุงได้ หากมีชาฟท์ก็ต้องมีประตูชาฟท์เปิดได้ เมื่อเดินท่อแล้วก็จะต้องอุดชาฟท์ทุกชั้นด้วยสารกันไฟเพื่อป้องกันอันตรายจากอัคคีภัย



อาคารโรมแรมมักจะนิยมจัดให้มีชั้นเดินท่อ (Duct Floor) ใต้ส่วนอาคารห้องพัก เพื่อใช้เป็นที่รวบท่อที่มาจากชาฟท์ประจำห้องพักต่าง ๆ โดยท่อเมนนี้จะเดินในแนวราบ ดังนั้นหากจะมีปัญหาท่อตัน ท่อรั่วก็มักจะเกิดที่นี่ การที่ทำให้เป็นชั้นเดินท่อก็เพื่อในกรณีที่น้ำรั่วจะได้ไม่ไหลลงไปที่ห้องข้างล่าง และจะได้มีที่ให้ช่างเดิน วางเครื่องมือ วางอุปกรณ์ หรือวางที่ท่อจะนำไปเปลี่ยนได้ ความสูงของชั้นนี้ โดยทั่วไปจะประมาณ 2.50 เมตร ขึ้นกับว่าท่อต้องการความสูงเนื่องจากความลาดเอียงของท่อเท่าใด หากในชั้นนี้มีคานด้วยอาจจะต้องใช้ความสูงมากขึ้น และอย่าหวังว่าจะให้ท่อเดินทะลุคาน โดยใช้ปลอกท่อ (Sleeve) ฝังในคานเพราความหนาของคาน และการเทคานจะทำให้ปลอกท่อนี้เคลื่อนที่ได้ทำให้ระดับความลาดเอียงของท่อคลาดเคลื่อนไปเมื่อระดับเสียก็จะทำให้ไม่มีความลาดเอียงของท่อตามต้องการซึ่งปัญหาในเวลาก่อสร้างอย่างมาก

การตีฝ้าเพดานในห้องน้ำชิดคานนั้น เป็นสิ่งที่ไม่ควรปฏิบัติ เนื่องจากจะทำให้ไม่สามารถเดินท่อระบายน้ำออกมานอกบริเวณห้องน้ำนั้นได้ยกเว้นจะมีชาฟท์ในห้องน้ำเลย และท่อสามารถเดินภายในห้องน้ำไปลงชาฟท์ โดยมีที่พอโดยไม่ต้องเดินลอดคาน

การพิจารณาว่าท่อจะเดินได้หรือไม่ และเมื่อเดินแล้วท่อจะอยู่ที่ระดับใด ให้จินตนาการโดยมองว่าท่อแผ่ออก และเดินไป วิธีการหักเลี้ยวก็เป็นลักษณะแผ่ และหักเลี้ยวไป ดังนั้นการบิดแผงท่อจากนอนเป็นแนวตั้งทันทีจะทำไม่ได้

ท่อที่มักจะมีปัญหาอีกส่วนหนึ่ง คือ ท่อของห้องน้ำ หรือห้องครัวที่ชั้นล่าง จะต้องกำหนดระดับห้องพื้นที่ชั้นล่างนี้สูงพอที่จะสามารถให้เดินท่อลอดคานคอดินออกไปแล้วปลายท่อยังอยู่สูงกว่าระบบบำบัดน้ำเสียหรือถังบำบัดน้ำเสีย

การอนุรักษ์พลังงาน

การอนุรักษ์พลังงาน

1. ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร

ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารสามารถกล่าวง่าย ๆ ได้ว่ามีอยู่ 3 ส่วนหลัก ๆ คือ

1.1 ระบบที่ไม่ต้องอาศัยการกระตุ้นจากภายนอก หรือไม่ต้องใช้พลังงานจากภายนอก (Non – Energized System) เช่น พื้น ฝ้าเพดาน กำแพง หน้าต่าง หลังคา ตัวอาคาร และสภาพแวดล้อม เป็นต้น

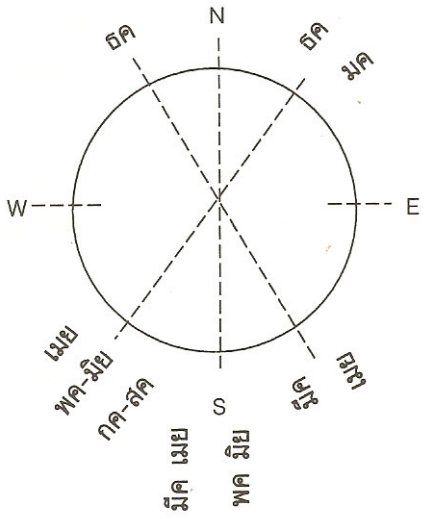
1.2 ระบบที่ต้องอาศัยการกระตุ้น หรือใช้พลังงานจึงจะทำงาน (Energized System) เช่น ระบบที่ต้องการจะทำความร้อน ความชื้น แสงสว่าง การปรับอากาศ และระบายอากาศ การขนส่งลำเลียง เป็นต้น

1.3 ระบบที่เกี่ยวข้องกับการกระทำของมนุษย์ (Human System) ประกอบด้วย การบำรุงรักษา บุคลากรที่จัดการ และปฏิบัติงานรวมทั้งผู้ใช้งาน

ปัจจัยแรกในที่นี้ก็คือ รูปร่างลักษณะอาคาร และวัสดุประกอบอาคาร ในเรื่องรูปร่างลักษณะอาคาร (Building Envelope) นั้นมีองค์ประกอบอันได้แก่

1. การเลือกที่ตั้งการใช้ข้อมูลเป็นสภาพแวดล้อมรอบตำแหน่งที่ตั้ง เช่น การอาศัยเงาจากสิ่งแวดล้อม เงาจากตึกข้างเคียงรวมไปถึงการสะท้อนแสงจากอาคารข้าเคียง เป็นต้น

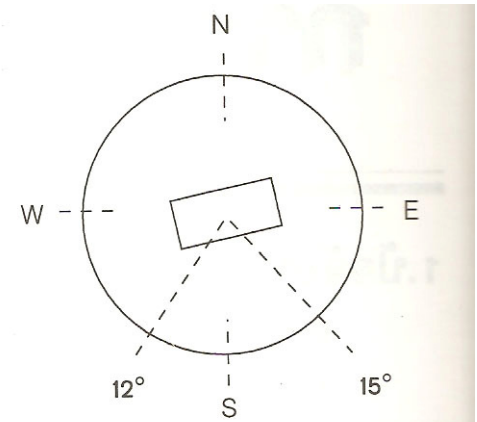
2. ทิศทางการจัดวางอาคารซึ่งมีผลเกี่ยวข้องกับแสงแดดที่จะส่องกระทบอาคาร และลมที่จะปะทะอาคาร โดยควรหลีกเลี่ยงการหันอาคารไปทางทิศตะวันออก และตะวันตก เพื่อหลีกเลี่ยงการแผ่รังสี (แสงแดด) ซึ่งจะทำให้ความร้อนเข้าอาคารสูง ในแง่ของทิศทางลมนั้น เนื่องจากลมช่วยให้เกิดการระบายอากาศ สำหรับอาคารที่ไม่ได้ปรับอากาศ จะมีผลดีในแง่ไม่ใช้พลังงาน แต่สำหรับอาคารที่ปรับอากาศจะมีผลกับอาคาร ซึ่งลมจะทำให้มีการพาความร้อนเข้าอาคารอันเนื่องจากการรั่วตามช่อง รอยต่าง ๆ ของอาคาร การจัดวางอาคารจึงควรคำนึงถึงทิศทางตามฤดูของท้องถิ่นนั้น ๆ สำหรับกรุงเทพฯ ทิศทางลมจะเป็นดังรูป



ทิศทางลม

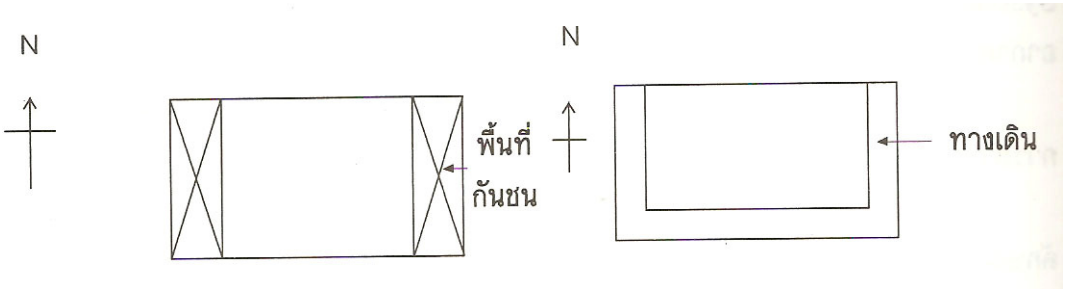
ดังนั้นการวางทิศของอาคารจึงควรเป็นดังรูป (หากไม่มีปัจจัยอื่นมากระทบ)

3. สัดส่วนของรูปร่างอาคาร หากอาคารมีอัตราส่วนผิวของอาคารต่อพื้นที่น้อย นอกจากจะประหยัดค่าก่อสร้างได้ ความร้อนเข้าอาคารจะน้อยกว่ารูปร่างอื่น



การวางทิศทางอาคารเขตร้อนชื้นในประเทศไทย ยกเว้นชายทะเล, ภูเขา

4. ระยะภายในโดยรอบอาคาร และพื้นที่กันชน การจัดส่วนที่ไม่ค่อยมีความสำคัญไว้ด้านทิศตะวันออก หรือทิศตะวันตก เพื่อเป็นกันชนทางด้านพลังงาน ห้องดังกล่าวอาจเป็นห้องเก็บของ ห้องน้ำ ส่วนในการจัดระยะภายในโยรอบอาคาร (Perimeter Space) อาจจะทำเป็นทางเดินในทิศตะวันออกหรือทิศใต้ ดังรูป



5. ตำแหน่ง Core อาคาร บริเวณ Core ของอาคารไม่ว่าจะเป็นช่องท่อ ช่องลิฟต์ หรือช่องบันไดหนีไฟ เปรียบเสมือนช่องที่มีค่าความต้านทานความร้อนได้สูงจึงควรจัดไว้ในทิศตะวันตก หรือจัดให้สัมพันธ์กับระยะภายในโดยรอบอาคาร และพื้นที่กันชน (Buffer Zone)

6. การลดความสูงของชั้นมีผลให้ปริมาณวัสดุก่อสร้างทุกชนิด รวมไปถึงท่อน้ำขนาดเครื่องทำความเย็น ก็จะลดลง ความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารก็จะลดลงด้วย แต่ทั้งนี้ระยะในฝ้าเพดานมีความจำเป็นในการเดินท่อลม ท่อน้ำ และท่อสายไฟฟ้า ดังนั้นจึงต้องทำให้เหมาะสมกัน

7. รูปแบบกับความยาวของแนวทางเดินในอาคาร แนวทางเดินในอาคาร (Corridor) หรือระยะสัญจร (Circulation) แม้ว่าจะมีผลต่อการคำนวณภาระของเครื่องปรับอากาศไม่มากแต่หากทางเดินคดเคี้ยวไปมามีผลให้ต้องเดินท่อลมตามทางเดินนั้นก็จะมีผลต่อความดันสูญเสียในท่อลมนั้น ทำให้ไม่เป็นการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศนั้น นอกจากนี้ควรจัดให้กลุ่ม หรือส่วนที่มีพฤติกรรมที่เหมือนกัน หรือใกล้เคียงกันอยู่ด้วยกัน

8. อัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรจากการทดลอง พบว่าในพื้นที่อาคารที่เท่ากันอาคารทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะประหยัดทั้งพลังงานอุปกรณ์ และค่าก่อสร้างมากที่สุด

9. รูปร่างอาคารกับการให้แสงธรรมชาติ ถึงแม้ว่าแสงธรรมชาติเป็นของที่ได้มาเปล่า ๆ

จึงมีการคิดจะนำเอาแสงธรรมชาติมาใช้โดยหวังว่าจะประหยัดพลังงาน แต่ปริมาณแสงธรรมชาติที่ได้รับเมื่อเปรียบเทียบกับภาระความเย็น อันเกิดจากการกระทบของแสงอาทิตย์ กับค่าการนำความร้อนที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิจะไม่คุ้มกัน (Dr. D. Fischer, Asian Building & Construction, July 1977) และควรหลีกเลี่ยงการเจาะช่องแสงกลางอาคาร หรือบริเวณ Atrium ที่ทำเป็นหลังคากระจก ควรเปิดแบบ Indirect จะดีกว่า

10.การส่องสว่างกับที่กันแดด การใช้ที่กันแดดแม้จะทำให้ความเข้มของแสงสว่างบริเวณริมหน้าต่างลดลง แต่ความเข้มในส่วนลึกของอาคารจะลดลงเป็นสัดส่วนน้อยกว่าบริเวณริมหน้าต่างมาก

11. การจัดรูปแบบทั่วไป การใช้ระบบ Modular Co - Ordination หรือความสอดคล้องกับระบบประสานทางพิกัด และการใช้ระบบ Prefabrication จะทำให้การก่อสร้างสะดวกง่ายและรวดเร็ว ไม่ต้องมีการตัดให้เหลือเศษของวัสดุก่อสร้างซึ่งจะช่วยลดพลังงานอันเนื่องจากการตัดการผลิต

12. การแลกเปลี่ยนปริมาณความร้อนของอาคารกับสภาพแวดล้อม โดยอาศัยการหน่วงความร้อนของดิน ในระยะต่ำกว่าผิวหน้าดินไปเล็กน้อย ซึ่งดินจะคายความเย็นให้อาคารในฤดูร้อน และจะคายความร้อนให้ห้องใต้ดินในฤดูหนาว

13. หลังคาการจัดให้มีการระบายอากาศใต้หลังคา โดยการตีฝ้าให้มีระดับในหลังคาหรือเป็นหลังคา 2 ชั้น หรือในต่างประเทศอาจมีการสเปรย์น้ำบนหลังคาก็สามารถลดความร้อนได้ การใช้ฉนวนใต้พื้นหลังคา หรือการเลือกใช้วัสดุผิวมันที่มีความหนาแน่นสูง เช่น พวก Aluminium เพื่อลดความร้อนอันเนื่องจากการแผ่รังสี ทั้งนี้ต้องคำนวณความคุ้มทุนที่เกิดขึ้นประกอบ

14. การบังแสงสามารถทำได้ทั้งการบังแสงภายในอาคาร คือ การใช้ม่าน หรือมู่ลี่และการบังแสงภายนอกอาคาร อาจทำได้โดยการใช้กันสาดในแนวตั้ง สำหรับทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ และทำกันสาดแนวนอน สำหรับด้านตะวันออก และทิศตะวันตก หรืออาจใช้วิธีการถอยร่นหน้าต่างเข้ามาภายใน

15.ตำแหน่งห้องเครื่อง ควรตั้งอยู่ในตำแหน่งที่จะประหยัดพลังงานในการสูบ / ส่งน้ำเย็น ประหยัดค่าท่อน้ำ และฉนวนหุ้มท่อน้ำและควรอยู่ใกล้เคียงกับห้องเครื่องไฟฟ้า

องค์ประกอบที่สองของปัจจัยแรกคือ วัสดุประกอบราคาต่าง ๆ เช่น ผนังกระจก ที่ใช้รวมไปจนถึงฉนวนกันความร้อน

1. ผนังอาคารควรเลือกใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา และมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ ใช้วัสดุสองชั้น และกรุด้วยฉนวนกันความร้อน รวมทั้งการเลือกใช้ผนังสีขาว หรือสีอ่อน

2. กระจกควรใช้กระจกแบบ Reflective จะมีประสิทธิภาพดี แต่มีผลกระทบกับอาคารข้างเคียง จึงควรจะเลือกค่า Visible Reflective ไม่เกิน 30% และต้องพิจารณาเรื่องการนำความร้อนของกระจก หากใช้กระจกชั้นเดียว

3. ฉนวนกันความร้อนที่เลือกควรมีคุณสมบัติดัง เช่น มีค่าการนำความร้อนต่ำ มีความหนา

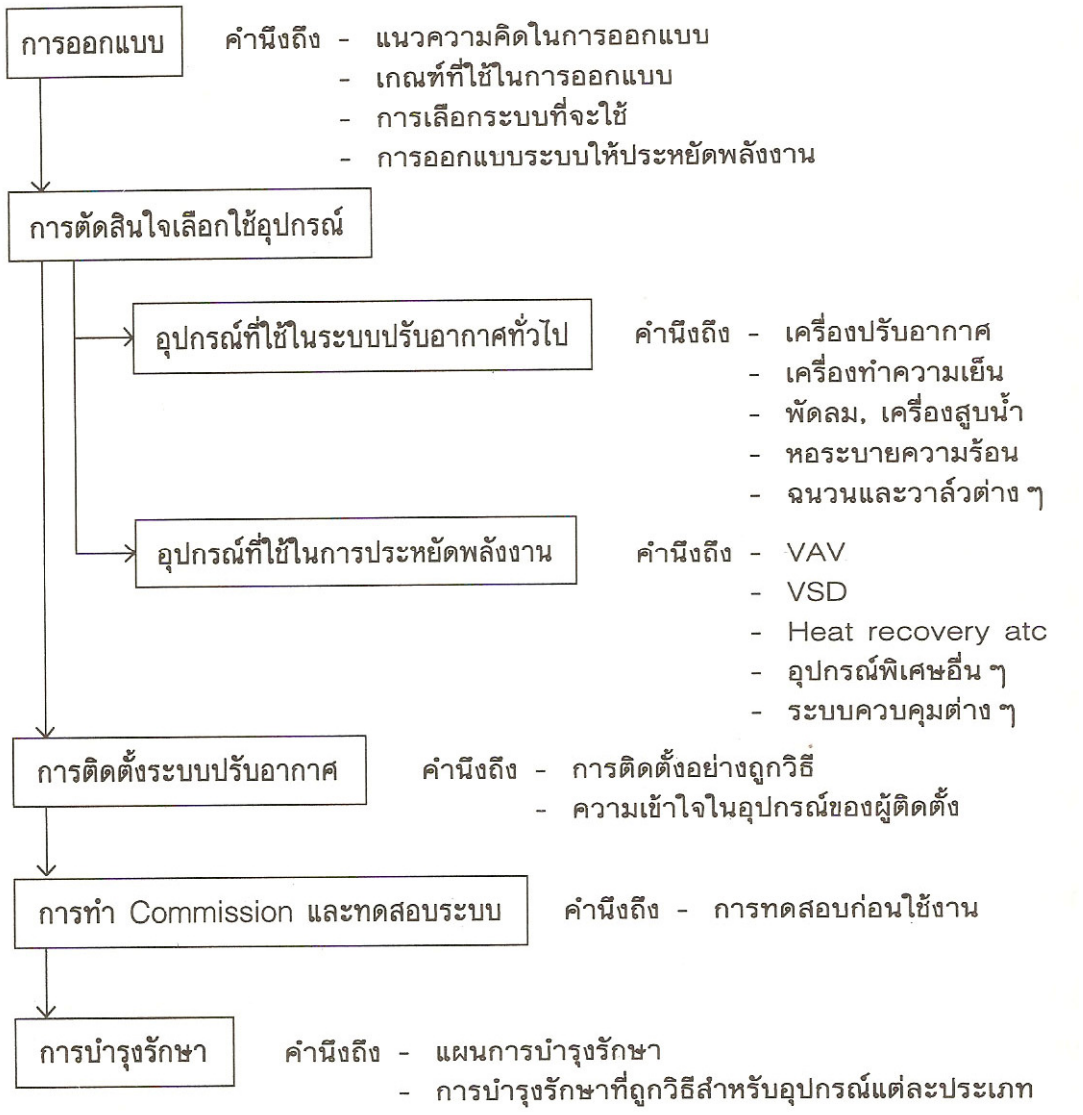
แน่นน้อย และน้ำหนักเบา ไม่เก็บความชื้น และมีสภาพการใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง และไม่ติดไฟ หรือไม่ลามไฟ เป็นต้น

ที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นองค์ประกอบที่อยู่ในปัจจัยแรกที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานในอาคาร โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาสำหรับในปัจจัยแรกนี้ก็คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV หรือ Overall Thermal Transfer Value)

2. การอนุรักษ์พลังงานในงานระบบ

2.1 การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ

การพิจารณาการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ สามารถแยกตามกระบวนการตั้งแต่เริ่มออกแบบจนถึงขั้นใช้งานได้อย่างง่าย ๆ ดังนี้



ซึ่งจะกล่าวโดยย่อดังนี้

1. ในขั้นการออกแบบ มีปัจจัยที่สำคัญ คือ แนวความคิดในการออกแบบ ซึ่งผู้ออกแบบและเจ้าของโครงการมีความเห็นพ้องต้องกัน ตั้งแต่ต้นในเรื่องจะออกแบบให้ประหยัดพลังงาน หรือไม่อย่างไร ในขั้นนี้เป็นขั้นที่สำคัญที่จะกำหนดลักษณะ (Characteristic) ของระบบไปจนถึงสิ้นสุดอายุของการใช้งานอาคารนั้น ๆ นอกเสียจากมีการวางแผนที่จะพัฒนาระบบให้ดีขึ้น โดยการเตรียมการเอาไว้ล่วงหน้า ซึ่งการออกแบบนี้จะสอดคล้องกับเกณฑ์ที่ใช้ในการประหยัดพลังงาน ตามมาตรฐานที่สถาบันต่าง ๆ กำหนดขึ้นมา เมื่อกำหนดแนวความคิดให้ออกแบบได้แล้วจึงกำหนดหรือเลือกระบบที่จะใช้งาน ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นของหนังสือ ในขั้นนี้จะเป็นการสรุปว่าจะใช้ระบบพิเศษอื่นใด หรือไม่ ที่จะช่วยให้มีการประหยัดพลังงาน ถ้าไม่มีระบบพิเศษอื่นใดเพิ่มเติม ก็ถือเป็นการออกแบบปกติ ซึ่งจะขึ้นกับผู้ออกแบบ ว่ามีสำนึกในการออกแบบให้ประหยัดพลังงานหรือไม่มากน้อยเพียงใด

2. ในขั้นการเลือกใช้อุปกรณ์เป็นขั้นที่ต่อเนื่องจากแนวความคิดในการออกแบบว่าเลือกจะมีอุปกรณ์หรือระบบพิเศษอื่นใด ที่จะมาช่วยในการประหยัดพลังงานหรือไม่ จากนั้นจะผนวกเอาความคิดเห็นดังกล่าวมาใช้ในการเลือกอุปกรณ์ ทั้งนี้ขึ้นกับประสบการณ์ของผู้ออกแบบเอง ข้อแนะนำเบื้องต้น ดังเช่น

* เครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็น ควรเลือกชนิดที่มีค่าการกินไฟต่ำ หือมีค่า EER (Energy Efficiency Ratio) และค่า COP (Coefficiency of Performance) สูง ซึ่งหมายความว่าเครื่องดังกล่าวจะทำความเย็นได้มากต่อหน่วยการใช้ไฟฟ้า (วัตต์) ที่เท่า ๆ กัน ทั้งนี้ยิ่ง EER / COP สูงขึ้นเท่าไร ก็ทำให้ราคาสูงขึ้นตามไปด้วย จึงควรเลือกให้เหมาะกับงานที่จะใช้

* เครื่องสูบน้ำ / พัดลม ควรเลือกให้เหมาะกับภาระงานที่ใช้และเลือกมอเตอร์ให้เหมาะสมกับชุดเครื่องสูบน้ำ / พัดลม และเลือกใช้อยู่ในช่วงงานที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการแผนภาพการเลือกเครื่องสูบน้ำ / พัดลม (Pump / fan curve) นั้น ๆ

* หอระบายความร้อน ควรเลือกใช้ชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า กินน้ำน้อยกว่า ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้จาก Catalog ของผู้ผลิต รวมทั้งเลือกใช้มอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพกับหอระบายความร้อนด้วย

* ฉนวนควรเลือกโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายหาความร้อน และตามคำแนะนำของผู้ผลิต

* วาล์วน้ำ และชุดใบปรับลมสำหรับปิด – เปิดท่อลม ควรใช้ให้เหมาะกับขนาดท่อและสอดคล้องกับคุณสมบัติของวาล์วนั้น ๆ อุปกรณ์นี้จะเป็นตัวเพิ่มความดันลดให้กับระบบจึงควรใส่เท่าที่จำเป็นเท่านั้น

* ระบบท่อน้ำและท่อลม ควรออกระบบให้ท่อตรงหรือมีข้อเลี้ยวน้อยและสั้นที่สุด

สำหรับการพิจารณาระบบปรับอากาศ โดยอาศัยอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อการประหยัดพลังงานอาจใช้

* ชุดปรับปริมาณลมแบบแปรเปลี่ยนได้ (Variable air volume) เพื่อใช้ปรับปริมาณลมให้เหมาะสมกับสภาพและภาระในขณะใด ๆ

* ชุดปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ (Variable speed drive) ติดตั้งที่เครื่องเป่าลมเย็น (พัดลม) และเครื่องสูบน้ำ เพื่อใช้ในการปรับรอบของมอเตอร์ให้สอดคล้องกับภาระความเย็นที่ต้องการ

* เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศ (Air to Air Heat Exchanger) ซึ่งช่วยในการลดอุณหภูมิของอากาศก่องเข้าอาคาร โดยนำอากาศเสียที่ไปทิ้งไปและเปลี่ยน ความเย็นกับความร้อนภายนอกที่จะดูดเข้าอาคาร

* อุปกรณ์ควบคุมกำหนดการเริ่มต้นใช้งาน และเลิกใช้งานตามเวลา ตามที่ตั้งเอาไว้ ซึ่งจะทำให้ใช้งานเครื่องปรับอากาศนั้น ๆ ได้โดยไม่ลืมเปิดหรือปิดในเวลาที่ไม่ใช้งาน

3. ในขั้นการติดตั้งระบบปรับอากาศ ผู้ติดตั้งควรมีความรู้ความเข้าใจในอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งด้วย ก็จะทำให้สามารถแก้ปัญหาเรื่องความเหมาะสมในการติดตั้งในกรณีที่อุปกรณ์ที่ปรากฏในแบบไม่สามารถติดตั้งได้จริงตอนอยู่ที่หน้างาน โดยในขั้นนี้มีข้อควรพิจารณาทางเทคนิคดังเช่น

* การติดตั้งท่อลมต้องไม่มีรูรั่ว ซึ่งอาจเกิดขึ้น บริเวณรอยต่อที่เปลี่ยนขนาดหรือท่อเลี้ยวต่าง ๆ การเปลี่ยนขนาดควรเปลี่ยนอย่างค่อยเป็นค่อยไป และการเลี้ยวต่าง ๆ อาจจะเสริมแผ่นเลี้ยวโค้งภายในท่อลม เพื่อช่วยลดความต้านทานการไหล แต่การใส่อุปกรณ์ เพิ่มเข้าไปในท่อลม ควรคำนึงถึงเรื่องความดันลด ที่อุปกรณ์ดังกล่าวด้วย

* การติดตั้งท่อน้ำจะมีแนวความคิดใกล้เคียงกับการติดตั้ง ท่อลมการใช้วาล์วควรเลือกชนิดที่มีความต้านทานการไหลต่ำ อย่างเหมาะสม ถ้าต่ำเกินไปทำให้ได้ขนาดวาล์วใหญ่ และมีราคาแพง

* การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ควรติดตั้งตามคำแนะนำของผู้ผลิต เช่น เครื่องปรับอากาศแบบ Split type ควรติดตั้งให้มีระยะห่างของพัดลมระบายความร้อนกับสิ่งกีดขวางทางลมประมาณ 60 เซนติเมตร เป็นต้น

4. ในขั้นการทำการทดสอบก่อนใช้งาน หรือช่วง Commission จะต้องเลือกวิธีทดสอบการใช้งานให้เหมาะสมกับความต้องการ และการใช้งานของระบบ

5. ในขั้นการบำรุงรักษา ต้องมีการกำหนดแผนการบำรุงรักษาที่เหมาะสม สำหรับอุปกรณ์แต่ละชนิดตามกำหนดเวลา ทั้งนี้เพื่อยืดอายุการใช้งานแล้ว ยังจะช่วยทำให้อุปกรณ์แต่ละชนิดมีประสิทธิภาพดีตามอายุของอุปกรณ์นั้น โดยข้อแนะนำเบื้องต้นแยกตามระบบ / อุปกรณ์ดังนี้

5.1 ท่อน้ำและการควบคุม

* ตรวจสอบ Moisture – liquid indicator ถ้าสีของสารทำความเย็นเปลี่ยนแสดงว่าเปียก จะหมายความว่ามีความชื้นในระบบ ซึ่งแสดงว่าเกิดการทำงานผิดปกติ ถ้ามีฟองอากาศในการไหลของสารทำความเย็น แสดงว่าระบบมีสารทำความเย็นน้อย ให้ตรวจสอบการรั่ว และเพิ่มสารทำความเย็นเพิ่มเติม

* ใช้เครื่องมือตรวจสอบการรั่ว เพื่อเช็คว่าสารทำความเย็นและน้ำมันรั่วรอบ ๆ Shaft, Valve, flange, relief valve ในคอนเดนเซอร์ และที่รอยต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ หรือไม่

* ตรวจสอบอุปกรณ์ด้วยตาเปล่า เช่น มีรอยน้ำมันรั่วตามพื้นหรือไม่

* ตรวจสอบของเหลวที่ไหลออกจาก Strainer ถ้าเย็นกว่า Liquid line ที่เข้า Strainer แสดงว่าเกิดการอุดตัน ถ้าอุดตันมาก จะเกิดน้ำแข็งเกาะที่เห็นได้บริเวณทางออกของ Strainer

* สังเกตเสียงที่เกิดขึ้น หาสาเหตุและแก้ไข

* ตั้งค่าความดันและอุณหภูมิใช้งานปกติ ตรวจสอบ Gauges ทั้งหมด ความดันระบบที่เพิ่มขึ้น อาจมีสาเหตุมาจาก คอนเดนเซอร์สกปรกอุณหภูมิด้าน Discharge สูง อาจเกิดจากวาล์วคอมเพรสเซอร์แตก หรือชำรุด

* ตรวจสอบความตึงและแนวของสายพาน

* หล่อลื่นลูกปืนของมอเตอร์และส่วนที่เคลื่อนที่ทั้งหมด ตามคำแนะนำของผู้ผลิต

* ตรวจสอบฉนวนใน Suction และ Liquid line

5.2 คอมเพรสเซอร์

* ตรวจสอบการทำงานของคอมเพรสเซอร์ช่วงที่ทำงานไม่ปกติ เช่น การปิดเปิดบ่อย ๆ

* สังเกตเสียงของคอมเพรสเซอร์ ถ้าเสียงดัง อาจจะเกิดจาก Coupling หลวมหรือเกิดการสั่นเกินไป

* ตรวจสอบรอยต่อคอมเพรสเซอร์ทั้งหมด

* ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้บ่อย ๆ เช่น ความดันน้ำมัน และอุณหภูมิให้ตรงตามข้อกำหนด (Specification) ของผู้ผลิต

5.3 เครื่องระบายความร้อนด้วยอากาศ

* ตั้งสายพานพัดลม และมอเตอร์ให้เหมาะสม

* ตรวจสอบรอยต่อท่อทำความเย็น กับคอยล์ระบายความร้อนให้แน่น และซ่อม

* ทำความสะอาดคอยล์ระบายความร้อนให้สะอาด เพื่อให้มีอากาศและเปลี่ยนอย่างเหมาะสม

* ระวังการลัดวงจรของการระบายความร้อน

5.4 เครื่องระบายความร้อนด้วยน้ำ

* ทำความสะอาด Shell และ Tube โดยการขัดถูด้วยแปรงและล้างด้วยสารเคมี

5.5 หอระบายความร้อน

* ควบคุมปริมาณความเข้มข้นของสารแขวนลอย ให้เหมาะสมโดยใช้สารเคมี

* ตรวจสอบ Clearance ของ Overflow ให้ระดับน้ำตอนใช้งานอยู่ในระดับที่เหมาะสม

* ตรวจสอบพัดลมโดยมีการฟังเสียง และการสั่น ตรวจสอบสภาพสายพาน

* ทำตามคำแนะนำในการบำรุงรักษา

* ทำความสะอาดเพื่อให้มีความดันตกคร่อม ทั้งอากาศและน้ำน้อยที่สุด

* ทำความสะอาด Strainer ขาเข้า

* ตรวจสอบว่ามีการ Bypass อากาศด้าน Outlet และ Inlet หรือไม่

* ตรวจสอบสมรรถนะของ Nozzle และทำความสะอาด Nozzle

* ตรวจสอบประสิทธิผลของชุดบำบัดน้ำ

5.6 เครื่องทำความเย็น

* จัดตารางทำความสะอาด

* ตรวจสอบว่ามีการอุดตันหรือไม่

2.2 การอนุรักพลังงานในระบบไฟฟ้า

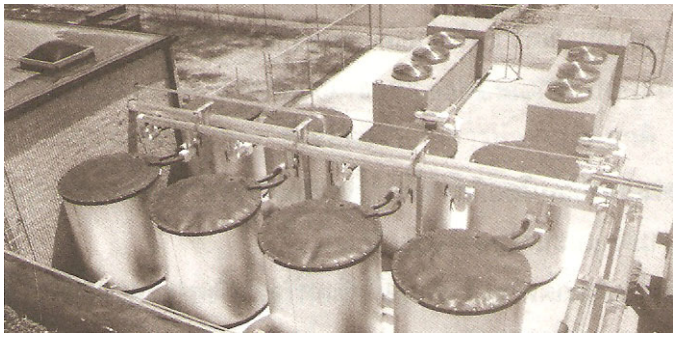
ในระบบไฟฟ้ามีข้อควรพิจารณาในเรื่องการอนุรักษ์พลังงานได้หลายวิธีด้วยกัน คือ

2.2.1 การลดความต้องการใช้ไฟฟ้า เนื่องจากทางการไฟฟ้า ฯ มีการเก็บค่าความต้องการใช้ไฟฟ้า (Demand Charge) ตามเวลาที่ถือว่ามีการใช้ไฟฟ้ามาก ดังนั้นหากสามารถลดการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าวได้ นั่นหมายถึงการลดค่าไฟฟ้าในเดือนนั้นได้มากทีเดียว วิธีการควบคุมค่าความต้องการดังกล่าวทำได้โดย

* การวางแผนการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสม ซึ่งก็คือการไม่ใช้หรือใช้ไฟฟ้าเท่าที่จำเป็นในช่วงเวลาดังกล่าว วิธีนี้เพียงแค่ใส่ใจ และพิจารณาการใช้ไฟฟ้าในแต่ละส่วนต่างๆ ของอาคารแล้วคิดว่าจะปิดไฟฟ้าบริเวณไหนได้มากแค่ไหนนั่นเองซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ต้องมีการลงทุนแต่ประการใด

* การใช้ชุดควบคุมความต้องการ(Demand Monitor & Controller) ซึ่งก็เป็นการใช้อุปกรณ์บันทึกสภาพการใช้ไฟฟ้า และแสดงผลในแต่ละช่วงเวลา เพื่อให้ชุดควบคุมตรวจตราหรืออาจจะยอมให้ตัดภาระงานที่จำเป็น หรือภาระงานที่ไม่มีความสำคัญมากนักออกจากระบบ ในขณะที่ชุดควบคุมดังกล่าวตรวจสอบพบว่าขณะนั้นกำลังจะมีค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงกว่าค่าที่ตั้งเอาไว้ หรือไม่

* การใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง (Generator) ทำงานในช่วงเวลาดังกล่าว โดยการใช้วิธีนี้ต้องมีการวางแผน และการลดต้นทุนให้เหมาะสม เพราะวิธีดังกล่าวต้องมีการจัดเตรียมเชื้อเพลิงให้เพียงพอตลอดช่วงเวลาที่มีการเก็บค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด และไฟฟ้าที่ผลิตจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดังกล่าว อาจไม่คงที่ และต้องคำนึงถึงมลพิษทางเสียง และมลพิษทางอากาศเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะทำงานด้วย

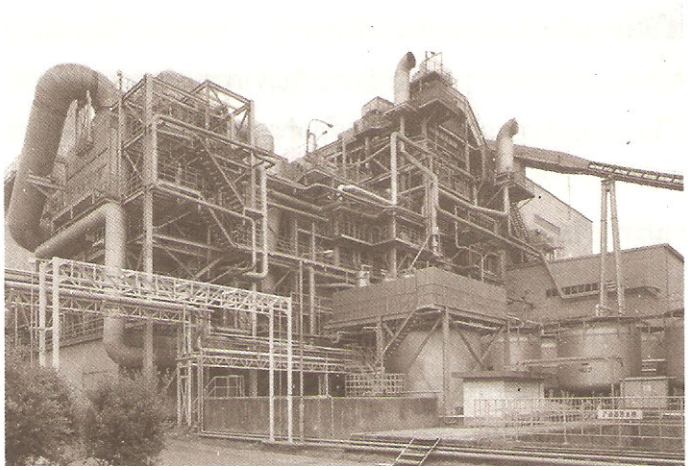


* การใช้ระบบกักเก็บความเย็น (Thermal Storage) ซึ่งอาศัยวิธีการทำน้ำเย็น หรือน้ำแข็ง ในช่วงเวลาที่นอกเหนือจากช่วงเวลาที่มีการเก็บค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าแล้วนำน้ำเย็น หรือน้ำแข็งดังกล่าวไปใช้ในระบบปรับอากาศของอาคารในช่วงเวลาดังกล่าว การใช้วิธีเก็บน้ำเย็น (Chilled Water Storage) จะต้องใช้พื้นที่ติดตั้งระบบมากกว่าการใช้วิธีเก็บน้ำแข็ง (Ice Storage) วิธีดังกล่าวต้องอาศัยความรู้ทางวิศวกรรมในการเลือก และออกแบบระบบ และการลงทุนสูง ซึ่งจะทำให้ระยะเวลาคุ้มทุนสั้น ในกรณีที่ค่าความต้องการไฟฟ้ายิ่งมีค่าสูงขึ้น

2.2.2 การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าบางส่วน หรือทั้งหมด โดยวิธีนี้เป็นการใช้พลังงานอื่น หรือระบบอื่นมาช่วยลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จากไฟฟ้า ฯ เช่น

* การใช้เซลแสงอาทิตย์ (Solar Cell) ติดตั้งไว้นอกอาคาร ซึ่งมีข้อจำกัดคือสถานที่ที่ใช้ติดตั้ง จะต้องพิจารณาถึงพื้นที่ที่ใช้การติดตั้ง โดยเฉพาะด้านบนของอาคารที่มักใช้ติดจานดาวเทียม ที่จอดเฮลิคอปเตอร์ เสาอากาศต่าง ๆ รวมกับราคาของเซลแสงอาทิตย์ ที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับเวลาตลอดอายุการใช้งานของชุดเซลนั้น

* การใช้วิธี Waste / Refuse Incinerator หรือพูดง่าย ๆ คือการเผาขยะหรือสิ่งที่ไม่ใช้แล้วนำความร้อนไปผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่มีการลงทุนสูง ผนวกกับต้องมีการจัดการของเสียอย่างมีระบบ เป็นวิธีที่เหมาะที่จะใช้กับกลุ่มอาคารขนาดใหญ่รวมไปจนถึงอุตสาหกรรม



* การใช้โค – เจเนอร์เรชั่น (Co - Generation) ซึ่งเป็นการผลิตพลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อนขึ้นพร้อม ๆ กันจากแหล่งพลังงานแหล่งเดียว จึงเหมาะสำหรับอาคาร หรือโรงงานที่ต้องการใช้พลังงานความร้อนอยู่แล้ว การนำโค – เจเนอร์เรชั่นมาใช้ จึงจะมีประโยชน์ในการลดการใช้พลังงานของระบบโดยรวม

2.2.4 การประหยัดพลังงานในหม้อแปลงไฟฟ้า ทำได้โดย

* เลือกหม้อแปลงไฟฟ้าให้เหมาะสมกับภาระทางไฟฟ้าที่ต้องใช้จริง การเลือกใช้อย่างเหมาะสมจะเป็นการคุ้มค่าการลงทุน และคุมค่าต่อการใช้งานด้วย

* เลือกหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดที่มีค่าความสูญเสียขณะที่ไม่มีภาระทางไฟฟ้า (No Load Loss) ต่ำ หรือชนิดประหยัดพลังงาน (Reduced Loss)

2.2.5 การประหยัดพลังงานของมอเตอร์ไฟฟ้า ทำได้โดย

* เลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง การเปลี่ยนมอเตอร์เก่าที่ใช้อยู่เป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงในกรณีที่มีการใช้งานมากแล้ว ระยะเวลาคุ้มทุนอาจจะน้อยกว่า 2 ปี เมื่อเทียบกับอายุมอเตอร์ไฟฟ้าที่มากกว่า 10 ปี

* ใช้วิธีควบคุมความเร็วของมอเตอร์ (Variable Speed Drive) ซึ่งวิธีที่นิยมคือ วิธี VVVF (Variable Voltage Variable Frequency) หรือใช้ Inverter ในการควบคุมนั่นเอง

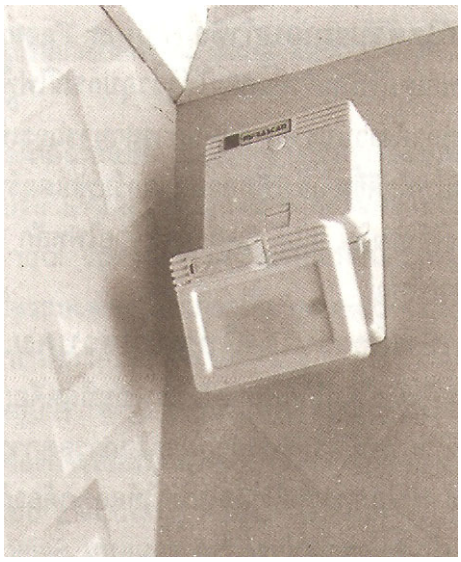
* ใช้มอเตอร์ให้เหมาะสมกับขนาดของพัดลม เครื่องสูบน้ำตามที่ออกแบบไว้ และติดตั้งมอเตอร์ให้ถูกต้อง ตามคำแนะนำของผู้ผลิต

2.2.6 การประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง โดยอาศัยแนวคิดเบื้องต้นง่าย ๆ คือ

* ออกแบบการให้แสงสว่างให้เหมาะสมกับลักษณะงาน ตามมาตรฐานการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างซึ่งกำหนดโดย IES และ CIE

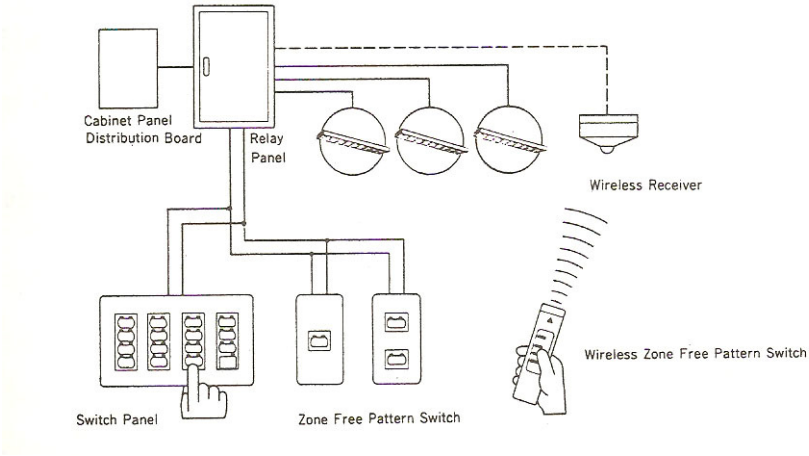
* เลือกใช้หลอดไฟฟ้าให้เหมาะสมกับงาน และสถานที่โดยไม่ใช่จะคำนึงถึงประสิทธิภาพหรือการประหยัดพลังงานแต่เพียงอย่างเดียว ต้องคำนึงถึงสีของแสง และการส่องสว่างของหลอดด้วย

* ใช้วิธีการควบคุมการปิด – เปิดแสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น



- ปิดไฟทั้งหมดกรณีพักกลางวัน หรือปิดบางส่วนโดยแยกวงจรไฟแสงสว่างออกเป็นวงจรย่อยหลายวงจร เพื่อปิดส่วนที่ไม่ใช้งานได้ เช่น ริมหน้าต่าง เป็นต้น

- ใช้ชุด Light Sensor ในการควบคุมการปิด – เปิดโดยอัตโนมัติ ตามการเคลื่อนไหวของคน



- ใช้Programmable Lighting Control ในการควบคุมไฟแบบอัตโนมัติตามที่ได้ตั้งโปรแกรมเอาไว้ หรือใช้ชุดตั้งเวลาช่วยในการกำหนดเวลาปิด – เปิดไฟแสงสว่าง

- จัดสภาพแวดล้อมในที่ทำงานให้เหมาะสม เช่น การเลือกสีที่มีผลในการส่องสว่าง เช่น สีขาว สีครีม สีอ่อน

- เลือกใช้หลอด และบัลลาสต์ ชนิดประหยัดพลังงาน และเลือกแผ่นสะท้อนแสงที่มีคุณภาพ รวมไปถึงทำความสะอาดหลอดโคม และแผ่นสะท้อนแสงเหล่านั้นสม่ำเสมอตามกำหนดการบำรุงรักษา

2.2.7 การแก้ไขตัวประกอบกำลัง (Power Factor)

ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์เป็นค่าที่แสดงให้รู้ว่าอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น ๆ มีค่ากำลังงานจริงเป็นสัดส่วนเท่าไรเมื่อเทียบกับค่ากำลังงานปรากฏ ดังนั้นการสามารถจะเพิ่มค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ให้สูงขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าดีขึ้น การเพิ่มค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ที่นิยมกันปกติจะใช้ ค่าปาวิเตอร์ (Capacitor) ซึ่งแยกติดตั้งได้ต่างกัน เช่น ติดตั้งที่จุดจ่ายไฟหลัก ติดตั้งที่แต่ละกลุ่มของภาระงานและติดตั้งที่ที่มีภาระงานขนาดใหญ่

2.3 การอนุรักษ์พลังงานโดยใช้ระบบควบคุม

การใช้การควบคุมอัตโนมัติที่ใช้กันทั่วไป และง่ายที่สุดคือการใช้ตัวตั้งเวลา (Timer) เป็นอุปกรณ์ควบคุมประจำส่วนต่าง ๆ ที่มีประสิทธิภาพมากในการลดการใช้พลังงาน ซึ่งมีหลายแบบ เช่น

* Astronomical เป็นอุปกรณ์ปรับอัตโนมัติให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

* Delay Time เป็นอุปกรณ์หน่วงการทำงานแบบ Switching สำหรับตั้งช่วงเวลา

* Interval Time เป็นอุปกรณ์สำหรับช่วงเวลาที่ต้องการให้เกิดการทำซ้ำ

* Percentage Cycle Repeater เป็นอุปกรณ์ตั้งเวลาตามระยะเวลาเปิดหรือปิด ตามเปอร์เซ็นต์ของวัฏจักร

* Externally Initiated Timer เป็นอุปกรณ์ตั้งเวลาตามการสั่งให้เริ่มทำงานจากสัญญาณระยะไกล

* Program Time Switch เป็นอุปกรณ์ตั้งเวลาตามสัญญาณที่โปรแกรมไว้

* Repeat Time Switch เป็นการย้ำการทำงานซ้ำในช่วงเวลาน้อยกว่า 24 ชั่วโมงอย่างต่อเนื่อง

* Seven – Day Timer เป็นการให้ทำงานที่แตกต่างกันของแต่ละวันในหนึ่งสัปดาห์ ซึ่งแบ่งเป็นช่วงเช้า บ่าย ค่ำ

* 24 – Hour Timer เป็นการทำซ้ำอย่างต่อเนื่องใน 24 ชั่วโมง

นอกจากนี้ยังมีการควบคุมซึ่งเป็นระบบที่ซับซ้อน เช่น

* Automatic Temperature Setback Control เป็นการใช้ Thermostat สองชุดและ Time Clock หนึ่งชุด โดย Thermostat ชุดแรกจะตั้งค่าไว้สำหรับอุณหภูมิในช่วงกลางวัน อีก

หนึ่งชุดจะตั้งค่าใช้สำหรับอุณหภูมิในช่วงกลางคืน Time Clock จะมีไว้เพื่อควบคุมการเปลี่ยนจาก Thermostat ชุดแรกไปชุดที่สอง

* Changeover Temperature Control เป็นการเปรียบเทียบอุณหภูมิ Dry – bulb ภายนอกกับอุณหภูมิที่ตั้งไว้และปรับ DAMPER ให้สอดคล้องกับความสัมพันธ์ทั้งสอง

* Economizer Control จะตรวจจับและเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิ Dry – bulb ของลมกลับ เมื่อระบบต้องทำความเย็น ชุด Economizer จะเปิด Damper รับอากาศจากภายนอก (ในกรณีอากาศภายนอกเย็นกว่า)

* Supply Temperature Reset จะปรับตั้งค่าอุณหภูมิน้ำของหม้อไอน้ำ หรือเครื่องทำความเย็นให้สอดคล้องกับความสัมพันธ์กับอุณหภูมิภายนอก การใช้ระบบ Thermostat แบบ Two – Stage และการควบคุมแบบ Electronic Reset ซึ่งใช้กับหม้อไอน้ำ หรือเครื่องทำความเย็นส่วนกลาง จะมีตัว Sensor เพื่อวัดอุณหภูมิอากาศภายนอก หนึ่งจุดและวัดอุณหภูมิน้ำที่จ่ายเข้าอีกหนึ่งจุด

* Dead Band Control System เป็นการกำหนดช่วงอุณหภูมิที่จะไม่มีการทำความร้อนและความเย็น ตัวอย่างเช่น การทำความเย็น ในช่วงอุณหภูมิ 70˚F ถึง 76˚F อาจจะเปิดแต่พัดลม หรือกรณีที่อุณหภูมิห้องเย็น 68˚F อาจจ่ายลมที่อุณหภูมิ 90˚F แทนจนอุณหภูมิห้องเป็น 70˚F

* Multi – zone system control โดยทั่วไประบบแบบหลายโซนจะออกแบบให้สามารถรักษาอุณหภูมิให้สอดคล้องกับสภาพความต้องการสูงสุดตลอดเวลา แม้ในกรณีเมื่ออากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูง ดังนั้นการควบคุมระบบแบบหลายโซน จึงต้องออกแบบให้การทำความร้อน / เย็นสอดคล้องกับความต้องการที่แท้จริงของระบบ

* นอกจากนี้ยังมีระบบควบคุมอื่น ๆ เช่น Singe zone system control, Chiller Management control, Remote singe sensing control เป็นต้น

2.4 การอนุรักษ์พลังงานในระบบความร้อน

เมื่อกล่าวถึงระบบความร้อน อุปกรณ์หลักก็คือ Boiler และ Furnace ซึ่งเป็นแหล่งระบบไอน้ำความดันสูง (ประมาณ 150 PSI) ระบบไอน้ำความดันต่ำ (น้อยกว่า 150 PSI) ระบบการอุ่นอากาศและระบบอากาศร้อน การเพิ่มประสิทธิภาพใด ๆ จะขึ้นกับสถานภาพของอุปกรณ์ก่อนและหลังการบำรุงรักษา ซึ่งปกติจะสามารถลดการใช้เชื้อเพลิงได้ 20 – 30% ข้อควรปฏิบัติโดยทั่วไป คือ

* ทำความสะอาด และเช็ดถูด้านหัวเผา เพื่อขจัดเขม่า และตะกรัน

* ทำความสะอาดทางด้านน้ำ เพื่อลดตะกรัน

* เช็ดถูตะกรันจาก Steam Drum

* ทำความสะอาดด้าน Air side ขจัดเขม่า และเช็ดถูตะกรันในเตาเผาอากาศอุ่น และเย็น

* รักษาระดับน้ำ และความดันในตัวระบายความร้อน หรือคอยล์ในตำแหน่งที่สูงสุดของอาคาร

* หุ้มฉนวนเครื่องชุดที่อยู่ในบริเวณที่ไม่ได้ถูกทำให้ร้อน บนหลังคา หรือในบริเวณปรับอากาศ หรือซ่อมฉนวนในบริเวณที่จำเป็น

* ตรวจสอบ และอุดรอยรั่วของอากาศระหว่างส่วนของ Cast Iron Boiler

* ถ้าประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงสุดแต่อุณหภูมิ Stack ยังคงสูงเกินไป (เกิน 450˚F) ให้ติดตั้ง Baffles หรือ Turbulators

* อุดรอยรั่วในบริเวณห้องเผาไหม้ โดยเฉพาะช่องประตูบริการเครื่อง กรอบรอบประตูและช่องตรวจสอบ

* รักษาความดันไอน้ำให้ต่ำสุดเท่าที่จะทำได้ ให้เหมาะสมกับการจ่าย

* เปลี่ยนความดันไอน้ำให้สอดคล้องกับความต้องการความร้อน

* รักษาอุณหภูมิน้ำร้อนให้ต่ำสุดเท่าที่จะทำได้

* ทำความสะอาด Filter เป็นประจำ

* วางแผนการ Blowdown ตามความจำเป็นดีกว่าตามตารางเวลาที่แน่นอน (ปริมาณ Blowdown ที่น้อยแต่บ่อยครั้ง จะดีกว่าปริมาณ Blowdown ที่มาก แต่น้อยครั้งกว่า)

* ใช้อากาศทิ้งที่อุ่นจากพื้นที่ที่ติดกัน หรือจากระดับฝ้าของห้อง Boiler เพื่อจะ Preheat อากาศเผาไหม้

* ใช้สารเคมีเติมเพื่อลดอุณหภูมิ Flash Point ของน้ำมันเชื้อเพลิง

* Interlock อากาศเข้ากับการทำงานของหัวเผา รักษาการ Prepurge และ Postpurge ตามที่ต้องการในหัวเผา

* อุดรอยรั่วอากาศทั้งหมดที่จะออกไปทางปล่องไฟ โดยเฉพาะที่ท่อเชื้อเพลิง หรือปลายท่อที่หันเข้ากำแพง

* ปรับประสิทธิภาพของหัวเผาให้เหมาะสมกับอุณหภูมิ Stack Co2 และ Excess Air (ปรับตั้งค่าให้มีอุณหภูมิ Stack สูงสุดประมาณ 400 – 500 ˚F และปริมาณ Co2 น้อยที่สุด 10% ในสภาพ Full Load และ Excess air ที่ 10 – 30% ของเชื้อเพลิง)

* ซ่อมแซมหรือสร้างห้องเผาไหม้ใหม่ให้มีขนาดที่เหมาะสมที่มีประสิทธิภาพ 90% ของ Full Load Firing Rate สร้างห้องเผาไหม้ด้วยอิฐประเภท Refactory

* ติดตั้งชุดควบคุมปริมาณลมอัตโนมัติ (Automatic Damper) เพื่อลดการสูญเสียความร้อนผ่านปลายท่อ (ท่อควันไฟ) เมื่อก๊าซหรือ Oil Burner ไม่ได้ใช้ (ปรับ Draft Control ให้เข้ากับ Firing Rate)

* ถ้ามี Boiler มากกว่าหนึ่งชุดให้ทำงานจนถึงค่า Maximun Load ก่อนเปิด Boiler อีกชุดหนึ่ง

* ให้อากาศสำหรับการเผาไหม้ เข้าสู่ส่วนหัวเผาของชุดความร้อนโดยตรง สำหรับชุดหัวเผาขนาดใหญ่ ท่อลมที่มี Motorized Damper จะปิด – เปิดโดยการควบคุมระหว่างที่หัวเผาทำงาน

การเผาไหม้ภายในใด ๆ จะเพิ่มการซึมผ่านอากาศจากภายนอกเข้าไปในปล่อง ซึ่งจะเป็นผลให้เกิดความร้อนในโครงสร้างเพิ่มขึ้น

* ถ้าอุณหภูมิ Stack เกิน 300 °F จะติดตั้งชุด Heat recovery เพื่อจับเอาความร้อนสูญเสียจากพื้นผิวของท่อเชื้อเพลิงไปกับอากาศเดิม หรืออากาศที่เผาไหม้

* ถ้าอุณหภูมิ Stack เกิน 450 °F จะติดตั้ง Baffles หรือ Turbulators เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน

* ตัดการควบคุมการ Blowdown อัตโนมัติและทำการ Blowdown เท่าที่จำเป็น ซึ่งทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนแผนการปฏิบัติการชุด Burner

* ทำให้ “Shell - head” Adapter ปิดแน่นติดกับปลายทางชุดหัวฉีดหัวเผาน้ำมันชุดที่ 2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้

* ติดตั้งพัดลมและท่อลมที่จำเป็น เพื่อใช้อากาศอุ่นจากเพดานของหม้อไอน้ำ หรือห้องเตาเผา เพื่ออุ่นอากาศ

* ติดตั้ง Interlock ระหว่างชุดอากาศเผาไหม้และหัวเผาให้ทำงานกับเดินเครื่องก่อนและการควบคุม หลักการเผาไหม้อย่างเหมาะสม เพื่อลดปริมาณอากาศเย็นเข้าอาคารเพื่อใช้สำหรับการเผาไหม้

* ติดตั้งข้อต่อระบบอัตโนมัติในระบบน้ำร้อน เพื่อระบายอากาศจากระบบท่อน้ำร้อน

* ติดตั้งชุดควบคุมหน่วง เพื่อลดช่วงเวลาที่คอยล์ถูกกระตุ้นในที่ที่ใช้คอยล์ไฟฟ้าเตาเผา

* ปรับอัตราการเผาไหม้ให้เหมาะสมกับภาระตามฤดูกาลที่ต่างกัน

* สำหรับระบบปั๊มคอนเดนเซต ใช้ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน นำความร้อนที่สูญเสียกลับมาและลดอุณหภูมิคอนเดนเซต (เพื่อป้องกันการเกิด Cavitation ในปั๊มคอนเดนเซต)

* ติดตั้ง Economizer เพื่ออุ่นน้ำเติมเข้าหม้อไอน้ำ

* ใช้สารเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ กำจัดน้ำในระบบเก็บน้ำมัน และลดเขม่าตกค้างในหม้อเผา และท่อในหม้อไอน้ำ

* ติดตั้งพัดลมขจัดเขม่าในระบบเผาไหม้ที่มีน้ำมันตกค้าง

* ใช้ความร้อนจากน้ำคอนเดนเซอร์ สำหรับ Reheat และสำหรับอากาศเติมชั่วคราว เพื่อทำความร้อนแทนการใช้หม้อไอน้ำ

* คงการแสดงผลอย่างต่อเนื่องและบันทึกประสิทธิภาพหม้อไอน้ำในสภาวะเต็มที่และบางส่วน

* ติดตั้งชุดควบคุมที่จำเป็น เพื่อป้องกัน Shot cycling

* ติดตั้งและรักษาตัวควบคุมความดันไอน้ำ ให้เหมาะสมเพื่อลดการใช้ไอน้ำเตรียมท่อ Bypass ในตอนฉุกเฉินและตอนซ่อมตัวควบคุมไอน้ำ ติดตั้งเครื่องมือวัดการไหลและบันทึกการเปลี่ยนแปลงเพื่อว่าผู้ปฏิบัติงานสามารถวิเคราะห์และรักษาให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

* ปรับส่วนความร้อนไฟฟ้าให้เป็นขั้นดีกว่าการควบคุมระบบเปิดสุด, ปิดสุด จำกัดความต้องการของระบบจ่ายไฟฟ้า และกำจัดการใช้งานที่สูญเสียเกินไป

3. การตรวจสอบพลังงาน (Energy Audit)

การตรวจสอบพลังงานเริ่มมีบทบาทขึ้น เนื่องจากพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานมีผลบังคับใช้ ในหัวข้อต่อไป จึงอธิบายโดยสรุปเกี่ยวกับพระราชบัญญัติดังกล่าว

3.1 กฎเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

แบ่งเป็น 9 หมวด 61 มาตรา ซึ่งมีใจความสำคัญ คือ

หมวด 1 : การอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน

มาตรา 7 การดำเนินการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานจะดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

1. การปรับปรุงประสิทธิภาพขงการเผาไหม้เชื้อเพลิง
2. การป้องกันการสูญเสียพลังงาน
3. การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่
4. การเปลี่ยนไปใช้พลังงานอีกประเภทหนึ่ง
5. การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าด้วยวิธีการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า การลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด
6. การใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงตลอดจนระบบควบคุมการทำงานและวัสดุที่ช่วยในการอนุรักษ์พลังงาน
7. การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่น ตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

มาตรา 11 เจ้าของโรงงานควบคุมมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. จัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน
2. ส่งข้อมูลเกี่ยวกับการผลิต การใช้พลังงาน และอนุรักษ์พลังงาน
3. จัดให้มีการบันทึกข้อมูลการใช้พลังงาน
4. กำหนดเป้าหมาย และแผนอนุรักษ์พลังงาน
5. ตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมาย และแผนอนุรักษ์พลังงาน

มาตรา 14 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. บำรุงรักษา และตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานเป็นระยะ ๆ
2. ปรับปรุงวิธีการใช้พลังงานให้เป็นไปตามหลักการอนุรักษ์พลังงาน
3. รับรองข้อมูลที่เจ้าของโรงงานควบคุมให้ส่งกรม ฯ
4. ควบคุมดูแลการบันทึกข้อมูล
5. ช่วยเจ้าของโรงงานควบคุมในการกำหนดเป้าหมาย และแผนอนุรักษ์พลังงาน

6. รับรองผลการตรวจสอบ หรือวิเคราะห์

7. ช่วยเจ้าของโรงงานควบคุมปฏิบัติตามคำแนะนำของอธิบดีกรม ฯ

หมวด 2 : การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

มาตรา 17 การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ได้แก่ การดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

1. การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคาร

2. การปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ

3. การใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่จะช่วยอนุรักษ์พลังงาน

4. การใช้แสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ

5. การใช้และการติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ และวัสดุที่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

6. การใช้ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักร

7. การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

หมวด 4 : กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

มาตรา 24 ให้จัดตั้งกองทุนขั้น เรียกว่า “กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน” ในกระทรวงการคลัง เพื่อใช้เป็นทุนหมุนเวียน และใช้จ่ายช่วยเหลือ หรืออุดหนุนการดำเนินงานเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน

พระราชกฤษฎีกา กำหนดอาคารควบคุม พ.ศ.2538

แบ่งเป็น 5 หมวด ซึ่งมีใจความสำคัญ คือ

มาตรา 3 กำหนดอาคารที่ไม่ใช่อาคารควบคุม คือ

1. พระที่นั่ง หรือพระราชวัง

2. อาคารที่ทำการสถานทูต หรือสถานกงสุลต่างประเทศ

3. อาคารที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ หรือที่ทำการของหน่วยงานที่ตั้งขึ้นตามความตกลงระหว่างรัฐบาล

4. โบราณสถาน วัดวาอาราม หรืออาคารต่าง ๆ ที่ใช้เพื่อการศาสนา

กำหนดอาคารควบคุมมีลักษณะดังนี้

1. อาคารหลังเดียว หรือหลายหลังมีการติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้ารวมตั้งแต่ 1,000 KW หรือ 1,175 KVA ขึ้นไป

2. อาคารหลังเดียว หรือหลายหลังที่ใช้พลังงานรวมกันตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 31 ธันวาคม ของปีที่ผ่านมาตั้งแต่ 20 ล้านเมกะจูลขึ้นไป

มาตรา 4 การคำนวณปริมาณการใช้พลังงานให้คำนวณเป็นหน่วย MJ ตามหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

1. กรณีไฟฟ้าคำนวณเป็น KW.h แล้วคูณด้วย 3.60

2. กรณีความร้อนจากไอน้ำ คำนวณจากสมการ

ES = (hs - hw) × Steam USE × eff : MJ / year

โดย hs = Enthalpy ของไอน้ำ, MJ / ton

hw = Enthalpy ของน้ำอุณหภูมิ 27°C = 113 MJ / ton

eff = ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า = 0.45

3. กรณีใช้พลังงานอื่น ให้คำนวณปริมาณความร้อนจากพลังงานสิ้นเปลืองอื่นเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า โดยสมการ

Ef = ปริมาณการใช้พลังงาน, น้ำหนัก, ปริมาตร / year

HHV = Higher Heating Value, ML / หน่วยน้ำหนัก, ปริมาตร

eff = 0.45

กฎกระทรวง (2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติ (รหัส A2)

หมวด 2 ข้อ 3 กำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร หรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศดังนี้

การถ่ายเทความร้อนรวม	อาคารเก่า	อาคารใหม่
หลังคา	25	25
ผนังด้านนอกอาคาร	55	45

หมวด 3 ข้อ 4 กำหนดการใช้ไฟฟ้าส่องสว่างในอาคาร ดังนี้

ประเภทอาคาร	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (W / m^2 ของพื้นที่ใช้งาน)
1. สำนักงาน, โรงแรม, สถานศึกษา โรงพยาบาล, สถานพักฟื้น	16
2. ร้ายขายของ, ซุปเปอร์มาเก็ต หรือศูนย์การค้า*	23

* รวมถึงไฟฟ้าแสงสว่างทั่วไปที่ใช้ในการโฆษณาเผยแพร่สินค้า ยกเว้น ที่ใช้ในตู้กระจกแสดงสินค้า

ข้อ 5 กำหนดค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำและระบายความร้อนด้วยอากาศ

หมวด 4 ข้อ 6 กำหนดวิธีการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคาร

ข้อ 7 กำหนดวิธีการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร หรือ OTTV (Over-

all Thermal Transfer Value)

ข้อ 8 กำหนดวิธีการประเมินค่าการใช้ไฟฟ้าในอาคาร

กฎกระทรวง (2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติ 2535 (รหัส A3)

หมวด 1 ข้อ 2 และ หมวด 2 ข้อ 4

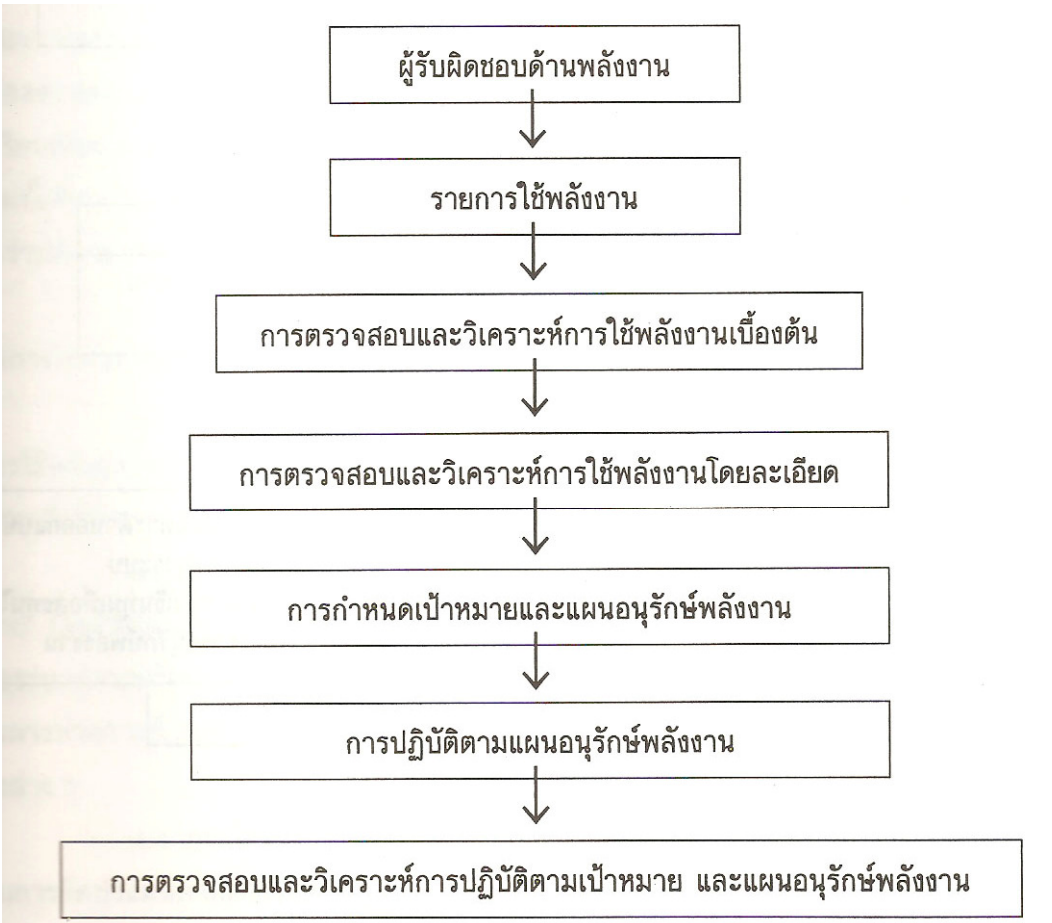
กำหนดแบบฟอร์ม และวิธีการกรอกข้อมูลการใช้ในอาคาร, การใช้พลังงาน และการอนุรักษ์พลังงาน (แบบ บพอ 1, 2)

กฎกระทรวง (2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติ 2535 (รหัส A4)

ภาคผนวก 1, 2 กำหนดวิธีดำเนินการในการตรวจสอบ และวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น และโดยละเอียด

ภาคผนวก 3 กำหนดวิธีดำเนินการจัดทำเป้าหมาย และแผนอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม

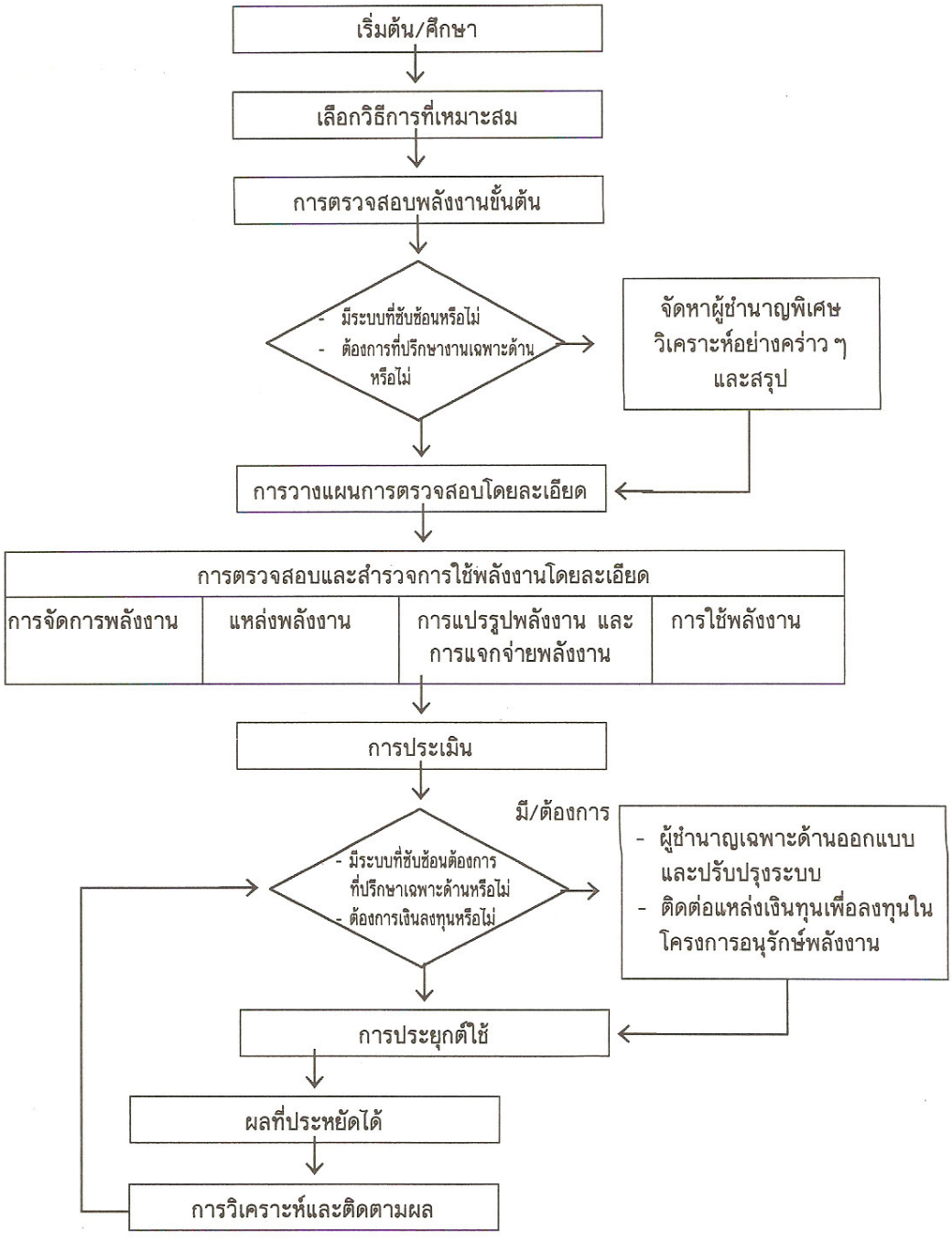
ภาคผนวก 4 กำหนดวิธีจัดทำรายงานการตรวจสอบ และวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน



ขั้นตอนการปฏิบัติตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535

3.2 การตรวจสอบพลังงาน

การดำเนินการตรวจสอบ และวิเคราะห์การใช้พลังงานดังกล่าวนั้น จะจัดทำโดยบริษัทที่ปรึกษา ที่ได้รับการอนุมัติจากกรมพัฒนา และส่งเสริมพลังงานซึ่งขั้นตอนการดำเนินการตาม CIBSE (The Chartered Institution of Building Services Engineers) ของประเทศอังกฤษ จะมองกระบวนการตรวจสอบพลังงานทั้งหมดต่อเนื่องกันดังนี้



1. ขั้นตอนเริ่มต้น / ศึกษา

ผู้ที่ทำการตรวจสอบต้องเข้าใจระบบพื้นฐานทั้ง 3 ส่วนที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน และมีผลต่อกันดังที่ได้กล่าวมาตอนต้น จากนั้นจึงศึกษาแต่ละส่วนในแต่ละโครงการนั้น

2. การเลือกวิธีการที่เหมาะสม

อาศัยทักษะ และประสบการณ์ขอบงวิศวกร แยกแยะปัจจัยต่าง ๆ และวิเคราะห์ / เลือกวิธีการที่เหมาะสมในการเข้าทำการตรวจวัด

3. การตรวจสอบพลังงานขั้นต้น (Preliminary or Primary Audit) หรือ การเดินตรวจสอบโดยรวม (Walk – Through Assessment) ซึ่งการทำ Walk – Through Audit นี้เพื่อที่จะทำให้เกิดความคุ้นเคยกับอาคาร และระบบต่าง ๆ และตรวจสอบผังของอาคารรวมไปถึงข้อมูลอื่น ๆ ที่มี เช่น Shop Drawing, As – Built Drawing, บันทึกผู้ปฏิบัติงาน, คู่มือการปฏิบัติงาน, ผังออกแบบ และงานระบบเครื่องกล และไฟฟ้าในอาคารอย่างคร่าว ๆ ว่าระบบมีความซับซ้อนมากเพียงใดต้องการผู้ชำนาญการพิเศษด้านใด หรือไม่

4. การตรวจสอบพลังงานโดยละเอียด (Detail or Secondary Audit) ในขั้นนี้จะเป็นการประยุกต์เอาหลักการวิธีการและประสบการณ์มาผสมผสานกับข้อมูลทางเทคนิคโดยจะต้องแสดงหรือลงรายละเอียดของการใช้พลังงานต่าง ๆ ภายในอาคาร และวิเคราะห์การประหยัดพลังงานที่ได้เปรียบเทียบกับเงินลงทุนของแต่ละมาตรการ ซึ่งมีเกณฑ์ทางด้านเศรษฐศาสตร์มาเป็นตัวกำหนด รวมทั้งต้องนำเอาผลกระทบในการปฏิบัติงาน (Operation) และการบำรุงรักษา (Maintenance) มาร่วมพิจารณาด้วย ซึ่งในขั้นนี้แบ่งย่อยได้เป็น

4.1 การจัดการพลังงาน (Energy Management) ซึ่งจะพิจารณาในแง่กระบวนการจัดการ การบำรุงรักษา การใช้งานอาคาร รูปแบบการใช้อาคาร

4.2 แหล่งพลังงาน (Energy Supply) ซึ่งจะพิจารณาเกี่ยวกับแหล่งพลังงาน และการใช้พลังงานไฟฟ้า, ค่าไฟฟ้า, ค่าความต้องการใช้ไฟฟ้า ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า โอกาสในการใช้เชื้อเพลิงอื่น ๆ เช่น ก๊าซธรรมชาติ, น้ำมัน, ถ่านหิน, ของเสีย, พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น

4.3 การแปรรูปพลังงาน และการแจกจ่ายพลังงานออกไปใช้ (Energy conversion and Distribution) จะพิจารณาถึงห้องเครื่องต่าง ๆ เช่น ห้องหม้อไอน้ำ, ห้องเครื่องทำความเย็น, หอระบายความร้อนรวมไปจนถึงระบบท่อส่งน้ำเย็น, น้ำร้อนต่าง ๆ ในขั้นนี้จะคำนึงถึงประสิทธิภาพในการทำความร้อน / เย็น, การนำกลับมาใช้ใหม่, การหุ้มฉนวนที่เหมาะสม, การสูญเสียในระบบท่อสิ่งต่าง ๆ

4.4 การใช้พลังงาน (Energy Use) ในขั้นนี้จึงเป็นขั้นที่สำคัญ ซึ่งจะพิจารณาเกี่ยวกับการจัดทำแผนภาพการใช้พลังงาน (Sanky Energy Flow Diagram) รายละเอียดการใช้พลังงานแต่ละระบบ แต่ละประเภทจะเป็นเท่าใด เพื่อนำไปประเมินในขั้นต่อไป

5. การประเมิน (Assessment) จะเป็นการคำนวณการประหยัดที่เกิดขึ้นจริง และเตรียมมาตรการที่จะประยุกต์ใช้ โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ทางเทคนิค และทางเศรษฐศาสตร์

การปฏิบัติในขั้นนี้ จะเป็นการหาโอกาส (ที่เรียกว่า ECOs หรือ Energy Conservation Opportunities) หรือมาตรการในการประหยัดพลังงาน ซึ่งต้องอาศัยการคำนวณโดยอาจใช้คำนวณธรรมดาด้วยมือ (Manual) หรืออาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือแม้แต่โดยการคาดการณ์จากประสบการณ์ ซึ่งการพิจารณาโอกาสดังกล่าวแบ่งเป็นหลายประเภท เรียงตามลำดับนี้

ลำดับที่ 1 มาตรการที่ไม่ต้องใช้ทุน เช่น ปรับปรุงแผนการบำรุงรักษา การปฏิบัติการ เป็นต้น

ลำดับที่ 2 มาตรการที่มีการคืนทุนเร็ว (Quick Payback) ภายในไม่เกิน 1 ปี (โดยใช้วิธี Simple Payback)

ลำดับที่ 3 มาตรการที่มีการคืนทุนปานกลาง (Moderate Payback) ภายในระยะเวลา 1 – 4 ปี

โดยการประเมินนี้ต้องคำนึงถึงว่าระบบที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นมีผลกระทบกับระบบเดิมหรือระบบอื่นทั้งทางตรง หรือทางอ้อมอย่างไร นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับระบบพื้นฐานทั้ง 3 ระบบ ดังกล่าวมาตอนต้น

6. การประยุกต์ใช้ จะเป็นการเลือกมาตรการที่ผ่านการประเมินแล้ว นำมาปฏิบัติจริง และติดตามผลที่เกิดขึ้นหลังจากขั้นตอนที่ 6 แล้วก็จะเป็นการตรวจสอบว่าการประยุกต์ใช้มีผลเป็นอย่างไร หากไม่ได้ตามที่คำนวณไว้แต่ต้นต้องมาหาสาเหตุ และเริ่มประเมิน / วิเคราะห์ แล้วประยุกต์ใหม่กระทำเช่นนี้เรื่อยไปเป็นวัฏจักร ซึ่งบุคคลที่สำคัญอีกคนหนึ่งที่จะทำให้การประหยัดพลังงานประสบความสำเร็จ หรือไม่ ก็คือ ผู้จัดการพลังงาน โดยหน้าที่ความรับผิดชอบของผู้จัดการพลังงานโดยหลักการแล้วมี 4 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. <u>ทางด้านเทคนิค</u>

* ทำการตรวจสอบพลังงานและระบุโอกาสในการประหยัดพลังงานอื่น ๆ

* ตั้งเกณฑ์ต่ำที่สุดที่โอกาสในการประหยัดพลังงานสามารถทำได้

* ทำเหมือนกับที่ปรึกษาทางเทคนิคในหัวข้อ เทคโนโลยีพลังงานใหม่ ๆ, แหล่งเชื้อเพลิง และการทำให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน

* ประเมินผลเกี่ยวกับการก่อสร้างใหม่, การขยายอาคาร, การจัดรูปแบบใหม่ และการซื้อเครื่องมือเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน

* ตั้งมาตรฐานเพื่อการดำเนินการ และการบำรุงรักษาเครื่องมือเครื่องใช้ให้มีประสิทธิภาพ

* พิจารณาเครื่องมือและอุปกรณ์ใหม่ ๆ ทางด้านการจัดการพลังงาน

* เลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุด

* ทบทวนการดำเนินการและการบำรุงรักษา

* การประยุกต์มาตรการประหยัดพลังงาน (ECMS)

* ตั้งโปรแกรมบันทึกการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่องเพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงาน และผลของการมาตรฐานการประหยัดพลังงาน

* รักษามาตรการประหยัดพลังงานให้คงอยู่อย่างมีประสิทธิผล

2. <u>ทางด้านที่เกี่ยวกับนโยบาย</u>

* ดำเนินการนโยบายพลังงานที่จัดตั้งโดยผู้บริหารระดับสูงให้สมบูรณ์

* แนะนำ / เสนอ / ตอบสนองกับกฎหมายและกฎข้อบังคับต่าง ๆ

* เป็นตัวแทนองค์กรในการร่วมมือทางด้านพลังงานกับองค์กร / บุคคลภายนอก

* จัดทำรายงานให้สอดคล้องกับภาครัฐบาล

3. <u>ทางด้านการวางแผนและการจัดซื้อ</u>

* เสนอการใช้พลังงาน และต้นทุนที่เป็นประโยชน์ในกรณี (เปลี่ยนแปลงการใช้พลังงาน และวางแผนแนวทางในการจัดการเกี่ยวกับภาระงาน (Load))

* ตรวจสอบระบบการใช้พลังงาน และเครื่องมือที่ซื้อกับความคุ้มทุน และสามารถตอบสนองการใช้ได้ดี

* เจรจาต่อรองหรือแนะนำตามสัญญา

* พัฒนาแผนต่อเนื่อง เพื่อให้มีพลังงานใช้ตอนขาดแคลนหรือตอนขาดช่วง

* คาดการณ์ความต้องการพลังงานและต้นทุน ทั้งระยะสั้นและระยะยาว

* รายงานเป็นระยะ ๆ ต่อผู้บริหารระดับสูง

4. <u>ทางด้านประชาสัมพันธ์</u>

* ทำให้ผู้ทำงานร่วม ตระหนักถึงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

* จัดตั้งกลไกที่จะประเมินผลข้อแนะนำในการประหยัดพลังงานจากผู้ร่วมงาน

* ให้รางวัลสำหรับโครงการประหยัดพลังงานที่ประสบความสำเร็จ

* จัดตั้งกลไกการจัดทำรายงานทางการแก่ผู้บริหารระดับสูง

* จัดตั้งโครงข่ายการติดต่อทางด้านพลังงานภายในองค์กร

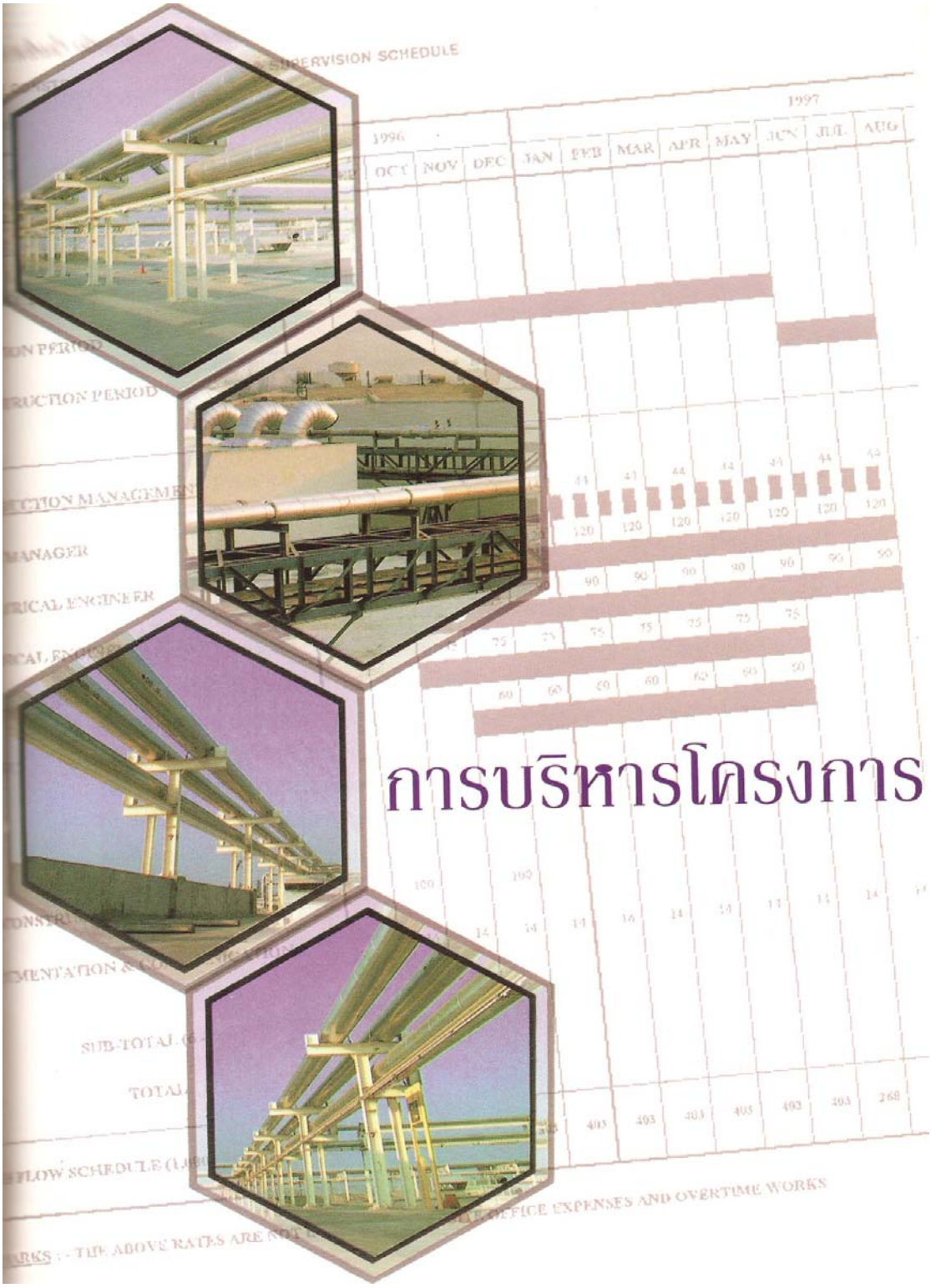
หนังสืออ้างอิง

1. การประหยัดพลังงานในอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น) 2526

2. พรบ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน 2535 พรฎ.ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน 2538, กฎกระทรวง 2538

3. Ener Audits and Surveys, AM5 : 1991, CIBSE.

4. ASHRAE Handbook 1995, HVAC. APPLICATION, CHAPTER 32, ENERGY MANAGEMENT.



การบริหารโครงการ

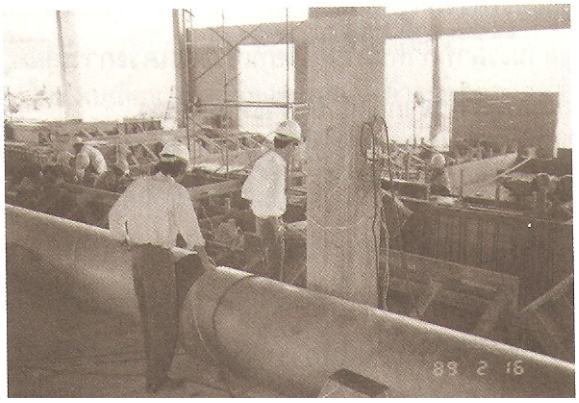
แนวทางปฏิบัติหน้าที่ควบคุมงาน

1. คำนำ

ในการก่อสร้างโครงการต่าง ๆ ผู้ที่มีหน้าที่ทำการก่อสร้าง คือ ผู้รับเหมาก่อสร้างไม่ว่าจะเป็นงานโครงสร้าง งานสถาปัตยกรรม งานวิศวกรรมระบบประกอบอาคาร หน้าที่หลักของผู้รับเหมาก่อสร้าง คือ ทำการก่อสร้างโครงการตามขอบเขตงานที่กำหนดไว้ในสัญญา ให้แล้วเสร็จตามกำหนด และมีคุณภาพที่เหมาะสมกับราคาค่าจ้างเหมา ตั้งนี้หน่วยงานก่อสร้างจำเป็นต้องมีคณะทำงานอีกคณะหนึ่ง ในการที่จะทำการควบคุมงาน ตรวจสอบคุณภาพงาน รวมทั้งเร่งรัดความคืบหน้าของงานแล้วเสร็จภายในกำหนดเวลา คณะทำงานดังกล่าวคือ ผู้ควบคุมงานก่อสร้างนั่นเอง

โดยทั่วไป เจ้าของโครงการจะเป็นผู้ว่าจ้าง ผู้ควบคุมงาน เพื่อทำหน้าที่แทนในด้านการควบคุมงานก่อสร้าง ดังนั้น ผู้ควบคุมงานก่อสร้างจึงมีส่วนไม่น้อยที่จะทำให้การสร้างโครงการต่าง ๆ แล้วเสร็จตามวัตถุประสงค์ที่ทุกฝ่ายวางเป้าหมาย

บทความนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อกำหนดแนวทางการปฏิบัติหน้าที่การควบคุมงาน โดยทั่วไปให้เป็นมาตรฐานเดียวกันสำหรับบุคลากรที่รับการมอบหมาย แต่อย่างไรก็ตาม ในบางโครงการ อาจต้องมีกำหนดลักษณะการปฏิบัติหน้าที่เฉพาะเจาะจงในบางขอบเขต ซึ่งไม่ได้รวบรวมไว้ในเอกสารนี้



2. สาเหตุที่ต้องมีการควบคุมงาน

โดยปกติ บริษัทรับเหมาทั่วไป จะเกิดจากกลุ่มบุคคลที่มารวมกันเพื่อรับเหมาทำงานก่อสร้างโครงการต่าง ๆ เพราะฉะนั้น แนวทางปฏิบัติและนโยบายของแต่ละบริษัทจึงแตกต่างกัน โดยธรรมชาติ เมื่อผู้รับเหมาก่อสร้างปฏิบัติงานในโครงการใด ๆ จะพยายามแสวงหาความสะดวก มักจะทำแนวทางของตนเองหรือไม่ก็มีความเชื่อมั่นในตนเองสูงเกินไป โดยอาจไม่พิจารณาให้เห็นแน่ชัดว่าแนวความคิดของตนเองถูกต้องหรือไม่ ที่กล่าวมาข้างต้นเป็นเหตุสนับสนุนถึงความจำเป็นต้องมีผู้ควบคุมงานก่อสร้างในโครงการต่าง ๆ

ในการก่อสร้างโครงการใด ๆ เจ้าของโครงการย่อมมีความต้องการที่จะได้สินค้าที่มีคุณภาพเหมาะสมกับราคาที่ได้จ่ายเงินไป แต่สินค้าที่กล่าวนั้น หมายถึง สิ่งก่อสร้าง ซึ่งผู้ขายหรือผู้รับเหมาะต้องใช้เวลาในการที่จะสร้างขึ้นมา เจ้าของโครงการจึงจำเป็นจะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพเป็นระยะ ๆ แต่บางโครงการเจ้าของโครงการไม่สามารถตรวจสอบคุณภาพได้ด้วยตนเอง จึงจำเป็นต้องหากลุ่มบุคคลหรือบุคคลที่มีความสามารถและมีความเชื่อถือได้เป็นผู้ทำการตรวจสอบแทน ซึ่งหมายถึง **ผู้ควบคุมงานก่อสร้าง** นั่นเอง

จากสาเหตุถึงความจำเป็นในการที่ต้องมีผู้ควบคุมงานก่อสร้างในโครงการต่าง ๆ ดังกล่าว จึงทำให้ผู้ควบคุมงานก่อสร้างบางคนมีทัศนคติไม่ถูกต้องตั้งแต่เริ่มปฏิบัติงาน และเป็นไปในเชิงลบ โดยมักคิดว่าผู้รับเหมาจะต้องพยายามหลีกเลี่ยงสัญญาที่ทำไว้กับเจ้าของโครงการเสมอ เพราะฉะนั้นผู้ควบคุมงานจะต้องอยู่คนละฝ่ายกับผู้รับเหมา โดยพยายามจะบีบบังคับหรือควบคุมบังคับผู้รับเหมาโดยผิดวิธี และวางตัวเป็นเจ้านายของผู้รับเหมาอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้เพราะอาจคิดว่าเจ้าของโครงการว่าจ้างเขามาเพื่อจับผิดผู้รับเหมา แต่ผลของการปฏิบัติงานโดยทัศนคติข้างต้นมีตัวอย่างให้เห็นมากมายว่า ทำให้โครงการนั้น ๆ เต็มไปด้วยปัญหาไม่สามารถแล้วเสร็จตามกำหนด และอาจทำให้เจ้าของโครงการต้องเสียหายอย่างมากทั้งค่าใช้จ่าย และเวลาที่ล่าช้าออกไป แต่หากได้ผู้ควบคุมงานที่มีประสบการณ์ และมีทัศนคติที่ดีมาดำเนินงานแล้ว เขาจะทราบดีว่า**ผู้รับเหมา**นั่นเองเป็นปัจจัยสำคัญในการที่จะสร้างโครงการต่าง ๆให้แล้วเสร็จ และถ้าเขาสามารถทำหน้าที่เป็นผู้ประสานประโยชน์ที่ดีระหว่างเจ้าของโครงการและผู้รับเหมาแล้ว จะทำให้โครงการต่าง ๆ ดำเนินไปด้วยความราบรื่น แล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนดไว้ โดยที่เจ้าของโครงการเสียค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม และผู้รับเหมามีผลงานที่ดี และมีผลกำไรจากการก่อสร้างพอสมควร

3. การควบคุมงานและการบริหารงานก่อสร้าง

ในการก่อสร้างทั่วไป บางโครงการจะมีการจัดการบริหารงานก่อสร้างด้วย ซึ่งอาจจะเป็นคณะบริหารงานก่อสร้างเจ้าของโครงการ หรือเจ้าของโครงการอาจจะจัดจ้างบริษัทที่มีความเชี่ยวชาญในการบริหารงานก่อสร้างมาดำเนินการ หรือบางโครงการอาจจะมีทั้งสองทางพร้อมกัน

คณะบริหารงานก่อสร้างมิได้มาแทนที่คณะควบคุมงานในโครงการโดยตรง แต่จะทำ

หน้าที่เป็นผู้ประสานงานมากกว่า นอกจากนั้นยังทำหน้าที่จัดการให้งานก่อสร้างเป็นไปด้วยความราบรื่น แล้วเสร็จภายในกำหนดเวลา ควบคุมค่าใช้จ่ายของโครงการไม่ให้บานปลาย และลดความขัดแย้งบางประการที่อาจเป็นเหตุทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงการระหว่างผู้รับเหมาและเจ้าของโครงการ ผู้บริหารงานก่อสร้างจะใช้ประโยชน์จากขบวนการควบคุมงานเป็นแนวทางให้เกิดความเข้าใจถึงปัญหาต่าง ๆ และได้รับทราบถึงทัศนคติของผู้รับเหมาแต่ละราย และได้ล่วงรู้ถึงสถานการณ์ในแต่ละขั้นตอน เพื่อต้องการจัดการให้งานก่อสร้างเป็นไปด้วยความราบรื่นปราศจากอุปสรรค

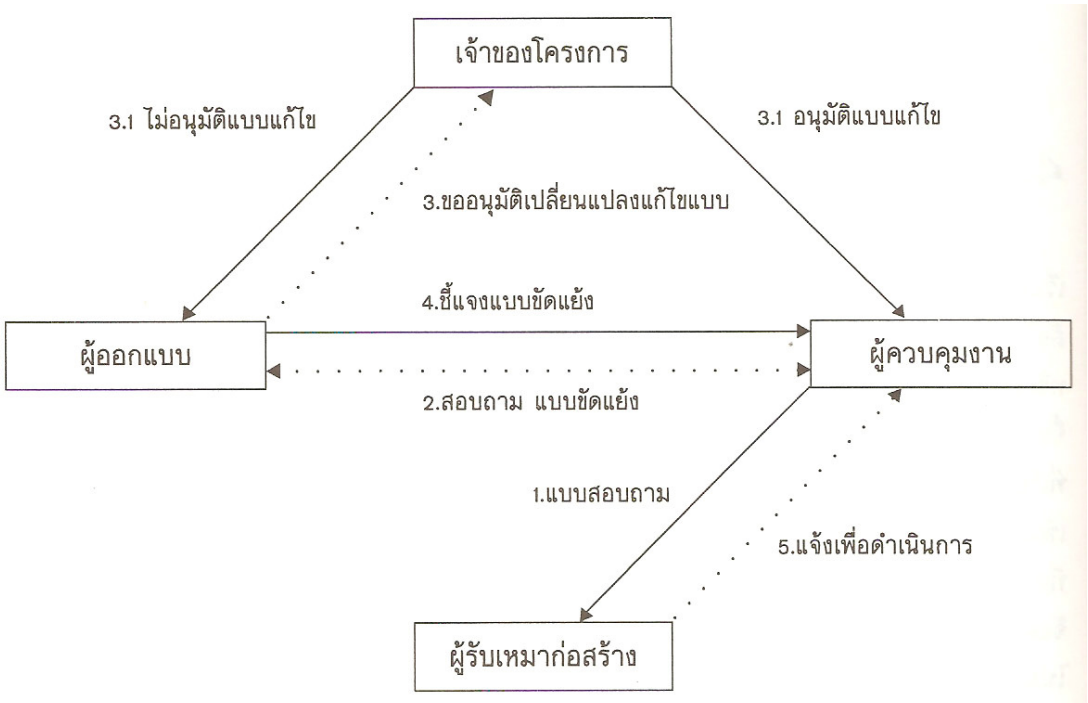
ดังนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างการควบคุมงานและการบริหารงานก่อสร้างก็คือ คณะผู้ควบคุมงานต้องมีหน้าที่ที่จะสื่อข้อมูลต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในหน่วยงานให้คณะบริหารงานก่อสร้างเพื่อที่จะได้สื่อติดต่อประสานช่องว่างระหว่างผู้รับเหมาและเจ้าของโครงการ ดังนั้น บทบาทของผู้ควบคุมงานในการบริหารการก่อสร้างจะมีความสำคัญยิ่งขึ้น และคณะบริหารงานก่อสร้างจะทราบได้เป็นอย่างดีว่า แนวทางปฏิบัติงานควบคุมในจุดใดมีประสิทธิภาพที่ดีหรือจุดบกพร่องที่จะต้องได้รับการแก้ไขเพื่อไม่ให้เกิดความชะงักหรือล่าช้าขึ้นในการก่อสร้าง

4. ดุลยพินิจ

ถ้าผู้ควบคุมงานเป็นคนชอบจับผิดในรายละเอียดเล็ก ๆ น้อย ๆ จุกจิกจู้จี้ในเรื่องไม่เป็นเรื่องเรื่องมากเกินไป มักจะเป็นผลเสียต่อโครงการและเจ้าของโครงการมากกว่าให้ผลดี การที่ผู้รับเหมาถูกสั่งแก้ไขงานในรายการใดรายการหนึ่ง และรายการนั้นไม่มีผลกระทบต่อการใช้งานในส่วนรวมหรือไม่ใช่เรื่องที่ผู้รับเหมาจงใจหลบเลี่ยง เพื่อใช้ของคุณภาพต่ำราคาถูก แต่ต้องแก้ไข เพราะความจู้จี้ขาดดุลยพินิจของผู้ควบคุมงาน การทำงานระหว่างผู้ควบคุมงาน และผู้รับเหมาก็จะกลายเป็นเรื่องที่เรียกว่า “ทีใครทีมัน” ไม่มีการอ่อนข้อออมชอมกัน และถ้าต่อมาเกิดมีความจำเป็นจะต้องเปลี่ยนแปลงเพิ่มงานในบางส่วนที่มีความสำคัญต่อการใช้งานอย่างมาก ผู้รับเหมาก็จะถือโอกาสเรียกคืนในส่วนที่ตนต้องเสียหายไปโดยไร้สาระ โดยหาสาเหตุสารพัด เพื่อเสนอราคาที่แพงเกินเหตุ ผลเสียที่สุดแล้วจึงตกกับเจ้าของโครงการ เพราะจะต้องเสียเงินเพิ่มขึ้นโดยใช่เหตุเพื่อชดเชยกับสิ่งเล็ก ๆ น้อย ๆ ที่ไม่มีความสำคัญ

คำจำกัดความของ **“หน้าที่ของผู้ควบคุมงาน”** ที่ใช้กันทั่วไปมักจะเจาะจงจำกัดขอบเขตการใช้ดุลยพินิจของผู้ควบคุมงานไว้น้อย อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติจริง ผู้ควบคุมงานที่มีความรู้ความสามารถ และประสบการณ์ที่ดีจะฝึกการใช้ดุลยพินิจ ใช้เหตุผล ผลของการใช้ดุลยพินิจนั้น ความคิดเห็นของผู้อื่น ปรับปรุงการใช้ดุลยพินิจของตนให้ดีขึ้นตลอดเวลา

การควบคุมงานก่อสร้าง เป็นงานที่ต้องอาศัย **ความร่วมมือในทีม (TEAM WORK)** อย่างมาก เช่นเดียวกับงานประเภทอื่น ๆ หลาย ๆ ประเภท ผู้ควบคุมงานที่ไม่ยอมรับฟังความเห็นผู้ใดมุ่งจะเอาชนะโดยไร้เหตุผลเอาแต่ใจตัวเองเป็นหลัก และทุกครั้งที่มีการปรึกษาถกเถียงเรื่องปัญหาต่าง ๆ มักจะมีลักษณะผูกเงื่อนไขให้มากขึ้น แทนที่จะเป็นการปรึกษาหารือเพื่อหาข้อสรุปในทางสร้างสรรค์ ผู้ควบคุมงานประเภทนี้จะเป็นตัวก่อปัญหาให้กับโครงการ และทีมงาน ด้วยเหตุผลนี้ผู้ควบคุมงานที่ดีจะต้องปรึกษาหารือในสิ่งที่ตนเองไม่แน่ใจกับผู้เกี่ยวข้องเสมอ ๆ ถ้ามีอะไรสงสัยควรปรึกษาผู้ร่วมงานหรือผู้ออกแบบ ซึ่งตามปกติจะมีข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ มากพอที่จะแก้ปัญหาเฉพาะเรื่องได้ดีและถูกต้อง อย่างน้อยที่สุด สัญญาระหว่างผู้ออกแบบและเจ้าของโครงการจะกำหนดไว้ให้ผู้ออกแบบตีความแบบและรายการประกอบให้ถูกจุดประสงค์ของการใช้งานแล้ว และผู้ออกแบบส่วนใหญ่จะยินดีให้ความร่วมมือตอบคำถาม หรือให้คำปรึกษาในงานที่ตนออกแบบไว้ แม้จะโดยทางโทรศัพท์ ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็วที่สุด หรือจะขอเชิญมาแก้ปัญหาที่หน่วยงานเป็นครั้งคราวก็ได้ ในกรณีที่ต่อต่อทีมออกแบบได้ยาก เพราะห่างไกลมากหรือด้วยเหตุอื่นก็ตาม ผู้ควบคุมงานอาจจะต้องติดต่อผู้เชี่ยวชาญเฉพาะกรณีเพื่อขอความเห็นต่าง ๆ เช่น ทีมสำรวจ, ผู้ทำการทดสอบวัสดุ, ผู้แทนจำหน่ายวัสดุ หรือผู้อื่นที่เหมาะสมเพื่อให้คำปรึกษาในการตัดสินแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น



หน้าที่ของผู้ควบคุมงานจริง ๆ แล้วคือ **ทำหน้าที่เป็นคนกลาง** เจ้าของโครงการไม่น้อยที่เข้าใจว่าการที่ตนจะได้รับสิ่งก่อสร้างที่ดีที่สุดสำหรับเงินที่จ่ายไปนั้นจะต้องมีผู้ควบคุมงานที่จัดการงานก่อสร้างเอง โดยจะต้องเป็นคนประเภททุบโต๊ะ เผด็จการ ข่มขู่ผู้รับเหมา หรือกำราบให้อยู่มือ แต่ในทางปฏิบัติจริงบุคคลประเภทนี้คือบุคคลที่สร้างปัญหา ทำให้งานชะงักและล่าช้าเสมอ ทำให้เจ้าของโครงการต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงสำหรับเพิ่มเติมแก้ไขต่าง ๆ นอกจากนี้ยังทำให้คุณภาพของงานโดยส่วนรวมลดลงด้วย

เจ้าของโครงการที่มีความรู้ในระบบการก่อสร้าง ย่อมตระหนักดีว่า เขาจะได้รับผลประโยชน์จากโครงการมากที่สุด เมื่อผู้รับเหมาก่อสร้างมีกำไรพอสมควรจากการก่อสร้าง และมีปัญหาระหว่าการก่อสร้างน้อยที่สุดและใช้เวลาก่อสร้างเร็วกว่า หรือล่าช้ากว่าแผนงาน เจ้าของโครงการสนับสนุนให้ผู้ควบคุมงานเข้มงวดกวดขันจนเกินความจำเป็น มักจะเป็นเจ้าของโครงการที่ขาดประสบการณ์ ความสำเร็จของการก่อสร้างจึงขึ้นอยู่กับความยืดหยุ่น และความสามารถของผู้รับเหมาที่จะแก้ปัญหา และเอาชนะความกดดันที่ไร้ความจำเป็นเป็นส่วนใหญ่

ในการก่อสร้างโครงการใหญ่ ๆ หรือแม้แต่โครงการขนาดกลาง ซึ่งสร้างโดยผู้รับเหมาขนาดกลางที่มีความสามารถทางด้านการเงิน เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดงานแล้วอยู่ในสภาพพอไปไหวการชะงักของงานที่เกิดขึ้นเสมอ ๆ จากฝ่ายเจ้าของโครงการจะกลายเป็นเหตุผลสำคัญ ซึ่งสร้างความหายนะให้กับผู้รับเหมาจนถึงขั้นล้มละลายได้ ซึ่งโครงการอาจจะต้องเปลี่ยนมือไปให้ผู้ค้ำประกัน เช่น ธนาคาร ทำการบริหารแทน ถ้าถึงขั้นนั้น เจ้าของโครงการจะพบว่า ในการก่อสร้างต่อเพื่อให้โครงการเสร็จสมบูรณ์จะเกิดปัญหายุ่งยากได้มากอย่างที่คาดไม่ถึง

สิ่งที่กล่าวมา มีจุดประสงค์ให้ผู้ควบคุมงานเข้าใจถึงความสำคัญ และบทบาทผู้ควบคุมงานตลอดจนผลดี ผลเสีย ที่อาจจะเกิดขึ้นต่อโครงการ ภายใต้ความรับผิดชอบในส่วนของผู้ควบคุมงานเอง อย่างไรก็ตามผู้ควบคุมงานที่มีความรับผิดชอบจะต้องพยายามรักษาระดับมาตรฐานที่สมเหตุสมผลในด้านคุณภาพของงาน โดยให้เป็นไปตามความประสงค์ที่กำหนดไว้ในรูปแบบและรายการ โดยไม่ตั้งกฎเกณฑ์ขึ้นมาอย่างขาดเหตุผลหรือมาทำตนเป็นที่รบกวน ขัดขวางความก้าวหน้าของงานอย่างไร้เหตุผล

ผู้ควบคุมงานก็เหมือนปุถุชนธรรมดาทั่วไป ย่อมมีความสามารถพิจารณาสิ่งถูกผิดได้ถ้าใช้เหตุผลความรู้และประสบการณ์ที่ดีเข้าช่วย ไม่ใช้อารมณ์ และผู้ควบคุมงานควรตระหนักอยู่เสมอว่าตนไม่ใช่อาจารย์ผู้รอบรู้สารพัดเรื่อง ไม่เพียงพอเท่านั้น ต้องตระหนักด้วยว่า ช่างฝีมือที่มีความรับผิดชอบในงานของตน ก็เป็นผู้มีความหยิ่งในวิชาชีพของตนเหมือนกัน ดังนั้นผู้ควบคุมงานที่ฉลาดนอกจากจะศึกษาเพิ่มพูนความรู้ความสามารถ และประสบการณ์ทางด้านวิชาช่างแล้ว เขาจะต้องศึกษาจิตใจคน และใช้จิตวิทยาเข้าประกอบการตัดสินใจต่าง ๆ ด้วย ผู้ควบคุมงานที่ดีจะไม่ใช้อำนาจสั่งการให้หยุดงานพร่ำเพรื่อ เขาจะต้องพิจารณาให้ถ่องแท้ก่อนว่า การกระทำนั้นจะทำให้เกิดอันตรายต่อบุคคลหรือต่อผลงานหรือไม่ อย่างไร ก่อนตัดสินใจหยุดงานทุกครั้ง

5. สภาพแวดล้อมของโครงการ

สภาพแวดล้อมต่าง ๆ มีอิทธิพลต่อการทำงานของผู้ควบคุมงาน สภาพแวดล้อมในที่นี้มิได้หมายถึงสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติเท่านั้น ทัศนคติ ความสามารถ ความตั้งใจ ของผู้รับเหมา ราคาค่าก่อสร้าง เจ้าของโครงการ ฯลฯ เป็นตัวประกอบของสภาพแวดล้อมที่กล่าวถึง

5.1 ทัศนคติของผู้รับเหมา

ผู้รับเหมาบางรายมีระบบงานที่พร้อมจะทำการก่อสร้างตามแบบและสัญญาและพยายามทำให้ดีที่สุด แต่มีของผู้รับเหมาไม่น้อยที่ได้งานแล้ว และคิดว่าราคาที่ได้รับงานต่ำเกินไป จึงพยายามที่จะหาทางลดค่าใช้จ่าย เพื่อชดเชยกันส่วนที่ตนคิดราคาตกไป โดยพยายามตีแบบและรายการประกอบแบบตามใจตนให้มากที่สุด ในกรณีเช่นนี้ ผู้ควบคุมงานจะต้องระมัดระวังควบคุมการทำงานให้คุณภาพสมดุลกับความต้องการที่ระบุไว้ในสัญญาให้มากที่สุดโดยไม่สั่งการอะไรให้เกินเหตุ แต่ขณะเดียวกันก็ต้องไม่ละเลย อ่อนข้อจนเกิดผลเสียต่องาน

5.2 ความสามารถของผู้รับเหมา

ผู้ควบคุมงานจะต้องสามารถประเมินขีดความสามารถของผู้รับเหมาแต่ละรายได้ ในบางกรณีผู้รับเหมารับงานเกินขีดความสามารถของตน ทั้งในด้านความสามารถของบุคลากรที่ตนมีอยู่ในด้านกำลังเงิน นอกจากนี้ผู้รับเหมาอาจคาดการณ์ในด้านการควบคุมคุณภาพต่ำไป สิ่งเหล่านี้จะเป็นปัญหาที่ผู้ควบคุมงานต้องพิจารณาและใช้ดุลยพินิจดำเนินการควบคุมงานให้เหมาะสม เพื่อให้การก่อสร้างดำเนินไปด้วยความราบรื่นและดีที่สุดเท่าที่จะทำได้

5.3 แรงงานและช่างฝีมือ

คุณภาพงานและช่างฝีมือ จะแตกต่างกันไปตามสภาพท้องถิ่น ผู้ควบคุมงานจะต้องศึกษาพื้นฐาน และหาทางแก้ไขปัญหาที่จะเกิดขึ้นตามสภาพงานแต่ละประเภท

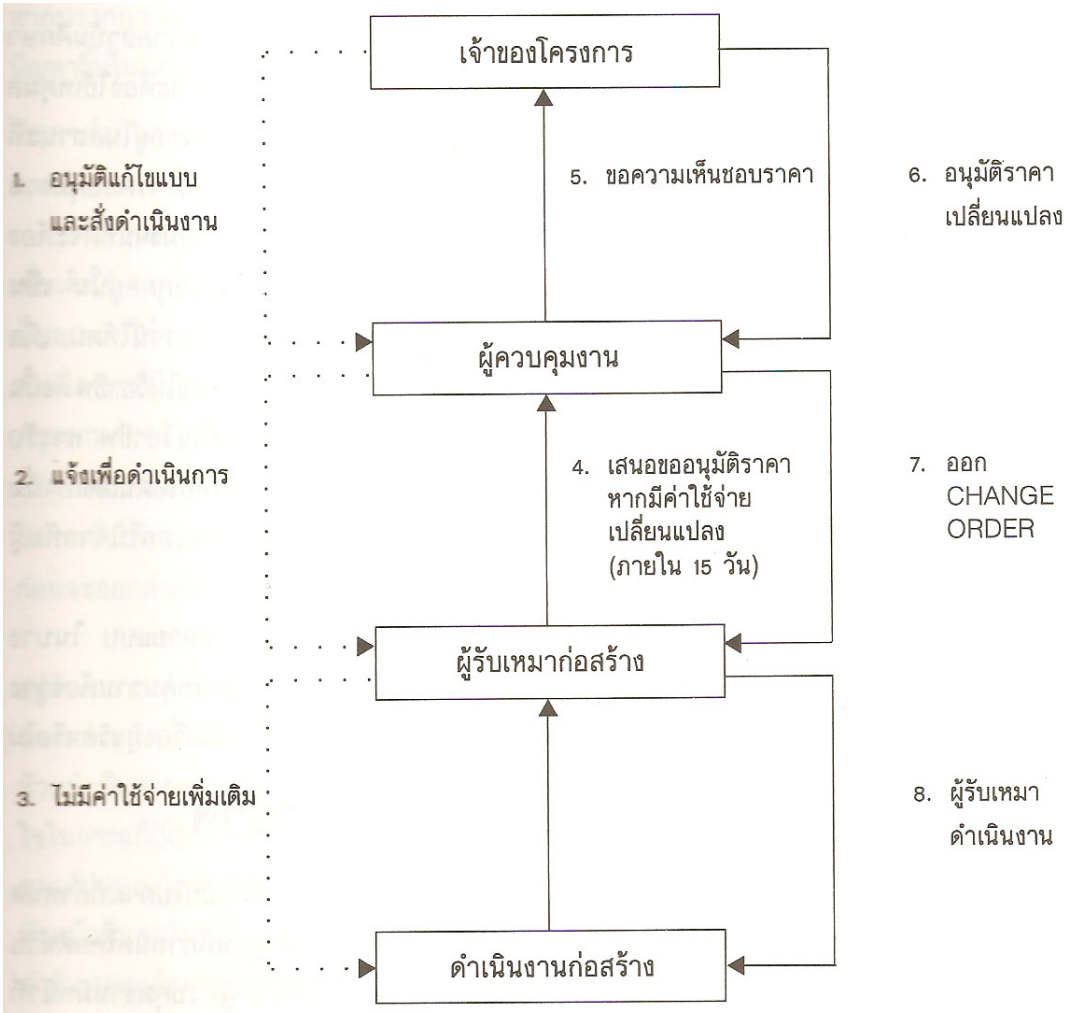
5.4 ความสามารถของทีมผู้ควบคุมงานเอง

ก็มีความสำคัญต่อผู้ควบคุมงานแต่ละคนอย่างมาก และมีอิทธิพลต่อการปฏิบัติงานของผู้ควบคุมงานในทีมด้วย เช่น ถ้าทีมงานมีความสามารถมีปะสบการณ์และมีความกระตือรือร้นตลอดจนมีระบบบริหารที่ดี ผู้ควบคุมงานแต่ละคนจะสามารถใช้ความรู้ความชำนาญของตน เน้นเฉพาะงานที่ตนเองต้องรับผิดชอบได้อย่างเต็มที่ ในทางตรงกันข้าม ถ้าทีมงานขาดความรู้ความสามารถ ขาดประสบการณ์ ผู้ควบคุมงานจะต้องทำงานมากขึ้น และช่วยดูแลและรับผิดชอบในส่วนอื่น ๆ พร้อมกันไปและต้องใช้ความสามารถเต็มที่ ในขณะเดียวกันจะต้องรายงานให้ผู้บริหารระดับสูงขึ้นไปได้ทราบถึงงานส่วนที่ไม่สามารถตรวจสอบควบคุมได้ทั่วถึงด้วย

5.5 ความเป็นไปได้, ความสมบูรณ์ของแบบ และรายการประกอบแบบ

มีผลต่อการควบคุมงานในบางกรณี แบบก่อสร้าง และรายการประกอบแบบ กำหนดคุณภาพของงานไว้อย่างดีเลิศ แต่ในทางปฏิบัติจริงทำไม่ได้ ซึ่งมักจะทำให้การก่อสร้างในหลาย ๆ โครง

การมีปัญหายุ่งยากถกเถียงกันเสมอ อย่างไรก็ตาม ผู้ควบคุมงานควรตระหนักว่า แบบและรายการประกอบแบบที่ดีเกินไป ย่อมดีกว่าแบบและรายการประกอบแบบที่ผิดมาก การขาดตกบกพร่องซึ่งมักจะนำไปสู่การโต้เถียง ต่อรอง และการเรียกร้องต่าง ๆ จากผู้รับเหมา เพื่อขอเพิ่มงานก่อที่งานก่อสร้างจะเสร็จสมบูรณ์ได้ และเป็นช่องทางให้เกิดปัญหาเพิ่มขึ้นอีกมาก ถึงแม้ว่าการเปลี่ยนแปลงงานก่อสร้างในสนาม เป็นเรื่องที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งผู้ทำงานที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างทุกคนทราบดี ทั้งนี้เพราะไม่มีแบบก่อสร้าง และรายการประกอบแบบชุดไหนที่มีความสมบูรณ์ในตัวถึงร้อยเปอร์เซนต์ ทีมงานผู้ออกแบบแต่ละทีมจะมีความสามารถในการออกแบบ และแสดงจุดประสงค์ที่ต้องการในแบบและรายการให้ชัดเจนได้มากน้อยต่างกัน ทีมควบคุมงานที่ทำงานได้ราบรื่น คือ ทีมที่มีแบบก่อสร้างที่สมบูรณ์ชัดเจนแจกแจงคุณภาพของงาน และลักษณะของงานอย่างชัดเจนและเป็นงานที่สามารถทำได้จริง ๆ ในขณะเดียวกัน เจ้าของโครงการก็จะต้องไม่จ่ายเงินเพิ่มมากนักสำหรับการเปลี่ยนแปลงเพิ่มงานต่าง ๆ ที่มักจะเกิดขึ้น



5.6 สภาพสถานที่ก่อสร้าง

มีอิทธิพลต่อสภาพจิตใจ และพฤติกรรมของบุคคลทุกฝ่าย ที่ทำงานในสถานที่ก่อสร้างอย่างมาก โดยเฉพาะพื้นที่หรือสภาพแวดล้อมที่ไม่ได้คาดการณ์ไว้ว่าจะเป็นเช่นนั้น ผู้ออกแบบซึ่งใช้เวลาส่วนใหญ่นั่งทำงานอยู่ในสำนักงานที่สงบเงียบมักจะไม่สามารถจินตนาการสภาพต่าง ๆ ดังกล่าวได้ เป็นผลให้ไม่เข้าใจ และไม่ยอมรับพฤติกรรมสภาพจิตใจ และทัศนคติของบุคลากรที่ประจำหน่วยงาน (ทั้งของฝ่ายผู้ควบคุมงานและฝ่ายผู้รับเหมา) ซึ่งต้องเผชิญกับความร้อน ฝุ่น เสียง ความสกปรก ฝน การเร่งงานและปัญหาอื่น ๆ ตลอดเวลาในขณะเดียวกัน ถ้าผู้ควบคุมงานไม่ศึกษาและทำความเข้าใจเหตุผลนี้ ก็มักจะมีพฤติกรรมคล้อยตามไปกับสภาพแวดล้อมดังกล่าว ซึ่งมักจะเป็นผลให้เกิด “อารมณ์ร้อน” “หัวเสีย” ในปัญหาที่ต้องการความใจเย็นและสติในการแก้ไขเสมอ

6. ความซื่อสัตย์ในวิชาชีพ

วิชาชีพการก่อสร้าง เป็นวิชาชีพทางช่าง ซึ่งจะต้องใช้ทฤษฎีและเหตุผลในการแก้ปัญหาเป็นส่วนใหญ่ ผู้ควบคุมงานก่อสร้างที่ดีต้องเป็นผู้มีวิชาชีพทางช่าง จะด้วยการศึกษามาจากสถาบันศึกษา หรือด้วยฝึกเพิ่มพูนความสามารถและประสบการณ์จากการปฏิบัติจริงก็ตาม ย่อมจะต้องใช้เหตุผลในการปฏิบัติงานของตนจึงจะประสบผลสำเร็จในธุรกิจก่อสร้าง ผู้ที่เกี่ยวข้องอาจจะอยู่ในสถานะที่ล่อแหลมต่อการกระทำที่เป็นไปทางทุจริตได้มาก โดยเฉพาะผู้ที่มีทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมงานก่อสร้าง ซึ่งได้รับมอบหมายหน้าที่รับผิดชอบให้มีอำนาจพอสมควร ดังนั้น ผู้ควบคุมงานที่ดีจะต้องวางตัวให้เหมาะสม และต้องตระหนักเสมอว่า อำนาจที่ตนมีในงานก่อสร้างที่ควบคุมอยู่นั้น เป็นอำนาจซึ่งเจ้าของโครงการมีความไว้เนื้อเชื่อใจ มีความศรัทธา จึงได้มอบหมายอำนาจนี้ให้ตน เพื่อทำหน้าที่แทนเจ้าของโครงการโดยจ่ายค่าตอบแทนและให้เกียรติตนในฐานะผู้เชี่ยวชาญในวิชาชีพ ดังนั้น ผู้ควบคุมงานจึงต้องตอบสนองจุดประสงค์ของเจ้าของโครงการ ด้วยความซื่อสัตย์ในวิชาชีพ การรับสินบน สินจ้างรางวัลต่าง ๆ จากผู้รับเหมา และไม่เพียงแต่เป็นการสร้างความเสื่อมเสียให้ตนเองเท่านั้น ยังเป็นการทำลายภาพพจน์ของหมู่คณะด้วย บุคคลประเภทนี้จะต้องถูกจำกัดออกไปจากทีมผู้ควบคุมงานทันที ก่อนที่ความเสื่อมเสียนั้นจะขยายวงกว้างออกไป

การรับสินบน สินจ้าง รางวัล ดังกล่าวอาจเกิดขึ้นในรูปแบบต่าง ๆ หลายแบบ ในบางครั้งไม่สามารถขีดเส้นจำกัดตายตัวว่าอะไรผิดอะไรถูก จึงเป็นความจำเป็นที่ผู้ควบคุมงานต้องวางตัวให้เหมาะสม หลีกเลี่ยงข้อครหาที่จะนำไปสู่การที่ต้องพิสูจน์ว่าได้กระทำการอันเป็นเรื่องทุจริตหรือไม่

7. หน้าที่หลักของผู้ควบคุมงานก่อสร้าง

หน้าที่หลักของผู้ควบคุมงาน คือ การควบคุมคุณภาพของโครงการให้เป็นไปตามที่กำหนด โดยทั่วไปแล้วคุณภาพของวัสดุที่ใช้ในโครงการส่วนมากต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดโดยหน่วยงานต่าง ๆ จึงสามารถทำการจำหน่ายในตลาดได้ ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ ผู้ควบคุมงานมีหน้าที่

หลักในการควบคุมให้ผู้รับเหมาใช้หรือติดตั้งวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ในโครงการให้ถูกวิธีตามหลักวิชาการ และสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ แต่หากวัสดุใดที่ผลิตออกมาโดยไม่มีมาตรฐานมารองรับเพียงพอ จะต้องทำหน้าที่ทดสอบวัสดุนั่นด้วย

ผู้ควบคุมงานจึงต้องเป็นบุคคลที่มีความรู้ ความเข้าใจ และประสบการณ์ในงานระบบที่ตนเองรับผิดชอบ ต้องสามารถล่วงรู้ถึงผลดีและผลเสียของการทำงานแต่ละขั้นตอนในการก่อสร้าง นอกจากนี้ ยังต้องมีความสามารถในการประเมินคุณภาพของงานให้เหมาะสม รวมถึงสามารถวิเคราะห์สภาพของงานที่ตนเองควบคุมได้ด้วย เพราะฉะนั้นผู้ควบคุมงานที่ดีต้องสามารถอ่าน ทำความเข้าใจ และแปลความหมายรูปแบบก่อสร้างสัญญา และรายการก่อสร้าง อีกประการหนึ่งจะต้องมีความสามารถในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ในโครงการที่ตนรับผิดชอบได้ด้วย

ผู้ควบคุมต้องติดตามการปฏิบัติงานและความก้าวหน้าของงานแต่ละขั้นตอนอย่างใกล้ชิด ต้องมีความตื่นตัวและล่วงรู้เหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการก่อสร้าง สามารถมองเห็นปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตหากดำเนินการก่อสร้างไม่ถูกวิธี โดยหาทางลดการเกิดปัญหาให้เหลือน้อยที่สุด หากปรากฏว่าการปฏิบัติงานของผู้รับเหมาในขั้นตอนใดไม่เป็นไปตามรูปแบบและรายการและเกิดปัญหาขึ้นในแต่ละวัน ผู้ควบคุมงานจะต้องทำรายงานถึงความผิดพลาดนั้น ๆ และหาแนวทางแก้ไขปัญหาต่อหัวหน้าหน่วยงานหรือผู้มีหน้าที่รับผิดชอบระดับสูงขึ้นไป เพื่อตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาและดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

ในทางปฏิบัติ ผู้ควบคุมงานไม่มีอำนาจหน้าที่ในการตัดสินใจให้มีการยกเลิก เปลี่ยนแปลง เพิ่มเติม ลดหย่อน หรือทดแทนความต้องการใด ๆ ที่ระบุไว้ในรายการประกอบแบบ รูปแบบก่อสร้างสัญญา หรือข้อตกลงเพิ่มเติมแนบท้ายสัญญา นอกจากนี้ ผู้ควบคุมงานต้องไม่อนุมัติหรือยอมรับงานส่วนใด ๆ ที่มีลักษณะตรงข้ามกับแบบก่อสร้าง หรือรายการประกอบแบบ แต่อย่างไรก็ตาม การสั่งหยุดงานก่อสร้างใด ๆ หรือเข้าไปห้ามการทำงานของลูกจ้างของผู้รับเหมาจนเป็นเหตุให้มีการหยุดการก่อสร้างในส่วนนั้น ๆ ต้องไม่ใช่เป็นการตัดสินใจของผู้ควบคุมงานบุคคลใดบุคคลหนึ่ง ขั้นตอนในการสั่งให้หยุดงาน ต้องมีการปรึกษากับหัวหน้าหน่วยงาน หรือผู้มีหน้าที่รับผิดชอบระดับสูงขึ้นไป ก่อนจะออกคำสั่งให้หยุดงานโดยทีมงานผู้ควบคุมงาน

ความสามารถในการปฏิบัติงานให้มีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดของผู้ควบคุมงาน ขึ้นอยู่กับการวางตัวที่เหมาะสม ต้องเป็นผู้มีความสามารถแสดงออกถึงความรู้ ประสบการณ์ ความร่วมมือ การติดตามงาน การใช้ดุลยพินิจที่ถูกต้อง และความซื่อสัตย์ในอาชีพ การแต่งตั้งหัวหน้าทีมควบคุมงานที่เหมาะสมมีประสบการณ์ และดุลยพินิจที่ดีให้อยู่ประจำหน่วยงานเพื่อตัดสินใจในการแก้ปัญหา และมีการมอบหมายหน้าที่ ความรับผิดชอบให้ชัดเจน จะเป็นวิธีที่จะลดความยุ่งยากสับสนลงได้มาก และจะรักษาผลประโยชน์ที่ควรได้รับของเจ้าของโครงการอย่างเต็มที่ ในกรณีนี้หัวหน้าทีมจะต้องเป็นตัวแทนของฝ่ายบริหารระดับสูง และต้องไม่เป็นต้นเหตุทำให้งานหยุดชะงักหรือล่าช้า นอกเสียจากส่วนที่ผู้รับเหมาจงใจละเมิดสัญญาเท่านั้น

ในระบบสัญญา ส่วนใหญ่ที่ทำกันมักเป็นแบบ Fixed Price หรือ Lump Sum Contract เพราะฉะนั้นก่อนการออกคำสั่งให้หยุดการก่อสร้างของผู้รับเหมา จะต้องมีการพิจารณาอย่างระมัดระวัง และมีความรอบคอบให้มากที่สุด เนื่องจากจะเป็นช่องทางให้ผู้รับเหมาเรียกร้องค่าเสียหายได้ ซึ่งต่างกับระบบสัญญาแบบระบบที่ผู้รับเหมาคิดค่าใช้จ่ายเป็นอัตราเปอร์เซนต์เพิ่มจากต้นทุนที่ทำไป (หรือ Cost – Plus Contract) เจ้าของโครงการมีสิทธิสั่งให้หยุดการก่อสร้าง ถ้ามีการสั่งให้หยุดการก่อสร้าง เจ้าของโครงการยินดีจ่ายค่าใช้จ่ายที่ผู้รับเหมาไปในระหว่างรอ

ผู้ควบคุมงานต้องทำความเข้าใจในเงื่อนไขต่าง ๆ ของสัญญา รูปแบบ รายการประกอบ รวมถึงข้อตกลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำสัญญาสำหรับโครงการที่ตนเองควบคุมอยู่อย่างถ่องแท้ ในบางกรณียังต้องศึกษาแบบเปลี่ยนแปลงที่แก้ไขเพิ่มเติมที่อาจเกิดขึ้น นอกจากนี้ยังต้องศึกษาทำความเข้าใจ กฎระเบียบ ข้อบังคับ และมาตรฐานที่ออกโดยสถาบันที่เกี่ยวข้อง รวมถึง กฎระเบียบ และนโยบายของหน่วยราชการประจำท้องถิ่นซึ่งเกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง

ผู้ควบคุมงาน ในบางโครงการจะประกอบด้วยบุคคลหลาย ๆ คน ขึ้นอยู่กับการจัดโครงสร้าง (Organization) ระบบงานในหน่วยงาน ดังนั้น ผู้ควบคุมงานแต่ละคนอาจจะมีหน้าที่รับผิดชอบแตกต่างกันไป ผู้ควบคุมงานจะต้องรู้หน้าที่รับผิดชอบของตนเองและต้องเข้าใจถึงความสำคัญของคุณภาพในการก่อสร้าง และเวลาที่ต้องการให้แล้วเสร็จ เขาต้องสามารถประเมินความสามารถ ประสบการณ์ และความรู้ทางด้านเทคนิคของตนเอง และต้องมีความรับผิดชอบ โดยไม่ใช้อำนาจเกินตัว โดยสรุปผู้ควบคุมงานต้องเข้าใจในขอบเขตของอำนาจหน้าที่รับผิดชอบอย่างถ่องแท้ชัดเจน ผู้ควบคุมงานมีอำนาจหน้าที่เรียกร้องให้ผู้รับเหมาทำงานให้สำเร็จลุล่วงไปตามแบบรายการประกอบแบบ และเวลาที่วางไว้ การสั่งให้หยุดงานไม่ว่าในกรณีใด ต้องปรึกษากับหัวหน้าที่รับผิดชอบสูงขึ้นไปก่อนออกคำสั่ง

ในการติดต่อกับผู้รับเหมา ผู้ควบคุมงานต้องทำเป็นกิจลักษณะอย่างเป็นทางการ โดยต้องมีความเป็นมิตร ยุติธรรม และหนักแน่น ที่สำคัญที่สุดคือ ต้องยึดถือความถูกต้องเป็นหลัก ไม่มีอคติใดๆ และไม่ติดต่อกับผู้รับเหมาโดยใช้อารมณ์ ไม่ว่าในรูปแบบใดๆ เป็นอันขาด เขาจะต้องให้ความร่วมมือและยินดีรับทราบถึงปัญหาที่ผู้รับเหมานำมาปรึกษา หลักจากนั้น ต้องนำปัญหามาศึกษาเพื่อหาทางแก้ไขอย่างถูกต้องและกระตือรือร้น ปัจจัยสำคัญก็คือ การตัดสินใจและออกคำสั่งใดๆ ต้องเป็นประโยชน์ต่อโครงการมากที่สุด มีรายละเอียดชัดเจน โดยไม่มีอคติใดๆ แต่ครั้งนี้ต้องไม่ขัดแย้งกับความต้องการที่ระบุในสัญญา โดยเฉพาะในการเลือกวัสดุ อุปการณ์ และวิธีการติดตั้งให้ถูกวิธี

สิ่งสำคัญที่นอกเหนือจากการตัดสินใจให้ถูกต้องและออกคำสั่งให้เหมาะสมคือ ผู้ควบคุมงานต้องตัดสินใจและออกคำสั่งให้ทันเวลา และต้องมีการติดตามดูแลให้มีการปฏิบัติให้ทันการในเวลาที่เหมาะสมด้วย การตัดสินใจและออกคำสั่งใดๆ ต้องอยู่บนฐานแห่งความรู้อย่างละเอียดรอบคอบและความจริง รวมถึงมีดุลพินิจที่ดี การออกคำสั่งที่อาจจะเป็นสาเหตุทำให้งานก่อสร้างชะงักหรือล่าช้าออกไป จะต้องปรึกษากับหัวหน้าระดับสูงขึ้นไปเพื่อทำการพิจารณาให้รอบคอบก่อน

ในการทำงานบางลักษณะของผู้รับเหมานั้น อาจมีวิธีการที่ทำให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ได้หลายวิธี ซึ่งผู้รับเหมาสามารถเลือกวิธีที่ถนัดได้ ดังนั้น ผู้ควบคุมงานต้องหลีกเลี่ยงการบังคับให้ผู้รับเหมาให้ใช้วิธีการเฉพาะของตน ซึ่งอาจทำให้เกิดความเคยชิน นอกจากว่า วิธีการทำงานนั้นได้ถูกกำหนดไว้อย่างชัดเจนหรือวิธีการที่ผู้รับเหมาเสนอใช้จะเป็นสาเหตุทำให้เกิดอันตรายหรือความเสียหายอย่างเห็นได้ชัด

โดยทางปฏิบัติ ผู้ควบคุมงานต้องติดต่อสื่อสารกับผู้แทนของผู้รับเหมาเสมอ ต้องระมัดระวังไม่ติดต่อปรึกษากับช่างฝีมือของผู้รับเหมา หรือผู้รับเหมาช่วงโดยลำพัง มิฉะนั้น อาจจะทำให้เกิดความขัดแย้งขึ้นได้ ซึ่งกรณีเช่นนี้ มักมีให้เห็นเป็นตัวอย่างอยู่บ่อย ๆ ดังนั้นผู้ควบคุมงานที่ดีควรหลีกเลี่ยงการกระทำดังกล่าวเสีย

8. ขอบเขตและหน้าที่ทั่วไปของผู้ควบคุมงานในระหว่างก่อสร้าง

ขอบเขตและหน้าที่ทั่วไป รวมถึงความรับผิดชอบของผู้ควบคุมประจำหน่วยงานมีดังต่อไปนี้

8.1 ศึกษาทำความเข้าใจของแบบสถาปัตย์และแบบโครงสร้าง

8.2 ศึกษาทำความเข้าใจในรายละเอียดของรายการประกอบแบบ รูปแบบ สัญญาและข้อตกลงต่อท้ายสัญญา (ถ้ามี) หากมีปัญหาหรือมีข้อขัดแย้งเกิดขึ้น จะต้องทำบันทึกสอบถามผู้เกี่ยวข้อง ซึ่งอาจเป็นหัวหน้าหน่วยงาน หัวหน้าแผนก วิศวกรโครงการ ผู้ออกแบบ เจ้าของโครงการ หรือผู้รับเหมาฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง หรือทั้งหมด

8.3 พยายามกระตุ้นเตือนในขอบเขตอำนาจของตนกับผู้รับเหมา ให้ความก้าวหน้าของการก่อสร้างในโครงการดำเนินไปตามแผนงานหลักที่วางไว้หรือเร็วกว่า ทั้งนี้ รวมถึงการจัดส่งงานเอกสารต่าง ๆ ที่จำเป็นด้วย หากมีอุปสรรคหรือปัญหาใด ๆ ที่เกิดขึ้น จะได้แจ้งให้ผู้รับผิดชอบระดับสูงขึ้นไปรับทราบ และหาทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นให้ลุล่วงไปด้วยดี

ในช่วงเริ่มต้นของงานก่อสร้าง ต้องให้ผู้รับเหมาทุกราย ส่งกำหนดการต่าง ๆ (Schedule) มาให้ผู้ควบคุมงานพิจารณา ดังนี้

8.3.1 Organization Chart ของบุคลากรระดับหัวหน้าขึ้นไป ที่จะประจำหน่วยงานพร้อมประวัติการทำงาน

8.3.2 Work Schedule

8.3.3 Equipment & Materials Submittal Schedule

8.3.4 Equipment & Materials Delivery on Site Schedule

8.3.5 Shop Drawing Submittal Schedule

8.3.6 อื่น ๆ ที่จำเป็น

หลังจากที่พิจารณาเอกสารดังกล่าว หากมีความไม่เหมาะสมทั้งในด้าน

คุณสมบัติของบุคลากรหรือเวลาของโครงการนั้น ๆ ต้องให้ผู้รับเหมาจัดส่งมาให้พิจารณาใหม่โดยเร็ว

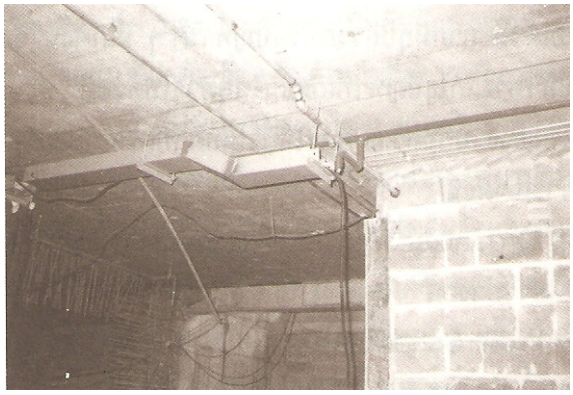
8.4 ตรวจสอบรายละเอียดและการขออนุมัติใช้เครื่องจักร วัสดุ อุปกรณ์ รวมถึงตัวอย่างวัสดุที่ใช้งาน รวมถึงการขออนุมัติในเรื่องอื่น ๆ ที่ผู้รับเหมาเพื่อส่งต่อให้ผู้ที่มีอำนาจหน้าที่ในการทำการอนุมัติพิจารณาต่อไป

8.5 ตรวจสอบรายละเอียดและอนุมัติ Shop Drawing โดยต้องสั่งการให้ผู้รับเหมาจัดส่งมาเพื่ออนุมัติให้ทันกับการติดตั้งในหน่วยงาน

ในบางโครงการ ซึ่งมีงานระบบหลายระบบ อาจจะมีพื้นที่บางพื้นที่ที่งานระบบต่าง ๆ ติดตั้งในบริเวณเดียวกัน ผู้ควบคุมงานจะต้องจัดประชุมเพื่อแจ้งกำหนดเวลาที่เหมาะสมให้ผู้รับเหมาส่ง Shop Drawing ในบริเวณนั้น ๆ มาพิจารณาในเวลาเดียวกัน เพื่อจะได้ทำการ Intergrate แบบ Shop Drawing และแบ่งพื้นที่ จัดระดับของงานระบบต่าง ๆ ให้เหมาะสม บริเวณดังกล่าวอาจได้แก่

- บริเวณห้องเครื่องทั้งหมด
- บริเวณช่องชาฟท์
- อื่น ๆ

ในพื้นที่บริเวณที่มีฝ้าเพดาน ต้องให้ผู้รับเหมาก่อสร้างแบบฝ้าที่ได้รับการอนุมัติแล้วเพื่อให้ผู้รับเหมางานระบบลงตำแหน่งดวงโคม, หัวกระจายลม, หัว Springker, Detector, ลำโพง ฯลฯ ให้เหมาะสม หลังจากได้รับความเห็นชอบจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องแล้ว ให้ Copy แบบฝ้าดังกล่าว เพื่อให้ผู้รับเหมาแต่ละระบบไปลงแนว Routing ที่เกี่ยวข้อง พร้อมกับกำหนดระดับที่ควรจะเป็นไปได้ รวมทั้งแนว Support หรือ Hanger ฯลฯ หากมีการ Intergrate แบบระบบดังกล่าวข้างต้นแล้ว จะสามารถลดความขัดแย้งในเรื่องการติดตั้งหน้างานให้เหลือน้อยที่สุดได้ ซึ่งเป็นเหตุไม่ทำให้เกิดการสูญเสียเวลาการติดตั้ง เพราะเกิดการ Obstruct ขึ้น



รูปแสดงการ OBSTRUCT ระหว่างรางเดินสายไฟกับแนวสปริงเกลอร์

8.6 ตรวจสอบรายละเอียดของเครื่องจักร วัสดุ และอุปกรณ์ ที่นำเข้าหน่วยงานตามเอกสารขออนุมัติใช้วัสดุที่ได้รับการอนุมัติแล้ว

8.7 ตรวจสอบ ควบคุมให้ผู้รับเหมาทำการติดตั้งงานให้สอดคล้องกับแบบ Shop Draw

ing ที่ได้รับการอนุมัติ แบบก่อสร้างตามสัญญา รายการประกอบแบบ สัญญา และข้อตกลงต่อท้ายสัญญา

8.8 ประสานงานและดำเนินการให้มีการตรวจสอบ อนุมัติ และทดสอบผลงานหรือวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามที่กำหนดในรายการประกอบแบบและสัญญา รวมถึงเอกสารขออนุมัติใช้วัสดุที่ได้รับการอนุมัติแล้ว

8.9 หัวหน้าโครงการ ต้องดำเนินการให้ผู้ใต้บังคับบัญชาเขียนบันทึกรายงานประจำวัน ประจำสัปดาห์ และปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในหน่วยงาน และแก้ไขที่สั่งการไปแล้ว แต่หากมีปัญหาซึ่งหน่วยงานไม่สามารถแก้ไขได้ จะต้องแจ้งให้ผู้เกี่ยวข้องระดับสูงขึ้นไปให้รับทราบและพิจารณาหาทางแก้ไขปัญหาทันที

8.10 ปฏิเสธงานที่ไม่ได้คุณภาพ หรือคุณภาพด้อยกว่าที่กำหนดความต้องการไว้ในสัญญา แต่ทั้งนี้ต้องมีดุลยพินิจที่ถูกต้อง และสามารถชี้ให้เห็นข้อบกพร่องที่ชัดเจนเพื่อสั่งการให้ผู้รับเหมาแก้ไขงานให้มีคุณภาพดีขึ้นได้ การติดตั้งงานระบบที่ดี มิใช่ว่าจะพิจารณาดูแต่ความแข็งแรงหรือความเรียบร้อยอย่างเดียว ต้องคำนึงถึงการใช้งานและการบำรุงรักษาของเจ้าของโครงการในอนาคตด้วย

ผู้ควบคุมงานต้องพิจารณาญาณที่ดีในการสั่งการให้แก้ไข ในบางโอกาสจะต้องมีความยืดหยุ่นบ้างหากไม่เกิดผลเสียขึ้นเมื่อใช้งานในอนาคต บางกรณีการแก้ไขงานบางอย่างต้องใช้เวลานานมากและอาจทำให้ผู้รับเหมาระบบอื่น ๆ ไม่สามารถทำงานต่อได้ ซึ่งเป็นเหตุให้งานอื่นล่าช้าออกไปจากแผนงานที่วางไว้ ผู้ควบคุมงาน ต้องคำนึงถึงคุณภาพและเวลาที่ใช้ในการแก้ไขด้วย คงจะไม่มีเจ้าของโครงการใดที่ชื่นชมกับงานที่สวยหรู เรียบร้อยมาก แต่ต้องใช้เวลามากเกินกว่าที่กำหนดในแผนงานหลัก เพราะอาจจะเกิดความเสียหายในด้านค่าใช้จ่ายอย่างมากขึ้นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานด้านศูนย์การค้า โรงแรม ฯลฯ เป็นต้น มีวิธีการอย่างหนึ่ง ที่อาจทำให้ลดการใช้เวลาในการแก้ไขงานกล่าวคือ เมื่อผู้รับเหมาระบบได้เริ่มต้นเปิดงานอะไรก็ตาม ขอให้ผู้ควบคุมงานตรวจสอบคุณภาพหลังจากที่ติดตั้งไปชั่วระยะสั้น ๆ หากมีข้อบกพร่องใด ๆ จะได้แจ้งให้ผู้รับเหมาแก้ไขแต่เนิ่น ๆ ซึ่งหากผู้รับเหมาได้ดำเนินการติดตั้งอย่างไม่ถูกต้องเป็นจำนวนมากแล้ว จะต้องมาถูกสั่งรื้อหรือแก้ไขในภายหลัง จะเป็นการสูญเสียเวลาและวัสดุของผู้รับเหมาเป็นอย่างมาก ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดความขัดแย้ง และงานก่อสร้างดำเนินอย่างไม่ราบรื่นได้

8.11 รวบรวมรายงานประจำเดือนของผู้รับเหมาแต่ละแบบ และจัดทำรายงานรวมประจำเดือนเพื่อส่งเป็นข้อมูลให้ผู้เกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นเจ้าของโครงการหรือฝ่ายบริหารของบริษัท ฯ เนื้อหาส่วนใหญ่ควรเน้นถึงสถานะภาพต่าง ๆ รวมถึงความก้าวหน้าของโครงการ การเบิกเงินงวด และสรุปถึงปัญหาหลักที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้งานติดตั้งไม่แล้วเสร็จตามกำหนด และแนะนำถึงวิธีแก้ไข นอกจากนี้ ต้องสรุปผลความคืบหน้าของงานโดยเปรียบเทียบกับแผนงานหลักที่

ได้จัดทำตั้งแต่เริ่มโครงการ และควรจัดให้มีรูปถ่ายความคืบหน้าของการติดตั้งงานระบบต่าง ๆ พร้อมเขียนรายละเอียดประกอบไว้ในรูปด้วย

8.12 ในระหว่างการก่อสร้าง หัวหน้าหน่วยงานต้องดำเนินการจัดให้มีการถ่ายรูปสไลด์ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ เพื่อใช้ในการสาธิตเมื่อมีโอกาส การถ่ายรูปควรเน้นถึงจุดสำคัญให้มากที่สุด โดยเฉพาะจุดบกพร่องที่เกิดขึ้น ทั้งนี้จะได้ชี้ให้ผู้ควบคุมงานคนอื่น ๆ ได้ทราบจะได้ไม่เกิดขึ้นในลักษณะนี้อีกในโครงการอื่น ๆ

8.13 ตรวจสอบรายละเอียด แก้ไข และอนุมัติการเบิกเงินงวด (Monthly Payment Certificate) หน้าที่นี้ทำให้ผู้ควบคุมงานมีอำนาจต่อรอง ถือว่าสำคัญมาก เนื่องจากการเบิกเงินงวดถือว่าเป็นหัวใจของการทำงานสำหรับผู้รับเหมา ผู้ควบคุมงานอาจจะระงับการจ่ายเงินในส่วนของงานที่ทำไม่ถูกหรือทำไม่เรียบร้อยสมบูรณ์ หรือยังไม่ได้ทำการแก้ไขให้ถูกต้องตามคำสั่ง อย่างไรก็ตามผู้ ควบคุมงานต้องใช้อำนาจนี้อย่างเหมาะสมและมีหลักเกณฑ์ และจะต้องแจ้งให้ผู้รับเหมารับรู้หลักเกณฑ์ดังกล่าวด้วย เช่น จะไม่ออกใบรับรองการจ่ายเงินของงานในส่วนที่ยังไม่ได้รับการแก้ไขในลักษณะใดบ้าง ต้องไม่ขึ้นอยู่กับอารมณ์ของผู้ควบคุมงานอย่างเด็ดขาด

ลักษณะงานบางประเภท เช่น ท่อน้ำ ควรจะทำการทดสอบความดันให้เรียบร้อย มีการเก็บงานสีของ Hanger, Support ท่อลมควรทำการอุดรอยรั่วหรือทดสอบพร้อมกับมีการเก็บงานสีของ Hanger, Support ฯลฯ มิฉะนั้นอาจจะเกิดปัญหาว่าทางผู้รับเหมาระบบไม่เอาใจใส่การเก็บงานในภายหลัง หรือไม่ก็อาจจะอนุมัติเพียง 80 – 90% ของเนื้องานแล้วแต่กรณี

8.14 ในการปรึกษากี่ทำงานกับผู้รับเหมา ควรจะมีบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษร โดยการทำบันทึกวาระการประชุมให้ชัดเจน และส่งให้ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายให้รับทราบ หากมีงานประเภทใดที่ Deviate ไปจากเอกสารสัญญาหรือเอกสารอื่น ๆ ซึ่งผู้รับเหมาอ้างว่าได้รับการอนุมัติจากผู้ออกแบบแล้วขอให้แจ้งผู้รับเหมานำบันทึกของผู้ออกแบบมาแสดง มิฉะนั้น ทางหน่วยงานจะไม่พิจารณา เนื่องจากไม่มีหลักฐานอ้างอิง ผู้ควบคุมงานไม่ควรละเลยในเรื่องนี้ เพราะอาจจะทำให้เกิดปัญหาในการส่งมอบงานในภายหลังได้

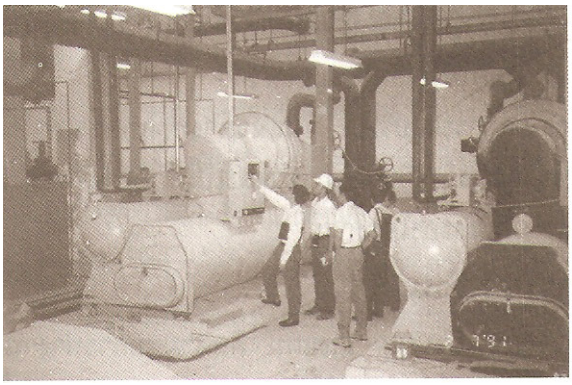
8.15 คณะผู้ควบคุม มีหน้าที่รับผิดชอบดูแลไม่ให้เจ้าของโครงการมีปัญหาในด้านกฎหมายแรงงาน หรือการละเมิดกฎใด ๆ ซึ่งจะมีผลต่อเจ้าของโครงการ ออย่างไรก็ตามผู้ควบคุมงานไม่มีสิทธิที่จะตั้งกฎเกณฑ์ใด ๆ ที่เป็นการละเมิดหรือเพิ่มเติมเกินกว่าที่กำหนดไว้ในสัญญา นอกเสียจากว่ากฎเกณฑ์นั้น ๆ ได้ถูกกำหนดและบังคับใช้ตามกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

8.16 ตรวจสอบ และดูแลการทำงานของผู้รับเหมาให้มีความปลอดภัยต่อตนเอง และผู้อื่น หากพบว่าการกระทำใด ๆ อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ ผู้ควบคุมงานจะต้องแจ้งให้หัวหน้าผู้ดูแลของผู้รับเหมาหยุดดำเนินการโดยทันที และแก้ไขวิธีการทานให้เกิดความปลอดภัย

8.17 ในขณะที่โครงการอยู่ในระหว่างการก่อสร้าง การทำงานของผู้รับเหมาโดยส่วนใหญ่มักต้องการให้งานระบบที่ตนเองรับเหมาอยู่นั้นมีความคืบหน้าไปให้ได้มากที่สุด ซึ่งอาจจะทำให้งานบางอย่างต้องได้รับการแก้ไข หรือมีการเก็บงานให้เรียบร้อยในเวลาต่อไป ดังนั้น ผู้ควบคุมงานต้องคอยตรวจสอบเป็นระยะ ๆ เสมอ หากพบว่า มีรายการงานส่วนใดที่ต้องได้รับการแก้ไข ต้องทำการ

บันทึกเป็น Punch List ไว้ตลอดเวลา และแจ้งให้ผู้รับผิดชอบของบริษัทผู้รับเหมาทราบพร้อมกัน ปรึกษาหารือกันถึงระยะเวลาที่แล้วเสร็จของงานแก้ไข ซึ่งรายการ Punch List จะมีเพิ่มอยู่ตลอดเวลา หากผู้ควบคุมงานละเลยในการแจ้งให้ผู้รับเหมาแก้ไข จะมีการสะสมมากยิ่งขึ้น จนเมื่อถึงปลายโครงการ ผู้รับเหมาอาจจะไม่มีเวลาเพียงพอในการเก็บงานให้เรียบร้อยได้ทัน ทำให้คุณภาพของงานทีแล้วเสร็จไม่ดีเท่าที่ควร

8.18 เนื่องจากงานติดตั้งระบบโครงการต่าง ๆ หลังจากแล้วเสร็จ ก่อนส่งมอบงาน ผู้รับเหมาต้องทำการ Test Run และ Commissioning รวมถึงการปรับแต่ง (Adjustment) การทำงาสนของระบบที่ตนเองรับผิดชอบอยู่ ให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ที่สุด และเป็นไปตามความต้องการในการออกแบบและ / หรือ ความต้องการของเจ้าของโครงการ ดังนั้น สิ่งสำคัญที่สุดคือ การร่วมตรวจสอบทดสอบการทำงานของระบบระหว่างตัวแทนเจ้าของโครงการ ผู้ควบคุมงานและผู้รับเหมาซึ่งต้องมีการบันทึกการทำงาน รวมถึงการปรับแต่งต่าง ๆ ของเครื่องจักรและอุปกรณ์ ทางผู้ควบคุมงานต้องเตือนให้ผู้รับเหมาส่งแบบฟอร์มสำหรับบันทึกการทำงานของเครื่องจักร (Commissioning Form) หรือ (Test Run Report) มาให้พิจารณาล่วงหน้าก่อน



8.19 ก่อนถึงกำหนดแล้วเสร็จของโครงการ (ประมาณ 2 – 3 เดือน) ควรมีการเรียกประชุมผู้รับเหมาทั้งหมด เพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับอุปกรณ์บางอย่างที่ยังไม่มีข้อสรุป ซึ่งได้แก่ Name Plate, Valve Tag ฯลฯ เพื่อให้เป็นแนวทางที่ผู้รับเหมาหลาย ๆ แบบ ปฏิบัติให้เป็นแนวทางเดียวกันแต่อย่างไรก็ตาม ควรต้องตรวจสอบใน Specification ด้วยว่า ได้กล่าวถึงเรื่องนี้ไว้อย่างไรบ้าง

8.20 หน้าที่ที่สำคัญของผู้ควบคุมงานอีกข้อหนึ่ง คือ วิธีการปิดงานเมื่อเสร็จสิ้นโครงการ ซึ่งในขณะที่งานติดตั้งต่าง ๆ ในช่วงเวลาใกล้แล้วตามกำหนดการนั้น ทั้งฝ่ายผู้รับเหมาและฝ่ายผู้ควบคุมงานต่างฝ่ายต่างมีงานรับผิดชอบมาก แต่อาจจะไม่ได้คำนึงถึงวิธีการที่จะปิดงาน ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ที่ฝ่ายควบคุมงานต้องเรียกประชุมผู้รับเหมาทั้งหมด เพื่อแจ้งข้อมูลและสรุปถึงวิธีการรวมถึงกำหนดการในการดำเนินการให้แน่ชัด เพื่อว่าจะได้ติดตามงานได้

8.21 ระหว่างการก่อสร้าง อาจจะมีรายการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขแบบให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งอาจมีผลทำให้รายการค่าใช้จ่ายทั้งด้านวัสดุและแรงงานเปลี่ยนแปลงไปด้วย หน้าที่ของฝ่าย

ควบคุมงานคือ สรุปขั้นตอนการออกหนังสือ Variation Order ซึ่งมีผู้เกี่ยวข้อง 3 ฝ่าย ได้แก่ ฝ่ายเจ้าของโครงการ ฝ่ายวิศวกรที่ปรึกษาและฝ่ายผู้รับผิดชอบ

8.22 ให้หลีกเลี่ยงการเลี้ยงรับรองที่ไม่จำเป็น หรือเรียกร้องผลประโยชน์ส่วนตัวจากผู้รับเหมาโดยเด็ดขาด ในกรณีเลี้ยงรับรองหากไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ ให้หาโอกาสเลี้ยงรับรองผู้รับเหมาตอบแทนบ้าง เพื่อจะได้ไม่เป็นที่ครหา ทั้งนี้ ให้อยู่ในดุลยพินิจของหัวหน้าหน่วยงานในโครงการนั้น ๆ

9. หน้าที่โดยจำเพาะของเจ้าหน้าที่ควบคุมงาน

9.1 หัวหน้าโครงการ

- รับผิดชอบควบคุมวิศวกรและช่างเทคนิค ให้ทำหน้าที่ควบคุมงานที่ได้รับมอบหมายให้ได้คุณภาพตรงตามจุดประสงค์ที่แผนกออกแบบได้กำหนดไว้ โดยให้มีการประสานงานติดตั้งระหว่างงานระบบต่าง ๆที่ดี เป็นผู้ร่วมรับผิดชอบต่อคุณภาพและแผ่นงานก่อสร้างของโครงการ
- ส่งเสริมให้เกิดบรรยากาศแห่งความร่วมมือที่ดี ในการทำงานร่วมกันภายในโครงการที่ควบคุมงาน
- เป็นตัวแทนและมีหน้าที่ส่งเสริมชื่อเสียงและความเจริญก้าวหน้าของบริษัท ฯ
- ส่งเสริมความสามัคคีไม่ให้เกิดการแบ่งพวก
- ให้ใช้ข้อมูลและเอกสารของบริษัท ฯ ในแนวทางที่ถูกที่ควรเท่านั้น
- รักษาจรรยาบรรณของวิชาชีพวิศวกรรมและเป็นตัวอย่างของวิศวกรที่ดี
- มีหน้าที่ช่วยประเมินผลของโครงการ

9.2 วิศวกรควบคุมงาน

- ทำหน้าที่ตรวจสอบ ควบคุม วางแผน ติดตามผลการทำงานและตรวจรับรองวิธีการและผลงานการติดตั้งให้เป็นไปตามเงื่อนไข แบบแปลน และรายละเอียดของสัญญาจ้างเหมาก่อสร้าง
- ทำหน้าที่ติดต่อประสานงานระหว่างตัวแทนของเจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบและผู้รับเหมาก่อสร้างเพื่อขจัดปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่จะทำให้แผนการดำเนินงานหรือการก่อสร้างล่าช้ากว่ากำหนด
- จัดเตรียมแผนงานการดำเนินการทดสอบตามที่ระบุไว้ในสัญญาก่อสร้าง ควบคุม และวิเคราะห์ผลการทดสอบและการเดินเครื่องจัดทำเอกสารรายงานผลการทดสอบเสนอต่อเจ้าของโครงการ
- ตรวจสอบและอนุมัติการใช้วัสดุ และอุปกรณ์ร่วมกับผู้ออกแบบตามที่กำหนดไว้ในรายการประกอบแบบ แจ้งผลการตรวจสอบและการอนุมัติดังกล่าวเสนอต่อเจ้าของโครงการ
- จัดทำรายงานประจำวัน ประจำสัปดาห์และแต่ละเดือน รายงานทั้งเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ อุปสรรค ข้อขัดข้อง แนวทางการแก้ปัญหา สรุปผลข้อตกลง การต่อรอง แสดงผลความก้าวหน้าของการดำเนินการก่อสร้างแต่ละเดือนและตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการมาเสนอต่อเจ้าของโครงการ

- ดำเนินการตรวจสอบผลงาน ความเรียบร้อยขั้นสุดท้ายของผลการก่อสร้างแล้วเสร็จ ร่วมกับผู้จัดการโครงการ และออกใบตรวจรับงานให้กับผู้รับเหมาและเจ้าของโครงการ

- ส่งเสริมให้เกิดบรรยากาศแห่งการร่วมมือในการทำงานที่ดี

- เป็นตัวแทนและมีหน้าที่ส่งเสริมชื่อเสียงและความเจริญก้าวหน้าของบริษัท ฯ

- ส่งเสริมความสามัคคีไม่ให้เกิดการแบ่งพวก

- รักษาจรรยาบรรณของวิชาชีพวิศวกรรมและเป็นตัวอย่างของวิศวกรที่ดี

9.3 ช่างเทคนิคควบคุมงาน

- ทำหน้าที่ตรวจสอบ ควบคุม ติดตามผลการทำงานให้เป็นไปตามเงื่อนไข แบบแปลนและรายละเอียดของสัญญาจ้างเหมาก่อสร้าง

- ทำหน้าที่ควบคุมการทดสอบตามที่ระบุไว้ในสัญญาก่อสร้าง

- ตรวจสอบวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในรายการประกอบแบบ

- จัดทำรายงานประจำวัน รายงานเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ อุปสรรค ข้อขัดข้อง และแนวทางการแก้ปัญหา แสดงผลความก้าวหน้าของการดำเนินการก่อสร้างของแต่ละวัน

- พัฒนาตนให้มีทักษะในการควบคุมงาน เพื่อให้เป็นช่างเทคนิคควบคุมงานที่เข้าใจแบบและรายละเอียดประกอบแบบอย่างดี และสามารถที่จะเป็นผู้ช่วยวิศวกรควบคุมงานที่ดีได้

- ส่งเสริมให้เกิดบรรยากาศแห่งความร่วมมือในการทำงานที่ดี

- เป็นตัวแทนและมีหน้าที่ส่งเสริมชื่อเสียงและความเจริญก้าวหน้าของบริษัทฯ

- ส่งเสริมความสามัคคีไม่ให้เกิดการแบ่งพวก

- ให้ใช้ข้อมูลและเอกสารของบริษัทฯ ในทางที่ถูกที่ควรเท่านั้น

- รักษาจรรยาบรรณของวิชาชีพและเป็นช่างควบคุมงานที่ดี

10.บทสรุป

การควบคุมงานก่อสร้าง ต้องการบุคลากรร่วมคณะหรือที่เรียกว่า **ผู้ควบคุมงาน** ที่มีความรู้ทางวิชาช่างประสบการณ์ มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี และมีจิตวิทยา ผู้ควบคุมงานจะต้องสามารถใช้ และฝึกฝนการใช้ดุลยพินิจอย่างมีเหตุผลตามหลักวิชาช่างให้โครงการดำเนินไปได้ด้วยราบรื่น จะต้องมีการประสานงานระหว่างทุกฝ่าย มีขั้นตอน และวิธีการดำเนินการที่ถูกต้อง ผู้ควบคุมงานที่ถือว่าโชคดีคือ ผู้ที่ได้ทำงานในโครงการที่ดี ผู้รับเหมาดีและทีมผู้ควบคุมงานที่ดี ถ้าเขาจะต้องมาเริ่มงานใดงานหนึ่งด้วยตนเอง ซึ่งต้องเผชิญกับผู้รับเหมาคุณภาพต่ำ เจ้าของโครงการไม่เข้าใจระบบ

แนวทางการประสาทงานระหว่างงานตกแต่งภายในกับวิศวกรรมระบบประกอบอาคาร

จากประสบการณ์ที่ผ่านมา การประสานงานกันระหว่างงานตกแต่งภายในกับงานวิศวกรรมระบบประกอบอาคารมักจะเกิดข้อขัดแยงต่างๆพอสมควร ทั้งนี้เนื่องจากผู้เกี่ยวข้องทั้งสองฝ่ายไม่ว่าทั้งผู้ออกแบบ/หรือผู้ควบคุมงานมักจะมีมุมมองที่อาจต่างกัน กล่าวคือ งานตกแต่งภายในจะมองด้านสวยงามเป็นหลัก ส่วนทางงานวิศวกรรมระบบประกอบอาคารมักจะเน้นความถูกต้องตามหลักวิศวกรรม ทำให้ในบางกรณีจะเกิดการขัดแย้งขึ้นทั้งในขณะที่ทำออกแบบและ/หรือในขณะทำการก่อสร้าง ผลที่ตามมาคือ เกิดการสูญเสียเวลาโดยไม่จำเป็นในการที่จะต้องหาวิธีการแก้ไขข้อขัดแย้งต่างๆ ในภายหลังซึ่งเป็นสิ่งที่ทั้งสองฝ่ายไม่พึ่งประสงค์ให้เกิดขึ้น เพราะจะเกิดความเสียหายแก่โครงการ, ชื่อเสียงโดยรวม

ปัญหาข้อขัดแย้งต่างๆ ที่เกิดขึ้น มิใช่ว่าจะไม่มีแนวทางป้องกันมิให้เกิดขึ้นเลย อย่างน้อยถ้ายังจะมีเกิดขึ้นก็ต้องควบคุมให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด ทั้งนี้การประสานงานของทั้งสองฝ่ายเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องให้ความเอาใจใส่อย่างจริงจัง ผู้ประสานงานทั้งสองฝ่ายต้องเปิดใจกว้างในการยอมรับเหตุผลของแต่ละฝ่ายเพื่อนำไปปรับปรุงงานส่วนของตนให้เหมาะสมมิฉะนั้นแล้วปัญหาต่างๆก็คงยังเกิดขึ้นซึ่งผลสุดท้ายข้อขัดแย้งต่างๆ ก็ยังคงวงเวียนอยู่ตลอดเวลาในโครงการต่อๆ ไป

แนวทางการประสานงานระหว่างงานตกแต่งภายในและงานวิศวกรรมระบบประกอบอาคารที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นแนวปฏิบัติกว้าง ๆ ที่จะให้ทั้งสองฝ่ายรับทราบถึงปัญหาที่เคยเกิดขึ้นเพื่อจะได้เป็นการเตือนตนเองและจะต้องมีการติดต่อสื่อสารกันตลอดเวลา แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าแนวทางปฏิบัติดังกล่าวจะเป็นสูตรสำเร็จในการลดข้อขัดแย้งได้ทั้งหมด ทั้งนี้การแก้ไขปัญหายังต้องขึ้นปัจจัยอีกหลายอย่าง การประสานงานในเรื่องต่าง ๆ จะต้องมีการปรึกษาและสรุปกันถึงหลักการในเบื้องต้นก่อนที่จะดำเนินการขั้นต่อไป ในที่นี้จะกล่าวแยกเป็นเรื่อง ๆ ดังนี้

1. ในเรื่องทั่วไป
2. ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับงานระบบแต่ละระบบโดยเฉพาะอันได้แก่

2.1 ระบบปรับและระบายอากาศ

2.2 ระบบไฟฟ้า

2.3 ระบบป้องกันอัคคีภัย

2.4 ระบบสุขาภิบาล

1. ในเรื่องทั่วไป ปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ ที่มักเกิดเป็นประจำ คือ

1.1 การแก้ไข LAY OUT

หากเป็นการแก้ไขเล็ก ๆ น้อย ๆ ข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้นก็สามารถแก้ไขล่วงหน้าไปได้ลุล่วงไปได้โดยดี แต่หากมีการแก้ไข LAY OUT ที่แต่ต่างจากเดิมมากจะทำให้การเตรียมงานต่าง ๆ ของงานวิศวกรรมระบบที่จะทำการติดตั้งในส่วนของงานตกแต่งภายในต้องถูกแกไขไปด้วย บางครั้งงานวิศวกรรมระบบได้ทำการติดตั้งไปก่อน ทำให้ต้องมีการรื้อถอนและติดตั้งใหม่ ดังนั้น ฝ่ายตกแต่งภายในควรต้องแจ้งข้อมูลการเปลี่ยนแปลงให้ฝ่ายงานวิศวกรรมระบบทราบแต่เนิน ๆ เพื่อจะได้มีเวลาทำการปรับปรุงแบบงานวิศวกรรมระบบให้สอดคล้องกับงานตกแต่งภายในก่อนทำการติดตั้งจริง

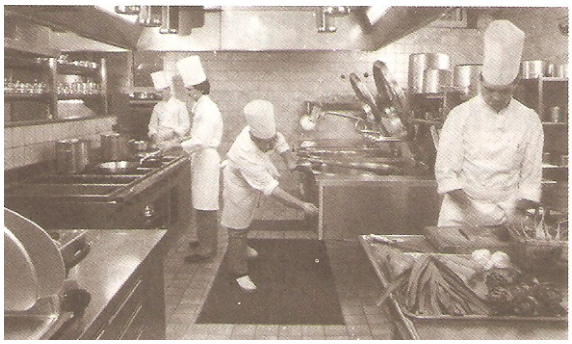
1.2 ข้อมูลไม่ตรงกัน

หากทั้งสองฝ่ายมีข้อมูลไม่ตรงกันตั้งแต่ช่วงทำแบบ จะทำให้เกิดปัญหามากมายซึ่งมีหน้างานมักจะประสบปัญหาในระยะเวลาสุดท้ายของโครงการ ทำให้ต่างฝ่ายต่างไม่ยอมแก้ไขงานของตนเอง ซึ่งบางครั้งต้องแก้ไขปัญหากันอย่างฉุกละหุก ทำให้งานติดตั้งที่ได้ไม่เรียบร้อยเท่าที่ควร

ปัญหานี้สามารถลดลงได้ โดยที่ทั้งสองฝ่ายต้องมีศูนย์กลางในการสื่อสารข้อมูล หากฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งพิจารณาแล้วมีความเห็นว่ามีข้อมูลไม่ตรงกัน ต้องรีบแจ้งอีกฝ่ายหนึ่งเพื่อสรุปข้อมูลโดยทันทีอย่าคิดว่าไปแก้ไขที่หน้างาน ซึ่งอาจจะมีผลเสียหายต่อเวลาและค่าใช้จ่าย

1.3 การรับแบบแก้ไขช้าเกินไป

ผู้ประสานงานทั้งสองฝ่ายต้องตรวจสอบกำหนดการงานก่อสร้าง (WORK SCHEDULE) ตลอดเวลา เพราะในบางโครงการแบบเกี่ยวข้องไม่สามารถทำเสร็จในตอนประมูลงานหลักได้ ทางผู้ออกแบบต้องกำหนดเวลาสำหรับงานแบบส่วนของตนเองให้เหมาะสมสอดคล้องกับหน้างาน อาทิเช่น งานห้องพักในโรงแรม, งานเครื่องครัว, งานห้อง LAB ฯลฯ เป็นต้น



1.4. การส่งข้อมูลของงานตกแต่งภายในให้กับงานระบบ

ผู้ประสานงานตกแต่งภายในต้องส่งข้อมูลรายการของวัสดุอุปกรณ์พร้อมตำแหน่งไปให้ผู้ประสานงานวิศวกรรมระบบ เพื่อทำการออกแบบ UTILITY ไปให้วัสดุอุปกรณ์นั้นๆ มิฉะนั้นอาจจะเกิดปัญหาในการจัดหาในภายหลัง วัสดุอุปกรณ์ดังกล่าวได้แก่

- ตู้ที่ต้องการมีดวงโคมภายใน เช่น ตู้เสื้อผ้า, ตู้โชว์ ฯลฯ

- เครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น ตู้เย็น, หม้อทำน้ำร้อน, เตาแก๊ส ฯลฯ ข้อมูลที่ต้องการนอกจากตำแหน่งแล้วยังต้องรวมถึงข้อมูลทางไฟฟ้าด้วย (VOLT/PHASE/FULL LOAD AMP .. ETC.)

- ตำแหน่ง FAN COIL UNIT (DRAINAGE LINE, POWER SUPPLY)

- เครื่องสุขภัณฑ์, เครื่องครัวที่ต้องการ WATER SUPPLY, ท่อ DRAIN ฯลฯ

- ฯลฯ

นอกจากนี้ควรจะปรึกษาวิศวกรงานวิศวกรรมระบบถึงความเป็นไปได้ในการกำหนดตำแหน่งจุดที่ต้องการ DRAIN หรือ PANTRY หรือ EXECUTIVE TOILET เพราะในบางกรณีจะไม่สามารถเดินท่อ DRAIN ได้ก็อาจจะต้องเปลี่ยน LAYOUT ใหม่ทำให้เสียเวลา

1.5 มาตรฐานความปลอดภัย

การติดตั้งวัสดุอุปกรณ์ของงานตกแต่งภายในต้องคำนึงถึงมาตรฐานความปลอดภัยด้วย บางครั้งทั้งสองฝ่ายอาจมองข้ามไปซึ่งอาจจะเกิดอันตรายกับผู้ใช้งาน อาทิเช่น

- ดวงโคมที่อยู่ในบริเวณ SHOWER ต้องเป็นแบบกันน้ำได้ (WATER PROOF) เพราะมีโอกาสที่ละอองน้ำและ/หรือไอน้ำร้อนไปโดนอุปกรณ์ได้

- ในด้านวัสดุอุปกรณ์ของระบบป้องกันอัคคีภัย เช่น ตำแหน่งตู้ดับเพลิง, กระบอกดับเพลิง, วาล์วต่างๆ ผู้ออกแบบงานระบบมักจะวางในตำแหน่งที่สะดวกในการใช้สอย แต่ผู้ออกแบบงานตกแต่งภายในมักต้องการให้อยู่ซ่อนในตู้

- งานระบบส่วนที่ EXPOSED บางส่วนต้องการให้มีการทาสีสัญลักษณ์ (COLOR CODE) แต่สีสัญลักษณ์อาจจะไม่สอดคล้องกับสีงานตกแต่งภายใน ซึ่งที่ผ่านมาจะต้องเปลี่ยนสี COLOR CODE ให้เข้ากันทำให้อาจผิดมาตรฐานไป

- ควรกำหนดให้ใช้วัสดุที่ไม่ติดไฟสำหรับตกแต่งภายในโดยเฉพาะอย่างยิ่งไม่ควรใช้วัสดุจำพวกไม้ในฝ้า เพราะหากเกิดไฟไหม้และในฝ้าดังกล่าวไม่มีระบบป้องกันเพลิงไหม้ จะทำให้เกิดความเสียหายอย่างใหญ่หลวงรวมทั้งวัสดุประเภทพลาสติกหรือไฟเบอร์กลาส หรือโฟมซึ่งติดไฟได้ง่ายและก่อให้เกิดก๊าซพิษ (TOXIC)

- ไม่ควรกำหนดตำแหน่งปลั๊ก / สวิทช์ไฟฟ้าในห้องน้ำ ยกเว้น SHAVING OUTLET หากจะมีเครื่องเป่าผมหรือ HAND DRYER ก็ควรจะเป็นชนิดที่ติดตั้งกับที่

- ไม่ควรกั้นห้องปิดทางหนีไฟหรือ EMERGENCYN DOOR

- ไม่ควรกำหนดให้มีถังแก๊สอยู่ภายในอาคาร

- อาจจะพิจารณาใช้ SAFETY GLASS ตามความจำเป็น

1.6 ระดับของอุปกรณ์งานระบบต่าง ๆ

ผู้ประสานงานทั้งสองฝ่ายควรจะต้องสรุปกันถึงเรื่องระดับอุปกรณ์ของงานระบบต่าง ๆ เช่น OUTLET, SWITCH, THERMOSTAT ฯลฯ ทั้งนี้เพราะหากใช้ระดับตามมาตรฐานของงานวิศวกรรมระบบแล้ว อาจจะทำให้ติดขัดกับงานตกแต่งภายในได้ ทำให้ต้องเสียเวลาแก้ไข ดัดแปลง

1.7 รูปลักษณ์ของอุปกรณ์ของงานระบบ

อุปกรณ์ของงานระบบ เช่น EMERGENCY LIGHT, EXIT SIGN หรืออื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกัน ผู้ออกแบบตกแต่งภายในควรจะเป็นผู้ร่วมกำหนดรูปลักษณ์ในช่วงทำออกแบบด้วย

เพื่อจะได้ไม่เสียเวลามากเกินไปในการที่พิจารณาอนุมัติอุปกรณ์ให้กับผู้รับเหมา ทั้งนี้รวมถึงรูปแบบ GRAPHIC ต่าง ๆ ที่ทาง INTERIOR ต้องการก็ควรจะกำหนดรูปแบบเหล่านี้ให้ด้วย

1.8 จุดเชื่อมงานระหว่าง PRIMARY WORK กับ SECONDARY WORK

จุดเชื่อมงานต่าง ๆ เช่น MAIN WATER SUPPLY, MAIN POWER SUPPLY, DRAINAGE LINE ฯลฯ ควรกำหนดให้เป็นจุดศูนย์รวม และให้ผู้รับเหมา SECONDARY WORK ของงานตกแต่งภายในมาทำการต่อเชื่อมงานของตนเองจากจุดที่กำหนดไว้นี้ การที่มีจุดเชื่อมมากเกินไปจะเกิดปัญหาด้านการเก็บงานเพื่อความสวยงามที่ผู้รับเหมาตกแต่งภายในต้องดัดแปลงแก้ไข

อนึ่งในจุดของการต่อเชื่อมงานต้องกำหนดให้ชัดเจนว่าผู้รับเหมารายใดจะเป็นผู้รับผิดชอบในการ CONNECT รวมถึงอุปกรณ์ที่ต้องใช้ด้วย เช่น การต่อท่อระบายอากาศ กับ HOOD ของเครื่องครัว การต่อ TRAP ของเครื่องสุขภัณฑ์กับ DRAINAGE LINE ฯลฯ ปัญหาเหล่านี้มักเกิดขึ้นเสมอ และละฝ่ายก็จะปัดความรับผิดชอบส่วนนี้ โดยอ้างว่าไม่ได้อยู่ในขอบเขตของงาน

1.9 ตำแหน่ง ACCESS PANEL

ACCESS PANEL คือ ช่องเปิดที่เตรียมไว้ในกรณีที่ต้องการ SERVICE งานระบบที่ติดตั้งในช่องชาฟท์, ฝ้า โดยปกติผู้ออกแบบงานตกแต่งภายในมักไม่คอยชอบการที่มีช่อง ACCESS เพราะดูแล้วไม่สวยงาม แต่บางกรณีผู้ออกแบบงาน / ผู้ควบคุมงานวิศวกรรมระบบอาจต้องการมากเกินความจำเป็น ควรจะต้องมีการสรุปกันในเรื่องนี้ที่หน้างานโดยผู้มีอำนาจในการตัดสินใจ มิฉะนั้นอาจจะเกิดปัญหาความขัดแย้งขึ้น แบบตกแต่งภายในควรจะมี TYPICAL DETAIL สำหรับช่องเปิดเหล่านี้เพื่อให้เรียบร้อย / สวยงามและแข็งแรงไม่ใช่ปล่อยให้ผู้รับเหมาทำเองซึ่งมักจะไม่เรียบร้อย

1.10 แบบตำแหน่งอุปกรณ์งานระบบและแบบฝ้า

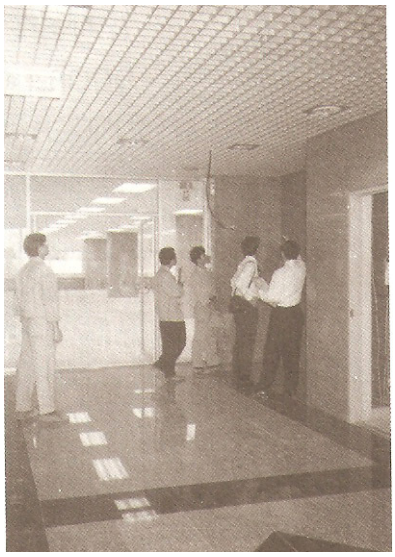
แบบดังกล่าวควรจะได้รับการตรวจสอบให้สอดคล้องกันตั้งแต่ต้น มิฉะนั้นหากมีการแก้ไขที่หน้างานภายหลังจากผู้รับเหมางานวิศวกรรมระบบได้ติดตั้งงานหลักไปแล้ว อาจจะทำให้เกิดปัญหาค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในส่วนการแก้ไขนี้ ทางเจ้าของโครงการอาจจะไม่ยอมจ่ายค่าเสียหายในส่วนนี้ได้

1.11 การแยกสัญญางานระบบระหว่างงาน PRIMARY และ SECONDARY WORK

หากแบบงานวิศวกรรมระบบในส่วนของ SECONDARY WORK ตามแบบงานตกแต่งภายในไม่สามารถส่งให้ผู้รับเหมางานวิศวกรรมระบบทำการประมูลตั้งแต่ต้นได้ก็ควรพิจารณาแยกสัญญาจากสัญญาเดิม ถึงแม้ว่าผู้รับเหมางานวิศวกรรมระบบจะเป็นผู้รับเหมารายเดียวกันทั้งสองส่วนก็ตาม ไม่สมควรคิดเป็นงานเพิ่มเติม เพราะอาจเกิดปัญหาในการพิจารณากำหนดแล้วเสร็จของสัญญาเดิม ที่ผ่านมา ผู้รับเหมามักนำมาอ้างเพื่อขอต่อเวลากำหนดแล้วเสร็จเสมอ

1.12 การแก้ไขหน้างานเพื่อให้เกิดความสวยงาม

หลายโครงการที่ผ่านมา หลังจากงานวิศวกรรมระบบได้ติดตั้งในส่วนของงานตกแต่งภายในแล้วเสร็จ ปรากฏว่าอาจต้องสั่งให้รื้อถอนเพื่อทำใหม่เนื่องจากมีผู้รับผิดชอบงานตกแต่งภายในได้ให้ความเห็นว่าไม่สวยงาม ทั้งที่ได้ทำแบบก่อนลงมือติดตั้ง ปัญหานี้มักเกิดขึ้นเสมอมากบ้างน้อยบ้างจนเกิดข้อโต้แย้งว่า ความสวยงามที่ต้องการมีจุดสิ้นสุดอยู่ตรงไหน ทั้งนี้เนื่องจาก



ความยุ่งยากในการแก้ไขจะตกเป็นภาระของฝ่ายงานวิศวกรรมระบบอยู่เสมอ ดังนั้น หากมีความเห็นว่าอยากจะเปลี่ยนแปลงเพื่อให้ดูสวยงามตามความคิดเห็นของผู้ออกแบบงานตกแต่งภายใน ขอให้พิจารณาร่วมกับผู้รับผิดชอบงานวิศวกรรมระบบก่อนสั่งการแก้ไขถึงอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น หากต้องแก้ไขจริง และหากมีความจำเป็นต้องแก้ไขจริงของให้แก้ไขกันเพียงครั้งเดียว มิฉะนั้น งานวิศวกรรมระบบที่ติดตั้งไว้ อาจเกิดความเสียหายทั้งค่าใช้จ่ายและกำหนดเวลาแล้วเสร็จ ซึ่งผู้รับเหมางานวิศวกรรมระบบบางรายไม่ยอมเป็นผู้รับผิดชอบในเรื่องนี้แต่ผู้เดียว

2. ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับงานระบบแต่ละระบบโดยเฉพาะ

การประสานงานในเรื่องนี้ส่วนใหญ่จะเป็นการสรุปข้อมูลที่ต้องการของแต่ละฝ่าย เพื่อนำ

ไปดำเนินการขั้นต่อไป ในการนี้ควรทำเป็น CHECK LIST เพื่อเป็นหลักฐานอ้างอิงต่อไป ผู้ประสานงานทั้งสองฝ่ายควรจะต้องประชุมกันก่อนเพื่อหาข้อสรุปในด้านต่าง ๆ ในการนี้จะกำหนดไว้เป็นเรื่องหลัก ๆ ดังนี้

2.1 ระบบปรับและระบายอากาศ

2.1.1 <u>หัวกระจายลม</u>

2.1.1.1 ชนิดของหัวกระจายลม

- SQUARE DIFFUSER
- ROUND DIFFUSER
- LINEAR SLOT DIFFUSER
- SUPPLY AIR GRILL
- RETURN AIR GRILL
- EXHAUST AIR GRILL
- TRANSFER AIR GRILL
- DOOR LOUVER
- UNDER CUT

2.1.1.2 วัสดุและสีของหัวกระจายลม

- ไม้
- ALUMINIUM
- เหล็ก
- ฯลฯ

2.1.2 <u>เครื่องเป่าลมเย็นขนาดเล็ก</u> (FAN COIL UNIT)

2.1.2.1 ชนิด

- แขวนใต้ฝ้าเพดาน
- แขวนเหนือฝ้าเพดาน
- CASSETTE TYPE
- COLUMA TYPE
- ตั้งพื้น
-ติดผนัง

2.1.2.2 แนวทางเดิน

- ท่อน้ำยา, ท่อน้ำเย็น

2.1.2.3 ช่องเปิดสำหรับ SERIVICE (ACCESS PANEL)

- ขนาด
- ตำแหน่ง

- วัสดุ

2.1.2.4 CONTROL SWITCH / THERMOSTAT

- ชนิด

- ตำแหน่ง

2.2 ระบบไฟฟ้า

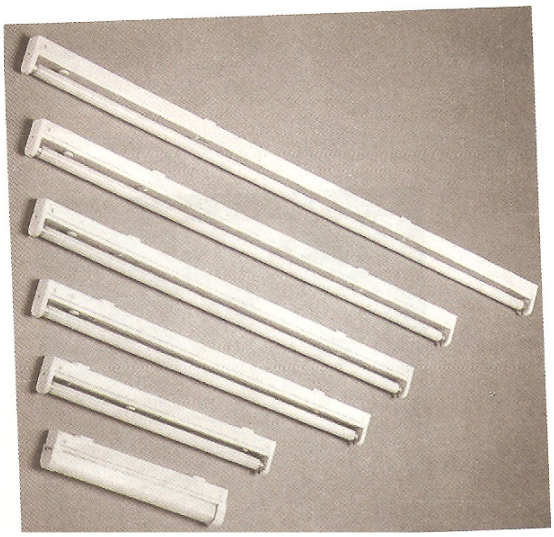
2.2.1 LIGHTING & OUTLET

2.2.1.1 ชนิดดวงโคม

- FLUORESCENT

- DOWN LIGH

- WALL WASHER



- LIGHT TRACK

- EMERGENCY LIGHT

- EXIT SIGN

- DECORATIVE LIGHT

- ดวงโคมในเฟอร์นิเจอร์

2.2.1.2 GROUPING SWITCH

- LOCAL SWITCH

- REMOTE SWITCH

- DIMMER SWICH

- 2 – WAY SWITCH

2.2.1.3 ตำแหน่ง

- ดวงโคม

- SWITCH

- OUTLET

2.2.1.4 ชนิดของ SWITCH และ OUTLET

- COVER PLATE

- OUTLET WITH GROUND POLE

2.2.2 FIRE ALARM SYSTEM

2.2.2.1 DETECTOR

- HEAT DETECTOR

- SMOKE DETECTOR

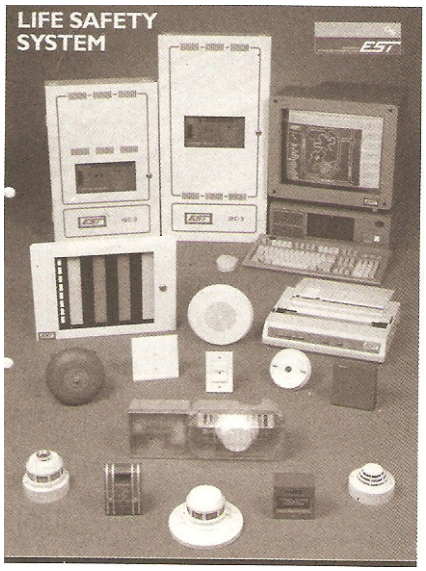
2.2.2.2 MANUAL STATION & BELL

2.2.2.3 ตำแหน่งติดตั้ง

- DETECTOR

- MANUAL STSTION

- BELL



2.3 ระบบป้องกันอัคคีภัย

2.3.1 FIRE HOSE CABINET

2.3.1.1 วัสดุ และสี

- STAINLESS STEEL

- เหล็กแผ่น

- สีแดง

- สีตาม INTERIOR

- ฯลฯ

2.3.1.2 ตำแหน่ง

2.3.2 SPRINKLER HEAD

3.3.2.1 ชนิด (PENDANT, UP – RIGHT, SIDE WALL)

3.3.2.2 ตำแหน่ง

3.3.2.3ระดับ (SIDE WALL)

2.4 ระบบสุขาภิบาล

2.4.1 ชนิดของสุขภัณฑ์

- อ่างอาบน้ำ
- อ่างล้างมือ
- โถต่าง ๆ

2.4.2 แนวการเตรียมท่อ

- ท่อน้ำจ่าย
- ท่อน้ำทิ้ง

แนวทางการขจัดปัญหาที่ทำให้งานก่อสร้างล่าช้า

จากประสบการณ์การก่อสร้างโครงการต่าง ๆ ที่ผ่านมา เมื่อพิจารณาเกี่ยวกับรายงาน ความคืบหน้าของงานก่อสร้าง มักจะปรากฏว่า ความคืบหน้าของโครงการเกือบทั้งหมดที่รายงานมี**ความล่าช้า**กว่าแผนงานหลักที่วางไว้ตั้งแต่ต้นโครงการ มากบ้างน้อยบ้าง ทั้งนี้ ในรายงานยังได้บรรยายถึงปัญหาและอุปสรรคนานาประการที่เป็นสาเหตุของความล่าช้า แต่เท่าที่บรรยายกันมา ยังไม่เคยมีการปรับปรุงหาแนวทางที่เป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหา และอุปสรรคเหล่านั้นกันอย่างจริงจัง เพื่อหาทาง**ควบคุมและบริหาร**ให้การแล้วเสร็จของโครงการให้เกิดความล่าช้าน้อยที่สุดหรือไม่เกิดขึ้นเลย เราไม่ควรจะปล่อยให้ปัญหาและอุปสรรคเหล่านั้นเกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำอีก ตราบเท่าที่เรายังทำงานในอาชีพวิศวกรที่ปรึกษาในการควบคุมงาน และ/ หรือบริหารโครงการ

ที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด เป็นจุดที่มีความคิดว่า ถึงเวลาแล้วที่เราควรจะมีการวิเคราะห์ เพื่อหาแนวทางการลดระยะเวลาแล้วเสร็จของการทำงานหน้าสนามกันอย่างจริงจัง ถึงแม้ว่าแนวทางต่าง ๆ ที่จะกล่าวต่อไปอาจจะไม่บรรลุสมบูรณ์ 100% ก็ตาม แต่อย่างน้อยก็เป็นการเตือนใจในการพัฒนาตัวเองถึงวิธีการทำงานทั้งในด้านควบคุมงาน และ / หรือบริหารโครงการให้มีปริสิทธิภาพสูงสุด เพื่อก่อให้เกิดความพอใจและผลประโยชน์ทั้งทางตรงทางอ้อมต่อผู้ปฏิบัติงาน, บริษัท, เจ้าของโครงการ และฝ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

วัตถุประสงค์หลักในการลงทุนของเจ้าของโครงการ

วัตถุประสงค์หลักในการลงทุนของเจ้าของโครงการใด ๆ มักจะไม่แตกต่างกัน นักลงทุนรายใดเมื่อได้ตัดสินใจลงทุนไปแล้ว เขาจะต้องหาทางตักตวงผลประโยชน์จากการลงทุนให้คืนมาโดยเร็วและมากที่สุด วัตถุประสงค์หลักในการทำโครงการต่าง ๆ ได้แก่

1. งานก่อสร้างขอโครงการต้องเป็นงานที่มีคุณภาพ
2. งานต้องให้แล้วเสร็จในระยะเวลาที่เหมาะสม
3. ค่าใช้จ่ายประหยัดที่สุด

บริษัท ฯ ในฐานะวิศวกรที่ปรึกษา ในด้านการควบคุมงาน และ / หรือ บริหารโครงการซึ่งเจ้าของโครงการได้ให้ความวางใจในการว่าจ้างให้ทำงานในโครงการที่เขาได้ตัดสินใจลงทุน จะต้องหาวิธีการจัดการและบริหาร เพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์หลักดังกล่าวข้างต้นทั้ง 3 ประการให้ได้

หากโครงการใดสามารถบรรลุถึงวัตถุประสงค์ดังกล่าวได้เกิดความภาคภูมิใจ ความสำเร็จ ชื่อเสียงและเป็นที่ยอมรับ (CREDITIBILITY) ต่อผู้ปฏิบัติงาน เพื่อนร่วมงาน และบริษัท ฯ ในทางตรงกันข้าม หากโครงการใดในระหว่างการดำเนินงานก่อสร้างเต็มไปด้วยความขัดแย้ง ความล่าช้า และ / หรืองบประมาณบานปลาย ผู้ที่ได้รับความเสียหายหนักที่สุด คือ **เจ้าของโครงการ**นั่นเอง เขาอาจจะคิดว่าเป็นความคิดที่ถูกต้องหรือไม่ในการว่าจ้างเราเข้ามาดำเนินงานในโครงการนั้น ๆ และในโอกาสข้างหน้าหากเขาต้องการลงทุนทำโครงการเพิ่มเติม เขาคงจะไม่ว่าจ้างเราอีกทำให้บริษัท ฯ เสียโอกาสในการดำเนินธุรกิจไม่มากก็น้อย

วัตถุประสงค์

แนวทางการขจัดปัญหาที่ทำให้งานก่อสร้างล่าช้าดังจะกล่าวต่อไปนี้ เป็นแนวทางกว้าง ๆ ที่จะให้ผู้ปฏิบัติงานนำไปประยุกต์ใช้ในโครงการที่ตนรับผิดชอบอยู่ ไม่ว่าผู้ปฏิบัติงานนั้นจะอยู่ในระดับใดก็ตาม ทั้งนี้ การวิเคราะห์แนวทางดังกล่าว ได้อาศัยจากประสบการณ์ของตนเอง รุ่นพี่ ๆ และผู้ร่วมงานหลาย ๆ คน ที่ได้ข้อมูลต่างๆ อีกทั้งได้ศึกษาจากเอกสารการสัมมนาต่าง ๆ เท่าที่ได้อ่านพบ แนวทางดังกล่าว**มิได้เป็นสูตรสำเร็จ** ที่จะนำไปใช้ได้ในทุก ๆ กรณี ทั้งนี้จะต้องขึ้นอยู่กับสถานการณ์ สิ่งแวดล้อมหน้าสนามด้วย แนวทางการขจัดปัญหา ฯ นี้ ยังอาจไม่ครบถ้วนบริบูรณ์ จะต้องมีการปรึกษา เพิ่มเติมและแก้ไขกันอีกตามความเหมาะสม ตราบใดที่การทำงานยังมีวิวัฒนาการกันต่อไปไม่สิ้นสุด

สาเหตุที่ทำให้โครงการล่าช้า

ในขณะที่โครงการต่าง ๆ เริ่มต้นทำการก่อสร้าง ทุก ๆ ฝ่ายที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นเจ้าของโครงการ / ผู้รับเหมา / วิศวกรที่ปรึกษา / และอื่น ๆ ได้ตั้งเป้าหมายไว้อย่างสวยหรูตามวัตถุประสงค์หลักของเจ้าของโครงการ 3 ข้อ ที่ได้กล่าวมาแล้ว ทุก ๆ ฝ่ายได้พยายามหาวิธีปฏิบัติเพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายที่วางไว้ แต่เมื่อก่อสร้างไประยะหนึ่ง หากปรากฏว่าเริ่มเกิดความล่าช้าขึ้น แต่ละฝ่ายจะพยายามป้องกันตนเอง โดยพยายามชี้แจงในที่ประชุมว่า ปัญหาที่ทำให้ตนเองเริ่มทำงานล่าช้าเป็นปัญหาที่เกิดจากฝ่ายอื่น ๆ แทบทั้งสิ้น เมื่อถึงจุดนี้ความขัดแย้งต่าง ๆ จะเริ่มปรากฏให้เห็น ความร่วมมือใน**การประสานงาน** จะเริ่มน้อย ลง บางครั้งกลายเป็น**การประสานงา**กันมากกว่า แต่ถ้าทุกฝ่ายหันหน้าเข้าหากัน เพื่อหาทางแก้ไขและเร่งรัดงานจะเป็นการลดความขัดแย้งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นน้อยลง อย่างไรก็ตามจากประสบการณ์ในงานก่อสร้างที่ผ่านพบว่า มีปัจจัยหลัก ๆ ที่ทำให้โครงการล่าช้า ดังนี้

1. ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้
2. ปัจจัยที่พอจะมีแนวทางแก้ไขได้บ้างบางส่วน
3. ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ และมีแนวทางแก้ไข

1. ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้

ปัจจัยที่เป็นสาเหตุทำให้งานล่าช้าไปนี้ คือ **เหตุการณ์ภายนอก** ซึ่งเมื่อเกิดขึ้นจะทำให้ให้มีผลกระทบกับโครงการทันทีไม่มากน้อย ซึ่งอยู่เหนือการควบคุมของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกันได้แก่

1.1 เกิดจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง

สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง อันทำให้เกิดผลกระทบกับโครงการ ได้แก่ ฝนตกหนักจนทำให้เกิดน้ำท่วมใหญ่ แผ่นดินไหว ฯลฯ เป็นต้น

1.2 เกิดจากเหตุการณ์ไม่ปกติของบ้านเมือง

เหตุการณ์ดังกล่าว ได้แก่ การนัดหยุดงาน การเกิดปฏิวัติรัฐประหาร การจลาจล หรือ ภาวะสงคราม ฯลฯ

1.3 เกิดจากการมีคำสั่งหยุด / และ / หรือ ชลอโครงการของเจ้าของ

ในบางโครงการในระหว่างการก่อสร้าง เจ้าของโครงการอาจจะมีสาเหตุจำเป็นที่ต้องมีคำสั่งให้หยุด และ / หรือชะลอการก่อสร้าง สาเหตุที่จำเป็นอาจได้แก่ ทางเจ้าของโครงการประสบกับปัญหาทางการเงิน ผลิตภัณฑ์ของโรงงานที่กำลังก่อสร้างไม่เอื้ออำนวยให้จำหน่าย มีการเปลี่ยนผู้ถือหุ้น ฯลฯ เหล่านี้เป็นต้น เมื่อเกิดเหตุการณ์นี้ขึ้นจะเป็นผลกระทบกับกำหนดแล้วเสร็จของโครงการทันที

1.4 เกิดจากโรงงานผู้ผลิตในต่างประเทศมีเหตุขัดข้องในการส่งของ

ส่วนใหญ่จะเป็นสิ่งขอจำพวก MAIN EQUIPMENT ซึ่งเมื่อเกิดเหตุการณ์นี้แล้วถึงแม้ว่าผู้รับเหมา / SUPPLIER เป็นผู้รับผิดชอบ (ซึ่งพิสูจน์ได้ว่า โรงงานผู้ผลิตมีปัญหาจริง) แต่ก็ไม่อาจจะแก้ปัญหาได้ทันที เพราะกว่าจะรู้ว่าเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว ก็มักจะถึงเวลานำเครื่องจักรเหล่านั้นเข้าทำการติดตั้งแล้ว เวลาที่ต้องเสียมากขึ้น คือ เวลาที่ใช้ในการขออนุมัติ สั่งซื้อ และส่งของของเครื่องจักรยี่ห้อใหม่ แต่อย่างไรก็ตามเราอาจจะมี**แนวทางป้องกัน** มิให้เกิดปัญหานี้ขึ้นได้ โดยที่ต้องกำกับผู้รับเหมา / SUPPLIER คอยตรวจสอบ STATUS ของ MAIN EQUIPMENT ตลอดเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง MAIN EQUIPMENT ที่ต้องใช้ระยะเวลาส่งนาน ๆ เช่น TRANSFORMER, FIRE PUMP, CHILLER ฯลฯ เป็นต้น

1.5 เกิดจากผู้รับเหมาหลักประสบปัญหาทางการเงิน

เมื่อผู้รับเหมาหลักประสบปัญหาทางการเงิน เราจะสามารถสังเกตเห็นความเปลี่ยนแปลงในการทำงานของบุคลากรได้ เช่น ขาดความตั้งใจทำงาน มีการลาออกกลางคันในระดับหัวหน้างานบ่อย ๆ และกระทันหัน SUB – CONTRACTOR ไม่ยอมส่งคนงานมาทำงาน ฯลฯ เป็นต้น เหตุการณ์นี้เมื่อเกิดขึ้นแล้วอาจไม่สามารถควบคุมได้ ภายใต้ความรับผิดชอบ และ / หรือ อำนาจที่เรามีอยู่ในการควบคุมงาน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อกำหนดแล้วเสร็จของโครงการไม่มากก็น้อย

2. ปัจจัยที่พอจะมีแนวทางแก้ไขได้บ้างบางส่วน

ปัจจัยที่เป็นสาเหตุทำให้งานล่าช้านี้ คือ เหตุการณ์ภายใน ซึ่งเมื่อเกิดเหตุการณ์นี้ขึ้น จะทำให้เกิดความล่าช้าต่อกำหนดแล้วเสร็จของโครงการในลักษณะการสะสม (หรือที่เรียกว่า "**ดินพอกหางหมู**") แต่อย่างไรก็ตามเหตุการณ์ลักษณะนี้พอจะมีแนวทางแก้ไขบางส่วนซึ่งจะต้องรับดำเนินการ**โดยทันที**ที่มีสัญญาณส่อเหตุเกิดขึ้น หากยังปล่อยให้เหตุการณ์ยืดเยื้อออกไป จะเกิดผลเสียหายอย่างมาก จนทำให้การแล้วเสร็จจริงของโครงการล่าช้าออกไป เหตุการณ์ดังกล่าวได้แก่

2.1 ความล่าช้าของงานด้านโครงสร้าง / สถาปัตยกรรม / งานตกแต่งภายใน

ในกรณีที่มิได้ควบคุมงาน / บริหารงานในส่วนดังกล่าว ซึ่งความล่าช้าจากงานด้านโครงสร้าง / สถาปัตยกรรม / งานตกแต่งภายใน อาจมีผลทำให้งานวิศวกรรมระบบประกอบอาคารไม่สามารถดำเนินงานตามแผนงานที่วางไว้ได้ ถึงแม้ว่าในปลายโครงการ (ซึ่งเกิดความล่าช้าไปแล้ว) ผู้รับเหมางานข้างต้นสามารถระดมบุคลากรเข้ามาโหมและเร่งรัดการทำงานให้ได้ผลงานมากขึ้น แต่ผู้รับเหมางานระบบอาจจะไม่สามารถทำเช่นนี้ได้เต็มที่ เนื่องจาก

- การระดมบุคลากรของผู้รับเหมางานวิศวกรรมระบบทำได้**ยากกว่า** เนื่องจากการติดตั้งงานวิศวกรรมระบบต้องใช้บุคลากรที่มีทักษะในการทำงาน (SKILL OF WORK) สูงกว่า

- ถึงแม้ว่าผู้รับเหมางานระบบ สามารถระดมบุคลากรเพิ่มได้ตามต้องการ แต่ปัญหาที่ตามมาคือ บุคลากรของผู้รับเหมางานระบบระดับ**การจัดการ** อันได้แก่ วิศวกร, FOREMAN ฯลฯ ยังคงมีเท่าเดิม จำทำให้การสั่งงานขาดประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมีปัญหาในด้านการจัดหาเครื่องมือที่ใช้งานในการทำงานเพิ่มเติมอีกด้วย เช่น เครื่องมือประจำตัว, สว่าน, เครื่องเชื่อม, ขนาดของไฟฟ้า และน้ำชั่วคราว ฯลฯ เป็นต้น

แนวทางแก้ไขปัญหาโดยลำดับ

ก. การให้ทำงานล่วงเวลา / ในวันหยุด

แนวทางนี้เป็นแนวทางแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า ไม่สามารถใช้แนวทางในการแก้**ปัญหาระยะยาว**ได้ ทั้งนี้ เนื่องจากการให้ทำงานล่วงเวลา และ/หรือ ในวันหยุดต่อเนื่องนาน ๆ จะทำให้เกิดความล้า, ความเบื่อหน่าย ฯลฯ ซึ่งยิ่งทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง ในระยะยาวจะเกิดผลเสียมากกว่า

ข. การให้เพิ่มจำนวนบุคลากร

หัวหน้าโครงการ / ผู้จัดการโครงการ ต้องเชิญบุคคลที่มีอำนาจในการตัดสินใจของผู้รับเหมาะมาประชุมปรึกษาหารือ เพื่อให้เพิ่มจำนวนบุคลากร**ทุกระดับ** เข้ามาเสริมตั้งแต่เนิ่น ๆ รวมทั้งการเพิ่มเครื่องมือสำคัญ ๆ ในการทำงาน โดยให้คำนึงถึงระยะเวลาทำงานที่เหลืออยู่เป็นลำดับแรก และให้ปรับปรุง WORKING SCHEDULE ใหม่

ค. การขอขยายระยะเวลาแล้วเสร็จ

หากพิจารณาโดยเหมาะสมว่า ควรให้มีการขยายระยะเวลาแล้วเสร็จออกไป ทางเราควรจะต้องแจ้งผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายทราบโดยทันที เนื่องจากอาจจะต้องมีการทบทวนแผนงานหลักของผู้รับเหมาทุก ๆ ฝ่าย ในการประชุมเพื่อขอทบทวนแผนงานทั้งทางผู้รับเหมางานวิศวกรรมระบบและทางฝ่ายควบคุมงานก่อสร้างควรจะต้องมีข้อมูลสนับสนุนในเรื่องการขอขยายเวลา มิฉะนั้นอาจจะไม่ได้รับการพิจารณา ข้อมูลสนับสนุนอาจได้แก่ RECORD ความล่าช้าของผู้รับเหมาโครงสร้าง ฯลฯ เป็นต้น จุดที่สำคัญ คือ เวลาที่ขยายออกไปต้องมีจำนวนที่เหมาะสม ไม่มากหรือน้อยเกินไป และต้องเป็นที่ยอมรับของทุก ๆ ฝ่าย โดยเฉพาะ**เจ้าของโครงการ** หลังจากตกลงกันได้แล้วจะต้องทำการทบทวนแผนงานหลักทั้งหมด และมีการตรวจสอบอย่างใกล้ชิดตลอดเวลา

2.2 ในระหว่างการก่อสร้างมีการแก้ไขแบบบ่อย

โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่พบเห็นอยู่ประจำ คือ การแก้ไขแบบตกแต่งภายในโครงการมี่มักมีการแก้ไขแบบตกแต่งภายใน ได้แก่ OFFICE BUILDING, โรงแรม, RESIDENTIAL BUILDINGเป็นต้น ลักษณะการแก้ไขแบบตกแต่งภายในอาจเป็นการแก้ไขแบบฝ้า, แก้ไขขนาดห้อง, แก้ไขงานเฟอร์นิเจอร์ (ที่มี SECONDARY WORK มาเกี่ยวข้อง) การแก้ไขแบบดังกล่าวทำให้เกิดผลกระทบต่อเวลาแล้วเสร็จดังนี้

- หน้างานได้ติดตั้งงาน ROUTING ไปแล้วตามแบบเดิมซึ่งจะต้องทำการรื้อถอนของเดิมออกเพื่อทำการติดตั้งตามแบบแก้ไขใหม่

- หน้างานยังไม่สามารถดำเนินการได้ตามแผนเดิม เนื่องจากแบบแก้ไขยังไม่ลงตัว

แนวทางแก้ไขปัญหา

ก. หาบริเวณที่ต้องการมีการแก้ไข ไม่สามารถเริ่มงานได้เลย จะต้องพิจารณาขยายเวลาเฉพาะในส่วนนี้เท่านั้น ROUTING ของงานระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ท่อน้ำอาจติดตั้ง ISOLATING VALVE ไว้, POWER SUPPLY อาจติดตั้ง JUNCTION BOX ไว้ก่อน เพื่อประหยัดเวลาในการทำงานหลังจากที่มีแบบแก้ไขยืนยันแน่นอน

ข. บริเวณที่มีแบบแก้ไขบางบริเวณ ผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาให้ผู้รับเหมาติดตั้ง MAIN ROUTING ไปก่อน ได้เช่น ท่อน้ำ, ท่อลม, RACEWAY ระบบที่มีปัญหามาก คือ ท่อน้ำของ FIRE PROTECTION PIPE ที่ต้องมาทำการ DROP หัว SPRINKLER ในภายหลัง **ส่วนอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น ดวงโคม, หัวกระจายลม, ลำโพง, DETECTOR** ที่ติดตั้งอยู่ที่ฝ้าจะเกิดปัญหาน้อยกว่า เพราะการออกแบบในระยะหลัง ๆ จะใช้ FLEXIBLE DUCT / FLEXIBLE CONDUIT ต่อเข้าอุปกรณ์ หัวหน้าโครงการควรจะเป็นผู้พิจารณาในเรื่องนี้ให้รอบคอบ ก่อนสั่งการให้ผู้รับเหมาปฏิบัติ อย่างไรก็ตาม ผู้ควบคุมงานควรจะต้องแจ้งผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายเพื่อประชุมหาข้อสรุปที่เหมาะสมเกี่ยวกับการขยายเวลาการกำหนดแล้วเสร็จออกไป

ค.ในกรณีที่มีการแก้ไขแบบภายหลังจากที่ผู้รับเหมาได้ติดตั้งหน้างานไปแล้ว ขอให้ผู้ควบคุมงานพิจารณาแบบแก้ไขกับงาน ROUTING ที่ได้ติดตั้งไปแล้วว่าอาจยังสามารถใช้ MAIN ROUTING บางส่วนที่ติดตั้งไปแล้วได้ โดยไม่จำเป็นต้องรื้อถอนออกทั้งบริเวณ ซึ่งจะทำให้ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นได้

2.3 การอนุมัติค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงงานล่าช้า

บางโครงการทางเจ้าของได้กำหนดเงื่อนไขไว้ว่า ต้องให้มีการอนุมัติค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงงานก่อนการติดตั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานเปลี่ยนแปลงในทาง**เพิ่มขึ้น** ซึ่งจะเป็นต้นเหตุทำให้ระยะเวลาแล้วเสร็จไม่เป็นไปตามกำหนด

แนวทางแก้ไขปัญหา

ก. หลังจากมีแบบแก้ไขมาแล้ว ต้องรีบทำหนังสือส่งแบบดังกล่าวให้ผู้รับเหมาโดนทันที และเร่งให้ผู้รับเหมาส่งราคาเปลี่ยนแปลงมาให้ผู้ควบคุมงานพิจารณา และให้ความเห็นกับเจ้าของโครงการ โดยการกำหนดวันส่งไว้ด้วย และจะต้องติดตาม ตามขั้นตอนและเวลาที่กำหนดไว้

ข. ในกรณีที่งานเปลี่ยนแปลงมีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะ**ปริมาณ** ตามรายการราคาวัสดุต่อหน่วย (UNIT RATE) ยังเหมือนเดิมที่อยู่ใน BILL OF QUANTITY การคิดราคางานเปลี่ยนแปลงควรใช้เวลาไม่มากนักเมื่อเทียบกับงานเปลี่ยนแปลงที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้ง**ขนาดและปริมาณ**ของวัสดุ เช่น การเปลี่ยนแปลงขนาดเครื่องจักร เป็นต้น เพราะผู้รับเหมาจะต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นในการติดต่อขอราคาและระยะเวลาขนส่งถึงหน่วยงานจาก SUPPLIER ใหม่ ปัญหานี้อาจจะทำให้กำหนดแล้วเสร็จของโครงการล่าช้าออกไป

ค. ในกรณีที่งานเปลี่ยนแปลงเป็นการเปลี่ยนแปลงในทาง**ลดลง** ทางผู้ควบคุมงานอาจชี้แจงให้เจ้าของโครงการอนุมัติให้ผู้รับเหมาทำงานไปก่อนการอนุมัติราคาเปลี่ยนแปลงก็ได้ เพราะค่าใช้จ่ายไม่ได้เพิ่มขึ้น แต่ก็ต้องรีบทำการสรุปราคา เพื่อให้อนุมัติโดยเร็ว

2.4 เจ้าของโครงการส่งข้อมูลที่จำเป็นให้ช้าเกินไป

ข้อมูลดังกล่าวได้แก่รายละเอียดของเครื่องจักร / อุปกรณ์ที่เจ้าของโครงการเป็นผู้จัดหาเอง ซึ่งถ้าทางหน้างานได้รับข้อมูลช้า จะทำให้การเชื่อมต่องานระบบ เช่น PIPING, ELECTRICAL WORK ฯลฯ ล่าช้าออกไป

แนวทางแก้ไขปัญหา

- ต้องรีบแจ้งเจ้าของโครงการ เพื่อให้มีการเร่งรัดการส่งข้อมูลที่จำเป็นให้ผู้รับเหมา โดยควรทำเป็นรายการ (LIST) ไว้ และคอยติดตาม (FOLLOW UP) เป็นระยะ ๆ เพื่อป้องกันความล่าช้าที่ไม่จำเป็น

2.5 เทศกาลวันหยุด

ในช่วงที่ผู้รับเหมาวางแผนงานหลัก มักจะไม่คำนึงถึงเทศกาลวันหยุด ซึ่งในช่วงเทศกาลวันหยุดจำนวนคนงานของผู้รับเหมาจะลดน้อยลง เป็นเหตุให้ความคืบหน้าของโครงการล่าช้า ออกไปเทศกาลวันหยุด ได้แก่ ปีใหม่, สงกรานต์, เข้าพรรษา ฯลฯ เป็นต้น ผู้รับเหมามักจะอ้างว่าไม่สามารถควบคุมคนงานได้ ซึ่งเป็นการปัดความรับผิดชอบของตนเองเกินไป

แนวทางแก้ไขปัญหา

- ก่อนถึงเทศกาลวันหยุด ทางผู้ควบคุมงานควรจะเชิญ PROJECT MANAGER ของผู้รับเหมาประชุม เพื่อหาทางเพิ่มปริมาณงานให้**ชดเชย**กับปริมาณงานที่จะน้อยลงไปในเทศกาลวันหยุด วิธีการที่ควรจะเป็นไปได้มากที่สุด คือ การให้ทำงานล่วงเวลาในช่วงสั้น ๆ จะได้ไม่ทำให้เกิดผลกระทบกับความคืบหน้าของโครงการ

2.6 การวางแผนงานหลักไม่เหมาะสม

เมื่อผู้รับเหมาส่งแผนงานหลักมาให้ผู้ควบคุมงานพิจารณา ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบให้รอบคอบถึง ACTIVITY OF WORK กับช่วงเวลาที่กำหนดใน WORK SCHEDULE รายการที่ควรพิจารณาให้เหมาะสม ได้แก่

- การติดตั้งงานระบบที่อยู่นอกอาคารใน**ช่วงฤดูฝน** เช่น การวางท่อใต้ดิน, การทำ DUCTBANK, การติดตั้งระบบล่อฟ้า, การติดตั้ง WASTE TREATMENT PLANT นอกอาคาร ฯลฯ เป็นต้น งานดังกล่าวหากกำหนดการทำงานในฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม) จะเกิดอุปสรรคอย่างมาก จนอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดความล่าช้า

- การสั่งเครื่องจักร, อุปกรณ์จาก**ต่างประเทศ**ในช่วงเดือนธันวาคม ถึง เดือนมกราคม จะเกิดความล่าช้า คือ ในช่วงดังกล่าว ทางผู้ผลิตส่วนใหญ่มักจะไม่รับ ORDER เนื่องจากเป็นเทศกาลวันหยุดต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ผลิตในทวีปยุโรปและอเมริกา บางโรงงานจะให้เหตุผลว่าจะรับ ORDER หลังปีใหม่ เนื่องจากจะต้องมีการปรับราคาประจำปี ซึ่งเป็นเหตุการณ์ดังกล่าวจะทำให้การส่งของเข้าหน่วยงานล่าช้าออกไปจากแผนงานได้

แนวทางแก้ไขปัญญา

- ขอให้ผู้ควบคุมงานตรวจรายการ ACTIVITY OF WORK และช่วงเวลาใน MAIN WORK SCHEDULE ที่ส่งจากผู้รับเหมาโดยละเอียดรอบคอบ หากมีรายการใดที่คิดว่าจะมีอุปสรรคต้องแจ้งให้ผู้รับเหมานำไปแก้ไขให้เหมาะสมต่อไป

3.ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ และมีแนวทางแก้ไข

ปัจจัยที่เป็นสาเหตุให้เกิดความล่าช้าที่สำคัญ คือ การขาดการประสานงาน, ความร่วมมือ

และการเตรียมตัวล่วงหน้า เพื่อทำงานทั้งฝ่ายผู้ควบคุมงานและผู้รับเหมา รวมทั้งผู้เกี่ยวข้องในโครงการทุกฝ่าย

ในช่วงเริ่มโครงการ ผู้ปฏิบัติงานทุกฝ่ายพยายามที่จะตั้งเป้าหมายในการทำงาน เพื่อให้ได้ผลงานออกมาดีที่สุด โดยอิงถึงวัตถุประสงค์หลัก 3 ข้อ ที่ได้กล่าวมาแล้ว คือ คุณภาพ, เสร็จตามกำหนดเวลา และค่าใช้จ่ายประหยัดที่สุด แต่การที่จะให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์หลักดังกล่าว 3 ข้อนั้น ตัวผู้ปฏิบัติงานเองจะต้องมีคุณสมบัติในการทำงานที่ดี พอที่จะช่วยกันทำงานให้แล้วเสร็จตามกำหนดจากการวิเคราะห์หลายโครงการที่ผ่านมาปรากฏว่า ความล่าช้าที่เกิดขึ้นเนื่องจากผู้ปฏิบัติงานบางฝ่ายขาดคุณสมบัติบางประการ ซึ่งหากสามารถควบคุมแก้ไขให้เหมาะสมแล้ว จะทำให้เกิดความคล่องตัวมาก และโครงการจะสามารถดำเนินการไปด้วยความราบรื่น คุณสมบัติที่กล่าวถึงได้แก่

3.1 ประสบการณ์หน้าสนาม

คุณสมบัตินี้เป็นส่วนสำคัญที่สุด ในหลายโครงการ ผู้รับเหมามักจะส่งเจ้าหน้าที่ที่ขาดประสบการณ์มาทำงานในตำแหน่งการจัดการ ไม่ว่าจะเป็น PROJECT MANAGER, PROJECT ENGINEER, FOREMAN ทำให้ความคืบหน้าของโครงการไม่เป็นไปตามเป้าหมาย ซึ่งผู้ควบคุมงานควรพิจารณา RESUME ของเจ้าหน้าที่ใน**ระดับการจัดการ**จาก ORGANIZATION CHART ของผู้รับเหมาที่ส่งมาให้พิจารณาอย่างรอบคอบ หากพบว่าเจ้าหน้าที่ระดับใดมีประสบการณ์ไม่เหมาะสมจะต้องแจ้งให้ฝ่ายบริหารของผู้รับเหมาทราบ เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงต่อไป

ทางฝ่ายผู้ควบคุมงานก็เช่นเดียวกัน หากผู้ปฏิบัติงานมีประสบการณ์หน้าสนามไม่เพียงพอจะทำให้ขาดความมั่นใจในการทำงาน ซึ่งเป็นผลทำให้งานบางอย่างล่าช้าออกไป ผู้ควบคุมงาน คือผู้ที่ทำหน้าที่ให้คำปรึกษา และดูแลการติดตั้งของผู้รับเหมาให้ถูกต้องตามเทคนิค ซึ่งหากบกพร่องในหน้าที่ดังกล่าว เนื่องจากขาดประสบการณ์ก็จะทำให้เกิดปัญหา ดังนั้น ผู้ควบคุมงานต้องทำการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมตลอดเวลา หากไม่แน่ใจต้องสอบถามจากผู้มีประสบการณ์ หรือสังเกตจากโครงการต่าง ๆ ที่อาจมีโอกาสไปดู และหลังจากทำโครงการแรกแล้วเสร็จไปแล้ว จะต้องนำประสบการณ์ที่ได้ไปประยุกต์กับโครงการต่อ ๆ ไปในทางที่ดีขึ้นให้ได้ จะได้ทำหน้าที่ผู้ควบคุมงานที่มีคุณภาพ

3.2 การขาดอำนาจในการตัดสินใจ

ผู้รับเหมาบางราย ตัวผู้บริหาร / เจ้าของ ไม่ได้มีอำนาจในการติดสินใจกับผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงานเท่าที่ควร ทำให้ผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถดำเนินงานในหน้าสนามอย่างมีประสิทธิภาพ ทุกอย่างจะติดขัดไปหมด เพราะรอการตัดสินใจของผู้บริหาร / เจ้าของของผู้รับเหมารายนั้น ๆ

แนวทางแก้ไขปัญหา

หากเกิดเหตุการณ์นี้ขึ้น ผู้ควบคุมงานต้องแจ้งให้หัวหน้าทราบพร้อมทั้งมีข้อมูลสนับสนุนเพื่อจะได้เชิญฝ่ายบริหารของผู้รับเหมาประชุมเพื่อหาทางแก้ไข

3.3 การขาดความเอาใจใส่จากผู้บริหารของผู้รับเหมา

งานหลาย ๆ อย่างที่ผู้ปฏิบัติงานหน้าสนามของผู้รับเหมา ต้องการให้ทาง OFFICE ของผู้รับเหมาช่วยดำเนินการ เช่น การเตรียมงานเอกสารขออนุมัติใช้วัสดุ, การสั่งของเข้าหน่วยงาน ฯลฯ ซึ่งหากระดับผู้จัดการของผู้รับเหมาที่ประจำ OFFICE ไม่ให้ความเอาใจใส่เท่าที่ควรจะเป็น เหตุให้ขาดความราบรื่นในการทำงานหน้าสนาม ซึ่งผลที่ตามมาทำให้เกิดความล่าช้าของโครงการได้

แนวทางแก้ไขปัญหา

เช่นเดียวกันกับข้อ 3.2

3.4 คุณภาพของ SUB – CONTRACTOR ต่ำ

ผู้รับเหมาบางรายที่เห็นแก้ได้มักจะใช้ SUB – CONTRACTOR รายย่อยที่มีคุณภาพต่ำงานไม่ได้มาตรฐาน ทำให้มีการแก้ไขงานและข้อโต้แย้งอยู่เสมอ ซึ่งข้อโต้แย้งบางครั้งก็จะเป็นข้อโต้แย้งในลักษณะเข้าข้างตนเอง, ขาดเหตุผลทำให้เป็นบ่อเกิดแห่งความขัดแย้งระหว่างผู้ควบคุมงาน , ผู้รับเหมาและ SUB – CONTRACTOR เป็นผลทำให้ความร่วมมือในการทำงานด้อยลงไป ผลลัพธ์คือ เกิดความล่าช้าในการทำงาน และแต่ละฝ่ายจะหาทางแก้ตัวเพื่อปกป้องตนเองอยู่เสมอ แต่สิ่งที่สูญเสียไป คือ **เวลากำหนดแล้วเสร็จ**นั่นเอง

แนวทางแก้ไขปัญหา

การที่ผู้รับเหมาได้ใช้ SUB – CONTRACTOR มาดำเนินการในโครงการนั้น ความรับผิดชอบทั้งหมดยังคงเป็นของผู้รับเหมาหลัก ทางผู้ควบคุมงานไม่ควรจะติดต่อกับ SUB – CONTRACTOR เอง ดังนั้นหากเกิดปัญหาดังกล่าวข้างต้นจะต้องทำการประชุมหารือกับผู้รับผิดชอบของผู้รับเหมาโดยตรง โดยต้องชี้แจงให้เห็นถึงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นแต่เนิ่น ๆ เพื่อจะได้ไม่เป็นการยืดเยื้อหากยังคงสภาพเดิมอยู่อีก อาจจะต้องทำหนังสือ **โดยความเห็นชอบของผู้บังคับบัญชา** ให้ทำการเปลี่ยน SUB – CONTRACTOR รายใหม่ เพื่อมิให้เป็นการสูญเสียเวลามากเกินไป

เมื่อความคืบหน้าของโครงการใดเริ่มมีปัญหาความล่าช้าเกิดขึ้น ผู้ควบคุมงานต้องรีบทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง และหาวิธีการแก้ไขให้ดีขึ้น หากไม่รีบแก้ไขแล้ว ในที่สุดปัญหาความล่าช้าจะเพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งเกิดความเสียหายต่อโครงการอย่างมาก และจะเป็นบ่อเกิดทำให้ล่าช้าจะเพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งเกิดความเสียหายต่อโครงการอย่างมาก และจะเป็นบ่อเกิดทำให้บรรยากาศการทำงานในหน้างานเสียไป ผู้ที่ได้รับความเสียหายมากที่สุด คือ **เจ้าของโครงการ** นั่นเอง

นอกจากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้น ผู้ควบคุมงานยังอาจมีแนวทางในการปฏิบัติงาน เพื่อลดการสูญเสียเวลาไปโดยไม่จำเป็น กล่าวคือ ในขั้นตอนการทำงานแต่ละขั้นตอน หากสามารถมองเห็นถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคตก็อาจจะหาทางหลีกเลี่ยง หรือป้องกันล่วงหน้าก่อนให้

เกิดปัญหาขึ้น การทำงานลักษณะนี้คือการทำงานในลักษณะ **PREVENTIVE ACTION** นั่นเอง
ขั้นตอนการทำงาน คือ ก่อนที่จะมีการทำงานใน ACTIVITY OF WORK ใด ๆ ผู้ควบคุมงาน

ต้องเรียนผู้รับเหมามาปรึกษาเพื่อหาข้อสรุปถึงวิธี / ลักษณะการทำงานใน ACTIVITY นั้น ๆ ให้เข้าใจตรงกันและเพื่อให้ผู้รับเหมามีเวลาเตรียมบุคลากร รวมทั้งวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องไว้แต่เนิ่น ๆ **ผลดี** ก็คือ สามารถขจัดการทำงานในลักษณะการติดตั้งชั่วคราวไปก่อน และค่อยมาแก้ไขในภายหลัง ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความสูญเสียเวลาที่ไม่จำเป็นรวมถึงบุคลากรที่ต้องมาแก้ไขงานในภายหลังด้วย

ก่อนที่จะเรียกผู้รับเหมาปรึกษา ผู้ควบคุมงานต้องทำการศึกษาและทำความเข้าใจถึง ACTIVITY OF WORK เสียก่อน ทั้งในเรื่องวิธีการและประเภท / จำนวน ของวัสดุอุปกรณ์ซึ่งได้กำหนดรายละเอียดไว้ในข้อกำหนดและ / หรือ TYPICAL DETAIL ไว้แล้ว แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงวิธีการที่ PRACTICAL ด้วย ตัวอย่างที่เกิดขึ้นประจำคือ เรื่องการทาสีท่อและ SUPPORT รวมถึง BOX ไฟฟ้าและ CLAMP ของ CONDUIT ก่อนที่จะลงมือติดตั้ง ทางผู้ควบคุมงานต้องสรุปถึง ชนิด / ประเภท / ยี่ห้อ / SHADE สี ที่ต้องใช้กับผู้รับเหมาก่อน เพื่อจะได้ให้ผู้รับเหมาสั่งซื้อได้ทันที ผู้ควบคุมงานต้องเน้นให้ผู้รับเหมาทาสีจาก WORK SHOP ให้เรียบร้อยก่อนทำการติดตั้ง หากมิได้มีการสรุปกันไว้ก่อน เมื่อผู้รับเหมาลงมือติดตั้งท่อ / CONDUIT SUPPORT, CLAMP ที่ใช้อาจเป็นประเภทชั่วคราว ซึ่งผู้รับเหมาต้องมาทำการทาสี / เปลี่ยนในภายหลัง บางครั้งเมื่อมาทาหลังจากติดตั้งไปแล้วจะไปทำให้งานอื่น ๆ เลอะเทอะ เช่น ผนัง, SLAB, ฝ้า ฯลฯ ทำให้ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาด และงานดังกล่าวส่วนใหญ่ต้องใช้นั่งร้าน ซึ่งจะต้องเวลามาประกอบนั่งร้านกันอีก ในบางกรณีผู้รับเหมาจะพยายามหลีกเลี่ยงในการมาเก็บงานดังกล่าว ทำให้เกิดความขัดแย้งขึ้น จะขอยกตัวอย่างอีก 1 ตัวอย่าง คือ งานการติดตั้งท่อลมก่อนทำงาน ต้องสรุปและมีการอนุมัติตัวอย่างของการประกอบท่อลม / FITTING ให้เรียบร้อยทั้งอุปกรณ์อื่น ๆ ประกอบ เช่น ใยแก้ว (รวมถึงตัว FOIL), กาวทาใยแก้ว, MECHANICAL PIM, ALUMINIUM BELT, วัสดุรองท่อลม, ขนาดและความยาวของเหล็กรูปพรรณที่ใช้ทำ SUPPORT, สีทา SUPPORT, สีทาท่อลม (ถ้ามี), แผ่นสังกะสี, แผ่นเหล็กดำ (ท่อ KITCHEN DUCT), CALCIUM SILICATE ฯลฯ เป็นต้น หากสามารถสรุปได้ตั้งแต่ก่อนติดตั้ง เวลาที่ใช้ในการเก็บงานในภายหลังจะน้อยลงหรือไม่มีเลย

จากตัวอย่างที่กล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า หากสามารถทำงานในลักษณะ PREVENTIVE ACTION แล้วจะสามารถลดการสูญเสียเวลาที่ไม่จำเป็นลงได้อย่างมาก

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าปัจจัยนี้ เราสามารถควบคุม และมีแนวทางแก้ไข ถึงหากเราสามารถบรรลุถึงการทำงานในลักษณะนี้แล้ว จะทำให้การทำงานเป็นไปได้ด้วยความราบรื่น ซึ่งในท้ายที่สุดการแล้วเสร็จของโครงการจะไม่ต่างไปจากกำหนดการแล้วเสร็จที่วางไว้แต่แรกเริ่ม

วิธีการปิดงานเมื่อเสร็จสินโครงการ

การปิดงานโครงการต่าง ๆ มีขั้นตอนและรายละเอียดตามที่จะกล่าวต่อไป รายละเอียดต่าง ๆ ส่วนใหญ่ได้ระบุในเอกสารสัญญาก่อสร้างระหว่างผู้รับเหมากับเจ้าของโครงการไว้แล้ว แต่ไม่ได้รวบรวมไว้เป็นหมวดหมู่แยกเฉพาะ จึงนำมาเรียบเรียงไว้ให้เข้าใจได้ง่าย

วิธีการต่าง ๆ อาจไม่บรรลุผลสมบูรณ์ หากไม่ได้รับความร่วมมือจากทุกฝ่าย ดังนั้น ผู้ที่รับผิดชอบโครงการจะเป็นวิศวกรโครงการ ผู้ควบคุมงานและผู้รับเหมาจึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจรายละเอียดอย่างถ่องแท้และตรงกัน

หัวหน้าโครงการควรต้องแจ้งวิศวกรของผู้รับเหมางานวิศวกรรมระบบประกอบอาคาร ทราบแนววิธีปฏิบัติก่อนเสร็จสิ้นโครงการแต่เนิ่น ๆ โดยการประชุมปรึกษาร่วมกันในเวลาล่วงหน้าพอสมควร

วิธีการปิดโครงการมีดังหัวข้อต่อไปนี้

1. แบบสร้างจริง
2. หนังสือคู่มือการใช้งานและบำรุงรักษาเครื่อง อุปกรณ์
3. การทดสอบและปรับแต่งเครื่อง อุปกรณ์
4. การทำความสะอาดหน่วยงานก่อสร้าง
5. การฝึกอบรมเจ้าหน้าที่
6. การคิดบัญชี
7. การส่งมอบงาน
8. การรับประกัน

1. แบบก่อสร้างจริง (AS – BUILT DRAWINGS)

1.1 รูปแบบ

ขนาดของกระดาษไขและมาตราส่วนที่ใช้ ต้องเหมือนกับแบบใช้งาน (SHOP DRAWINGS) หรือแบบที่ใช้ในการประมูล (CONTRACT DRAWINGS) แล้วแต่จะตกลงกัน บางโครงการอาจกำหนดให้จัดทำในรูปแบบของ DISKETTE ด้วย เพื่อสะดวกในการเก็บรักษาและใช้งานของ OPERATOR

1.2 การนำเสนอ

แบบก่อสร้างจริง ต้องนำเสนอให้วิศวกรควบคุมงานตรวจสอบก่อนการปิดฝ้าเพดาน การก่อผนังปิดและถมดินกลบ แบบจะต้องระบุขนาด ระยะห่าง และตำแหน่งของเครื่องจักรและอุปกรณ์ตามที่ก่อสร้างจริง

1.3 วิธีการ

แบบก่อสร้างจริงครบชุด จะต้องลงวันที่ และวิศวกรของผู้รับเหมาลงชื่อกำกับทุกแผ่นก่อนส่งให้วิศวกรควบคุมงานตรวจสอบและอนุมัติ

กำหนดวันส่งแบบ ให้เป็นไปตามรายละเอียดในสัญญา

1.4 จำนวนแบบ

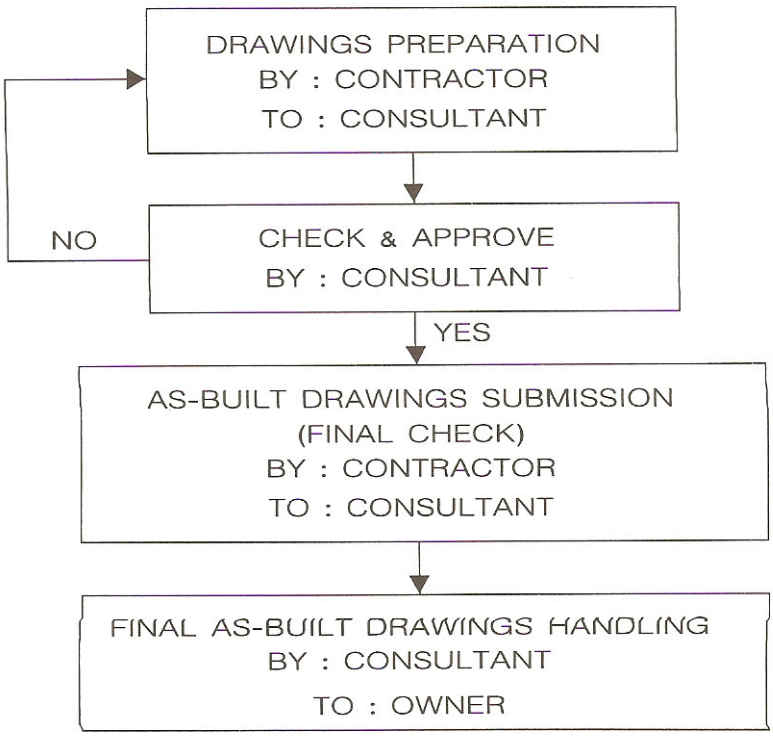
ผู้รับเหมา ต้องจัดส่งแบบตามจำนวนที่ระบุดังต่อไปนี้

- แบบกระดาษไข 1 ชุด
- แบบพิมพ์เขียว 4 ชุด
- DISKETTE 2 ชุด

หมายเหตุ จำนวนชุดต้องตรวจสอบจำนวนที่แน่นอนตามที่ระบุใน SPECIFICATION ของโครงการนั้น ๆ อีกครั้งหนึ่ง

ขั้นตอนในแต่ละหัวข้อของวิธีการปิดงานโครงการ

1. AS – BUILT DRAWINGS (แบบสร้างจริง)



2. หนังสือคู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องอุปกรณ์

2.1 รูปแบบ

หนังสือคู่มือ จะต้องจัดเตรียมใส่แฟ้มปกแข็งให้เรียบร้อย

2.2 การนำเสนอ

ผู้รับเหมาต้องส่งฉบับเสนอผู้ควบคุมงาน 1 ชุด เพื่อตรวจสอบและอนุมัติก่อนส่งฉบับจริง

2.3 วิธีการ

การจัดเรียงลำดับของหนังสือคู่มือการใช้งาน และบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ ให้จัดเป็นภาค (VOLUME) ต่าง ๆ ตามระบบ ดังนี้

2.3.1 ระบบไฟฟ้า (ELECTRICAL SYSTEM)

ภาคที่ 1 : การใช้งานระบบ (SYSTEM OPERATION) ทั้งระบบไฟฟ้ากำลัง (POWER) และไฟฟ้าสื่อสาร (COMMUNICATION)

ภาคที่ 2 : เครื่องจักรหลัก (MAIN EQUIPMENT)

ภาคที่ 3 : อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ (MATERIAL & ACCESSORIES)

2.3.2 ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ (AIR – CONDITIONINGS & VENTILATION SYSTEM)

ภาคที่ 1 : การใช้งานของระบบ (SYSTEM OPERATION)

ภาคที่ 2 : เครื่องจักรหลัก (MAIN EQUIPMENT)

ภาคที่ 3 : ท่อน้ำ, วาล์ว และอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ

ภาคที่ 4 : ท่อลม, หัวกระจายลม และอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ

ภาคที่ 5 : อุปกรณ์ควบคุม (AUTIMATIC CONTROL EQUIPMENT)

ภาคที่ 6 : งานไฟฟ้าสำหรับระบบ ประกอบด้วย

- MOTOR CONTROL CENTROL & CONTROLLER
- อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ (MATERIAL & ACCESSORIES)

2.3.3 ระบบป้องกันเพลิงไหม้ (FIRE PROTECTION SYSTEM)

ภาคที่ 1 : การใช้งานของระบบ (SYSTEM OPERATION)

ภาคที่ 2 : เครื่องจักรหลัก (MAIN EQUIPMENT)

ภาคที่ 3 : ท่อน้ำ, วาล์ว และอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ

ภาคที่ 4 : อุปกรณ์ดับเพลิง (FIRE PROTECTION SYSTEM)

ภาคที่ 5 : งานไฟฟ้าสำหรับระบบ ประกอบด้วย

- MOTOR CONTROL CENTROL & CONTROLLER

- อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ (MATERIAL & ACCESSORIES)

2.3.4 ระบบสุขาภิบาล (SANITARY SYSTEM)

ภาคที่ 1 : การใช้งานของระบบ (SYSTEM OPERATION)

ภาคที่ 2 : เครื่องจักรหลัก (MAIN EQUIPMENT)

ภาคที่ 3 : ท่อน้ำ, วาล์ว และอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ

ภาคที่ 4 : อุปกรณ์ระบบสุขาภิบาล (SANITARY EQUIPMENT)

ภาคที่ 5 : งานไฟฟ้าสำหรับระบบ ประกอบด้วย

- MOTOR CONTROL CENTROL & CONTROLLER

- อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ (MATERIAL & ACCESSORIES)

2.3.5 ระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน (LIFT & ESCALATOR)

ภาคที่ 1 : การใช้งานของระบบ (SYSTEM OPERATION)

ภาคที่ 2 : เครื่องจักรหลัก (MAIN EQUIPMENT)

ภาคที่ 3 : อุปกรณ์ควบคุม

ภาคที่ 4 : งานไฟฟ้าสำหรับระบบ ประกอบด้วย

- ตู้ควบคุม

- อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ (MATERIAL & ACCESSORIES)

* เนื้อหารายละเอียดในภาคที่ 1 : การใช้ระบบของระบบ (SYSTEM OPERATION) ต้องประกอบด้วย วีการใช้งานของระบบต่าง ๆ ที่มีใช้ในโครงการ โดยต้องอธิบายให้ละเอียดพร้อมทั้งมีแบบ SINGLE LINE DIAGRAM / RISER DIAGRAM / SCHEMATIC PIPING DIAGRAM ประกอบให้ถูกต้อง

* สำหรับภาคอื่น ๆ ดังกล่าวข้างต้น ให้จัดเรียงลำดับของเครื่องจักร, อุปกรณ์ประกอบและอื่น ๆ เป็นรายการตามที่มีใช้ในโครงการ โดยแต่ละรายการต้องประกอบด้วยหมวดต่าง ๆ ดังนี้

หมวดที่ 1 : ชื่อ, ยี่ห้อ และประเทศผู้ผลิต (COUNTRY OF ORIGIN) ของเครื่องจักร, อุปกรณ์ พร้อมชื่อบริษัท และที่ติดต่อของผู้แทนจำหน่ายในประเทศ (SUPPLIER)

หมวดที่ 2 : ข้อมูลของเครื่องจักร (SUBMITTAL DATA) ที่ได้รับการอนุมัติให้ใช้ในโครงการพร้อมหลักฐานการอนุมัติ โดยทำเป็นตารางเปรียบเทียบกับข้อมูลที่กำหนดไว้ใน SPECIFICATION

หมวดที่ 3 : EQUIPMENT SCHEDULE พร้อมหมายเลขเครื่องจักร (ถ้ามี) รวมถึงวิธีการเลือกใช้ (SELECTION CHART / PROCEDURE)

หมวดที่ 4 : เอกสาร TECHNICAL DATA, INSTALLATION / OPERATION / MAINTENANCE MANUAL จากโรงงานผู้ผลิต

หมวดที่ 5 : เอกสารคำแนะนำในการสำรองอะไหล่ (RECOMMENDED SPARE PART LIST) จากโรงงานผู้ผลิต

หมวดที่ 6 : รายงานการทดสอบเครื่องและ / หรือแบบที่ได้รับการอนุมัติแล้ว (TEST REPORT)

หมวดที่ 7 : MAINTENANCE SCHEDULE พร้อมวิธีปฏิบัติของแต่ละอุปกรณ์เป็นรายวัน, รายสัปดาห์, รายเดือน, ราย 3 เดือน, ราย 6 เดือน, รายปี แล้วแต่กรณี

อย่างไรก็ตามตั้งแต่ภาคที่ 3 ดังกล่าวข้างต้นอาจจะไม่จำเป็นต้องมีรายละเอียดครบทุกหมวด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์และความเห็นชอบของผู้ควบคุมงาน

กำหนดวันส่งคู่มือให้เป็นไปตามที่ระบุในสัญญา

2.4 จำนวนคู่มือ

ผู้รับเหมาต้องจัดส่งมือตามที่ได้รับอนุมัติจำนวน 4 ชุด

หมายเหตุ จำนวนชุดต้องตรวจสอบจำนวนแน่นอนตามที่ระบุใน SPECIFICATION ของโครงการนั้น ๆ อีกครั้งหนึ่ง

2.5 ข้อแนะนำทั่วไปในการจัดทำคู่มือ

2.5.1 ให้แยก FILING เป็นระบบ ดังนี้

ก. AIR – CONDITIONING SYSTEM

ข. FIRE PROTECTION SYSTEM

ค. ELECTRICAL SYSTEM

ง. SANITARY SYSTEM

จ. ระบบอื่น ๆ (ถ้ามี)

2.5.2 ให้ระบุชื่อของระบบ, VOLUME No. ให้ขัดเจนทั้งหน้าปก และสันของ FILE

2.5.3 ในแต่ละให้ทำ INDEX ไว้ข้างหน้าของทุก FILE ประกอบด้วยรายการเครื่องจักร / อุปกรณ์, ประเภทของเอกสารที่อยู่ในแต่ละหมวด และ VOLUME NO. ที่ FILE เอกสารเพื่อความสะดวกในการค้นหา

2.5.4 เอกสารทุกชนิดที่ FILE ต้องชัดเจนทุกแผ่น

3. การทดสอบและปรับแต่งเครื่อง อุปกรณ์

3.1รูปแบบ

ผู้รับเหมาต้องจัดเตรียมตารางรายการทดสอบเครื่อง อุปกรณ์เพื่อกรอกข้อมูลให้ผู้ควบคุมงานอนุมัติก่อนการทดสอบ

3.2 การนำเสนอ

ผู้รับเหมาต้องจัดเตรียมกำหนดการทดสอบ (SEHEDULE) เครื่อง อุปกรณ์พร้อมทั้งเอกสารแนะนำจากผู้ผลิต (OPERATION MANUAL) ส่งให้ผู้ควบคุมงานตรวจสอบและอนุมัติก่อนการทดสอบ

3.3 วิธีการ

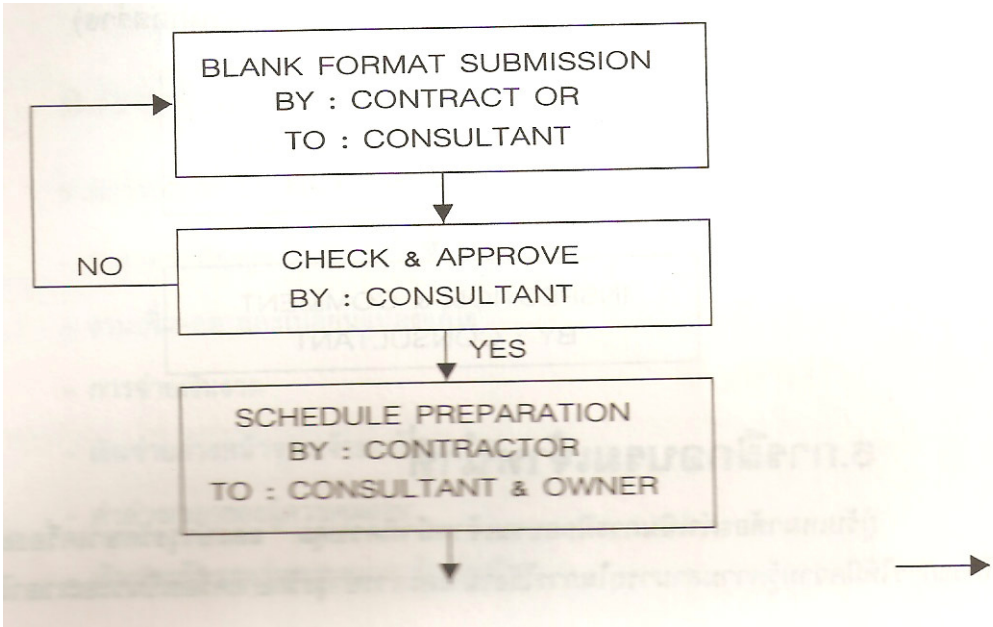
การทดสอบต้องดำเนินการตามขั้นตอน และวิธีการที่กำหนดในรายละเอียดประกอบแบบหรือตามคำแนะนำของผู้ผลิตระหว่างการทดสอบต้องมี ผู้ควบคุมงานและ / หรือเจ้าของโครงการอยู่เป็นสักขีพยานด้วย

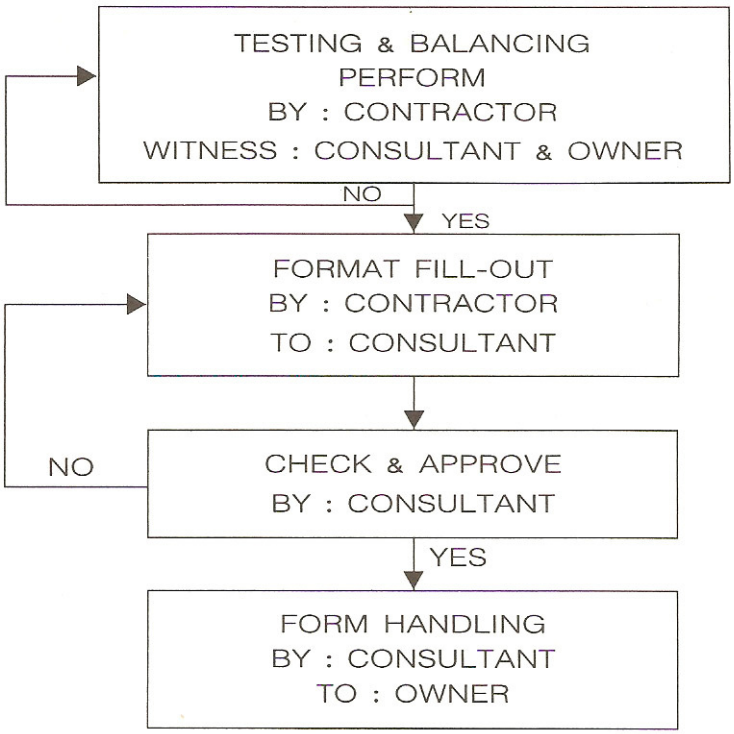
3.4 จำนวนเอกสาร

ผู้รับเหมาต้องส่งรายการทดสอบพร้อมตารางข้อมูลที่ได้รับจากการทดสอบให้ผู้ควบคุมงานจำนวน 4 ชุด หลังจากเสร็จสิ้นการทดสอบ

หมายเหตุ จำนวนชุดต้องตรวจสอบจำนวนที่แน่นอนตามที่ระบุใน SPECIFICATION ของโครงการนั้น ๆ อีกครั้งหนึ่ง

3. TESTING & BALANCING (การทดสอบและปรับแต่งเครื่องจักรอุปกรณ์)

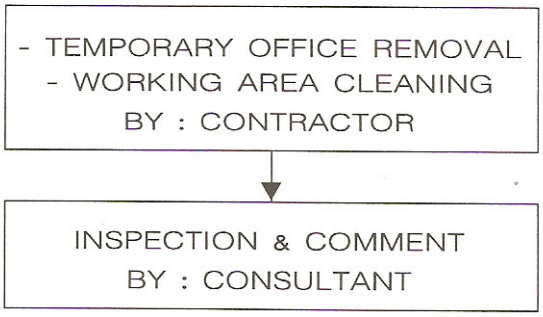




4. การทำความสะอาดหน่วยงานก่อสร้าง

เมื่อเสร็จสิ้นโครงการ ผู้รับเหมาต้องเคลื่อนย้ายสิ่งก่อสร้างชั่วคราว, ของเหลือใช้, ขยะมูลฝอย ออกจากหน่วยงานก่อสร้างโดยไม่ชักช้า และพร้อมที่จะส่งคืนพื้นที่ให้เจ้าของโครงการต่อไป

4. SITE CLEANING (การทำความสะอาดหน่วยงานก่อสร้าง)

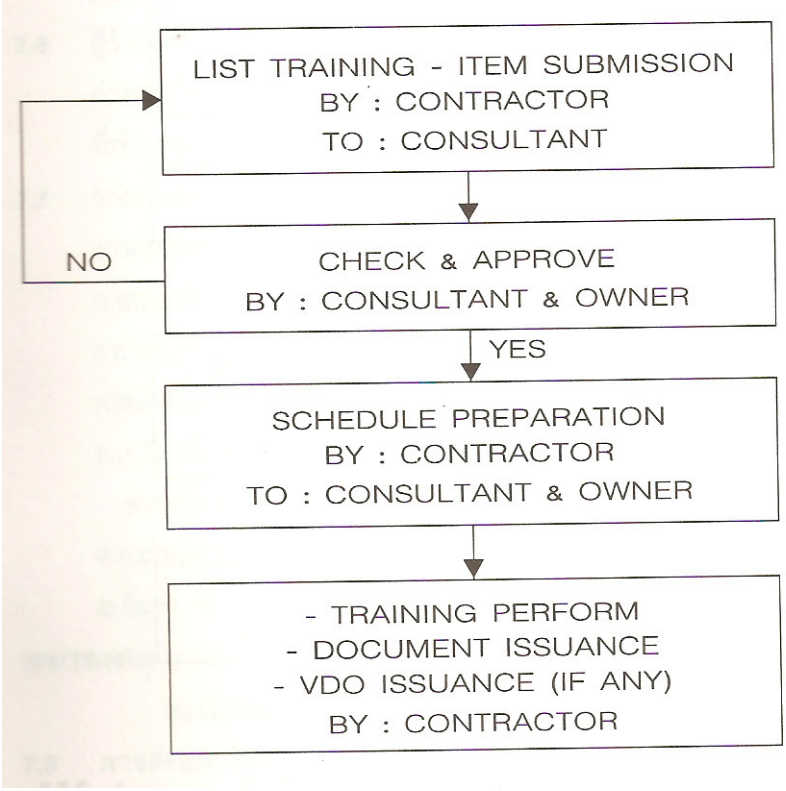


5. การฝึกอบรมเจ้าหน้าที่

ผู้รับเหมาต้องดำเนินการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ควบคุม และบำรุงรักษาเครื่องขอเจ้าของโครงการให้มีความรู้ความสามารถในการใช้งาน และการบำรุงรักษาเครื่องเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า

15 วันติดต่อกัน ภายหลังส่งมอบงานหรือจนกว่าเจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องของเจ้าของโครงการสามารถใช้เครื่องได้ด้วยตนเอง พร้อมกับต้องจัดเตรียมเอกสาร วิธีการใช้งานทั้งระบบมาให้เจ้าของโครงการด้วย

5. TRAINING OF OPERATOR (การฝึกอบรมเจ้าหน้าที่)

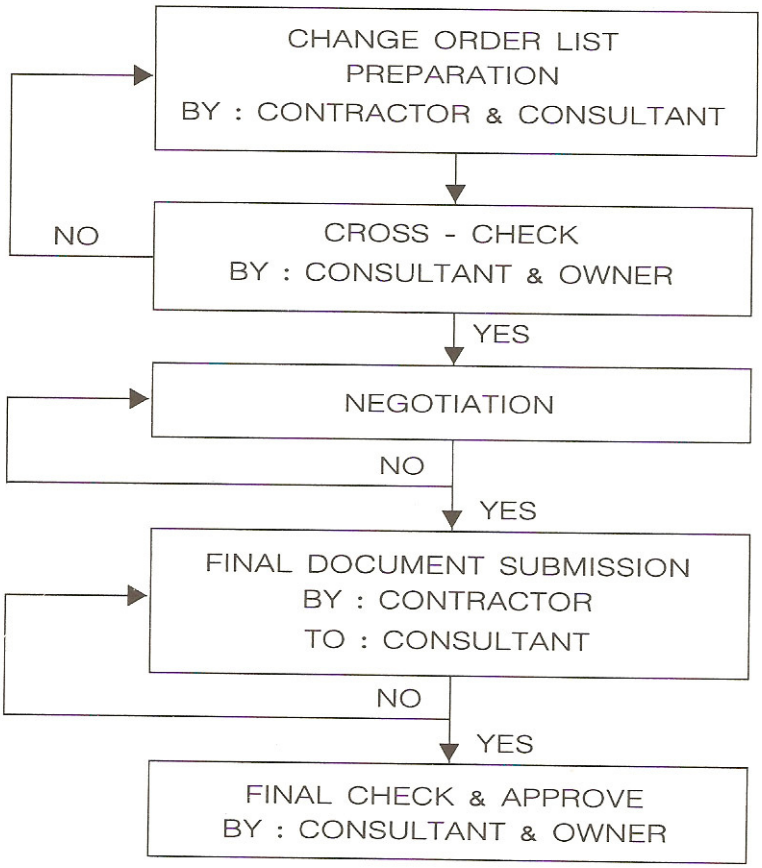


6. การคิดบัญชี (FINAL ACCOUNT)

รายการบัญชีต่าง ๆ ต้องตรวจสอบและปิดบัญชีตามรายการต่อไปนี้

- ราคาตามสัญญา
- งานเพิ่ม – ลด และเปลี่ยนแปลงแก้ไข
- การจ่ายเงินงวด
- เงินจ่ายล่วงหน้าจากเจ้าของโครงการ
- ค่าล่วงเวลาของผู้ควบคุมงาน
- เงินประกันระหว่างระยะเวลารับประกัน

6. FINAL ACCOUNT (การคิดบัญชี)



7. การส่งมอบงาน

7.1 หัวหน้าโครงการต้องสั่งการให้ผู้รับเหมาออกหนังสือส่งมอบงานผ่านผู้ควบคุมงานเพื่อเริ่มทำการตรวจสอบครั้งสุดท้าย ทั้งนี้ วันที่ที่ออกหนังสือส่งมอบงานต้องไม่เกินกำหนดแล้วเสร็จที่ระบุไว้ในสัญญา มิฉะนั้น อาจเกิดปัญหาในภายหลังได้มีการส่งมอบงานหลังกำหนดแล้วเสร็จที่ระบุในสัญญา ซึ่งจะมีผลอาจทำให้ผู้รับเหมาถูกปรับได้

7.2 หลังจากผู้ควบคุมงานได้ทำการตรวจสอบงานทั้งหมดแล้ว ผู้ควบคุมงานจะออกหนังสือแจ้งรายการที่ต้องการแก้ไข (Punch List) ให้กับผู้รับเหมา เพื่อให้ทำการแก้ไขตามรายการ

7.3 เมื่อแก้ไขตามรายการที่ต้องแก้ไขแล้วเสร็จ ผู้รับเหมาต้องออกหนังสือแจ้งผู้ควบคุมงานได้ทำการตรวจสอบอีกครั้งหนึ่ง (หรือหลายครั้งตามแต่กรณี)

7.4 หากรายการแก้ไขทั้งหมดได้ถูกแก้ไขจนครบถ้วนแล้ว รวมทั้งเอกสารต่าง ๆ ทั้งหมดที่ต้องส่งมอบได้จัดส่งเป็นที่เรียบร้อย ผู้ควบคุมงานจะออกหนังสือรับรองการแล้วเสร็จ

(Certificate of Practical Completion) ให้กับผู้รับเหมา เพื่อเป็นหลักฐานในการรับมอบงานและส่งมอบงานให้เจ้าของโครงการต่อไป

7.5 ผู้รับเหมาจะต้องเปิดใช้งานเครื่องและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ หรือพร้อมที่จะใช้งานได้เต็มความสามารถในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงติดต่อกัน ค่าใช้จ่าย เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำอยู่ในความรับผิดชอบของผู้รับเหมาทั้งสิ้น

7.6 ผู้รับเหมาต้องทำการทดสอบเครื่อง อุปกรณ์และระบบตามที่ผู้ควบคุมงานจะกำหนดให้ทดสอบจนกว่าจะได้ผลเป็นที่พอใจ และแน่ใจว่าการทำงานของระบบที่ทำการทดสอบถูกต้องตามความประสงค์ของผู้ออกแบบและ / หรือเจ้าของโครงการ

7.7 รายการสิ่งของต่าง ๆ ที่ผู้รับเหมาต้องส่งมอบให้แก่เจ้าของโครงการในวันส่งมอบงาน ซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งของการตรวจรับมอบงานด้วย คือ

ก. แบบสร้างจริงกระดาษไข จำนวน 1 ชุด

ข. แบบสร้างจริงพิมพ์เขียว จำนวน 4 ชุด

ค. หนังสือคู่มือการใช้และบำรุงรักษาเครื่อง จำนวน 4 ชุด

ง. เครื่องมือพิเศษสำหรับใช้ในการปรับแต่ง ซ่อมบำรุงเครื่องจักร อุปกรณ์ ซึ่งโรงงานผู้ผลิตส่งมาให้

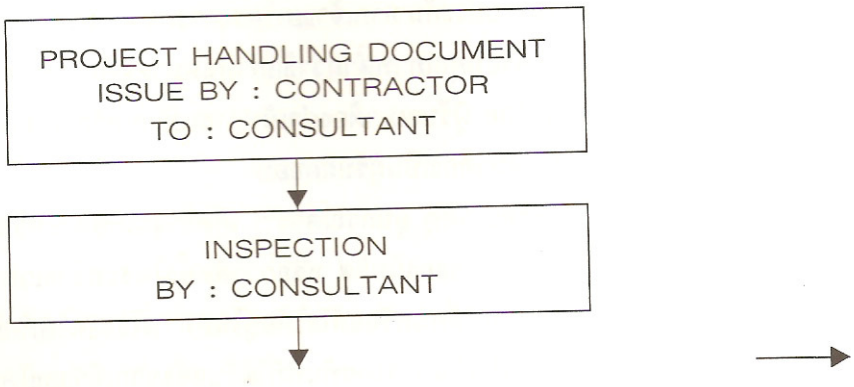
จ. อะไหล่ต่าง ๆ ตามข้อกำหนด

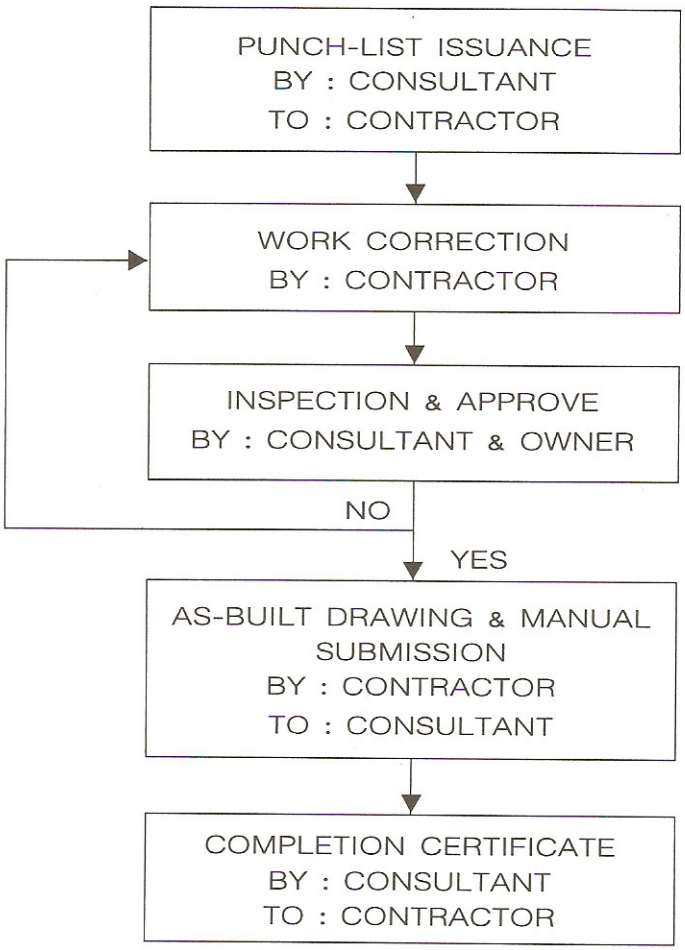
ฉ. อื่น (ถ้ามี)

หมายเหตุ จำนวนชุดต้องตรวจสอบจำนวนที่แน่นอนตามที่ระบุใน SPECIFICATION ของโครงการนั้น ๆ อีกครั้งหนึ่ง

7.8 การส่งและรับมอบงานต้องเป็นเอกสารลงนามเป็นลายลักษณ์อักษร อย่างน้อยประกอบด้วยเจ้าขอโครงการหรือผู้รับมอบอำนาจ ผู้ควบคุมงานและผู้รับเหมา

7. ACCEPTANCE OF COMPLETION (การส่งมอบงาน)





8. การรับประกัน

8.1 หากมิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น ผู้รับเหมาต้องรับประกันคุณภาพ ความสามารถของเครื่องอุปกรณ์และการติดตั้งว่าใช้งานได้ดีเป็นเวลา 365 วันนับจากวันลงนามในเอกสารรับมอบงานแล้ว

8.2 ระหว่างเวลารับประกัน หากเจ้าของโครงการตรวจพบว่าผู้รับเหมาจัดนำวัสดุอุปกรณ์ที่ไม่ถูกต้องหรือมีคุณภาพต่ำกว่าข้อกำหนดมาติดตั้ง ตลอดจนงานติดตั้งไม่ถูกต้อง หรือไม่เรียบร้อย ผู้รับเหมาต้องดำเนินการเปลี่ยนหรือแก้ไขให้ถูกต้อง โดยค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น ผู้รับเหมาต้องเป็นผู้รับผิดชอบ

8.3 ในกรณีที่เครื่อง วัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ เกิดชำรุดเสียหายหรือเสื่อมคุณภาพอันเนื่องมาจากข้อผิดพลาดของผู้ผลิต หรือการติดตั้งในระหว่างเวลารับประกัน ผู้รับเหมาต้องดำเนินการเปลี่ยนหรือแก้ไขให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดีเช่นเดิมโดมมิชักช้า

8.4 ผู้รับเหมาต้องดำเนินการโดยทันทีที่ได้รับแจ้งจากเจ้าของโครงการให้เปลี่ยน หรือ

แก้ไขเครื่องอุปกรณ์ตามสัญญารับประกัน มิฉะนั้นเจ้าของโครงการสงวนสิทธิ์ที่จะจัดหาผู้อื่นมาดำเนินการ โดยค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นผู้รับเหมาต้องเป็นผู้รับผิดชอบ