55th
MITR
SINCE 1968

ครบรอบ 55 ปี MITR

MITR Technical Consultant Co.,Ltd.
บริษัท มิตรเทคนิคัลคอนซัลแท้นท์ จำกัด

www.mitr.com

55th MITR SINCE 1968

MEP Consulting Services

ด้วยประสบการณ์ 55 ปี

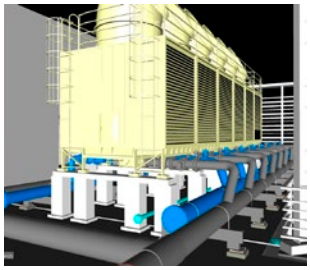
บริษัท มิตรเทคนิคอลคอนซัลแท้นท์ จำกัด
เป็นบริษัทที่ปรึกษาด้านวิศวกรรมที่ดำเนินกิจการมาอย่างยาวนานแห่งหนึ่งของไทย

MFP Design and Construction Management
ออกแบบและบริหารงานก่อสร้าง งานระบบวิศวกรรม สำหรับอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม

- **ระบบประกอบอาคาร:** ระบบไฟฟ้า, ระบบปรับอากาศและระบบระบายอากาศ ,ระบบสุขาภิบาล และระบบป้องกันอัคคีภัย (Electrical system, Air conditioning and Ventilation system, Sanitary and Fire protection system)
- **ระบบไฟฟ้าแรงสูง และสถานีไฟฟ้า** (High Voltage system and Substation)
- **ระบบผลิตน้ำประปา** (Water Plant system) และ **น้ำร้อน** (Hot water system)
- **ระบบบำบัดน้ำเสีย** (Wastewater Treatment Plant)
- **ระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน** (Elevator and Escalator system)
- **ระบบวิศวกรรมสำหรับศูนย์ข้อมูลคอมพิวเตอร์** (Data Center)
- **ระบบวิศวกรรมสำหรับสนามบินและอาคารผู้โดยสาร**
- **ระบบวิศวกรรมพิเศษ** ได้แก่ Clean room, Compressed air, ระบบ Energy storage, ระบบ Cold room
- **งานระบบวิศวกรรมสำหรับอาคารเขียว** (M&E for Green Building)

Energy Consultant
งานที่ปรึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงาน ระบบจัดการพลังงาน และฝึกอบรม

- **การจัดทำระบบจัดการพลังงาน** (Energy Management System)
- **ประเมินค่าการอนุรักษ์พลังงาน (BEC) เพื่อการขออนุญาตสำหรับช่วงยื่นใบขออนุญาตก่อสร้างอาคาร (อ.๑) และช่วงยื่นขอใบรับรองของการก่อสร้างอาคาร (อ.๖)**
- **การตรวจสอบและรับรองระบบการจัดการพลังงานตามกฎหมาย**
- **ที่ปรึกษาในการปรับปรุง/เปลี่ยนแปลง/ติดตั้งอุปกรณ์งานระบบที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน** ได้แก่ Chiller, Boiler, Air Compressor, ระบบ VSD (Variable Speed Drive)
- **วิเคราะห์หาค่า Energy Index และ Energy Cost**
- **การตรวจวัดเพื่อวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องจักร** เช่น Chiller, Boiler และอื่นๆ
- **การจัดทำเอกสาร และประสานงานในการขอรับการสนับสนุนจากกองทุนเพื่อการอนุรักษ์พลังงานต่างๆ** เช่น โครงการสิทธิประโยชน์ทางภาษี
- **การฝึกอบรมด้านการอนุรักษ์พลังงาน**



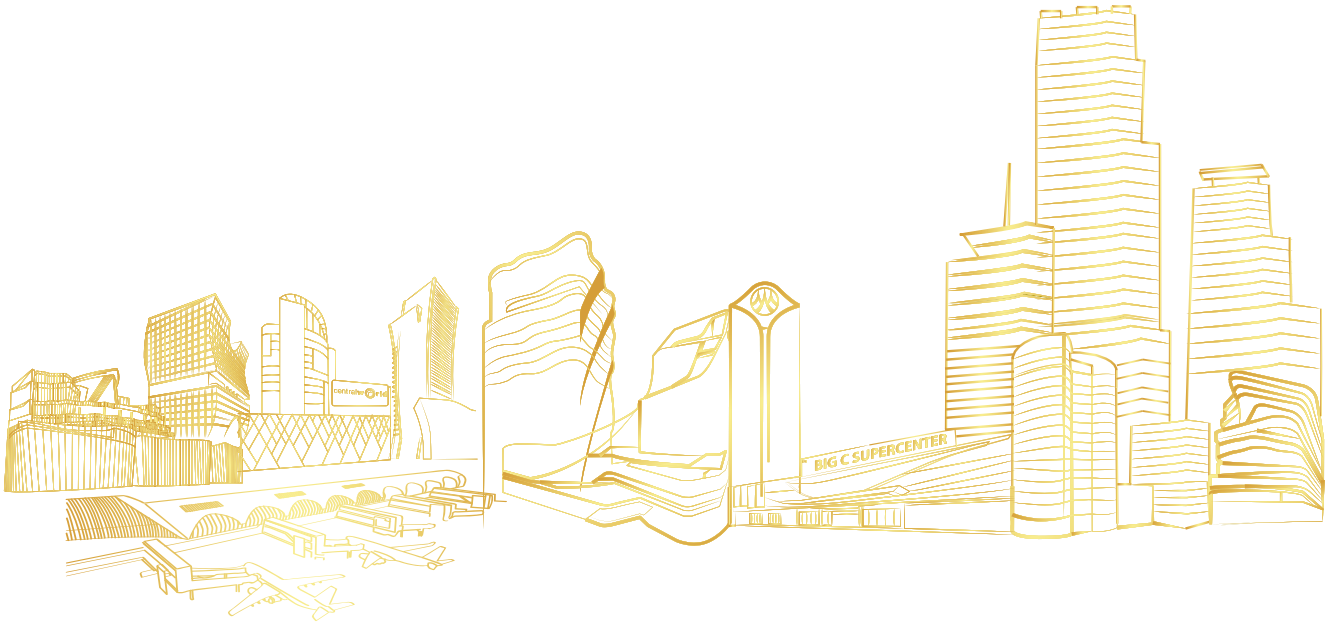
MITR
www.mitr.com

MITR Technical Consultant Co.,Ltd.
1168/8 12th Floor, Lumpini Tower, Rama IV Rd.,
Thungmahamek, Sathorn, Bangkok 10120, Thailand
Tel : +66-2679-9079-84 Fax : +66-2679-9085
E-mail : mitr@mitr.com

Certificate Number TH01 / 4886
Certificate Number TH01 / 4887

สารบัญ

สาส์นจากประธานกรรมการ	03
คำนำ และสาส์นจากกรรมการผู้จัดการ	04
Board of Directors	05
Management Team	06
บริษัทมิตรฯ กับประสบการณ์ 55 ปี ในวงการวิศวกรรมของไทย	07
History Timeline	12
Data Center การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	14
ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารสำนักงาน LEED & WELL	19
การออกแบบระบบ HVAC สำหรับ LABORATORY	24
ระบบลิฟต์ตามกฎหมายใหม่ในปี 2566	26
หลักการติดตั้งคอนเดนซิ่งยูนิต (CDU) ให้ได้ประสิทธิภาพ	28
ระบบท่อลมรับ-ส่งเอกสารและพัสดุทางการแพทย์	31
เทรนด์ของ Data Center ในปัจจุบัน	34
การออกแบบระบบไฟฟ้าภายในโรงพยาบาล	38
การออกแบบสถานีไฟฟ้าย่อย (Substation) สำหรับอาคารที่ใช้ไฟฟ้าสูงมาก	41
การออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกสิ่งปลูกสร้างและภายในสิ่งปลูกสร้าง	44
การจัดเตรียมระบบสุขาภิบาลในโรงพยาบาล	51
ปัญหางานโรงแรมที่พบประจำ ทั้งอาคารเดิมและอาคารใหม่	54
ระบบบำบัดน้ำเสีย สำหรับโรงพยาบาล	57
ระบบผลิตน้ำร้อนด้วย Heat Pump	61
ข้อแนะนำของโครงการที่ได้รับการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม EIA	63
ข้อแตกต่างระหว่าง เกณฑ์อาคารเขียว USGBC (LEED) กับ เกณฑ์อาคารเขียวไทย (TREES)	66
การหาขนาด Control Valve	70
เทคนิคการควบคุมความชื้นสำหรับโรงพยาบาล	73
การออกแบบห้องคลีนรูม (Cleanroom Design) ต้องคำนึงถึงอะไรบ้าง	78
การควบคุมความดันของห้องพิเศษความดันบวก-ลบ	82
Ground Fault Protection	86



ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำหรับโรงแรม Information Communication Technology for Hotel 90

แนวการติดตั้งระบบ EV Charger ประเภทต่างๆ 98

การออกแบบระบบโซล่าเซลล์เบื้องต้น 105

การป้องกันละอองน้ำมันจากการทำอาหารติดที่ท่อลมระบายอากาศครัว 110

ระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับศูนย์การค้าขนาดใหญ่หรือโครงการที่มีพื้นที่จำกัด 114

การออกแบบโรงแรมและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง 118

แนวทางการจัดเตรียมระบบดับเพลิงในศูนย์การค้า 122

การจัดเตรียมและตรวจสอบงานก่อสร้างร้านอาหารในศูนย์การค้า 126

ระบบสระว่ายน้ำ 131

ระบบท่อลมในอาคาร 136

การเปลี่ยนแปลงการทำงานไปสู่ BIM 140

การพัฒนาบุคลากรสู่ BIM 143

แนวทางการทำงานระบบ BIM 145

การตรวจสอบ CLASH 147

เทคโนโลยี BIM กับการพัฒนางานระบบวิศวกรรม 150

การจัดการข้อขัดแย้งในโครงการก่อสร้าง 152

การจัดการเงื่อนไขในสัญญาโครงการก่อสร้าง 156

การบริหารงานก่อสร้างด้วย BIM 164

Bar Chart 170

การทดสอบอุปกรณ์ระบบทำน้ำเย็น (Testing Wnd Commissioning Chiller Equipment-System) 175

การปรับสมดุลปริมาณลม AHU & FCU & Ventilation Fan 188

การหาขนาดของสายไฟฟ้า 194

GROUNDING 202

การก่อสร้างระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟและโถงลิฟต์ดับเพลิง 207

กฎหมายด้านการตรวจสอบระบบไฟฟ้าประจำปี 213

การประหยัดพลังงานในอาคาร 217

การประเมิน BEC รายระบบ 221

การเลือกใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ชนิด Low Harmonics 226

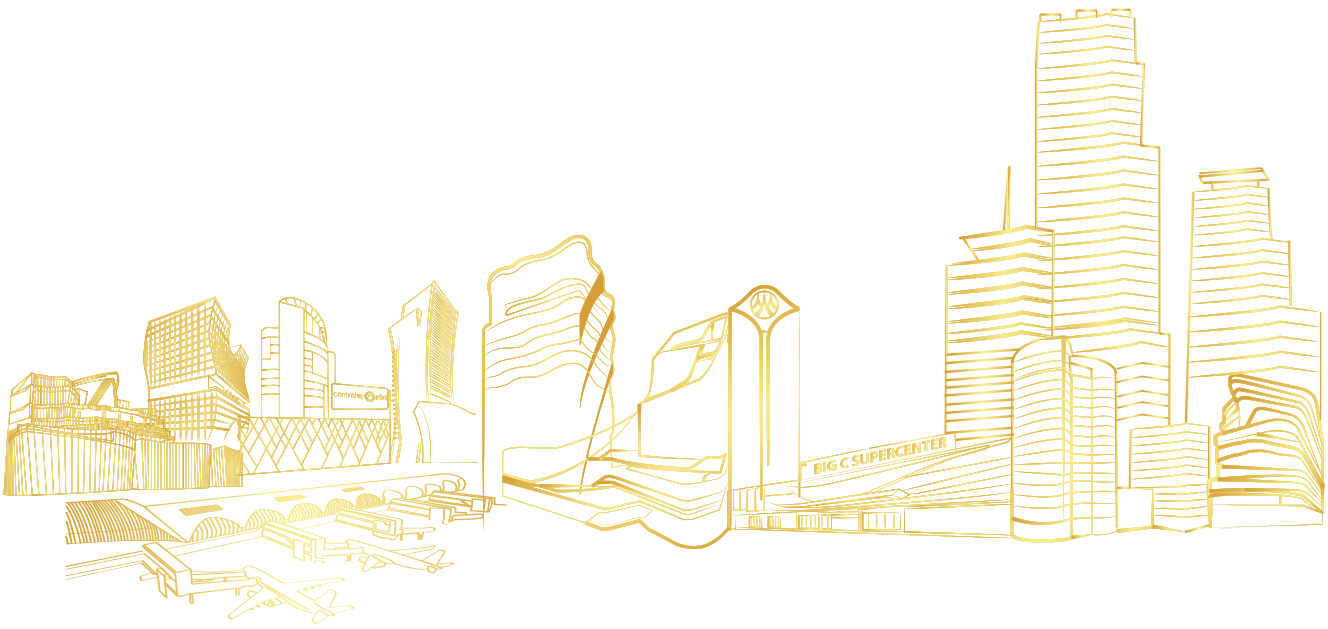
ความปลอดภัยในการควบคุมงานก่อสร้างอาคารภาครัฐ 228

การตรวจวัดการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้า 234

การใช้พลังงานในอาคารประเภทศูนย์การค้า 241

ระบบ e-Sevice ภาครัฐฯ รองรับคำขอตามกฎหมายอนุรักษ์พลังงาน 244

การลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย 247



สาส์นจาก ประธานกรรมการ

คุณพารณ อิศรเสนา ณ อยุธยา
ประธานกรรมการ
วฟก. 69, วก. 7, วอ. 72

ผมในฐานะผู้ร่วมก่อตั้งบริษัทมิตรเทคนิคัลคอนซัลแท้นท์จำกัด ได้เห็นพัฒนาการของบริษัทฯ ตั้งแต่แรกเริ่ม เป็นเวลากว่า 50 ปี ที่ผมได้ผลักดันค่านิยมต่างๆ ที่เป็นสากลและเป็นประโยชน์ต่อองค์กรมาโดยตลอด เริ่มต้นจากการตั้งมั่นใน**หลักธรรมาภิบาลที่ดี** (Good Corporate Governance) และการใช้ระบบจัดการคุณภาพ **Total Quality Management system** (TQM) เพื่อเพิ่มผลิตภาพทั่วทั้งองค์กร ซึ่งต่อมาได้ถูกทดแทนด้วยระบบบริหารคุณภาพ ISO9001-2000 และได้มีการใช้งานและพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบันที่เป็นเวอร์ชั่น ISO9001:2015

รวมถึงการนำแนวคิด **Constructionism** มาใช้ (ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง) เพื่อพัฒนาคนรุ่นใหม่ เนื่องจากเด็กรุ่นใหม่มีความคิดสร้างสรรค์ มีความเป็นตัวของตัวเอง ระบบความคิดที่มาจากความอยากรู้อยากเห็นภายในของแต่ละบุคคลจะมีความยั่งยืนกว่าการใส่ความรู้เข้าไปให้เขาเพียงฝ่ายเดียว

และเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว รุนแรง และกว้างขวางในโลกปัจจุบัน การมีค่านิยมที่ถูกต้องเปรียบเสมือนเครื่องมือขององค์กรในการปรับตัวรับมือกับการเปลี่ยนแปลง ทั้งในแง่เพื่อรองรับความต้องการของลูกค้าที่มีการเปลี่ยนแปลงโดยตลอด การบริหารจัดการทรัพยากรบุคคลให้มีคุณภาพและมีความสุขในการทำงาน รวมไปถึงความมั่นคงทางการเงินของบริษัทฯ ที่จะต้องเพียงพอในการรับมือกับสถานการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ตามการบริหารความเสี่ยงที่บริษัทมิตรฯ ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง บริษัทมิตรฯ จะต้องขยายงานไปยังธุรกิจใหม่ๆ (**Diversification**) ให้มีความแตกต่างอยู่เสมอ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันของตนเอง

ในโอกาสครบรอบ 55 ปีของบริษัทมิตรฯ ผมขอแสดงความยินดี และมีความภาคภูมิใจที่บริษัทฯได้เป็นส่วนหนึ่งในความสำเร็จของโครงการต่างๆ ไม่มากก็น้อย และขอให้บริษัทฯ ยึดมั่นในคุณธรรม และจรรยาบรรณแห่งวิชาชีพอย่างมั่นคงสืบไป

คำนำ และสาส์น
จากกรรมการผู้จัดการ

วิโรจน์ เมล์ลุสกุล
วฟก. 852
กรรมการผู้จัดการ

หนังสือฉบับนี้นั้นเกิดขึ้นเพื่อให้เป็น อนุสรณ์แห่งความภาคภูมิใจในโอกาสที่บริษัทมิตรเทคนิคัลคอนซัลเท้นท์ จำกัด ได้ให้บริการธุรกิจที่ปรึกษางานระบบวิศวกรรมต่อเนื่องยาวนานมาถึง 55 ปี ในปี 2566 นี้ นั้นจึงให้ทางทีมงานแต่ละฝ่ายได้รวบรวมความรู้ และประสพการณ์งานระบบต่างๆ ที่ได้ดำเนินการทำมา ซึ่งเป็นประสบการณ์ที่ผ่านการทำงานมาจริง เพื่อนำมาเผยแผ่ให้กับผู้ที่มีความสนใจ ลูกค้า และผู้เกี่ยวข้องกับงานระบบวิศวกรรมได้ศึกษาและนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อวงการอุตสาหกรรมก่อสร้างของประเทศไทยต่อไป

หนังสือครบรอบ 55 ปี ฉบับนี้นั้นจะประกอบไปด้วยบทความที่น่าสนใจ 55 เรื่อง ที่สามารถ สรุปเป็นกลุ่มได้ดังนี้

- บทความที่เกี่ยวกับการออกแบบ DATA CENTER
- การออกแบบระบบอาคารให้สอดคล้องกับมาตรฐาน LEED WELL และอาคารเขียวไทย
- การออกแบบในโรงพยาบาล
- การออกแบบให้สอดคล้องกับกฎหมายใหม่
- การออกแบบในศูนย์การค้า
- การทำงานด้วยระบบ BIM ตั้งแต่เริ่มโครงการจนโครงการเปิดใช้งาน
- การควบคุมงานและการบริหารงานก่อสร้าง และการตรวจสอบงานต่างๆ ในการก่อสร้าง
- การตรวจสอบและรับรองระบบไฟฟ้า และบริภัณฑ์ไฟฟ้า
- การประเมินค่าพลังงาน (BEC)
- ตัวอย่างการปรับปรุงระบบการทำน้ำเย็น

บทความเหล่านี้นั้นทางบริษัทเชื่อมั่นว่าจะมีประโยชน์ให้กับผู้ที่มีความสนใจเป็นอย่างมาก และต้องขอขอบคุณ ผู้ที่มีส่วนร่วมต่างๆ ในการจัดทำหนังสือฉบับนี้ขึ้นมา ซึ่งทุกท่านล้วนเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีความตั้งใจในการถ่ายทอด เพื่อตอบแทนสังคมและวงการวิศวกรรมไทย บริษัทฯขอขอบคุณลูกค้า และขอสัญญาว่า เราจะเป็นบริษัทที่ปรึกษางานระบบที่มีการพัฒนาต่อเนื่อง ซื่อสัตย์ อยู่คู่กับวงการวิศวกรรมของประเทศไทยต่อไป

Board of Directors

1. คุณพารณ อิศรเสนา ณ อยุธยา	**Chairman**	5. ดร.เปาว์ ศรีประเสริฐสุข	Director
2. รศ.ดร.หริส สูตะบุตร	Vice Chairman	6. คุณปกรณ์ สุขุม	Director
3. คุณสุรวัฒน์ คงสิริ	Director	7. คุณวิโรจน์ เมล์ลุสกุล	President
4. คุณทวีป อัศวแสงทอง	Director		

Management Team

1

2

3

4

5

6

7

8

9

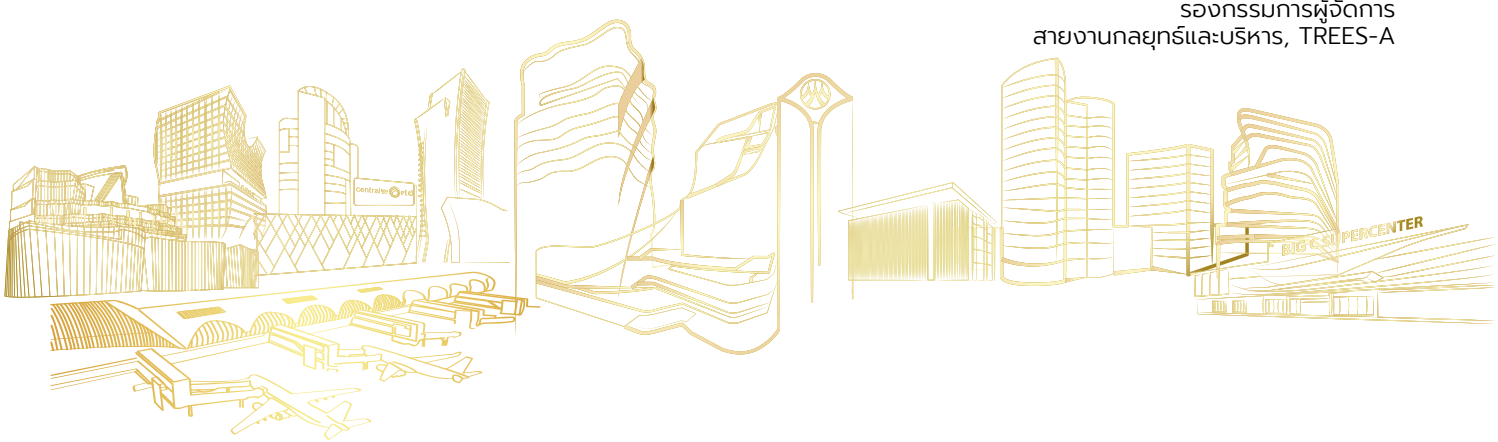
10

11

1. **คุณวิโรจน์ เมล์ลุสกุล**
   President
2. **คุณบดินทร์ ฐิติยสุข**
   Vice President Strategy & Administration
3. **คุณไพรัช มิตรมโนชัย**
   Vice President Construction Management
4. **คุณรัตนชัย รัศมีเวสารัช**
   Vice President Design 1
5. **คุณประพุธ พงษ์เลาหพันธุ์**
   Vice President Design 2
6. **คุณคมสัน พงษ์ไพบูลย์**
   Electrical Division Manager (Design 1)
7. **คุณวรนาถ เกิดสุข**
   Mechanical, Sanitary & Fire protection Division Manager (Design 2)
8. **คุณสุภัทร บูรณวิทย์**
   Electrical Division Manager (Design 1)
9. **คุณวิทยา แซมมณี**
   Construction Management 2 Division Manager
10. **คุณเพิ่มเกียรติ กาญจนบุญเจริญ**
    Construction Management 1 Division Manager
11. **คุณสายรุ้ง เชาวนะ**
    Administration Division Manager

บริษัทมิตรฯ กับประสบการณ์ 55 ปี ในวงการวิศวกรรมของไทย

บดินทร์ ฐิติยสุข สฟก. 3007
รองกรรมการผู้จัดการ
สายงานกลยุทธ์และบริหาร, TREES-A



บริษัทมิตรเทคนิคัลคอนซัลแท้นท์จำกัดได้ให้บริการครบ 55 ปี ในเดือนธันวาคม 2566 ซึ่งถือได้ว่าเป็นบริษัทที่ปรึกษาด้านวิศวกรรมที่ได้ดำเนินกิจการมาอย่างยาวนานอีกแห่งหนึ่งของไทย

40 MITR YEARS SINCE 1968

"MITR appreciates the presence of all distinguished guests and business associates who attended the celebration ceremony on 26 April 2009."

2009 is another historic year for MITR. Not only has the company achieved another important milestone that confirms its continuous progress and development – the celebration of 40 years of success and development – but it also celebrates the opening of its new business premises. These special occasions are sources of a great sense of achievement amongst everyone involved with the company, not least the management and staff.

Located on the 22nd floor of Lumpini Tower, Rama IV Road, MITR's new premises will better accommodate the company's expanding workforce and will house two high-profile departments – Energy System Analysis & Energy Management and Supervision of M&E Engineering Systems.

บริษัทได้ฉลองครบรอบ 40 ปี ในวันที่ 22 เมษายน 2552 โดยท่านประธานและรองประธานได้ย้ำจุดยืนของบริษัทมิตรฯ นั่นคือ Integrity ซึ่งเป็นหัวใจในการให้บริการงานวิศวกรรม ซึ่งหมายถึงความซื่อสัตย์ซื่อตรงต่อตนเองและผู้อื่น ด้วยเกียรติของวิชาชีพวิศวกร

ภายในงานคุณทวีป อัศวแสงทอง กรรมการผู้จัดการของบริษัทมิตรฯ ในช่วงเวลานั้น ได้เน้นย้ำถึงความซื่อสัตย์ซื่อตรงต่อจรรยาบรรณวิชาชีพเป็นคุณค่าสำคัญขององค์กร รวมไปถึงหลักการ SMART ซึ่งได้แก่ Service Mind, Good Management, Active, Reliability, Teamwork อันจะทำให้บริษัทมิตรฯ สามารถสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าด้วยผลงานเชิงประจักษ์

จากนั้นวันที่ 22 เมษายน 2562 บริษัทมิตรฯได้จัดงานครบรอบ 50 ปี ที่ห้องแกรนด์บอลรูม โรงแรมโรงแรมอินเตอร์คอนติเนนตัล กรุงเทพ โดยทางบริษัทมิตรฯ ได้เชิญแขกผู้มีเกียรติ ลูกค้า และผู้ร่วมวงการ โดยในงานได้มีการจัดแสดงผลงานที่ภาคภูมิใจของเรา การนำเสนอรูปแบบของการใช้งาน Virtual Reality ของ AutoDesk รวมไปถึงการเสวนาเรื่อง Strengthening Thailand through Disruptive Technologies โดยดร.ทวีศักดิ์ กออนันตกูล อดีตผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (NSTDA)

ท่านประธานกรรมการ คุณพารณ อิศรเสนา ณ อยุธยา ได้เน้นย้ำถึงการรับมือกับการเปลี่ยนแปลง อันเป็นแนวทางหลักที่บริษัทมิตรฯ จะต้องพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องให้ทันกับโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

จากนั้น ในวันที่ 30 มีนาคม 2566 บริษัทมิตรฯ ก็ได้ส่งผ่านไปยังกรรมการผู้จัดการคนใหม่อีกครั้ง โดยคุณวิโรจน์ เมล์ลุสกุล ซึ่งเป็นวุฒิวิศวกรไฟฟ้า และรองกรรมการผู้จัดการได้รับการแต่งตั้งเป็นกรรมการผู้จัดการแทน คุณทวีป อัศวแสงทองซึ่งได้เกษียณอายุการทำงานแต่ยังคงเป็นที่ปรึกษาให้กับบริษัทฯ

คุณวิโรจน์ได้ให้แนวทางในการทำงานของบริษัทมิตรฯ ว่า เราจะต้องให้บริการอย่างมืออาชีพ พร้อมด้วยทีมงานที่ได้รับการพัฒนาให้มีศักยภาพ

เมื่อมองย้อนไปยังยุคก่อตั้งบริษัทมิตรฯ จากหนังสือเรื่องเล่าชาวมิตร (ที่ท่านสามารถโหลดได้ ณ Link นี้) ซึ่งเรียกได้ว่าเป็นหนังสือที่ได้แสดงให้เห็นถึงรากเหง้าของบริษัทมิตรฯ ในช่วงก่อตั้ง ได้แสดงให้เห็นว่า ผู้ที่มีความรู้ความสามารถในยุคก่อน ได้ให้ความสำคัญต่องานวิศวกรรมเป็นอย่างมากในฐานะเครื่องจักรสำคัญในการขับเคลื่อนประเทศให้มีความก้าวหน้า ภาคอุตสาหกรรมก่อสร้างซึ่งเป็นอีกภาคส่วนของงานวิศวกรรมก็เปรียบเสมือนเครื่องมือหลักในการสร้างโครงสร้างพื้นฐานของประเทศ รวมไปถึงอาคารและโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อรองรับการดำเนินธุรกิจ

บริษัทมิตรฯ ได้มีส่วนร่วมกับสังคมไทยและภาคอุตสาหกรรมก่อสร้างมาโดยตลอด โดยเฉพาะในส่วนของงานวิศวกรรมระบบฯ ในช่วงเริ่มต้นงานวิศวกรรมระบบฯจะเน้นไปทางงานระบบรองรับการก่อสร้างโรงงานอุตสาหกรรมตามการลงทุนจากนักลงทุนเพื่อการบริโภคภายในประเทศและส่งออก ต่อมาเมื่อเมืองมีการขยายตัวมากขึ้น งานอาคารก็มีการพัฒนามากขึ้นรองรับวิถีของคนเมือง ไม่ว่าจะเป็นสำนักงาน หรือ ร้านค้าร้านอาหารต่างๆที่ต่อมาพัฒนาเป็นศูนย์การค้า ในอดีตงานวิศวกรรมระบบอาจจะไม่ได้รับความสำคัญมากนัก แต่ต่อมา ผู้พัฒนาโครงการจะเริ่มเข้าใจแล้วว่า งานวิศวกรรมระบบฯ มีความสำคัญอย่างมากไม่แพ้ส่วนอื่น และยังเป็นส่วนที่ผลกับการใช้งานและสร้างมูลค่าให้กับกิจการของตนอีกด้วย

ปัญหาภาวะโลกร้อนและปัญหาด้านพลังงานเป็นตัวเร่งให้ผู้พัฒนาโครงการมีมุมมองที่กว้างขึ้นนอกเหนือจากการดำเนินธุรกิจ พลังงานกลายมาเป็นต้นทุนหลักในการประกอบการ การมาถึงของอาคารเขียวทำให้ภาพของงานระบบวิศวกรรมชัดขึ้นเพราะเป็นแนวทางแก้ปัญหาที่ยั่งยืน

บริษัทมิตรฯ ได้มีส่วนร่วมในการออกแบบโครงการที่เป็นอาคารเขียวหลายโครงการซึ่งล้วนแต่เป็นโครงการชั้นนำของประเทศไทย ได้แก่ Energy Complex ซึ่งได้รับการรับรอง LEED ระดับ Platinum แห่งแรกของไทย อาคาร SCG100 ปี ซึ่งได้รับการรับรอง LEED ระดับ Platinum เช่นกัน

จวบจนโครงการ Sindhorn Village ซึ่งเป็นกลุ่มอาคารขนาดใหญ่บริเวณหลังสวนอันประกอบด้วย Sindhorn Kempinski Hotel, Sindhorn Residence, Kimpton Maa-Lai Bangkok Hotel ฯลฯ ซึ่งล้วนได้รับการรับรอง LEED ในระดับ Silver และ Gold ส่งผลให้ Sindhorn Village ซึ่งเป็นโครงการ Mixed-Use ที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย และใหญ่ที่สุดแห่งหนึ่งในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเป็น LEED Campus ที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย บนพื้นที่กว่า 42 ไร่ ใจกลางกรุงเทพฯ เป็นโครงการแรกในประเทศไทยที่ทุกอาคารในโครงการ ทั้งอาคารที่พักอาศัยและโรงแรม ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน LEED

นอกจากนี้ บริษัทมิตรฯก็ยังได้มีส่วนร่วมในการให้บริการงานออกแบบงานวิศวกรรมระบบสำหรับงานโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) ของประเทศไทย เช่น งานออกแบบ **Satellite Terminal ของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ (SAT1)** ซึ่งเป็น Satellite Terminal แห่งแรกของไทย และมีการเชื่อมโยงกับ Main Terminal ด้วยรถไฟฟ้า APM (Automatic People Mover) ซึ่งทำให้รองรับผู้โดยสารเพิ่มจาก 45 ล้านคน/ปี เป็น 60 ล้านคน/ปี

ปัจจุบัน บริษัทมิตรฯ กำลังอยู่ในช่วงออกแบบงานวิศวกรรมระบบฯของ Terminal 3 ของท่าอากาศยานดอนเมือง ซึ่งเมื่อแล้วเสร็จและเปิดให้บริการ จะทำให้รองรับผู้โดยสารเพิ่มจาก 40 ล้านคน/ปี เป็น 50 ล้านคน/ปี

เบื้องหลังความสำเร็จในการให้บริการ เราต้องอาศัยบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถ บริษัทมิตรฯ ได้ใช้**ระบบบริหารคุณภาพ ISO9001-2015** เป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการ รวมไปถึงการพัฒนาบุคคลากร (Human Resource Development) ด้วยระบบ **Internal Knowledge Center** ทำให้วิศวกรมีเครื่องมือในการพัฒนาตนเองให้มีศักยภาพ มีความรู้เท่าทันโลกยุคใหม่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

บริษัทมิตรฯได้มีการส่งเสริมให้พนักงานมีการเลื่อนระดับ จนทำให้เรามีวุฒิวิศวกรมากถึง 15 คน และสามัญวิศวกร 41 คน เพื่อให้ลูกค้ามั่นใจทั้งในแง่ความรู้ และความสอดคล้องตามกฎหมายว่าด้วยขอบเขตการทำงานของวิศวกรของสภาวิศวกร

นอกจากนี้ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่ดึงดูดการลงทุนจากต่างชาติ ทำให้มาตรฐานของในบางโครงการ จำเป็นต้องสอดคล้องตาม**มาตรฐานสากล เช่น LEED, WELL หรือ มาตรฐานของ Uptime Institute รวมไปถึงมาตรฐาน TREES** ของสถาบันอาคารเขียวไทย ซึ่งกลายเป็นมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน

ด้วยประสบการณ์ 55 ปี ในวงการวิศวกรรมของไทย พร้อมด้วยทีมงานและระบบการทำงาน ISO 9001-2015 และระบบการพัฒนาบุคลากรของเรา บริษัทมิตรฯ มีความมั่นใจและพร้อมที่ส่งมอบบริการเพื่อความพึงพอใจของลูกค้าสูงสุด ด้วยความซื่อสัตย์ซื่อตรงต่อจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรของเราเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาประเทศให้เจริญมั่นคงสืบไป

History Timeline

MITR ได้ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2511 โดยกลุ่มวิศวกร และสถาปนิกผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งสำเร็จการศึกษาจาก สถาบัน MIT (Massachusetts Institute of Technology)

2511

ออกแบบ
อาคารศูนย์
(MBK C
ทำความ
(Centraliz

2511

2514

พนักงานมิตรเทคนิคัลคอนซัลแท้นท์ จำกัด (MITR) ได้รับการรับรองให้เป็น Accredited Tier Designer (ATD) และ Accredited Tier Specialist (ATS) จาก Uptime Institute ที่เป็นองค์กรระดับโลกในการตรวจรับรอง Data Center

ออกแบบระบบวิศวกรรมสำหรับโรงงานอาหารสยาม โรงงานผลิตอาหารยุคบุกเบิก ซึ่งเน้นแปรรูปสับปะรดที่เป็นวัตถุดิบสำคัญ

ได้จัดงานครบร
กิจการที่ปรึกษา
การทำงา
S-S
M-Goo

R
T-

2555

2553

อาคาร SCG 100 ปี ได้รับการรับรอง LEED ระดับ Platinum อาคารที่ 3 ของประเทศไทย และได้รางวัล Thailand Energy Award อาคาร SCG 100 ปี มีระบบอาคารที่ทันสมัย ใช้ระบบ Energy Storage กักเก็บความเย็นโดยผลิตน้ำเย็นในช่วงกลางคืนที่ค่าไฟฟ้าต่ำกว่าช่วงปกติ

ได้รับการรับรองตาม ISO9001:2208 โดย SGS ซึ่งเป็นเวอร์ชันเพิ่มเติม รองรับธุรกิจการให้บริการมากขึ้น ซึ่งเดิมจะเน้นไปทางอุตสาหกรรม

ออกแบบงาน
เครื่องบินรอง
ขยายของท่า
รองรับการขย
อาคารเขี้ยว

2557

2558

LEED Platinum
Core & Shell
2014
85/110 points

ออกแบบงานระบบของ Emquatier-Helix ซึ่งเป็นอาคารที่มีเอกลักษณ์ มีลักษณะเป็นเกลียว (Helix) เพิ่มความเชื่อมโยงพื้นที่ใช้สอยในแต่ละชั้น โดยมีการออกแบบระบบวิศวกรรมที่ซับซ้อนกว่าอาคารปกติ

งานระบบประกอบ
ย์การค้ามาบุญครอง
enter) ซึ่งใช้ระบบ
เย็นแบบส่วนกลาง
e Cooling System)

ได้รับใบอนุญาตจากสภาวิศวกร
ในการดำเนินงานด้านบริษัท
ที่ปรึกษาตามพระราชบัญญัติ
วิศวกร พ.ศ. 2524

2524

รอบ 40 ปี ในการดำเนิน
า ซึ่งได้กำหนดแนวคิดใน
น “MITR SMART”
Service mind
od management
A-Active
-Reliability
-Teamwork

2538

- นำระบบ TQM (Total Quality Management) มาใช้ในการจัดการระบบขององค์กร
- ได้รับใบอนุญาตในการดำเนินงานด้านที่ปรึกษาพลังงาน นับเป็นที่ปรึกษากลุ่มแรกๆ ที่มีการให้บริการครบวงจรด้านวิศวกรรม คือ ออกแบบ

2543

ได้รับการรับรองตาม
ISO 9001:2000 โดย
SGS และใช้ระบบ ISO 9001
นี้ทดแทน TQM

2544

- ออกแบบ Dusit Central Park ซึ่งเป็น Mixed Use ขนาดใหญ่ ใจกลางกรุงเทพมหานคร
- ออกแบบ Satellite Terminal ซึ่งเป็น Terminal แบบ Satellite แห่งแรกของไทย

2548

- ได้รับใบอนุญาตในการดำเนินงานด้านตรวจสอบอาคารและโรงงาน
- ออกแบบงานระบบอาคาร Energy Complex โดยในปี 2553 ได้รับการรับรอง LEED ระดับ Platinum เป็นอาคารแรกของไทย

2552

ะบบสำหรับอาคารเทียบ
หลังที่ 1 ซึ่งเป็นส่วน
อากาศยานสุวรรณภูมิ
ายตัวของประเทศ เป็น

2559

2562

- ครบรอบ 50 ปี ของบริษัทฯ ที่ได้ดำเนินกิจการด้านวิศวกรรม พร้อมด้วยแนวทางการให้บริการที่ยั่งยืนด้วยการพัฒนาบุคลากร
- ควบคุมและบริหารงานก่อสร้างในส่วนงานระบบวิศวกรรมของ ICON SIAM ซึ่งเป็น Landmark แห่งใหม่ของกรุงเทพมหานคร

2566

- ออกแบบ Terminal 3 ท่าอากาศยานดอนเมือง เพื่อรองรับการเพิ่มขีดความสามารถของประเทศไทย
- ครบรอบ 55 ปี ของบริษัทฯ ที่พร้อมให้บริการที่ปรึกษาด้วยงานวิศวกรรมที่ครบวงจร และทันสมัย

รัตนชัย รัศมีเวสารัช วก.937
รองกรรมการผู้จัดการ-สายงานออกแบบ 1
งานระบบวิศวกรรมเครื่องกล
Accredited Tier Specialist ATS 432, LEED-AP

Data Center
การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ในโลกยุคดิจิทัลเราพึ่งพาการใช้ Computer, Mobile phone, Internet เป็นอย่างมากในการทำงาน ติดต่อสื่อสาร ทำธุรกรรม ความบันเทิงฯ ข้อมูลทั้งหลายเหล่านี้จะเชื่อมโยงกันในเครือข่ายตั้งแต่ภายในระดับองค์กรจนถึงระดับระหว่างประเทศผ่านระบบโทรคมนาคม โดยมีศูนย์ข้อมูล (Data Center) ในที่ต่างๆ ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นหัวใจที่ทำหน้าที่รับ/จัดเก็บ/ประมวลผล/ส่งต่อข้อมูลอยู่ตลอดเวลา Data center เหล่านั้นจะต้องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่ขัดข้อง มีความเชื่อถือได้สูง ทั้งนี้จะต้องมาจากการถูกออกแบบ ก่อสร้าง รวมถึงการดำเนินการที่มีมาตรฐานสูง

ในด้านการใช้พลังงาน Data Center จัดว่าเป็นอาคารหรือธุรกิจที่มีการใช้พลังงานสูงมาก จากข้อมูลของ IEA (International Energy Agency, USA) พบว่าสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของธุรกิจนี้สูงถึง 1-1.5% ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในโลกและคาดว่าจะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต สำหรับประเทศไทยจากข้อมูลของ BOI พบว่าบริษัทข้ามชาติชั้นนำที่สนใจจะมาตั้ง Data center ในไทยนั้น ส่วนหนึ่งนั้นเพราะมีความพร้อมของระบบไฟฟ้าที่มีความมั่นคง สามารถรองรับการดำเนินการ (ใช้ไฟฟ้ามาก) ได้เป็นอย่างดี ดังนั้น Data center กับการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพถือเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องคำนึงถึงตั้งแต่การออกแบบ เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

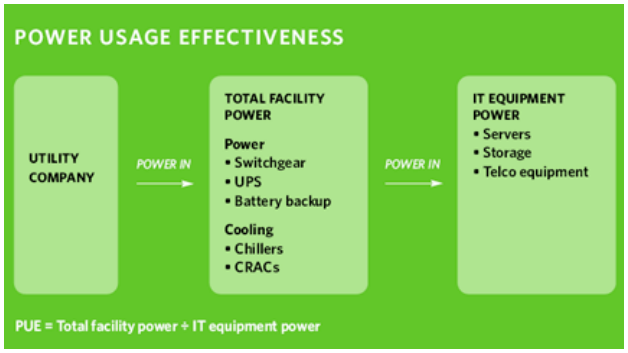
มาตรฐานทางพลังงานของ Data center

มาตรฐานสากลที่ใช้กัน ได้แก่ PUE และ ASHRAE 90.4 ดังนี้

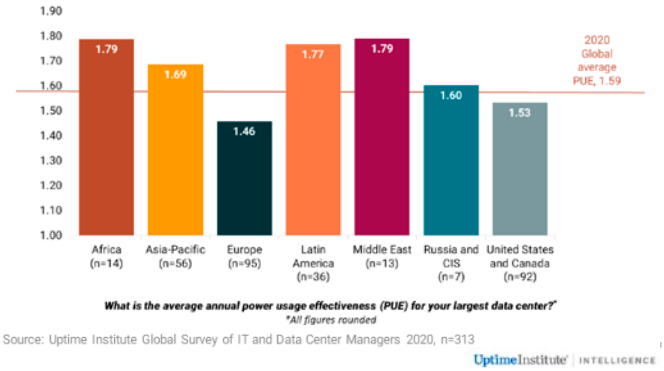
1. **Power Usage Effectiveness (PUE)**

   PUE มีที่มาจากองค์กร The Green Grid (https://www.thegreengrid.org) และพัฒนามาเป็น ISO/IEC 30134-2 :2016 โดย PUE จะเป็นค่าตัวเลขที่เป็นผลจากการใช้พลังงาน แต่จะไม่ได้กำหนดรายละเอียดการออกแบบ PUE เป็นตัวชี้วัดว่าในภาพรวมแล้ว Data Center หนึ่งๆ เมื่อรับพลังงานทั้งหมดเข้ามาแล้วจะส่งไปยังอุปกรณ์ IT ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด

$$PUE = \frac{\text{(Total Facility Energy or Power)}}{\text{(IT Equipment Energy or Power)}}$$



PUE = พลังงานขาเข้ามีค่าเป็นกี่เท่าของพลังงานที่ IT equipment ใช้



PUE แตกต่างกันตามที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ (Ref: UPTIME Institute)

แม้ว่าปัจจุบัน Data center จะมีระดับ Tier สูงขึ้นอดีตและน่าจะมีแนวโน้มในการใช้พลังงานสูงขึ้นอันเนื่องมาจาก Loss จากการมี Redundancy ในระบบ แต่กลับไม่เป็นเช่นนั้น ทั้งนี้เนื่องมาจากมีการพัฒนาอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นเรื่อยๆ เช่น UPS, Battery, CRAC/CRAH (Computer Room Air Conditioner/Handler), Chiller plant และอื่นๆ การจัดวางอุปกรณ์ IT ให้มีรูปแบบที่ถูกต้องเหมาะสม การเลือกวัสดุอาคารให้มีคุณสมบัติความเป็นฉนวนที่ดี การปรับแต่งสภาวะอากาศให้อยู่ในโซนสูงขึ้นแต่ยังอยู่ในขอบเขตที่ ASHRAE แนะนำ การบำรุงรักษาที่ดีและตลอดจนการใช้ระบบบริหารระบบสาธารณูปโภคศูนย์ข้อมูล (DCIM) เป็นผลให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. ASHRAE 90.4: Energy Standard for Data Centers

มาตรฐาน ASHRAE 90.4 จะกำหนด Minimum Efficiency และใช้คู่กับ ASHRAE 90.1 (Energy Standard for Sites and Buildings Except Low-Rise Residential Buildings) สำหรับในส่วนของงานอาคาร และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ASHRAE 90.4 จะกำหนดเกณฑ์การออกแบบของแต่ละอุปกรณ์ทั้งในงานระบบเครื่องกลและงานระบบไฟฟ้า ต้องมีค่าไม่เกินที่กำหนดไว้ในมาตรฐานที่เรียกว่า Annualized MLC (Mechanical Load Component) และ ELC (Electrical Loss Component) ทั้งนี้การนำมาใช้ยังมีข้อจำกัดในส่วนของค่า MLC ซึ่งในมาตรฐานได้ใช้ข้อมูลค่า Climate Zone ของประเทศสหรัฐอเมริกา แต่อย่างไรก็ตามเราสามารถนำวิธีการของมาตรฐานนี้มาใช้เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ Data Center ให้มีประสิทธิภาพได้

ASHRAE 90.4: Energy Standard for Data Centers

Maximum Annualized Mechanical Load Component (Annualized MLC)

Annualized MLC = (Mech_Energy 25% + 50% + 75% + 100%) / (ITE Energy 25% + …50% + …75% + ...100%) — *Climate zone dependent*

Mech_Energy X% = Total annual cooling energy + Pump energy + Heat rejection fan energy + AHU Fan energy

Electrical Loss Component (ELC)

- ***Incoming Electrical Service Segment***
- ***UPS Segment***
- ***ITE Distribution Segment***

ex. UPS Segment	Single Feed						Active Dual-Feed			
	(N)		(N+1)		(N+1)		(2N)		2(N+1)	
Operation Design Load, kW	100									
Installed Capacity, kW	100 (4x25kW)		125 (5x25kW)		150 (3x50kW)		200 2*(4*25kW)		250 2*(5*25kW)	
Operation Load, kW	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50
Operational Load, %	100%	50%	80%	40%	67%	33%	50%	25%	40%	20%
Efficiency, %	94.5%	93.0%	94.0%	93.0%	93.5%	92.0%	93.0%	89.5%	92.0%	89.0%
Maximim Design ELC, UPS Segment (ASHRAE 90.4)										
IT Design Load, %	100%	50%	100%	50%	100%	50%	100%	50%	100%	50%
Loss, %	6.5%	8.0%	6.5%	8.0%	6.5%	8.0%	8.0%	11.0%	8.0%	11.0%
Efficiency, %	93.5%	92.0%	93.5%	92.0%	93.5%	92.0%	92.0%	89.0%	92.0%	89.0%
Result :	**Within Design ELC as per ASHRAE 90.4**									

Building Envelope : comply with ASHRAE 90.1

Lighting : comply with ASHRAE 90.1

แนวทางการประเมินพลังงานตามมาตรฐาน ASHRAE 90.4

แนวทางการออกแบบระบบปรับอากาศเพื่อลดการใช้พลังงาน

ค่าพลังงานที่ใช้ใน Data center แบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือส่วนพลังงานที่ใช้จ่ายให้กับระบบ IT และส่วนที่จ่ายให้กับระบบ Facility ซึ่งในส่วนนี้ระบบปรับอากาศเป็นระบบที่ใช้พลังงานมากที่สุด ดังนั้นในการพัฒนาการออกแบบ Data center ที่ผ่านมาจึงได้เห็นวิธีการหรือแนวคิดการปรับปรุงการออกแบบระบบปรับอากาศในรูปแบบต่างๆ นอกเหนือจากการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพอุปกรณ์ทางไฟฟ้า เช่น UPS, Battery ทั้งนี้จุดประสงค์หลักก็เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดค่าใช้จ่ายทั้งในการลงทุนและดำเนินงานของ Data center โดยรวม

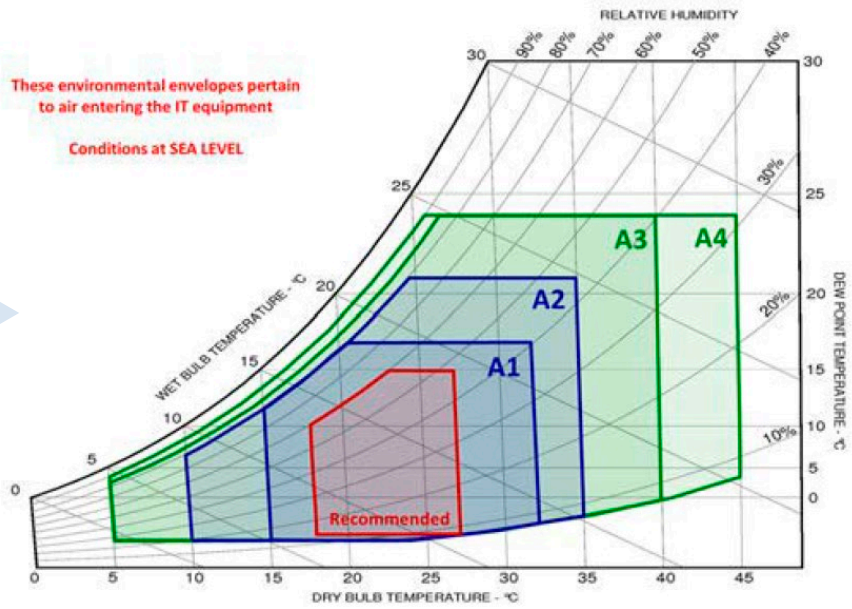
1. **การประเมินภาระความต้องการไฟฟ้าที่เหมาะสมของ Data Center**

   การประเมินภาวะความต้องการไฟฟ้าที่ถูกต้อง มีความสำคัญมาก และเป็นจุดเริ่มต้นของการมี Data Center ที่ประหยัดพลังงาน มีค่าก่อสร้างโครงการที่เหมาะสม และส่งผลต่อค่าใช้จ่ายดำเนินงานต่างๆ ในระยะต่อไป ความต้องการไฟฟ้าที่ถูกต้องนี้อาจมาจากการประเมินที่ได้คำนึงถึงสถิติการใช้ไฟฟ้าเดิมและการคาดการณ์การใช้ไฟฟ้าในอนาคต เช่น การขยายตัวทางธุรกิจ การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีของอุปกรณ์ IT ผนวกกับค่า Diversity ที่เหมาะสม การแบ่งการก่อสร้างเป็น Phasing (เช่น Day 1, Day 2, ..., Final Phase) เพื่อนำมาวางแผนการออกแบบ Infrastructure ให้มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับความต้องการ

2. **การกำหนดสภาวะทางความร้อนของ Data center**

   นอกเหนือจากตัวอุปกรณ์ IT แล้ว ระบบปรับอากาศจะมีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงสุด ถ้าระบบปรับอากาศถูกออกแบบหรือใช้งานอย่างไม่มีประสิทธิภาพอาจมีค่าการใช้พลังงานสูงกว่าพลังงานที่จ่ายไปยังอุปกรณ์ IT ซึ่งเป็นหัวใจเสียอีก

   ในปี 2004 ASHRAE ได้กำหนดให้อุณหภูมิสำหรับ Data Center อยู่ที่ 20-25 ˚C แต่ปัจจุบัน ASHRAE Technical Committee (TC9.9) ได้กำหนดสภาวะอุณหภูมิที่สูงขึ้นเป็น 27˚C ตามขอบเขตอุณหภูมิ (18 to 27CDB, -9 to 15CDP and 60%RH)



ASHRAE Recommended Temperature and Relative Humidity Range (Source: ASHRAE 2019)

อุณหภูมิอากาศที่ระบุในมาตรฐานเป็นตำแหน่งอากาศเข้าอุปกรณ์ IT (หน้าตู้ Rack) โดยทั่วไปเรามักจะกำหนดอุณหภูมิลมกลับ (ซึ่งรับความร้อนจาก Rack มาแล้ว) เช่น 25˚C ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิหน้าตู้ Rack ต่ำเกินไปมาก ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเกินความจำเป็น ดังนั้นการกำหนดอุณหภูมิที่เหมาะสมและการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ เช่น Temperature sensor หน้าตู้ Rack เพื่อนำมาปรับการทำงานของเครื่อง CRAC/CRAH จะทำให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. การจัดวางอุปกรณ์ IT แบบ Hot/Cold-aisle Layout, Containment

ในอดีตการจัดวางอุปกรณ์ IT rack อาจจะไม่ได้คำนึงถึงการจัดแบบ Hot-aisle หรือ Cold-aisle มากนัก ทำให้เกิดการผสมกันของลมเย็น-ลมร้อนก่อนที่จะจ่ายเข้า IT Rack ซึ่งการผสมกันของอากาศนี้ทำให้อุณหภูมิอากาศที่หน้า IT Rack สูงขึ้น และต้องชดเชยด้วยการปรับตั้งอุณหภูมิเครื่อง CRAC ให้จ่ายลมเย็นที่อุณหภูมิต่ำลง เพื่อควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามต้องการ เป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน

ปัจจุบันการจัดวาง IT rack ให้เป็นแบบ Hot-aisle หรือ Cold-aisle ถือว่าเป็นปกติสำหรับ Data Center แล้ว ผนวกกับการเพิ่มส่วนกั้นแยกลมเย็น-ลมร้อน (Containment) ทำให้เส้นทางการไหลของอากาศถูกแยกออกจากกันอย่างชัดเจน การลดการผสมของลมเย็น-ลมร้อนนี้ทำให้การจ่ายลมเย็นที่หน้า IT Rack ได้อุณหภูมิและอัตราการไหลที่ต้องการ ลดการใช้พลังงานของพัดลมและการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของ Data Center

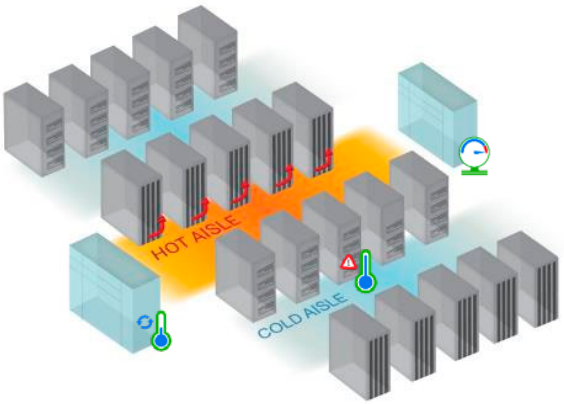
นอกจากนี้เมื่อมีการจัด IT Rack เพื่อทำ containment นั้น IT Rack จะถูกจัดเรียงให้มีจำนวนตู้ต่อพื้นที่หนาแน่นขึ้นเมื่อเปรียบเทียบจากอดีต ในบางกรณีจะมีการจัดกลุ่มแยกตามระดับความต้องการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ IT Rack ด้วย เช่น Low density, High density เป็นต้น ทำให้สามารถออกแบบจัดวางระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับความต้องการและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

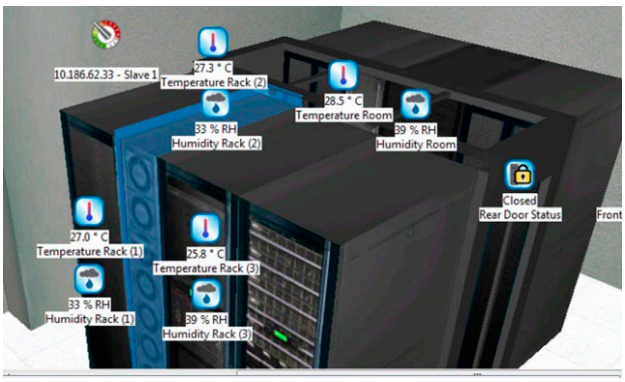
Cold-aisle containment

4. Data center แบบ Prefabricated

การสร้างห้องหรืออาคาร Data Center แบบ Prefabricated โดยนำแผ่นวัสดุและส่วนประกอบที่ผลิตสำเร็จจากโรงงานมาประกอบขึ้นเป็น Data center ซึ่งวัสดุกรอบห้องโดยทั่วไปจะมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนกันความร้อน มีอัตราการรั่วไหลของอากาศต่ำ มีความแข็งแรง มีอัตราการทนไฟที่ต้องการ มีการออกแบบเพื่อป้องกันน้ำรั่วไหลเข้า และมีคุณสมบัติการป้องกันสนามแม่เหล็ก เป็นต้น ประโยชน์ของ Data center รูปแบบนี้โดยทั่วไปคือสามารถก่อสร้างได้รวดเร็ว มีการควบคุมคุณภาพวัสดุส่วนใหญ่จากโรงงาน มีความเหมาะสมกับพื้นที่ก่อสร้าง หรือสามารถรองรับการขยายตัวของ Data Center เป็นส่วนๆ ได้ในอนาคต เนื่องจากวัสดุกรอบมีคุณสมบัติที่เป็นฉนวนที่ดี และมีอัตราการรั่วไหลของอากาศต่ำ อีกทั้งอุปกรณ์ IT Rack จะถูกจัดวางอย่างเป็นระเบียบ มีการแบ่ง Hot-aisle หรือ Cold-aisle และมี Containment ทำให้ระบบปรับอากาศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

5. Data Center Infrastructure Management: DCIM





Data Center Infrastructure Management (DCIM)

ระบบบริหารจัดการระบบสาธารณูปโภคของศูนย์ข้อมูลหรือ DCIM จะทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการประมวลผลที่ได้จากการตรวจวัดค่าต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น สถานะการทำงานของอุปกรณ์ ตลอดจนปริมาณการใช้ไฟฟ้าในตำแหน่งต่างๆ อาจจนถึงระดับ Rack ซึ่งสามารถบริหารจัดการได้แบบ Real time โดย DCIM สามารถนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์ประมวลผล แจ้งเตือนปัญหา และควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ใน Data center ได้ เป็นเครื่องมือให้ผู้ดูแลสามารถทราบถึงข้อมูลที่สำคัญเพื่อ บริหารจัดการ คาดการณ์แนวโน้มต่างๆ และสามารถแก้ไขได้อย่างทันท่วงทีในกรณีที่มีปัญหา ในภาพรวมนั้น DCIM ช่วยวางแผนการใช้พื้นที่และอุปกรณ์ใน Data center ให้ได้ประโยชน์สูงสุด ใช้พลังงานต่ำสุด และยังคงความน่าเชื่อถือได้สูง

บทสรุป

Data Center เป็นส่วนหนึ่งของการขับเคลื่อนเศรษฐกิจดิจิทัลในปัจจุบันและอนาคต การดำเนินธุรกิจมีการใช้พลังงานสูง ดังนั้นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพจะต้องนำมาพิจารณาทุกขั้นตอน ตั้งแต่การออกแบบที่ดี การเลือกใช้อุปกรณ์และก่อสร้าง การบริหารศูนย์และการบำรุงรักษา ตลอดจนการตรวจสอบการใช้พลังงานอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ Data Center นั้นๆ มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ในขณะที่ต้องคงความน่าเชื่อถือไว้ได้ตลอดเวลา

ประสิทธิ์ เกี้ยวสุนทร วก.1221
ผู้จัดการโครงการอาวุโส
งานระบบวิศวกรรมเครื่องกล

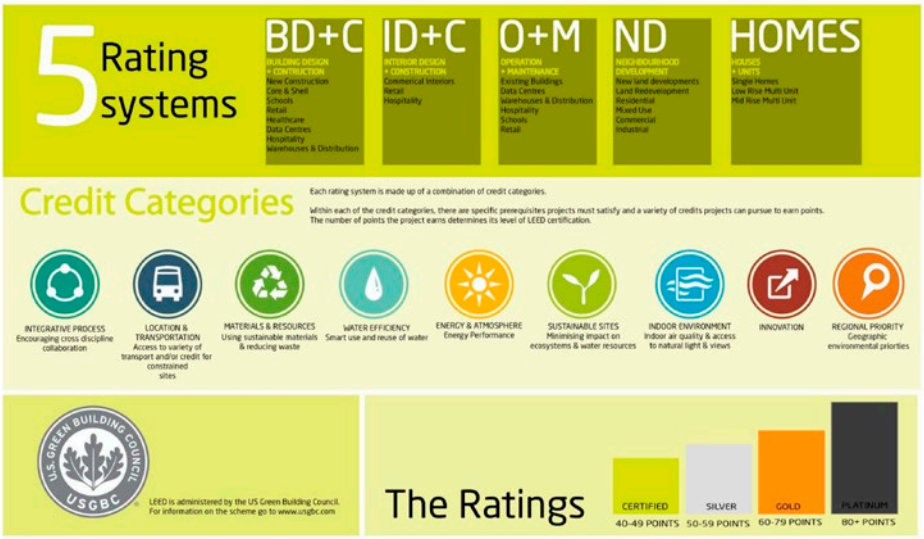
ระบบปรับอากาศ
สำหรับอาคารสำนักงาน LEED & WELL

ในปัจจุบันอาคารสำนักงานมีการคำนึงถึงการประหยัดค่าใช้พลังงานและสุขภาพของผู้ใช้งานในอาคารมากขึ้น และในการขอใบรับรองอาคาร เช่น เกณฑ์ของ LEED & WELL เราต้องทำความรู้จักกับอาคารเขียวและศัพท์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่น เกณฑ์การประเมิน และการคำนวณคะแนน เพื่อเป็นประโยชน์ในการออกแบบและก่อสร้างอาคารให้พร้อมสำหรับการรับรองอาคารอย่างเป็นทางการผ่านเกณฑ์ของ Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) และ WELL BUILDING STANDARD ที่มีการจัดแบ่งเป็นหมวดหมู่ เพื่อประเมินระดับความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมให้ครอบคลุมในทุกมิติของอาคาร ซึ่งมาตรฐานนี้ถูกพัฒนาโดยองค์กร U.S. Green Building Council (USGBC) ในสหรัฐอเมริกา และใช้เป็นมาตรฐานแพร่หลายทั่วโลก

1. Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)

จากข้อมูลเว็บไซต์ https://www.usgbc.org/projects ปัจจุบันมีอาคารที่ขอใบรับรองอาคารทั่วโลกจำนวน 166,856 อาคาร โดย ณ ปัจจุบันปี 2566 ประเทศไทยมีทั้งหมด 410 อาคาร และทาง MITR ก็ได้ร่วมออกแบบกับบางโครงการ เช่น

- S-OASIS, LEED BD+C: Core and Shellv4 - LEED v4, (Gold level)
- ENERGY COMPLEX, LEED BD+C: Core and Shellv2 - LEED 2.0 (Platinum level)
- DUSIT CENTRAL PARK, LEED BD+C: Core and Shellv4 - LEED v4, (Gold level)



LEED CERTIFICATION

หัวข้อเกณฑ์การประเมินสำหรับ LEED

(P = บังคับ, C = หัวข้อทำคะแนน)

1.	Integrative Process		1 C
2.	Location and Transportation		16 C
3.	Sustainable Site	1P	10 C
4.	Water Efficiency	3P	11 C
5.	Energy and Atmosphere	4P	33 C
6.	Materials and Resources	2P	13 C
7.	Indoor Environmental Quality	2P	16 C
8.	Innovation		6 C
9.	Regional Priority		4 C

2. WELL BUILDING STANDARD

จากข้อมูลเว็บไซต์ https://v2.wellcertified.com/en ปัจจุบันประเทศไทยเริ่มมีการขอใบรับรองมากขึ้น ทาง MITR ได้ร่วมออกแบบกับโครงการ เช่น

- DUSIT CENTRAL PARK, WELL v2, (Gold level)

WELL CERTIFICATION

หัวข้อเกณฑ์การประเมินสำหรับ WELL

(P = บังคับ, O = หัวข้อทำคะแนน)

1.	Air	4P	10 O
2.	Water	3P	5 O
3.	Nourishment	2P	11 O
4.	Light	2P	6 O
5.	Movement	2P	10 O
6.	Thermal Comfort	1P	6 O
7.	Sound	1P	4 O
8.	Materials	3P	11 O
9.	Mind	2P	13 O
10.	Community	3P	13 O
11.	Innovation		6 O

บทความที่จะกล่าวต่อไปนั้นเป็นการระบุเกณฑ์การเลือกใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับการรับรองตามเกณฑ์ของ LEED & WELL ซึ่งระบบปรับอากาศเป็นระบบที่ใช้พลังงานในอัตราส่วนมากกว่า 60% ของพลังงานโดยรวมของอาคาร ทำให้การเลือกใช้อุปกรณ์ของระบบปรับอากาศเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่ต้องคำนึงถึง เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน และสุขภาพของผู้ใช้งานภายในอาคาร ได้แก่

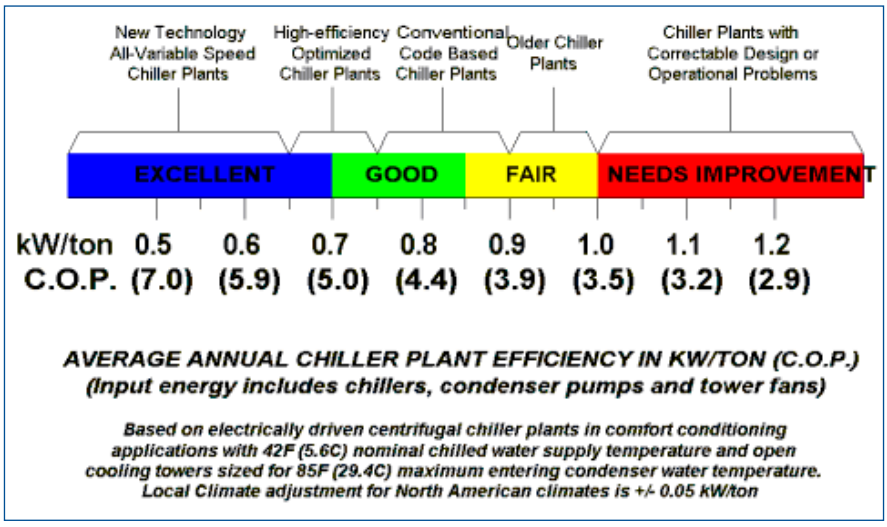
- เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)
- ชนิดสารทำความเย็น (Refrigerant Type)
- Outdoor Air Unit และ แผงกรองอากาศ (Air Filter)
- อุปกรณ์ตรวจวัดพลังงานและตรวจจับ (Energy Meter & Device Sensor)
- ผลิตภัณฑ์เป็น Low Volatile Organic Compounds (VOC)

1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) และสารทำความเย็น (Refrigerant type)

โครงการอาคารเขียวส่วนใหญ่จะต้องมีกระบวนการตรวจสอบแบบและรายการประกอบแบบ ติดตามการก่อสร้างส่วนงานระบบให้มีการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานตามที่ออกแบบไว้ รวมทั้งกระบวนการติดตั้งและทดสอบการทำงานหลังติดตั้ง เพื่อรับรองว่าอาคารจะมีประสิทธิภาพตามที่ตั้งเป้าไว้ในการออกแบบ ก่อนที่จะส่งมอบให้แก่บุคลากรที่จะเข้ามาดูแลจัดการอาคาร โดยกระบวนการตรวจสอบนี้จะดำเนินการโดยที่ปรึกษาผู้ประกันประสิทธิภาพอาคารหรือ Commissioning agent ที่ทำงานโดยอิสระจากผู้ออกแบบและผู้รับเหมาก่อสร้างอาคาร และรายงานตรงแก่เจ้าของโครงการ โดยทั้งนี้มีมาตรฐานการจัดทำเอกสารรายงานต่างๆ ชัดเจนตามเกณฑ์ LEED

การออกแบบตามมาตรฐานขั้นต่ำด้านพลังงานของ ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers) Standard 90.1 ซึ่งระบุเกณฑ์การออกแบบทั้งทางด้านเปลือกอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ รวมทั้งประสิทธิภาพของอุปกรณ์การทำความเย็นและความร้อนในอาคาร ดังนั้นอุปกรณ์หลักที่มีผลต่อการใช้พลังงานมากที่สุดคือเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ต้องเลือกประสิทธิภาพสูงที่สุด

ปัจจุบันแต่ละผลิตภัณฑ์ได้พัฒนาค่อนข้างมาก เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) จะออกแบบให้มีประสิทธิภาพ COP = 6.3 (0.53 kW/TR) ทำให้ประสิทธิภาพสูงสุด Minimum kW/TR Chiller Plant = 0.65 kW/TR ในการ run จริง (Yearly average) จะต่ำกว่าค่านี้ ซึ่งจะมีผลมาจากค่าอุณหภูมิภายนอกที่จะต่ำกว่าค่าออกแบบในช่วงกลางคืนและฤดูกาล



อาคารเขียวจะต้องไม่ใช้สารทำความเย็นที่มีส่วนผสมของ CFC โดยเด็ดขาด ซึ่งวิศวกรระบบปรับอากาศจะต้องเลือกเครื่องปรับอากาศที่มีสารทำความเย็น (Refrigerant) ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการทำลายชั้นบรรยากาศ และการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน เช่น R514A, R1233ZD, R1234ZE, R134a

2. Outdoor air unit และแผงกรองอากาศ (Air filter)

เพื่อรักษาคุณภาพอากาศในอาคารให้สะอาดบริสุทธิ์และปลอดภัย การออกแบบระบบระบายอากาศต้องผ่านมาตรฐาน ASHRAE 62.1 ที่ระบุห้องที่จำเป็นต้องระบายอากาศ รวมทั้งปริมาณอัตราการระบายอากาศขั้นต่ำที่คำนวณตามปริมาณคนและพื้นที่ห้อง และต้องดำเนินการดังนี้

- วิเคราะห์คุณภาพอากาศที่ช่องนำอากาศเข้าด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหลหรือ CFD
- การเพิ่มอัตราการระบายอากาศเพิ่มจากค่าตาม ASHRAE 62.1 อีก 30%
- มีการติดตั้ง CO2 Sensor ในห้องที่มีผู้ใช้อาคารหนาแน่น โดยต้องมีสัญญาณเตือนหากตรวจวัดค่าได้สูงกว่า Set Point 10%
- หากอาคารมีมลพิษที่นอกเหนือจาก CO2 เช่น VOCs CO หรืออื่นๆ ก็ต้องติดอุปกรณ์ตรวจจับและแจ้งเตือนด้วย

ออกแบบให้มีการควบคุมและป้องกันอากาศปนเปื้อนภายนอกจาก PM2.5 โดยมีการติดตั้งการกรองอากาศโดยใช้แผงกรองอากาศ 2 ชั้น คือ Pre-Filter (MERV8) และ Medium-Filter (MERV14) เพื่อกรองและลดปริมาณ PM2.5 จากภายนอกก่อนเข้าสู่ภายในอาคาร และจัดเตรียมหลอด UV เพื่อฆ่าเชื้อโรคสำหรับเครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่สำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร เพื่อลดการแพร่กระจายของเชื้อโรคต่างๆ ในพื้นที่ปรับอากาศ รวมถึงการติดตั้งแผงกรองกลิ่น Carbon Filter เพื่อกรองกลิ่นภายในพื้นที่ปรับอากาศ ซึ่งจะเป็นผลดีต่อสุขภาพ

3. อุปกรณ์ตรวจวัดพลังงานและตรวจจับ (Energy meter & device sensor)

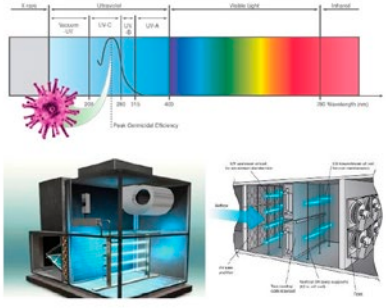
การใช้เครื่องวัด BTU สำหรับน้ำเย็น จะช่วยให้สามารถวัดการใช้พลังงานของระบบทำความเย็นได้อย่างแม่นยำ ทำให้สามารถควบคุมและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้ดีขึ้น สิ่งนี้สามารถส่งผลให้ประหยัดต้นทุนได้อย่างมาก และสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบ HVAC ในอาคาร

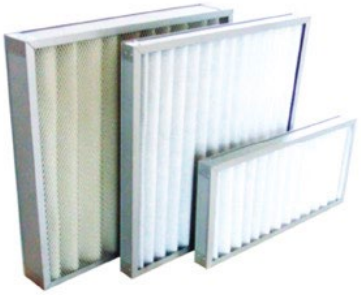
FLOW & BTU METER

CO SENSOR สำหรับควบคุมรอบพัดลมระบายอากาศในพื้นที่จอดรถ

Activated carbon filter

Ultraviolet germicidal irradiation (UVGI)





4. ผลิตภัณฑ์เป็น Low Volatile organic compounds (VOC)

วัสดุภายในอาคารประกอบด้วยสี coating ต่างๆ กาวทุกประเภท ยาแนวทุกประเภท พื้น วัสดุที่ทำจากไม้ ฝ้าเพดาน ผนังและฉนวน ต้องเป็นวัสดุสารพิษต่ำดังนี้

- สีและวัสดุที่ใช้ทา ต้องมีค่า VOC ผ่านมาตรฐาน CARB 2007, Suggested Control Measure หรือ SCAQMD Rule 1168 หรือเทียบเท่า
- กาวและยาแนว ต้องผ่านมาตรฐาน SCAQMD Rule 1168 หรือเทียบเท่า
- วัสดุจากไม้ ต้องมีสาร formaldehyde ต่ำ ผ่านมาตรฐาน California Air Resources Board ATCM for formaldehyde requirements for ultra-low-emitting formaldehyde (ULEF) resins

บทสรุป

จากที่กล่าวมาเกี่ยวกับแนวคิดการออกแบบระบบปรับอากาศของ/ภายในอาคาร การเลือกใช้อุปกรณ์เพื่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาวะ จะเห็นว่าเป็นหลักการคิดสมัยใหม่ในยุคที่โลกกำลังมีปัญหาสิ่งแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศที่มีการปรับเปลี่ยนตลอด เช่น อากาศที่ร้อนขึ้น ลมแรง ฝนตกหนัก และฝุ่นควันพิษที่สูงขึ้นในตัวเมืองที่จะมาเยือนในแต่ละปี

เกณฑ์การออกแบบอาคารที่รองรับ LEED & WELL จะเป็นจุดขายโครงการอสังหาริมทรัพย์สมัยใหม่ อย่างเช่น อาคารสำนักงานที่เริ่มมีความต้องการสูง เพื่อมุ่งเน้นแนวทางอาคารเขียวและการประหยัดพลังงาน นอกจากนั้นคุณภาพอากาศที่รับจากภายนอกอาคาร วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ต่างๆ ภายในอาคารต้องไม่มีสารระเหยที่มีผลกระทบต่อสุขภาวะของผู้ใช้งานโดยตรง

อัครวุฒิ จิวระโมไนย์กุล สก.4551
วิศวกรโครงการ
งานระบบวิศวกรรมเครื่องกล TREES-A

การออกแบบระบบ HVAC สำหรับ LABORATORY

ในปัจจุบันพื้นที่ห้องปฏิบัติการหรือพื้นที่ LABORATORY มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การทดลองทางวิทยาศาสตร์ที่มีการใช้สารเคมีชนิดต่างๆ อุตสาหกรรมเกี่ยวกับทางการแพทย์ เช่น ห้องทดสอบหาเชื้อโรคไวรัส แบคทีเรีย หรือห้องทดสอบทางการแพทย์ต่างๆ จึงทำให้ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ หรือระบบ HVAC เป็นส่วนสำคัญในการควบคุมสภาวะแวดล้อมเพื่อไม่ให้มีผลกระทบในด้านต่างๆ เช่น ในด้านความปลอดภัยของผู้ใช้งาน ในด้านสิ่งแวดล้อม ในด้านทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ในด้านการอำนวยความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้งาน

โดยที่การออกแบบห้องปฏิบัติการจะต้องประสานกับทีมออกแบบที่เกี่ยวข้อง เช่น งานสถาปัตยกรรม งานสถาปัตยกรรมภายใน งานวิศวกรรมโครงสร้าง งานวิศวกรรมระบบประกอบอาคารอื่นๆ เช่น ระบบไฟฟ้าและสื่อสาร ระบบสุขาภิบาลและระบบป้องกันอัคคีภัย ผู้ออกแบบงานระบบก๊าซพิเศษ เช่น ก๊าซทางการแพทย์ ก๊าซพิเศษอื่นๆ ที่ทางผู้ใช้งานต้องการ ทีมอาชีวอนามัยของทางผู้ปฏิบัติงานทีมที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เพื่อที่จะตอบสนองฟังก์ชันการใช้งานของผู้ปฏิบัติงาน

มาตรฐานในการออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศที่เกี่ยวข้องกับห้องปฏิบัติการมีดังนี้

รูปมาตรฐานสากลที่สำคัญที่ใช้ในการออกแบบ

การออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศที่เกี่ยวข้องกับห้องปฏิบัติการมีขั้นตอนดังนี้

1. **การเก็บข้อมูลจากทางผู้ใช้งาน URS** (User Requirement Specification) โดยต้องทราบข้อมูลการทำงานเบื้องต้น ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการทดลอง เช่น อุณหภูมิ ความชื้นภายในห้องที่ทางผู้ปฏิบัติงานต้องการ ความสะอาดภายในห้อง ความดันภายในห้องทดลองเทียบกับพื้นที่รอบข้าง ความเร็วลมบริเวณอุปกรณ์ทดลองต้องไม่มีผลกระทบ

2. **ข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้ภายในห้อง** เช่น FUME HOOD, SNORKEL, CANOPY HOOD, BSC (BIOSAFETY CABINET) ต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์ที่มีการนำอากาศออกไปทิ้งภายนอกจะต้องทำการออกแบบให้สมดุล โดยที่ยังสามารถคงสภาวะภายในห้องให้ได้ตามที่กำหนดโดยผู้ปฏิบัติงาน และยังคงต้องคำนึงถึงระบบบำบัดอากาศก่อนที่จะทิ้งอากาศสู่ภายนอกอาคาร สำหรับสารเคมีพิจารณาใช้พวกอุปกรณ์ยกตัวอย่างเช่น WET SCRUBBER ส่วนสำหรับเชื้อโรค เช่น BSC จะมีการกรองผ่าน HEPA FILTER, ฆ่าเชื้อด้วยแสงUVC ก่อนที่จะทิ้งอากาศสู่ภายนอก รวมถึงข้อมูลโหลดความร้อนของอุปกรณ์/ เครื่องจักรทั้งหมดที่ใช้งานเพื่อเลือกระบบปรับอากาศ

รูป SNORKEL, FUMEHOOD และ CANOPY HOOD

3. **การเลือกระบบปรับอากาศและระบายอากาศที่ใช้งาน** ต้องพิจารณาให้เหมาะสม เช่น มีการทำการทดลองตลอดเวลา หรือ 24 ชั่วโมง ต้องเลือกระบบที่สามารถทำงานได้อย่างอิสระ พิจารณาเป็นระบบ CAV (CONSTANT AIR VOLUME) หรือ VAV (VARIABLE AIR VOLUME) รวมถึงระบบการควบคุมภายในห้อง เช่น ใช้ความดันภายในห้องเป็น ค่าที่ควบคุมการทำงาน หรือใช้การเปิดปิด อุปกรณ์ประเภทที่นำอากาศทิ้ง เช่น FUME HOOD ทำงานร่วมกับระบบการเติมอากาศ เพื่อทำสมดุลห้องให้ได้เหมือนกับการใช้งานปกติ โดยก่อนที่เลือกใช้ระบบต้องได้รับการยืนยันจากผู้ใช้งานก่อนดำเนินการ พัดลมที่เลือกใช้พิจารณาเป็น CENTRIFUGAL BACKWARD, OVERHUNGม Chemical Proof โดยอุปกรณ์ไม่ว่าจะเป็นเครื่องปรับอากาศ เครื่องเติมอากาศ บริสุทธิ์ พัดลมอาจจะต้องมีการ REDUNDANCY ในกรณีที่ไม่สามารถหยุดการทำงานได้

4. **ความอันตรายของสิ่งที่ทดลอง** เช่น สารเคมีหรือเชื้อโรค หรือสิ่งอื่นๆ ที่มีความอันตราย โดยต้องเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับสารเคมี เช่น FUME HOOD ที่ใช้งานกับสารเคมี พิจารณาใช้ท่อลมที่เป็นชนิด SS316 หรือเป็นท่อ PVC ชนิดทดลองสารเคมีที่ใช้งานได้

5. **LAYOUT ของอุปกรณ์ทดลองหรือเครื่องจักร** โดยจะพิจารณาจ่ายอากาศจากบริเวณที่สะอาดกว่าไปยังพื้นที่สะอาดน้อยกว่า เช่น จ่ายอากาศจากบริเวณผู้ปฏิบัติงานไปยังบริเวณที่ล้างอุปกรณ์ (สกปรกกว่า)

6. **การประสานงานและยืนยันจากผู้ออกแบบแต่ละส่วนงานที่เกี่ยวข้อง**

บทสรุป

การออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศในพื้นที่ LABORATORY ต้องมีการประสานงานกับผู้ที่เกี่ยวข้องหลายฝ่าย ทั้งผู้ปฏิบัติงาน และผู้ออกแบบแต่ละสายงาน จะต้องทำความเข้าใจในกระบวนการทำงานของห้องปฏิบัติการให้ได้อย่างครบถ้วน และนำมาออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศ โดยบรรลุวัตถุประสงค์ต่อผู้ใช้งานเพื่อให้ผลทดลองเป็นไปอย่างถูกต้อง และเพื่อความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน

ปฏิภูมิ งามทองเหลือง สก.4875
วิศวกรโครงการ
งานระบบวิศวกรรมเครื่องกล

ระบบลิฟต์ตามกฎหมายใหม่ในปี 2566

อาคารในปัจจุบันจะมีความสูงมากขึ้นกว่าในอดีต เนื่องจากการพัฒนาที่ดินที่จำกัดมากขึ้นเรื่อยๆ และจำเป็นต้องใช้ระบบลิฟต์เพื่อเคลื่อนย้ายผู้ใช้อาคารระหว่างชั้น ในประเทศไทยมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับระบบลิฟต์และถูกปรับแก้ไขจนถึงปี 2566 นี้ ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยกับผู้ใช้อาคารทั้งด้านการโดยสาร และเพื่อการดับเพลิงกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้

การเตรียมพื้นที่สำหรับระบบลิฟต์ต้องอ้างอิงตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ซึ่งจะแบ่งไปตามประเภทอาคารต่างๆ และกฎกระทรวงกำหนดสิ่งอำนวยความสะดวกในอาคารสำหรับผู้พิการหรือทุพพลภาพ และคนชรา พ.ศ. 2548 ที่จะมีข้อกำหนดต่างๆ เพื่อรองรับความปลอดภัยของผู้ใช้ ทั้งยังมีมาตรฐานของระบบลิฟต์ เช่น มาตรฐาน วสท. EN 81-20/50 ในการออกแบบ

ลิฟต์ดับเพลิง

- **กฎหมาย:** อาคารสูงจะต้องมีลิฟต์ดับเพลิงอย่างน้อย 1 ชุด ขนาดบรรทุกต้องไม่น้อยกว่า 630 กิโลกรัม และระยะเวลาในการเคลื่อนที่ต้องไม่เกิน 1 นาทีตั้งแต่ชั้นล่างสุดจนไปถึงชั้นบนสุด ส่วนอาคารสูงที่เป็นอาคารสาธารณะหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษที่มี 4 ชั้นขึ้นไป จะต้องมีลิฟต์สำหรับเคลื่อนย้ายผู้ป่วยฉุกเฉินหรือลิฟต์เตียง ขนาดบรรทุกต้องไม่น้อยกว่า 1,200 กิโลกรัม และความกว้างยาวภายในห้องโดยสารต้องไม่น้อยกว่า 1.15 x 2.30 เมตร

กฎกระทรวง และมาตรฐานต่างๆ

- **การออกแบบ:** อาคารสำนักงานหรือโรงแรมที่เป็นอาคารสูงจะออกแบบให้มีลิฟต์ดับเพลิงที่ขนาดบรรทุกไม่น้อยกว่า 1,600 กิโลกรัม นอกจากจะให้เป็นลิฟต์ดับเพลิงแล้วยังสามารถเป็นลิฟต์ขนของได้ ทั้งนี้ขนาดของห้องโดยสารจึงเลือกที่ขนาดกว้างยาว 1.40 x 2.40 เมตร เพื่อรองรับสำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยฉุกเฉินได้อีกด้วย

ลิฟต์โดยสารสำหรับผู้พิการหรือทุพพลภาพและคนชรา

- **กฎหมาย:** อาคารที่จะต้องมีลิฟต์สำหรับผู้พิการหรือทุพพลภาพและคนชรา จะต้องมีความกว้างยาวของห้องโดยสารไม่น้อยกว่า 1.60 x 1.40 เมตร มีความกว้างของประตูลิฟต์อย่างน้อย 0.90 เมตร และต้องมีช่องกระจกใสนิรภัยที่สามารถมองเห็นได้ ความกว้างยาวของกระจกไม่น้อยกว่า 0.20 x 0.80 เมตร โดยจากขนาดของห้องโดยสารทำให้ลิฟต์สำหรับผู้พิการหรือทุพพลภาพ และคนชรา จะมีขนาดบรรทุกไม่น้อยกว่า 1,000 กิโลกรัม

- **การออกแบบ:** การออกแบบสำหรับลิฟต์โดยสารจะมีมาตรฐานการออกแบบมารองรับเพื่อให้มีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับผู้ใช้งานอาคาร โดยจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการรอลิฟต์ (Waiting Time) และอัตราการขนคนภายใน 5 นาที (HC5%) การออกแบบให้ผ่านมาตรฐานต้องมีการเลือกขนาดบรรทุกของลิฟต์ จำนวนของลิฟต์ และความเร็วของลิฟต์ มาคำนวณด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ เมื่อได้รายการคำนวณแล้วต้องนำไปพิจารณาขนาดบรรทุก ความกว้างยาวของห้องโดยสารให้สอดคล้องตามกฎหมายข้างต้น และกำหนดให้เป็นลิฟต์สำหรับผู้พิการจำนวน 1 ชุด โดยทั่วไปจะเลือกใช้ลิฟต์โดยสารที่ขนาดบรรทุก 1,000-1,600 กิโลกรัม

ลิฟต์ที่มีช่องกระจกใสนิรภัย

Table 4.3 Draft ISO recommendations for use with provisional ISO simulation method (ISO, 2015)

Building type and typical traffic mix	Typical range of required handling capacity (HC5) (%)	Typical range of required average waiting time (s)
Office:		
— pure uppeak (100 % incoming)	12–15	20–30
— mixed uppeak (85% incoming, 10% outgoing, 5% interfloor)	11–14	25–35
— lunch 40% incoming, 40% outgoing, 20% interfloor or 45% incoming, 45% outgoing, 10% interfloor	11–14	30–45
Hotel:		
— morning two-way (35 % incoming, 65 % outgoing)	11–13	30–45
— evening two-way (50 % incoming, 50 % outgoing)	11–13	30–45
Residential:		
— morning two-way (15 % incoming, 85 % outgoing)	6–8	30–65
— evening two-way (50 % incoming, 50 % outgoing)	6–8	30–65

CIBSE Guide D: 2015

บทสรุป

ในการออกแบบระบบลิฟต์ของอาคารจะต้องมีการจัดวาง Layout โดยต้องคำนึงถึงทั้งด้านกฎหมายซึ่งจะเกี่ยวข้องกับความปลอดภัย และมาตรฐานซึ่งจะเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการใช้งานทั้ง 2 ด้าน ซึ่งทำให้อาคารที่จะออกแบบสามารถรองรับผู้ใช้อาคารได้เป็นอย่างดี

จักรพงศ์ แสงสีรัตนกุลชัย สก.4876
วิศวกรโครงการ
งานระบบวิศวกรรมเครื่องกล

หลักการติดตั้งคอนเดนซิ่งยูนิต (CDU) ให้ได้ประสิทธิภาพ

ในปัจจุบันระบบปรับอากาศที่นิยมสำหรับอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่จะเป็นระบบ Water Cooled Water Chiller (WCWC), Air Cooled Water Chiller (ACWC) และ Variable Refrigerant flow (VRF) โดยบทความนี้จะเจาะจงไปที่การติดตั้ง Condensing unit (CDU) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ระบายความร้อนของสารทำความเย็นภายในเครื่องปรับอากาศ โดย CDU จะถูกติดตั้งไว้ภายนอกอาคารเพื่อให้ความร้อนสามารถระบายออกสู่บรรยากาศได้อย่างสะดวก การติดตั้ง CDU นั้นมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศเป็นอย่างมาก หากติดตั้งไม่ถูกต้องอาจทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ หรืออาจเกิดความเสียหายได้

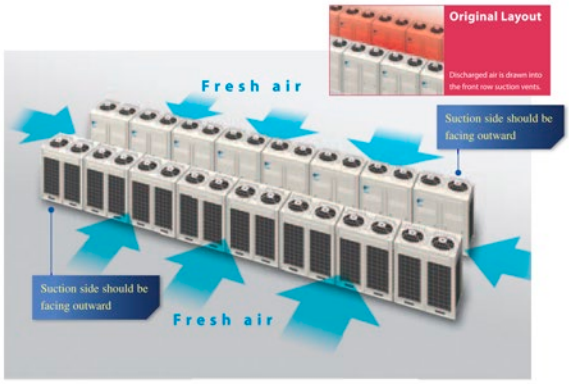
หลักเกณฑ์ในการติดตั้ง CDU การเลือกตำแหน่งติดตั้งควรพิจารณาปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

- อากาศถ่ายเทได้สะดวก CDU จำเป็นต้องระบายความร้อนออกสู่บรรยากาศได้อย่างสะดวก ดังนั้นควรติดตั้ง CDU ในบริเวณที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก เช่น บริเวณระเบียงหรือชั้นหลังคา
- ห่างจากแหล่งความร้อน CDU ไม่ควรติดตั้งใกล้แหล่งความร้อน เช่น บริเวณที่โดนแสงแดดโดยตรง หรือบริเวณที่มีเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ทำให้เกิดความร้อน
- ห่างจากแหล่งน้ำ CDU ไม่ควรติดตั้งใกล้แหล่งน้ำ เพราะอาจทำให้เครื่องเสียหายได้
- ห่างจากอาคารหรือสิ่งปลูกสร้าง CDU ควรติดตั้งให้ห่างจากอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างอย่างน้อย 1 เมตร เพื่อหลีกเลี่ยงการบดบังทิศทางการระบายความร้อน

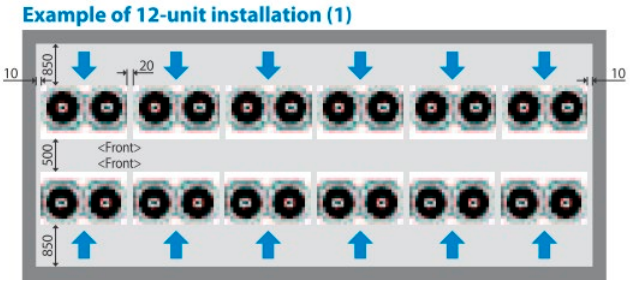
ปัจจัยดังกล่าวข้างต้นส่งผลให้ผู้ออกแบบระบบปรับอากาศจำเป็นต้องมีความรู้ในการจัดวาง CDU ให้เหมาะสมกับพื้นที่

หลักเกณฑ์ในการจัดวาง CDU ให้ได้ประสิทธิภาพ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังต่อไปนี้

1. **การจัดวาง CDU แบบรวมศูนย์ (Collective installation)**
   - การจัดวาง CDU ในแนวนอน (Row installation) ในกรณีจัดวาง CDU จำนวน 2 แถว ต้องคำนึงถึง Suction Side จำเป็นต้องรับ Fresh Air ทิศทางลมจากภายนอก

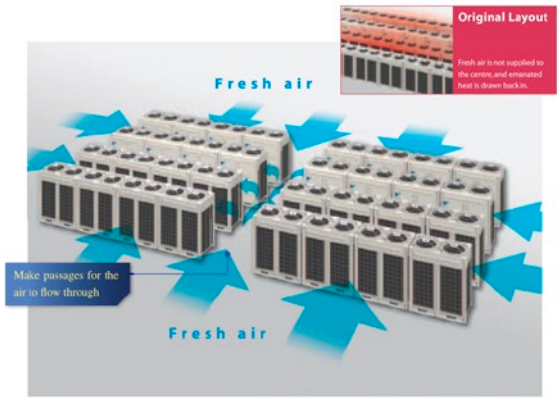


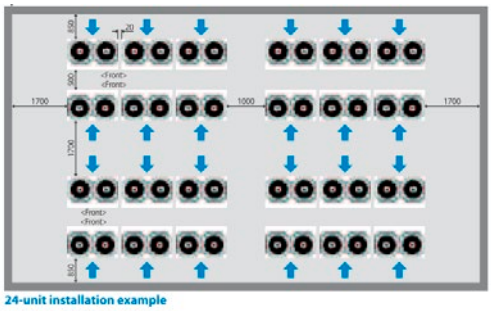
.



ระยะที่แนะนำในการติดตั้ง CDU

- ในกรณีจัดวาง CDU จำนวนมากกว่า 2 แถว จำเป็นต้องเว้นช่องว่างตรงกลางเพื่อรับ Fresh Air ให้ไหลเวียน

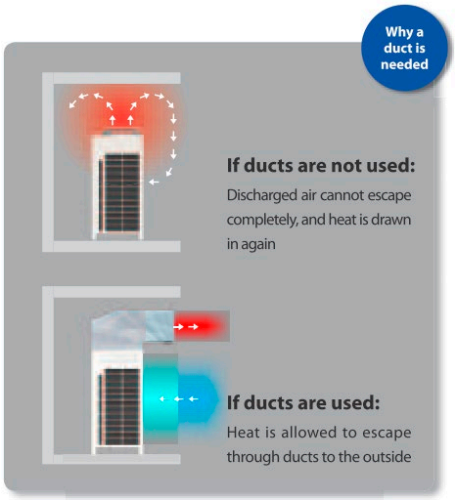




ระยะที่แนะนำในการติดตั้ง CDU

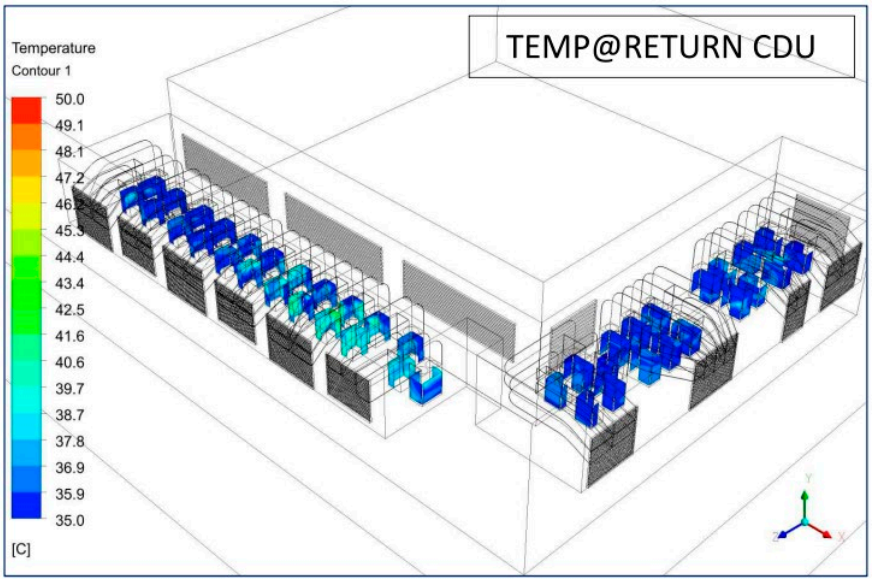
- ในกรณีที่มีกำแพงปิดทึบจำเป็นต้องมีกริล (louver) เพื่อรับ Fresh Air จากภายนอก

2. **การจัดวาง CDU แบบชั้นต่อชั้น (Floor by Floor installation)**
   - การจัดวาง CDU แบบชั้นต่อชั้น ในกรณีที่ CDU รุ่นเป่าขึ้น จำเป็นต้องมี HOOD เพื่อระบายลมร้อนออกสู่ภายนอกอาคาร



ตัวอย่างการจัดวาง CDU โดยจำลอง CFD Simulation โดยมี Condition ดังต่อไปนี้

- Wind Velocity 4 m/s
- Ambient Air Temperature 35 ˚C
- Louver Free Area 60%



จากผลการจำลอง CFD Simulation พบว่าสามารถระบายความร้อนได้ดี เนื่องจากได้จัดเตรียม Louver สำหรับ Fresh Air ได้เพียงพอต่อ Capacity ของ CDU และมีการติดตั้ง Hood เพื่อให้สามารถระบายลมออกได้ดี

No.	RETURN TEMP C	AMBIENT C	TEMPERATURE DIFF C	SIMULATION RESULT
1	35	35	0	ระบายความร้อนได้ดี
2	35	35	0	ระบายความร้อนได้ดี
3	35	35	0	ระบายความร้อนได้ดี
4	35	35	0	ระบายความร้อนได้ดี
5	35	35	0	ระบายความร้อนได้ดี
6	35	35	0	ระบายความร้อนได้ดี
7	35	35	0	ระบายความร้อนได้ดี
8	35	35	0	ระบายความร้อนได้ดี
9	35	35	0	ระบายความร้อนได้ดี
10	35	35	0	ระบายความร้อนได้ดี
11	35	35	0	ระบายความร้อนได้ดี
12	35	35	0	ระบายความร้อนได้ดี
13	36	35	1	ระบายความร้อนได้ดี
14	35	35	0	ระบายความร้อนได้ดี
15	35	35	0	ระบายความร้อนได้ดี
16	35	35	0	ระบายความร้อนได้ดี
17	35	35	0	ระบายความร้อนได้ดี
18	36	35	1	ระบายความร้อนได้ดี
19	36	35	1	ระบายความร้อนได้ดี
20	35	35	0	ระบายความร้อนได้ดี
21	35	35	0	ระบายความร้อนได้ดี

อ้างอิง: บริษัท สยามไดกิ้นเซลส์ จำกัด

บทสรุป

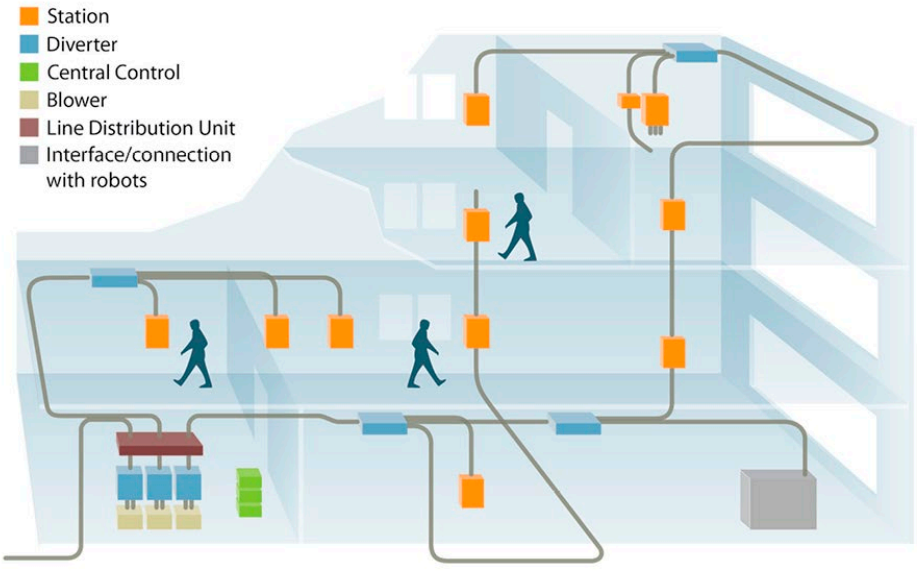
หลักการติดตั้ง CDU ให้ได้ประสิทธิภาพต้องคำนึงถึงพื้นที่ในการติดตั้ง ทิศทางระบายลมร้อน ช่องเปิดสำหรับรับลมเย็น และระยะในการซ่อมบำรุง โดยทั้งหมดนี้จะช่วยให้ CDU มีประสิทธิภาพส่งผลให้ระบบปรับอากาศโดยรวมมีประสิทธิภาพด้วย

ปฏิภาณ อัศวแสงทอง สก.4983
วิศวกรโครงการ
งานระบบวิศวกรรมเครื่องกล

ระบบท่อลมรับ-ส่ง เอกสารและพัสดุทางการแพทย์

โรงพยาบาลถือเป็นสถานที่ที่ทุกท่านมีความคุ้นเคยกันเป็นอย่างดี หลายครั้งเราจะพบว่าการรอจ่ายเงินและรับยาใช้เวลานาน ซึ่งระบบท่อลมขนส่งพัสดุ (Pneumatic Tube) เป็นระบบที่มีความสามารถในการจัดการที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถลดระยะเวลาในการรอจ่ายเงินและรับยาของผู้มาใช้บริการโรงพยาบาลได้อย่างมาก

ระบบท่อลมรับ-ส่งเอกสารและพัสดุทางการแพทย์ เป็นระบบที่ใช้ในการรับ-ส่งแฟ้มประวัติผู้ป่วย หลอดเก็บเลือด ตัวอย่างส่งตรวจและยาได้อย่างรวดเร็วแม่นยำ อีกทั้งยังสามารถช่วยลดภาระงานของบุคลากรทางการแพทย์ให้สามารถใช้เวลาไปดูแลผู้ป่วยได้มากขึ้น



แผนภูมิแสดงระบบท่อลมรับ-ส่ง เอกสารและพัสดุทางการแพทย์

ระบบท่อลมรับ-ส่งเอกสารทำงานโดยอาศัยเครื่องเป่าลม (Blower) เพื่อทำให้เกิดแรงดันและดูดในท่อลม ควบคุมการทำงานจากหน่วยควบคุมส่วนกลาง เป็นระบบที่ใช้ท่อลมเพียงท่อเดียวในการรับ-ส่งกระสวย ซึ่งสามารถเคลื่อนไปในท่อได้ทั้งไปและกลับด้วยท่อลมเพียงท่อเดียว สามารถรับ-ส่งเอกสารและสิ่งของได้ครั้งละไม่มากกว่า 1 กิโลกรัม ด้วยความเร็วในการรับ-ส่ง 3-6 เมตร/วินาที ขึ้นอยู่กับน้ำหนักที่บรรจุในกระสวย และมีกระสวย (Carrier) ระบบจะประกอบด้วยชุดเปลี่ยนทิศทาง (Diverter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนทิศทางการส่งของกระสวย เพื่อให้กระสวยผ่านไปยังสถานีรับ-ส่ง (Station) แต่ละสถานีจะต้องมีอุปกรณ์สำหรับเก็บกระสวยไว้จนกว่าระบบจะพร้อมรับ-ส่งกระสวยอันถัดไปโดยอัตโนมัติ และมีคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ในการจัดระบบและโปรแกรมต่างๆ

รายละเอียดของเครื่องและอุปกรณ์ภายในระบบท่อลมรับ-ส่งเอกสารและพัสดุทางการแพทย์ประกอบด้วย

1. หน่วยควบคุมส่วนกลาง (Central Control Unit)

2. เครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้า (Power Pack)

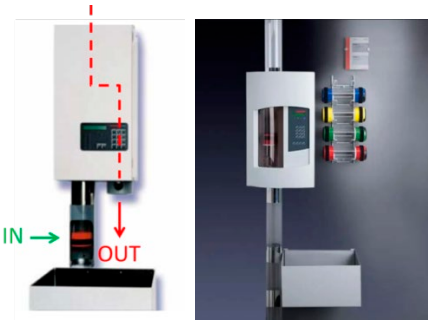
3. เครื่องกำเนิดลม (Blower)

เครื่องกำเนิดลมเป็นอุปกรณ์สำหรับทำให้เกิดแรงดันและดูดของลมในระบบ โดยอาศัยการทำงานของอุปกรณ์ชุด Reversible Valve ทำหน้าที่ควบคุมทิศทางของแรงลม ทั้งนี้มอเตอร์ของเครื่องกำเนิดลมจะต้องหมุนในทิศทางเดียวเพื่อทำให้อายุการใช้งานคงทน เครื่องกำเนิดลมจะหยุดการทำงานทันทีที่การรับ-ส่งสิ้นสุดลง และมีอุปกรณ์ระบายแรงลมส่วนเกินออกโดยอัตโนมัติ โดยให้มีระบบกรองอากาศที่เหมาะสมก่อนปล่อยทิ้ง

เครื่องกำเนิดลม (Blower)

4. สถานีรับ-ส่ง (Station)

สถานีรับ-ส่งมีลักษณะการใช้งานแบบสถานีส่งผ่าน สถานีปลายทาง หรืออื่นๆ ตามลักษณะการใช้งาน มีอุปกรณ์สำหรับลดความดังของเสียง ช่องใส่กระสวยเพื่อทำการส่งและมีภาชนะรองรับด้านล่างพร้อมแผ่นยางกันกระแทกประกอบอยู่เพื่อรองรับกระสวยที่ส่งมาถึงสถานี



สถานีรับ-ส่งแบบปลายทางและแบบส่งผ่าน

5. แผงแสดงการทำงาน (Operating Panel)

6. อุปกรณ์ควบคุมการเปลี่ยนทิศทาง (Diverter)

เป็นอุปกรณ์ควบคุมทิศทางของกระสวยที่จะเคลื่อนผ่านภายในท่อ โดยมีการใช้งานทั้งแบบ 2 และ 3 ทิศทาง สามารถติดตั้งบนเพดานหรือผนังในตำแหน่งที่เหมาะสม

7. กระสวย (Carriers)

กระสวยคือภาชนะสำหรับบรรจุเอกสาร หนังสือ วัสดุต่างๆ ยา เวชภัณฑ์ต่างๆ ที่สามารถบรรจุลงในกระสวย เพื่อทำการส่งจากสถานีหนึ่งไปยังสถานีปลายทางที่กำหนดไว้ มีให้เลือกหลายรูปแบบตามความเหมาะสมกับการใช้งาน

อุปกรณ์ควบคุมการเปลี่ยนทิศทาง (Diverter) และกระสวย (Carriers)

8. ท่อลม (Pneumatic Tube)

ท่อส่งทั้งที่เป็นท่อตรงและท่อโค้ง ทำจากพลาสติก PVC มีความแข็ง ทนแรงกระแทกสูง ผิวในเรียบ สม่ำเสมอ มีคุณสมบัติไม่ลามไฟ ระบบท่อลมเมื่อผ่านผนังหรือพื้นที่กำหนดให้ทนไฟ จะต้องมีการจัดทำ Fire Collar เพื่อป้องกันไฟลาม โดยมีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง

ท่อลมระบบ Pneumatic Tube

หลักการทำงานของระบบท่อลมรับ-ส่งเอกสารและวัสดุการแพทย์

1. การส่ง (Sending)

การส่งกระสวยไปยังสถานีรับ-ส่งทำได้โดยกดหมายเลขสถานีรับ-ส่งที่ต้องการ หลังจากนั้นจึงนำกระสวยใส่ลงในช่องส่งกระสวย ระบบจะทำการส่งกระสวยโดยอัตโนมัติทันทีที่สัญญาณว่างพร้อมในการส่ง ในกรณีที่กระสวยแต่ละสถานีถูกส่งในเวลาเดียวกัน สถานีที่ได้รับสัญญาณก่อนจะส่งก่อน ส่วนกระสวยที่ได้รับสัญญาณภายหลังก็จะถูกเก็บไว้ในช่องส่งจนกว่าสัญญาณพร้อมส่งปรากฏ กระสวยก็จะถูกส่งโดยอัตโนมัติ ยกเว้นสถานีรับ-ส่งที่ถูกบรรจุข้อมูลไว้ว่าให้ทำการส่งก่อน (Priority Send)

2. การรับ (Receiving)

เมื่อกระสวยมาถึงสถานีรับ-ส่งที่กำหนด ระบบจะทำการลดความเร็วของกระสวยโดยอาศัยลมเป็นตัวช่วยลดแรงกระแทกของกระสวย เมื่อกระสวยมาถึงสถานีรับ-ส่งก็จะหล่นลงสู่ภาชนะรองรับด้านล่างทันที และมีอุปกรณ์ระบายลมส่วนนั้นออกไปทันทีที่กระสวยถูกนำออกจากสถานีรับ-ส่ง ระบบก็พร้อมที่จะทำการส่งกระสวยครั้งต่อไปได้ทันที เมื่อกระสวยใหม่มาถึงสัญญาณไฟที่สถานีรับ-ส่งจะปรากฏขึ้น

บทสรุป

ระบบท่อลมรับ-ส่งเอกสารและพัสดุทางการแพทย์ เป็นระบบที่ทำให้การขนส่งเอกสารและพัสดุทางการแพทย์ภายในโรงพยาบาลมีความสะดวกรวดเร็วและมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถช่วยลดระยะเวลาในการรอจ่ายเงินและรับยาของผู้มาใช้บริการ และลดภาระงานของบุคลากรทางการแพทย์

สุภัทร บูรณวิทย์ วฟก.1265
ผู้จัดการฝ่ายออกแบบระบบไฟฟ้า 1
งานระบบวิศวกรรมไฟฟ้า
Accredited Tier Designer

เทรนด์ของ Data Center ในปัจจุบัน

ในยุคที่เทคโนโลยีข้อมูลและความเชื่อมต่อกันมีบทบาทสำคัญในสังคมและธุรกิจมากขึ้น ศูนย์ข้อมูลกลาง (Data Center) เป็นส่วนสำคัญของโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงและเติบโตอย่างรวดเร็วในเรื่องของเทรนด์และนวัตกรรมในด้าน Data Center ในปี 2023 ดังนี้

1. **Edge Computing และ Decentralization:** การใช้งาน Edge Computing และการกระจายข้อมูลไปยังศูนย์ข้อมูลระหว่างประเทศกำลังเป็นที่นิยมอย่างมาก เพื่อลดความหนาแน่นของระบบและลดความล่าช้าในการส่งข้อมูล ซึ่งจะช่วยให้การตอบสนองของแอปพลิเคชันและบริการเร็วขึ้น

2. **การใช้งาน AI และ Machine Learning:** Data Center กำลังถูกนำเข้าระบบประมวลผลปัญญาประดิษฐ์ (AI) และ Machine Learning ในการจัดการข้อมูลและประมวลผลข้อมูล เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพและความปลอดภัย รวมถึงการตรวจจับการแพร่กระจายของภัยคุกคามและปัญหาในระบบ

3. **การใช้งานเทคโนโลยีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม:** การใช้งานเทคโนโลยีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมใน Data Center มีเพิ่มมากขึ้น เช่น การใช้งานเทคโนโลยีที่มีการใช้พลังงานน้อยและการนำเข้าการจัดการอุณหภูมิในระดับสูง

4. **ความปลอดภัยของข้อมูลและความเชื่อถือ:** การปรับปรุงความปลอดภัยใน Data Center เป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากการรั่วไหลของข้อมูลและการโจมตีเกี่ยวกับความปลอดภัยสามารถสร้างผลกระทบที่ร้ายแรงต่อธุรกิจและผู้ใช้งาน

5. **การใช้งาน Hybrid Cloud และ Multi-Cloud:** ธุรกิจมีแนวโน้มที่จะใช้งานระบบ Hybrid Cloud และ Multi-Cloud เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการจัดเก็บและจัดการข้อมูล รวมถึงการใช้งานบริการ Cloud จากผู้ให้บริการหลายราย

6. **การสร้าง ยืดหยุ่น และสามารถเลื่อนย้ายได้:** Data Center ที่สามารถเพิ่มหรือลดขนาดได้ง่ายและมีความยืดหยุ่นสามารถตอบสนองกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงของธุรกิจได้เป็นอย่างดี

7. **การพัฒนาในด้านความชาญฉลาดของเครื่องมือและการบริหารจัดการ:** การใช้งานเครื่องมือและเทคโนโลยีที่ช่วยในการบริหารจัดการ Data Center ด้วยการใช้งาน Analytics

และการเรียนรู้เครื่องจักร (Machine Learning) เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการดูแลรักษาและการจัดการข้อมูล

8. **5G และการเชื่อมต่อ IoT:** การใช้งานเทคโนโลยี 5G และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กำลังสร้างความเปลี่ยนแปลงใน Data Center โดยเพิ่มปริมาณข้อมูลและการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกัน

9. **ความยืดหยุ่นในการจัดทำแผนการสำรองข้อมูล:** การสำรองข้อมูลและการกู้คืนข้อมูลเป็นเรื่องสำคัญใน Data Center โดยมีการใช้งานการสำรองแบบ Cloud และโซลูชันการกู้คืนข้อมูลอย่างแข็งแกร่ง

ในปี 2023 นี้ Data Center กำลังเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเพื่อตอบสนองความต้องการในการประมวลผลและจัดเก็บข้อมูลที่มีปริมาณมากขึ้น ซึ่งเราจะได้เห็นความต้องการการใช้งาน Hyper-Scale Data Center กันมากขึ้น

คำนิยามของ Hyper-Scale Data Center

ศูนย์ข้อมูลขนาด “Hyper-Scale” หรือ “Hyper-Scale Data Center” เป็นสถานที่สำหรับจัดเก็บข้อมูลและประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่อย่างมาก โดยมักมีขนาดใหญ่มากเพื่อรองรับการเก็บข้อมูลและการประมวลผลข้อมูลของบริษัทหรือบริการอินเทอร์เน็ตขนาดใหญ่ คำนิยามและบทบาทของ Hyper-Scale Data Center สามารถอธิบายได้ดังนี้

Hyper-Scale Data Center คือโครงสร้างทางเทคโนโลยีที่มีขนาดใหญ่และออกแบบมาเพื่อรองรับปริมาณข้อมูลและการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่อย่างมาก โดยใช้การจัดการระบบคอมพิวเตอร์และระบบเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพสูง ศูนย์ข้อมูลประเภทนี้มักมีความยืดหยุ่นสูงเพื่อรองรับการเติบโตและเปลี่ยนแปลงของความต้องการในการประมวลผลข้อมูลขององค์กรหรือบริการอินเทอร์เน็ตที่เกี่ยวข้อง

บทบาทของ Hyper-Scale Data Center

การจัดเก็บข้อมูล: Hyper-Scale Data Center มีบทบาทสำคัญในการเก็บรักษาข้อมูลขนาดใหญ่ขององค์กรหรือบริการอินเทอร์เน็ต ซึ่งรวมถึงข้อมูลลูกค้า ข้อมูลธุรกิจ ข้อมูลสื่อสิทธิบัตร และอื่นๆ โดยมีความปลอดภัยและการสำรองข้อมูลที่สูง

การประมวลผลข้อมูล: Hyper-Scale Data Center มีความสามารถในการประมวลผลข้อมูลอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง สามารถรองรับการประมวลผลข้อมูลที่มากมายและการทำงานพร้อมกันหลายงานในเวลาเดียว

ความยืดหยุ่น: โครงสร้าง Hyper-Scale Data Center มีความยืดหยุ่นในการเพิ่มหรือลดทรัพยากรคอมพิวเตอร์และเครือข่ายตามความต้องการ เช่น การเพิ่มเซิร์ฟเวอร์ การขยายเครือข่าย หรือการเพิ่มความจุข้อมูล

การควบคุมและการจัดการ: Hyper-Scale Data Center มีระบบควบคุมและการจัดการที่รองรับการติดตามสถานะของระบบทั้งหมด และมีการควบคุมการเข้าถึงข้อมูลและความปลอดภัยอย่างเข้มงวด

ความยั่งยืน: การออกแบบ Hyper-Scale Data Center มักใช้เทคโนโลยีที่ทนทานและมีความยั่งยืน เพื่อให้ระบบสามารถทำงานตลอดเวลาโดยไม่มีหยุดหย่อนหรือขัดข้อง

ความปลอดภัย: ความปลอดภัยเป็นปัจจัยสำคัญใน Hyper-Scale Data Center เพื่อปกป้องข้อมูลและระบบจากการเข้าถึงที่ไม่ได้รับอนุญาตและการบุกรุก

Hyper-Scale Data Center เป็นส่วนสำคัญในโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยี สำหรับการเก็บข้อมูลและประมวลผลข้อมูลในยุคที่มีความต้องการในการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่มากเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในธุรกิจและอุตสาหกรรมต่างๆ ของโลก

การออกแบบ Hyper-Scale Data Center เป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและถูกวางแผนอย่างรอบคอบเพื่อรองรับปริมาณข้อมูลที่มากขึ้นและการประมวลผลข้อมูลที่เร็วขึ้น ด้วยความเร็วในการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและความต้องการของธุรกิจในการเลื่อนข้อมูลและแอปพลิเคชันไปยังคลาวด์ (Cloud) และ Data Center ที่มีความยืดหยุ่นในการขยายขนาดและการดูแลรักษา หลายองค์กรจึงร่วมกันเข้าใจถึงความสำคัญของ Hyper-Scale Data Center

โดยปกติแล้ว Hyper-Scale Data Center จะมีลักษณะการออกแบบดังนี้

1. การออกแบบพื้นที่: การออกแบบที่ใช้พื้นที่ใน Data Center อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อรองรับการเพิ่มเติมของอุปกรณ์และเซิร์ฟเวอร์ โดยมีการใช้งานเทคโนโลยีเชิงสร้างสรรค์เช่น Containment Pods เพื่อควบคุมอุณหภูมิและการไหลของลมในพื้นที่ Data Center

2. การใช้งานเทคโนโลยี Software-Defined: การใช้งานเทคโนโลยี Software-Defined Networking (SDN) และ Software-Defined Storage (SDS) เพื่อความยืดหยุ่นในการจัดการและประมวลผลข้อมูล

3. ความปลอดภัยของข้อมูล: การใช้งานเทคโนโลยีความปลอดภัยที่ใช้งานร่วมกันเพื่อป้องกันการรุกรานและการรั่วไหลข้อมูล รวมถึงการสร้างระบบสำรองข้อมูลและการกู้คืนข้อมูลที่มีความยืดหยุ่น

4. การควบคุมพลังงาน: การใช้งานเทคโนโลยีที่ช่วยในการลดการใช้พลังงานและควบคุมการใช้พลังงานใน Data Center อย่างอัตโนมัติ การออกแบบระบบ Mechanical, Electrical, และ Plumbing (MEP) ของ Data Center นั้นเป็นสิ่งสำคัญอย่างมาก เนื่องจาก Data Center เป็นศูนย์กลางของการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลขององค์กร การออกแบบระบบ MEP ที่มีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญในการให้บริการความเร็วและความเสถียรในการจัดการข้อมูล

ในบทความนี้เราจะสำรวจ

หลักการออกแบบระบบ MEP ของ Data Center ในปี 2023 และความสำคัญของการปรับใช้เทคโนโลยีที่ล้ำสมัยในงานนี้

1. **การออกแบบระบบ Mechanical ของ Data Center:** การปรับอากาศใน Data Center Hyper-Scale เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพและเสถียรภาพของระบบทั้งหมด การใช้ระบบปรับอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นใน Data Center เป็นเรื่องที่ได้รับความสนใจอย่างมากในการออกแบบและการดำเนินงานของ Data Center Hyper-Scale

ในบทความนี้เราจะสำรวจการใช้งาน Fan Wall Unit และการเปรียบเทียบกับระบบ CRAC (Computer Room Air Conditioner) ที่มักถูกใช้ใน Data Center เพื่อเข้าใจการทำงานและประสิทธิภาพของทั้ง 2 ระบบ

ข้อแตกต่างระหว่าง Fan Wall Unit และ CRAC:

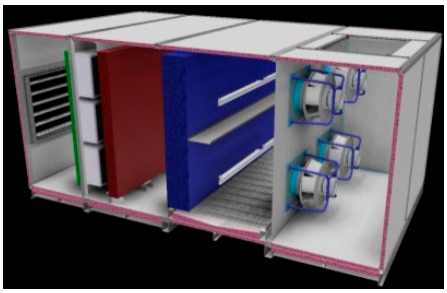
1. ประสิทธิภาพในการระบายความร้อน: Fan Wall Unit มีประสิทธิภาพในการระบายความร้อนมากกว่า CRAC เนื่องจากมีพัดลมแบบมาตรฐานหลายตัว
2. ความยืดหยุ่นในการติดตั้ง: Fan Wall Unit มีความยืดหยุ่นในการติดตั้งมากกว่า CRAC เนื่องจากสามารถปรับแต่งตามขนาดของ Data Center ได้ง่าย
3. ความปลอดภัยและความสะดวกในการบำรุงรักษา: Fan Wall Unit มักมีการควบคุมและการบำรุงรักษาที่ง่ายและมีความปลอดภัยมากกว่า CRAC
4. CRAC มีความเป็นระบบที่มักใช้ใน Data Center ที่มีขนาดเล็กกว่า มีระบบควบคุมความชื้นภายในตัวเอง

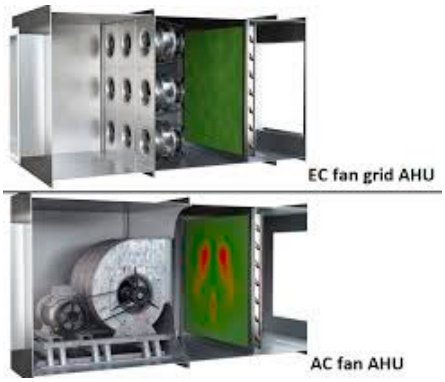
การเลือกใช้ Fan Wall Unit หรือ CRAC ขึ้นอยู่กับความต้องการและขนาดของ Data Center โดย Fan Wall Unit มักเหมาะสำหรับ Data Center Hyper-Scale ที่มีขนาดใหญ่และต้องการประสิทธิภาพสูงในการระบายความร้อนและควบคุมอุณหภูมิความชื้น

การเลือกใช้ Fan Wall Unit หรือ CRAC ควรพิจารณาความต้องการและรูปแบบของ Data Center เพื่อให้

ระบบทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและเสถียรในสภาวะการทำงานที่หลากหลายใน Data Center Hyper-Scale

โครงสร้างภายใน Fan Wall Unit





1. อลูมิเนียมโครงสร้าง: Fan Wall Unit มักมีโครงสร้างหลักที่ทำจากอลูมิเนียมหรือเหล็ก เพื่อรองรับและปกป้องพัดลมและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
2. พัดลม: Fan Wall Unit ประกอบด้วยพัดลมหลายตัวที่จัดเรียงติดกันในพื้นที่หนึ่ง พัดลมมักติดกันอย่าง compact เพื่อประหยัดพื้นที่และเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายความร้อน
3. ช่องตามพัดลม: ระหว่างพัดลมแต่ละตัวจะมีช่องห่างเพื่ออนุญาตให้อากาศถ่ายเทผ่าน พร้อมระบบร่ายความร้อน
4. ส่วนควบคุม: Fan Wall Unit มักมีระบบควบคุมที่ใช้ในการปรับรอบพัดลม และควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

2. การออกแบบระบบ Electrical ของ Data Center:

2.1 การออกแบบระบบไฟฟ้าสำรองที่มีความเสถียรเพื่อป้องกันการขาดไฟฟ้าและส่งผลต่อการทำงานของ Data Center

2.2 ระบบไฟฟ้าต้องมีความเสถียรและมีความสามารถในการรองรับการขยายขนาดของ Data Center ในอนาคต

2.3 การใช้ระบบไฟฟ้าแบบคู่สำรอง (redundant) เพื่อลดความขัดข้อง

2.4 การใช้อุปกรณ์สำรองไฟ (Uninterruptible Power Supply - UPS) เพื่อรักษาความเสถียรของระบบไฟฟ้า

- ระบบ UPS ล่าสุดมักมีความประสิทธิภาพสูงโดยใช้เทคโนโลยีการแปลงไฟฟ้าในระดับสูง (Double Conversion) หรือเทคโนโลยีอื่นที่ช่วยลดการสูญเสียพลังงาน และรักษาความเสถียรของระบบไฟฟ้าในขณะที่มีการสลับสถานการณ์จากไฟฟ้าจากแหล่งต่างๆ
- อินเทลลิเจนแบตเตอรี่: ระบบ UPS ล่าสุดสามารถใช้แบตเตอรี่ระบบอินเทลลิเจน (Lithium-ion) ที่มีอายุการใช้งานยาวขึ้นและน้ำหนักเบากว่าแบตเตอรี่แบบสากล (Lead-Acid) ซึ่งช่วยลดพื้นที่ที่ต้องใช้ใน Data Center และลดความสึกหรอของแบตเตอรี่
- การบริหารจัดการด้วยซอฟต์แวร์: ระบบ UPS ล่าสุดมักมาพร้อมกับซอฟต์แวร์การบริหารจัดการที่ทรงพลัง ซึ่งช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบสถานะและควบคุมระบบ UPS ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5 การวางแผนการสำรองไฟฟ้าในกรณีขาดไฟฟ้าด้วยการใช้กำลังงานของหม้อแปลงไฟฟ้าหรือระบบสำรองไฟฟ้า เช่น กำลังงานจากหม้อแปลงเริ่มต้น หรือกำลังงานจากกองสำรองไฟฟ้า

2.6 การใช้งานเทคโนโลยี UPS แบบสมัยใหม่ที่ช่วยให้ระบบไฟฟ้าไม่มีขาดหาย

2.7 การออกแบบพื้นที่สำรองน้ำมันสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ให้สอดคล้องตามที่กฎหมายกำหนดและเพียงพอต่อการใช้งาน

สรุป

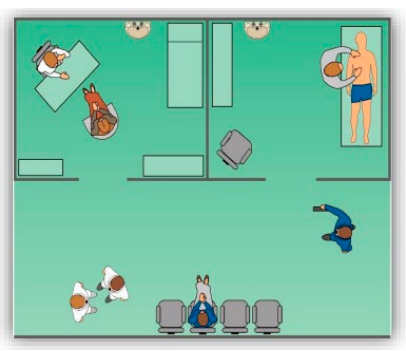
ระบบใน Data Center ขนาด Hyper-Scale จะต้องมีความยืดหยุ่นในการขยายขนาดความต้องการการเพิ่มขนาดและความต้องการของทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่า นอกจากนี้ควรจะต้องวางแผนการประหยัดพลังงานให้เหมาะสมกับการใช้งานที่จะเกิดขึ้น

พนิต โชติเลอศักดิ์ วฟก.1490
ผู้จัดการโครงการอาวุโส
งานระบบวิศวกรรมไฟฟ้า

การออกแบบระบบไฟฟ้าภายในโรงพยาบาล

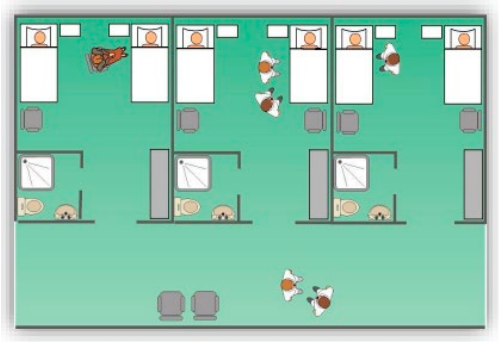
จากที่เราทราบกันในปัจจุบันว่าประเทศไทยก้าวเข้าสู่การเป็นสังคมสูงวัย (Aged Society) ซึ่งผู้สูงอายุหรือประชากรที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปได้เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่อัตราการเกิดและจำนวนประชากรในวัยทำงานลดน้อยลง ซึ่งจะส่งผลให้ต้องเตรียมการรับมือกับปัญหาสุขภาพและโรคเรื้อรังต่างๆ ด้วย สอดคล้องกับเทรนด์ของผู้พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ในประเทศไทย รวมถึงหน่วยงานราชการ โรงพยาบาลต่างๆ ที่เล็งเห็นความสำคัญของการพัฒนาโครงการที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพของกลุ่มผู้สูงวัย ซึ่งการออกแบบงานระบบวิศวกรรมไฟฟ้าสำหรับโรงพยาบาล จึงถือว่าเป็นการออกแบบที่สำคัญ มีความซับซ้อน และต้องการเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าสูง เนื่องจากเป็นระบบที่ส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้ป่วยโดยตรง ซึ่งจะมีการแบ่งพื้นที่ต่างๆ ตามมาตรฐาน IEC (International Electrotechnical Commission) ดังต่อไปนี้

1. **สถานพยาบาลกลุ่ม 0** คือสถานพยาบาลในบริเวณที่ไม่มีการใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าใดๆ กับผู้ป่วย เช่น ห้องตรวจทั่วไป ห้องนวดและวอร์ดทั่วไป



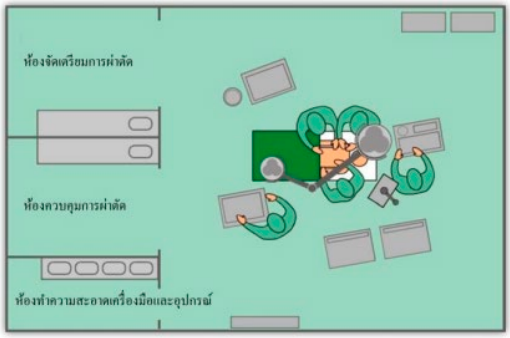
สถานพยาบาลกลุ่ม 0

2. **สถานพยาบาลกลุ่ม 1** คือสถานพยาบาลซึ่งมีบริเวณหรือพื้นที่บางส่วนของสถานพยาบาลที่มีการใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้ากับผู้ป่วยอันได้แก่ ใช้ภายนอกหรือใช้ทุกส่วนของร่างกายที่ไม่ใช่กลุ่ม 2



สถานพยาบาลกลุ่ม 1

3. **สถานพยาบาล กลุ่ม 2** คือสถานพยาบาลซึ่งมีบริเวณหรือพื้นที่บางส่วนของสถานพยาบาลมีการใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้ากับคนไข้อันได้แก่ ห้องผ่าตัดเกี่ยวกับหัวใจ และการบำบัดช่วยชีวิตผู้ป่วย ถ้าบริภัณฑ์ไฟฟ้าดังกล่าวขาดการจ่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องจะส่งผลที่เป็นอันตรายต่อผู้ป่วย



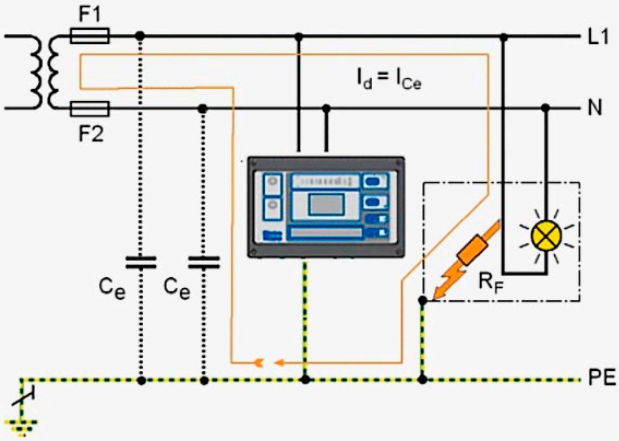
สถานพยาบาลกลุ่ม 2

สำหรับสถานพยาบาลกลุ่ม 2 ที่มีการใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้ากับคนไข้จำเป็นต้องใช้ระบบไฟฟ้านิรภัย (Isolation Power System) เพื่อความปลอดภัยของคนไข้ ซึ่งห้ามหยุดระหว่างการผ่าตัด รวมถึงหากเกิดกระแสลัดวงจรในระหว่างผ่าตัด จะต้องมีการจำกัดให้กระแสลัดวงจรอยู่ในช่วงที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ป่วย (กระแส Micro shock จากการรั่วลงกราวด์) โดยจะมีหลักการดังต่อไปนี้

สำหรับ Isolation Power system คือระบบไฟฟ้าแบบแยกส่วน (ระบบการต่อลงดินชนิด IT) โดยจะมีการใช้หม้อแปลงแยกขดลวดสำหรับป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้นกับผู้ป่วยจากกระแสที่สูงกว่า 10μA ไหลผ่านกล้ามเนื้อหัวใจจากอิเล็กโทรดหรือท่อสวนเส้นเลือดอันเนื่องมาจากมีการต่อลงดิน ทั้งที่ตั้งใจหรือไม่ตั้งใจก็ตาม โดยทำการจำกัดความต่างศักย์ของท่อสวนเส้นเลือดกับผิวอื่นใดๆ หรือเครื่องวัดใดๆ ที่อยู่ใกล้ผู้ป่วยให้น้อยกว่า 5mV

อุปกรณ์ Isolation Power system

ทั้งนี้สำหรับระบบไฟฟ้าแบบแยกส่วนยังมีจุดสำคัญอีกหนึ่งจุด คือเหตุการณ์การเกิดความผิดพร่องของฉนวนจากสายที่มีไฟ (L1) ลงดิน ระบบจ่ายไฟนี้จะไม่มีการแยกอีกต่อไป และหากเกิดความผิดพร่องจากสายไฟ (L2) ลงดินอีกกระแสผิดพร่องจะถูกจำกัดด้วยความต้านทานของฉนวนทั้ง 2 เส้นซึ่งต่ออนุกรมกัน ซึ่งอาจจะทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทริป หรืออาจทำให้ผู้ป่วยได้รับแรงดัน 230 โวลท์ได้ ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์สำหรับการ Monitor ค่าความเป็นฉนวนของสายไฟอยู่ตลอดเวลา โดยจะเรียกอุปกรณ์ชนิดนี้ว่า LIM (Line Isolation Monitor) หรือ IPM (Isolated Power system Monitor) ซึ่งจะแสดงผลอิมพีแดนซ์ของตัวนำเทียบกับดินอย่างต่อเนื่อง และติดตั้งเข้าระบบไฟฟ้าแบบแยกดังรูปด้านล่าง



รูปแบบการต่อ LIM ในวงจรของระบบไฟฟ้าแบบแยก

นอกจากนี้การออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับโรงพยาบาลนั้น ต้องคำนึงถึงความต่อเนื่องของการทำงานของระบบไฟฟ้าเป็นอย่างมาก ซึ่งจะต้องสามารถสลับแหล่งจ่ายไฟฟ้าเพื่อการซ่อมบำรุงประจำปี หรือหากมีอุปกรณ์ไฟฟ้าใดในระบบเกิดขัดข้อง ระบบไฟฟ้าสำหรับพื้นที่สำคัญ เช่น ห้องผ่าตัด หออภิบาลผู้ป่วยวิกฤติ หออภิบาลผู้ป่วยวิกฤตด้านหัวใจ เป็นต้น ซึ่งส่งผลโดยตรงสำหรับการจัดวงจรแหล่งจ่ายของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยจะมีการจัดกลุ่มเสี่ยง (Risk Categories) ดังต่อไปนี้

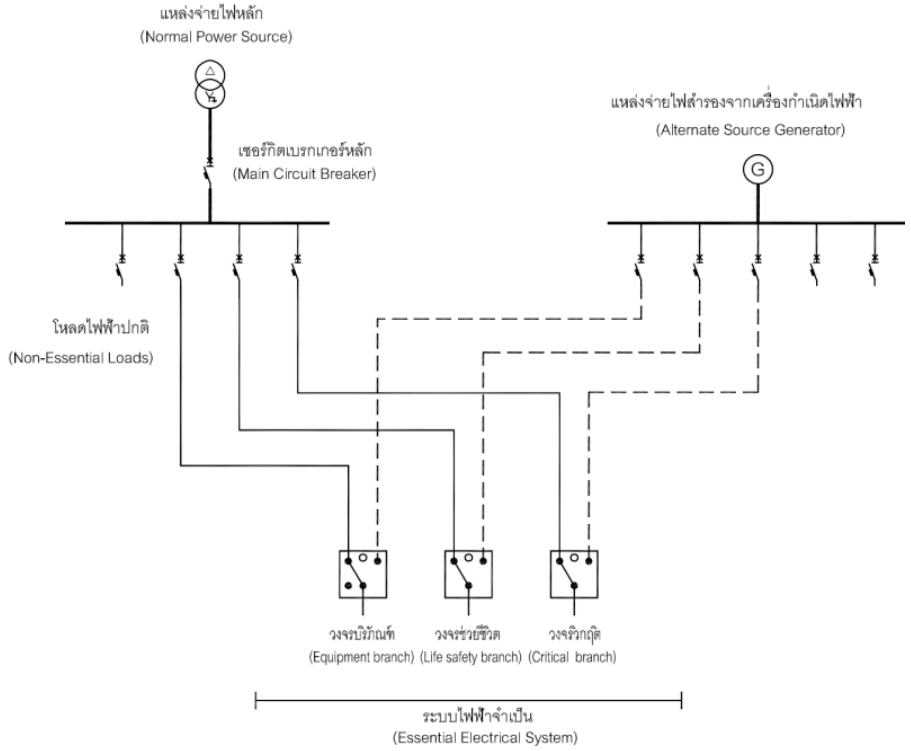
- **กลุ่มเสี่ยงที่ 1 (Category 1)** เป็นพื้นที่พยาบาลผู้ป่วยวิกฤติ (Critical care space) ซึ่งมีกิจกรรมในการทำงานของระบบหรืออุปกรณ์ ซึ่งหากเกิดความบกพร่อง ล้มเหลวที่ทำให้ไม่สามารถทำงานหรือดำเนินกิจกรรมได้ จะเป็นเหตุก่อให้เกิดการบาดเจ็บรุนแรงหรือเสียชีวิตต่อผู้ป่วย บุคลากร เจ้าหน้าที่หรือผู้อื่นได้

- **กลุ่มเสี่ยงที่ 2 (Category 2)** เป็นพื้นที่พยาบาลผู้ป่วยทั่วไป (General care space) ซึ่งมีกิจกรรมในการทำงานของระบบ หรืออุปกรณ์ ซึ่งหากเกิดความบกพร่อง ล้มเหลว ที่ทำให้ไม่สามารถทำงานหรือดำเนินกิจกรรมได้ เป็นเหตุก่อให้เกิดการ บาดเจ็บไม่รุนแรงต่อผู้ป่วย บุคลากร เจ้าหน้าที่ หรือผู้อื่นได้

- **กลุ่มเสี่ยงที่ 3 (Category 3)** เป็นพื้นที่การให้บริการพื้นฐาน (Basic care space) ซึ่งมีกิจกรรมในการทำงานระบบ หรืออุปกรณ์ ซึ่งหากเกิดความบกพร่อง ล้มเหลว ที่ทำให้ไม่สามารถทำงานหรือดำเนินกิจกรรมได้ จะไม่เป็นเหตุก่อให้เกิดการบาดเจ็บ แต่จะเป็นเหตุให้เกิดความไม่สะดวกสบายต่อผู้ป่วย บุคลากร เจ้าหน้าที่ หรือผู้อื่นได้

- **กลุ่มเสี่ยงที่ 4 (Category 4)** เป็นพื้นที่ส่วนสนับสนุนการทำงาน (Support space) ซึ่งมีกิจกรรมในการทำงาน ระบบ หรืออุปกรณ์ ซึ่งหากเกิดความบกพร่อง ล้มเหลว ที่ทำให้ไม่สามารถทำงานหรือดำเนินกิจกรรมได้ ไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อผู้ป่วย

ซึ่งจะต้องนำข้อมูลที่ได้จากการแบ่งโหลดตามกลุ่มเสี่ยงต่างๆ ข้างต้น จะต้องนำมาแบ่งประเภทตามระบบไฟฟ้าที่จำเป็น (Essential Electrical System, EES) ซึ่งประกอบไปด้วย 3 วงจร คือ วงจรช่วยชีวิต (Life safety branch) วงจรวิกฤติ (Critical branch) และวงจรบริภัณฑ์ (Equipment branch) ตามรูปด้านล่าง



การจัดวางระบบไฟฟ้าจำเป็นประเภท 1 (Type 1 EES) สำหรับสถานพยาบาล ในกรณีที่โหลดต่อเนื่องของ ATS เกิน 300 kVA

สำหรับการออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับโรงพยาบาลนั้น จะพบว่ามีความซับซ้อนสูงกว่าระบบไฟฟ้าสำหรับอาคารทั่วไปมาก ซึ่งมีเหตุผลหลักคือความปลอดภัยของผู้ป่วยและบุคลากรที่ต้องปฏิบัติงานภายในโรงพยาบาล รวมถึงความต่อเนื่องทางไฟฟ้า โดยต้องออกแบบอุปกรณ์ที่สามารถทำงานทดแทนกันได้ (Redundancy) โดยการออกแบบตามหลักการที่ได้กล่าวมาแล้วเบื้องต้นจะช่วยให้ระบบไฟฟ้ามีความต่อเนื่องและมีเสถียรภาพดี ซึ่งจะทำให้เกิดความปลอดภัยสูงสุดสำหรับระบบไฟฟ้าภายในโรงพยาบาล

อ้างอิง : https://dcd.hss.moph.go.th/web/attachments/article/248/151217_042853.pdf
: https://electrical-engineering-portal.com/electrical-design-healthcare-facilities
: มาตรฐานออกแบบและติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับสถานพยาบาล (Generator set for Health care)

ธานี รัชนีวงศ์ สฟก.6223
ผู้จัดการโครงการ
งานระบบวิศวกรรมไฟฟ้า

การออกแบบสถานีไฟฟ้าย่อย (Substation) สำหรับอาคารที่ใช้ไฟฟ้าสูงมาก

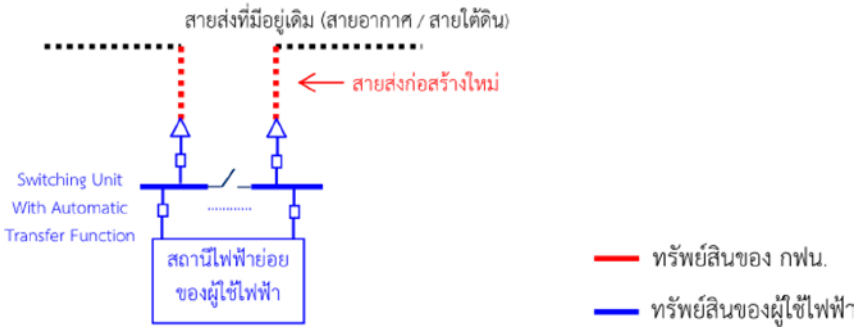
การออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับกลุ่มอาคารขนาดใหญ่ในกรุงเทพฯ และปริมณฑลที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงมากเกินข้อกำหนดของการไฟฟ้านครหลวง เช่น กลุ่มอาคาร Mixed Use ที่มีการใช้ไฟฟ้าแรงสูงมาก ประกอบด้วย อาคารโรงแรม อาคารห้างสรรพสินค้า อาคารสำนักงาน และอาคารคอนโดมิเนียม เป็นต้น กรณีการใช้ไฟฟ้าที่เกิน 15MVA ทั้งนี้ครอบคลุมทั้งโครงการที่มีเจ้าของเดียว ให้จ่ายไฟฟ้าด้วยระบบแรงดันไฟฟ้า 69/115 kV แทน 24kV โดยก่อสร้างสถานีไฟฟ้าย่อยตามรูปแบบที่การไฟฟ้านครหลวงกำหนดหรือให้คำแนะนำ

รูปแบบการเชื่อมต่อกับระบบ กฟน. ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 69/115 kV

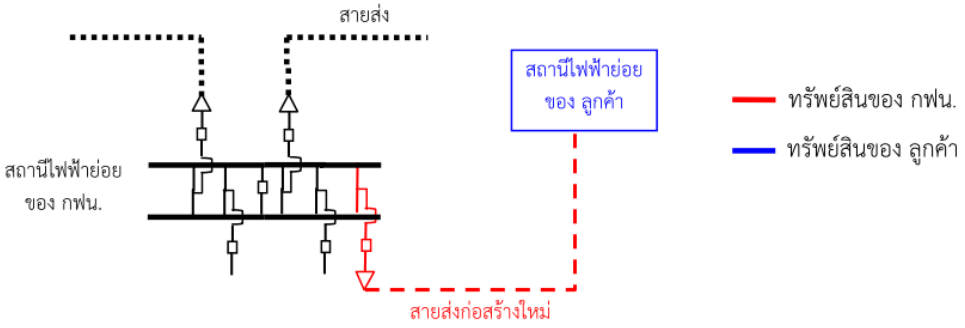
กฟน. จะพิจารณาจ่ายไฟฟ้าสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าด้วย 2 รูปแบบหลักๆ ได้แก่

- การจ่ายไฟฟ้าด้วย Switching Unit
- การจ่ายไฟฟ้าด้วย Extend-Bay

การจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าจะพิจารณาจ่ายไฟฟ้าด้วย Switching Unit จำนวน 1 ชุด หรือ Extend- Bay จำนวน 1 Bay แต่ในกรณีที่จ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความสำคัญมาก เช่น งานโครงการรถไฟฟ้า อาคารขนาดใหญ่ และสนามบิน เป็นต้น จะพิจารณาจ่ายไฟฟ้าด้วย Switching Unit จำนวน 2 ชุด หรือ Extend-Bay จำนวน 2 Bay หรือผสมกันระหว่าง 2 รูปแบบดังกล่าว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้งของสถานีไฟฟ้าย่อยของผู้ใช้ไฟฟ้าและระบบไฟฟ้าที่มีอยู่ในบริเวณนั้น



รูปที่ 1 การจ่ายไฟฟ้าด้วย Switching Unit แบบ In-line ด้วยสายส่ง 1 วงจร



รูปที่ 2 รูปแบบการจ่ายไฟฟ้าแบบ Extend-Bay จากสถานีไฟฟ้าย่อยของ กฟน.

รายละเอียดการจัดเตรียมอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้า

การจ่ายไฟฟ้าด้วย Switching Unit นั้น สถานีไฟฟ้าย่อยของผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นส่วนหนึ่งของระบบการจ่ายไฟฟ้าของ กฟน. จึงมีความจำเป็นต้องก่อสร้างตามมาตรฐานการติดตั้งของ กฟน. โดยใช้ข้อกำหนดรายละเอียดอุปกรณ์ (Specification)

กรณีการจ่ายไฟฟ้าด้วย Extend-Bay นั้น กฟน. จะจ่ายไฟเป็นระบบ Radial จากสถานีไฟฟ้าย่อยของ กฟน. ไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยของผู้ใช้ไฟฟ้า

โดยสรุปการจัดเตรียมอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้ามีรายละเอียดดังนี้

1. ที่ตั้งสถานีไฟฟ้าย่อย
   ที่ตั้งควรอยู่ในสถานที่ซึ่งบุคคลที่มีหน้าที่ที่เกี่ยวข้องสามารถเข้าถึงได้โดยสะดวกตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อทำการตรวจสอบและบำรุงรักษา และควรต้องจัดช่องทางให้สามารถขนย้ายอุปกรณ์ต่างๆ เข้าออกจากสถานีไฟฟ้าย่อยได้สะดวก ตัวอาคารควรต้องจัดให้มีการระบายอากาศอย่างเพียงพอ พร้อมทั้งต้องมีพื้นที่สำหรับจอดรถประมาณ 3x6 ตารางเมตร อยู่ชิดสถานีไฟฟ้าย่อย

   กรณีสถานีไฟฟ้าย่อยอยู่ภายในอาคาร หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังควรติดตั้งอยู่ชั้น Ground floor บริเวณริมอาคารที่สามารถเปิดประตูออกนอกอาคารได้

2. สถานีไฟฟ้าย่อยต้องก่อสร้างเป็นแบบ Indoor เท่านั้น กรณีใช้รูปแบบ Switching Unit ซึ่งจะประกอบด้วยห้องดังนี้
   - ห้องติดตั้งสายเคเบิล อยู่ชั้นที่ 1 สูงไม่น้อยกว่า 3 เมตร จากระดับพื้นดินเพื่อรองรับเหตุการณ์น้ำท่วม
   - ห้อง 69/115 kV GIS โดยมีพื้นที่ว่างโดยรอบ GIS อย่างน้อยด้านละ 1 เมตร และมีความสูงของห้องอย่างน้อย 6 เมตร เพื่อให้มีพื้นที่เพียงพอที่จะใช้ Crane สำหรับงานติดตั้งหรือซ่อมบำรุง
   - ห้องควบคุมสำหรับตู้ Control, ตู้ RTU & Communication, ตู้ AC/DC automatic function, ตู้ LTF และ Battery Charger
   - ห้อง Battery
   - ห้อง 24kV Switchger
   - ห้องน้ำ
   - ห้องอื่นๆ ตามที่แสดงในแบบมาตรฐาน กฟน.

3. มาตรฐานอ้างอิงที่ใช้
   - IEC standard
   - ANSI, IEEE, NEMA standard
   - มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย
   - หากผู้ใช้ไฟฟ้าใช้มาตรฐานอื่นนอกจากนี้ ขอให้ส่ง กฟน. ให้การรับรองก่อน

4. อุปกรณ์
   กรณีผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟด้วยรูปแบบ Extend-Bay สามารถส่งข้อมูลพิกัดอุปกรณ์และข้อมูลต่างๆ เข้ามาให้ กฟน. เพื่อให้คำแนะนำการออกแบบ หากผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟด้วยรูปแบบ Switching Unit ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องใช้พิกัดอุปกรณ์ตามที่ กฟน. กำหนด

5. ก่อนติดตั้งอุปกรณ์ต้องส่งรายละเอียดดังต่อไปนี้ให้ กฟน. ตรวจสอบ/แนะนำ
   5.1 HV GIS Specification Sheets and HV GIS Drawing, Protection Relay Panel, Line Differential Relay with Cubicle, AC & DC Panel, Battery and Battery Charger, Fire Resistance

Cables, Power Quality meter ,HV Cable Terminator and Manufacturers, SRTU

5.2 Equipment drawings and Data
- 69 or 115 kV GIS
- Battery and Battery Charger
- AC and DC Board
- Substation Relays Control and Metering Board
- Cable and Accessories
- Fire Protection (General)
- Fire Protection for Cable Installation

5.3 Grounding ได้แก่ System Layout และ System calculation

5.4 Duct Bank and Cable Routing

5.5 Soil Resistivity Test Report (Four-Point Method)

5.6 Building Layout and Section Plan

5.7 Equipment Layout & Section Plan

5.8 Metering & Relaying

5.9 Lightning Protection Zone

5.10 Details for Harmonics & Flickering and Power Factor Study

5.11 Substation Building and Facility System Drawing

5.12 Load Flow and Short Circuit Study

5.13 SCADA System (RTU & I/O Point List)

5.14 รายงานการทดสอบของอุปกรณ์ต่างๆ

5.15 Power Transformer Specification & Drawing

5.16 24 kV Equipment Specification and Drawing (Hardcopy & Soft Files)

5.17 ผลการศึกษา Filter Plant ประกอบการตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า

6. การตรวจสอบและทดสอบก่อนการจ่ายไฟฟ้า
ก่อนการจ่ายไฟฟ้าจะต้องจัดให้มีการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือ Commissioning Test ต่อหน้าเจ้าหน้าที่ กฟน. โดยลูกค้าจะต้องจัดส่งรายงานผลการทดสอบจากโรงงานผู้ผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้าตาม กฟน. มาตรฐาน IEC หรือมาตรฐานอื่นๆ ที่ กฟน. ยอมรับ เพื่อให้พิจารณาก่อน

สรุป

โครงการขนาดใหญ่ที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงมากต้องคำนึงถึงระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโครงการตั้งแต่เริ่มพัฒนาโครงการ กรณีที่จะต้องมีสถานีไฟฟ้าย่อยของโครงการเอง ซึ่งจะต้องมีการจัดสรรพื้นที่ส่วนนี้ โดยงบประมาณค่าก่อสร้างอาจที่เพิ่มขึ้นประมาณ 150 ล้านบาทในบางโครงการ อีกทั้งยังต้องประสานงานกับการไฟฟ้านครหลวงในรายละเอียดอีกครั้ง ทั้งนี้เพื่อให้โครงการสามารถดำเนินการได้

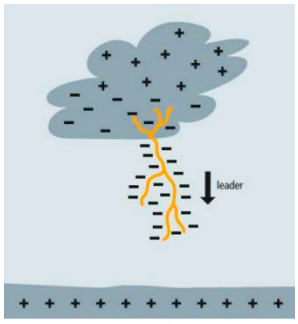
ปัณณทัต อธิรัชวาทิน สฟก.6758
วิศวกรโครงการ
งานระบบวิศวกรรมไฟฟ้า

การออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่า ภายนอกสิ่งปลูกสร้างและภายในสิ่งปลูกสร้าง

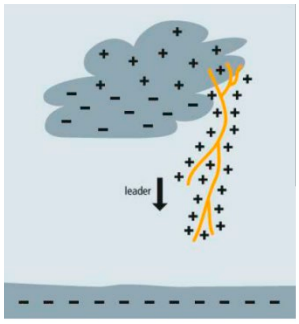
การออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่าเป็นกระบวนการสำคัญในการลดความเสี่ยงจากอันตรายที่เกิดจากจากฟ้าผ่า การออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่าควรพิจารณาปัจจัยหลายประการ เช่น ประเภทที่เกิดของอาคาร ขนาดของอาคาร ลักษณะของพื้นที่ที่ตั้งอาคาร เป็นต้น อาคารตามมาตรฐานจะต้องมีการออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่า ตามมาตรฐานการออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่าของ วสท. เพื่อความปลอดภัยต่อชีวิตและสิ่งปลูกสร้าง

ฟ้าผ่าเกิดจากอะไร

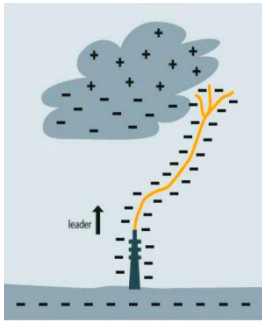
ปรากฏการณ์ฟ้าผ่าเกิดประจุไฟฟ้าระหว่างก้อนเมฆและพื้นดินมีความต่างกันมากจนมีการคายประจุเข้าหากันซึ่งเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่พบเห็นได้ทั่วไปที่เมื่อเกิดขึ้นจะมีโอกาสสร้างความสูญเสียให้แก่ทั้งชีวิตและทรัพย์สิน มีทั้งชนิดที่คายประจุจากก้อนเมฆลงมายังพื้นดินเรียกว่าฟ้าผ่าลง (Downward flash) และตรงกันข้ามคือจากพื้นดินสู่ก้อนเมฆเรียกว่าฟ้าผ่าขึ้น (Upward flash) ในบทความนี้จะกล่าวถึงแนวทางการป้องกันหรือลดความสูญเสียจากผลของฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นจากการคายประจุ เพื่อเป็นพื้นฐานในการออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกและภายใน



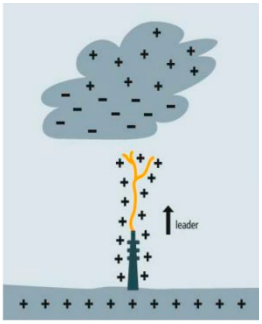
Negative downward flash
(ฟ้าผ่าลบแบบลง)



Positive downward flash
(ฟ้าผ่าบวกแบบลง)



Negative upward flash
(ฟ้าผ่าลบแบบขึ้น)



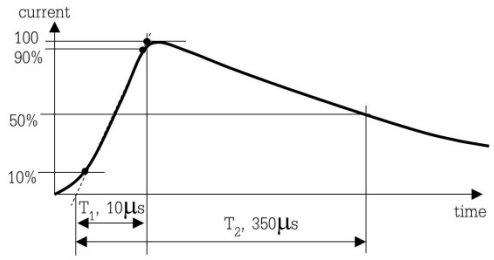
Positive upward flash
(ฟ้าผ่าบวกแบบขึ้น)

แหล่งที่มาภาพ: บริษัท คัมเวล คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

มาทำความรู้จักกับรูปคลื่นกระแสฟ้าผ่าและแรงดันเหนี่ยวนำที่ปรากฏ ซึ่งได้กำหนดคุณสมบัติตามมาตรฐาน IEC 61643 เป็น 3 รูปแบบ

1. **Lightning current waveform 10/350μs (Direct lightning strike)**

   เป็นรูปคลื่นที่ใช้ในการทดสอบ SPDs TYPE 1

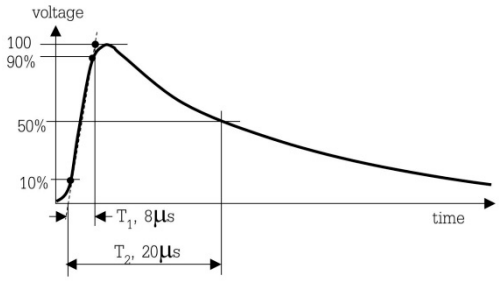


รูปที่ 2 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าแบบ 10/350

Front time = T1 = 10μs
Time of half value = T2 = 350μs

2. **Lightning current waveform 8/20μs (Indirect lightning strike and transient)**

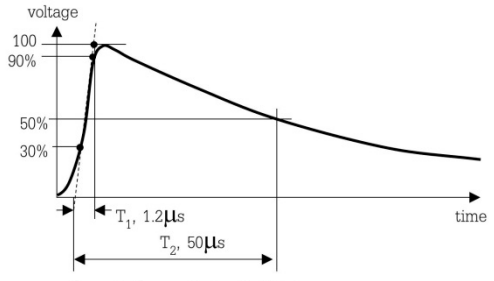
   เป็นรูปคลื่นที่ใช้ในการทดสอบ SPDs TYPE 1 และ TYPE 2



รูปที่ 3 รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าแบบ 8/20 μs

Front time = T1 = 8μs
Time of half value = T2 = 20μ

3. **Voltage surge waveform 1.2/50μs**



รูปที่ 1 รูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่าแบบ 1.2/50 μs

Front time = T1 = 1.2μs

Time of half value = T2 = 50μs

จากภาพข้างต้นเป็นรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์ที่เกิดขึ้นเมื่อกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าไหลผ่านมามีค่าลดลง แต่แรงดันกลับไม่ลดลง เนื่องจากมี inductive coupling หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า radiated เหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันปรากฏที่อุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ เป็นรูปคลื่นดันที่ใช้ในการทดสอบ SPDs TYPE 3

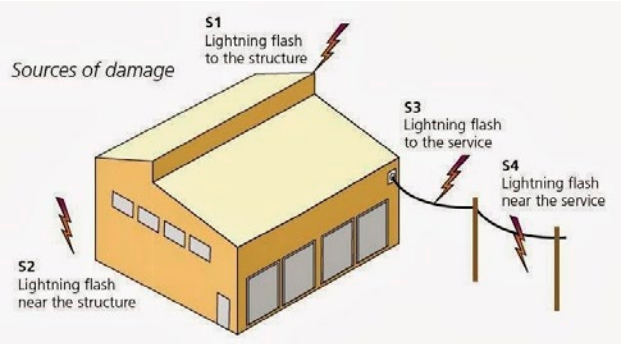
แหล่งที่มาของความเสียหาย (Source of damage) แบ่งได้จากตำแหน่งที่เกิดฟ้าผ่า และจะเป็นตัวกำหนดวิธีการป้องกันได้ จำแนกได้เป็น 4 แบบคือ

1. ฟ้าผ่าลงอาคารหรือโครงสร้าง (S 1: flashes to structure) ฟ้าผ่าวาบลงโดยตรงที่สิ่งปลูกสร้าง ป้องกันได้ด้วยระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก และติดตั้ง SPDs เพื่อป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร (การป้องกันฟ้าผ่าภายใน)

2. ฟ้าผ่าใกล้อาคารหรือโครงสร้าง (S 2: flashes near a structure) วาบฟ้าผ่าลงใกล้ๆ หรือบริเวณข้างเคียงสิ่งปลูกสร้าง จะมีกระแสอิมพัลส์เหนี่ยวนำเข้ามาในอาคาร ป้องกันได้ด้วยการติดตั้ง SPDs เพื่อป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร (การป้องกันฟ้าผ่าภายใน)

3. ฟ้าผ่าลงสายไฟฟ้าหรือโทรคมนาคมที่เชื่อมต่อกับอาคารหรือโครงสร้าง (S3: flashes to a line) วาบฟ้าผ่าลงโดยตรงที่สายไฟฟ้า สายสื่อสาร เป็นฟ้าผ่าโดยตรง ป้องกันได้ด้วยการติดตั้ง SPDs เพื่อป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร (การป้องกันฟ้าผ่าภายใน)

4. ฟ้าผ่าใกล้สายไฟฟ้าหรือโทรคมนาคมที่ต่อกับอาคารหรือโครงสร้าง (S 4: flashes near a line) ฟ้าผ่าวาบลงใกล้ๆ สายไฟฟ้า สายสื่อสาร เป็นฟ้าผ่าโดยอ้อม จะมีกระแสอิมพัลส์เหนี่ยวนำเข้ามาในอาคาร ป้องกันได้ด้วยการติดตั้ง SPDs (การป้องกันฟ้าผ่าภายใน)



ภาพแสดง: แหล่งที่มาของความเสียหาย
แหล่งที่มาภาพ: บริษัท คัมเวล คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

ประเภทของความเสียหาย (Type of damage)

1. การบาดเจ็บของสิ่งมีชีวิต (D 1: Injury to living Beings by Electric Shock) เช่น เกิดไฟฟ้าดูดกับสิ่งที่มีชีวิต

2. ความเสียหายทางกายภาพ (D 2: Physical Damage) เช่น เพลิงไหม้ ระเบิด การแตกร้าว ฯลฯ จากผลของกระแสฟ้าผ่าและการเกิดประกายไฟ

3. ความล้มเหลวของระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (D 3: Failure of Electrical and Electronic Systems) เช่น ระบบไฟฟ้าภายในอาคารได้รับความเสียหายจากผลของ lightning electromagnetic impulse (LEMP)

แหล่งที่มาภาพ: บริษัท คัมเวล คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

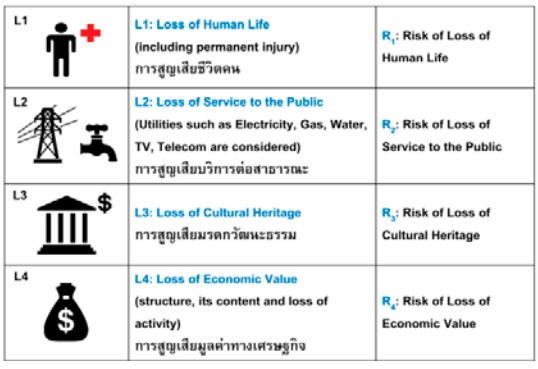
ประเภทของความสูญเสีย (Type of loss)

1. การสูญเสียชีวิตคน (L 1: Loss of Human Life)

2. การสูญเสียต่อระบบสาธารณูปโภคสาธารณะ (L 2: Loss of Service to the Public)

3. การสูญเสียต่อมรดกทางวัฒนธรรม (L 3: Loss of Cultural Heritage)

4. การสูญเสียที่มีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ (L 4: Loss of Economic Value)

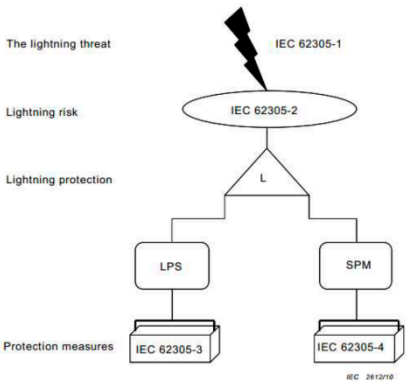


แหล่งที่มาภาพ: บริษัท คัมเวล คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

แนวทางการป้องกันความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ฟ้าผ่า ในการออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่าจะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับความรุนแรงของฟ้าผ่า ในมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าของ วสท. มีคำที่พบบ่อยคือ

1. ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning protection system: LPS) หมายถึง ระบบสมบูรณ์ที่ใช้เพื่อลดความความเสียหายทางกายภาพเนื่องจากฟ้าผ่าสิ่งปลูกสร้าง แบ่งเป็นระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกและภายใน

2. ระดับป้องกันฟ้าผ่า (Lightning protection level: LPL) หมายถึง ตัวเลขซึ่งสัมพันธ์กับกลุ่มของค่าพารามิเตอร์ของกระแสฟ้าผ่า ที่สัมพันธ์กับความน่าจะเป็นค่าสูงสุดหรือต่ำสุดที่ออกแบบ ไม่เกินค่าที่เกิดจากฟ้าผ่าตามธรรมชาติ



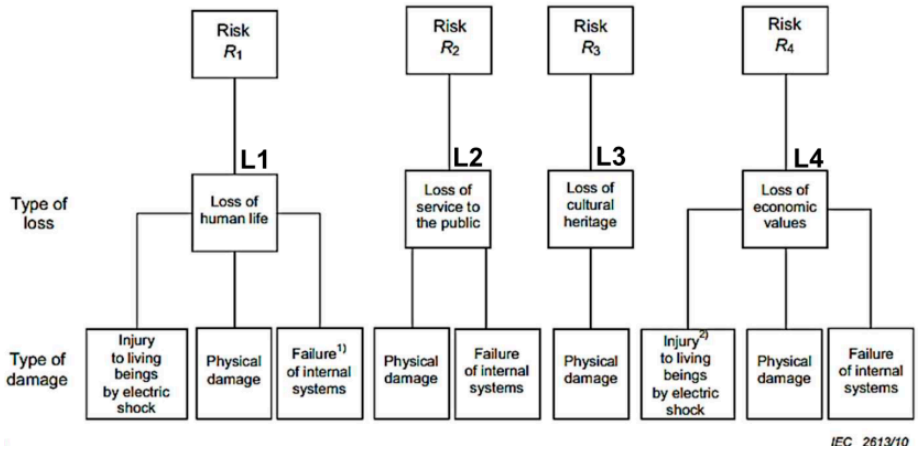
IEC 62305-1 Ed.2, Figure 1

แนวทางการเลือกระดับป้องกันฟ้าผ่า โดยปกติจะทำการเลือกชั้นของระบบป้องกันฟ้าผ่า (Class of LPS) ก่อนและจะได้ระดับป้องกันฟ้าผ่า ทั้ง LPS และ LPL โดยแบ่งออกเป็น 4 ระดับที่ตรงกัน การประเมินเพื่อเลือกชั้นของระบบป้องกันฟ้าผ่าหรือการประเมินความเสี่ยงต้องเลือกบนพื้นฐานของการประเมินความเสี่ยงที่ได้กล่าวตามมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าของ วสท. (อ้างอิงจาก IEC 62305-2)

วัตถุประสงค์ของการประเมินความเสี่ยงนั้นทำเพื่อเลือกมาตรการป้องกันที่เหมาะสมเพื่อนำมาลดความเสี่ยงให้ต่ำกว่าขีดจำกัดที่ยอมรับได้ เป้าหมายในการประเมินได้แก่

1. ความต้องการในการป้องกัน: ในการประเมินว่าจำเป็นต้องมีการป้องกันฟ้าผ่าหรือไม่ ให้พิจารณาจากการสูญเสีย L1, L2 และ L3

2. ความคุ้มค่าในการป้องกัน: ควรประเมินการสูญเสียคุณค่าทางเศรษฐกิจ L4 เมื่อใดก็ตามที่มีการพิจารณาเหตุผลเชิงประหยัดในการป้องกันฟ้าผ่า



ความเสี่ยง R คือค่าเฉลี่ยต่อปีของการสูญเสียที่อาจเกิดขึ้น แต่ละความเสี่ยง R คือผลรวมของ “องค์ประกอบความเสี่ยง” ที่เกี่ยวข้อง ในการคำนวณความเสี่ยงจะแบ่งกลุ่มองค์ประกอบความเสี่ยงตามแหล่งที่มาและประเภทของความเสียหายดังนี้

R1: Risk of Loss Human Life

R2: Risk of Loss of Service to the Public

R3: Risk of Loss Cultural Heritage

R4: Risk of Loss of Economic Value

โดยในการประเมินความเสี่ยงทุกประเภท สิ่งปลูกสร้าง R1 จะถูกนำมาใช้ในการเมินครั้งและ R2, R3, R4 ตามลำดับ โดยขึ้นอยู่กับประเภทอาคารที่จะนำมาประเมินความเสี่ยง เช่น สถานพยาบาลจะต้องใช้ R1 และ R2 ในการประเมินความเสี่ยงด้วยเนื่องจากเป็นอาคารสถานบริการสาธารณะ

ค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ R_T

ประเภทของการสูญเสีย		R_T (year^{-1})
L1	การสูญเสียชีวิตคน	$R_1 < 10^{-5}$
L2	การสูญเสียบริการต่อสาธารณะ	$R_2 < 10^{-3}$
L3	การสูญเสียมรดกวัฒนะธรรม	$R_3 < 10^{-4}$
L4	การสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจ	-

$R \leq R_T$

* L4 ขึ้นอยู่กับการใช้การเปรียบเทียบมูลค่า ต้นทุน / ผลประโยชน์ หากไม่มีข้อมูลอาจใช้ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ $R_T = 10^{-3}$

หลังจากประเมินความเสี่ยงแล้วก็จะได้ชั้นของระบบป้องกันฟ้าผ่า มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าของ วสท. แบ่งระดับป้องกันตามขนาดของกระแสฟ้าผ่าและความไปได้ไว้ดังนี้

1. **ระดับป้องกัน 1** จะมีย่านการป้องกันที่ค่า peak current จาก 3 kA ถึง 200 kA ดังนี้
   มีความเป็นไปได้ 99% ที่กระแสฟ้าผ่าจะต่ำกว่า 200 kA
   มีความเป็นไปได้ 99% ที่กระแสฟ้าผ่าจะสูงกว่า 3 kA

2. **ระดับป้องกัน 2** จะมีย่านการป้องกันที่ค่า peak current จาก 5 kA ถึง 150 kA ดังนี้
   มีความเป็นไปได้ 98% ที่กระแสฟ้าผ่าจะต่ำกว่า 150 kA
   มีความเป็นไปได้ 97% ที่กระแสฟ้าผ่าจะสูงกว่า 5 kA

3. **ระดับป้องกัน 3** จะมีย่านการป้องกันที่ค่า peak current จาก 10 kA ถึง 100 kA ดังนี้
   มีความเป็นไปได้ 97% ที่กระแสฟ้าผ่าจะต่ำกว่า 100 kA
   มีความเป็นไปได้ 91% ที่กระแสฟ้าผ่าจะสูงกว่า 10 kA

4. **ระดับป้องกัน 4** จะมีย่านการป้องกันที่ค่า peak current จาก 16 kA ถึง 100 kA ดังนี้
   มีความเป็นไปได้ 97% ที่กระแสฟ้าผ่าจะต่ำกว่า 100 kA
   มีความเป็นไปได้ 84% ที่กระแสฟ้าผ่าจะสูงกว่า 16 kA

ซึ่งขนาดของกระแสฟ้าผ่าใช้เพื่อกำหนดรัศมีทรงกลมกลิ้ง (r) ของแต่ละระดับป้องกันโดยพิจารณาจากกระแสยอดคลื่นต่ำสุด และใช้หลักคิดที่ว่าถ้าสามารถป้องกันกระแสฟ้าผ่าที่ระยะ r สั้นๆ ได้ก็จะสามารถป้องกันระยะ r ที่ยาวขึ้นได้

จากสมการ $r=10\times i^{0.65}$; i จะได้ค่าตามตารางที่ 2 กระแสยอดคลื่นสูงสุด ใช้เพื่อการออกแบบ SPDs (การป้องกันฟ้าผ่าภายใน) โดยหลักคิดที่ว่ากระแสฟ้าผ่าค่าสูงๆ จะมีโอกาสสร้างความเสียหายได้สูง หลักการในการเลือก SPDs ที่ตำแหน่งบริภัณฑ์ประธานมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการประเมินความเสี่ยงเพื่อให้ทราบชั้นของระบบป้องกันฟ้าผ่า (จะได้ค่ากระแสอิมพัลส์สูงสุด)

2. ที่บริภัณฑ์มีโอกาสที่จะได้รับกระแสอิมพัลส์จากฟ้าผ่าทั้งแบบฟ้าผ่าโดยตรงและโดยอ้อม ดังนั้นจึงพิจารณาที่กรณีฟ้าผ่าโดยตรง เพราะมีพลังงานที่เข้ามาในระบบปริมาณสูง (ดูจาก Lightning current waveform 10/350μs)

3. จากนั้นสมมติฐานว่ากระแสฟ้าผ่าทั้งหมดจะแบ่งไหลเข้ามาในระบบประมาณ 50%

4. พิจารณาระบบไฟฟ้าที่ใช้ โดยปกติระบบไฟฟ้าในประเทศไทยจะใช้ระบบ 3 เฟส 4สาย (L1, L2, L3, PEN) ดังนั้นกระแสที่ไหลเข้ามาในแต่ละเส้นจะเท่ากับ $\frac{50}{4} = 12.5\%$ กระแสส่วนนี้จะไหลผ่าน SPDs ยกตัวอย่างเช่นการป้องกันระดับ 1 กระแสสูงสุดคือ 200kA กระแสสูงสุดที่จะไหลผ่านแต่ละ SPDs = (200/2)/4= 25kA

ในการออกแบบของแต่ละระดับการป้องกันฟ้าผ่า จะใช้ค่ากระแสสูงสุดและต่ำสุดรวมถึงความเป็นไปได้มาชั่งน้ำหนักเพื่อกำหนดระดับป้องกัน (จากการประเมินความเสี่ยง)

ตารางที่ 1 กระแสสูงสุดและต่ำสุดตามระดับการป้องกัน

ระดับป้องกันฟ้าผ่า (LPL)	1	2	3	4
Max. current (kA)	200	150	100	100
Min. current (kA)	3	5	10	16

ตารางที่ 2 รัศมีทรงกลมกลิ้งตามระดับการป้องกัน

ระดับป้องกันฟ้าผ่า (LPL)	1	2	3	4
Min. current (kA)	3	5	10	16
รัศมีทรงกลมที่คำนวณได้ (ม.)	20.42	28.46	44.67	60.63
รัศมีทรงกลมที่กำหนดในมาตรฐาน (ม.)	20	30	45	60

แหล่งที่มาภาพ: หนังสือมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่า วสท.

ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่า ได้แบ่งระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกออกเป็นระบบไม่แยกอิสระกับระบบแยกอิสระ เพื่อให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสมดังนี้

1. ระบบไม่แยกอิสระ หมายถึง ระบบที่ส่วนประกอบของระบบป้องกันฟ้าผ่ามีส่วนใดส่วนหนึ่งหรือของทั้งหมดยึดติดกับอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างที่ต้องการป้องกัน ใช้กับอาคารทั่วไป แต่ถ้าผลกระทบจากความร้อนที่จุดฟ้าผ่าหรือบนตัวนำที่นำกระแสฟ้าผ่าอาจทำความเสียหายให้กับสิ่งปลูกสร้างหรือสิ่งที่อยู่ภายในสิ่งปลูกสร้างจะป้องกัน จะต้องมีระยะห่างระหว่างตัวนำของระบบป้องกันฟ้าผ่ากับวัสดุติดไฟได้ต้องไม่น้อยกว่า 0.1 เมตร คือต้องคั่นด้วยฉนวนความร้อน

2. ระบบแยกอิสระ หมายถึง ระบบป้องกันฟ้าผ่าที่ส่วนประกอบทั้งระบบไม่มีส่วนใดสัมผัสกับอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างที่ต้องการป้องกัน เหมาะสำหรับสิ่งปลูกสร้างซึ่งสิ่งที่อยู่ภายในนั้นไม่สามารถรับการรบกวนของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากพลัส์กระแสฟ้าผ่าที่ไหนผ่านตัวนำลงดินได้ หรือวัตถุประสงค์อื่น เช่น ผลของความร้อนหรือการระเบิด ณ จุดที่ฟ้าผ่าหรือบนตัวนำที่กระแสฟ้าผ่าไหลผ่านอาจก่อให้เกิดความเสียหายได้ ระบบป้องกันฟ้าผ่าแบบแยกอิสระจึงสามารถลดผลจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และผลกระทบจากความร้อนได้ดี

ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนคือ

1. ระบบตัวนำฟ้าผ่า ทำหน้าที่ล่อให้ฟ้าผ่าลงตรงจุดหรือตำแหน่งที่ต้องการ

2. ระบบตัวนำลงดิน ทำหน้าที่นำกระแสฟ้าผ่าที่ผ่าลงที่ตัวนำล่อฟ้าให้ไหลลงดินอย่างรวดเร็วโดยผ่านรากสายดิน

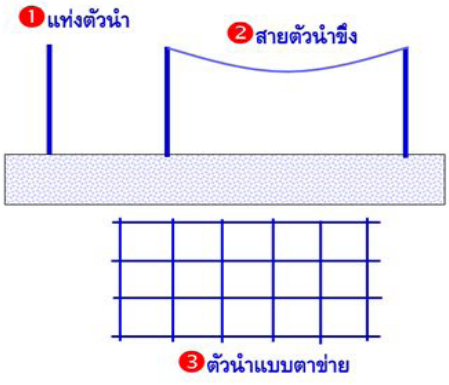
3. ระบบรากสายดิน ทำหน้าที่กระจายกระแสฟ้าผ่าที่ไหลลงมาตามตัวนำลงดินให้ลงดินอย่างรวดเร็ว (ในมาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย วสท. เรียกว่าหลักดินหรือระบบหลักดิน)

ตัวนำฟ้าผ่าสามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ

1. แท่งตัวนำ ติดตั้งบนส่วนที่สูงของอาคารเพื่อให้มีพื้นที่การป้องกันที่กว้าง เหมาะสำหรับอาคารที่ไม่ซับซ้อน

2. สายตัวนำขึง จะใช้เป็นสายโลหะที่มีความแข็งแรงสูง เช่น สายทองแดง สายเหล็กชุบสังกะสี หรือโลหะอื่นตามที่มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่า วสท. กำหนด สายตัวนี้จะถูกขึงอยู่กับเสา แต่โดยทั่วไปจะขึงอยู่กับเสาล่อฟ้า

3. ตัวนำแบบตาข่าย เป็นการใช้สายตัวนำติดตั้งบนส่วนที่สูงของอาคารเป็นรูปตาข่าย ขนาดของตาข่ายกำหนดตามระดับการป้องกัน เมื่อติดตั้งเสร็จแล้วจึงเหมือนกับมีตาข่ายครอบอยู่บนอาคาร การติดตั้งตัวนำนี้อาจวางติดกับตัวอาคารเลย หรืออาจมีตัวรองรับเพื่อยกให้สูงเหนือพื้นอาคารเล็กน้อยก็ได้

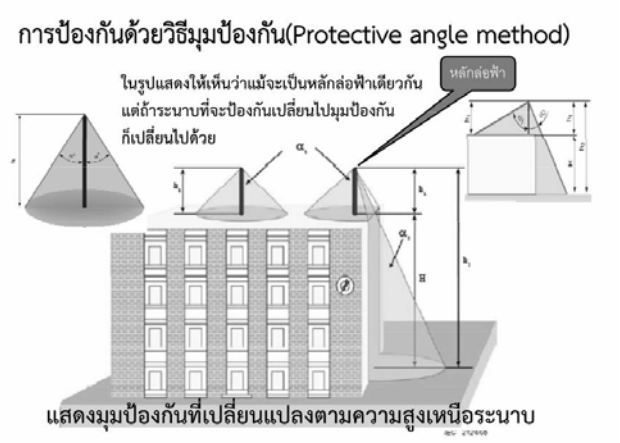


รูปที่ 2 ระบบตัวนำล่อฟ้าทั้ง 3 แบบ

ตัวนำฟ้าผ่ามีวิธีการออกแบบ 3 วิธีคือ

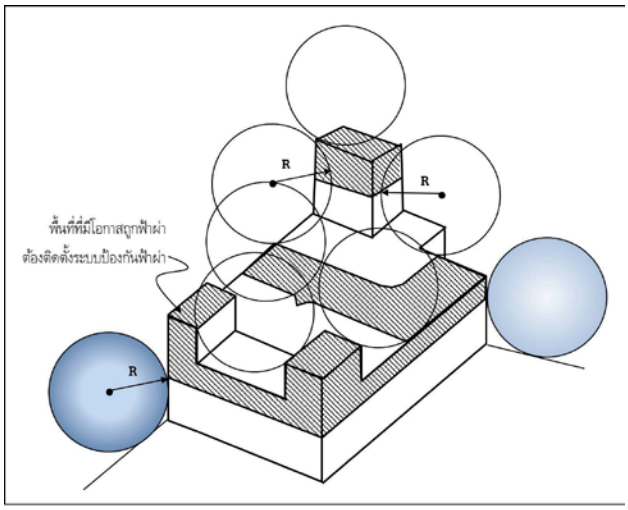
1. **วิธีมุมป้องกัน (Protective angle method)** เป็นวิธีที่กำหนดมุมสำหรับการป้องกันไว้แล้วจากส่วนบนสุดของตัวนำล่อฟ้าไปโดยรอบ จะมีลักษณะเป็นรูปทรงกรวย ในการออกแบบจะถือว่าอาคารหรือส่วนของอาคารที่อยู่ภายในมุมป้องกัน (ทรงกรวย) จะปลอดภัยจากฟ้าผ่า การกำหนดมุมป้องกันจะแปรผันตามระดับการป้องกันและความสูงของหลักล่อฟ้าเหนือระนาบ วิธีมุมป้องกันนี้เหมาะที่จะใช้กับสิ่งปลูกสร้างอย่างง่ายหรือส่วนเล็ก ๆ ของสิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่ และไม่เหมาะสำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีความสูงมากกว่ารัศมีของทรงกลมกลิ้ง จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมป้องกันกับความสูงของตัวนำล่อฟ้าเหนือระนาบที่ต้องการป้องกันสำหรับแต่ละระดับการป้องกันของระบบป้องกันฟ้าผ่า และที่ความสูงไม่เกิน 2 เมตร มุมป้องกันจะมีค่าคงที่ วิธีมุมป้องกันนี้จะใช้ได้กับตัวนำล่อฟ้าแบบแท่งตัวนำและแบบตัวนำขึงเท่านั้น ไม่สามารถใช้กับตัวนำแบบตาข่ายได้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและมุมป้องกัน



แสดงมุมป้องกันที่เปลี่ยนแปลงตามความสูงเหนือระนาบ

2. **วิธีทรงกลมกลิ้ง (The Rolling Sphere Method)** วิธีนี้จะใช้ทรงกลมเหมือนลูกฟุตบอลที่มีรัศมีตามระดับการป้องกันที่เลือกใช้ตามตาราง กลิ้งไปบนส่วนของอาคาร อาคารที่มีส่วนที่ทรงกลมกลิ้งสัมผัสจะต้องมีการติดตั้งตัวนำล่อฟ้าเพื่อป้องกัน ในการออกแบบเมื่อติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าชนิดที่เป็นหลักล่อฟ้าหรือสายตัวนำขึงแล้ว ทรงกลมกลิ้งจะไม่สัมผัสส่วนของอาคาร วิธีนี้แท่งตัวนำจึงเหมาะที่จะใช้กับอาคารที่มีรูปร่างซับซ้อน



รูปที่ 2 การป้องกันด้วยวิธีทรงกลมกลิ้ง
(ส่วนที่ทรงกลมสัมผัส ต้องมีการป้องกัน)

ค่าสูงสุดของรัศมีของทรงกลมกลิ้ง ตามชั้นของระบบป้องกันฟ้าผ่า

Class of LPS	Rolling sphere radius *r* (m)
I	20
II	30
III	45
IV	60

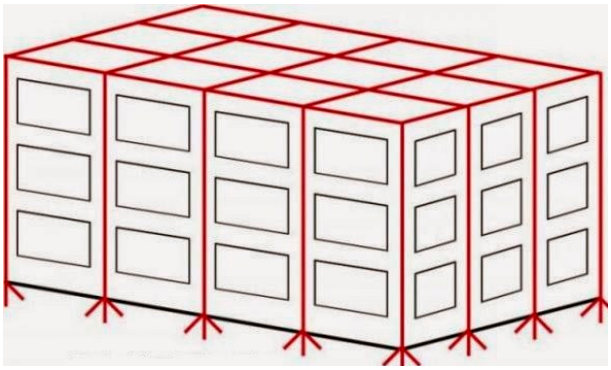
Table 4.2: Maximum values of rolling sphere radius corresponding to the Class of LPS

แหล่งที่มาภาพ: หนังสือการออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่า วสท.

3. **วิธีตาข่าย (Mesh Method)** วิธีนี้เป็นการใช้ตัวนำล่อฟ้าแนวราบขึงหรือวางบนส่วนของอาคารส่วนที่สูงที่สุด การติดตั้งที่ให้การป้องกันที่ดีจะต้องติดตั้งตัวนำแนวราบโดยรอบอาคารและเพิ่มเติมตัวนำระหว่างกลางให้เป็นรูปตาข่ายคลุมทั้งส่วนบนและด้านข้างอาคาร ขนาดของตาข่ายไม่เกินที่กำหนดในตารางถัดไป ตามระดับการป้องกันที่เลือก วิธีนี้มักใช้กับอาคารที่หลังคามีทรงเรียบหรือลาดเอียง เมื่อออกแบบติดตั้งด้วยวิธีนี้แล้วจะไม่สามารถนำวิธีมุมป้องกันหรือวิธีทรงกลมกลิ้งมาใช้ได้ ถ้านำทรงกลมมากลิ้งจะพบว่ามีพื้นที่ที่ไม่สามารถป้องกันได้มาก เพราะวิธีตาข่ายนี้ติดตั้งตัวนำล่อฟ้าในระดับเดียวกับส่วนบนของอาคารหรือสูงกว่าเล็กน้อยเท่านั้น จึงเหมาะกับพื้นผิวที่เป็นระนาบ

TABLE I. IEC 62305[1] RECOMMENDED SIZE OF THE MESH

LPS	Mesh	I [kA]	Critical height of the mesh for protection with wires
I	5 x 5	3	0.15
II	10 x 10	5	0.42
III	15 x 15	10	0.63
IV	20 x 20	15	0.84



แหล่งที่มาภาพ: บริษัท คัมเวล คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

บทสรุป

ระบบป้องกันฟ้าเป็นส่วนหนึ่งของระบบประกอบอาคาร ที่ลดความเสียหายและสร้างความปลอดภัยให้แก่ผู้ใช้งานอาคารทั้งในด้านความปลอดภัยต่อชีวิตและความมั่นคงของระบบไฟฟ้า รวมไปถึงงานระบบประกอบอาคารอื่นๆ โดยระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกจะช่วยป้องกันและลดความเสี่ยงที่จะเกิดความสูญเสียต่อชีวิตและสิ่งปลูกสร้าง ส่วนระบบป้องกันฟ้าผ่าภายในจะช่วยป้องกันกระแสและแรงดันอิมพัลส์ที่เกิดจากฟ้าผ่าไหลเข้ามาสู่ระบบไฟฟ้าภายในอาคาร ดังนั้นระบบป้องกันฟ้าผ่าควรออกแบบให้เหมาะสมกับประเภทและการใช้งานของอาคาร เพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด

ธนภัทร นุชะชนาฎ สก.4482
ผู้จัดการโครงการอาวุโส งานระบบวิศวกรรม
เครื่องกลและสุขาภิบาล, TREES-A

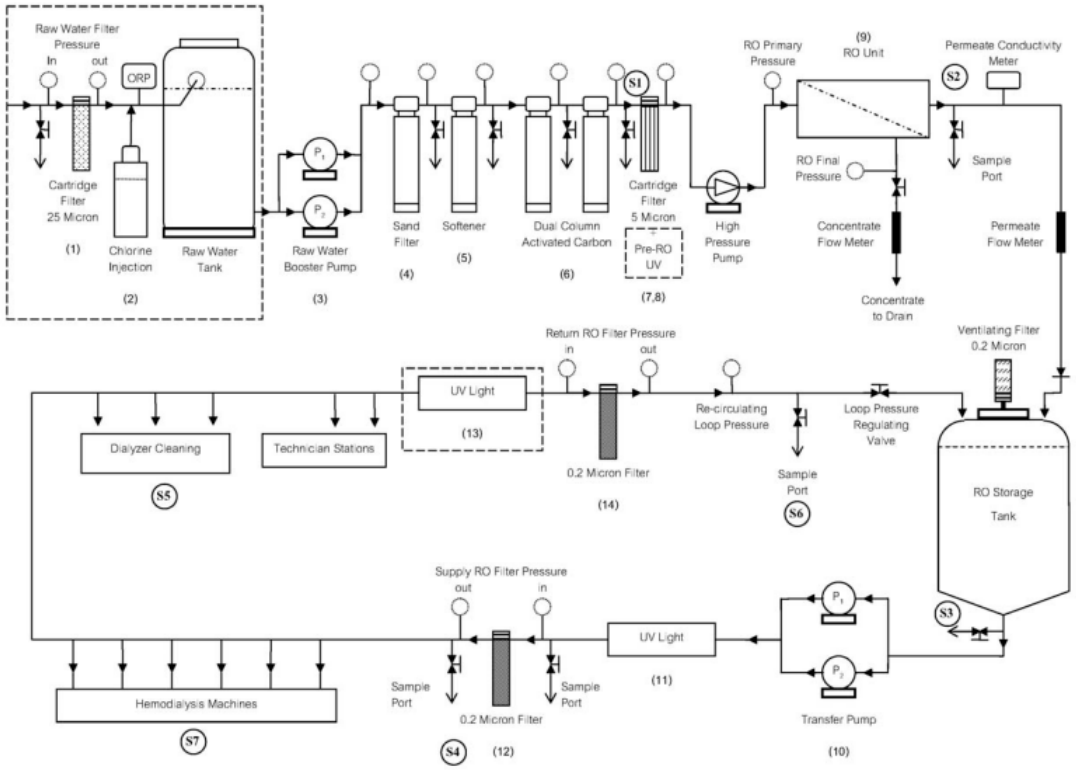
การจัดเตรียมระบบสุขาภิบาล ในโรงพยาบาล

สำหรับงานระบบสุขาภิบาลในโรงพยาบาลจำเป็นต้องคำนึงถึงความต้องการของพื้นที่การใช้งาน อุปกรณ์ทางการแพทย์ ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงตามเทคโนโลยีการแพทย์ในปัจจุบัน ทำให้วิศวกรจะต้องประสานงานกับสถาปนิกและผู้เชี่ยวชาญ เพื่อจัดเตรียมงานระบบสุขาภิบาลให้เหมาะสม โดยมีรายละเอียดเบื้องต้นดังนี้

- ระบบประปา
- ระบบน้ำร้อน
- ระบบระบายน้ำเสีย
- ระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบประปา

สำหรับระบบประปาตามพื้นที่แผนกต่างๆ ในโรงพยาบาล ยกตัวอย่าง เช่น แผนกฟอกไต ที่จำเป็นต้องจัดเตรียมพื้นที่สำหรับระบบกรองน้ำ RO เพื่อผลิตน้ำบริสุทธิ์ ที่ใช้ในการฟอกไต โดยคุณภาพน้ำให้เป็นไปตามข้อกำหนด เช่น ข้อกำหนดคุณภาพน้ำบริสุทธิ์ที่ใช้ในการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม เป็นต้น หรือแผนกจ่ายกลาง (Central Sterile Supply: CSSD) ที่ต้องใช้ระบบกรองน้ำ RO เช่นเดียวกัน



ไดอะแกรมเบื้องต้นสำหรับระบบกรองน้ำ RO

ระบบน้ำร้อน

สำหรับระบบน้ำร้อนเพื่อใช้สำหรับห้องพักผู้ป่วยใน พิจารณาเป็นระบบผลิตน้ำร้อนส่วนกลาง เช่น Heat Pump ซึ่งเป็นระบบผลิตน้ำร้อนที่ประหยัดพลังงานโดยให้มีระบบวาล์วผสม เพื่อลดอุณหภูมิน้ำร้อนจากห้องเครื่องไปยังห้องพักผู้ป่วย และเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากการใช้งานน้ำร้อน อีกทั้งยังต้องคำนึงถึงโซนการจ่ายแรงดันที่จะต้องแบ่งระบบน้ำร้อนกลับตามโซนแรงดันของน้ำในเส้นท่อ รวมถึงตำแหน่งห้องเครื่องของระบบน้ำร้อนกลับด้วย

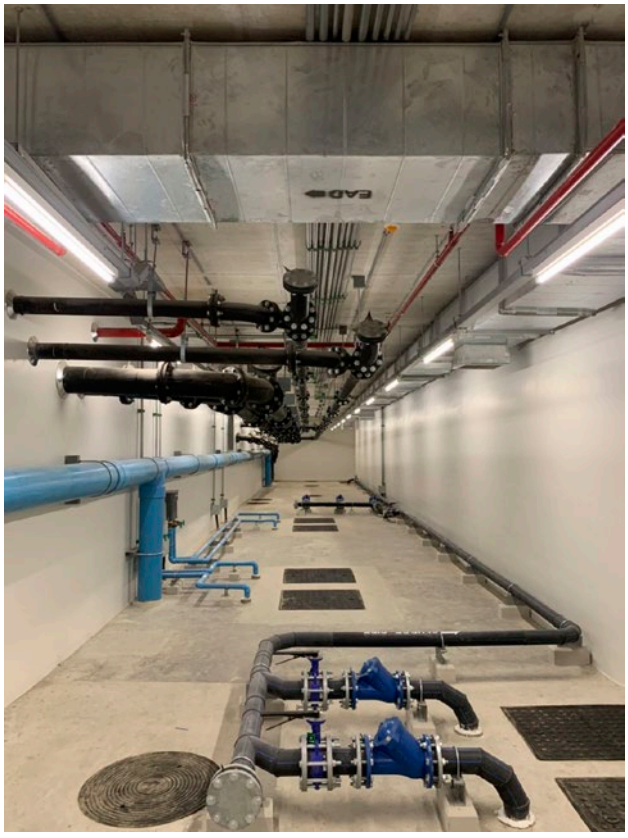
ระบบวาล์วผสมเพื่อลดอุณหภูมิน้ำร้อน

ระบบระบายน้ำเสีย

สำหรับระบบระบายน้ำเสีย ให้มีการแยกส่วนของท่อระบายน้ำโสโครก ท่อระบายน้ำทิ้ง และท่อระบายน้ำทิ้งครัวออกจากกัน อีกทั้งให้แยกระบบท่ออากาศเพื่อป้องกัน Aerosol ของน้ำเสียที่อาจปนเปื้อนกันผ่านท่ออากาศ ทั้งนี้พิจารณาแยกท่อระบายน้ำเสียและท่อระบายน้ำโสโครกสำหรับแผนกหรือห้องพักผู้ป่วยของส่วนแผนกโรคอุบัติใหม่ หรือโรคติดต่อร้ายแรงออกจากระบบท่อระบายน้ำเสียในส่วนอื่นๆ ของอาคาร เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของโรคติดต่อผ่านทางท่อระบายน้ำ รวมถึงการพิจารณาวัสดุท่อสำหรับห้อง Lab โดยใช้เป็นวัสดุที่ทนสารเคมีและการกัดกร่อนได้ดี

ระบบบำบัดน้ำเสีย

สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียจำเป็นต้องคำนึงถึงน้ำเสียที่มีลักษณะพิเศษที่จำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพก่อน เช่น แผนกซักรีดของโรงพยาบาลที่อุณหภูมิน้ำทิ้งมีอุณหภูมิสูง จำเป็นต้องมีบ่อพักเพื่อลดอุณหภูมิก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด หรือแผนกปฏิบัติการ ซึ่งอาจจะต้องมีระบบปรับค่า PH ของน้ำเสียให้เหมาะสมก่อน เป็นต้น



รูปภาพแสดงอุปกรณ์สำหรับระบบบำบัดน้ำเสีย

ทั้งนี้การจัดเตรียมระบบสุขาภิบาลสำหรับโรงพยาบาลให้คำนึงถึงการซ่อมแซมและบำรุงรักษาได้ในอนาคต เนื่องจากโรงพยาบาลมีการเปิดใช้อาคาร 24 ชั่วโมง และไม่มีวันหยุด เช่น การจัดเตรียมวาล์วสำหรับเปิด-ปิดระบบน้ำประปาโดยแบ่งตามพื้นที่การใช้งานต่างๆ อย่างเหมาะสม หรือจัดเตรียมอุปกรณ์ไว้อย่างน้อย 2 ชุด สำหรับ Stand by ระบบ เพื่อให้สามารถซ่อมบำรุงอุปกรณ์โดยไม่จำเป็นต้องปิดระบบนั้นๆ เป็นต้น

ภาสพิมล ชาตยาภรณ์ สก.4625
ผู้จัดการโครงการ
งานระบบวิศวกรรมเครื่องกล

ปัญหางานโรงแรมที่พบประจำ ทั้งอาคารเดิมและอาคารใหม่

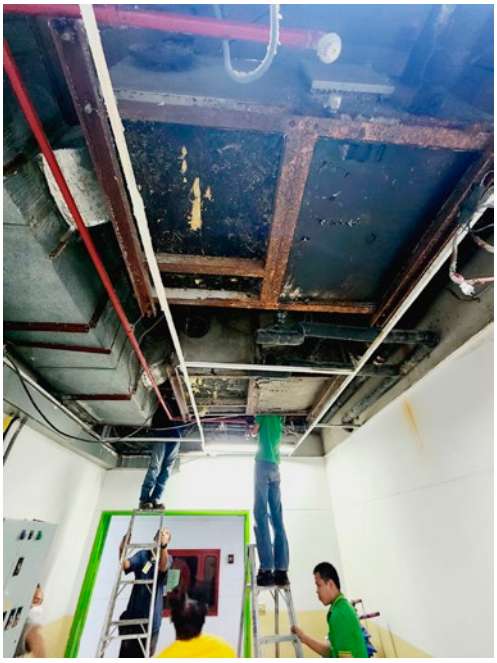
งานระบบประกอบอาคารมีความสำคัญต่อการใช้งานอาคารอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย ซึ่งประกอบด้วยระบบต่างๆ มากมาย เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบประปา ระบบสุขาภิบาล ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ระบบป้องกันอัคคีภัย เป็นต้น ปัญหาที่พบประจำในงานระบบประกอบอาคารโรงแรม ทั้งอาคารเดิมและอาคารใหม่มีหลายประการดังนี้

ปัญหางานระบบประกอบอาคารโรงแรมในอาคารเดิม

1. ระบบเสื่อมสภาพ

อาคารโรงแรมที่มีอายุการใช้งานนานหลายปีย่อมมีระบบต่างๆ ที่เสื่อมสภาพไปตามกาลเวลา ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง เช่น

- ระบบไฟฟ้า ปัญหาสายไฟชำรุด ขาดการเชื่อมต่อ ไฟกระชาก เป็นต้น
- ระบบประปา ปัญหาท่อน้ำรั่ว น้ำซึม น้ำขัง เป็นต้น
- ระบบสุขาภิบาล ปัญหาท่อน้ำเสียอุดตัน กลิ่นเหม็น เป็นต้น
- ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ปัญหาเครื่องปรับอากาศทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ เสียงดัง เป็นต้น
- ระบบป้องกันอัคคีภัย ปัญหาระบบแจ้งเตือนอัคคีภัยทำงานไม่ถูกต้อง อุปกรณ์ดับเพลิงชำรุด เป็นต้น



ปัญหาเหล่านี้อาจก่อให้เกิดความเดือดร้อนแก่ผู้เข้าพัก และอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงแรมได้

2. ระบบไม่เหมาะสมกับการใช้งานในปัจจุบัน

อาคารโรงแรมบางแห่งอาจถูกออกแบบและติดตั้งระบบต่างๆ ไว้ตามมาตรฐานเก่า ซึ่งไม่เหมาะสมกับการใช้งานในปัจจุบัน เช่น ระบบไฟฟ้าอาจไม่รองรับอุปกรณ์ไฟฟ้าสมัยใหม่ ระบบประปาอาจไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้งาน เป็นต้น ปัญหาเหล่านี้อาจก่อให้เกิดความไม่สะดวกแก่ผู้เข้าพัก และอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ของโรงแรมได้

3. ระบบไม่ได้รับการดูแลรักษาอย่างสม่ำเสมอ

อาคารโรงแรมบางแห่งอาจไม่ได้รับการดูแลรักษาระบบต่างๆ อย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้ระบบต่างๆ ชำรุดเสียหายได้ง่าย เช่น ระบบไฟฟ้าอาจมีปัญหาสายไฟขาด ระบบประปาอาจมีปัญหาท่อรั่ว ระบบระบายน้ำเสียอาจมีปัญหาท่อตัน เป็นต้น ปัญหาเหล่านี้อาจก่อให้เกิดความเดือดร้อนแก่ผู้เข้าพัก และอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงแรมได้

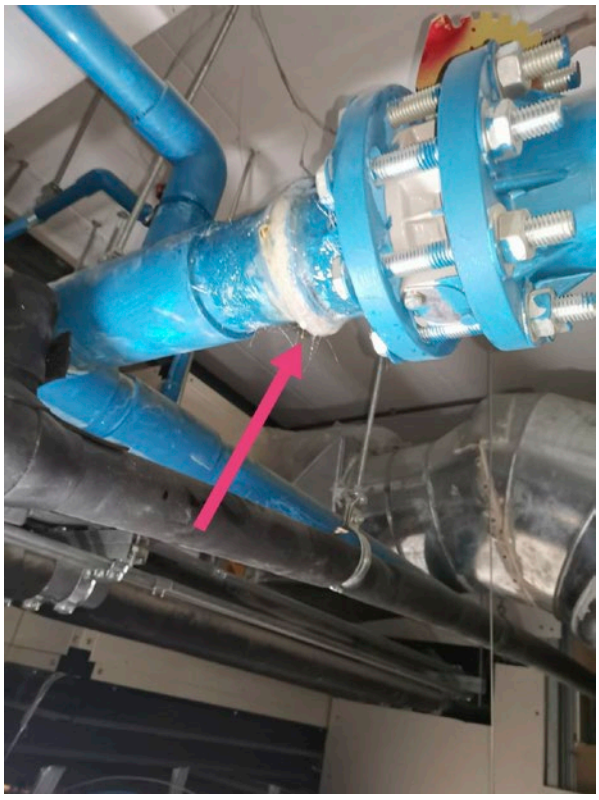
ปัญหางานระบบประกอบอาคารโรงแรมในอาคารใหม่

1. การออกแบบและติดตั้งระบบไม่ถูกต้อง

การออกแบบและติดตั้งระบบต่างๆ ในอาคารใหม่อาจไม่ถูกต้องตามมาตรฐานหรือตามความต้องการของผู้ใช้งาน ส่งผลให้ระบบต่างๆ ทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ หรืออาจก่อให้เกิดปัญหาตามมาภายหลัง เช่น

- **ระบบไฟฟ้า:** ปัญหาสายไฟไม่เพียงพอต่อการใช้งาน การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าไม่ถูกต้อง เป็นต้น

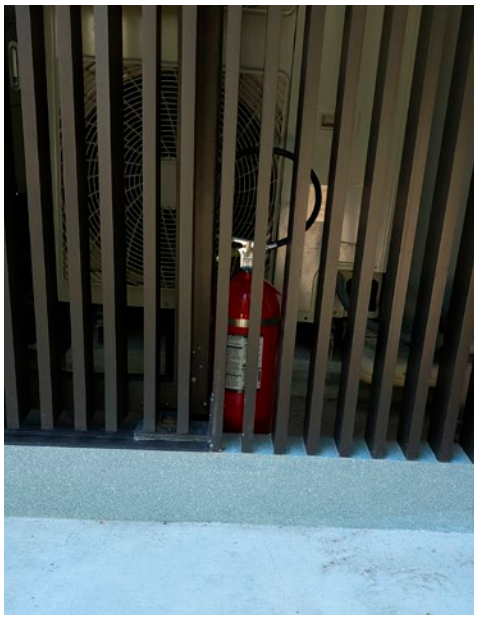
- **ระบบประปา:** ปัญหาการออกแบบระบบประปาไม่เหมาะสมกับการใช้งาน การติดตั้งท่อน้ำไม่ถูกต้อง เป็นต้น



- **ระบบสุขาภิบาล:** ปัญหาการออกแบบระบบสุขาภิบาลไม่เหมาะสมกับการใช้งาน การติดตั้งท่อน้ำเสียไม่ถูกต้อง เป็นต้น

- **ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ:** ปัญหาการออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศไม่เหมาะสมกับการใช้งาน การติดตั้งเครื่องปรับอากาศไม่ถูกต้อง เป็นต้น

- **ระบบป้องกันอัคคีภัย:** ปัญหาการออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัยไม่เหมาะสมกับการใช้งาน การติดตั้งอุปกรณ์ดับเพลิงไม่ถูกต้อง เป็นต้น



2. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้มีคุณภาพต่ำ

การใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีคุณภาพต่ำอาจทำให้ระบบต่างๆ ชำรุดเสียหายได้ง่าย เช่น ระบบไฟฟ้าอาจมีปัญหาสายไฟขาด ระบบประปาอาจมีปัญหาท่อรั่ว ระบบระบายน้ำเสียอาจมีปัญหาท่อตัน เป็นต้น

3. ระบบไม่ได้รับการดูแลรักษาอย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบต่างๆ ในอาคารใหม่อาจไม่ได้รับการดูแลรักษาอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ระบบต่างๆ ชำรุดเสียหายได้ง่าย เช่น ระบบไฟฟ้าอาจมีปัญหาสายไฟขาด ระบบประปาอาจมีปัญหาท่อรั่ว ระบบระบายน้ำเสียอาจมีปัญหาท่อตัน เป็นต้น

แนวทางการแก้ไขปัญหางานระบบประกอบอาคารโรงแรมมีดังนี้

1. **ดำเนินการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบต่างๆ อย่างสม่ำเสมอ**
   เจ้าของอาคารควรดำเนินการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบต่างๆ อย่างสม่ำเสมอ เพื่อตรวจหาปัญหาที่อาจเกิดขึ้น และดำเนินการแก้ไขก่อนที่จะเกิดความเสียหายรุนแรงขึ้น

2. **เลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีคุณภาพสูง**
   เจ้าของอาคารควรเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีคุณภาพสูง เพื่อยืดอายุการใช้งานของระบบต่างๆ และลดความเสี่ยงที่จะเกิดปัญหา

3. **ออกแบบและติดตั้งระบบต่างๆ ตามมาตรฐาน**
   เจ้าของอาคารควรออกแบบและติดตั้งระบบต่างๆ ตามมาตรฐาน เพื่อให้ระบบต่างๆ ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

4. **มีการวางแผนและควบคุมงานอย่างมีประสิทธิภาพ**
   เจ้าของอาคารควรมีการวางแผนและควบคุมงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้งานระบบประกอบอาคารโรงแรมเป็นไปตามมาตรฐานและความต้องการของผู้ใช้งาน

บทสรุป

ปัญหางานระบบประกอบอาคารโรงแรมเป็นสิ่งที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในอาคารเดิมและอาคารใหม่ เจ้าของอาคารควรให้ความสำคัญกับการดูแลรักษาระบบต่างๆ อย่างสม่ำเสมอ เพื่อยืดอายุการใช้งานของระบบต่างๆ และลดความเสี่ยงที่จะเกิดปัญหา

นภัชชา ธนะธนาดล สส.613
วิศวกรโครงการ
งานระบบวิศวกรรมสุขาภิบาล

ระบบบำบัดน้ำเสีย สำหรับโรงพยาบาล

โรงพยาบาลเป็นกิจกรรมหนึ่งในชุมชนที่เป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสีย โดยโรงพยาบาลเป็นสถานที่บริการรักษาผู้เจ็บป่วย ซึ่งของเสียที่เกิดจากการให้บริการรักษาผู้เจ็บป่วยอาจมีเชื้อโรคปะปนรวมทั้งน้ำเสียที่เกิดจากการล้างทำความสะอาดร่างกาย น้ำเสียจากห้องผ่าตัด น้ำเสียจากห้องแล็บ น้ำเสียจากโรงพยาบาลอาจมีสารปนเปื้อนที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมและอุปกรณ์ของใช้ต่างๆ ก็อาจมี เชื้อโรคสิ่งสกปรกปนเปื้อน ถ้าหากไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพมากพอ น้ำเสียที่เกิดขึ้นก็อาจแพร่กระจายเชื้อโรคและปนเปื้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกโรงพยาบาลได้

กิจกรรมที่เกิดจากการให้บริการรักษาผู้เจ็บป่วยต่างๆ ภายในโรงพยาบาลก่อให้เกิดน้ำเสีย ดังนี้

1. สถานที่ตรวจผู้ป่วยนอก มีผู้ป่วยและญาติมาใช้ห้องน้ำ
2. สถานที่ตรวจผู้ป่วยใน มีผู้ป่วยมารับการรักษาตัวในโรงพยาบาล รวมทั้งญาติมาเฝ้า ลักษณะน้ำเสียจะแตกต่างกันตามสภาพการบริการ ลักษณะน้ำเสียจึงอาจมีการปนเปื้อนน้ำยาฆ่าเชื้อโรคในการทำความสะอาดแผล
3. โรงซักผ้า ผ้าที่ซัก ได้แก่ เสื้อผ้าผู้ป่วย ปลอกหมอน ผ้าคลุมเตียง ผ้าห่ม น้ำเสียอาจปนเปื้อนเชื้อโรค น้ำยาซักผ้า และน้ำร้อน
4. โรงครัวและห้องอาหาร น้ำเสียมีเศษอาหารและไขมันปนเปื้อนมาก
5. ห้องผ่าตัด ห้องคลอด และห้องเก็บศพ น้ำเสียมีการปนเปื้อนของเลือด น้ำยาฆ่าเชื้อโรค
6. ห้องปฏิบัติการ ลักษณะน้ำเสียประกอบด้วยเชื้อโรคที่ตรวจวิเคราะห์อาหารเลี้ยงเชื้อ และสารเคมีฆ่าเชื้อโรค
7. ห้องยา น้ำเสียเกิดจากการปรุงยา สารเคมีต่างๆ
8. อาคารบ้านพักภายในโรงพยาบาล น้ำเสียมีลักษณะเหมือนกับน้ำเสียชุมชน
9. อาคารสถานที่ทำการต่างๆ เช่น ตึกอำนวยการ มีน้ำเสียจากอ่างล้างมือ และน้ำโสโครกจากชักโครก
10. ห้องผู้ป่วยรักษาไตเทียม ที่น้ำเสียมีค่า TDS สูง
11. ห้องผู้ป่วยที่ผ่านกัมมันตรังสี หรือกลืนแร่ธาตุต่างๆ

ลักษณะสมบัติน้ำเสีย ปริมาณน้ำเสียจากโรงพยาบาลอยู่ในช่วง 800 ลิตรต่อเตียงผู้ป่วย น้ำเสียจากโรงพยาบาลมีลักษณะคล้ายกับน้ำเสียจากบ้านเรือน มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์และอาจมีสารอันตราย ได้แก่ จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ยาที่มีองค์ประกอบที่เป็นอันตราย สารเคมีฆ่าเชื้อโรค และสารกัมมันตรังสี ซึ่งเกิดจากกิจกรรมการให้บริการรักษาผู้ป่วย มีองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้ สารอินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เช่น สิ่งขับถ่ายจากคน เศษข้าว ก๋วยเตี๋ยว พืชผัก น้ำยาทำความสะอาด

เป็นต้น สารอินทรีย์ในน้ำเสียมีทั้งที่อยู่ในรูปสารแขวนลอยและสารละลาย ซึ่งสามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ทำให้เกิด สภาพขาดออกซิเจน และอาจเกิดสภาพเน่าเสียได้ ปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำนิยมวัดด้วยค่าบีโอดี (BOD) เมื่อค่าบีโอดีในน้ำสูง แสดงว่ามีสารอินทรีย์ปะปนอยู่มาก และสภาพเน่าเหม็นจะเกิดขึ้นได้ง่าย จุลินทรีย์น้ำเสียจากโรงพยาบาลจะมีจุลินทรีย์เป็นจำนวนมาก จุลินทรีย์เหล่านี้ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตสามารถลดระดับของออกซิเจนละลายน้ำ ทำให้เกิดสภาพเน่าเหม็น นอกจากนี้จุลินทรีย์บางชนิดอาจเป็นเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อประชาชน โลหะหนักและสารพิษอาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ และสามารถสะสมอยู่ในวงจรอาหาร เกิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น โลหะหนัก ยา สารเคมีต่างๆ ที่ใช้และถ่ายทิ้งลงในน้ำเสียจาก โรงพยาบาล

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียจากโรงพยาบาล ได้แก่

1) ค่าพีเอช (pH) เป็นค่าแสดงความเป็นกรดเป็นด่าง ถ้าค่าพีเอชเท่ากับ 7 แสดงว่าน้ำนั้นเป็นกลาง ถ้าค่าพีเอชต่ำกว่า 7 เป็นกรด ถ้าค่าพีเอชสูงกว่า 7 เป็นด่าง
2) ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) คือ ปริมาณของออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ใช้เป็นค่าวัดความสกปรกของน้ำ แสดงถึงปริมาณการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ สามารถย่อยสลายได้ ถ้าค่าบีโอดีสูงแสดงว่าน้ำนั้นมีความสกปรกมาก
3) ค่าสารแขวนลอย (Suspended Solids) หมายถึง ถ้ามีสารแขวนลอยในน้ำมาก จะทำให้บดบังแสงจึงลดความสามารถในการสังเคราะห์แสงของ พืชน้ำหรือสาหร่ายลง
4) ค่าทีดีเอส (Total Dissolved Solid; TDS) หมายถึง ปริมาณรวมของแร่ธาตุต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ
5) ค่าซัลไฟด์(Sulfide) เป็นค่าที่บ่งบอกสภาวะไร้อากาศของน้ำ ตัวอย่าง ค่าซัลไฟด์ตามมาตรฐานต้องไม่เกิน 1.0 มก./ล.
6) ค่าไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen; TKN) เป็นค่า แสดงความปนเปื้อนของไนโตรเจนในน้ำ ซึ่งหากมีไนโตรเจนในน้ำมาก เกินไป จะทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำโดยเฉพาะพืชน้ำ เช่น สาหร่าย เป็นต้น เจริญเติบโตมากเกินไปจะไปแย่งออกซิเจน ทำให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียตามมา
7) ค่าน้ำมันและไขมัน เป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสงของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และกีดขวางการกระจายของออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำ

มาตรฐานควบคุมระบายน้ำทิ้งจากอาคารขนาดต่างๆ แบ่งตาม ขนาด และประเภทของโรงพยาบาลที่กำหนดมาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากอาคารดังตารางที่ 1

มาตรฐานควบคุมระบายน้ำทิ้งจากอาคารขนาดต่างๆ

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุดตามประเภทมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง	
		ก.	ข.
โรงพยาบาลของทางราชการ หรือสถานพยาบาลตามกฎหมาย		**ตั้งแต่ 30 เตียง**	**10- ไม่ถึง 30 เตียง**
1. ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)		5-9	5-9
2. บีโอดี (BOD)	มก./ล.	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 30
3. ปริมาณของแข็ง			
- ค่าสารแขวนลอย	มก./ล.	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 40
- ค่าตะกอนหนัก	มก./ล.	ไม่เกิน 0.5	ไม่เกิน 0.5
- ค่าสารที่ละลายได้ทั้งหมด	มก./ล.	ไม่เกิน 500*	ไม่เกิน 500*
4. ซัลไฟด์ (Sulfide)	มก./ล.	ไม่เกิน 1.0	ไม่เกิน 1.0
5. ทีเคเอ็น	มก./ล.	ไม่เกิน 35	ไม่เกิน 35
6. น้ำมันและไขมัน	มก./ล.	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 20

หมายเหตุ *เป็นค่าที่เพิ่มจากปริมาณค่าที่ดีเอสในน้ำใช้ตามปกติ

ที่มา: ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง จากอาคารบางประเภทและบางขนาด ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 122 ตอนที่ 125 ง ลงวันที่ 29 ธันวาคม2558

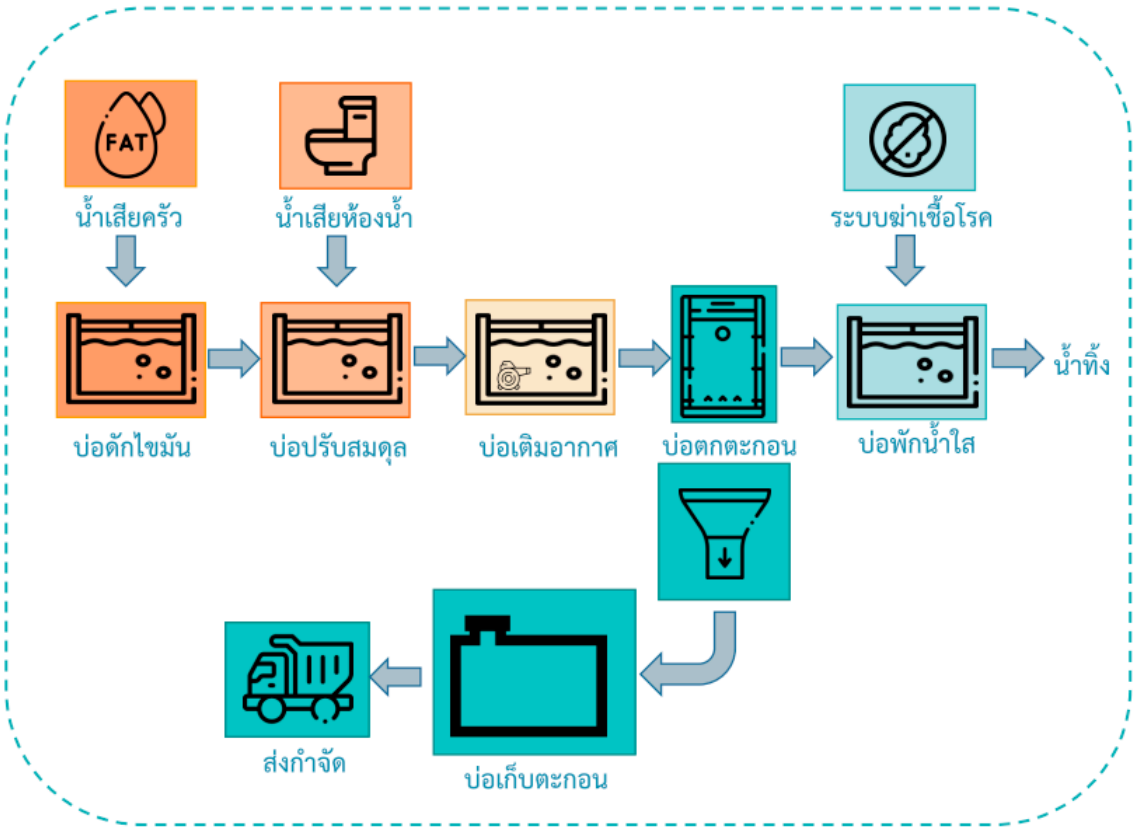
ระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงพยาบาลโดยทั่วไป ประกอบด้วยกระบวนการบำบัดน้ำเสีย 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

1. **การบำบัดน้ำเสียขั้นต้นทางกายภาพ**
   เป็นการบำบัดน้ำเสียเพื่อลดปริมาณของเสียและสารแขวนลอย โดยอาจใช้กระบวนการกรอง ตกตะกอน หรือแยกไขมัน สำหรับน้ำเสียที่เกิดจากห้องปฏิบัติการ ห้องผู้ป่วยรักษาไตเทียม ที่น้ำเสียมีค่า TDS สูงต้องทำการลดค่า TDS ก่อนไปยังขั้นที่สอง ด้วยวิธีที่เหมาะสมเช่น ผ่านตัวกรองเมมเบรนเพื่อให้ค่า TDS ลดลง ส่วนน้ำเสียส่วนห้องผู้ป่วยที่ผ่านกัมมันตรังสีหรือกลืนแร่ธาตุต่างๆ ต้องทำการลดค่ากัมมันตรังสีก่อนนำไปบำบัดโดยการกักเก็บเท่าจำนวน 8 เท่าของค่าครึ่งชีวิตกัมมันตรังสี เพื่อให้ค่ากัมมันตรังสีหมดโดยใช้เครื่องตรวจสอบค่ากัมมันตรังสีก่อนส่งไปยังขั้นที่สอง

2. **การบำบัดน้ำเสียขั้นที่สองทางชีวภาพ**
   เป็นการบำบัดน้ำเสียเพื่อลดปริมาณเชื้อโรค โดยอาจใช้กระบวนการทางชีวภาพ เช่น บ่อเติมอากาศ (Aerobic lagoon) หรือกระบวนการทางเคมี เช่น การฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงพยาบาล ควรพิจารณาปัจจัยต่างๆ ดังนี้
   - ปริมาณน้ำเสียของโรงพยาบาล
   - ลักษณะของน้ำเสีย
   - งบประมาณ
   - พื้นที่ใช้สอย

3. **การบำบัดน้ำเสียขั้นที่สาม**
   เป็นการบำบัดน้ำเสียเพื่อลดปริมาณสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ โดยอาจใช้กระบวนการทางชีวภาพ Activated Sludge Process โดยประเภทเติมอากาศแบบต่อเนื่องที่นิยมใช้จะเป็นระบบแบบเติมอากาศยืดเวลา หรือระบบเอสบีอาร์ หรือกระบวนการทางเคมี เช่น การเติมสารเคมีเพื่อตกตะกอนซัลเฟต

แผนผังแสดงขั้นตอนระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลชนิดเติมอากาศแบบยืดเวลา



ปัญหาที่พบบ่อยของระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงพยาบาล ได้แก่

- ปริมาณน้ำเสียเพิ่มขึ้น โรงพยาบาลเป็นสถานที่ที่มีผู้ป่วยและบุคลากรจำนวนมาก ซึ่งย่อมทำให้เกิดน้ำเสียเพิ่มขึ้นตามไปด้วย หากระบบบำบัดน้ำเสียไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ อาจไม่สามารถบำบัดน้ำเสียได้ทันและอาจเกิดการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมได้

- ระบบบำบัดน้ำเสียชำรุด ระบบบำบัดน้ำเสียมีอายุการใช้งานที่จำกัด หากไม่ได้รับการดูแลรักษาอย่างสม่ำเสมอ อาจเกิดการชำรุดเสียหายได้ ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย

- ผู้ปฏิบัติงานขาดองค์ความรู้ การดำเนินงานระบบบำบัดน้ำเสียจำเป็นต้องอาศัยความรู้และทักษะเฉพาะด้าน หากผู้ปฏิบัติงานขาดองค์ความรู้ อาจส่งผลให้ระบบบำบัดน้ำเสียทำงานไม่มีประสิทธิภาพ

- ระบบบำบัดน้ำเสียไม่เหมาะสมกับการใช้งานของโรงพยาบาล โรงพยาบาลแต่ละแห่งมีกิจกรรมที่แตกต่างกัน ดังนั้นระบบบำบัดน้ำเสียจึงจำเป็นต้องออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานของโรงพยาบาลนั้นๆ หากระบบบำบัดน้ำเสียไม่เหมาะสม อาจไม่สามารถกำจัดสารปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แนวทางในการแก้ไขปัญหาระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงพยาบาล ได้แก่

- ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำเสียโดยคำนึงถึงจำนวนผู้ป่วยและบุคลากรของโรงพยาบาล

- เลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีมาตรฐานและมีประสิทธิภาพ

- บำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียอย่างสม่ำเสมอ

- อบรมความรู้และทักษะให้กับผู้ปฏิบัติงาน

- ปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียให้เหมาะสมกับการใช้งานของโรงพยาบาล

ระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงพยาบาลจึงเป็นระบบที่สำคัญในการกำจัดน้ำเสียที่มีสารปนเปื้อนจากกิจกรรมต่างๆ ภายในโรงพยาบาล ดังนั้นระบบบำบัดน้ำเสียจึงจำเป็นต้องมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารปนเปื้อนเหล่านี้ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย และมีค่าน้ำทิ้งที่ได้ตามมาตราฐานกรมควบคุมมลพิษก่อนระบายออกสู่สาธารณะต่อไป

กฤศพล นิธิมงคลทรัพย์ ภส.4266
วิศวกรโครงการ
งานระบบวิศวกรรมสุขาภิบาล

ระบบผลิตน้ำร้อนด้วย Heat Pump

ระบบปั๊มความร้อน (Heat Pump) ในปัจจุบันเป็นหนึ่งในระบบผลิตน้ำร้อนที่ได้รับความนิยมสูง สำหรับโครงการขนาดใหญ่ เช่น งานโรงแรม โรงพยาบาล เป็นต้น เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีประหยัดพลังงานช่วยลดต้นทุนการผลิตน้ำร้อนมากกว่าแบบขดลวดไฟฟ้า 3-4 เท่า (เปรียบเทียบจากค่าพลังงานความร้อนที่ผลิตได้ต่อพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้อุปกรณ์) โดยอาศัยหลักการดึงพลังงานความร้อนจากอากาศโดยรอบ (Ambient Air) มาใช้ในการกระบวนการผลิตน้ำร้อน

ภาพแสดงตัวอย่างของปั๊มความร้อน (Heat Pump)

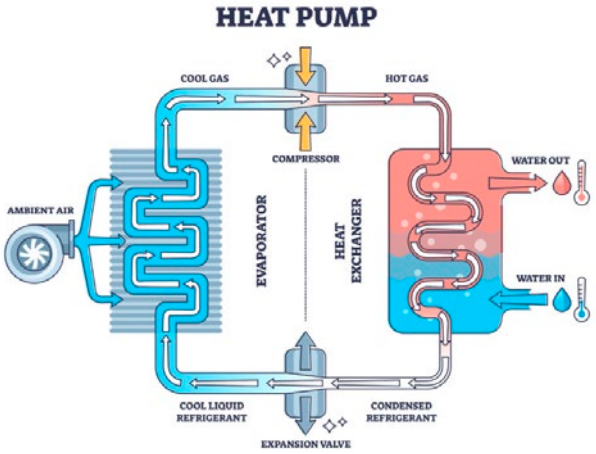
ลักษณะการใช้งาน	ภาวะพิกัด (องศาเซลเซียส) อุณหภูมิน้ำเข้า	อุณหภูมิน้ำออก	อุณหภูมิอากาศ	ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ
ก. แบบที่ 1	30.0	50.0	30.0	3.5
ข.แบบที่ 2	30.0	60.0	30.0	3.0

ตารางค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำ และค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำของอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน [1]

อ้างอิง: [1] ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการคำนวณ และการรับรองผลการตรวจประเมินในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารและการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร พ.ศ. 2564

หลักการทำงานของ Heat pump

Heat Pump แบบ Air to Water จะอาศัยการเปลี่ยนพลังงานความร้อนจากสารทำความเย็น (Refrigerant) ที่มีอุณหภูมิสูงจาก Compressor ไปยังน้ำที่ต้องการเพิ่มอุณหภูมิผ่าน Heat Exchanger สารทำความเย็นจะกลั่นตัวกลับเป็นของเหลวและนำไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศที่ Evaporator เป็นวัฏจักรจนได้อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ต้องการ

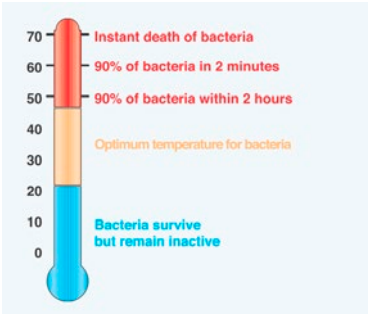


วัฏจักรการทำงานของระบบ Heat pump

ส่วนประกอบหลักของระบบ Heat Pump ประกอบด้วย

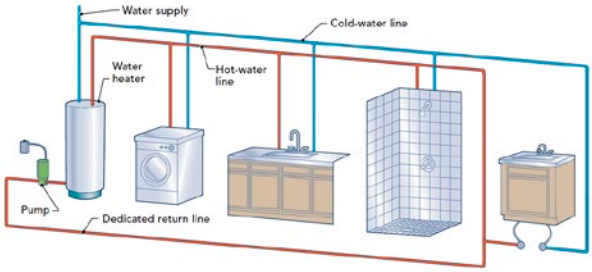
- **ถังเก็บน้ำร้อน (Hot Water Storage Tank):** ถังเก็บน้ำร้อนใช้ในการสำรองน้ำร้อนที่ผลิตจาก Heat Pump ให้พร้อมใช้งานเมื่อมีความต้องการใช้น้ำร้อน และใช้รักษาอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 60-70 ˚C ไม่ให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อ Legionella

ภาพแสดงตัวอย่างถังเก็บน้ำร้อน



ภาพแสดงช่วงอุณหภูมิสำหรับฆ่าเชื้อ Legionella

- **ระบบหมุนเวียนน้ำร้อน (Hot Water Return System):** ระบบหมุนเวียนมีความสำคัญอย่างมากสำหรับระบบผลิตน้ำร้อนแบบรวมศูนย์ เนื่องจากโดยธรรมชาติแล้วความร้อนจะแพร่กระจายจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ทำให้น้ำร้อนภายในเส้นท่อของระบบจ่ายน้ำร้อนจะค่อยๆ มีอุณหภูมิลดลง และอาจทำให้เชื้อ Legionella สามารถเติบโตได้ในช่วงน้ำอุ่น ดังนั้นจึงต้องมีระบบหมุนเวียนน้ำร้อนโดยใช้เครื่องสูบน้ำหมุนเวียนน้ำร้อนจากถังเก็บน้ำร้อนผ่านเข้าไปยังระบบจ่ายน้ำ และวนกลับไปยังถังเก็บน้ำร้อนเพื่อให้ระบบท่อจ่ายน้ำมีอุณหภูมิไม่น้อยกว่าค่าออกแบบและพร้อมใช้งานตลอดเวลา



แผนภูมิแสดงการหมุนเวียนน้ำร้อน

- **ระบบจ่ายน้ำและแรงดันใช้งาน:** ระบบจ่ายน้ำร้อนมักมีการใช้ควบคู่ไปกับระบบน้ำประปา ดังนั้นการออกแบบควรคำนึงถึงเรื่องแรงดันของทั้ง 2 ระบบให้มีความสอดคล้องกัน เพื่อป้องกันปัญหาอุณหภูมิน้ำผสมเกิดความวูบวาบ ไม่สม่ำเสมอ

- **ระบบระบายอากาศ:** จากหลักการทำงานของระบบ Heat Pump ที่มีความแตกต่างจากระบบผลิตน้ำร้อนด้วยไฟฟ้าในการนำความร้อนจากอากาศมาถ่ายเทให้กับน้ำ นำไปสู่ปัญหาที่พบได้บ่อยซึ่งก็คือการไหลย้อนของอากาศเย็นกลับไปยังส่วนด้านอากาศเข้าของ Evaporator ดังนั้นห้องเครื่องที่ติดตั้ง Heat Pump จึงจำเป็นต้องมีการจัดเตรียมการเติมอากาศซึ่งเป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่จะนำมาใช้ และเตรียมการระบายอากาศเย็นออกจากพื้นที่เพื่อไม่ให้อากาศเย็นย้อนกลับเข้าไปสู่ Evaporator ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของการดึงพลังงานความร้อนจากอากาศลดลง

ณัฐนนท์ พลประทีป ภส.5207
วิศวกรออกแบบ
งานระบบวิศวกรรมสุขาภิบาล

ข้อแนะนำของโครงการที่ได้รับการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม EIA

ในปัจจุบันอาคารขนาดใหญ่พิเศษ อาคารสูงต่างๆ ได้มีการก่อสร้างขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งในประกาศกฎกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้มีการกำหนดให้การก่อสร้างอาคารประเภทนี้ต้องมีการจัดทำรายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขึ้น เพื่อคาดการณ์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการพัฒนาโครงการ

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment EIA): คือกระบวนการศึกษาและประเมินผลที่อาจเกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการกิจการ หรือการดำเนินการใดของรัฐหรือที่รัฐจะอนุญาตให้มีการดำเนินการ ที่อาจมีผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติ คุณภาพสิ่งแวดล้อม สุขภาพ อนามัย คุณภาพชีวิต หรือส่วนได้เสียอื่นใดของประชาชนหรือชุมชน ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยผ่านกระบวนการการมีส่วนร่วมของประชาชน เพื่อกำหนดมาตรการป้องกันแก้ไขผลกระทบดังกล่าว ผลการศึกษาเรียกว่ารายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

โดยการพิจารณารายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม EIA นั้นจะประกอบไปด้วยคณะกรรมการผู้ชำนาญการพิจารณารายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (คชก.) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการพิจารณาและตรวจสอบรายงาน เพื่อให้มีความมั่นใจในคุณภาพข้อมูลและการวิเคราะห์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้น ซึ่งคำถามที่พบเจอประจำจากคณะกรรมการฯ มีดังนี้

1. **ข้อมูลเกี่ยวกับโครงการ:** คณะกรรมการอาจมีข้อคิดเห็นเกี่ยวกับรายละเอียดของโครงการ เช่น ขนาดของโครงการ ลักษณะการดำเนินงาน และแหล่งเงินทุนที่ใช้ในการดำเนินโครงการนี้

2. **การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม:** คณะกรรมการฯ อาจมีข้อคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ใช้ รวมถึงวิธีการและขั้นตอนที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

3. **ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม:** คณะกรรมการฯ อาจมีข้อคิดเห็นเกี่ยวกับผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากโครงการ ทั้งที่เป็นลบและบวกต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน

4. **มาตรการลดผลกระทบ:** คณะกรรมการฯ อาจมีข้อคิดเห็นเกี่ยวกับมาตรการที่นำเข้ามาเพื่อลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม รวมถึงความเป็นไปได้ในการใช้มาตรการเหล่านี้

5. **การเข้าถึงประชาชนและความเห็นจากสาธารณชน:** คณะกรรมการฯ อาจมีข้อคิดเห็นเกี่ยวกับขั้นตอนและผลการประชุมกับสาธารณชน และเกี่ยวกับความเห็นหรือข้อคิดเห็นที่ได้รับจากสาธารณชนว่ามีอะไรบ้าง และมีแนวทางการแก้ไขปัญหาอย่างไร

6. **ผลกระทบต่อคุณภาพอากาศและประชากร:** โครงการนี้จะมีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในพื้นที่ใกล้เคียงอย่างไร และวิธีการลดผลกระทบดังที่กำหนดในโครงการมีประสิทธิภาพหรือไม่ ตัวอย่างเช่น ตำแหน่งการระบายอากาศจากห้องเครื่องปั๊มดับเพลิงว่าปล่อยอากาศเสียไปในทิศทางไหน เป็นต้น

7. **ผลกระทบต่อน้ำและแหล่งน้ำท้องถิ่น:** โครงการนี้มีผลกระทบต่อแหล่งน้ำท้องถิ่นหรือแม้กระทั่งแม่น้ำในพื้นที่นี้หรือไม่ ถ้ามี จะมีมาตรการใดในการรักษาคุณภาพน้ำและประหยัดน้ำ ตัวอย่างเช่น

   7.1 เกณฑ์การออกแบบอัตราการใช้น้ำ ต้องมีแหล่งอ้างอิงของอัตราการใช้น้ำ รวมถึงความเหมาะสมต่างๆ ที่นำมาใช้ในการออกแบบ

ตารางที่ 1-1 อัตราการเกิดน้ำเสียต่อคนต่อวัน

ภาค	อัตราการเกิดน้ำเสีย (ลิตร/คน/วัน)					
	2536	2540	2545	2550	2555	2560
กลาง	160-214	165-242	170-288	176-342	183-406	189-482
เหนือ	183	200	225	252	282	316
ตะวันออกเฉียงเหนือ	200-253	216-263	239-277	264-291	291-306	318-322
ใต้	171	195	204	226	249	275

ที่มา : โครงการพัฒนาและปรับปรุงข้อมูลอัตราการเกิดน้ำเสียและปริมาณความสกปรกของแหล่งกำเนิดประเภทชุมชน กรมควบคุมมลพิษ 2553

ตารางที่ 1-2 ปริมาณน้ำเสียจากอาคารประเภทต่างๆ

ประเภทอาคาร	หน่วย	ลิตร/วัน/หน่วย
อาคารชุด/บ้านพัก	ยูนิต	500
โรงแรม	ห้อง	1,000
หอพัก	ห้อง	80
สถานบริการ	ห้อง	400
หมู่บ้านจัดสรร	คน	180
โรงพยาบาล	เตียง	800
ภัตตาคาร	ตารางเมตร	25
ตลาด	ตารางเมตร	70
ห้างสรรพสินค้า	ตารางเมตร	5.0
สำนักงาน	ตารางเมตร	3.0

ที่มา : ข้อพิจารณาเกี่ยวกับปริมาณและลักษณะน้ำทิ้งชุมชนในประเทศไทย
เอกสารประกอบการประชุม สวสท 36, สมาคมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย 2536

7.2 การออกแบบบ่อหน่วงน้ำ ในปัจจุบันใช้วิธีการคำนวณโดยใช้โปรแกรม Monkey โดยสำนักนโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร ซึ่งขนาดบ่อหน่วงน้ำที่ได้จะมีขนาดค่อนข้างใหญ่กว่าการคำนวณโดยวิธี Rational Method ซึ่งสามารถกักเก็บน้ำฝนในบ่ออยู่ที่จำนวน 3 ชั่วโมงก่อนที่จะปล่อยออกสู่บ่อระบายน้ำสาธารณะ เพราะฉะนั้นอาจต้องพิจารณาถึงตำแหน่งในการติดตั้งบ่อหน่วง ว่าพื้นที่ของโครงการเพียงพอและเหมาะสมกับขนาดของบ่อหน่วงน้ำที่ต้องการหรือไม่

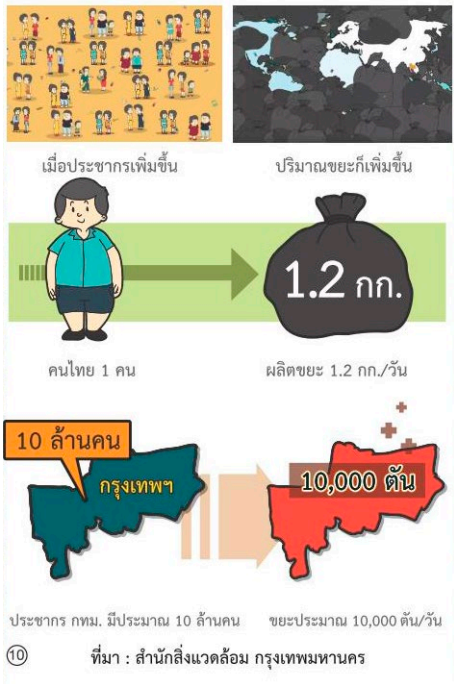
8. **ผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ:** โครงการนี้มีผลกระทบต่อพืชและสัตว์ป่าที่อาศัยในพื้นที่ในปัจจุบันหรือไม่ และมีวิธีการปกป้องความหลากหลายทางชีวภาพอย่างไร

9. **ผลกระทบต่อชุมชนและประชากร:** โครงการนี้มีผลกระทบต่อชุมชนท้องถิ่นหรือประชากรที่อาศัยในพื้นที่โครงการหรือไม่ และมีมาตรการใดในการรองรับผลกระทบต่อชุมชนหรือประชากรหรือไม่

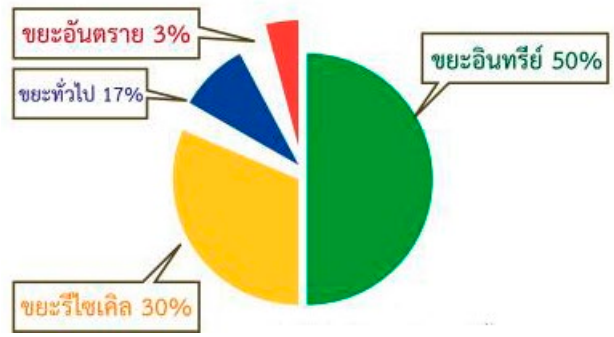
10. ความปลอดภัยและความเสี่ยง: โครงการนี้มีความเสี่ยงต่อความปลอดภัยของประชากรหรือไม่ และมีมาตรการใดในการจัดการความเสี่ยง

11. การจัดการขยะและน้ำเสีย: โครงการนี้มีแผนการจัดการขยะและน้ำเสียอย่างไรเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

11.1 การจัดการขยะ ในการออกแบบจะต้องมีข้อมูลปริมาณขยะที่เกิดขึ้นต่อคน และสัดส่วนของประเภทขยะเพื่อประเมินว่าขยะที่เกิดขึ้นในโครงการนั้นมีปริมาณเท่าไร



สัดส่วนประเภทขยะ



11.2 ระบบบำบัดน้ำเสีย คณะกรรมการอาจพิจารณาเกี่ยวกับการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียว่าเหมาะสมกับประเภทอาคารหรือไม่ และใช้ระบบอะไรในการออกแบบรวมถึงค่า Parameter ต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบนั้น มีแหล่งที่มาและสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่

12. การควบคุมและการดูแลรักษา: โครงการนี้มีแผนการควบคุมและการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมเมื่อการดำเนินโครงการเสร็จสิ้นแล้วหรือไม่

บทสรุป

ข้อแนะนำและคำถามเหล่านี้มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้คณะกรรมการ EIA เชื่อมั่นว่ารายงานได้ครอบคลุมผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้งหมดอย่างครบถ้วนและมีข้อมูลที่เพียงพอ เจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบ และที่ปรึกษาควรเตรียมพร้อมที่จะตอบคำถามเหล่านี้อย่างรอบคอบเพื่อให้รายงาน EIA ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการฯ และคำถามเหล่านี้จะช่วยในกระบวนการตัดสินใจว่าโครงการนั้นควรได้รับอนุญาตให้ดำเนินการหรือไม่ และหากได้รับอนุญาตจะมีมาตรการใดในการควบคุมและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

ประพุธ พงษ์เลาหพันธุ์ วก.943, สส.449
รองกรรมการผู้จัดการ-สายงานออกแบบ2
งานระบบวิศวกรรมเครื่องกล
งานระบบวิศวกรรมสุขาภิบาล
LEED-AP, WELL-AP

ข้อแตกต่างระหว่าง เกณฑ์อาคารเขียว USGBC (LEED) กับ เกณฑ์อาคารเขียวไทย (TREES)

การออกแบบก่อสร้างอาคารในปัจจุบันให้ความสำคัญกับเรื่องพลังงานและสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นมากเนื่องจากสังคมและผู้เช่าอาคารต้องการอาคารที่มีมาตรฐานที่ดีขึ้น ลดผลกระทบต่อชุมชนและสังคม ทั้งในขณะก่อสร้าง ขณะใช้งาน และขณะรื้อถอนอาคาร ดังนั้นเกณฑ์อาคารเขียวจึงได้รับความนิยม และถูกนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาโครงการ เพื่อให้ผู้พัฒนาโครงการเลือกดำเนินการตามมาตรการต่างๆ และนำไปสมัครเพื่อขอรับการประเมินว่าโครงการมีการดำเนินการเป็นอาคารเขียวในระดับใด ตั้งแต่ระดับ CERTIFIED, SIVER, GOLD, PLATINUM

เนื่องจากเกณฑ์อาคารเขียว USGBC (LEED) ได้มีการพัฒนาโดย US Green Building Council ในสหรัฐอเมริกาจึงทำให้หลายๆ หัวข้อในการประเมินเหมาะกับบริบทของสหรัฐอเมริกา ดังนั้นประเทศอื่นๆ จึงได้มีการคิดค้น และสร้างเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวเป็นของตนเอง เพื่อให้เหมาะสมกับบริบทของปัญหาสิ่งแวดล้อมในประเทศนั้นๆ เช่นเกณฑ์ DGNB ของเยอรมนี เกณฑ์ BRE ของอังกฤษ เกณฑ์ CASBEE ของญี่ปุ่น เกณฑ์ Green Star ของออสเตรเลีย เกณฑ์ Green Mark ของสิงคโปร์ และเกณฑ์ TREES ของไทย

ประเทศไทยได้เคยมีการริเริ่มการตรวจประเมินอาคารประหยัดพลังงานมาเป็นระยะเวลายาวนานจากการประกวด Thailand Energy Award และได้มีโครงการอาคารติดฉลากประหยัดพลังงานซึ่งดำเนินการโดยกระทรวงพลังงาน เมื่อสถาบันอาคารเขียวไทย

ก่อตั้งขึ้นและได้ร่างมาตรฐานอาคารเขียว สำหรับประเทศไทย จึงได้นำข้อมูลจากโครงการอาคารติดฉลาก มาประยุกต์ร่วมกับเกณฑ์อาคารเขียว LEED จนได้ข้อสรุปเป็น เกณฑ์อาคารเขียวไทย TREES นั่นเอง

เมื่อทราบถึงความเป็นมาแล้ว บทความนี้จะนำเสนอหัวข้อที่เหมือนและแตกต่างระหว่างเกณฑ์ USGBC (LEED) กับเกณฑ์ของสถาบันอาคารเขียวไทย TGBI (TREES) ดังนี้

1. หมวด Location and Transportation และหมวด Sustainable Sites ตามเกณฑ์ LEED เทียบกับหมวดผังบริเวณและภูมิทัศน์ Site and Landscape ตามเกณฑ์ TREES
   a. หัวข้อ Sensitive Land Protection ของ LEED ใกล้เคียงกับหัวข้อการหลีกเลี่ยงที่ตั้งที่ไม่เหมาะสมกับการสร้างอาคาร และหัวข้อการลดผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ โดยเกณฑ์ทั้งสองกำหนดให้หลีกเลี่ยงการก่อสร้างอาคารในพื้นที่ธรรมชาติ เพื่อลดการขยายตัวของเมือง ถนนหนทาง และสาธารณูปโภค ไม่ให้ขยายตัวออกไปเบียดเบียนธรรมชาติ
   b. หัวข้อ High-Priority Site ของ LEED เป็นหัวข้อที่ไม่สามารถทำคะแนนได้ในประเทศไทย เนื่องจากการขึ้นทะเบียนพื้นที่เสื่อมโทรมไม่ได้ครอบคลุมนอก US เมื่อเทียบกับ TREES แล้ว ในเกณฑ์ TREES ก็จะไม่มีการกำหนดมาตรการนี้
   c. หัวข้อ Surrounding Density and Diverse Uses ของ LEED ใกล้เคียงกับหัวข้อการพัฒนาโครงการบนพื้นที่ที่พัฒนาแล้ว คือเกณฑ์ทั้งสองจะจูงใจให้สร้างอาคารในเมืองเพื่อลดการขยายตัวของเมืองไม่ให้รบกวนธรรมชาติ การสร้างอาคารในเมืองยังเป็นการใช้ประโยชน์ จากสาธารณูปโภคเดิม จากสถานบริการเดิมได้ทั้งหมด
   d. หัวข้อ Access to Quality Transit และ Bicycle Facilities ใกล้เคียงกับหัวข้อการลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว คือเน้นอาคารที่สร้างติดระบบขนส่งมวลชน เตรียมที่จอดรถประหยัดน้ำมัน ฟอสซิล เช่น รถไฟฟ้า เตรียมที่จอดจักรยานพร้อมห้องอาบน้ำ โดยเกณฑ์ของ LEED จะมีความเข้มข้นเรื่องทางจักรยานที่จะมาถึงโครงการด้วย ซึ่งผังเมืองประเทศไทยไม่ได้กำหนดทางจักรยานไว้ต่างหาก จึงไม่สามารถทำคะแนนในเกณฑ์ LEED ได้ แต่ยังคงทำคะแนนในเกณฑ์ TREES ได้
   e. หัวข้อ Construction Activity Pollution Prevention ใกล้เคียงกับหัวข้อการลดมลพิษจากการก่อสร้างเกณฑ์อาคารเขียวเกือบทั้งหมด จะมีการกำหนดให้มีมาตรการป้องกันผลกระทบจากการก่อสร้าง เช่น การป้องกันฝุ่น เสียง ควัน การป้องกันการชะล้างหน้าดิน การป้องกันดินไม่ให้ไหลไปอุดตันท่อระบายน้ำสาธารณะ
   f. หัวข้อ Open Space ใกล้เคียงกับหัวข้อการพัฒนาผังพื้นที่โครงการที่ยั่งยืน คือมีการกำหนดพื้นที่เปิดโล่ง เพื่อให้เป็นพื้นที่พักผ่อนหย่อนใจ ลดความแออัดแก่ผู้คนในระดับพื้นถนน
   g. หัวข้อ Rainwater Management ต่างกับหัวข้อการซึมน้ำและลดปัญหาน้ำท่วม แม้ว่าเป้าหมายของทั้งสองเกณฑ์จะเป็นทิศทางเดียวกันคือลดปัญหาน้ำท่วม แต่ก็มีแนวทางต่างกัน เกณฑ์ LEED จะกำหนดเป็น Percentile ในการเก็บน้ำฝนให้ได้อย่างน้อย 80 ต่างจาก TREES ที่จะกำหนดให้ลดอัตราการไหลลงอย่างน้อยร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับก่อนพัฒนา
   h. หัวข้อ Heat Island Reduction ใกล้เคียงกับหัวข้อการลดปรากฏการณ์เกาะความร้อน
   i. หัวข้อ Light Pollution Reduction หรือการลดมลพิษทางแสงสว่างต่อเพื่อนบ้าน เป็นหัวข้อที่ไม่มีกำหนดในเกณฑ์ TREES เนื่องจากบริบทของประเทศไทยยังต้องการความสว่างเพื่อความปลอดภัย

2. หมวด Water Efficiency ตามเกณฑ์ LEED เทียบกับหมวด การประหยัดน้ำตามเกณฑ์ TREES
   a. หัวข้อ Outdoor & Indoor Water Use Reduction ตามเกณฑ์ LEED ใกล้เคียงกับหัวข้อการประหยัดน้ำและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ TREES โดยการคำนวณการประหยัดน้ำจะต่างกันที่เปอร์เซนต์ในการประหยัดน้ำ ซึ่งทาง LEED จะมีลำดับขั้นที่ละเอียดกว่า
   b. หัวข้อ Cooling Tower and Process Water Use และ Water Metering ตามเกณฑ์ LEED ไม่ได้มีกำหนดไว้ในเกณฑ์ TREES เนื่องจาก LEED ต้องการแยกหัวข้อให้ชัดเจนแต่เกณฑ์ TREES กล่าวถึงภาพรวมในการประหยัดน้ำ และเนื่องจากทรัพยากรน้ำไม่ได้เป็นสิ่งที่ขาดแคลนเท่ากับบางพื้นที่ในสหรัฐอเมริกา

3. หมวด Energy and Atmosphere ตามเกณฑ์ LEED เทียบกับ หมวดพลังงานและบรรยากาศตามเกณฑ์ TREES
   a. หัวข้อ Fundamental Commissioning and Verification ตามเกณฑ์ LEED ใกล้เคียงกับหัวข้อการประกันคุณภาพอาคาร เพื่อให้อาคารมีการตรวจสอบและ

ปรับแต่งงานระบบให้เป็นไปตามที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้ เพื่อให้มั่นใจว่าอาคารจะมีการใช้พลังงานที่เหมาะสม

b. หัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED ใกล้เคียงกับหัวข้อประสิทธิภาพการใช้พลังงานตามเกณฑ์ TREES ทั้งสองเกณฑ์ มีการกำหนดและให้คะแนนในหัวข้อนี้เป็นจำนวนมากเพื่อจูงใจให้อาคารมีการประหยัดพลังงาน โดยข้อแตกต่างระหว่างทั้งสองเกณฑ์คือ เกณฑ์ LEED จะยึดถือมาตรฐาน ASHRAE-90.1 ปี 2016 แต่เกณฑ์ TREES จะยึดถือมาตรฐานปี 2007 และกฎกระทรวงพลังงานปี 2552 เพื่อให้สอดคล้องกับต้นทุนอุปกรณ์ประหยัดพลังงานที่มีจำหน่ายในประเทศไทย ดังนั้นอาคารที่ยื่น TREES จะทำคะแนนได้มากกว่า

c. หัวข้อ Renewable Energy ตามเกณฑ์ LEED ใกล้เคียงกับหัวข้อการใช้พลังงานทดแทนตามเกณฑ์ TREES ทั้งสองเกณฑ์จูงใจให้อาคารใช้พลังงานทดแทน แต่จะแตกต่างกันในเรื่องปริมาณพลังงานที่ผลิตได้ ซึ่งเกณฑ์ LEED จะกำหนดไว้สูงกว่าและไม่สามารถนำไปคำนวณร่วมกับมาตรการประหยัดพลังงานอื่นๆ ได้ ดังนั้น อาคารที่ยื่น TREES จะทำคะแนนได้มากกว่า

d. หัวข้อ Enhanced Refrigerant Management ตามเกณฑ์ LEED ใกล้เคียงกับ หัวข้อ สารทำความเย็นในระบบ ปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศตามเกณฑ์ TREES ทั้งสองเกณฑ์ จูงใจให้อาคารลดการใช้สารที่ทำลายชั้น Ozone และก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน แต่เกณฑ์ LEED จะกำหนดเป็นค่า Ozone Depletion Potential และ Global Warming Potential ต่างจากเกณฑ์ TREES ที่กำหนดเป็นชนิดสาร CFC และ HCFC-22 ไปเลย ซึ่งเมื่อพิจารณาสถานการณ์ปี 2023 จะพบว่าประเทศไทย ได้ยกเลิกการจำหน่ายเครื่องปรับอากาศชนิดดังกล่าวทั้งหมดแล้ว เกณฑ์ TREES ควรจะต้องมีการปรับปรุงเพื่อยกระดับการปกป้องชั้นบรรยากาศมากขึ้น

4. หมวด Materials and Resources ตามเกณฑ์ LEED เทียบกับหมวดวัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้างตามเกณฑ์ TREES

   a. หัวข้อ Storage and Collection of Recyclables ตามเกณฑ์ LEED ใกล้เคียงกับหัวข้อการบริหารจัดการขยะตามเกณฑ์ TREES เพื่อให้อาคารสนับสนุนการคัดแยกขยะเพื่อที่จะได้เข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลได้เร็วขึ้น

   b. หัวข้อ การลดการใช้วัสดุที่ก่อให้เกิดมลพิษ ตามเกณฑ์ LEED ต่างจากหัวข้อการเลือกใช้วัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษตามเกณฑ์ TREES ตรงที่เกณฑ์ LEED จะกำหนดให้คำนวณ Life-Cycle ของการใช้วัสดุ แต่เกณฑ์ TREES จะเน้นกำหนดไปที่วัสดุใช้แล้ว วัสดุรีไซเคิล วัสดุพื้นถิ่นหรือในประเทศ

5. หมวด Indoor Environmental Quality ตามเกณฑ์ LEED เทียบกับหมวดคุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคารตามเกณฑ์ TREES
   a. หัวข้อ Indoor Air Quality ตามเกณฑ์ LEED ใกล้เคียงกับหัวข้อปริมาณการระบายอากาศภายในอาคารตามเกณฑ์ TREES คือให้อาคารมีการระบายอากาศตามมาตรฐาน ASHRAE-62.1 ปี 2016 แต่เกณฑ์ TREES ให้ใช้ตามปี 2007 ซึ่งค่าทั้งสองยังคงใกล้เคียงกัน โดยเกณฑ์ LEED จะมีให้คะแนนเพิ่มในกรณีที่เพิ่มอัตราการระบายอากาศอีก 30% เพื่อให้มั่นใจว่าจะได้อากาศบริสุทธิ์มากกว่าอัตราขั้นต่ำ
   b. หัวข้อ Indoor Air Quality ตามเกณฑ์ LEED ใกล้เคียงกับหัวข้อการลดผลกระทบมลภาวะตามเกณฑ์ TREES คือกำหนดให้มีการป้องกันมลภาวะจากภายนอก เช่น พรมดักฝุ่น การไม่ดูด Fresh Air จากแหล่งกำเนิดมลพิษ การระบายกลิ่นและสารระเหยออกนอกอาคาร
   c. หัวข้อ Low-Emitting Materials ตามเกณฑ์ LEED ใกล้เคียงกับหัวข้อการเลือกใช้วัสดุที่ไม่ก่อมลพิษ ตามเกณฑ์ TREES คือกำหนดให้เลือกใช้วัสดุที่มีสารระเหยต่ำ เช่น กาว สี พรม ไม้ ฉนวน

   หัวข้อ Thermal Comfort ตามเกณฑ์ LEED ใกล้เคียงกับหัวข้อสภาวะน่าสบายตามเกณฑ์ TREES คือให้อาคารมีการระบายอากาศตามมาตรฐาน ASHRAE-55 ปี 2017 แต่เกณฑ์ TREES ให้ใช้ตามปี 2004 ซึ่งค่าทั้งสองยังคงใกล้เคียงกัน โดยรายละเอียดที่เกณฑ์ LEED มีเพิ่มมากกว่าคือ Thermal Comfort Control โดยที่ผู้ใช้งานไม่น้อยกว่า 50% จะต้องควบคุมสภาวะอย่างหนึ่งอย่างใดเองได้ เช่น Air Temperature, Radiant Temperature, Air Speed, Humidity
   d. หัวข้อ Interior Lighting ตามเกณฑ์ LEED ต่างจากหัวข้อความส่องสว่างภายในอาคารตามเกณฑ์ TREES คือ เกณฑ์ LEED จะเน้นไปที่ความสว่างที่ต่อเนื่อง ไม่ทำให้สายตาเมื่อยล้าเมื่อต้องปรับจากสว่างไปมืด และแสงสว่างต้องไม่แยงตา แต่สำหรับเกณฑ์ TREES จะเน้นให้อาคารมีความสว่างตามมาตรฐานสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย เพื่อป้องกันการหรี่ไฟมากเกินควร
   e. หัวข้อ Daylight และหัวข้อ Quality Views ตามเกณฑ์ LEED ใกล้เคียงกับหัวข้อการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารตามเกณฑ์ TREES ทั้งสองเกณฑ์สนับสนุนให้ใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อให้ผู้ใช้อาคารได้รับแสงธรรมชาติช่วยให้ร่างกายกระปรี้กระเปร่าและช่วยประหยัดพลังงาน โดยเกณฑ์ LEED จะแยกหัวข้อ Views ออกมาต่างหาก เพื่อให้มั่นใจว่ามุมมองที่มองออกไปภายนอกอาคารจะมีระยะที่สามารถมองได้ไกลไม่น้อยกว่า 7.5 เมตร เพื่อลดความอึดอัดจากการอยู่ในอาคาร

6. หมวดและหัวข้อที่ไม่มีระบุในเกณฑ์ LEED แต่มีระบุในเกณฑ์ TREES
   a. หัวข้อการเตรียมความพร้อมเป็นอาคารเขียว การประชาสัมพันธ์สู่สังคมตามเกณฑ์ TREES ซึ่งการกำหนดหัวข้อนี้ก็เพื่อให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องเห็นความสำคัญและมีเป้าหมายร่วมกันในการพัฒนาโครงการให้เป็นอาคารเขียวที่ประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
   b. หัวข้อตำแหน่งเครื่องระบายความร้อน การใช้กระจกภายนอกอาคาร การควบคุมโรคที่เกี่ยวข้องกับอาคาร การติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้าที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสีย ตามเกณฑ์ TREES เป็นการดำเนินการเพื่อลดผลกระทบต่ออาคารข้างเคียง ไม่ให้สร้างความเดือดร้อนรำคาญแก่เพื่อนบ้านโดยรอบ

จากหัวข้อต่างๆ ที่ได้นำเสนอมาทั้งหมดนั้นจะเห็นได้ว่า มากกว่าครึ่งหนึ่งของเกณฑ์ทั้งสอง มีความคล้ายคลึงกัน เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือต้องการอาคารที่ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางด้านการใช้พื้นที่ การประหยัดน้ำ การประหยัดพลังงาน การลดใช้วัสดุ และการสร้างคุณภาพชีวิตที่ดีให้แก่ผู้ใช้อาคาร เนื่องจากเกณฑ์ LEED ได้มีการพัฒนาให้เหมาะสมกับอาคารในสหรัฐอเมริกาเป็นหลัก จึงมีหัวข้อทำคะแนนที่ไม่เหมาะสมกับ บริบทของประเทศไทย เช่น อัตราการประหยัดพลังงานที่สูงกว่า ทำให้ต้องลงทุนในระบบประหยัดพลังงานที่สูงกว่า และอาจจะมีผลการคืนทุนที่ยาวนานกว่า เพราะค่าพลังงานในประเทศไทยยังอยู่ในระดับต่ำแต่อุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องนำเข้ายังมีราคาแพง ทำให้ค่าก่อสร้างในโครงการที่ยื่นประเมินแบบ LEED มีต้นทุนสูงกว่าการยื่นประเมินแบบ TREES ราวๆ 30%

ดังนั้นอาคารที่จะสมัครใจขอเข้ารับการประเมินอาคารเขียวในแบบต่างๆ จะต้องพิจารณาถึงความพร้อมและความต้องการที่แท้จริงด้วยว่าต้องการได้รับการประเมินและการยอมรับในระดับใดเพื่อที่จะได้ลงทุนก่อสร้างได้ตรงกับต้นทุนของอาคาร และตรงกับความคาดหวังในระดับรางวัลที่ต้องการ

วรนาถ เกิดสุข วก.1060
ผู้จัดการฝ่ายออกแบบระบบเครื่องกลและสุขาภิบาล2
งานระบบวิศวกรรมเครื่องกล

การหาขนาด
Control Valve

ในการกำหนดขนาดวาล์วที่ถูกต้องสำหรับระบบเฉพาะนั้น ต้องพิจารณาปัจจัยหลายประการ ปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือพารามิเตอร์ความจุ Cv หรือค่าสัมประสิทธิ์การไหล เพื่อกำหนดขนาดวาล์วที่จำเป็นสำหรับระบบ โดยสามารถประมาณค่า Cv ได้ดังต่อไปนี้

สมการสำหรับของเหลว (เช่น น้ำ น้ำมัน ฯลฯ)
เนื่องจากของเหลวเป็นของไหลที่ไม่สามารถอัดตัวได้ อัตราการไหลของของเหลวจึงขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างแรงดันทางเข้าและทางออกเท่านั้น (ΔP, แรงดันตก) การไหลจะเท่ากันไม่ว่าแรงดันของระบบจะต่ำหรือสูง

สมการด้านล่างแสดงความสัมพันธ์

$$Cv = Q\sqrt{(S/\Delta P)}$$

เมื่อ

- Cv = ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของวาล์ว, US GPM
  โดยที่ Pressure = 1 psi
- Q = อัตราการไหลของ, US GPM
- S = ความถ่วงจำเพาะของไหลที่อุณหภูมิน้ำ @60 ˚F
- ΔP = แรงดันตกคร่อม (P1 - P2) ที่การไหลสูงสุด, psi

ความถ่วงจำเพาะนั้นสำหรับน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 200 ˚F
ค่า S = 1.0

ความถ่วงจำเพาะ (S) ของของเหลวอื่นๆ ที่อุณหภูมิการไหลจริง ใช้สมการต่อไปนี้

$$Cv = K\,Q\,\sqrt{(S/\Delta P)}$$

เมื่อ

- K = Viscosity correction factor for fluids

การประมาณเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ

การหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อดังสมการต่อไปนี้

$$d = \sqrt{\frac{4\,Q_{max}}{\pi v}}$$

เมื่อ

- d = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (ฟุต)
- Q max = การไหลสูงสุดผ่านวาล์ว (CFM)
- v = ความเร็วการไหล (ft./s)

ตัวอย่างการหาขนาด CONTROL VALVE SIZING

น้ำจะถูกสูบจากถังหนึ่งไปอีกถังหนึ่งผ่านระบบท่อโดยมี total pressure drop เท่ากับ 150 psi มีวาล์วควบคุมอยู่ในระบบท่อเพื่อปรับอัตราการไหล สมมติตัวแปรสำคัญดังต่อไปนี้

- อุณหภูมิน้ำ 70 ˚F
- อัตราการไหลสูงสุด 150 gpm
- Operating flow rate 110 gpm
- อัตราการไหลต่ำสุด 25 gpm
- ขนาดท่อ 3 นิ้ว
- Specific gravity 1.0
- Globe valve, equal percentage

ขั้นตอนที่ 1: กำหนดแรงดันตกคร่อมสูงสุดที่อนุญาตสำหรับวาล์ว

หลักการทั่วไปคือวาล์วควรได้รับการออกแบบให้ใช้ 10-15% ของ total pressure drop หรือ 10 psi แล้วแต่ค่าใดจะมากกว่า สำหรับตัวอย่างของเรา 10% ของแรงกดดันทั้งหมดคือ 15 psi ซึ่งเป็น Pressure drop ที่ยอมรับได้เมื่อวาล์วเปิด

ขั้นตอนที่ 2: คำนวณค่าสัมประสิทธิ์วาล์ว (Cv)

คือการพิจารณาว่าวาล์วจะต้องมีขนาดเท่าใด องค์ประกอบสำคัญที่ต้องพิจารณาขนาดของวาล์วคือความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอัตราการไหลและลักษณะการไหล เพื่อให้แน่ใจว่ามีขนาดเหมาะสมกับวาล์วที่ต้องการ

$$Cv = Q\sqrt{(S/\Delta P)}$$

$Cv = 150\ (1/15)^{0.5} = 39$

หมายเหตุ: Kv value is the metric equivalent of Cv expressed in m3/hr with 1 bar pressure drop ata temperature between 5 ˚C and 40 ˚C. Cv = 1.15 x Kv

ขั้นตอนที่ 3: การเลือกวาล์ว

ควรจะใช้ค่า Cv เป็นแนวทางในการเลือกวาล์ว แต่ก่อนที่จะลองจับคู่วาล์วที่มีค่า Cv ที่คำนวณได้ มีข้อควรพิจารณาอื่นๆ ได้แก่

- ตัดสินใจว่าจะใช้วาล์วชนิดใดสำหรับคุณลักษณะเฉพาะของกระบวนการที่กำหนด
- ห้ามใช้วาล์วที่มีขนาดน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของขนาดท่อ
- หลีกเลี่ยงการใช้ Valve stroke lower 10% และ upper 20% วาล์วจะควบคุมได้ง่ายขึ้นในช่วงจังหวะ 10-80%

ในตัวอย่าง Globe valve, equal percentage จากผู้ผลิต ตามตารางด้านล่าง

Body Size	CV FOR AN EQUAL PERCENTAGE GLOBE VALVE STEM POSITION AS A PERCENTAGE OF TOTAL TRAVEL				
(inch)	10%	25%	50%	75%	100%
1/2”	0.13	0.3	1.2	2	4
3/4”	0.21	0.47	1.89	3.15	6.3
1”	0.33	0.75	3	5	10
1 1/4”	0.53	1.2	4.8	8	16
1 1/2”	0.83	1.88	7.5	12.5	25
2	1.33	3	12	20	40
→ 2 1/2”	2.10	4.37	18.9	31.5	63
3	3.33	7.5	30	50	100
4	5.33	12	48	80	160

จากตัวอย่าง ค่า Cv = 36.15 เลือกวาล์วขนาด 2½ นิ้ว จะทำงานได้ดีกับค่า Cv ของเราที่ประมาณ 80-85% ของ Valve stroke กรณีเลือกวาล์วขนาด 2 นิ้ว Valve stroke 100% เพื่อรองรับการไหลสูงสุดของเรา

ผลที่ตามมาที่จะเกิดขึ้น: แรงดันตกคร่อมจะสูงกว่า 15 psi เล็กน้อย (สูงสุด) และวาล์วจะควบคุมได้ยากที่อัตราการไหลสูงสุด นอกจากนี้ดูเหมือนว่าวาล์วขนาด 2½ จะเพียงพอ แต่ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกวาล์วยังต้องพิจารณาตามที่ระบุในขั้นตอนที่ 4

ขั้นตอนที่ 4: ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ Cv และอัตราการไหลขั้นต่ำ
หากเปอร์เซ็นต์ Valve stroke ลดลงต่ำกว่า 10% ที่การไหลขั้นต่ำของเรา อาจต้องใช้วาล์วที่มีขนาดเล็กลงซึ่งใช้ได้ในบางกรณี

ตัวอย่างเช่น ระบบที่ออกแบบคุณมีแนวโน้มที่จะทำงานใกล้กับอัตราการไหลสูงสุดมากขึ้นหรือบ่อยกว่าอัตราการไหลขั้นต่ำหรือไม่ หรือมีแนวโน้มที่จะทำงานใกล้กับอัตราการไหลขั้นต่ำมากกว่า เป็นระยะเวลานาน การหาวาล์วที่สมบูรณ์แบบนั้นเป็นเรื่องยาก แต่ก็ควรจะหาวาล์วที่เหมาะกับการทำงานนั้นได้ดีเกือบตลอดเวลา มาตรวจสอบวาล์วที่เราเลือกสำหรับระบบของเรากัน
CV = 25 (1 / 15)0.5= 6.5

จากตารางการเลือกวาล์ว เราจะเห็นว่า Cv ที่ 6.5 จะสอดคล้องกับ Valve stroke เปอร์เซ็นต์ประมาณ 30-35% ซึ่งเป็นที่ยอมรับอย่างแน่นอน สังเกตว่าเราใช้แรงดันตกสูงสุด 15 psi อีกครั้งในการคำนวณของเรา แม้ว่าแรงดันตกคร่อมวาล์วจะลดลงที่อัตราการไหลน้อยลง แต่การใช้ค่าสูงสุดจะทำให้เราได้

สถานการณ์ “กรณีที่เลวร้ายที่สุด” หาก Cv ของเราที่การไหล ขั้นต่ำจะอยู่ที่ประมาณ 1.5 คงไม่มีปัญหาอะไรจริงๆ เพราะวาล์วมีค่า Cv เท่ากับ 2.1 ที่ Valve stroke 10% เนื่องจากเราใช้แรงดันตกคร่อมสูงสุด การประมาณการ โดยพื้นฐานแล้วเมื่อความดันตกคร่อมลดลง ค่า Cv จะเพิ่มขึ้นเท่านั้น ซึ่งในกรณีนี้จะเป็นประโยชน์

ขั้นตอนที่ 5: ตรวจสอบอัตราขยายจากอัตราการไหล (Gain)
Gain = Δ อัตราการไหล / Δ % Valve stroke
ตอนนี้ด้วยอัตราการไหล 3 แบบของเรา:

- Q_{min} = 25 GPM , CV = 6.5
- $Q_{operate}$ = 110 GPM , CV = 28
- Q_{max} = 150 GPM , CV = 39

อัตราการไหล (GPM)	% of Valve Stroke	อัตราการเปลี่ยนแปลงการไหล (GPM)	% เปลี่ยนแปลง Valve Stroke	Gain
25	30	110-25 = 85	68-30 = 38	85/38 = 2.2
110	68	150-110 = 40	82-68 = 14	40/14 = 2.86
150	82			

ความแตกต่างระหว่างอัตราขยายจากอัตราการไหล (Gain) ควรน้อยกว่า 50% ของค่าที่สูงกว่า 0.5 x (2.85) = 1.43 และ 2.86 - 2.2 = 0.66 เนื่องจาก 0.66 น้อยกว่า 1.43 จึงไม่น่าจะมีปัญหาในการควบคุมวาล์ว และไม่ควรต่ำกว่า 0.50 ดังนั้นขนาดวาล์ว 2½ จึงเหมาะสม

บทสรุป

การเลือกวาล์วควบคุมอย่างเหมาะสม ต้องทราบคุณสมบัติของของเหลวและระบบดังต่อไปนี้

1. อะไรไหลผ่านวาล์ว – หากเป็นของเหลวพิเศษให้ระบุเฉพาะแรงโน้มถ่วง (ที่อุณหภูมิไหล) ความดันวิกฤติ ความดันไอ และความหนืด
2. แรงดัน - แรงดันสูงสุดที่วาล์วได้รับคือเท่าใด
3. แรงดันทางด้านหน้า (Upstream) และด้านหลัง (Downstream) สำหรับอัตราการไหลสูงสุด ปกติและต่ำสุดเป็นเท่าใด
4. อัตราการไหล - สูงสุด ปกติ และต่ำสุด ค่าสูงสุดจะใช้ในการเลือกขนาดวาล์ว ค่าต่ำสุด เพื่อตรวจสอบการเปิดปิดของวาล์ว และค่าปกติเพื่อดูว่าวาล์วจะควบคุมที่ตำแหน่งใด
5. อุณหภูมิ - อุณหภูมิสูงสุดสำหรับการออกแบบบวกกับอุณหภูมิที่สภาวะการไหลสูงสุด ปกติ และต่ำสุด

พัฒนะ เมฆขำ วก.1212
ผู้จัดการโครงการอาวุโส
งานระบบวิศวกรรมเครื่องกล

เทคนิคการควบคุมความชื้น สำหรับโรงพยาบาล

ความชื้นในโรงพยาบาลเป็นปัญหาสำคัญที่ต้องได้รับการดูแลอย่างเหมาะสม ความชื้นที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไปอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้ป่วย บุคลากรทางการแพทย์ หากอาคารของโรงพยาบาลมีความชื้นมากเกินไปอาจก่อให้เกิดปัญหาดังต่อไปนี้

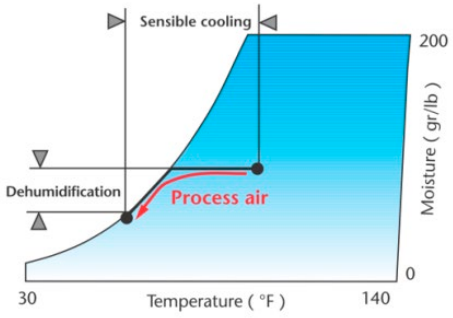
1. เชื้อราเจริญเติบโตได้ดีในความชื้นสูง เชื้อราสามารถทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ โรคหอบหืด และการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ
2. ไรฝุ่นเจริญเติบโตได้ดีในความชื้นสูง ไรฝุ่นเป็นสาเหตุของโรคภูมิแพ้และโรคหอบหืด
3. วัสดุต่างๆ ในโรงพยาบาล เช่น เฟอร์นิเจอร์ วอลล์เปเปอร์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อาจเสียหายได้

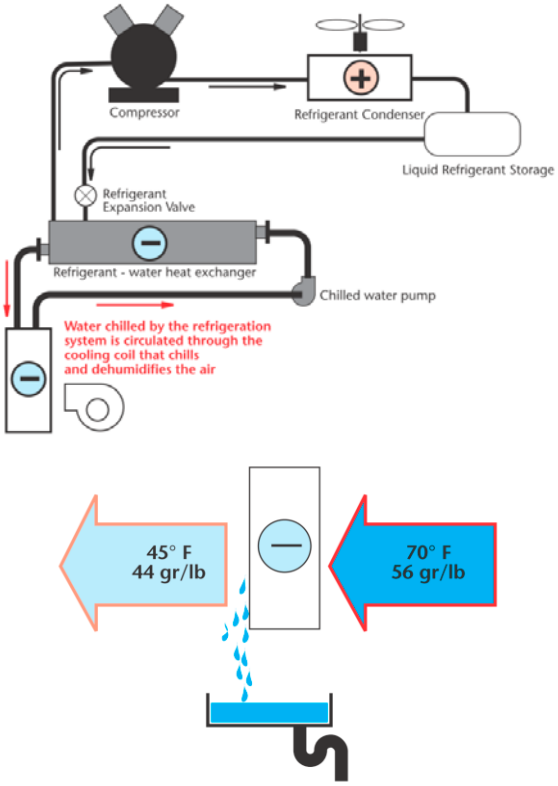
ระดับความชื้นที่เหมาะสมในโรงพยาบาลโดยทั่วไปอยู่ที่ 40-60%RH ความชื้นที่ต่ำกว่า 40%RH อาจทำให้ผิวหนัง จมูกและลำคอแห้ง และอากาศแห้งก็อาจทำให้ไฟฟ้าสถิตเกิดขึ้นได้ สำหรับความชื้นที่สูงกว่า 60%RH อาจทำให้เกิดปัญหาเชื้อราและไรฝุ่นได้

วิธีการลดความชื้นในโรงพยาบาล

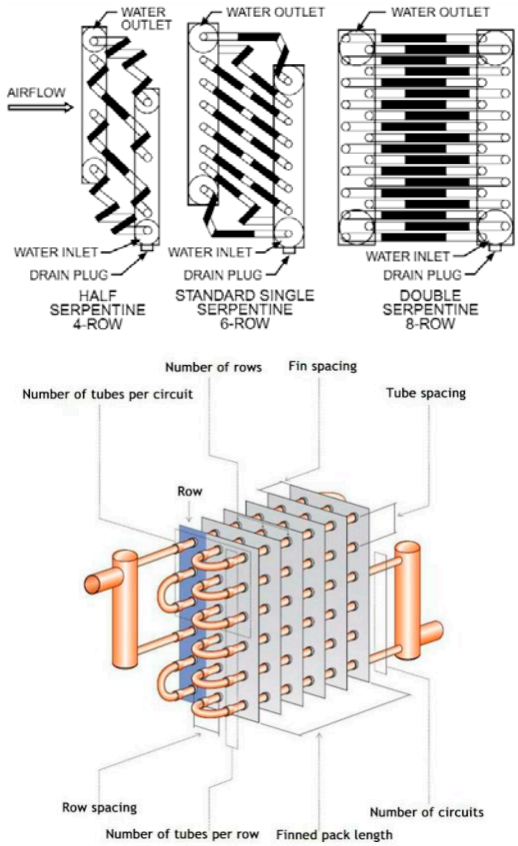
1. การเลือก Cooling Coil ให้มีจำนวนแถวมากขึ้น

เพิ่มจำนวนแถวของ Cooling Coil เพื่อให้สามารถลดความชื้นได้มากกว่าห้องปกติทั่วไป โดยระบุให้ใช้ Coil อย่างน้อย 4 แถว เพื่อให้อุณหภูมิลมจ่ายต่ำลงให้เพียงพอและเหมาะสมกับค่า Sensible Heat Ratio ที่เกิดขึ้นของห้อง เป็นการเพิ่มความสามารถในการลดความชื้นของเครื่องปรับอากาศ





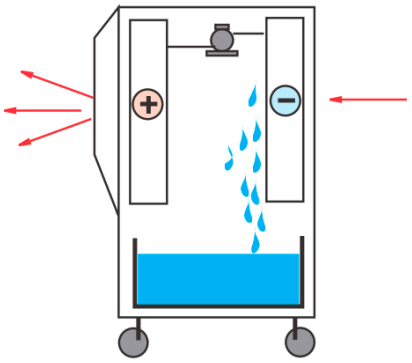
รูปที่ 1 แสดงการลดความชื้นในอากาศด้วย Cooling Coil



รูปที่ 2 ตัวอย่างการจัดเรียงแถวของท่อและการเรียกชื่อของอุปกรณ์ใน Cooling Coil

2. การใช้เครื่องลดความชื้นแบบขยายตัวโดยตรง (DX Coil Dehumidifier)

เครื่องลดความชื้นแบบ DX Coil ที่นิยมใช้มี 2 ประเภท คือแบบตั้งพื้นและแขวนเหนือบนฝ้า โดยใช้หลักการให้อากาศผ่าน Cooling Coil เพื่อลดความชื้น จากนั้นอากาศจะผ่าน Condenser Coil เพื่อระบายความร้อนให้เครื่อง และจ่ายเข้าพื้นที่ห้อง

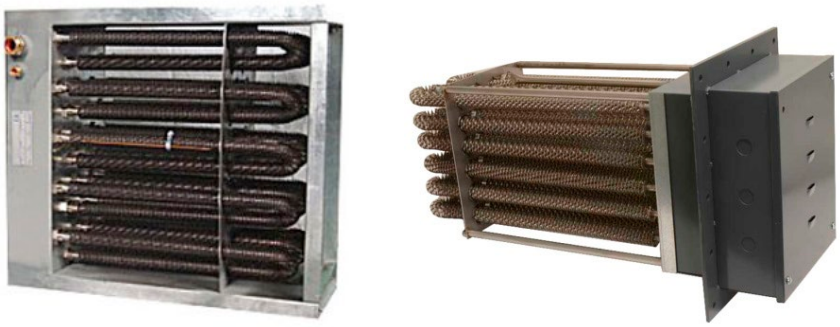


รูปที่ 3 ตัวอย่างเครื่องลดความชื้นแบบขยายตัวชนิดตั้งพื้น

รูปที่ 4 ตัวอย่างเครื่องลดความชื้นแบบขยายตัวชนิดแขวนบนฝ้า

3. ขดลวดความร้อนจากพลังงานไฟฟ้า (Electric Heater)

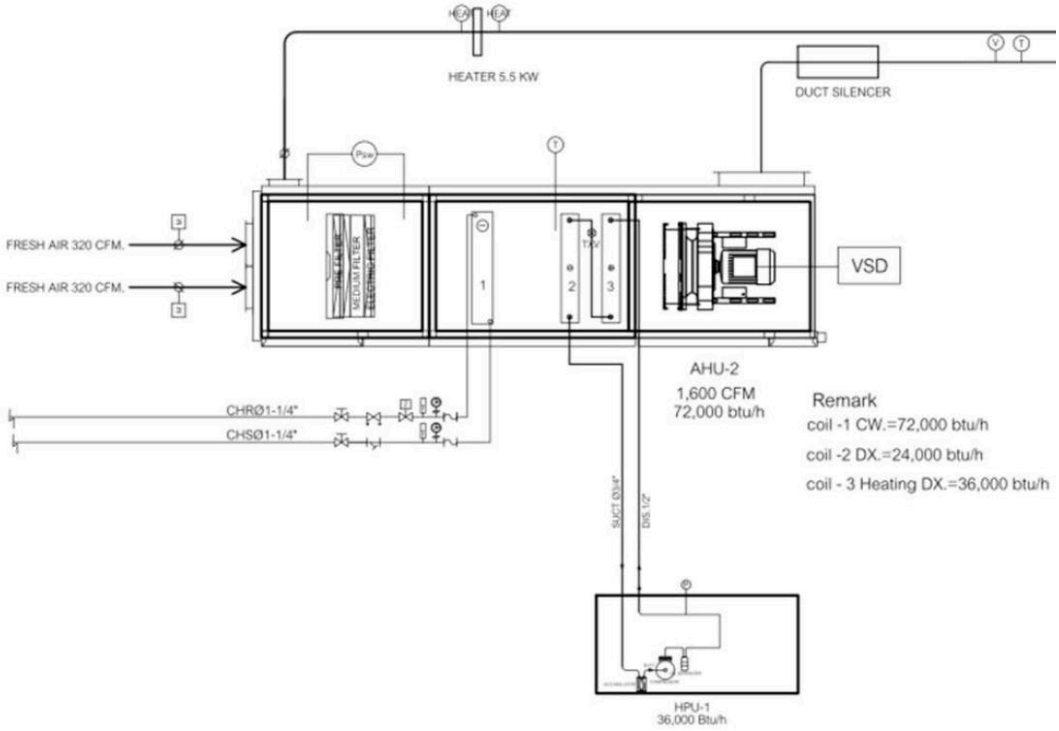
ติดตั้ง Electric heater ที่ท่อลมโดยให้อุณหภูมิ Supply สูงขึ้น เพื่อที่เครื่องปรับอากาศจะสามารถลดความชื้นได้มากขึ้น โดยควบคุมระดับการทำงานตามค่าความชื้นที่เกิดขึ้นจริงด้วยการควบคุมแบบ Silicon Control Rectifier (SCR)



รูปที่ 5 ตัวอย่างขดลวดความร้อนจากพลังงานไฟฟ้าชนิดต่อท่อลม

4. ปั๊มความร้อน (Heat Pump)

ติดตั้ง Heat Pump เพื่อให้นำสารทำความเย็นด้านร้อนเป็นตัวทำการ Reheat เพื่อให้อุณหภูมิลมจ่ายสูงขึ้น เป็นการควบคุมความชื้นในห้องที่ต้องการโดยลมเย็นที่ได้จาก Heat Pump



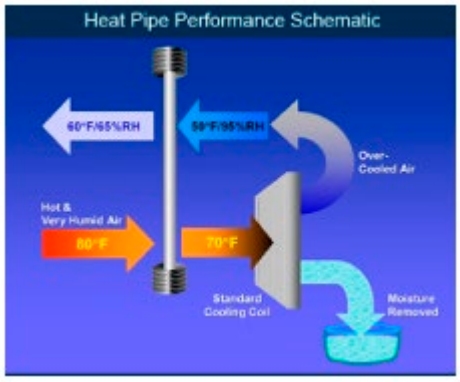
รูปที่ 6 ตัวอย่างการ Reheat ด้วย Heat Pump

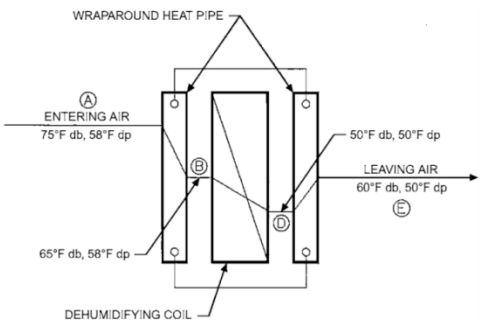
5. ท่อความร้อน (Heat Pipe)

ท่อความร้อนสามารถใช้ในการลดความชื้นในระบบปรับอากาศ โดยการติดตั้งท่อความร้อนคร่อมคอยล์เย็น (Cooling Coil) ของระบบปรับอากาศ ท่อความร้อนที่ติดตั้งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนแรก เรียกว่าส่วนให้ความเย็นเบื้องต้น (Pre-cool Heat Pipe Section) ซึ่งอยู่ทางช่องลมเข้าก่อนที่จะผ่านคอยล์เย็น เมื่ออากาศร้อนผ่านท่อความร้อนส่วนนี้ อากาศร้อนก็จะถ่ายเทความร้อนให้แก่ท่อความร้อน อากาศที่ผ่านไปยังคอยล์เย็นจึงมีอุณหภูมิลดลงกว่าปกติ ทำให้คอยล์เย็นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากไอน้ำกลั่นตัวได้มากอุณหภูมิของอากาศที่ผ่านคอยล์เย็นจะเย็นกว่าเครื่องปรับอากาศทั่วไป ในขณะที่ท่อความร้อนส่วนแรกรับพลังงานจากลมร้อน สารทำความเย็นภายในตัวท่อความร้อนจะระเหยและ พาความร้อนที่ได้รับจากอากาศนั้นไปยังท่อความร้อน

ส่วนที่สอง (Reheat Heat Pipe Section) เมื่ออากาศจากคอยล์เย็นผ่านท่อความร้อนส่วนที่สอง ก็จะได้รับความร้อนจากท่อความร้อนส่วนนี้ ทำให้อากาศที่ผ่านระบบมีอุณหภูมิที่พอเหมาะ



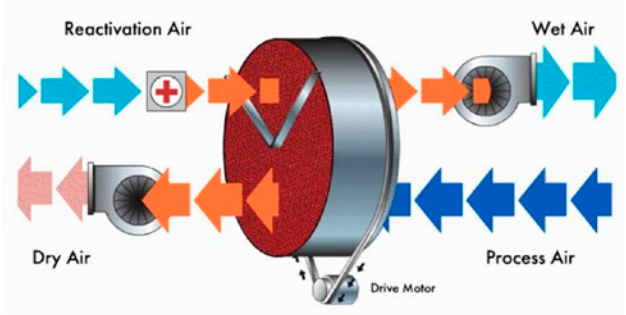


รูปที่ 7 หลักการทำงานของระบบที่ใช้ท่อความร้อน

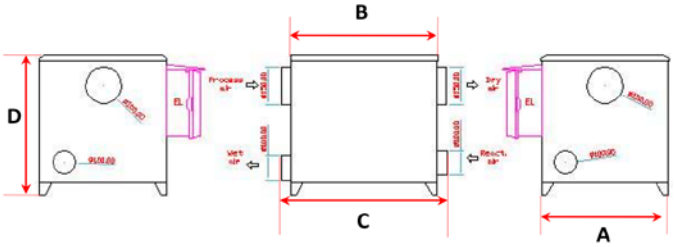
รูปที่ 8 ตัวอย่างของเครื่องส่งลมเย็นที่ติดตั้งท่อความร้อน

6. วงล้อสารดูดความชื้น (Desiccant Wheel)

เป็นเครื่องลดความชื้นแบบใช้สารดูดความชื้น โดยอากาศภายในห้องจะผ่านเข้าสู่วงล้อดูดความชื้น จากนั้นอากาศภายในห้องจะคายความชื้นให้กับสารดูดความชื้นในวงล้อผ่านออกมาเป็นอากาศแห้ง เมื่อดูดความชื้นจนอิ่มตัวจะคายความชื้น โดยใช้อากาศอีกส่วนจากภายนอกซึ่งจะถูกอุ่นให้ร้อนและดูดผ่านเข้าไปในวงล้อดูดความชื้น สารดูดความชื้นจะคายความชื้นออกมาให้กับอากาศร้อนและผ่านออกมาเป็นอากาศชื้นทิ้งสู่ภายนอก จากนั้นวงล้อจะทำงานแบบนี้เป็นวัฏจักรเพื่อดูดความชื้นใหม่ต่อไป



รูปที่ 9 หลักการทำงานของวงล้อสารดูดความชื้น



รูปที่ 10 ตัวอย่างของวงล้อสารดูดความชื้นขนาดเล็ก

เมื่อทำการเปรียบเทียบในด้านต่างๆ ของวิธีการลดความชื้นที่ได้กล่าวไป จะได้ผลตามตารางที่ 1 โดยผลเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแต่ละอุปกรณ์แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบของวิธีการลดความชื้น

DEHUMIDIFIER COMPARISON					
	DEMIDIFICATION EFFICIENCY	HUMIDITY CONTROL	INVESTMENT COST	ENERGY COST	MAINTENANCE COST
4-6 ROW COOLING COIL	FAIR	POOR	LOW	LOW	LOW
DX COIL HUMIDIFIER	GOOD	GOOD	FAIR	FAIR	HIGH
ELECTRIC HEATER	GOOD	GOOD	LOW	HIGH	LOW
HEAT PUMP	GOOD	GOOD	HIGH	FAIR	HIGH
HEAT PIPE	GOOD	FAIR	HIGH HIGH	-	LOW
DESICCANT WHEEL	GOOD	GOOD	HIGH	LOW	HIGH

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบของวิธีการลดความชื้น

DEHUMIDIFIER COMPARISON		
	Pros	Cons
4-6 ROW COOLING COIL	• ค่าลงทุนต่ำ • ค่าพลังงานต่ำ • ค่าบำรุงรักษาต่ำ	• ควบคุมความชื้นได้ไม่ดี เนื่องจากทำตามความสามารถของ Coil และสภาวะอากาศภายใน
DX COIL HUMIDIFIER	• ควบคุมความชื้นได้ดี • ค่าลงทุนและพลังงานไม่สูงมาก	• มีการเป่าลมร้อนในพื้นที่ เป็นการเพิ่ม Heat Load ให้พื้นที่ • ค่าซ่อมบำรุงสูง
ELECTRIC HEATER	• ควบคุมความชื้นได้ดี • ค่าลงทุนและพลังงานไม่สูงมาก • ค่าบำรุงรักษาต่ำ	• ค่าพลังงานสูงมาก
HEAT PUMP	• ควบคุมความชื้นได้ดี • พลังงานไม่สูงมาก	• ค่าพลังงานสูง • ค่าบำรุงรักษาสูง
HEAT PIPE	• ควบคุมความชื้นได้ดีพอสมควร ขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศ • ไม่ต้องใช้พลังงานในการลดความชื้น • ค่าบำรุงรักษาต่ำ	• ค่าลงทุนสูงมาก
DESICCANT WHEEL	• ควบคุมความชื้นได้ดี • พลังงานต่ำ	• ค่าลงทุนสูง • ค่าบำรุงรักษาสูง

บทสรุป

ความชื้นในโรงพยาบาลเป็นปัญหาสำคัญที่ต้องได้รับการดูแลอย่างเหมาะสม การควบคุมความชื้นเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง โดยการเลือกใช้ระบบในการลดความชื้นนั้นต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในหลายด้าน เช่น ค่าลงทุน การซ่อมบำรุง และประสิทธิภาพ เป็นต้น โรงพยาบาลควรมีแนวทางการแก้ปัญหาความชื้นที่ชัดเจนและดำเนินการอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ผู้ป่วย บุคลากรทางการแพทย์ และอาคารของโรงพยาบาลมีสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยและเหมาะสมต่อสุขภาพ

เอกวัฒน์ เปี่ยมวิมล สก.4585
ผู้จัดการโครงการ
งานระบบวิศวกรรมเครื่องกล, TREES-A

การออกแบบห้องคลีนรูม (Cleanroom Design) ต้องคำนึงถึงอะไรบ้าง

การออกแบบคลีนรูม (Cleanroom Design) เป็นการออกแบบเพื่อวัตถุประสงค์และการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป แล้วแต่สเปคและความต้องการ ซึ่งต้องคำนึงถึงหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่ขนาดของห้อง Cleanroom Classification หรือระดับการปนเปื้อนที่รับได้ การไหลเวียนของอากาศ รวมไปถึงประเภทคลีนรูมแรงดันบวก (Positive Pressure Cleanroom) หรือคลีนรูมแรงดันลบ (Negative Pressure Cleanroom) ที่อาศัยการออกแบบและมีรายละเอียดที่แตกต่างกัน

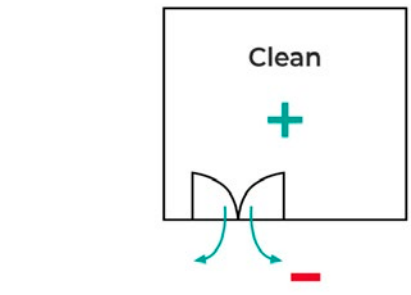
การออกแบบคลีนรูม มีข้อที่ควรคำนึงถึงดังนี้

1. ระดับ Class และประเภทของคลีนรูม

1.1 กำหนดประเภทคลีนรูม

อันดับแรกในการออกแบบคลีนรูม เราควรรู้ว่าตนเองต้องการคลีนรูมประเภทใด ไม่ว่าจะเป็นแบบคลีนรูมอิเล็กทรอนิกส์ (Industrial Cleanroom หรือ ICR) หรือคลีนรูมในเชิงอุตสาหกรรมทางการแพทย์ (Biological Cleanroom หรือ BCR) เนื่องจากทั้งสองประเภทใหญ่ๆ นี้จะช่วยกำหนดสเปคต่างๆ ที่ตามมาได้

1.2 คุณสมบัติห้อง Cleanroom



ปรับความดันภายในห้องให้สูงกว่าภายนอกห้อง

ผลักดันไม่ให้อากาศสกปรกภายนอกเข้ามาในห้อง • มีพัดลมเป่า (AIR SHOWER) เพื่อดันลมออกไม่ให้เข้าในห้อง

ห้องคลีนรูมแรงดันบวก
Positive Pressure Cleanroom

ต่อมาจะเป็นการพิจารณาเรื่องคุณสมบัติความเป็นแรงดันบวก หรือแรงดันลบภายในห้องคลีนรูม โดยทั่วไปแล้วห้องคลีนรูมแรงดันบวก (Positive Pressure Cleanroom) จะเป็นการรักษาความสะอาดภายในห้องคลีนรูม ให้อากาศและสิ่งปนเปื้อนไหลออกสู่ด้านนอกผ่านตัวกรอง และเอาอากาศสะอาดเข้ามาผ่านตัวกรอง อย่างห้องสำคัญในโรงพยาบาล เช่น ห้องผ่าตัดทั่วไป ห้องคลอด หรือแม้กระทั่งสถานที่ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ในขณะที่คลีนรูมแรงดันลบ (Negative Pressure Cleanroom) จะเป็นการกักเก็บอากาศและสิ่งปนเปื้อนไว้ภายในไม่ให้ไหลออกภายนอก เช่น ห้องแยกโรค (Isolation Room) ห้องผู้ป่วยติดเชื้อ

1.3 ระดับ Class ของคลีนรูม (Cleanroom Classification) หลังจากกำหนดประเภทของการใช้งานคลีนรูมแล้ว ต่อมาควรคำนึงถึงระดับความสะอาดของคลีนรูม (ค่าของปริมาณฝุ่นและสิ่งปนเปื้อนที่รับได้) หรือเรียกกันโดยทั่วไปว่า “Cleanroom Classification” ที่กำหนดมาตรฐานโดย Federal Standard 209E (FED-STD-209E) ของสหรัฐอเมริกาที่แบ่ง Cleanroom เป็น Class ตั้งแต่ 1-10 ไปจนถึง 100,000 และเป็นการใช้ขนาดฝุ่น 0.5 ไมครอนในอากาศปริมาตร 1 ลูกบาศก์ฟุตเป็นตัวกำหนด

FED STD 209E (1963)	Maximum Particles / ft³						ISO 14644-1 CLASS (2001)
	≥ 0.1 µm	≥ 0.2 µm	≥ 0.3 µm	≥ 0.5 µm	≥ 1 µm	≥ 5 µm	
1	1,000	237	102	35	8		ISO 3
10	10,000	2,370	1,020	352	83		ISO 4
100	100,000	23,700	10,200	3,520	832	29	ISO 5
1,000	1,000,000	237,000	102,000	35,200	8,320	293	ISO 6
10,000				352,000	83,200	2,930	ISO 7
100,000				3,520,000	832,000	29,300	ISO 8

FED-STD-209E
ค.ศ. 1963 (อเมริกา)

2. ระบบโครงสร้าง

2.1 พื้นและพื้นยก

การปูพื้นประเภทต่างๆ ในห้องคลีนรูมก็ต้องคำนึงถึงการใช้งานและการรักษาค่าความสะอาด ซึ่งในบางพื้นที่อาจจะต้องคำนึงถึงการใช้พื้นป้องกันแบคทีเรีย เช่น ในโรงพยาบาล ห้องผ่าตัด พื้นป้องกันไฟฟ้าสถิต (ESD Tile) หรือในบางกรณีที่ต้องใช้พื้นยกในการช่วยระบายอากาศ

2.2 ผนังและฝ้าเพดาน

ในคลีนรูมบางประเภทอาจเลือกใช้ผนัง PIR (PIR Wall) หรือที่เรียกกันโดยแพร่หลายว่า Sandwich Panel ที่เป็นแผ่นโฟมสำเร็จรูป ซึ่งสะดวกในการติดตั้งและประหยัด ด้วยความหนาและความแข็งแรงที่ต้องการ นอกจากนี้การใช้ผนังอื่นๆ ก็สามารถทำได้

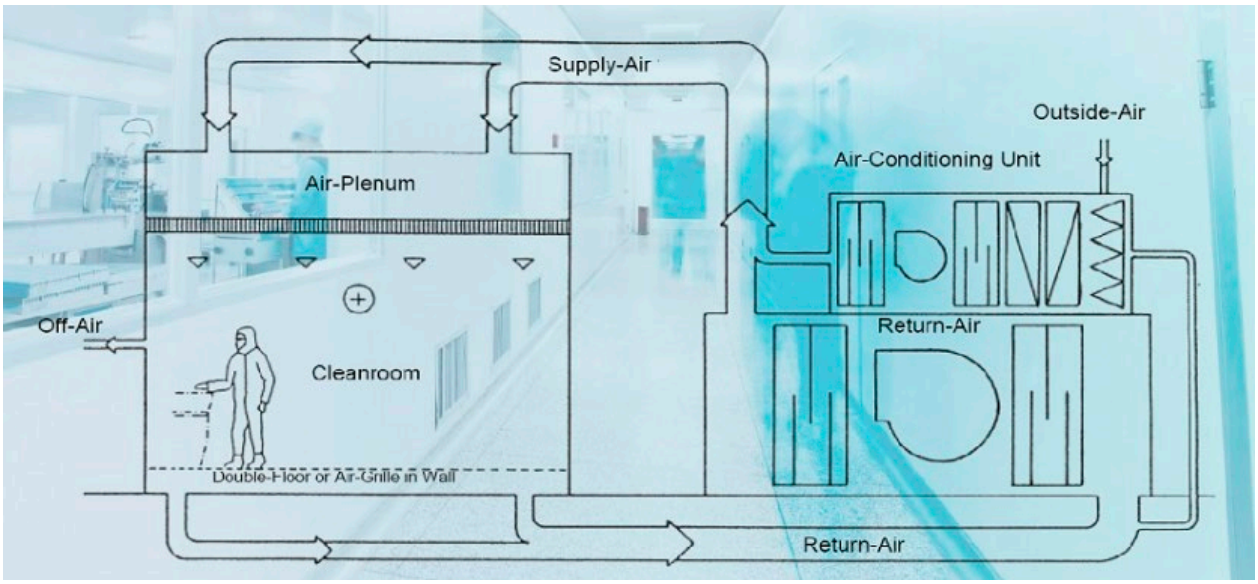
2.3 งานประตู

การใช้ประตูในห้องคลีนรูมสามารถออกแบบได้หลายอย่าง ขึ้นอยู่กับฟังก์ชันและความต้องการ เช่น ประตูสไลด์ อาจจะเป็นแบบอัตโนมัติหรือไม่ก็ได้ หรืออาจจะเป็นประตูสวิง ที่มีหน้าบานด้ามจับแตกต่างกัน รวมไปถึงระบบรักษาความปลอดภัยต่างๆ นอกจากนี้ห้องผ่าตัดในโรงพยาบาลยังนิยมใช้ “ประตูสุญญากาศ (Hermetic Door)” เพื่อรักษาแรงดันภายในห้องคลีนรูม ตามที่กำหนดในการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

3. ระบบปรับอากาศ (Air Handling Unit: AHU)

เป็นระบบที่ควบคุมอากาศภายในคลีนรูมด้วยการคำนวณปริมาณลมเข้า-ออก อุณหภูมิ ฯลฯ รวมทั้งระบบชุดกรองต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการรักษาระดับความสะอาดและประสิทธิภาพต่างๆ ของคลีนรูม

3.1 ระบบ HVAC และท่อส่งลม



เป็นระบบหนึ่งในระบบปรับอากาศ AHU ซึ่ง HVAC จะเป็นที่เข้าใจง่ายๆ ว่าเป็นระบบปรับอากาศภายในอาคารพาณิชย์หรือครัวเรือนทั่วไปก็ได้ แต่การใช้งานในห้องคลีนรูม จะมีการออกแบบที่ร่วมกับการใช้แผ่นกรอง เช่น HEPA Filter, ULPA Filter และ Medium Filter ในการกรองฝุ่นละอองและอนุภาคต่างๆ เพื่อรักษาระดับความสะอาดของห้องคลีนรูม ตามที่ตั้สเปคไว้ รวมถึงมีการออกแบบทางเดินลม และการปรับอากาศที่มีความเฉพาะตัว

3.2 ระบบควบคุมอัตโนมัติ (Control System)

ระบบที่ออกแบบในการควบคุมการปรับอากาศในคลีนรูมโดยเฉพาะ ซึ่งสามารถแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความดันที่หน้าจอแสดงผล โดยมีระบบแจ้งเตือนต่างๆ เช่น AHU Alarm, Exhaust Alarm, Heater Alarm เพื่อความสะดวกและการตรวจเช็กที่รวดเร็ว

4. อุปกรณ์ภายในคลีนรูม (Cleanroom Equipment)

อุปกรณ์ที่ออกแบบเฉพาะในการใช้งานห้องคลีนรูมเพื่อรักษาระดับความสะอาด ป้องกันฝุ่น จะมีประสิทธิภาพในการติดไฟต่ำกว่าอุปกรณ์บางอย่าง ทนทานต่อสารเคมีและอื่นๆ ที่เหมาะสมกับคลีนรูมประเภทนั้นๆ โดยอุปกรณ์ภายในที่นิยมใช้ ได้แก่ Passbox (ช่องส่งของภายในคลีนรูม), Air Shower หรือตู้เป่าลมสะอาด Clean Booth, ลำโพงคลีนรูม (Cleanroom Speaker), Lift ที่ใช้ในคลีนรูม ฯลฯ

นอกจากนี้ยังมีสินค้าสิ้นเปลือง (สินค้าใช้แล้วทิ้งหรือที่เรียกว่า Cleanroom Consumables) ในการปฏิบัติงานในห้องคลีนรูมเพื่อรักษาความสะอาดและลดปริมาณฝุ่นจากแหล่งปนเปื้อนในห้องคลีนรูมต่างๆ โดย Cleanroom Consumables ได้แก่ หน้ากากอนามัย Sticky Mat, Cleanroom Garment, ชุด Smock, แว่นตา, Wiper ฯลฯ

5. การตรวจสอบห้องคลีนรูม (Cleanroom Testing)

หลังจากการก่อสร้างห้องคลีนรูมเสร็จสิ้น สิ่งสำคัญที่จะขาดไม่ได้คือการทดสอบคลีนรูม ซึ่งในการใช้คลีนรูมปกติแล้วควรต้องทำการตรวจสอบเป็นประจำทุกปี เพื่อรักษาประสิทธิภาพคลีนรูมและตรวจระบบต่างๆ เช่น HVAC HEPA Filter ระบบขนส่งลม เพื่อรักษาความเป็นแรงดันบวก-ลบในห้องคลีนรูม ตรวจหารอยรั่วต่างๆ ฯลฯ

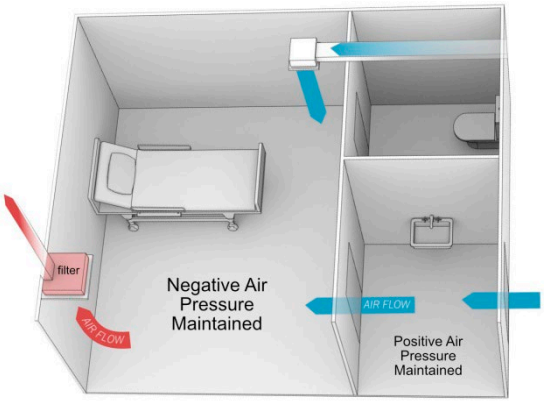
โดยการทดสอบห้องคลีนรูมหรือ Cleanroom Performance Testing มีทั้งแบบ Primary Test และ Secondary Test ซึ่งโดยทั่วไปการตรวจสอบจะเป็นการตรวจหารอยรั่ว (Filtration Leakage) ตรวจวัดอนุภาคฝุ่น (Particle Count) ตรวจสอบความดันตกคร่อม (Pressure Differentiation) ของ HEPA Filter ตรวจค่าความเข้มแสง ระดับเสียง เป็นต้น

ฉัตรชัย ชุติมาทร สก.4963
วิศวกรโครงการ
งานระบบวิศวกรรมเครื่องกล

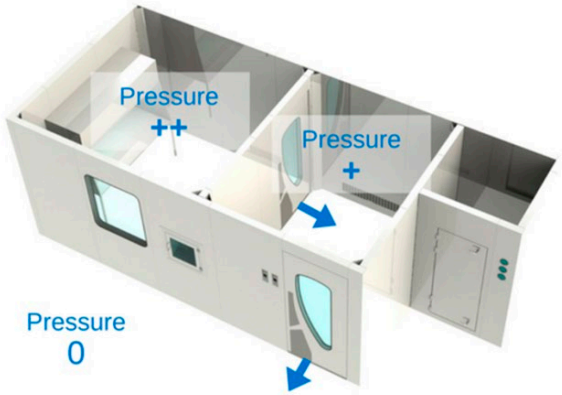
การควบคุมความดัน ของห้องพิเศษ ความดันบวก-ลบ

เนื่องด้วยหลายปีที่ผ่านเกิดการแพร่ระบาดของโรคติดต่อทางเดินหายใจ ทำให้การออกแบบห้องพิเศษประเภทห้องความดันบวกและลบมีความจำเป็นอย่างมาก เนื่องจากช่วยลดอัตราการแพร่กระจายของเชื้อโรค รวมถึงสามารถควบคุมพื้นที่ของการติดเชื้อให้เป็นสัดส่วน ไม่แพร่ไปยังตำแหน่งอื่นๆ ของโรงพยาบาล

โดยหลักการของการออกแบบเราจะอ้างอิงตามมาตรฐาน ASHRAE 170: VENTILATION OF HEALTH CARE FACILITIES ซึ่งปกติการออกแบบห้องความดันบวกและลบ จะมีการไล่ทิศทางการไหลที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความสำคัญของพื้นที่และความปลอดภัย



แผนภูมิแสดงระบบห้องความดันบวก



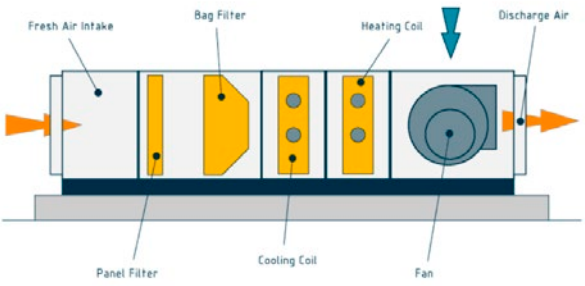
แผนภูมิแสดงระบบห้องความดันลบ

ความดันแตกต่างระหว่างห้องเกิดได้จาก

1. ผลต่างระหว่างอากาศจากภายนอกที่นำเข้ามาและอากาศภายในห้องที่นำไปทิ้ง

2. ช่องว่าง (Gap) จากประตูหน้าต่างต่างๆ รวมถึงการรั่วของห้อง

โดยความดันตามมาตรฐาน ASHRAE 170 ระหว่างห้องควรห่างกันอย่างน้อย 2.50 Pa ไม่ว่าจะเป็นความดันบวกหรือ ลบ โดยในกรณีที่เป็นความดันบวกจะทำการเติมอากาศ FRESH AIR เข้าไปภายในห้อง ทั้งนี้ FRESH AIR ที่เติมเข้าไปจะต้องผ่านการ PRECOOL โดยใช้ OUTDOOR AIR UNIT เพื่อลดความชื้ ก่อน ส่วนความดันลบจะใช้การดูดอากาศภายในพื้นที่ออกสู่ภายนอกโดยใช้ FAN FILTER UNIT ในการกรองเชื้อโรคก่อนปล่อยออกสู่ภายนอก ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยควรหาตำแหน่งปล่อยอากาศออกไปในที่ที่ไม่มีคนใช้งาน



ตัวอย่าง OUTDOOR AIR UNIT

ตัวอย่าง FAN FILTER UNIT

การคำนวณหา Air Leak Through Gap

การไหลผ่านรูหรือช่อง Gap ที่เกิดจากความดันแตกต่างระหว่าง Upstream และ Downstream ของ Orifice หรือช่อง Gap ประตูต่างๆ โดยมีสมการแสดงความสัมพันธ์ดังนี้

$$V = 776CA\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

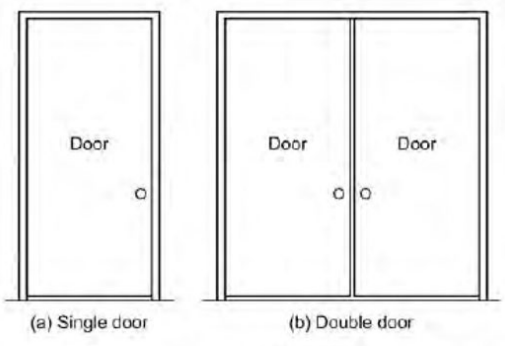
$$V = CA\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \text{ for SI}$$

C = flow coefficient, dimensionless,
A = flow area (or leakage area), ft^2 (m^2),
Δp = pressure difference across path, in. H_2O (Pa),
ρ = density gas in path, lb/ft^3 (kg/m^3).

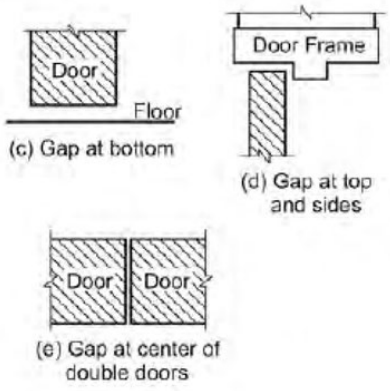
- ค่า C ที่นิยมใช้ในการคำนวณเท่ากับ 0.65
- ค่า Standard Air จะมีค่าความหนาแน่นอยู่ที่ 1.2 kg/m3

เมื่อแทนความสัมพันธ์ลงในสมการ ทำให้เราได้สูตรในการคำนวณอย่างง่าย

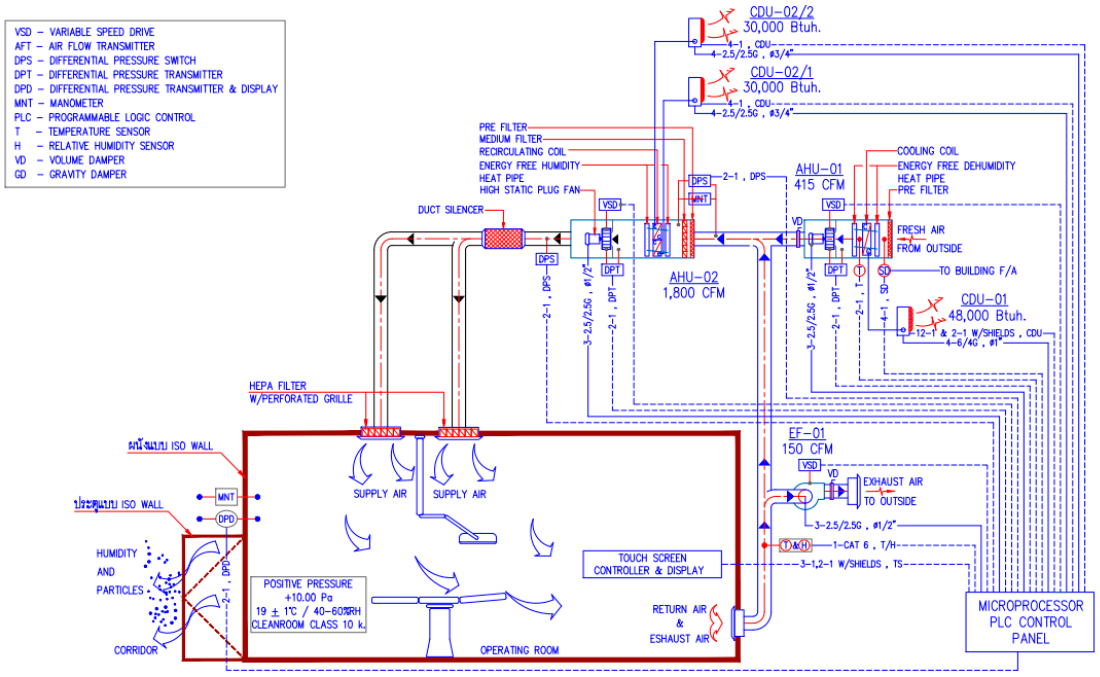
$$V = 0.839A\sqrt{\Delta p} \text{ for SI}$$



โดยที่ V = Volume Flow Rate (m^3/s)

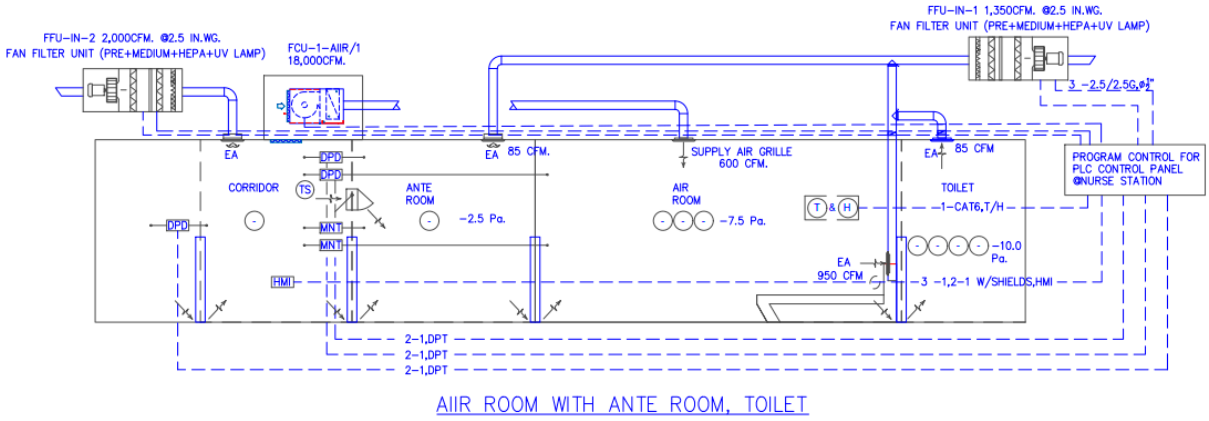


การออกแบบห้องความดันบวกจะเป็นการออกแบบสำหรับห้องประเภทที่ไม่ต้องการให้เชื้อโรคเข้าสู่ภายในห้องได้ ซึ่งได้แก่ ห้องผ่าตัด ห้องคลอด ห้อง PE (Protective Environment) ห้องปลอดเชื้อ ห้องเก็บยา ซึ่งจะต้องมีการเติมอากาศให้เกิดความดันแตกต่างอย่างน้อย 1 STEP (2.50 Pa) เพื่อป้องกันเชื้อโรคเข้าสู่ภายในห้อง



ตัวอย่างไดอะแกรมห้องความดันบวก

การออกแบบห้องความดันลบจะเป็นการออกแบบสำหรับห้องประเภทที่ไม่ต้องการให้เชื้อโรคออกสู่ภายนอก ซึ่งห้องเหล่านั้นได้แก่ ห้อง AIIR (Airborne Infection Isolation) ห้องทันตกรรม ห้องผู้ป่วยติดเชื้อ ห้อง ICU ผู้ป่วยทางเดินหายใจร้ายแรง ซึ่งจะต้องมีการดูดอากาศออกจนเกิดความดันแตกต่างอย่างน้อย 1 STEP (2.50 Pa) เพื่อป้องกันการแพร่เชื้อสู่ภายนอกห้อง ทั้งนี้จากประสบการณ์ของผู้ออกแบบ ทางแพทย์และพยาบาลมักจะขอให้ออกแบบอยู่ที่ 2 STEP (5.0 Pa) เพื่อความปลอดภัยที่มากขึ้น และการออกแบบให้เกิดความดันแตกต่างที่มากขึ้นก็จะส่งผลกระทบต่อราคาค่าก่อสร้างที่มากขึ้นไปด้วย



AIIR ROOM WITH ANTE ROOM, TOILET

ตัวอย่างไดอะแกรมห้องความดันลบ

บทสรุป

การออกแบบห้องความดันบวกและลบ จะต้องมีความระมัดระวังเป็นอย่างมาก เนื่องจากปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่หน้างานมีมาก ทั้งนี้การออกแบบควรมีค่าเผื่อ Safety Factor สำหรับกรณีหน้างานเกิดความคลาดเคลื่อน เช่น ช่องว่าง Gap ประตูที่มากกว่าการคำนวณ รวมถึงการกั้นผนังไม่สุดท้องพื้นชั้นบน ทำให้เกิดช่องว่างการไหลของอากาศที่มากขึ้น และอย่างสุดท้ายที่ต้องเผื่อค่าเพิ่มเติมคือค่า External Pressure ของพัดลม เนื่องจากอุปกรณ์ที่เราใช้มี Filter ซึ่งขั้นต่ำที่ใช้จะอยู่ที่ MERV 8 +14 ถ้าเป็นห้องความดันลบต้องใช้ถึง HEPA FILTER ซึ่งส่วนนี้ก็ไม่ควรละเลยเพราะอาจจะทำให้ปริมาณลมที่เราคำนวณไม่เพียงพอได้ การเลือกใช้พัดลมสำหรับงานที่มีความพิเศษอย่างห้องความดันบวกและลบ ควรใช้เป็นลักษณะ EC FAN หรือ PLUG FAN เนื่องจากสามารถทำ Pressure ได้มาก และการที่พัดลมดังกล่าวใช้เป็น DC MOTOR ยังง่ายต่อการปรับปริมาณลมอีกด้วย

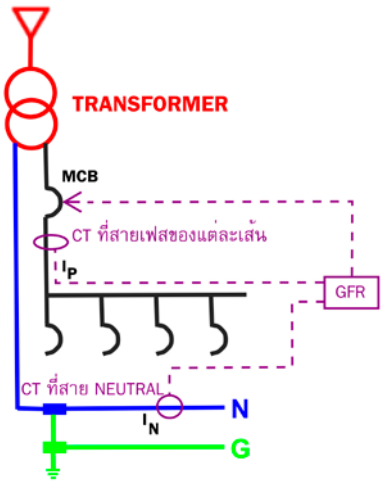
คมสัน พงษ์ไพบูลย์ วฟก.1281
ผู้จัดการฝ่ายออกแบบ
งานระบบวิศวกรรมไฟฟ้า

Ground Fault Protection

การป้องกันกระแสรั่วลงดิน (Ground Fault Protection) มุ่งหมายเพื่อป้องกันไม่ให้บริภัณฑ์เกิดความเสียหายเนื่องมาจากกระแสรั่วลงดิน ซึ่งเมื่อค่ากระแสรั่วลงดินเกินค่าที่กำหนดไว้ จะสั่งให้ Circuit Breaker ตัดวงจร สามารถติดตั้งการป้องกันได้ที่วงจรประธาน และ/หรือวงจรสายป้อน และ/หรือวงจรย่อย ขึ้นอยู่กับความสำคัญของสถานประกอบการ

ในบทความนี้มุ่งเน้น เรื่องวิธีการตรวจจับและการทำงานของการตรวจจับ Ground Fault ที่วงจรประธานอย่างเดียว โดยมีวิธีการตรวจวัดการเกิด Ground Fault ดังต่อไปนี้

1. วิธีตรวจวัดแบบ Residual Sensing (RS) มีรายละเอียดการติดตั้งและการทำงานดังนี้

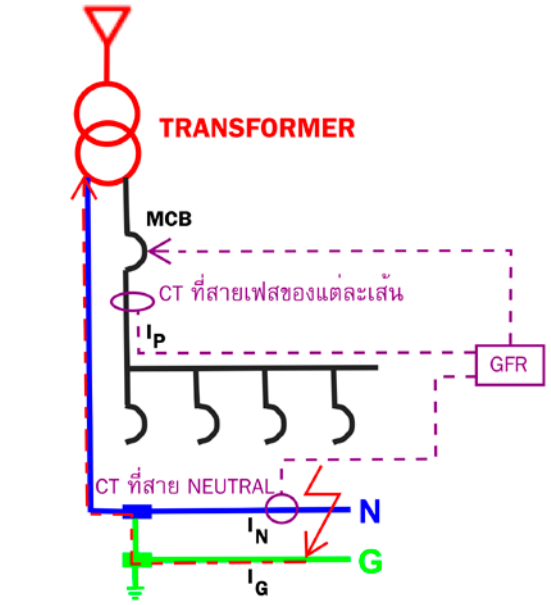


ในสภาวะปกติ

1.1 ติดตั้ง Current Transformer (CT) ที่สายเฟสแต่ละเส้นหลัง Main Circuit Breaker เพื่อทำให้วัดกระแสจาก CT ของทั้ง 3 เฟส ผลรวมทาง Vector จะได้ $I_P = I_A + I_B + I_C$

1.2 นำค่า I_P มาเปรียบเทียบกับกระแสจาก CT ของสาย Neutral (I_N) ที่ติดตั้งไว้ที่ Busbar Neutral ก่อนเชื่อมต่อกับ Busbar Ground

1.3 ถ้าค่า $I_P = I_N$ แสดงว่า ระบบปกติ

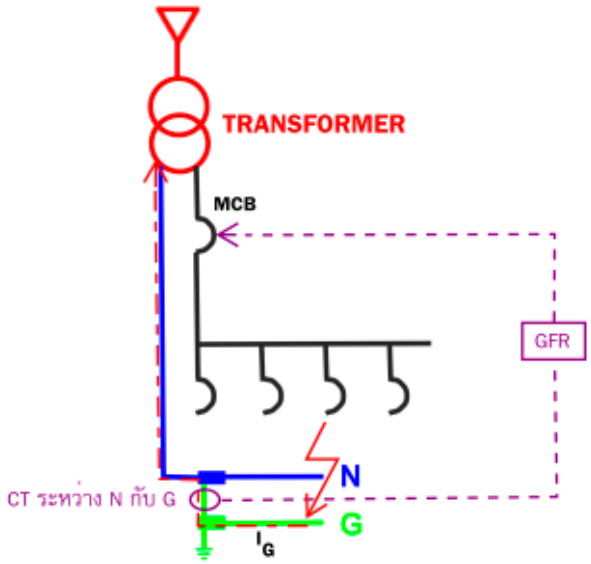


ในกรณีที่เกิด GROUND FAULT

1.4 ถ้าหากค่า $I_P \neq I_N$ แสดงว่าเกิด Ground Fault มีค่าผลต่างของกระแสเท่ากับกระแสที่ไหลผ่านดิน (I_G) กลับไปยังแหล่งจ่ายไฟ

1.5 หากค่า I_G มีค่ามากกว่าค่าที่กำหนดไว้ Ground Fault Relay จะสั่งให้ Main Circuit Breaker ตัดวงจรออก

2. วิธีการตรวจวัดแบบ Source Ground Return (SGR) มีรายละเอียดการติดตั้งและการทำงานดังนี้



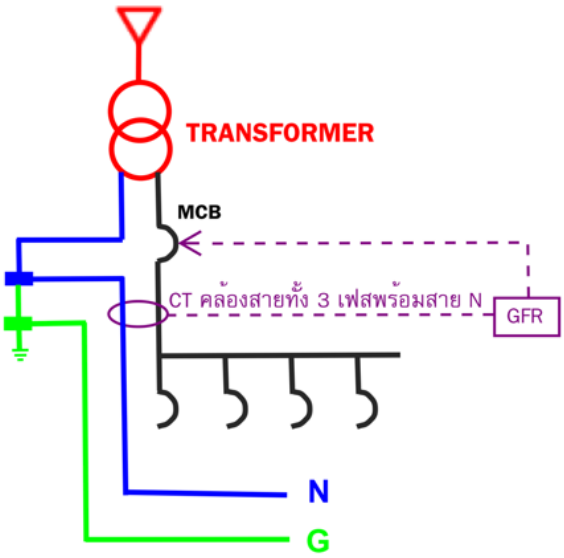
ในกรณีที่เกิด GROUND FAULT

2.1 ติดตั้ง CT ไว้ที่สายที่เชื่อมต่อระหว่าง Busbar Neutral กับ Busbar Ground

2.2 ในกรณีที่เกิด Ground Fault จะมีกระแสไหลจากดิน (I_G) ไปยังแหล่งจ่ายไฟ

2.3 หากค่า I_G มีค่ามากกว่าค่าที่กำหนดไว้ Ground Fault Relay จะสั่งให้ Main Circuit Breaker ตัดวงจรออก

3. วิธีตรวจวัดแบบ Zero Sequence (ZS) มีรายละเอียดการติดตั้งและการทำงานดังนี้



3.1 ติดตั้ง CT คล้องไว้ที่สายทั้ง 3 เฟสพร้อมกับสาย Neutral

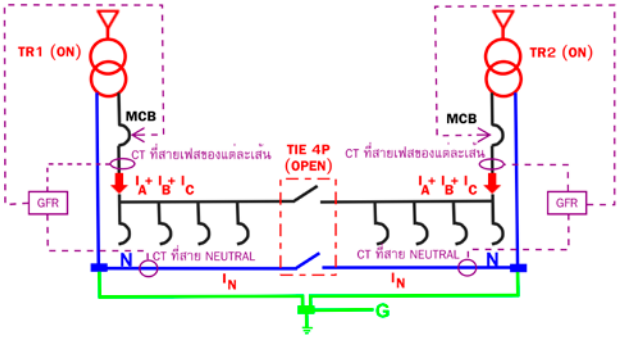
3.2 ในสภาวะปกติ ผลรวมกระแสของแต่ละเฟสและ Neutral ทาง Vector จะเท่ากับศูนย์ (หักล้างกันหมด)

3.3 ในกรณีที่เกิด Ground Fault จะทำให้ผลรวมกระแสของแต่ละเฟสและ Neutral ทาง Vector จะไม่เท่ากับศูนย์ ทำให้มีค่าผลต่างของกระแสเท่ากับ I_G

3.4 หากค่า I_G มีค่ามากกว่าค่าที่กำหนดไว้ Ground Fault Relay จะสั่งให้ Main Circuit Breaker ตัดวงจรออก

ตัวอย่างการติดตั้ง GROUND FAULT PROTECTION

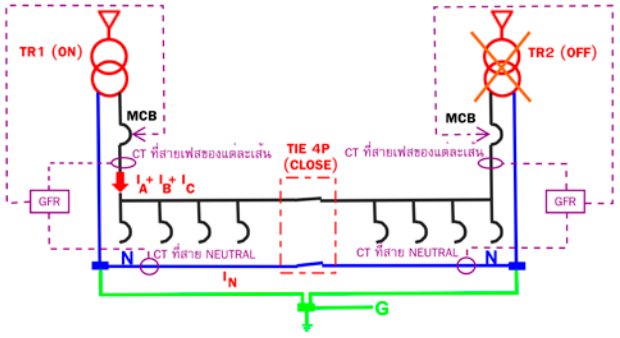
ตัวอย่างที่ 1 ติดตั้ง Ground Fault Protection สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า 2 ลูกเมื่อใช้ TIE 4 POLE โดยวิธีการตรวจวัดแบบ Residual Sensing (RS) ในกรณีหม้อแปลงไฟฟ้า TR1 และ TR2 จ่ายโหลดไฟฟ้าตู้ MDB1 และ MDB2 ตามลำดับ



- ในสภาวะปกติ ผลรวมของกระแสที่ไหลในแต่ละเฟสทาง Vector ของตู้ MDB แต่ละตู้ ($I_P = I_A + I_B + I_C$) จะมีค่าเท่ากับกระแสที่ไหลใน Busbar Neutral ของตู้ MDB นั้นๆ ($I_P = I_N$)

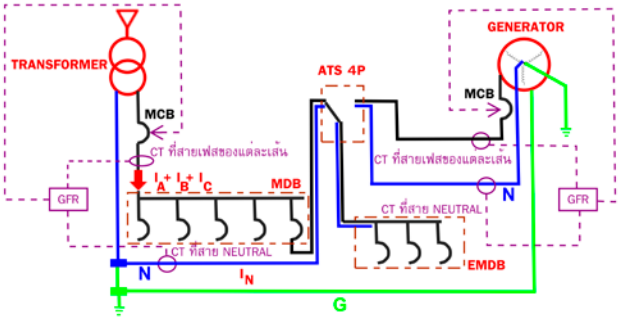
- ในกรณีที่เกิด Ground Fault จะทำให้ผลรวมของกระแสที่ไหลในแต่ละเฟสทาง Vector ของตู้ MDB แต่ละตู้ ($I_P = I_A + I_B + I_C$) จะมีค่าไม่เท่ากับกระแสที่ไหลใน Busbar Neutral ของตู้ MDB นั้นๆ ($I_P \neq I_N$) และเมื่อค่าผลต่างของกระแส I_P กับ I_N มีค่าเกินค่าที่กำหนดไว้ Ground Fault Relay จะสั่งให้ Main Circuit Breaker ของตู้ MDB นั้นๆ ตัดวงจรออก

ตัวอย่างที่ 2 ติดตั้ง Ground Fault Protection สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า 2 ลูกเมื่อใช้ TIE 4 POLE โดยวิธีการตรวจวัดแบบ Residual Sensing (RS) ในกรณีมีการ TIE เพื่อให้หม้อแปลงไฟฟ้า TR1 จ่ายโหลดไฟฟ้าทั้งตู้ MDB1 และ MDB2



- ในสภาวะปกติ ผลรวมของกระแสที่ไหลในแต่ละเฟสทาง Vector ของตู้ MDB1,2 ($I_P = I_A + I_B + I_C$) จะมีค่าเท่ากับกระแสที่ไหลใน Busbar Neutral ($I_P = I_N$)
- ในกรณีที่เกิด Ground Fault จะทำให้ผลรวมของกระแสที่ไหลในแต่ละเฟสทาง Vector ของตู้ MDB1,2 ($I_P = I_A + IB + I_C$) จะมีค่าไม่เท่ากับกระแสที่ไหลใน busbar Neutral ($I_P \neq I_N$) และเมื่อค่าผลต่างของกระแส I_P กับ I_N มีค่าเกินค่าที่กำหนดไว้ Ground Fault Relay จะสั่งให้ Main Circuit Breaker ของตู้ MDB1 ตัดวงจรออก

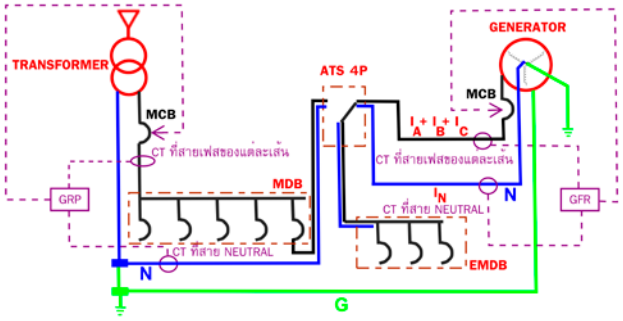
ตัวอย่างที่ 3 ติดตั้ง Ground Fault Protection สำหรับ Generator เมื่อใช้ Automatic Transfer Switch (ATS) 4 POLE โดยวิธีการตรวจวัดแบบ Residual Sensing (RS) ในกรณี ATS 4P ของตู้ EMDB ต่อเข้ากับตู้ MDB



- ในสภาวะปกติ ผลรวมของกระแสที่ไหลในแต่ละเฟสทาง Vector ของตู้ MDB ($I_P = I_A + I_B + I_C$) จะมีค่าเท่ากับกระแสที่ไหลใน Busbar Neutral ($I_P = I_N$)

- ในกรณีที่เกิด Ground Fault จะทำให้ผลรวมของกระแสที่ไหลในแต่ละเฟสทาง Vector ของตู้ MDB ($I_P = I_A + I_B + I_C$) จะมีค่าไม่เท่ากับกระแสที่ไหลใน busbar Neutral ($I_P \neq I_N$) และเมื่อค่าผลต่างของกระแส I_P กับ I_N มีค่าเกินค่าที่กำหนดไว้ Ground Fault Relay จะสั่งให้ Main Circuit Breaker ของตู้ MDB ตัดวงจรออก

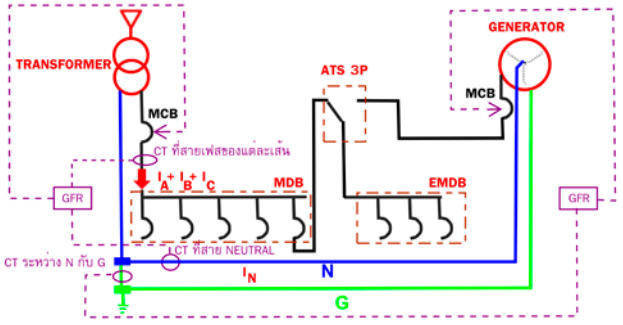
ตัวอย่างที่ 4 ติดตั้ง Ground Fault Protection สำหรับ Generator เมื่อใช้ Automatic Transfer Switch (ATS) 4 POLE โดยวิธีการตรวจวัดแบบ Residual Sensing (RS) ในกรณี ATS 4P ของตู้ EMDB ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง



- ในสภาวะปกติ ผลรวมของกระแสที่ไหลในแต่ละเฟสทาง Vector ของตู้ EMDB ($I_P = I_A + I_B + I_C$) จะมีค่าเท่ากับกระแสที่ไหลใน Busbar Neutral ($I_P \neq I_N$)

- ในกรณีที่เกิด Ground Fault จะทำให้ผลรวมของกระแสที่ไหลในแต่ละเฟสทาง Vector ของตู้ EMDB ($I_P = I_A + I_B + I_C$) จะมีค่าไม่เท่ากับกระแสที่ไหลใน busbar Neutral ($I_P \neq I_N$) และเมื่อค่าผลต่างของกระแส I_P กับ I_N มีค่าเกินค่าที่กำหนดไว้ Ground Fault Relay จะสั่งให้ Main Circuit Breaker ของ Generator ตัดวงจรออก

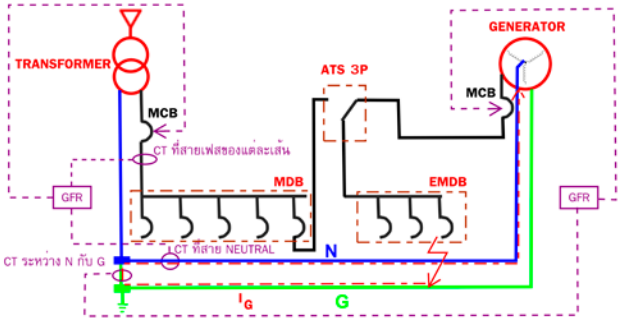
ตัวอย่างที่ 5 ติดตั้ง Ground Fault Protection สำหรับ Generator เมื่อใช้ Automatic Transfer Switch (ATS) 3 POLE โดยวิธีการตรวจวัดแบบ Source Ground Return (SGR) ในกรณี ATS 3P ของตู้ EMDB ต่อเข้ากับตู้ MDB



- ในสภาวะปกติ ผลรวมของกระแสที่ไหลในแต่ละเฟสทาง Vector ของตู้ MDB ($I_P = I_A + I_B + I_C$) จะมีค่าเท่ากับกระแสที่ไหลใน Busbar Neutral ($I_P = I_N$)

- ในกรณีที่เกิด Ground Fault จะทำให้ผลรวมของกระแสที่ไหลในแต่ละเฟสทาง Vector ของตู้ MDB ($I_P = I_A + I_B + I_C$) จะมีค่าไม่เท่ากับกระแสที่ไหลใน Busbar Neutral ($I_P \neq I_N$) และเมื่อค่าผลต่างของกระแส I_P กับ I_N มีค่าเกินค่าที่กำหนดไว้ Ground Fault Relay จะสั่งให้ Main Circuit Breaker ของตู้ MDB ตัดวงจรออก

ตัวอย่างที่ 6 ติดตั้ง Ground Fault Protection สำหรับ Generator เมื่อใช้ Automatic Transfer Switch (ATS) 3 POLE โดยวิธีการตรวจวัดแบบ Source Ground Return (SGR) ในกรณี ATS 3P ของตู้ EMDB ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง



- ในกรณีที่เกิด Ground Fault จะกระแสไหลจากดิน (I_G) ผ่าน Busbar Neutral ไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง และเมื่อค่าของกระแส I_G มีค่าเกินค่าที่กำหนดไว้ Ground Fault Relay จะสั่งให้ Main Circuit Breaker ของ Generator ตัดวงจรออก

บทสรุป

ในการออกแบบระบบ Ground Fault Protection จะต้องเลือกวิธีการที่เหมาะสมซึ่งสามารถใช้ได้หลายวิธี แต่สิ่งที่สำคัญคือจะต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆ ในตำแหน่งที่ถูกต้อง เพื่อให้ Ground Fault Relay ทำงานได้อย่างถูกต้อง ป้องกันการเกิดอันตรายต่อชีวิตหรือทรัพย์สินเสียหายได้

สรยุทธ สุขีนัย วฟก.1459
ผู้จัดการโครงการอาวุโส
งานระบบวิศวกรรมไฟฟ้า,
TREES-A

ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำหรับโรงแรม Information Communication Technology for Hotel

ระบบสื่อสารในปัจจุบันมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว มีการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีด้านเครือข่ายคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการติดต่อสื่อสาร เพื่อเป็นศูนย์กลางในการรับ/จัดเก็บ/ประมวลผล และส่งข้อมูลต่างๆอยู่ตลอดเวลา ทำให้วงการวิชาชีพหันมาปรับปรุงกลไกในวิชาชีพของตนให้ทันกับสังคมสารสนเทศเพื่อให้ทันต่อกระแสโลก จึงทำให้เกิดการบริการรูปแบบใหม่ๆขึ้นมากมาย

ICT (Information Communication Technology) หมายถึง การติดต่อสื่อสารที่เกี่ยวกับข้อมูลข่าวสารโดยใช้เทคโนโลยี I (Information) หมายถึง ข้อมูล ข่าวสาร ความรู้ต่างๆ ที่บันทึกเป็นระบบเพื่อนำมาใช้งาน C (Communication) หมายถึง การติดต่อสื่อสาร T (Technology) หมายถึง คอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม ดังนั้นความหมายโดยรวมของ ICT ก็คือ เทคโนโลยีที่ใช้จัดการสารสนเทศและการสื่อสาร เป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องตั้งแต่การรวบรวมการจัดเก็บข้อมูล การประมวลผล การพิมพ์ การสร้างงาน การสื่อสารข้อมูล ฯลฯ ซึ่งรวมไปถึงการให้บริการ การใช้ และการดูแลข้อมูล

ในปัจจุบันสถานประกอบกิจการประเภทโรงแรมต่างๆ ได้นำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาช่วยในการบริหารกิจการของโรงแรม โดยการติดตั้งเครื่องพ่วงเทอร์มินัลสำหรับการรับส่งข้อมูลไว้ยังจุดบริการต่างๆ ของโรงแรม เช่น แผนกต้อนรับ บาร์ ภัตตาคาร คอฟฟีชอป แผนกบริการจองห้องพัก แผนกการเงิน เป็นต้น ข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการใช้บริการของผู้ที่มาพัก การจองห้องพักจะถูกส่งเข้ามาทางเครื่องพ่วงดังกล่าว จากนั้นจะนำข้อมูลไปลงบัญชีด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ จนกระทั่งแขกที่มาพักต้องการเช็คเอาท์ออกจากโรงแรม พนักงานการเงินจะเรียกรายการบัญชีของแขกที่มาพักที่ได้บันทึกไว้ในคอมพิวเตอร์ออกมา และสั่งพิมพ์ใบเสร็จให้แขกที่มาพักได้ทันที นอกจากนี้ผู้ให้บริการในโรงแรมยังสามารถเรียกข้อมูลและสั่งพิมพ์รายงานสรุปผลการทำงานประจำวัน ทำให้สามารถประมาณการและวางแผนงานได้ดียิ่งขึ้น

องค์ประกอบของระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

1. **ฮาร์ดแวร์ (Hardware)** เป็นเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการจัดระบบสารสนเทศในแต่ละประเภทของการใช้งาน

2. **ซอฟต์แวร์ (Software)** ต้องมีซอฟต์แวร์ที่จะนำมาใช้ในการบริหารจัดการระบบสารสนเทศที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะต้องมีทั้งโปรแกรมจัดการระบบฐานข้อมูล ระบบปฏิบัติการเครือข่าย (Network Operating System) และโปรแกรมประเภทต่างๆ ให้เกิดระบบการไหลเวียนของข้อมูลและสารสนเทศได้อย่างสะดวก รวดเร็ว แม่นยำและมีประสิทธิภาพสูงสุด

3. **พีเพิลแวร์ (Peopleware)** ควรมีทรัพยากรบุคคลที่มีความรู้ความสามารถที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการระบบข้อมูลและสารสนเทศ การพัฒนาซอฟต์แวร์ การดูแลระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และหน้าที่อื่นๆ ตามที่มีความจำเป็นอย่างเหมาะสม

4. **เครือข่าย (Network)** ระบบเครือข่ายมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการติดต่อสื่อสาร แลกเปลี่ยน การใช้ข้อมูลและสารสนเทศร่วมกันระหว่างหน่วยงานหรือองค์กรต่างๆ โดยเฉพาะเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network) ในระบบต่างๆ เช่น เครือข่ายท้องถิ่น (Local Area Network: LAN) เครือข่ายอินทราเน็ต เครือข่ายอินเทอร์เน็ต และเครือข่ายเอ็กทราเน็ต เป็นต้น

5. **การบริหารจัดการสารสนเทศ (Management Information System)** ควรมีการบริหารจัดการระบบข้อมูลและสารสนเทศอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนการดำเนินการ การไหลเวียนของข้อมูลสารสนเทศ ระบบรักษาความปลอดภัย การกำหนดสิทธิการใช้ระบบฐานข้อมูล การบำรุงดูแลรักษา การตรวจความถูกต้องและเป็นปัจจุบัน เป็นต้น

ตัวอย่างมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

1. American National Standards Institute (ANSI)

2. Telecommunications Industry Association/ Electronics Industry Alliance (TIA/EIA):
   a) TIA/EIA-568-A-B, Commercial Building Telecommunications Cabling Standard
   b) TIA/EIA-568-B.3-1, Optical Fiber Cabling Components Standard: TIA-492AAAC, Detail Specification for 850-nm Laser Optimized, 50-micron Cladding Diameter Class Multimode Optical Fibers
   c) TIA/EIA-569-A, Commercial Building Standard for Telecommunications Pathways and Spaces.
   d) TIA/EIA-606, The Administration Standards for the Telecommunications Infrastructure of Commercial Building
   e) TIA/EIA-607, Commercial Building Grounding and Bonding Requirements for Telecommunications

3. American Society for Testing and Materials (ASTM)

4. Building Industry Consulting Services International (BICSI)

5. Federal Communications Commission (FCC):
   - FCC Part 15 (Addresses Electromagnetic Radiation)
   - FCC Part 68 (Connection of Premise Equipment and Wiring to the Network)

6. Insulated Cable Engineers Association (ICEA)

7. Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) 802.3ae, Media Access Control (MAC) Parameters, Physical Layer and Management Parameters for 10Gb/s Operation

8. National Electric Code (NEC)

9. National Electrical Manufacturers Association (NEMA)

10. National Fire Protection Association (NFPA 70), Underwriters Lab (UL) and Governing Building Codes.

11. Payment Card Industry (Pci): The Pci Data Security Standard is a Mandatory Global Set of Requirements for any Organization that Stores, Processes or Transmits Credit Card Data.

ตัวอย่างใบรับรองที่เกี่ยวข้องกับระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

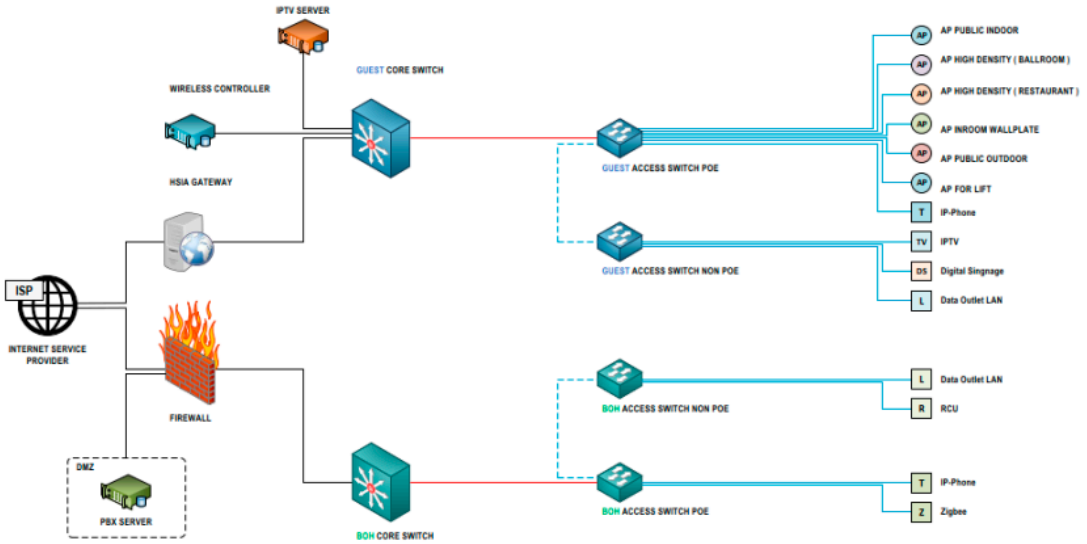
- Underwriter Laboratories U.S.A (UL)
- Third Party Testing Laboratory (3P)
- Multinational Inspection, Product testing and certification (Intertek)

ระบบ ICT ที่นิยมนำมาใช้ในโรงแรม

ระบบที่นิยมนำมาใช้ในโรงแรมมีด้วยกัน 4 แบบ คือ

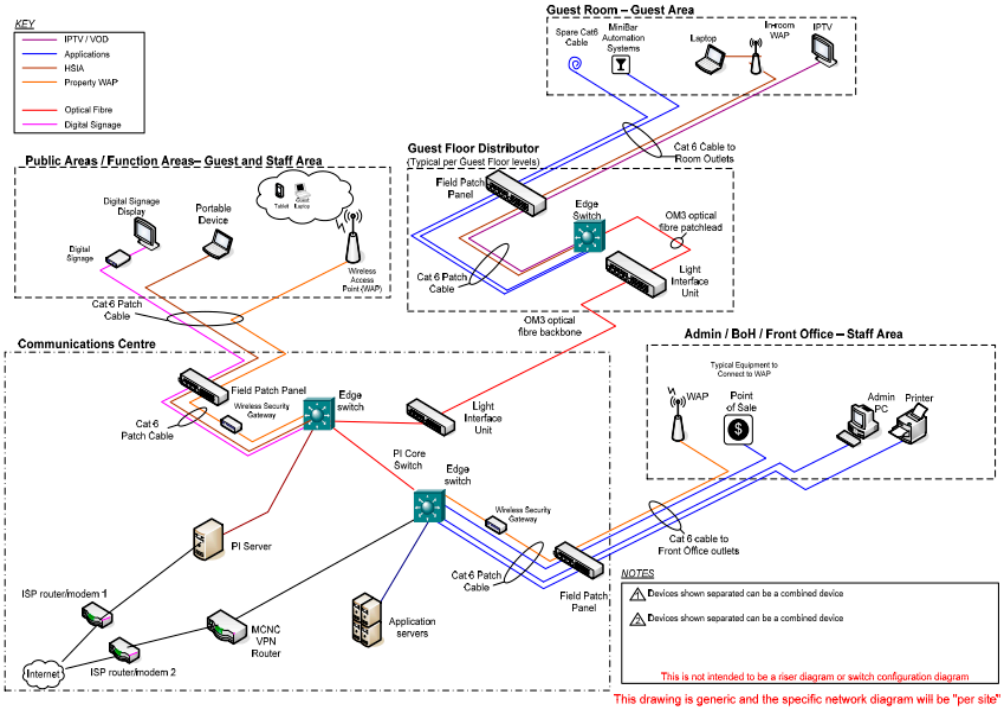
1. Traditional Network

ระบบโครงสร้างพื้นฐานแบบดั้งเดิม ประกอบด้วยหน่วยที่แยกกัน เช่น เซิร์ฟเวอร์จัดเก็บข้อมูล ระบบเครือข่าย และอุปกรณ์สำรองข้อมูล เซิร์ฟเวอร์ แอปพลิเคชัน และอื่นๆ โดยเชื่อมถึงกันแต่จะต้องมีการจัดการแยกกัน เหมาะกับองค์กรที่มีสภาพแวดล้อมที่มั่นคงและต้องรับมือกับการใช้งานจำนวนมาก



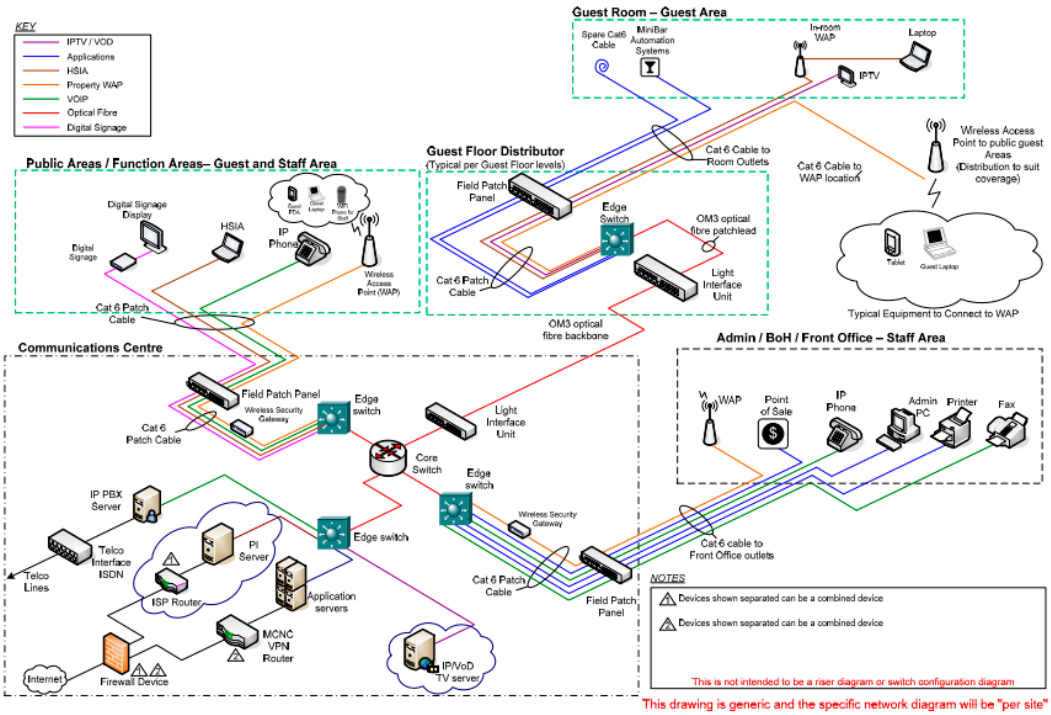
2. Fully Converged Network

โครงสร้างพื้นฐานแบบหลอมรวม เหมาะสำหรับองค์กรที่ต้องการควบคุมส่วนประกอบแต่ละส่วนของระบบ IT โดยสมบูรณ์ สามารถปรับแต่งเพื่อตอบสนองความต้องการเฉพาะเมื่อจำเป็น



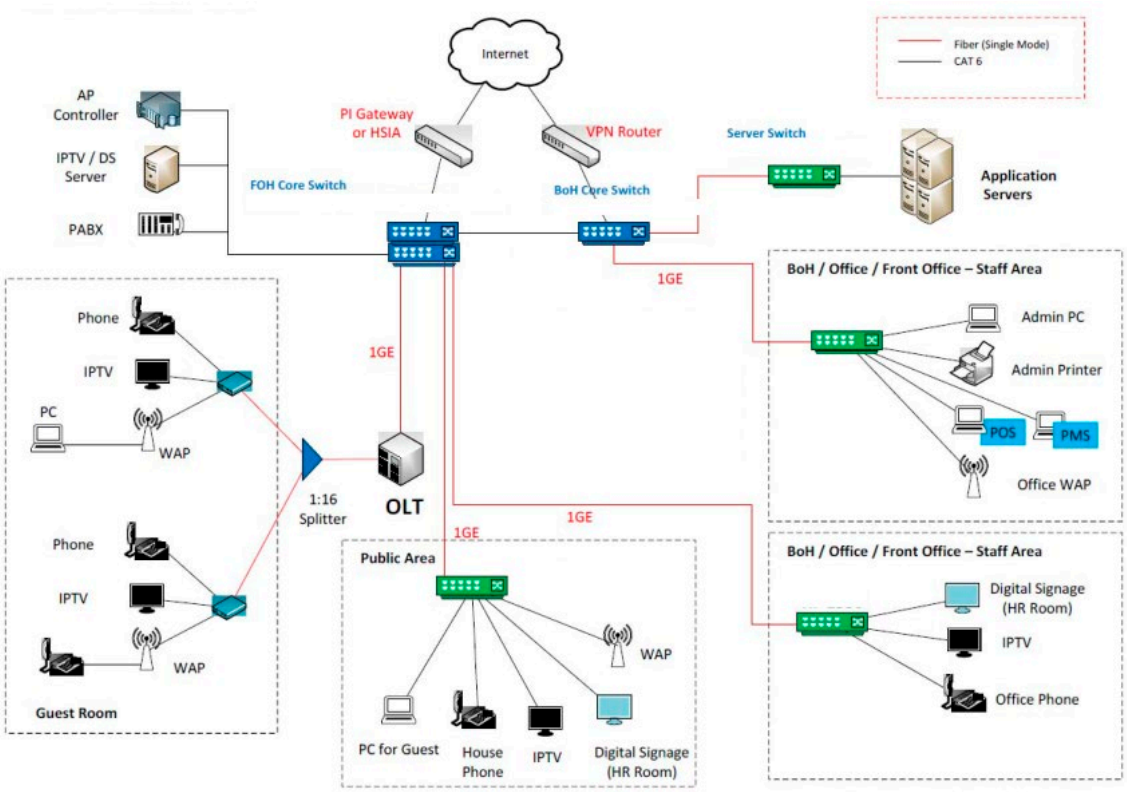
3. Segregated Network

เป็นระบบแยกเครือข่ายที่ออกแบบมาเพื่อจำกัดความเสียหายจากการถูกโจมตีทางด้านไซเบอร์ หากส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบถูกบุกรุก เครือข่ายจะไม่แพร่กระจายไปยังพื้นที่อื่นๆ



4. GPON-Gigabit Passive Optical Network

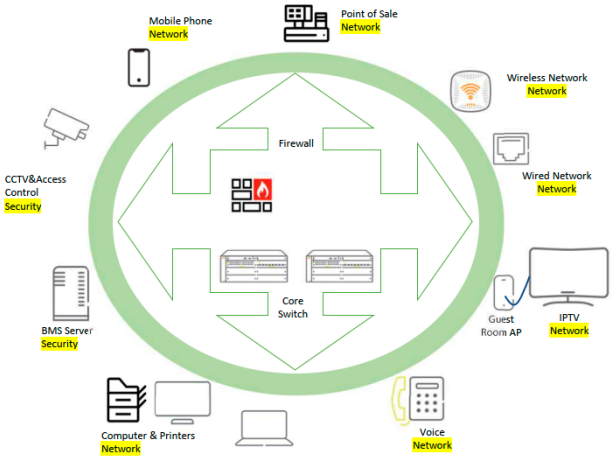
เครือข่ายเชิงแสงแบบพาสซีฟ เป็นเทคโนโลยีการรับส่งข้อมูลปลายทาง (Access Network) ความเร็วสูงโดยใช้ใยแก้วนำแสง ซึ่งเป็นอุปกรณ์แบบพาสซีฟ เหตุผลสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีนี้ก็คือเพื่อใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่ให้ได้มากที่สุด โดยระบบนี้เหมาะกับโรงแรมที่เป็นลักษณะรีสอร์ทหรือวิลล่า



ระบบต่างๆ ภายในโรงแรมที่เกี่ยวข้องกับระบบ ICT

1. Guest & BOH Network (segregated through VLAN's)
   - Admin Network (Admin PC's, Printers, Property Management System (PMS), Point of Sale (POS))
   - Guest Wired/ Wireless Internet (Indoor & Outdoor)
   - IPTV-through VLAN on In-room Access Point.
   - IP Telephone
   - AVoIP (Audio Visual over IP)/ Digital Signage
   - Building Management System
   - Guestroom Management System (GRMS)

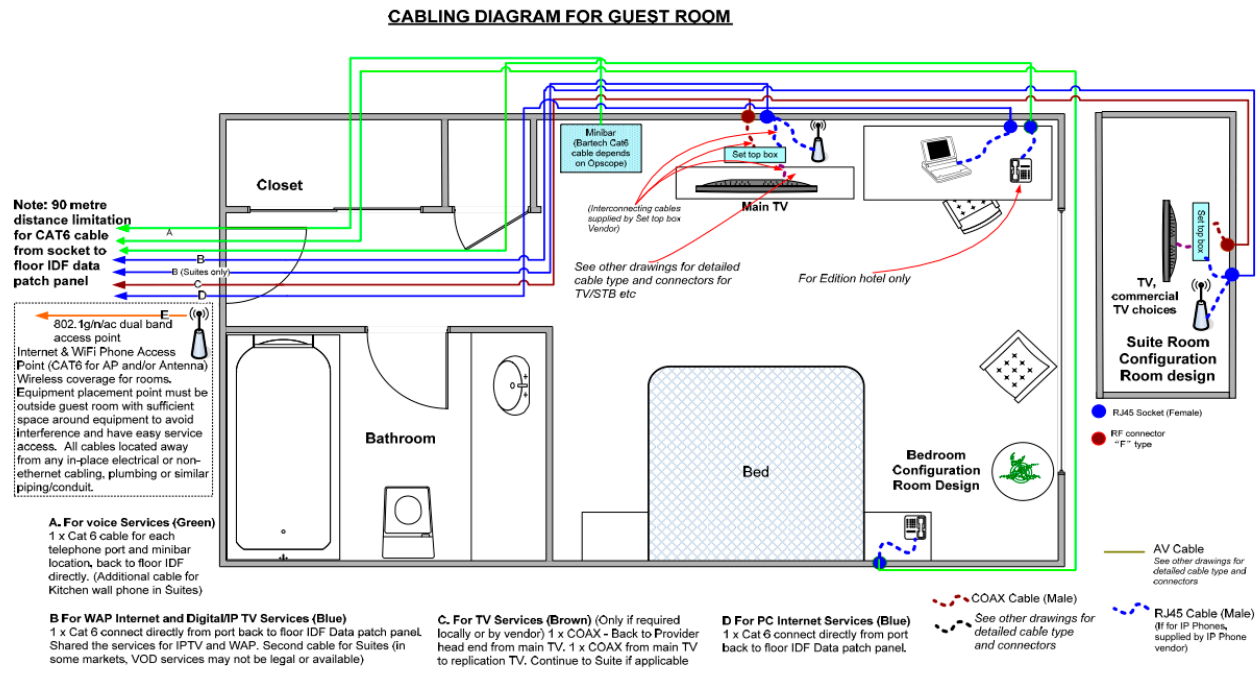
2. Security (IP Surveillance/ Security)
   - IP Surveillance (Indoor & Outdoor Camera)
   - Access Control System



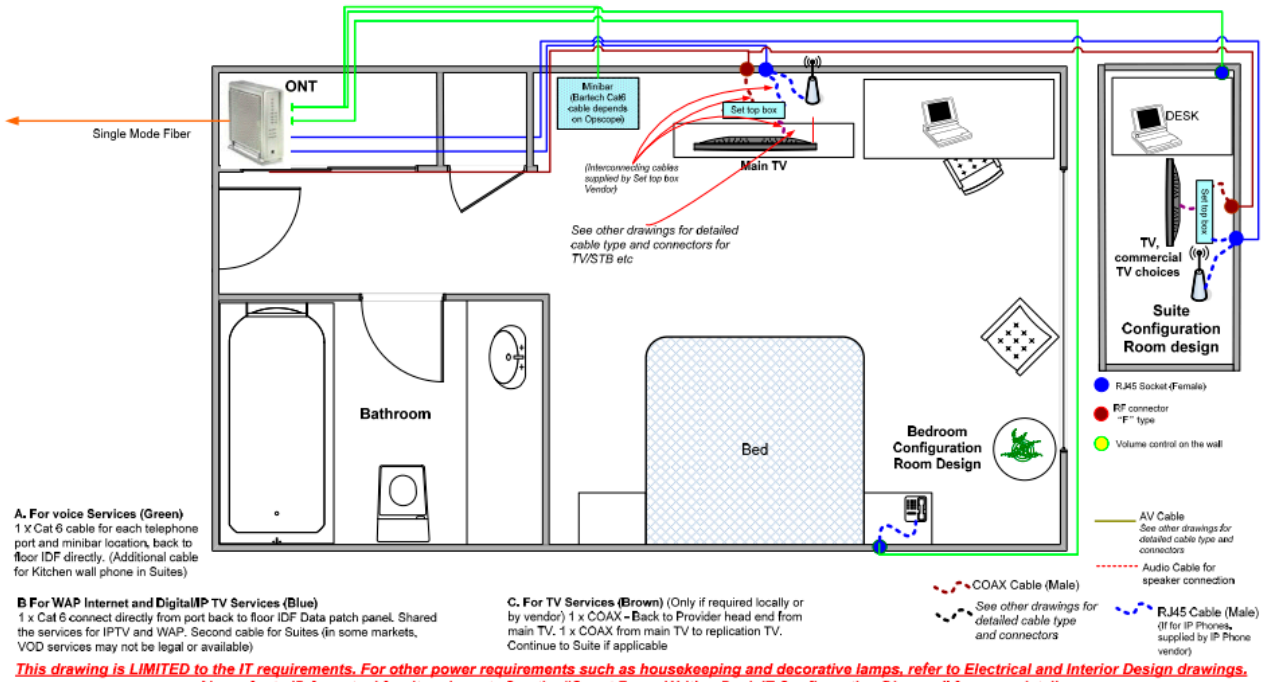
ระบบ ICT ที่ใช้ภายในโรงแรม

ระบบ ICT ที่นิยมใช้ในห้องพักโรงแรมมีดังนี้

- ระบบ 10G Ethernet Port
- ระบบ 10G-PON (Gigabit Passive Optical Network)

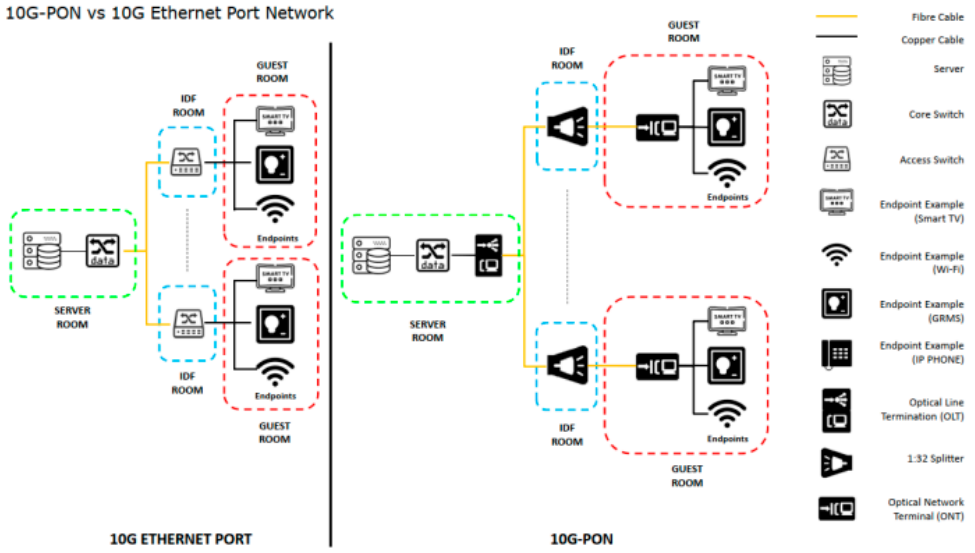


ระบบ 10G Ethernet port สำหรับห้องพัก



ระบบ 10G-PON สำหรับห้องพัก

เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียระหว่าง 10G-PON vs 10G Ethernet Port Network



10G ETHERNET PORT	10G-PON
ข้อดี	**ข้อดี**
• มี Bandwidth และ Security ที่สูงกว่า เพราะข้อมูลจะถูกส่งไปที่ปลายทาง โดยไม่ต้องถ่ายทอดไปที่ Node อื่นๆ • สามารถแบ่งส่วนได้ (Virtual LAN) ควบคุมการเข้าถึงโดยการเข้ารหัส ทั้งการ Download และ Upload • อุปกรณ์ปลายทางสามารถเชื่อมต่อกันได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่าน Core Switch • มี Redundancy Fibre cables จาก Access Switch แต่ละตัวที่ Link ไปที่ Core switch • ความเร็ว Ethernet สูงถึง 10 Gbps/port ซึ่งเร็วกว่า G-PON ประมาณ 128 เท่า ที่สามารถใช้ร่วมกันได้หลาย User • ไม่จำเป็นต้องมีพื้นที่สำหรับ Host Network Active Component เช่น ห้อง IDF • รองรับเทคโนโลยีปัจจุบันและอนาคต	• ระยะทางสายสัญญาณ จาก OLT ถึง ONT ได้ไกลมากกว่า 1 กิโลเมตร • อายุการใช้งานเฉลี่ย 20 ปี • เหมาะสำหรับ Fibre to the Home หรือ Fibre to the Premises • ลดความไวต่อสัญญาณรบกวนและข้อจำกัดของจำนวนสายสัญญาณ • ค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำกว่า 10G-PON ประมาณ 3.5 เท่า
ข้อเสีย	**ข้อเสีย**
• จำกัดระยะทางสายสัญญาณจาก Network Switch ไปที่อุปกรณ์ ปลายทางที่ระยะ 90 เมตร • อายุการใช้งานเฉลี่ย 5 ปี • มีความเสี่ยงต่อการถูกรบกวนโดย Power Cable และ Cross-talk ระหว่าง สายสัญญาณ • ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูงกว่า 10G-PON ประมาณ 3.5 เท่า	• มี Bandwidth และ Security ที่ต่ำกว่า • ไม่สามารถแบ่งส่วนได้ (Virtual LAN) • อาจเกิดปัญหาคอขวดของข้อมูลที่ Core Switch ได้ • ไม่มี Redundancy จาก OLT ไปถึง ONT • Bandwidth 10G-PON จะถูกแชร์ระหว่าง User ที่ใช้ PON เดียวกันทั้งหมด ดังนั้น 10G-PON จะช้ากว่า 10G Ethernet ประมาณ 128 เท่า • กรณีมีปัญหาที่ ONT Panel จะต้องเข้าไปที่ภายในพื้นที่ห้องพัก • อาจมีปัญหาการรองรับเทคโนโลยีในอนาคต เช่น NextGen Wireless

บทสรุป

ระบบ ICT สำหรับโรงแรมมีหลากหลายรูปแบบและแต่ละรูปแบบ ล้วนมีข้อดี-ข้อเสียที่แตกต่างกัน ทั้งนี้การเลือกใช้ระบบ ICT สำหรับโรงแรมขึ้นอยู่กับความต้องการของเจ้าของโครงการ การบริหารจัดการภายในโรงแรม และความเหมาะสมกับทรัพยากรในด้านต่างๆ ของโรงแรมนั้นๆ

ในปัจจุบันระบบ ICT มีบทบาทมากขึ้นในการบริหารจัดการภายในโรงแรม การรองรับความต้องการของแขกผู้เข้าพัก และเก็บค่าข้อมูลต่างๆ เพื่อนำมาพัฒนาการให้บริการของโรงแรม และจะมีบทบาทมากขึ้นในโลกที่ก้าวเข้าสู่ยุค Internet of Things (IOT) จนกลายเป็นความคาดหวังขั้นพื้นฐานของผู้ใช้บริการ ดังนั้นเมื่อเรารู้จักและนำเอาเทคโนโลยีเหล่านั้นมาปรับใช้ในทางที่ถูกต้อง ก็จะช่วยให้เกิดการยกระดับให้ทันต่อกระแสของโลกมากยิ่งขึ้น

อภิสิทธิ์ สุขยอด สฟก.6281
วิศวกรโครงการ
งานระบบวิศวกรรมไฟฟ้า

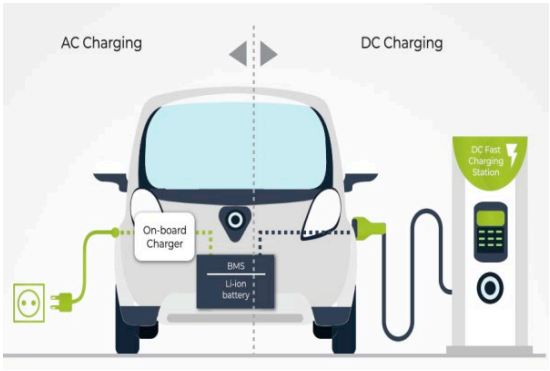
แนวการติดตั้งระบบ EV Charger ประเภทต่างๆ

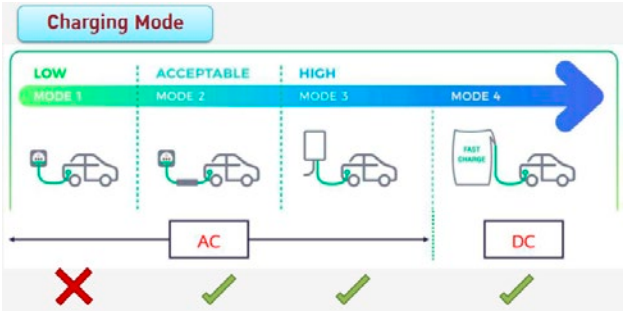
ปัจจุบันประเทศไทยมีนโยบายส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle: EV) รวมถึงการเตรียมความพร้อมโครงสร้างพื้นฐานของสถานีอัดประจุไฟฟ้า ทำให้มีการขยายตัวในการติดตั้งและการให้บริการอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อรองรับการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นในอนาคต

ในปัจจุบันประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle: EV) ที่ใช้ในปัจจุบันประกอบไปด้วย 1. Hybrid Electric Vehicles (HEV) 2. Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEV) 3. Battery Electric Vehicle (BEV) ซึ่งปัจจุบันมีการใช้เป็นประเภท BEV กันมากขึ้น จึงต้องเพิ่มบริการสถานีอัดประจุไฟฟ้าโดยเทคโนโลยีรูปแบบการอัดประจุไฟฟ้า โดยทั่วไปจะใช้การอัดประจุไฟฟ้าผ่านตัวนำ (Conductive Charging) เป็นการอัดประจุไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไปยังยานยนต์โดยใช้สายเคเบิล ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงและมีความซับซ้อนน้อย จึงได้รับความนิยม ในปัจจุบันสามารถแบ่งย่อยได้ 2 ประเภท

การอัดประจุไฟฟ้าแบบ Normal Charge เป็นการอัดประจุด้วยไฟฟ้า AC ผ่านอุปกรณ์อัดประจุที่ถูกติดตั้งภายในยานยนต์ On-Board Charger จะมีขนาด 3.7 และ 7.4 kW แบบไฟฟ้า 1 เฟส ไปจนถึง 11 และ 22 kW แบบไฟฟ้า 3 เฟส ซึ่งการอัดไฟฟ้าแบบ 22 kW จะเรียกว่า AC Semi-Quick Charge ผ่าน Inverter แปลงเป็น DC จ่ายเข้าแบตเตอรี่ต่อไป ซึ่งรองรับกระแสได้เพียง 16-32A การอัดประจุแบบนี้เหมาะสำหรับใช้ในที่อยู่อาศัย สำนักงาน ซึ่งใช้เวลา Charge นาน เป็นการชาร์จจากเต้ารับในบ้านโดยตรงใช้เวลาประมาณ 12-16 ชั่วโมง และอีกประเภทเป็น Doble Speed Charge ชาร์จด้วย Wall Box การชาร์จไฟกระแสสลับผ่านตัวแปลงไฟจะใช้เวลาน้อยกว่า โดยอยู่ที่ประมาณ 4-7 ชั่วโมง แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับความจุแบตเตอรี่และรุ่นของรถด้วยเช่นกัน การคำนวณระยะเวลาในการชาร์จแบบ AC จะใช้สูตร “ความจุแบตเตอรี่ (กิโลวัตต์ชั่วโมง/kWh) ÷ ขนาด On Board Charger (กิโลวัตต์/kW) = ระยะเวลาในการชาร์จ” เช่น ความจุแบตเตอรี่ 24 kWh แต่ขนาดออนบอร์ดแค่ 3 kW หากชาร์จไฟบ้านก็จะใช้เวลาถึง 8 ชั่วโมงขนาด on board charger ขึ้นอยู่กับยี่ห้อและรุ่นของยานยนต์นั้นๆ

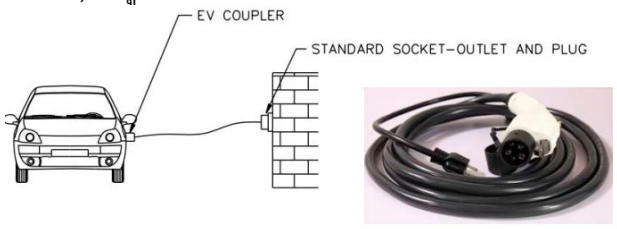
1. **การอัดประจุไฟฟ้าแบบ Quick Charge** เป็นการอัดประจุด้วยไฟฟ้า DC เข้าสู่แบตเตอรี่โดยตรง โดยมีระบบ Battery Management System: BAS ทำหน้าที่ควบคุมการอัดประจุ สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าในการอัดประจุได้สูงเนื่องจากไม่มีข้อจำกัดเรื่อง On-Board Charger โดยทั่วไปสามารถอัดประจุครึ่งหนึ่งของความจุแบตเตอรี่ได้เพียงแค่ 10-30 นาที ซึ่งเป็นการอัดประจุที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูงจึงต้องจ่ายไฟฟ้า 3 เฟสที่มีพิกัดสูง จึงเหมาะกับการอัดประจุในที่สาธารณะที่ต้องการความรวดเร็วในการอัดประจุ การคำนวณระยะเวลาในการชาร์จแบบ DC จะใช้สูตร “ความจุแบตเตอรี่ (กิโลวัตต์ชั่วโมง/kWh) ÷ ขนาด On Board Charger (กิโลวัตต์/kW) = ระยะเวลาในการชาร์จ” เช่น ความจุแบตเตอรี่ 24 kWh แต่แปลงกระแสไฟฟ้าสามารถชาร์จได้สูงสุด 50 kW จะใช้เวลาไม่ถึง 30 นาที ดังรูป



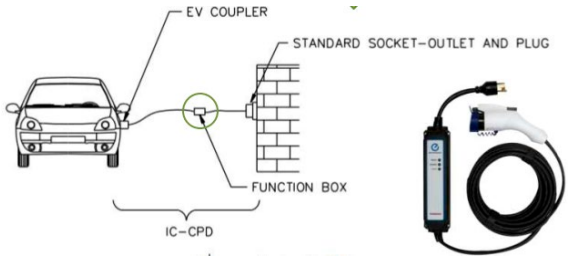


การอัดประจุไฟฟ้าจะแบ่งเป็น 4 ประเภทดังนี้

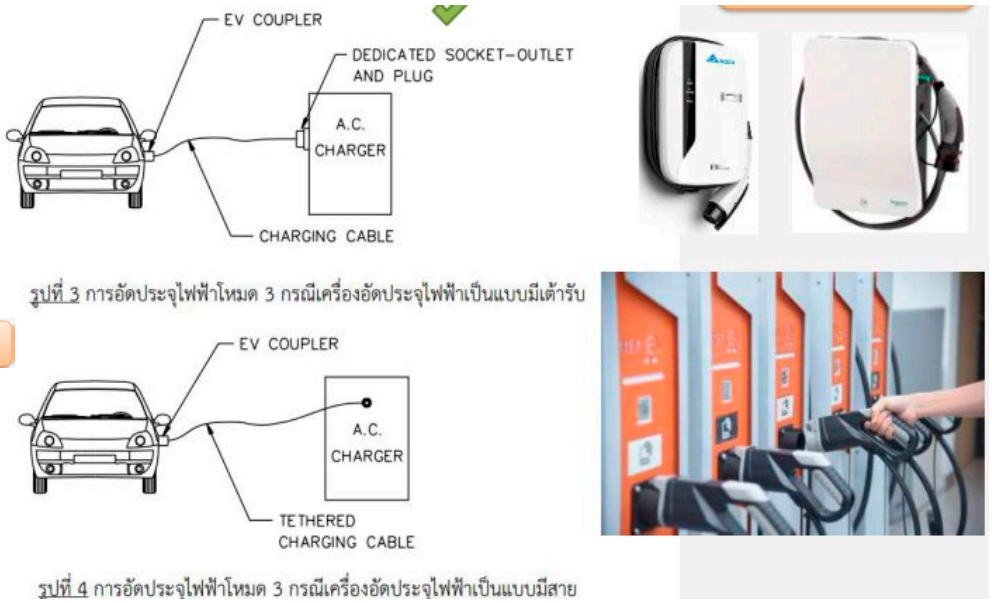
MODE 1 เป็นการเชื่อมต่อไฟฟ้าของยานยนต์เข้าระบบไฟฟ้ามาตรฐานโดยไม่มีอุปกรณ์ควบคุมการอัดประจุใดๆ และมีพิกัดไม่เกิน 16A (ห้ามใช้ในการอัดประจุตาม มอก.61851 เล่ม 1-2560) ดังรูป



MODE 2 เป็นการเชื่อมต่อไฟฟ้าของยานยนต์เข้าระบบไฟฟ้ามาตรฐานโดยมีอุปกรณ์ควบคุมการอัดประจุและป้องกันสาย (In-cable control and protection device: IC CPD) และมีพิกัดไม่เกิน 32 A (เหมาะกับที่อยู่อาศัย สำนักงาน การอัดประจุใช้ระยะเวลายาวกว่า 8 ชั่วโมง) ดังรูป



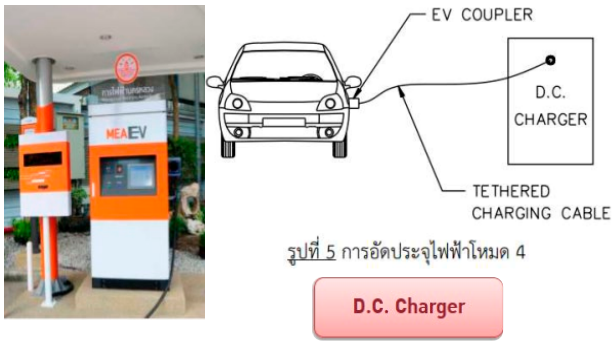
MODE 3 เป็นการเชื่อมต่อไฟฟ้าของยานยนต์เข้าระบบไฟฟ้าผ่านเครื่องอัดประจุไฟฟ้า AC ที่ใช้จ่ายพลังงานให้ยานยนต์ได้โดยเฉพาะ (AC Charger) (เหมาะกับห้างสรรพสินค้า สถานีบริการ การอัดประจุใช้ระยะเวลายาวกว่า 2 ชั่วโมง) ดังรูป



รูปที่ 3 การอัดประจุไฟฟ้าโหมด 3 กรณีเครื่องอัดประจุไฟฟ้าเป็นแบบมีเต้ารับ

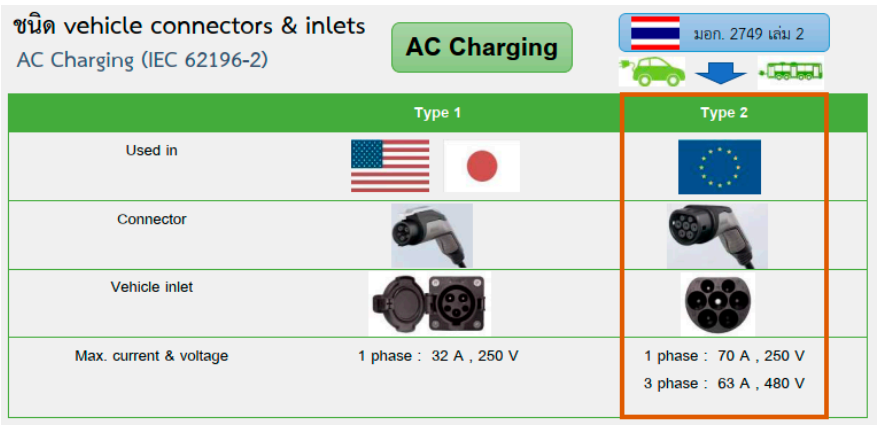
รูปที่ 4 การอัดประจุไฟฟ้าโหมด 3 กรณีเครื่องอัดประจุไฟฟ้าเป็นแบบมีสาย

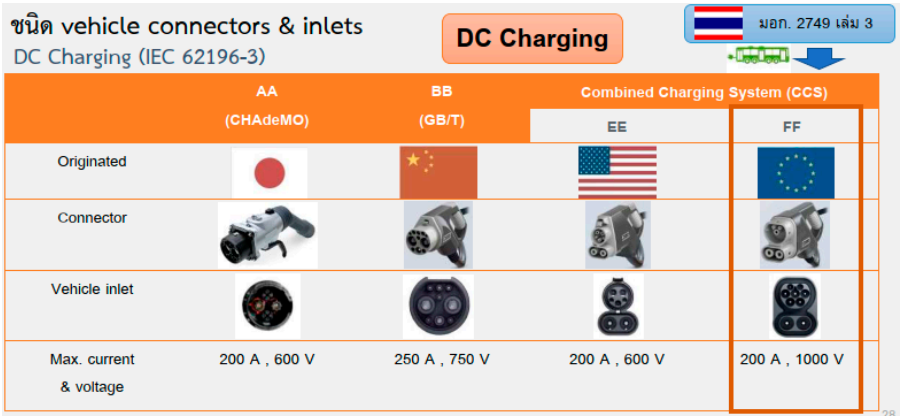
MODE 4 เป็นการเชื่อมต่อไฟฟ้าของยานยนต์เข้าระบบไฟฟ้าผ่านเครื่องอัดประจุไฟฟ้า DC ที่ใช้จ่ายพลังงานให้ยานยนต์ได้โดยเฉพาะ (DC Charger) (เหมาะกับสถานีบริการ) ดังรูป

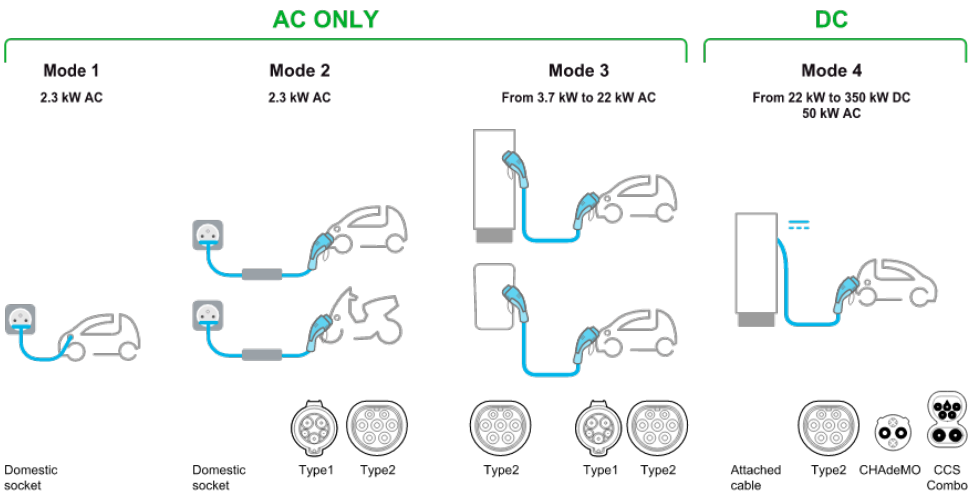


รูปที่ 5 การอัดประจุไฟฟ้าโหมด 4

ตามมาตรฐาน IEC62196 ได้กำหนดรูปแบบของเต้ารับเต้าเสียบของการอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าโดยใช้กระแส AC หรือ DC ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับรุ่นของยานยนต์ไฟฟ้าแต่ละรุ่นด้วย ดังรูป







รูปแบบในการประกอบพื้นที่การติดตั้งสถานีอัดประจุไฟฟ้า

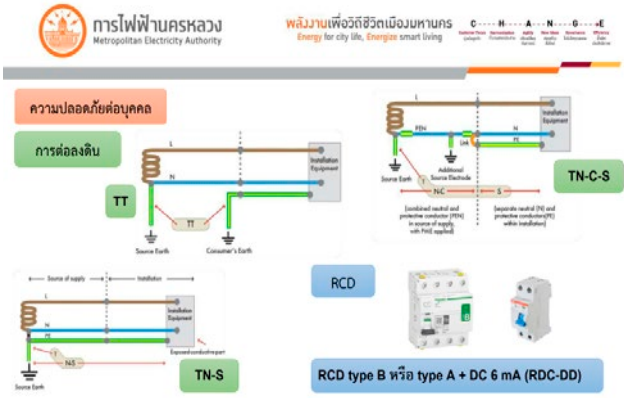
1. การติดตั้งสถานีไฟฟ้าอัดประจุไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย (Home Charging)

2. การติดตั้งสถานีไฟฟ้าอัดประจุไฟฟ้าสาธารณะ (Public Chargeing)

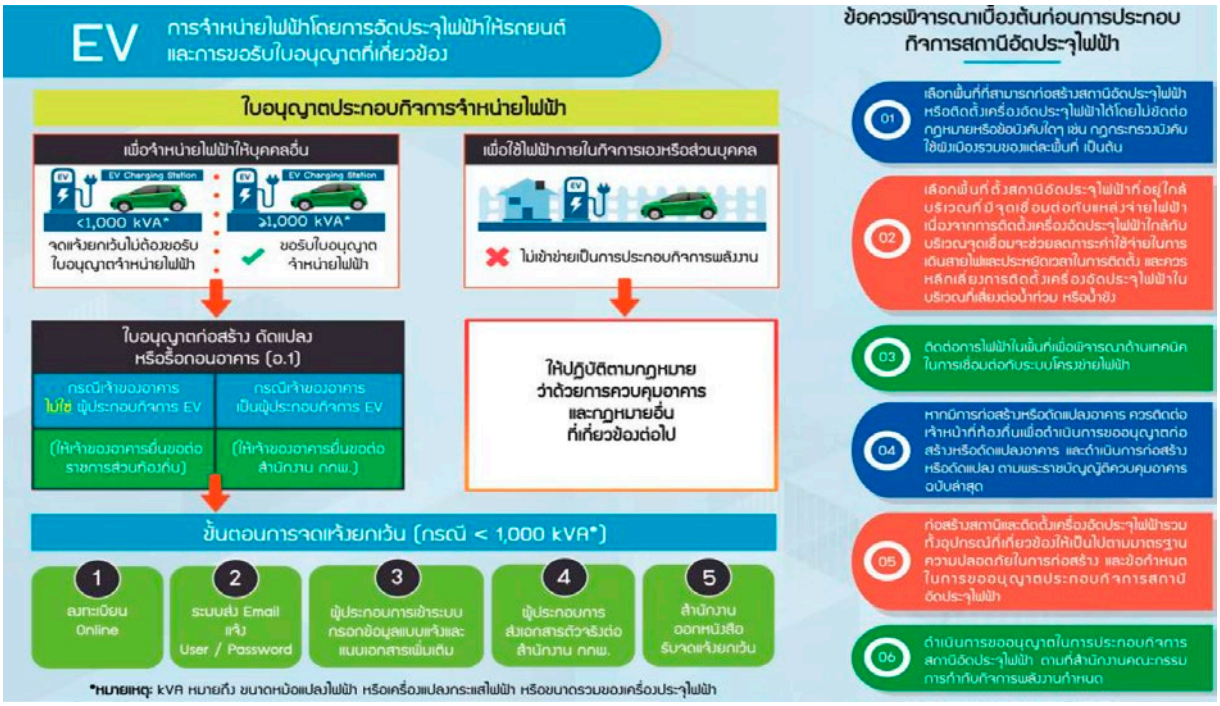
3. การติดตั้งสถานีอัดประจุไฟฟ้าที่อยู่ในเขตสถานีบริการเชื้อเพลิง (EV Charging at Gas Station)

โดยทั้ง 3 ประเภทต้องติดตั้งตามข้อกำหนดมาตรฐานไฟฟ้าและความปลอดภัยของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค(กฟภ.) สำหรับข้อกำหนดให้เครื่องอัดประจุไฟฟ้า ใน MODE 2, 3, 4 ให้ติดตั้งสายดินแบบ TT หรือ TN-S และเครื่องตัดไฟรั่ว RCD ต้องเป็น TYPE B พิกัด $I\Delta \leq 30mA$ ต้องมีพิกัดกระแสไม่น้อยกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน และ อนุญาตให้ RCD ต้องเป็น TYPE A หากมี DC Fault current เกิน 6mA ดังรูป

รายการ	มาตรฐานอ้างอิง
เครื่องอัดประจุไฟฟ้าโหมด 3	IEC 61851-1 และ IEC 61851-22
เครื่องอัดประจุไฟฟ้าโหมด 4	IEC 61851-1, IEC 61851-23 และ IEC- 61851-24
RCD TYPE A	IEC 61008 , IEC 61009 มอก.909 , มอก.2525
RCD TYPE B	IEC 62423
สวิตช์ควบคุมฉุกเฉิน (Emergency control switch)	UL98, IEC 60947-1, IEC 60947-3



ในการดำเนินการประกอบกิจการสถานีอัดประจุไฟฟ้า จะต้องดำเนินการขออนุญาตประกอบกิจการจากสำนักงาน กกพ. โดยแบ่งลักษณะและขนาดการติดตั้งตามมาตรา 47, 48 ของ พ.ร.บ. การประกอบกิจการพลังงาน ดังรูป



ในการเตรียมความพร้อมในการติดตั้งระบบไฟฟ้าตามมาตรฐานไฟฟ้าและความปลอดภัย ตามการไฟฟ้าการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) มีข้อกำหนดดังรูป

การติดตั้งสถานีไฟฟ้าจะมีอัตราค่าไฟฟ้าและการซ่อมบำรุงของ EV STATION และสำหรับ EV HOME ซึ่งจะมีรูปแบบตัวอย่างการให้บริการของการไฟฟ้านครหลวงดังรูป

การไฟฟ้านครหลวง
Metropolitan Electricity Authority

Electricity Tariffs for EV Station & EV Home

Electricity Tariffs For EV Station	Voltage Level	Energy Charge (Baht/kWh)		Demand Charge (Baht/kW)		Service Charge (Baht/month)	Power Factor Charge (Baht/kVAR) /1	Fuel Adjustment (Ft) Charge (Baht/kWh)	VAT 7%	Minimum Charge /2
		On Peak	Off Peak	On Peak	Off Peak					
EV Station : **General** (General Area)	Type 3 - HV	4.1025	2.5849	74.14	0	312.24	56.07	Announcement every 4 months	✓	✓
	Type 3 - MV	4.1839	2.6037	132.93	0	312.24	56.07		✓	✓
	Type 3 - LV	4.3297	2.6369	210	0	312.24	56.07		✓	✓
EV Station : **Low Priority** (Public Area) /3 **(1st July 2023 to the present)**	Type 3 - ALL (HV, MV, LV)	2.9162		0		312.24	0	Announcement every 4 months	✓	✗
EV Home	Type 1.2 - LV	progressive rate 3.2484 / 4.2218 / 4.4217		-	-	33.29	-	Announcement every 4 months	✓	✗
	Type 1.3 - MV	5.1135	2.6037	-	-	312.24	-		✓	✗
	Type 1.3 - LV	5.7982	2.6369	-	-	33.29	-		✓	✗

On Peak : Monday – Friday from 09.00 AM to 10.00 PM
Off Peak : Monday – Friday from 10.00 PM to 09.00 AM
: Saturday – Sunday , National Labor Day and normal public holiday
(excluding substitution holiday, Royal Ploughing Day and Government holidays are increased as a special case according to the Cabinet's resolution.) from 00.00 AM to 12.00 PM

/1 **Power Factor Charge**
For a customer with a lagging power factor, if in any monthly billing period during which the customer's maximum 15-minute reactive power demand (kVAR demand) exceeds 61.97% of his maximum 15-minute active power demand (kW demand), a power factor charge of Baht 56.07 will be made on each kVAR in excess, determined to the nearest whole kVAR, discarding the fraction of 0.5 kVAR and adjusting it to 1 kVAR.

/2 **Minimum Charge**
A minimum charge in any monthly billing period shall not be less than 70% of the maximum billing demand charge of the previous 12 months up until the present month.

/3 **Consideration of changing type and electric tariffs of EV station from EV General to EV Low Priority** in accordance with the conditions
1) Public EV station (not exclusively available to any Particular group or individual). This is in accordance with the MEA's regulations.
2) Installation of a main power meter that receives electricity directly from the MEA.
3) MEA is allowed to control, reduce, or cut the electricity supply to the electric charging station when there are limitations in the power distribution system, in order to prevent any adverse effects on other electricity consumers and to maintain the stability of the overall electrical system.

บทสรุป

จากบทความข้างต้นหลายท่านคงจะคิดว่าการชาร์จแบบ DC ย่อมดีกว่าตรงที่ใช้เวลาในการชาร์จเร็วกว่าแบบ AC แต่ในความเป็นจริงการชาร์จทุกแบบจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน และมีปัจจัยข้อสนับสนุนต่างๆ ร่วมด้วย ซึ่งการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าจะใช้เวลานานกว่าการเติมน้ำมันรถทั่วไปเป็นอย่างมาก ตั้งแต่เป็นนาทีจนถึงเป็นชั่วโมง การติดตั้งสถานีอัดประจุไฟฟ้าแบบกระแส AC นั้นเป็นการชาร์จประจุที่ใช้เวลานานจึงเหมาะสำหรับใช้ภายในบ้านหรือสำนักงานที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสเป็นส่วนใหญ่โดยจะชาร์จแบบ On Board Charger ภายในตัวยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อแปลงกระแสไฟฟ้าจาก AC เป็น DC แล้วชาร์จเข้าแบตเตอรี่ซึ่งจะใช้เวลาชาร์จนานเป็นชั่วโมงแต่ใช้เงินลงทุนน้อยกว่า เพราะข้อจำกัดจะอยู่ที่ขนาดของ On Board Charger ที่อยู่ภายในรถยนต์แต่ละรุ่นว่าสามารถทนกระแสการอัดประจุได้มากขนาดไหน ส่วนการติดตั้งสถานีอัดประจุไฟฟ้าแบบกระแส DC ส่วนใหญ่จะอยู่ในสถานีชาร์จเท่านั้น เช่น อยู่ในสถานีบริการน้ำมัน หรือศูนย์ชาร์จภายในห้างสรรพสินค้า เพราะเป็นการชาร์จเข้าตรงแบตเตอรี่ของยานยนต์โดยตรง ไม่ต้องผ่าน On Board Charger ซึ่งเป็นการอัดประจุที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูงจึงต้องจ่ายไฟฟ้า 3 เฟสที่มีพิกัดสูง จึงเหมาะกับการอัดประจุในที่สาธารณะที่ต้องการความรวดเร็วในการอัดประจุ แต่จะใช้เงินลงทุนสูง แต่ในอนาคตเมื่อเทคโนโลยีมีการพัฒนาทั้งในเรื่องของแบตเตอรี่และความสามารถของอุปกรณ์ที่ใช้ในสถานีชาร์จมากขึ้น ระยะเวลาในการชาร์จและค่าการลงทุนในการติดตั้งจะมีมูลค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

อ้างอิง

: https://www.egat.co.th/home/save-energy-for-all-20230102/

: คู่มือประกอบกิจการสถานีอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า, สำนักงาน กกพ.

: มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าและข้อกำหนดการเชื่อมต่อสถานีอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า (EV), การไฟฟ้านครหลวง

วรภัทร พนาเจริญวงศ์ สฟก.6782
วิศวกรโครงการ
งานระบบวิศวกรรมไฟฟ้า TREES-A

การออกแบบ ระบบโซล่าเซลล์เบื้องต้น

การผลิตไฟฟ้าด้วยโซล่าเซลล์แบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลักคือ

1. ระบบ Off Grid

คือระบบที่ผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ แล้วไม่ได้เชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ระบบนี้เหมาะกับสถานที่ที่ไม่มีไฟฟ้าหรือที่ไฟเข้าไม่ถึง

2. ระบบ On Grid

คือระบบการผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ แล้วเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับด้วยอุปกรณ์ Inverter แล้วไปเชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายไฟของการไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยข้อดีคือ สามารถนำกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ขายให้กับการไฟฟ้าฯ (ทั้งนี้ต้องได้รับอนุญาตจากหน่วยงานราชการก่อน) หรือนำไฟฟ้าที่ได้มาใช้งานเองเพื่อลดค่าไฟฟ้า หากผลิตไม่พอใช้อุปกรณ์ควบคุมก็จะนำไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟของการไฟฟ้ามาใช้งานทดแทน

3. ระบบ Hybrid

เป็นระบบที่นำเอาระบบออนกริดและอ็อฟกริดมารวมกันคือจะมีระบบแบตเตอรี่มาสำรองพลังงานใช้งานไว้ในเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ และสำหรับกรณีที่เมื่อมีแสงอาทิตย์แล้วผลิตกระแสไฟฟ้าได้ หากกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้มีมากกว่าที่นำมาใช้งาน ระบบก็จะนำกระแสไฟฟ้านั้นชาร์จเข้าแบตเตอรี่เพื่อนำมาใช้งานได้ต่อไป

สำหรับการออกแบบโซล่าเซลล์ชนิดออนกริด ซึ่งเป็นระบบที่นิยมใช้จะมีแนวทางดังต่อไปนี้

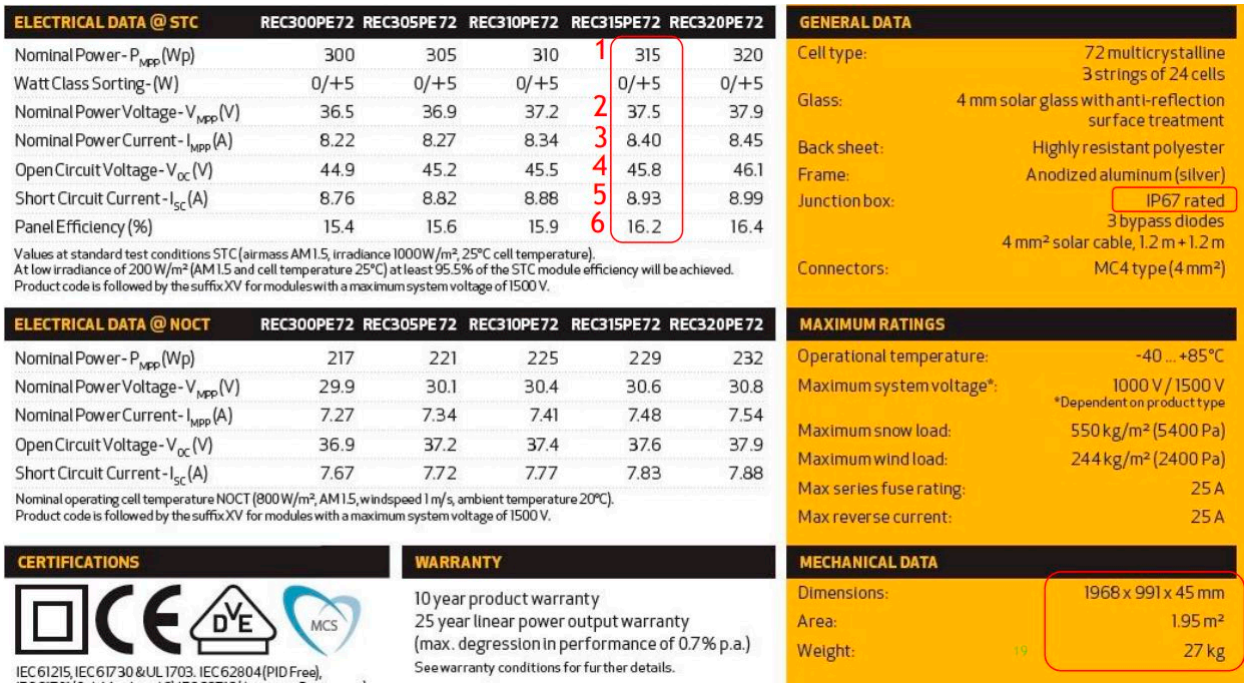
ก่อนอื่นต้องทำความรู้จักกับค่าทางไฟฟ้าต่างๆก่อนโดยในส่วนของแผงโซล่าเซลล์จะมีค่าที่สำคัญและนำมาใช้ในการออกแบบดังนี้

1. Normal Power Pmpp (wp) = กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้
2. Normal Power Voltage Vmpp (V) = แรงดันไฟฟ้าต่อใช้งานสูงสุด
3. Norminal Power Current Impp (A) = กระแสขณะต่อใช้งานสภาวะปกติ แผงจ่ายกระแสไฟฟ้า

4. Open Circuit Voltage Voc (V) = แรงดันที่วัดในสภาวะที่ไม่มีกระแส คือ I = 0A

5. Short Circuit Current Isc (A) = กระแสในสภาวะลัดวงจรของแรงดัน ซึ่งคือ V = 0V เช่น หากมีการช็อตของแผง PV จะมีกระแสไฟฟ้า ซึ่งมีเอาไว้คำนวณค่าฟิวส์และค่าขนาดสายไฟที่จะใช้

6. Panel Efficiency = ประสิทธิภาพของแผง PV ที่ยิ่งสูงยิ่งดี



ELECTRICAL DATA @ STC	REC300PE72	REC305PE72	REC310PE72	REC315PE72	REC320PE72
Nominal Power - P_{MPP} (Wp)	300	305	310	315	320
Watt Class Sorting - (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Nominal Power Voltage - V_{MPP} (V)	36.5	36.9	37.2	37.5	37.9
Nominal Power Current - I_{MPP} (A)	8.22	8.27	8.34	8.40	8.45
Open Circuit Voltage - V_{OC} (V)	44.9	45.2	45.5	45.8	46.1
Short Circuit Current - I_{SC} (A)	8.76	8.82	8.88	8.93	8.99
Panel Efficiency (%)	15.4	15.6	15.9	16.2	16.4

Values at standard test conditions STC (airmass AM 1.5, irradiance 1000 W/m², 25°C cell temperature).
At low irradiance of 200 W/m² (AM 1.5 and cell temperature 25°C) at least 95.5% of the STC module efficiency will be achieved.
Product code is followed by the suffix XV for modules with a maximum system voltage of 1500 V.

ELECTRICAL DATA @ NOCT	REC300PE72	REC305PE72	REC310PE72	REC315PE72	REC320PE72
Nominal Power - P_{MPP} (Wp)	217	221	225	229	232
Nominal Power Voltage - V_{MPP} (V)	29.9	30.1	30.4	30.6	30.8
Nominal Power Current - I_{MPP} (A)	7.27	7.34	7.41	7.48	7.54
Open Circuit Voltage - V_{OC} (V)	36.9	37.2	37.4	37.6	37.9
Short Circuit Current - I_{SC} (A)	7.67	7.72	7.77	7.83	7.88

Nominal operating cell temperature NOCT (800 W/m², AM 1.5, windspeed 1 m/s, ambient temperature 20°C).
Product code is followed by the suffix XV for modules with a maximum system voltage of 1500 V.

CERTIFICATIONS

IEC 61215, IEC 61730 & UL 1703. IEC 62804 (PID Free),

WARRANTY

10 year product warranty
25 year linear power output warranty
(max. degression in performance of 0.7% p.a.)
See warranty conditions for further details.

GENERAL DATA	
Cell type:	72 multicrystalline 3 strings of 24 cells
Glass:	4 mm solar glass with anti-reflection surface treatment
Back sheet:	Highly resistant polyester
Frame:	Anodized aluminum (silver)
Junction box:	IP67 rated 3 bypass diodes
Connectors:	4 mm² solar cable, 1.2 m + 1.2 m MC4 type (4 mm²)

MAXIMUM RATINGS	
Operational temperature:	-40 ... +85°C
Maximum system voltage*:	1000 V / 1500 V *Dependent on product type
Maximum snow load:	550 kg/m² (5400 Pa)
Maximum wind load:	244 kg/m² (2400 Pa)
Max series fuse rating:	25 A
Max reverse current:	25 A

MECHANICAL DATA	
Dimensions:	1968 x 991 x 45 mm
Area:	1.95 m²
Weight:	27 kg

ตัวอย่าง Solar panel data sheet

ในส่วนต่อมา ค่าทางไฟฟ้าของ Inverter ที่สำคัญและนำมาใช้ในการออกแบบระบบโซล่าเซลล์มีดังนี้

1. Max. DC Power = กำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่อินเวอร์เตอร์สามารถทำงานได้

2. Max.Input Voltage = แรงดันสูงสุดไฟฟ้าที่รองรับได้

3. MPP Voltage Rang = ช่วงแรงดันไฟฟ้าเหมาะสมที่อินเวอร์เตอร์ทำงาน

4. Rated Input Voltage = แรงดันไฟฟ้าที่อินเวอร์เตอร์ทำงานได้ประสิทธิภาพสูงที่สุด

5. Min. Input Voltage/Start Input Voltage = แรงดันไฟฟ้าเข้าอินเวอร์เตอร์ต่ำสุด และแรงดันไฟฟ้าที่อินเวอร์เตอร์เริ่มทำงาน

6. Max. input Current Input A / Input B = ในอินเวอร์เตอร์ 1 ตัว จะมี 2 MPPT หรือ 2 input ดังนั้นที่เรานำ PV มาขนานกัน 2 ชุดนั้นก็นำมาเข้าที่ Input A และ Input B

7. Number of Independent MPP Input / String per MPP input = 2/A:3, B:3 >> ในอินเวอร์เตอร์ตัวนี้มี 2 MPP ที่ไม่ขึ้นต่อกันเลย และในแต่ละ String ก็มี Connector ให้ต่อสายที่มาจาก PV ชุดละ 3 Connector เหมือนให้ต่อได้ Input ละ 3 string

8. Power Factor at Rated Power = ค่า Power Factor มีค่าเท่ากับ 1 คือดีเยี่ยม

9. Max. Efficiency / European Efficiency = ค่าประสิทธิภาพของโซนอเมริกา ค่าประสิทธิภาพของโซนยุโรป

Technical Data	Sunny Tripower 20000TL	Sunny Tripower 25000TL
Input (DC) Input (DC)		
Max. DC power (@ cos ϕ = 1)	1 20440 W	25550 W
Max. input voltage	2 1000 V	1000 V
MPP voltage range / rated input voltage	3 320 V to 800 V / 600 V4	390 V to 800 V / 600 V
Min. input voltage / start input voltage	5 150 V / 188 V	150 V / 188 V
Max. input current input A / input B	6 33 A / 33 A	33 A / 33 A
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input	7 2 / A:3; B:3	2 / A:3; B:3
Output (AC)		
Rated power (@ 230 V, 50 Hz)	20000 W	25000 W
Max. AC apparent power	20000 VA	25000 VA
AC nominal voltage	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V
Nominal AC voltage range	160 V to 280 V	160 V to 280 V
AC grid frequency / range	50 Hz, 60 Hz / -6 Hz to +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -6 Hz to +5 Hz
Rated power frequency / rated grid voltage	50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V
Max. output current	29 A	36.2 A
Power factor at rated power	8 1	1
Adjustable displacement power factor	0 overexcited to 0 underexcited	0 overexcited to 0 underexcited
Feed-in phases / connection phases	3 / 3	3 / 3
Efficiency		
Max. efficiency / European Efficiency	9 98.4 % / 98.0 %	23 98.3 % / 98.1 %

ตัวอย่าง Inverter data sheet

การคำนวณและการต่อแผง PV

ตัวอย่าง ก่าหนดให้ใช้ Inverter 20kW 3 เฟส 400 Vac, Max. DC Power = 20,440 W, Rated Input Voltage 600V, MPP voltage rang 300-800V

และ

ใช้แผงโซล่าเซลล์ Pmpp = 315 W,Vmpp = 37.5 V, Imppt = 8.4 A , Imppt = 8.93 A

ดังนั้น เราสามารถใช้ PV ได้สูงสุด = (Max. DC Power Inverter / Pmpp PV) x1.1

= (20000W/315W) x 1.1

= 70 แผง

ต่อมาเลือกให้ PV ต่ออนุกรมกัน ให้ได้ค่าที่ Inverter ทำงานได้ประสิทธิภาพสูงสุดคือ (Rated Input Voltage) 600V

โดย PV 1 แผง ให้แรงดันไฟฟ้า 37.5V = Inverter Rated Input Voltage/Vmpp PV

= 600/37.5

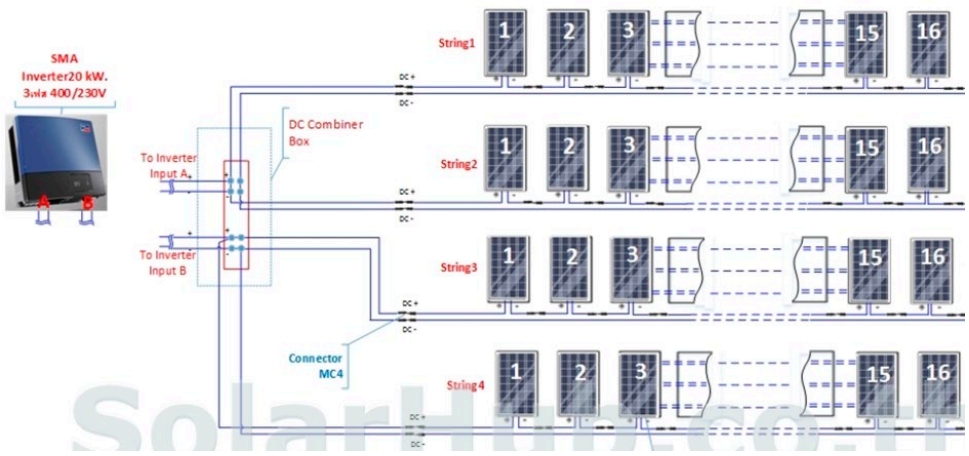
= 16 แผง

ดังนั้นใช้แผง PV 16 แผงต่ออนุกรมกัน จะได้แรงดัน 600V เป็น 1 String (600 V, 8.4A, 5040W)

ใช้ 2 String นำมาต่อขนานกัน จะได้ 1 Array (600V, 16.8A, 10080W)

ใช้ 2 Array นำมาต่อเข้า Inverter จะได้ 600V, 16.8A, 20160W

ตัวอย่างการต่อแผง PV สำหรับการติดตั้งโซล่าเซลล์ แบบ Ongrid



การคำนวณสายไฟฟ้า

การคำนวณสาย DC

แต่ละ PV กระแสชอตเซอร์กิต Isc = 8.93 A ต่ออนุกรมกัน จะได้กระแสเท่าเดิมคือ 8.93 A

ดังนั้นเลือกสายที่รองรับกระแสได้ไม่น้อยกว่า = Isc x 1.25

= 8.93 x 1.25

= 11.16 A

เนื่องจากใน 1 Array ต่อขนานกัน 2 String กระแสที่ได้ = 11.16 x 2

= 22.325 A

Products code	Conductor			Thickness of insulation	Overall diameter		Insulation resistance at 70°C	Current rating in free air	Cable weight	Standard length
	Cross-sectional area	No. of wires	Diameter		Lower limit	Upper limit				
	mm²	(Min.)	mm (Approx.)	mm	mm	mm	MΩ.km (Min.)	A	kg/km (Approx.)	m
C6KY013V1012	1.5	1	1.36	ดูกระแสที่ต้องการ เพื่อเลือกขนาดสาย		3.2	0.011	21	21	100/C
C6KY013V4012	1.5	7	1.53			3.3	0.010	21	22	100/C
C6KY014V1012	2.5	1	1.7	0.8	3.2	3.9	0.010	29	33	100/C
C6KY014V4012	2.5	7	.98	0.8	3.3		0.009	29	34	100/C
C6KY015V1012	4	1	2.21	0.8	3.6	4.4	0.0085	37	48	100/C
C6KY015V2012	4	7	2.49	0.8	3.8	4.6	.37	37	50	100/C
C6KY016V1012	6	1	2.70	0.8	4.1	5.0	0.007	48	68	100/C
C6KY016V2012	6	7	3.09	0.8	4.3	5.2	0.0065	48	72	100/C
C6KY017V1012	10	1	3.50	1.0	5.3	6.4	0.0070	67	110	100/C
C6KY017V2012	10	7	3.99	1.0	5.6	6.7	0.0065	67	120	100/C
C6KY018V2012	16	7	5.01	1.0	6.4	7.8	0.0050	92	180	100/C
C6KY019V2012	25	7	6.30	1.2	8.1	9.7	0.0050	127	280	100/C
C6KY010W2012	35	7	7.55	1.2	9.0	10.9	0.0043	157	380	100/C
C6KY011W2011	50	19	8.75	1.4	10.6	12.8	0.0043	191	510	500/D
C6KY012W2011	70	19	10.50	1.4	12.1	14.6	0.0035	244	720	500/D
C6KY013W2011	95	19	12.35	1.6	14.1	17.1	0.0035	297	990	500/D
C6KY014W2011	120	37	13.93	1.6	15.6	18.8	0.0032	345	1,220	500/D

ตารางขนาดสาย PV

เนื่องจากสายที่ผลิตในตลาดขนาดเล็กสุดคือ 4 ตร.มม. รับกระแสได้ 48A จึงใช้สาย PV-1 ขนาด 4 ตร.มม.

การคำนวณค่า DC Fuse

ฟิวส์จะใส่แต่ละ String (ก่อนขนานเป็น Array) โดยฝั่ง DC ไม่เกินกว่า 1.25 เท่าของ Isc ของ PV

ดังนั้นเลือกขนาดฟิวส์ = Isc x 1.25

= 8.93 x 1.25

= 11.16 A

เลือก DC Fuse ขนาด 16 A

การคำนวณสาย AC

จาก Inverter 20kW 3 เฟส 400Vac, Max. DC Power = 20,440 W

จะได้ Iac = P/V

= 20,400/400/1.732

= 29.4A

ดังนั้นเลือกสายที่รองรับกระแสได้ไม่น้อยกว่า = 29.4 x 1.25

= 36.8 A

ใช้สาย IEC01 จะได้สายขนาด 10 ตร.มม. รับกระแสได้ 44A

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1				กลุ่มที่ 2			
จำนวนตัวนำกระแส	2		3		2		3	
ลักษณะตัวนำ	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง								
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC		AC		AC หรือ DC		AC	
ชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	60227 IEC 01, 60227 IEC 02, 60227 IEC 05, 60227 IEC 06, 60227 IEC 0, NYY, VCT, IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเ..., สายควันน้อย							
ขนาดสาย(ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)							
1	10	10	9	9	12	11	10	10
1.5	13	12	12	11	15	14	13	13
2.5	17	16	16	15	21	20	18	17
4	23	22	21	20	28	26	24	23
6	30	28	27	25	36	33	31	30
10	40	37	37	34	50	45	44	40
16	53	50	49	45	66	60	59	54
25	70	65	64	59	88	78	77	70
35	86	80	77	72	109	97	96	86
50	104	96	94	86	131	116	117	103
70	131	121	118	109	167	146	149	130
95	158	145	143	131	202	175	180	156
120	183	167	164	150	234	202	208	179
150	209	191	188	171	261	224	228	196
185	238	216	213	194	297	256	258	222
240	279	253	249	227	348	299	301	258
300	319	291	285	259	398	343	343	295
400	-	-	-	-	475	-	406	-
500	-	-	-	-	545	-	464	-

ตารางขนาดสาย ICE01

การคำนวณค่า AC Circuit breaker

โดยฝั่ง AC เลือกขนาด 1.25 เท่า ของ Iac

ดังนั้นเลือกขนาดฟิวส์ = Isc x 1.25

= 29.4 x 1.25

= 36.8 A

ดังนั้นเลือก Circuit breaker ขนาด 40A, 3P

บทสรุป

ระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยโซล่าเซลมีรูปแบบหลักอยู่3 ชนิดคือ ระบบแบบ Off Grid ระบบแบบ On Grid และ ระบบแบบ Hybrid โดยระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยโซล่าเซลที่นิยมใช้คือ ระบบแบบ On Grid

ในการออกแบบระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยโซล่าเซลแบบ On Grid มีค่าพารามิเตอร์ที่ค่าที่สำคัญและนำมาใช้ในการออกแบบมีดังนี้ พารามิเตอร์ของแผงโซล่าเซลล์คือ Normal Power (Pmpp), Normal Power Voltage (Vmpp), Norminal Power Current (Impp), Open Circuit Voltage (Voc), Short Circuit Current (Isc) และพารามิเตอร์ในส่วนของ Inverter คือ Max. DC Power, Max.Input Voltage, MPP voltage rang , rated input voltage, Min. input voltage, Max. input current input, Number of Independent MPP input, Power Factor at rated power, Max. efficiency/European efficiency

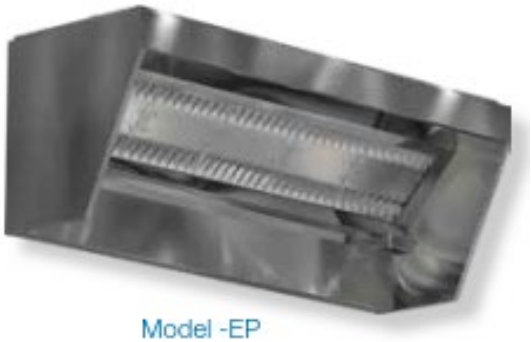
ฉัตรชัย ชุติมาทร สก.4963
วิศวกรโครงการ
งานระบบวิศวกรรมเครื่องกล

การป้องกันละอองน้ำมัน จากการทำอาหารติดที่ท่อลมระบายอากาศครัว

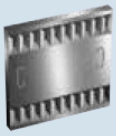
ปัญหาละอองน้ำมันจากการทำอาหารติดที่ท่อลมระบายอากาศครัวเป็นปัญหาที่สามารถแก้ไขหรือป้องกันได้ เพื่อลดภาระการบำรุงรักษาของฝ่ายบำรุงรักษาอาคาร โดยการเลือกใช้อุปกรณ์ประกอบรวมถึงราคาที่เหมาะสม และไม่สร้างปัญหาเพิ่มเติมให้กับฝ่ายบำรุงรักษาอาคาร

Mechanical Filter

เป็นระบบกรองด้วย Filter จะขึ้นอยู่กับรูปแบบครัวที่ใช้งานว่าหนักมากน้อยอย่างไร และชนิดการทำอาหารเป็นอย่างไร ซึ่งจะส่งผลต่อการเลือกใช้พัดลมครัวด้วย ให้มีค่า Pressure Fan เพียงพอกับ Pressure Drop ที่เกิดขึ้นของ Filter ของ Hood



Model -EP

FILTER		Suggested Application	Example Appliances	Static Pressure (9 x 4 foot hood at 2050 cfm)	Grease Removal Efficiency at 8 microns
	Grease Grabber Multistage Filtration System	Heavy to Extra Heavy Duty Grease	Solid Fuel Cooking Appliances, Upright Broiler, Gas, Electric & Lava Rock Char-Broiler, Mesquite, Infrared Broiler, Wok Chain Broiler	1.1 to 1.3 in. wg	100%
	Grease-X-Tractor Centrifugal Filtration	Medium to Heavy Duty Grease	Combination Ovens, Gas & Electric Fryers, Griddles, Grill, Upright Broiler, Electric Char-Broiler	0.7 to 0.8 in. wg	69%
	Baffle	Light Duty Grease	Gas & Electric, Ovens/Steamers/Ranges, Food Warmers, Pizza Ovens	0.5 to 0.6 in. wg	28%

ความเร็วลมของท่อครัว

ความเร็วของลมภายในท่อลมครัวควรมีความเร็วไม่น้อยกว่า 1,800 FPM เพื่อให้สามารถพัดพาโมเลกุลของน้ำมันไปด้วย และลดปริมาณน้ำมันที่ติดค้างภายในท่อได้ ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงตำแหน่งที่ท่อลมครัวพาดผ่านด้วย เนื่องจากการใช้ความเร็วในท่อลมมากจะทำให้เกิดเสียงรบกวน

การกรองน้ำมันและกลิ่นของ Kitchen Air ก่อนปล่อยสู่ภายนอกสามารถแบ่งได้ 2 วิธี

1. UVC Technology
2. ESP + Carbon

UVC Technology

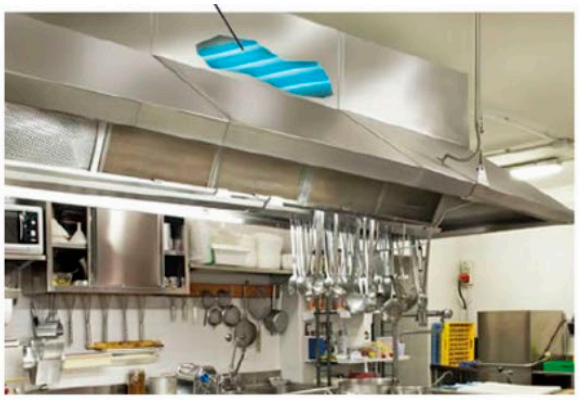
ระบบ UV ของปล่องไอเสียในฮูดดูดควันมีหน้าที่หลักในการขจัดคราบ และสามารถสลายโมเลกุลไขมันได้เป็นอย่างดี ช่วยป้องกันการสะสมไขมันได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงลดภาระการบำรุงรักษาฮูดดูดควันให้น้อยลง และลดโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดเพลิงไหม้ในห้องครัวได้ อีกทั้งยังกำจัดกลิ่นเหม็นในอากาศ และทำให้อากาศที่ถูกปล่อยออกจากปล่องควันไม่เป็นมลพิษทำลายสิ่งแวดล้อม

ระบบไอเสียหรือฮูดดูดควันในห้องครัวมีหน้าที่หลักในการแยกไขมันผ่านตัวกรองทางกลและวิธีการเฉื่อย เครื่องดูดควันในครัวจึงสามารถขจัดอนุภาคไขมันได้สำเร็จ อนุภาคและไอของจาระบีที่มีขนาดเล็กกว่าที่หลงเหลืออยู่จะถูกแสง UVC สลายโมเลกุล กระบวนการนี้ช่วยป้องกันการสะสมของไขมันได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงช่วยลดการบำรุงรักษา ทำความสะอาด และลดอันตรายจากไฟไหม้ได้

หลอด UVC ในระบบไอเสียของห้องครัว UV จะสลายอนุภาคไขมันในระบบไอเสียของห้องครัวเชิงพาณิชย์ผ่านกระบวนการที่แตกต่างกันสองขั้นตอนคือ photolysis และ ozonolysis โฟโตไลซิสเป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเมื่อสารประกอบเคมีแตกตัวด้วยโฟตอน โฟโตไลซิสสลายพันธะโมเลกุลและอนุภาคของไขมัน และโอโซนจะทำหน้าที่ออกซิไดซ์โมเลกุลของไขมัน

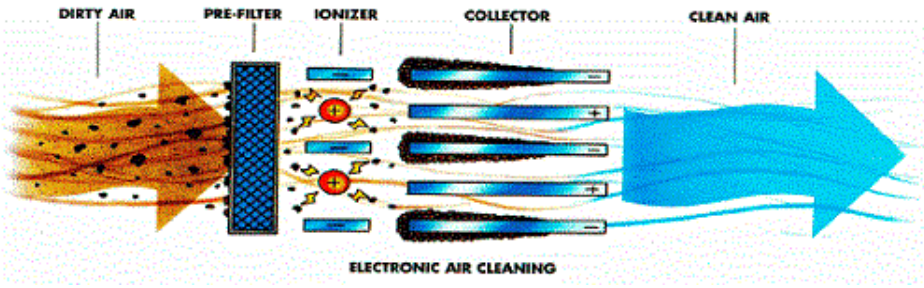
หลอด UV ที่ทำหน้าที่ฆ่าเชื้อในระบบไอเสียของห้องครัวด้วยแสง UV ช่วยให้ได้รับประโยชน์มากมาย ได้แก่

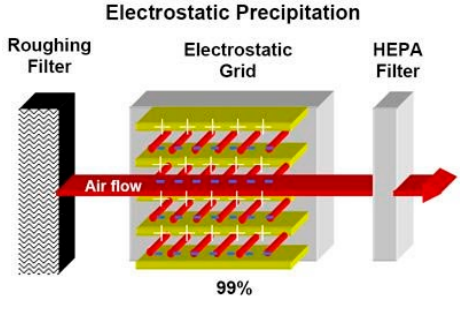
- ลดไขมันสะสมในท่อไอเสียห้องครัวได้อย่างมาก
- ขจัดคราบสกปรกที่สะสมอยู่
- ลดความเสี่ยงของการเกิดไฟไหม้ในระบบไอเสียของห้องครัว
- ประหยัดเงินค่าทำความสะอาดและบำรุงรักษา



Electrostatic

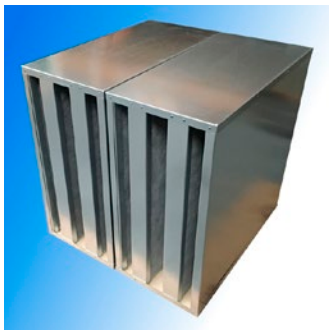
Electrostatic Precipitator คือเครื่องแยกละอองน้ำมันแบบอิเลคโทรสแตติค จะใช้ไฟฟ้าแรงดันสูงเพื่อทำให้ละอองน้ำมันหรือควันในอากาศที่ถูกดูดเข้าเครื่องถูกชาร์จให้มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก หลังจากนั้นอากาศจะไหลผ่านแผ่นที่มีประจุไฟฟ้าลบหลายๆ ตัว ละอองน้ำมันที่ถูกชาร์จให้เป็นบวกจะเกาะติดที่แผ่นซึ่งมีประจุลบ เมื่อสะสมมากขึ้นก็หยดลงมาสู่ถังรองน้ำมันด้านล่าง ทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนไส้กรองเหมือนเครื่องกรองละอองน้ำมันแบบอื่นๆ สามารถใช้กำจัดละอองน้ำมันและควันได้อย่างมีประสิทธิภาพ





Carbon Filter

Carbon Filter เป็นการดูดกลิ่นและสารอินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ออกจากห้องครัว ซึ่งหลังผ่านการทำให้น้ำมันแตกตัวจาก Electrostatic อาจจะยังหลงเหลือกลิ่นและสาร์อินทรีย์อื่นๆ อีก ก็จะถูกกรองด้วย Carbon Filter อีกครั้ง โดยมีที่ทั้งแบบเป็น Cabinet แยก และแบบ Complete Set



จากที่กล่าวมาข้างต้น การเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมจะช่วยลดภาระการบำรุงรักษาของฝ่ายบำรุงรักษาอาคารได้ แต่หากเลือกผิดพลาดนอกจากจะไม่สามารถแก้ปัญหาได้แต่ยังสร้างปัญหาอื่นเพิ่มเติมได้ ดังนั้นจึงต้องพิจารณาถึงข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดในการเลือกและตัดสินใจใช้อุปกรณ์ป้องกันละอองน้ำมันจากการทำอาหารติดที่ท่อลมระบายอากาศครัว

สรุปข้อดีและข้อเสียดังนี้ :

Electrostatic Precipitator ร่วมกับ Carbon Filter	UV กำจัดละอองน้ำมันสำเร็จรูปมาพร้อม Hood
ข้อดี 1. Electrostatic Precipitator เครื่องแยกละอองน้ำมันแบบอิเลคโทรสแตติค ใช้ไฟฟ้าแรงดันสูงเพื่อทำให้ละอองน้ำมันหรือควันในอากาศที่ถูกดูดเข้าเครื่องถูกชาร์ทให้มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก หลังจากนั้นอากาศจะไหลผ่านแผ่นที่มีประจุไฟฟ้าลบหลายๆ ตัว ละอองน้ำมันที่ถูกชาร์จให้เป็นบวกจะเกาะติดที่แผ่นซึ่งมีประจุลบ เมื่อสะสมมากขึ้นก็หยดลงมาสู่ถังรองน้ำมันด้านล่าง ทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนไส้กรองเหมือนเครื่องกรองละอองน้ำมันแบบอื่นๆ สามารถใช้กำจัดละอองน้ำมัน และควันได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นการลดกลิ่นและไขมันจากการประกอบอาหารก่อนที่จะปล่อยสู่ภายนอก เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นการลดผลกระทบต่อคุณภาพอากาศภายนอก 2. ช่วยลดคราบน้ำมันในบริเวณที่ปล่อยลมออก ส่งผลให้ช่วยลดการถี่ในการทำความสะอาดพื้นที่บริเวณโดยรอบที่ปล่อยลม 3. Carbon Filter ช่วยลดกลิ่นจากการทำอาหารก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ	**ข้อดี** 1. หลอด UVC ในระบบไอเสียของห้องครัว UV จะสลายอนุภาคไขมันในระบบไอเสียของห้องครัวเชิงพาณิชย์ผ่านกระบวนการที่แตกต่างกันสองขั้นตอน: photolysis และ ozonolysis โฟโตไลซิสเป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเมื่อสารประกอบเคมีแตกตัวด้วยโฟตอน โฟโตไลซิสสลายพันธะโมเลกุลและอนุภาคของไขมัน และโอโซนจะทำหน้าที่ออกซิไดซ์โมเลกุลของไขมัน 2. ลดไขมันสะสมในท่อไอเสียห้องครัวได้อย่างมาก 3. ขจัดคราบสกปรกที่สะสมอยู่ 4. ลดความเสี่ยงของการเกิดไฟไหม้ในระบบไอเสียของห้องครัว 5. ประหยัดเงินค่าทำความสะอาดและบำรุงรักษา 6. ไม่เป็นการเพิ่มความฝืดให้กับระบบท่อลม ทำให้ไม่เป็นการเพิ่มความดันของพัดลม
ข้อเสีย 1. ค่าบำรุงรักษาต่อปีสูง และต้องมีการเปลี่ยน Carbon Filter ทุกๆ 4-6เดือน 2. ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสูง 3. อุปกรณ์มีขนาดใหญ่ ต้องมีพื้นที่วางอุปกรณ์ที่เหมาะสมต่อการซ่อมบำรุง 4. เป็นการเพิ่มความฝืดให้กับระบบท่อลม ส่งผลให้พัดลมที่ใช้มีความดันสูงขึ้น	**ข้อเสีย** 1. ประสิทธิในการกำจัดละอองไขมันและกลิ่นน้อยกว่าการใช้ Electrostatic Precipitator อยู่เล็กน้อย

ทศวรรษ สนั่นฤทธิ์ สส.470
วิศวกรโครงการ
งานระบบวิศวกรรมสุขาภิบาล

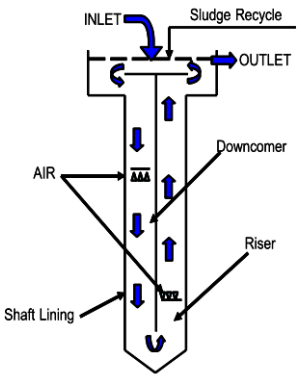
ระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับศูนย์การค้าขนาดใหญ่หรือโครงการที่มีพื้นที่จำกัด

ในปัจจุบันความนิยมของร้านอาหารต่างๆ ได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งอาหารไทยและต่างประเทศ อาหารทานเล่นและอาหารเป็นมื้อ ทำให้เราเห็นการขยายตัวของร้านอาหารต่างๆ มากมาย ร้านอาหารเหล่านี้ก็มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นมาในศูนย์การค้าเช่นกัน ทำให้มีการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้นจากกิจกรรมร้านอาหาร และสัดส่วนของน้ำเสีย มีค่าความสกปรกเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากไขมันและน้ำมันจากกิจกรรมของร้านอาหาร โดยก็ปริมาณน้ำเสียและค่าความสกปรกที่เพิ่มขึ้นนี้มีผลโดยตรงต่อขนาดของระบบบำบัดน้ำเสีย ทั้งในด้านของการใช้พื้นที่เพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มอัตราการบำบัด และการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากอุปกรณ์เครื่องจักร

ดังนั้นเพื่อให้ตอบโจทย์สำหรับโครงการขนาดใหญ่ที่มีพื้นที่จำกัดหรือต้องการใช้พื้นที่ให้น้อยที่สุด จึงมีการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Deep shaft ซึ่งเป็นระบบบำบัดที่ลดขนาดพื้นที่หน้าตัดของถังเติมอากาศลง ปรับให้มีความลึกแทนในช่วงระหว่าง 50-150 เมตร และการที่มีความลึกมากก็ยังมีข้อดีคือเมื่อทำการเติมอากาศให้จุลินทรีย์ที่บำบัดน้ำนั้น อากาศที่ไหลผ่านถึงที่ลึกจะมีการละลายน้ำได้มากขึ้นและสัมผัสกับจุลินทรีย์ได้นานขึ้น มีผลให้เกิดการใช้ปริมาณอากาศในการเติมอากาศน้อยลงกว่าระบบทั่วไป

หลักการทำงานของระบบบำบัดแบบ Deep Shaft มีดังนี้

ส่วน Deep shaft เป็นส่วนที่ลึกลงไปใต้ดิน 50-150 เมตร มีส่วนที่น้ำไหลลงและน้ำไหลขึ้น



น้ำเสียที่เข้าระบบจะไหลลงด้านล่างและไหลเวียนขึ้นด้านบน อากาศจะถูกเติมเข้าด้านล่างของถังที่มีแรงดันน้ำสูง ทำให้ออกซิเจนละลายน้ำได้ดีและทำให้เกิดการบำบัดในอัตราสูง

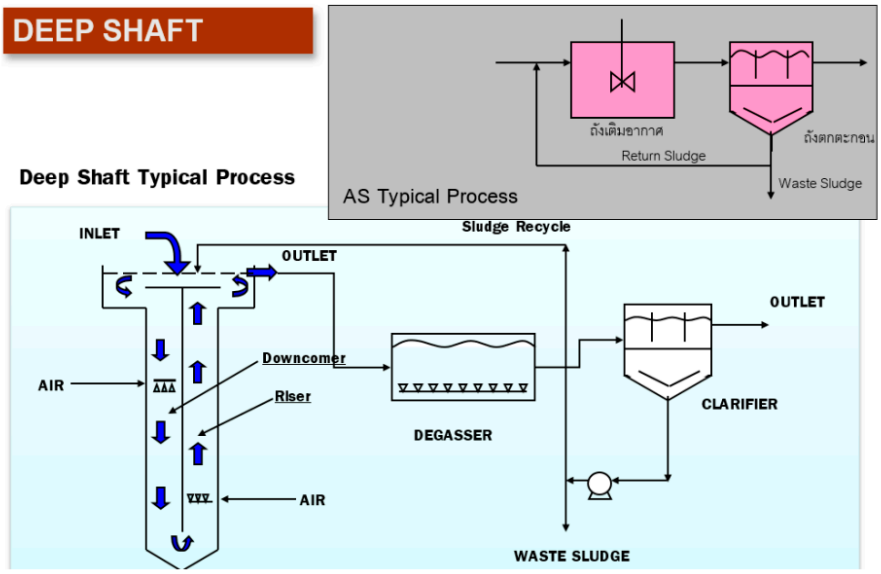
ข้อดีของระบบบำบัด Deep Shaft

- ประหยัดพื้นที่
- ประหยัดพลังงานจากการเติมอากาศ
- ยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำเสีย

ข้อเสียของระบบบำบัด Deep shaft

- ค่าก่อสร้าง Shaft สูง

ความแตกต่างระหว่าง Deep Shaft และระบบบำบัดแบบ Activated Sludge โดยทั่วไปคือจะมีส่วน Degasser เพิ่มเข้ามาเพื่อไล่อากาศออกจากตะกอน ไม่ให้ตะกอนลอยตัวในถังเติมอากาศขั้นที่ 2

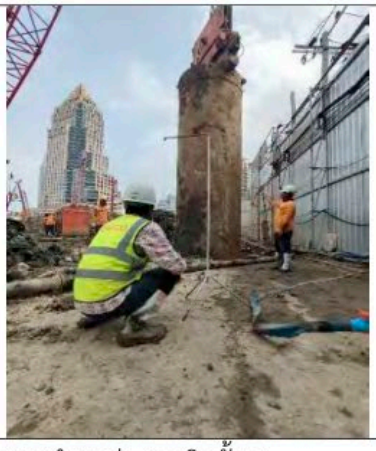
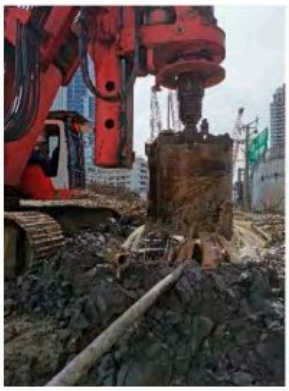
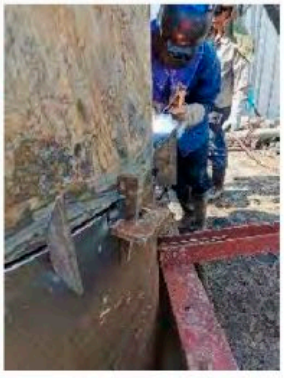


ตารางเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างระบบบำบัดอื่นๆ กับ Deep Shaft

จะเห็นว่าพื้นที่ของระบบ Deep shaft จะใช้น้อยกว่าระบบอื่น โดยจากโครงการที่มีการจัดทำที่ผ่านมา พื้นที่รวมที่ใช้จะน้อยกว่าของระบบ Activated sludge ประมาณ 20-30% และประหยัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงอย่างมีนัยสำคัญ

Description	Treatment Process		
	Anaerobic Process	Activated Sludge	Deep Shaft
Area Consumption	High	Low	Lowest
Energy Consumption	Low	High	Medium
Effectiveness for high density wastewater	High	Medium	High
Retention Time	Long	Medium	Short
Sludge Production	Low	High	Medium
Standard Achievement	No	Yes	Yes

ภาพแสดงขั้นตอนการติดตั้ง Deep Shaft

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>1. ตรวจสอบตำแหน่ง และติดตั้ง Temporary Casing</td><td>2. ขุดดินออกจนถึงระดับที่ต้องการ / เติม Bentonite หรือ Polymer เพื่อป้องกันหลุมพัง</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>3. ทดสอบดิ่งหลุม ทุก10-15 เมตร</td><td>4. เริ่มติดตั้ง Deep Shaft</td></tr>
<tr><td> </td><td>  </td></tr>
<tr><td>5. เติมน้ำเพื่อเพิ่มน้ำหนักกด Shaft ลง</td><td>6. ต่อ Shaft ท่อนต่อไป โดยใช้ยางมะตอยเป็นตัวเชื่อมระหว่างแผ่นกั้นแต่ละท่อน</td></tr>
</table>

อ้างอิง: ข้อมูลจาก Advance Environmental Engineering Co.,Ltd.

ภาพแสดงขั้นตอนการติดตั้ง Deep Shaft

7. เชื่อมติดระหว่างท่อน	8. ทดสอบรอยเชื่อมด้วยวิธี PT Test
9. ทำซ้ำจนถึงท่อนสุดท้าย (ท่อนสุดท้ายปลายปิด)	10. ยึดท่อ Shaft ติดกับ Temporary Casing ชั่วคราว
11. เทคอนกรีตรอบ Shaft	12. ถอน Temporary Casing

ณัฐสิทธิ์ หลวงพิทักษ์ สส.476
ผู้จัดการโครงการ
งานระบบวิศวกรรมสุขาภิบาล

การออกแบบโรงแรม และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ยุคปัจจุบันที่พึ่งผ่านวิกฤติโรคระบาดกันมา ทำให้สถานการณ์การท่องเที่ยวพึ่งกลับมาคึกคักส่งผลให้นักลงทุนทั้งในประเทศและต่างประเทศเริ่มหันกลับมาสนใจธุรกิจพัฒนาที่ดินที่เกี่ยวข้องกับโรงแรมกันมากขึ้นเพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการของตลาดที่พึ่งกลับมาฟื้นตัว ทั้งนี้ธุรกิจโรงแรมนั้นต้องผ่านกระบวนการสร้างสรรค์และออกแบบให้เป็นไปตามความต้องการและวัตถุประสงค์ของผู้เป็นเจ้าของโรงแรม โดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็น ประเภทของโรงแรม งบประมาณ ที่ตั้ง ลูกค้าเป้าหมาย เป็นต้น ไม่สามารถพิจารณาเพียงแค่อย่างใดอย่างหนึ่งได้ โดยในบทความนี้จะเน้นไปที่เนื้อหาการออกแบบสาธารณูปโภคสำหรับโรงแรมและกฎหมายที่เกี่ยวข้องเป็นหลัก

การออกแบบระบบสาธารณูปโภคสำหรับโรงแรมเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้โรงแรมมีความสะดวกสบายและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม คือขั้นตอนหลักที่ควรพิจารณาในการออกแบบระบบสาธารณูปโภคสำหรับโรงแรม

1. ระบบไฟฟ้าและระบบสื่อสาร

การใช้การออกแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการใช้พลังงาน และการใช้งานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ จะช่วยลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น

2. ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้และระบบป้องกันเพลิงไหม้

เป็นระบบที่มีความสำคัญต่อความปลอดภัยของอาคาร โดยระบบทั้งสองนี้ทำงานร่วมกันเพื่อแจ้งเตือนและป้องกันไม่ให้เพลิงไหม้ลุกลามภายในอาคาร

3. ระบบน้ำประปา

การออกแบบระบบสำรองน้ำประปา และสูบจ่ายไปห้องพัก และส่วนต่างๆ ของอาคาร ให้มีแรงดันคงที่เพียงพอต่อการใช้งานอย่างสม่ำเสมอ ไม่วูววาบ ทั้งนี้ยังรวมไปถึงการผลิตและสูบจ่ายระบบน้ำร้อนที่ใช้ภายในอาคารอีกด้วย

4. ระบบการบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำที่เกิดจากกิจกรรมการใช้น้ำภายในอาคารจนส่งผลให้เกิดน้ำที่มีคุณลักษณะไม่พึงประสงค์ จึงต้องมีการบำบัดน้ำดังกล่าวให้มีคุณลักษณะอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

5. ระบบการปรับอากาศและระบายอากาศ

เป็นการใช้อุปกรณ์เชิงกลหรือการออกแบบช่วยในการปรับคุณลักษณะของอากาศภายในอาคาร ให้แขกมาเข้าพักหรือผู้ใช้งานรู้สึกสบายตัวมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ อีกทั้งต้องปลอดภัยแก่ชีวิตและทรัพย์

ความซับซ้อนของการออกแบบระบบนั้นจะขึ้นอยู่กับทำเลที่ตั้ง งบประมาณของโครงการ Brand Standard และส่วนที่สำคัญที่สุดคือกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับอาคารที่ออกแบบ จะขาดไปอย่างใดอย่างหนึ่งเสียไม่ได้ ต้องนำทั้ง 4 อย่างมาพิจารณาร่วมกัน โดยทำเลที่ตั้งนั้นจะต้องผ่านการแผนธุรกิจจากเจ้าของกิจการและทีมงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้โครงการดังกล่าวมีผลิตผลตอบแทนที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งจะส่งผลต่อเนื่องมา กับส่วนของงบประมาณของโครงการ

Brand Standard นั้นจะเป็นมาตรฐานในการออกแบบงานระบบเกือบจะทั้งหมด โดยทางทีมงานระบบต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด เพื่อที่จะให้เป็นไปตามความต้องการของ Brand ที่เจ้าของกิจการเลือกสรร ยกตัวอย่าง Brand Hotel ที่มีให้เห็นกันอย่างหลากหลาย

SHERATON, FOUR POINTS BY SHERATON, Holiday Inn, CROWNE PLAZA, REGENT, COSI, IHG HOTELS & RESORTS, Dusit Collection, JW MARRIOTT, HOP INN

ซึ่งในแต่ละ Brand ที่ได้ยกตัวอย่างมานั้นก็จะมีความซับซ้อนในการออกแบบที่แตกต่างกันตามแต่ละ Brand และเกรดของโรงแรม หรือยิ่งโรงแรมที่มีจำนวนดาวที่ระบุตามสื่อโฆษณา ยิ่งมีจำนวนมาก ความซับซ้อนและความยากในการออกแบบก็จะยิ่งเพิ่มขึ้นตามลำดับ

ส่วนกฎหมายที่เกี่ยวข้องนั้นสามารถแบ่งได้หลากหลายฉบับ ขึ้นอยู่กับประเภทของอาคารและจำนวนห้องพักที่จดทะเบียนกับหน่วยงานราชการไว้ เช่น

พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

- กฎกระทรวง ฉบับที่ 33
- กฎกระทรวง ฉบับที่ 39
- กฎกระทรวง ฉบับที่ 55
- กฎกระทรวง ฉบับที่ 69

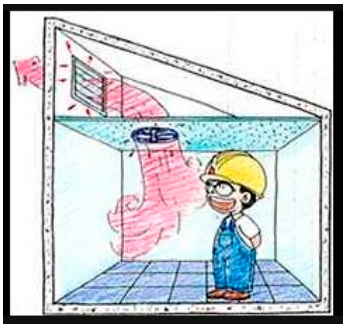
กฎกระทรวงกำหนดลักษณะและระบบความปลอดภัยของอาคารที่ใช้ประกอบธุรกิจโรงแรม พ.ศ. 2566

กฎกระทรวงกำหนดสิ่งอำนวยความสะดวกในอาคารสำหรับผู้พิการหรือทุพพลภาพ และคนชรา (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2564

ทั้งนี้กฎหมายที่ได้ยกตัวอย่างมานั้นเป็นเพียงกฎหมายหลักๆ ที่ใช้ในการออกแบบงานระบบประกอบอาคารสำหรับโรงแรมเท่านั้น ไม่ใช่กฎหมายทั้งหมดที่ใช้ในการออกแบบโรงแรม

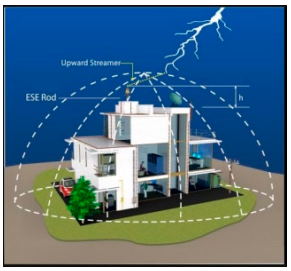
ในเนื้อความของกฎหมายเกี่ยวข้องกับการออกแบบโรงแรมนั้นจะกล่าวถึงความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของผู้ใช้อาคารเป็นหลัก คือ

ระบบแจ้งเตือนเหตุไหม้/ฉุกเฉิน/ตับเพลิงอัตโนมัติ

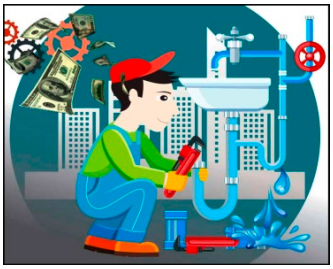


ระบบระบายอากาศและอัดอากาศ

ระบบป้องกันเพลิงไหม้

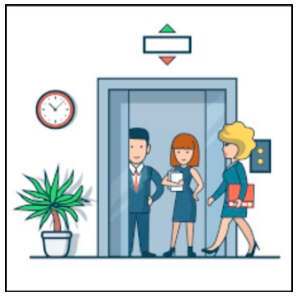


ระบบป้องกันฟ้าผ่า



ระบบน้ำประปา/ระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบอำนวยความสะดวกสำหรับบุคคลทุพพลภาพ



ระบบลิฟต์

จะเห็นได้ว่ากฎหมายดังกล่าวไม่ได้มีกล่าวถึงผลกระทบของอาคารที่เกิดกับพื้นที่ข้างเคียง หรือประชากรที่อาศัยในละแวกนั้นเลย จึงได้มีการบังคับให้โรงแรมหรืออาคารที่เข้าเกณฑ์ จะต้องทำ การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment) หรือ EIA

ซึ่ง EIA หรือการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment) คือกระบวนการศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นทั้งในขณะดำเนินโครงการหรือกิจการใดๆ และในขณะก่อสร้างโครงการ ที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติ คุณภาพสิ่งแวดล้อม สุขภาพ อนามัย คุณภาพชีวิต หรือส่วนได้เสียอื่นใดของประชาชนหรือชุมชน ทั้งทางตรงและทางอ้อม ***"โดยผ่านกระบวนการการมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่ใกล้เคียงมาร่วมออกความเห็นเสมอ"*** เพื่อกำหนดมาตรการป้องกันแก้ไขผลกระทบดังกล่าว

EIA มีความสำคัญต่อการพัฒนาที่ยั่งยืน เพราะจะช่วยป้องกันและลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นจากการพัฒนาโครงการต่างๆ เช่น โครงการก่อสร้าง โครงการอุตสาหกรรม โครงการเกษตรกรรม เป็นต้น ช่วยให้โครงการต่างๆ ดำเนินไปอย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศ

แล้วโรงแรมแบบไหนบ้างที่ต้องทำหรือ EIA

- โรงแรมที่มีจำนวนห้องพักตั้งแต่ 80 ห้องขึ้นไป หรือมีพื้นที่ใช้สอยตั้งแต่ 4,000 ตารางเมตรขึ้นไป

- อาคารที่ตั้งริมแม่น้ำ ฝั่งทะเล ทะเลสาบ หรือชายหาด หรือที่อยู่ใกล้หรือในอุทยานแห่งชาติหรืออุทยานประวัติศาสตร์ ซึ่งเป็นบริเวณที่อาจจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม และเป็นอาคารที่สูงเกิน 23 เมตร หรือมีพื้นที่อาคารมากกว่า 10,000 ตารางเมตร

โดยการทำรายงานวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) ต้องทำตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 โดยมาตรา 46 ของกฎหมายดังกล่าวที่ระบุว่าโครงการที่อยู่อาศัยที่อยู่ในเกณฑ์ข้างต้นที่กล่าวมาจะต้องทำรายงานวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ซึ่งข้อกำหนดต่างๆ ตาม EIA ถือเป็นข้อตกลงหรือคำมั่นสัญญาที่เจ้าของโครงการมีให้ไว้ โดยข้อกำหนดใน EIA จะเป็นสิ่งที่แนบท้ายใบอนุญาตต่างๆ เช่น ใบอนุญาตการก่อสร้าง ดังนั้นหากเจ้าของโครงการไม่ทำตามข้อกำหนดที่กำหนดไว้ หน่วยงานผู้มีสิทธิอนุญาตก็มีสิทธิลงโทษตามระเบียบได้

ดังนั้นจะเห็นชัดว่ากว่าจะสามารถก่อสร้างโรงแรมแต่ละแห่งได้นั้นต้องผ่านการพิจารณาองค์ประกอบหลายๆอย่างร่วมกัน อีกทั้งยังต้องอาศัยการมีส่วนร่วมของ ทั้งผู้ชำนาญการในหลายๆ ภาคส่วน ประชาชนที่ได้รับผลกระทบ หน่วยงานราชการ และเจ้าของโครงการ จึงจะสามารถก่อสร้างหรือพัฒนาโรงแรม 1 หลังได้แล้วเสร็จ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวหรือแขกผู้เข้ามาใช้บริการ

ณัฐพล นามมะเริง สก.4548
วิศวกรโครงการ
งานระบบวิศวกรรมสุขาภิบาล

แนวทางการจัดเตรียม ระบบดับเพลิงในศูนย์การค้า

บนโลกนี้มีสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวที่รู้จักสร้างไฟและควบคุมไฟได้นั่นคือมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความสามารถเหนือกว่าสิ่งมีชีวิตอื่น แต่หากถ้ามนุษย์ไม่สามารถควบคุมไฟได้ก็จะทำให้เกิดผลกระทบตามมา จึงเป็นเหตุให้มนุษย์ต้องทำการศึกษาเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของไฟอย่างจริงจัง พอจะสรุปสั้นๆ เกี่ยวกับการเกิดขึ้นของไฟได้ว่า ไฟจะเกิดขึ้นได้ต้องมี 3 องค์ประกอบหลักพร้อมกันคือ ออกซิเจน (Oxygen) ความร้อน (Heat) เชื้อเพลิง (Fuel) จะขาดองค์ประกอบส่วนหนึ่งส่วนใดไปไม่ได้ ซึ่งจาก 3 องค์ประกอบนี้สิ่งที่สามารถควบคุมได้จะเป็นความร้อน เราสามารถใช้น้ำลดความร้อนได้ สิ่งที่ป้องกันง่ายสุดจะเป็นเชื้อเพลิง และสิ่งที่ควบคุมได้ยากที่สุดจะเป็นออกซิเจน เราควรเน้นเรื่องการป้องกันจะเป็นการดีที่สุด เพราะถ้าเราตัดหรือแบ่งช่วงของเชื้อเพลิงออกไปได้ก็สามารถป้องกันและควบคุมไฟได้โดยง่าย อย่างเช่นการทำแนวกันไฟในป่าบนภูเขา การใช้วัสดุที่ไม่ติดไฟไม่ลามไฟ หรือจะเป็นวิธีการตั้งวางสินค้าให้ห่างกันก็สามารถลดการเกิดการลามไฟได้

ปัจจุบันพื้นที่ที่มีความหลากหลายของเชื้อเพลิงมากๆ คงจะหนีไม่พ้นศูนย์การค้า เพราะในศูนย์การค้าจะมีทั้งร้านอาหาร ร้านหนังสือ ที่จอดรถ Hall ร้านเสื้อผ้า ร้านรองเท้า บางพื้นที่ก็เป็น Store เก็บของ Office โรงเรียนสอนหนังสือ และอีกมากมายที่ไม่ได้กล่าวถึง ซึ่งในการจัดเตรียมระบบดับเพลิงจำเป็นต้องออกแบบให้เป็นไปตามกฎหมายและมาตรฐานที่กำหนดของพื้นที่หรือประเทศนั้นๆ

สำหรับกฎหมายและมาตรฐานสากลที่เป็นที่ยอมรับในการออกแบบระบบดับเพลิงหลักๆ มีดังนี้

1. **มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยวิศวกรรมศาตร์แห่งประเทศไทย**

2. **NFPA 13** จะเป็นมาตรฐานในการออกแบบและติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติสปริงเกอร์ ที่มีการกำหนดระยะห่างของหัวสปริงเกอร์ที่เหมาะสมกับ CLASS ไฟ หรือเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นว่า ควรเป็น CLASS อะไร เช่น พื้นที่

จอดรถตามมาตรฐานจะระบุให้เป็น Ordinary Hazard ในการออกแบบหัวสปริงเกอร์ 1 หัวต้องไม่เกิน 12 ตารางแมตรต่อหัว พิจารณาตามตารางด้านล่างประกอบ

Table 8.6.2.2.1(b) Protection Areas and Maximum Spacing (Standard Spray Upright/Standard Spray Pendent) for Ordinary Hazard

Construction Type	System Type	Protection Area		Spacing (maximum)	
		ft²	m²	ft	m
All	All	130	12.1	15	4.6

A.5.3.1 Ordinary hazard occupancies (Group 1) include occupancies having uses and conditions similar to the following:

Automobile parking and showrooms
Bakeries
Beverage manufacturing
Canneries
Dairy products manufacturing and processing
Electronic plants
Glass and glass products manufacturing
Laundries
Restaurant service areas

ตารางประกอบจาก NFPA 13

3. **NFPA 20** จะเป็นมาตรฐานในการติดตั้งเครื่องสูบน้ำดับเพลิง FIRE PUMP การระบายอากาศห้องเครื่อง FIRE PUMP ขนาดท่ออุปกรณ์ในการติดตั้ง FIRE PUMP

4. **NFPA 14** จะเป็นมาตรฐานเกี่ยวกับการออกแบบติดตั้ง (Standpipe), HOSE VALVE ว่าให้ต้องมีแรงดันใช้งานระบุไม่น้อยกว่า 45m (65PSI) และไม่เกิน 65m (100PSI) รวมถึงปริมาณน้ำที่ใช้ในแต่ละ Standpipe ของระบบ ระยะห่างในการติดตั้งแต่ละ Standpipe

5. **NFPA 25** กล่าวถึงการ TEST การซ่อมบำรุงระบบดับเพลิง เช่น การ TEST FIRE PUMP ต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 30 นาที สำหรับ ENGINGE FIRE PUMP และไม่น้อยกว่า 10 นาที สำหรับ ELECTRIC MOTOR FIRE PUMP

6. **NFPA 10** กล่าวถึงการเลือกใช้ถังดับเพลิงในการดับไฟและการติดตั้งถังดับเพลิง

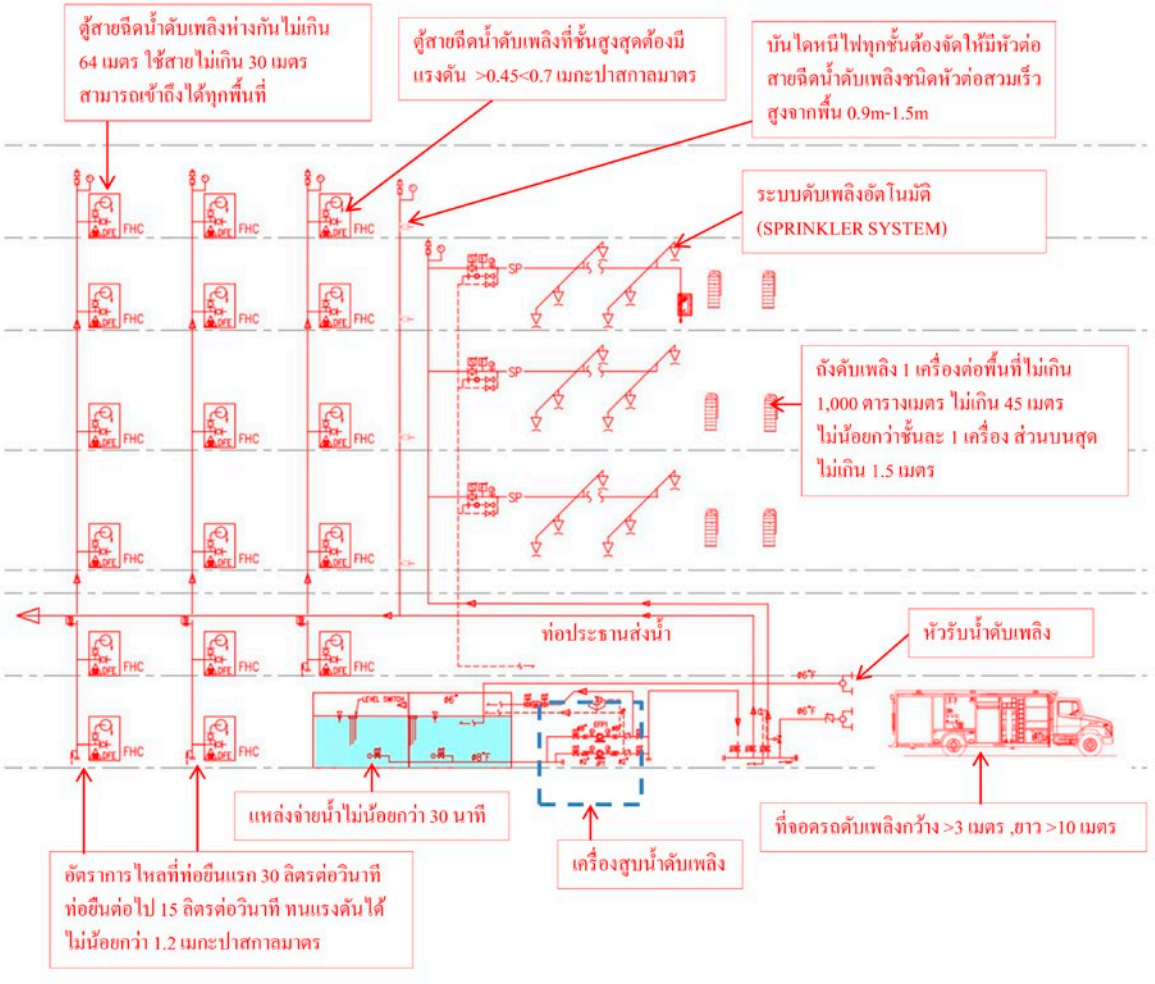
7. **กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันอัคคีภัย**
   - กฎกระทรวงฉบับที่ 39 พ.ศ. 2537
   - กฎกระทรวงฉบับที่ 55 พ.ศ. 2543
   - กฎกระทรวงฉบับที่ 33 พ.ศ. 2535
   - กฎกระทรวงฉบับที่ 50 พ.ศ. 2540 (และแก้ไขเพิ่มเติมฉบับที่ 33)
   - กฎกระทรวงฉบับที่ 69 พ.ศ. 2564 (และแก้ไขเพิ่มเติมฉบับที่ 33)

8. **มาตรฐาน FM**

สำหรับแนวทางการจัดเตรียมระบบดับเพลิงในศูนย์การค้า ที่เป็นศูนย์การค้าขนาดใหญ่หรือมีพื้นที่เกิน 10,000 ตารางเมตร หรือสูงเกิน 23 เมตร สิ่งที่ต้องจัดเตรียมให้เป็นไปตามกฎหมายประกอบด้วย

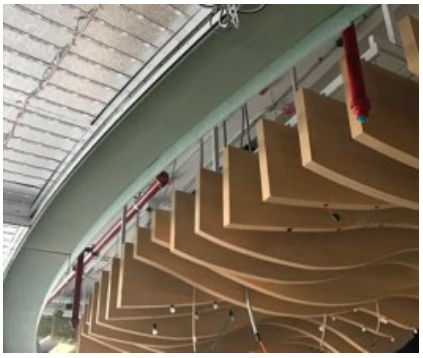
- ท่อยืนโลหะผิวเรียบทนความดันได้ไม่น้อยกว่า 1.2 เมกะปาสกาลมาตรสีแดง ติดตั้งจากล่างสุดถึงบนสุดของอาคารต่อเข้ากับท่อประธานส่งน้ำแหล่งจ่ายน้ำของอาคารและระบบส่งน้ำจากหัวรับน้ำดับเพลิงนอกอาคาร
- ตู้สายฉีดน้ำดับเพลิงประกอบด้วยหัวต่อสายน้ำฉีดน้ำดับเพลิงขนาด 1 นิ้ว และหัวต่อสวมเร็วขนาด 21/2 นิ้ว พร้อมฝาครอบและโซ่ร้อยติดไว้ห่างกันไม่เกิน 64 เมตร และเมื่อใช้สายฉีดน้ำดับเพลิงยาวไม่เกิน 30 เมตร สามารถนำไปใช้ดับเพลิงในพื้นที่ทั้งหมดในชั้นนั้นได้
- ความดันต่ำสุดที่หัวต่อสายฉีดน้ำดับเพลิงที่ชั้นสูงสุดต้องไม่น้อยกว่า 0.45 เมกะปาสกาลมาตรแต่ไม่เกิน 0.7 เมกะปาสกาลมาตรด้วยอัตราการไหล 30 ลิตรต่อวินาที
- หัวรับน้ำดับเพลิงติดตั้งภายนอกอาคารสามารถรับน้ำจากรถดับเพลิงที่มีข้อต่อสวมเร็วแบบมีเขี้ยวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21/2 นิ้ว และมีข้อความเขียนด้วยสีสะท้อนแสงว่า “หัวรับน้ำดับเพลิง”
- ปริมาณส่งจ่ายน้ำดับเพลิงสำหรับท่อยืนแรก 30 ลิตรต่อวินาที และไม่น้อยกว่า 15 ลิตรต่อวินาทีสำหรับท่อยืนที่เพิ่มขึ้น แต่รวมแล้วไม่จำเป็นต้องมากกว่า 95 ลิตรต่อวินาที และสามารถส่งจ่ายน้ำได้เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 30 นาที
- เครื่องดับเพลิงแบบมือถือตามชนิดและขนาดที่เหมาะสำหรับดับเพลิงโดยให้มี 1 เครื่องต่อพื้นที่อาคารไม่เกิน 1,000 ตารางเมตรทุกระยะไม่เกิน 45 เมตร แต่ไม่น้อยกว่าชั้นละ 1 เครื่อง การติดตั้งให้ส่วนบนสุดสูงไม่เกิน 1.50 เมตรจากพื้น
- ต้องจัดให้มีระบบดับเพลิงอัตโนมัติ (SPRINKLER SYSTEM) หรือระบบอื่นที่เทียบเท่า

- พื้นที่สำหรับจอดยานพาหนะสำหรับรถดับเพลิงอย่างน้อย 1 คัน โดยเป็นที่ว่างและไม่อยู่ใต้ทางเดินเชื่อมระหว่างอาคาร มีความกว้างไม่น้อยกว่า 3 เมตร ความยาวไม่น้อยกว่า 10 เมตร พนักงานดับเพลิงเข้าถึงได้สะดวกรวดเร็วที่สุด และอยู่ใกล้หัวรับน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งภายนอกอาคารมากที่สุด



ปัญหาและอุปสรรคที่พบบ่อยในการออกแบบระบบดับเพลิงในศูนย์การค้าขนาดใหญ่

1. รูปแบบฝ้าที่ซับซ้อน ในระยะเริ่มแรกของการออกแบบจำเป็นต้องมีการเผื่อพื้นที่สำหรับการติดตั้งท่องานระบบดับเพลิงไว้ ซึ่งถ้าไม่ได้จัดเตรียม หรือฝ้ามีความซับซ้อนมากอาจต้องติดตั้งเป็นท่ออ่อนหรือ FLEXIBLE SPRINKLER PIPE ช่วย

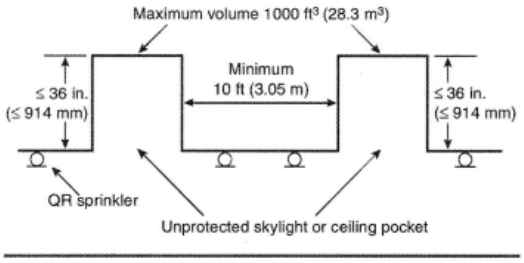


ตัวอย่างรูปแบบฝ้าที่ซับซ้อน

ภาพ FLEXIBLE SPRINKLER PIPE

2. รูปแบบฝ้าที่ซับซ้อนแบบ POCKETS สำหรับรูปแบบฝ้าในลักษณะนี้ในมาตรฐาน NFPA 13 หัวข้อ 8.6.7 Ceiling Pockets ได้มีระบุแนวทางการติดตั้งโดยให้สามารถติดตั้งระบบดับเพลิงสปริงเกอร์ใต้หลุม Ceiling Pockets ได้ไม่เกิน 36 in โดยในหลุมต้องมี Volume ไม่เกิน 28 ลบ.ม ตามภาพประกอบ

ภาพ Ceiling Pockets



ภาพจาก NFPA 13 หัวข้อ 8.6.7

บริเวณที่มีท่อ DUCT ขนาดใหญ่อยู่ใต้หัวสปริงเกอร์ ทำให้หัวสปริงเกอร์ทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ จำเป็นต้องติดตั้งหัวสปริงเกอร์ใต้ DUCT เพิ่ม ซึ่งตามมาตรฐาน NFPA 13 หัวข้อ 8.7.5.3.2 ได้ระบุแนวทางไว้ที่ 1.2 เมตร ต้องติดตั้งระบบดับเพลิงสปริงเกอร์ใต้ DUCT

3. ใต้บันไดเลื่อนหรือห้องที่มีการนำของหรือเชื้อเพลิงไปไว้ได้ ซึ่งกรณีนี้เริ่มแรกจะไม่มีการนำเชื้อเพลิงไปเก็บพอศูนย์การค้าเปิดไปได้ระยะหนึ่งจะมีร้านค้าหรือของตกแต่งที่เป็นเชื้อเพลิงไปไว้ ทำให้มีความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุเพลิงไหม้ได้จำเป็นต้องติดตั้งระบบดับเพลิงสปริงเกอร์ไว้เลยตั้งแต่แรก

หลักการสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบระบบดับเพลิงคือ จุดไหนหรือพื้นที่ไหนที่มีเชื้อเพลิง สามารถเก็บเชื้อเพลิงได้ หรือไม่มีเชื้อเพลิงแต่เพลิงสามารถไหม้ลามขึ้นมาได้ จำเป็นต้องติดตั้งระบบดับเพลิงอัตโนมัติสปริงเกอร์ไว้ เพราะ 1 จุด 1 หัวสปริงเกอร์ที่มีอยู่จะสามารถช่วยชีวิตคน ช่วยลดการพังทลายของโครงสร้างและลดการสูญเสียทรัพย์สินอื่นเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ได้

บทสรุป

หลักการทำงานของไฟประกอบด้วย 3 องค์ประกอบคือ ออกซิเจน ความร้อน เชื้อเพลิง สิ่งที่ป้องกันได้ง่ายที่สุดจะเป็นเชื้อเพลิง แนวทางการจัดเตรียมระบบดับเพลิงจำเป็นต้องออกแบบให้เป็นไปตามกฎหมายและมาตรฐาน สำหรับการจัดเตรียมระบบดับเพลิงในศูนย์การค้าขนาดใหญ่ที่ต้องมีตามกฎหมายประกอบด้วยถังสำรองน้ำดับเพลิง เครื่องสูบน้ำดับเพลิง หัวรับน้ำดับเพลิง ตู้สายฉีดน้ำดับเพลิง หัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ ถังดับเพลิง ที่จอดรถดับเพลิง ซึ่งปัญหาและอุปสรรคที่พบบ่อยในการจัดเตรียมจะเป็นเรื่องการติดตั้งระบบดับเพลิงอัตโนมัติสปริงเกอร์ในรูปแบบฝ้าที่ซับซ้อน จึงจำเป็นต้องมีการจัดเตรียมพื้นที่สำหรับการติดตั้งไว้ในฝ้าตั้งแต่แรก

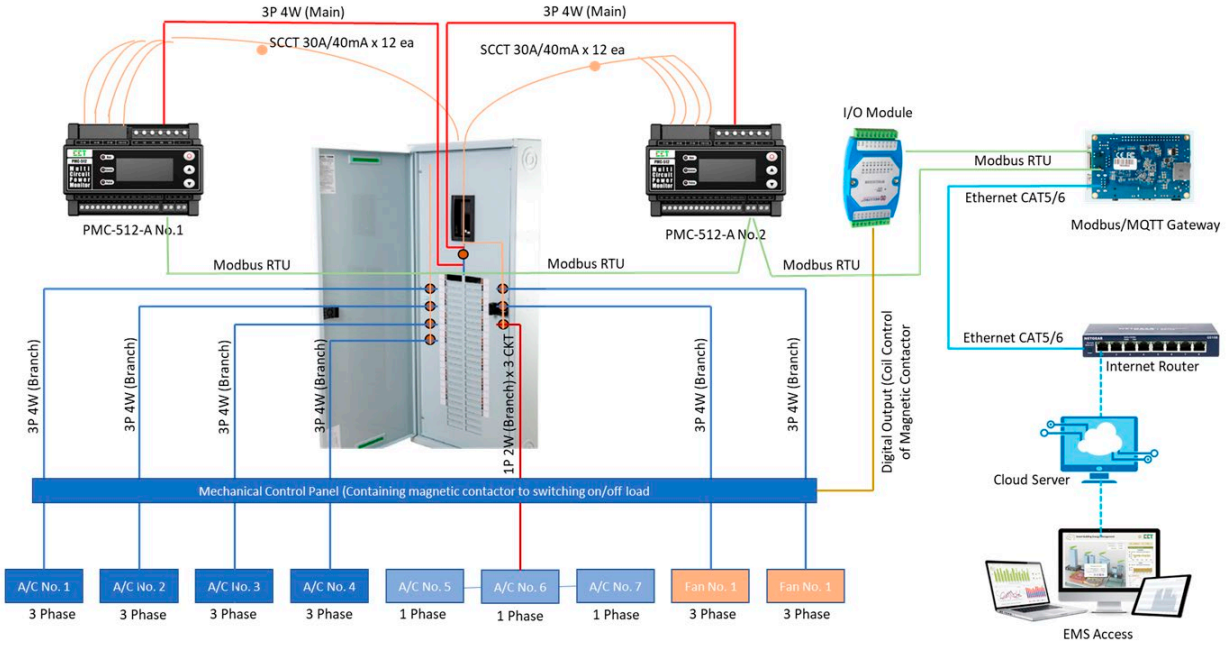
ธน วิเชียรชัย สก.4907
วิศวกรโครงการ
งานระบบวิศวกรรมสุขาภิบาล

การจัดเตรียมและตรวจสอบ งานก่อสร้างร้านอาหารในศูนย์การค้า

ในการจัดเตรียมงานระบบสำหรับร้านอาหารในศูนย์การค้านั้นมีหลายสิ่งที่ต้องคำนึงถึง ไม่ว่าจะเป็นมาตรฐานของศูนย์การค้า ซึ่งต่างมีข้อกำหนดไม่เหมือนกัน ประเภทของวัสดุ อุปกรณ์ที่บังคับใช้ ระยะความสูงจากพื้นถึงพื้นของแต่ละศูนย์การค้า และแต่ละร้านอาหารก็มีการให้ความสำคัญกับเรื่องต่างๆแตกต่างกันไป เช่น ประเภทอาหาร หรือการบริการของแต่ละร้าน ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อการจัดเตรียมงานระบบภายในร้านอาหารทั้งสิ้น

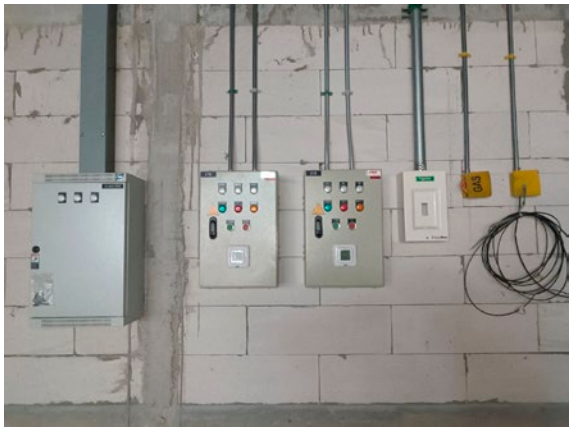
งานระบบที่จัดเตรียมให้ร้านอาหารในศูนย์การค้ามีดังนี้

- **ระบบไฟฟ้ากำลัง (MAIN POWER)**
  - » จัดเตรียมเป็น Circuit Breaker With Box, 3PH ขนาด Rate Amp ตามขนาดพื้นที่ของร้าน ซึ่งทางผู้ออกแบบต้องมีการประเมิน Load การใช้งานเบื้องต้น จากอุปกรณ์ครัว และงานไฟตกแต่งภายในร้านทั้งหมด รวมไปถึงประเภทของระบบปรับอากาศและระบายอากาศที่ศูนย์การค้าจัดเตรียมให้ โดยตำแหน่งและประเภทของ Outlet จำต้องคำนึงถึงอุปกรณ์ครัวที่จ่ายไฟฟ้าให้ เพื่อพิจารณาไปถึงความสูงของการติดตั้ง รวมไปถึงเบรกเกอร์ย่อยที่ใช้งานภายในร้านต้องเป็นชนิดที่กันไฟรั่ว (RCB)
  - » ในปัจจุบันมีการนำ Digital Power Meter มาใช้ในการ Monitor Power Consumption ภายในร้าน เพื่อตรวจสอบการใช้งานของพนักงาน รวมไปถึงการสั่งงานเปิด-ปิดระบบต่างๆ ภายในร้านผ่านทางระบบ IOT



- **ระบบไฟฟ้าสื่อสาร (TELEPHONE & COMMUNICATION SYSTEM)**
  - » จัดเตรียมเป็น Conduit โดยทางผู้เช่าต้องเป็นผู้ประสานงานกับ Service Provider เพื่อดึงสาย Fiber Obtic มายังร้าน ระบบนี้มีความสำคัญภายในร้านอาหารอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นบริการ Self Service ของลูกค้า ที่ลูกค้าสามารถเลือกสั่งอาหารด้วยตัวเอง หรือการสื่อสารกันของพนักงานภายในร้านเพื่อให้เกิดความรวดเร็วราบรื่นในการจัดเตรียมอาหาร รวมไปถึงการส่งข้อมูลของร้านไปยังส่วนกลางในกรณีที่ร้านเป็นร้าน Chain อีกด้วย

- **ระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ (FIRE ALARM SYSTEM)**
  - » จัดเตรียมเป็น Smoke Detector โดยจำนวน Smoke Detector เป็นไปตามขนาดพื้นที่ของร้าน หากเป็นพื้นที่ที่มีควันต้องใช้ Heat Detector แทนในพื้นที่ครัว ซึ่งจะต้องเชื่อมต่อกับ Addressable Module หรือ Zone Module ตามที่ศูนย์การค้ากำหนด โดยปัจจุบันยังมีศูนย์การค้าบางแห่งต้องติดตั้ง Detector ชนิด Rate-Anticipation ในพื้นที่ Walk-In Chiller และ Walk-In Fruzer อีกด้วย



- **ระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง**
  - » จะต้องคำนึงถึงค่า LUX เป็นสิ่งสำคัญ โดยในพื้นที่ DINING ค่า LUX ควรจะมากกว่า 300 LUX และมีค่าอุณหภูมิสีโดยภาพรวมที่ 2700K เพื่อให้ลูกค้ามีความอยากอาหารเพิ่มมากขึ้น พื้นที่ Kitchen ควรจะมากกว่า 500-700 LUX เนื่องจากพื้นที่ครัวมีความอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการประกอบอาหารได้ และโคมไฟในพื้นที่ครัวควรเป็นแบบฝาครอบใส เพื่อให้พนักงานเห็นด้านในโคมได้ ในกรณีที่มีแมลงเข้ามาในร้าน

- **ระบบปรับอากาศ (AIR CONDITION SYSTEM)**
  - » จัดเตรียมเป็น AHU ชนิด Duct Type พร้อมวาล์วหน้าเครื่อง รวมไปถึงตู้ Starter AHU โดยทางศูนย์การค้าจะไม่ได้เดินสายไฟไว้ให้ เพื่อความสะดวกในการย้ายตำแหน่งเครื่อง และตู้ Starter ภายในร้านควรคำนึงการกระจายลมให้ทั่วถึงพื้นที่นั่งของลูกค้า และที่สำคัญสำหรับการออกแบบระบบปรับอากาศภายในครัว ทิศทางลมควรจะเลือกใช้ Grille แบบปรับทิศทางได้แบบ Double Deflection เนื่องจากแรงลมจะมีผลในการทำอาหารโดยเฉพาะผงปรุงต่างๆ ซึ่งอาจได้รับผลกระทบจากแรงลมที่มากเกินไปได้

- **ระบบระบายอากาศ (VENTILATION SYSTEM)**

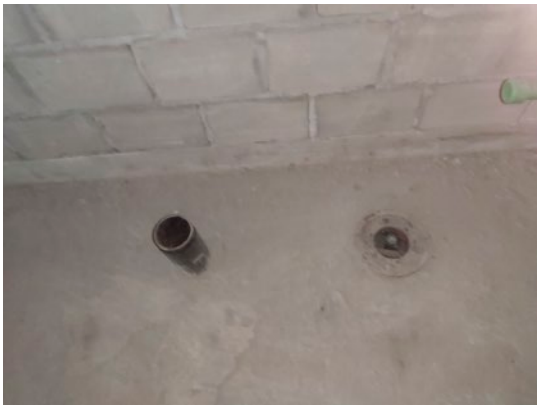
  แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้
  - » จัดเตรียมท่อลม Kitchen Exhaust และ Make Up Air Duct โดยให้ผู้เช่าจัดเตรียมพัดลมเอง
  - » จัดเตรียมท่อลม Kitchen Exhaust และ Make Up Air Duct โดยทางศูนย์การค้าเป็นผู้จัดเตรียมพัดลมให้ แบ่งย่อยได้เป็นอีก 2 แบบ ได้แก่
    1. พัดลมส่วนกลางจ่ายลมให้กับร้านค้าหลายร้าน
    2. พัดลมแขวนอยู่ภายในร้าน (ต้องคำนึงถึงระยะจากพื้นถึงพื้น)

โดยการออกแบบต้องคำนึงถึงจำนวน HOOD และขนาดของ HOOD ภายในร้าน เพื่อให้เลือกใช้พัดลมได้ตามความต้องการ และยังต้องคำนึงถึงประเภทของการประกอบอาหารนั้นๆ ซึ่งมีความต้องการลมไม่เท่ากันอีกด้วย

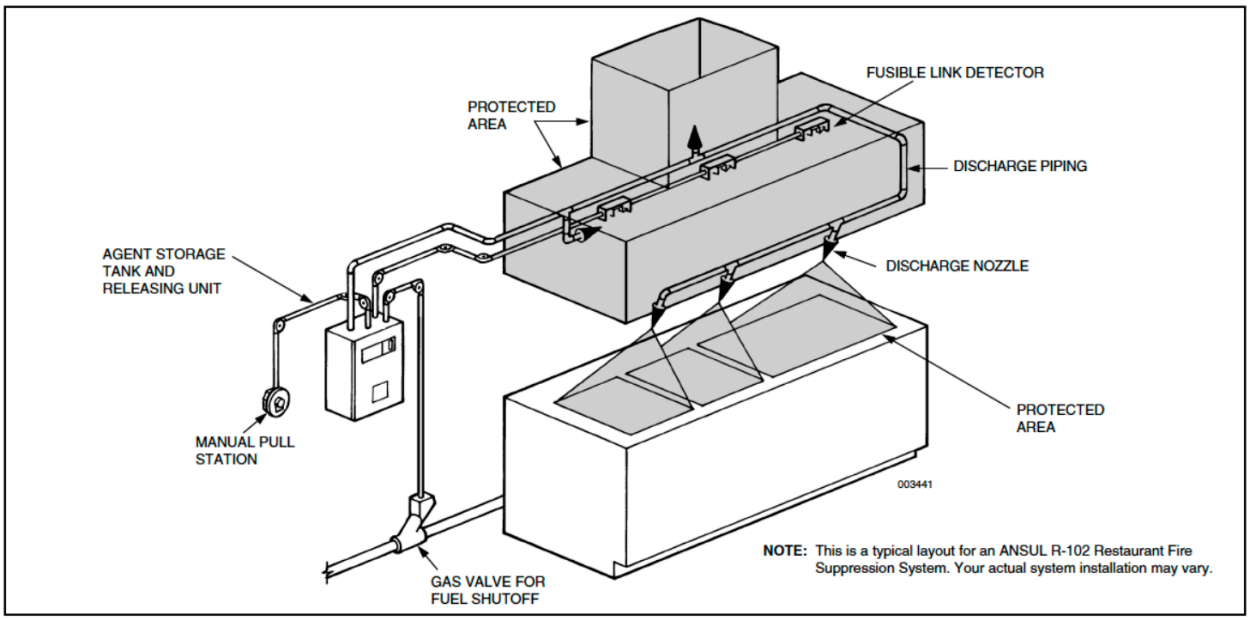
- **ระบบท่อจ่ายน้ำ (COLD WATER SYSTEM)**
  - » จัดเตรียมท่อน้ำดี โดยขนาดของท่อน้ำดีจะอ้างอิงตามขนาดพื้นที่ของร้าน โดยจะจัดเตรียมได้ 2 รูปแบบด้วยกัน (ขึ้นอยู่กับงบประมาณของโครงการ) ได้แก่
    1. จัดเตรียมให้เพียงท่อน้ำดี โดยผู้เช่าจัดเตรียมมาตรวัดน้ำเอง
    2. จัดเตรียมท่อน้ำดีพร้อมมาตรวัดน้ำระบบน้ำดี ซึ่งมีความสำคัญในร้านเป็นอย่างมาก เนื่องจากวัตถุดิบต่างๆ ที่ต้องสัมผัสกับน้ำจำเป็นจะต้องมีน้ำที่มีคุณภาพดี พอที่จะใช้ในการประกอบอาหารได้ ระบบกรองแขวน Softener จึงเป็นที่นิยมใช้กันมากเนื่องจากประหยัดพื้นที่และสามารถติดตั้งได้ง่าย โดยปัจจุบันมีการใช้ UV Disinsection (UV Dose 40-60 MJ/CU.CM) เพื่อฆ่าเชื้อโรคภายในน้ำก่อนนำมาใช้ในการประกอบอาหาร

ภาพจาก https://www.ubuy.co.th/

- **ระบบท่อน้ำทิ้งครัว (KITCHEN WASTE SYSTEM)**
  - » จัดเตรียมท่อน้ำทิ้ง ซึ่งขนาดขั้นต่ำสำหรับร้านอาหารควรจะใช้ขนาดท่อ 4 นิ้ว และ Flooe Clean Out ให้จำนวน 1 ชุด โดยร้านค้าเช่าจะถูกบังคับให้ติดตั้งถังดักไขมันก่อนที่จะทิ้งน้ำลงสู่ท่อ Kitchen Waste ส่วนกลางของศูนย์อาหาร เพื่อป้องกันการอุดตันของเศษอาหารและไขมันที่อาจเกิดขึ้นในท่อ



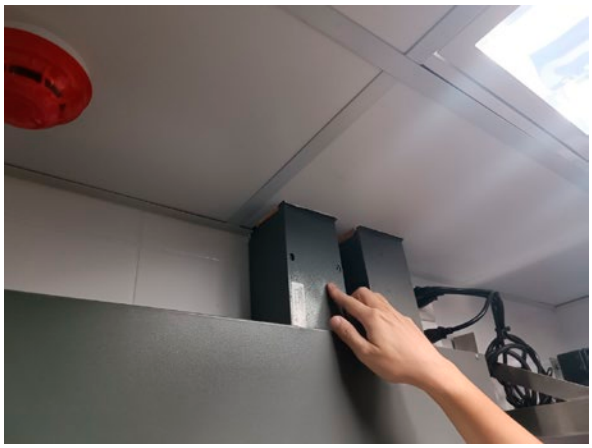
- **ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง (FIRE PROTECTION SYSTEM)**
  - » จัดเตรียมท่อ Sprinkler พร้อมหัว Sprinkler Head โดยหากร้านค้ามีการกั้นผนังใหม่ต้องตัดต่อท่อเพื่อย้ายตำแหน่งเองโดยที่ใกล้ Hood จะนิยมติดสปริงเกอร์ 93 ˚c และในห้องแช่จะติดสปริงเกอร์ชนิด DryPipe เพื่อป้องกันการแข็งตัวของน้ำ
  - » ระบบดับเพลิงภายใน Hood มักนิยมใช้ชนิด Wet Chemical



ภาพจาก https://afsaugusta.com/index.php/product/commercial-hood-fire-system/

- **ระบบจ่ายแก๊ส (LPG SYSTEM)**
  - » จัดเตรียมท่อ Gas จบงานเป็น Ball Valve โดยมักนิยมจบที่เหนือร้านค้าหน้าทางเข้าโดยให้ผู้เช่ามาต่อท่อ และผู้เช่าต้องติดมิเตอร์และระบบ แจ้งเตือนเหตุก๊าซรั่วเพื่อเชื่อมต่อกับระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ของโครงการ การออกแบบระบบ LPG จะต้องออกแบบที่ระดับแรงดันให้เหมาะสมกับการทำอาหารแต่ละประเภท

ในการตรวจสอบงานระบบสำหรับร้านอาหารในศูนย์การค้านั้น สิ่งสำคัญที่สุดที่ต้องคำนึงคือหลักการ Food Safety กล่าวคือ ความปลอดภัยด้านอาหารเพื่อให้บริการแก่ลูกค้า ดังนั้นในการตรวจสอบงานระบบภายในร้านอาหารนอกเหนือจากการคำนึงถึงมาตรฐานการติดตั้งงานระบบตามคู่มือของศูนย์การค้าแล้ว ยังต้องคำนึงถึงช่องเปิดต่างๆ ระหว่างฝ้ากับงานระบบภายในร้าน หรือซอกมุมที่มีโอกาสเป็นที่อยู่ของแมลง ซึ่งเป็นสิ่งที่รับไม่ได้อย่างยิ่งสำหรับผู้ประกอบการร้านอาหาร หรือแม้แต่ผู้บริโภคเอง



บทสรุป

การจัดเตรียมงานระบบของร้านค้าต้องคำนึงถึงพื้นที่การติดตั้ง ความสูงของฝ้าที่ทางผู้ออกแบบงานตกแต่ง Set ไว้ว่าระดับฝ้าในพื้นที่ Dining ต้องอยู่ที่ระดับเท่าใด เพื่อให้เกิดความสวยงามไปในทางเดียวกัน รวมไปถึงภาพรวมของแสงภายในร้านเพื่อให้เกิดความดึงดูดและอยากอาหาร และในขณะเดียวกันนั้นงานระบบพื้นฐานภายในร้านจะต้องไม่มีข้อบกพร่องในการใช้งาน มีการ Backup ไฟสำรองสำหรับพื้นที่สำคัญๆ เช่น Pos ทั้งนี้หลักการที่สำคัญที่สุดในการตรวจสอบงานระบบภายในร้านอาหารคือ Food Safety

พันพิศาล ประดิษฐศิลป์ สส.606
วิศวกรโครงการ
งานระบบวิศวกรรมสุขาภิบาล

ระบบสระว่ายน้ำ

สระว่ายน้ำที่กล่าวถึงนี้หมายถึงสระว่ายน้ำ สระน้ำเพื่อความสวยงาม สระน้ำพุ น้ำตก หรือหมายถึงสระน้ำที่มีระบบกรองน้ำเช่นเดียวกับสระว่ายน้ำ การสร้างสระว่ายน้ำมีประวัติยาวนานและไม่สามารถระบุว่าใครเป็นคนแรกที่สร้างสระว่ายน้ำได้ เนื่องจากมีข้อมูลที่หลากหลายในหลายสถานที่ทั่วโลกเกี่ยวกับการว่ายน้ำในสระตั้งแต่ยุคโบราณ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่ทรงพลังและระบบสระว่ายน้ำสามารถพบเห็นในอดีตมาก่อนการสร้างสระว่ายน้ำในยุคสมัยของกรีกและโรม เช่น สระว่ายน้ำและส่วนอาบน้ำในกรุงโรม

ในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 18 ได้เริ่มใช้งานเครื่องจักรสร้างสระว่ายน้ำและระบบกรองน้ำที่นำมาเป็นแนวคิดในการสร้างสระว่ายน้ำส่วนใหญ่ในยุคโมเดิร์น ในยุคต่อมา สระว่ายน้ำก็กลายเป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรมการออกกำลังกายและพักผ่อน และสระว่ายน้ำในบ้านส่วนตัวกลายเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการพักผ่อนและการสันทนาการ

ในยุคที่เราอยู่ตอนนี้ สระว่ายน้ำมีความหลากหลายและมีความนิยมอย่างมากในหลายสถานที่ทั่วโลก โดยได้กลายเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับความสนุกสนาน การออกกำลังกาย และการพักผ่อนของผู้คนทั่วไป และเป็นส่วนหนึ่งของสไตล์การดำรงชีวิตสมัยใหม่ของเรา

มนุษย์ชอบสระว่ายน้ำด้วยหลายเหตุผล

1. ความสบายและสบายใจ: การลงน้ำในสระว่ายน้ำเป็นวิธีที่ทำให้ร่างกายมีน้ำหนักเบาลงและสบายตัว การลอยน้ำสามารถทำให้ความเครียดลดลงและช่วยในการผ่อนคลาย

2. การออกกำลังกาย: การว่ายน้ำเป็นการออกกำลังกายที่มีผลลัพธ์ดีต่อสุขภาพ โดยเสมือนการออกกำลังกายทั่วไปที่เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ปรับลดน้ำหนัก และเสริมสร้างระบบหัวใจและปอด

3. การสันทนาการ: สระว่ายน้ำเป็นสิ่งสนุกสนานและสันทนาการที่ทุกคนชื่นชอบ และเหมาะสำหรับครอบครัวและเพื่อน ซึ่งเป็นโอกาสที่ดีในการเล่นและสังสรรค์ในสภาพแวดล้อมที่เย็นสบาย

4. การส่งเสริมเยาวชน: สระว่ายน้ำเป็นกิจกรรมที่เหมาะสำหรับคนทุกวัย สามารถใช้ในการส่งเสริมความสามารถทางร่างกายและการพัฒนาทักษะในเด็กและนักเรียน

5. การหลบความร้อน: การว่ายน้ำเป็นวิธีที่ดีในการหลบความร้อนในช่วงฤดูร้อน มนุษย์สามารถรับประโยชน์จากการลงน้ำในสระว่ายน้ำเพื่อรักษาอุณหภูมิร่างกายและรู้สึกสดชื่น

6. การเพิ่มคุณภาพชีวิต: การมีสระว่ายน้ำในบ้านส่วนตัวหรือการเข้าร่วมสระว่ายน้ำสาธารณะช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิต ด้วยการพักผ่อน สังสรรค์ และความสนุกสนาน

7. การแข่งขัน: สระว่ายน้ำเป็นกีฬาและกิจกรรมแข่งขันที่ยิ่งใหญ่และเป็นอาชีพ มนุษย์มีความสามารถในการแข่งขันและเล่นกีฬาทางน้ำเช่นการว่ายน้ำต่างรูปแบบ

8. สระว่ายน้ำเสมือนเป็นสิ่งสนุกสนานและสามารถส่งเสริมสุขภาพที่ดี การเคลื่อนไหว และการพักผ่อน ซึ่งเป็นเหตุผลหลักที่ทำให้มนุษย์ชอบสระว่ายน้ำ

สระว่ายน้ำแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ

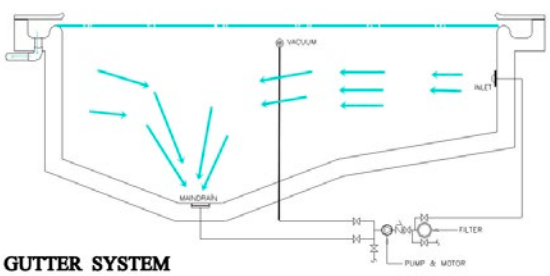
1. สระว่ายน้ำสำหรับที่พักอาศัย (Residential Pool)
2. สระว่ายน้ำกึ่งสาธารณะ (Commercial Pool หรือ Semi Public Pool)
3. สระว่ายน้ำสาธารณะ (Public Pool)

ระบบสระว่ายน้ำแบ่งตาม

- ลักษณะของการหมุนเวียนของน้ำในสระ
- รูปลักษณะของขอบบนสุดของสระหรือที่เรียกว่าขอบสระ
- แบ่งตามวิธีการกำจัดสิ่งสกปรกที่อยู่ที่ผิวหน้าของน้ำใน

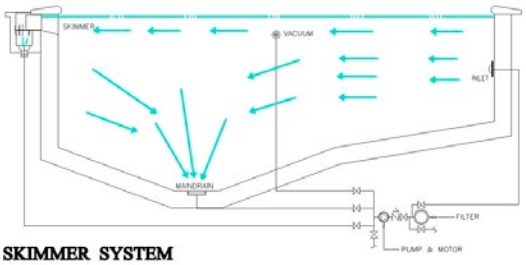
สระว่ายน้ำแบ่งออกเป็น 3 ระบบคือ

1. ระบบกัตเตอร์ (GUTTER SYSTEM) เป็นระบบที่มีรางระบายน้ำอยู่รอบๆ โดยซ่อนอยู่ในกำแพงด้านข้าง



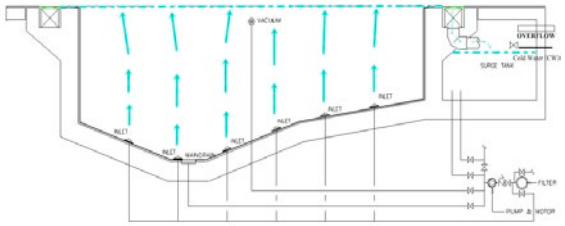
GUTTER SYSTEM

2. ระบบสกิมเมอร์ (SKIMMER SYSTEM)เป็นระบบที่มีรางระบายน้ำอยู่รอบๆ โดยซ่อนอยู่ในกำแพงด้านข้าง



SKIMMER SYSTEM

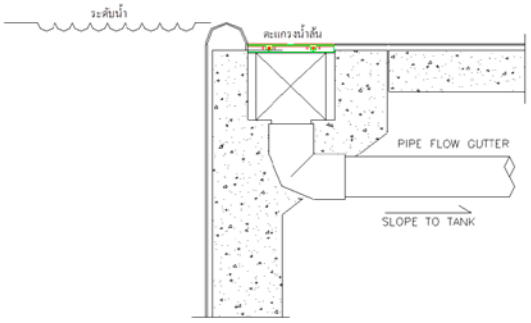
3. ระบบน้ำล้น (OVERFLOW SYSTEM) เป็นระบบที่มีรางระบายน้ำอยู่รอบๆ สระน้ำ โดยอยู่ด้านบนของสระว่ายน้ำและในระบบนี้ต้องมีถังพักน้ำ (Surge Tank)



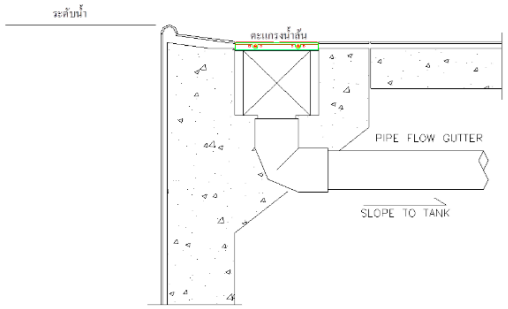
OVERFLOW SYSTEM

ระบบน้ำล้นแบ่งออกเป็นระบบย่อยได้อีก 3 ระบบ ตามลักษณะของปากสระดังนี้

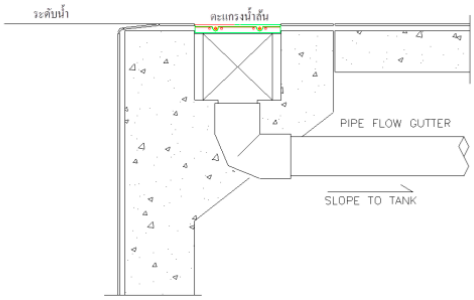
1. Wiesbaden scum gutter



2. Zurich Scum Gutter



3. Finish Scum Gutter



วิธีคำนวณหา อัตราไหลของปั๊มหมุนเวียนสระว่ายน้ำ

Flow rate = Volume (gallon) gpm.
Turnover (hr.) X 60(min)

Turnover = เวลาในการหมุนเวียนน้ำในสระ

1. Residence = 10-12 hr.
2. Commercial Pool = 6-8 hr.
3. Public = 4-6 hr.
4. Sport = 4-6 hr.
5. School = 4 hr.

gpm. = Gallon per Minute

ถังพักน้ำ (Surge Tank)

- ถังพักน้ำควรจะอยู่ใกล้ห้องเครื่องและตัวสระมากที่สุด
- ส่วนใหญ่นิยมทำถังพักน้ำเป็นโครงสร้างเดียวกับตัวสระน้ำ
- ตัวถังพักน้ำควรมีความสูงอย่างน้อย 1 เมตร

ข้อควรระวัง

- ถังพักน้ำจะอยู่สูงกว่าระดับน้ำในสระไม่ได้
- ขนาดของถังพักน้ำขึ้นอยู่กับจำนวนคนที่ลงเล่นและขึ้นอยู่กับอัตราหมุนเวียนของน้ำในสระ

การคำนวณหา Surge tank

การหาปริมาตร Surge Tank (ถังพักน้ำ)

หาจาก V = Vp + Vb + Vc

V = ปริมาตรของถังพักน้ำ

Vp = ปริมาตรทั้งหมดของผู้ลงเล่นน้ำสูงสุดในเวลาเดียวกัน โดยกำหนดให้ผู้เล่น 1 คนมีปริมาตร 75 ลิตร

Vb = ปริมาตรน้ำที่ใช้ในการล้างเครื่องกรอง (อัตราการล้างเครื่องกรอง x เวลาที่ใช้ในการล้าง)

Vc = ปริมาตรของน้ำที่หมุนเวียนใน 5 นาที (อัตราการกรองน้ำต่อนาที x 5 นาที)

ห้องเครื่อง

ขนาดของห้องเครื่องขึ้นอยู่กับขนาดของจำนวนเครื่องกรอง ปั๊ม และระบบท่อตำแหน่งของห้องเครื่องที่ดีที่สุดคือ ควรจะอยู่ในบริเวณใกล้กับด้านลึกของสระ และใกล้ตัวสระที่สุดระดับพื้นของห้องเครื่องควรจะอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำในสระน้ำประมาณ 0.50 เมตร และควรจะแยกห้องเครื่องต่างหากสำหรับระบบฉีดสารเคมี

เครื่องกรองที่ใช้สำหรับสระว่ายน้ำ

เครื่องกรองน้ำในสระว่ายน้ำเป็นส่วนสำคัญในการรักษาความสะอาดและคุณภาพของน้ำในสระ ความสำคัญของเครื่องกรองน้ำในสระว่ายน้ำมีอยู่ในหลายด้าน

เครื่องกรองที่ใช้สำหรับสระว่ายน้ำมีอยู่ 3 ชนิดคือ

1. เครื่องกรองทราย (Sand Filter)
2. เครื่องกรองชนิดใช้ผงกรอง (Diatomaceous Earth Filter หรือ Diatomite Filter หรือเรียกย่อๆ ว่า D.E. Filter
3. เครื่องกรองชนิดใช้ไส้กรองเป็นตัวกรอง (Cartridge Filter)

ปั๊มมอเตอร์ที่ใช้สำหรับสระว่ายน้ำ

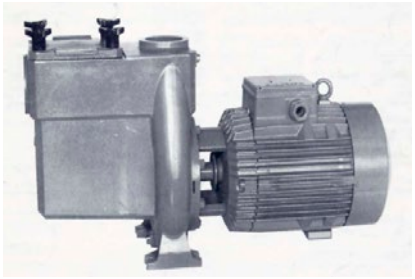
เป็นปั๊มชนิด Self Priming Centrifugal Pump มีที่ดักผง (Strainer) ติดอยู่กับตัวปั๊ม หรือถ้าจะใช้ปั๊มธรรมดาที่ไม่ใช่ปั๊มสระว่ายน้ำจะต้องใส่ที่ดักผงไว้ด้านดูดของปั๊ม แต่ต้องเป็นชนิด Centrifugal Pump

ปั๊มสำหรับสระว่ายน้ำมี 2 แบบ

1. ปั๊มที่เป็นโลหะ อาจเป็นทองเหลืองหรือเหล็กหล่อ
2. ปั๊มที่เป็นพลาสติก เช่น Heat Resistant Polymeric Glass Filled, Fiberglass

ปั๊มที่เป็นโลหะ

1. ทนสภาพน้ำที่เป็นกรดไม่ได้
2. ผุกร่อนได้ง่าย
3. ตัวปั๊ม (Volute) ไม่แตกร้าวง่าย
4. ฝาเปิดง่ายและทนทานเพราะใช้ระบบน็อตยึด 2 จุด
5. ปั๊มเดินแต่น้ำไม่ขึ้น ถ้าทิ้งไว้นานๆ จะทำให้ Machanical Seal รั่วเพราะความร้อน



ปั๊มที่เป็นพลาสติก

1. ทนสภาพน้ำที่เป็นกรดได้ดี
2. ไม่ผุกร่อน
3. ตัวปั๊ม (Volute) แตกร้าวง่าย
4. ฝาเปิดยากและแตกง่ายเพราะใช้ระบบเกลียวหรือเข็มขัดในการปิดล็อค
5. ปั๊มเดินแต่น้ำไม่ขึ้น ถ้าทิ้งไว้นานๆ จะทำให้ Machanical Seal รั่ว ส่วนประกอบข้างในของปั๊ม จะละลาย เพราะความร้อน

เครื่องกรองน้ำ

เครื่องกรองน้ำที่ใช้สำหรับสระว่ายน้ำมี 3 ประเภท คือ
1. เครื่องกรองทราย (Sand Filter)
   1.1 เครื่องกรองทรายแบบกรองชั้นเดียว (Conventional Sand Filter)
   1.2 เครื่องกรองทรายแบบกรองหลายชั้น (Multimedia Sand Filter)
2. เครื่องกรองแบบผงกรอง (Diatomaceous Earth Filter)
   2.1 เครื่องกรองแบบใช้แผ่นกรอง
   2.2 เครื่องกรองแบบใช้ถุงกรอง (สำหรับสระขนาดใหญ่)
3. เครื่องกรองแบบไส้กรอง (Cartridge Filter)

ตารางเปรียบเทียบเครื่องกรองชนิดต่างๆ

	เครื่องกรองทราย	เครื่องกรองผงกรอง	เครื่องกรองไส้กรอง
1. ขนาด	- ขนาดใหญ่ - พื้นที่หน้าตัดน้อยกว่าชนิดอื่น เนื่องจากน้ำเข้าจากด้านบน ซึ่งจะสามารถกรองได้เท่ากับพื้นที่หน้าตัดของถังกรองนั้น	- ขนาดเล็ก - แผ่นกรองทำด้วยผ้าที่มีพื้นที่ในการกรองมาก	- ขนาดเล็กมาก - ไส้กรองเป็นหยักพื้นปลาจึงมีพื้นที่ในการกรองสูง
2. ความละเอียดในการกรอง	- ละเอียด 30 ไมครอน - แบบMultimedia Filter กรองได้ 5 ไมครอน	- ละเอียด 1 ไมครอน	- ละเอียด 1 ไมครอน
3. วัสดุในการกรอง	- ทราย 3.1 ทราย # 20 3.2 ใช้ทรายกรองหลายชั้นสำหรับ Multimedia Filter	- ผงกรองระบบ Drop Cake System	- ไส้กรอง หรือCartridge
4. การดูแลรักษา	- เมื่อเครื่องกรองตัน ใช้ Backwash หรือล้างย้อนกลับประมาณ 5-10 นาที/ครั้ง - ล้างทุกๆ 7 วัน หรือเมื่อมีความดันต่างกัน 10 PSI และเมื่อเริ่มเดินเครื่องใหม่	- เปลี่ยนผงกรอง ล้างเครื่องกรองประมาณ 2-3 สัปดาห์/ครั้ง หรือเมื่อมีความดันต่างกัน 10 PSI และเมื่อเริ่มเดินเครื่องใหม่	- ฉีดล้างด้วยน้ำเพื่อเอาสิ่งสกปรกออก - หากปล่อยไว้จนตัน ไม่สามารถล้างออกได้ ต้องเปลี่ยนไส้กรอง Cartridge
5. ปริมาณน้ำในการล้างเครื่องกรอง	- ใช้น้ำมาก - ใช้น้ำในการล้างเครื่องกรองประมาณ 2 เท่า ของอัตราการกรองของเครื่องกรอง - เครื่อง Multimedia ใช้น้ำในการล้างเครื่องกรองเท่ากับอัตราการกรองน้ำ ล้างหนึ่งครั้งประมาณ 5-10 นาที	- ใช้น้ำน้อย - การล้างเครื่องกรองทำได้โดยฉีดหรือ Backwash ล้างย้อนกลับผงกรองออก - ปริมาณน้ำที่ใช้ประมาณ 3 เท่าของปริมาตรของเครื่องกรองน้ำ	- ใช้น้ำน้อยมาก - ฉีดน้ำเพื่อเอาสิ่งสกปรกออกจนหมด
6. ค่าบำรุงรักษา	ค่าบำรุงรักษาสูง เพราะน้ำที่ใช้ล้างเครื่องกรองเป็นน้ำในสระที่ผ่านการบำบัดมาแล้ว	ค่าบำรุงรักษาน้อยที่สุด	ค่าบำรุงรักษาน้อยกว่าเครื่องกรองทราย แต่มากกว่าเครื่องกรองผงกรอง เนื่องจากต้องเปลี่ยน Cartridge เมื่อไส้กรองตันซึ่งมีราคาสูง
7. การใช้สารส้ม (Alum)	ใช้สารส้มช่วยในกรณีฝุ่นผงขนาดที่เล็กว่า30ไมครอนให้จับตัวใหญ่กว่า 30 ไมครอนเพื่อให้เครื่องกรองกรองออกได้ (ในกรณีของ Conventional Sand Filter)	ไม่ต้องใช้สารส้ม	ไม่ต้องใช้สารส้ม
8. ขนาดปั๊มมอเตอร์	ใช้ปั๊มมอเตอร์แรงม้าสูง เพื่อให้เกิดความดันและอัตราการไหลของน้ำสูง จึงจะล้างเครื่องกรองได้สะอาด	ใช้ปั๊มมอเตอร์ขนาดเล็กกว่าที่ใช้กับเครื่องกรองทราย	ใช้ปั๊มมอเตอร์เท่ากับเครื่องกรองผงกรอง
9. ระยะเวลาเดินเครื่อง	ตลอด 24 ชม.	12 ชม.	12 ชม.
10. ขนาดห้องเครื่อง	ขนาดใหญ่เพราะถังกรองมีขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	ขนาดเล็ก

CHEMICAL TREATMENT

เคมีสำหรับสระว่ายน้ำแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ดังนี้

1. กลุ่มเคมีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคและขบวนการทางเคมีที่เรียกว่า Oxidation ตัวอย่างเช่น Chlorine, Bromine, Chlorine Dioxide, Ozone, Hydrogen Peroxide, Salt Chlorinator

2. กลุ่มเคมีที่ใช้ในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำ
   - เคมีที่ใช้ในการปรับสภาพน้ำจากด่างให้เป็นกลาง เช่น ปรับจาก pH 8.2 มาเป็น pH 7.2 จะต้องเติมกรด เช่น Muriatic Acid, Sodium bisulfate
   - เคมีที่ใช้ในการปรับสภาพน้ำจากกรดให้เป็นกลาง เช่น ปรับจาก pH 6.2 มาเป็น pH 7.2 จะต้องเติมด่าง เช่น Sodium Carbonate, โซดาแอซ

3. ในกรณีเครื่องกรองทราย จะต้องใช้สารส้ม (Alum) หรือ Aluminium Sulfate

4. กลุ่มเคมีอื่นๆ ที่ช่วยในการรักษาสภาพน้ำ เช่น Algaecide น้ำยากันตะไคร่

ระบบฆ่าเชื้อโรคในสระว่ายน้ำ

การฆ่าเชื้อโรคในสระว่ายน้ำเป็นเรื่องสำคัญอย่างมาก เนื่องจากน้ำในสระมีความเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และเชื้อโรคที่อาจสร้างความเจ็บป่วยให้กับผู้ใช้งาน การรักษาความสะอาดและป้องกันการแพร่ระบาดของโรคในสระว่ายน้ำจึงเป็นเรื่องที่ควรใส่ใจอย่างสูง

ตารางเปรียบเทียบระบบฆ่าเชื้อโรคทั้ง 4 ชนิด Cl_2, Br_2, O_3, Cl Generator (Salt System)

Chlorine (Cl_2)	Bromine (Br_2)	Ozone Generator (O_3)	Chlorine Generator
มี 4 ชนิด: 1. Sodium Hypochloride (คลอรีนน้ำ 10%) 2. Calcium Hypochloride (คลอรีน 65%) 3. Trichloroisocyanuric (คลอรีน 90%) 4. Dichloroisocyanurate (คลอรีน 60%)	มี 2 รูปแบบ 1. Granular (เกล็ด) 2. Tablet (เม็ด)	เป็นก๊าซ	เครื่องผลิตคลอรีนจากเกลือ โดยเกลือในสระว่ายน้ำมีปริมาณความเข้มข้น 3,500 กรัม/น้ำ 1 m^3
ละลายน้ำแล้วจะแตกตัวได้ HOCl (Hypochlorous Acid) ซึ่งมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรค $Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HCl$	ละลายน้ำแล้วจะแตกตัวได้ HOBr (Hypobromous Acid) ซึ่งมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคที่มีประสิทธิภาพ $Br_2 + H_2O \rightarrow HOBr + H^+ + Br$	Ozone เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคได้ดีและเร็วกว่า Chlorine หรือเคมีอื่นๆ มาก $O_3 \rightarrow O_2 + O$	ผลิตคลอรีนโดยให้น้ำในสระว่ายน้ำที่มีความเข้มข้นของเกลือ 3,500 ppm. ผ่านเข้าไปใน Electrolytic Cell เมื่อคลอรีนที่ผลิตได้ทำปฏิกิริยากับน้ำจะได้ HOCl (Hypochlorous Acid) ซึ่งมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรค $Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HCl$
คงสภาพอยู่ในน้ำได้นาน	คงสภาพอยู่ในน้ำได้นาน	สลายตัวได้เร็วมาก	คงสภาพอยู่ในน้ำได้นาน
- เมื่อ Chlorine ทำปฏิกิริยากับ Ammonia หรือสารที่มีส่วนประกอบ Nitrogen อยู่ จะเกิด Chloramine ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้มีกลิ่นและอาจระคายเคืองตา - วิธีเปลี่ยน Chloramine ให้เป็น Nitrogen คือเติมคลอรีนให้มีความเข้มข้นเป็น 10 เท่าของ Chloramine	- เมื่อ Hypobromous Acid (HOBr) ทำปฏิกิริยากับ Nitrogen จะเกิด Bromamine ซึ่งเป็นตัวฆ่าเชื้อโรคได้อีกตัวหนึ่ง (ไม่เหมือน Chloramine) - Bromine นี้ไม่ทำให้มีกลิ่นและระคายเคืองตา	- เมื่อละลายน้ำจะไม่มีกลิ่น ถึงแม้ว่าใช้ร่วมกับ Chlorine หรือ Bromine ก็ตาม Ozone จะทำจัด Chloramine ด้วย - ปริมาณการใช้เคมีจะน้อยกว่าการใช้ Chlorine หรือ Bromine อย่างเดียว 50%	Active Oxygen เมื่อรวมกับ Nitrogen Compound จะไม่มีสารตกค้างเกิดขึ้น อันเนื่องมาจากกระบวนการผลิตคลอรีน ทำให้ไม่มีกลิ่นและไม่ระคายเคืองตา
เมื่อละลายน้ำ จะทำให้ค่า pH สูงขึ้น (เป็นด่างมากขึ้น) หรือ pH ลดลง (เป็นกรดมากขึ้น) ขึ้นอยู่กับชนิดของคลอรีนที่ใช้เป็นชนิดใด เช่น ถ้าเป็นคลอรีน 90% จะทำให้น้ำเป็นกรดมากขึ้น	เมื่อละลายน้ำจะทำให้น้ำมีค่าความเป็นกรดมากขึ้น	ไม่ทำให้ค่าการเป็น กรด-ด่าง ของน้ำเปลี่ยนแปลง	ไม่ทำให้ค่าการเป็น กรด-ด่าง ของน้ำเปลี่ยนแปลง

อ้างอิง: บริษัท ส.นภา (ประเทศไทย) จำกัด

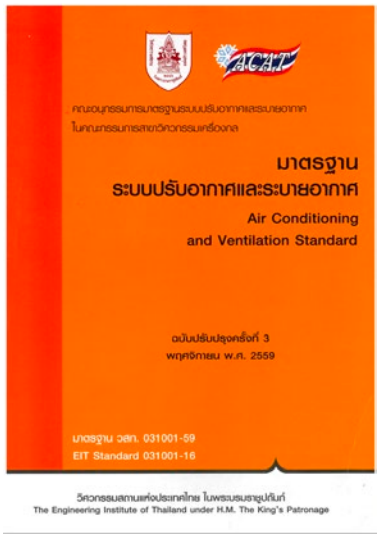
นภสินธุ์ จินดามาตย์ ภก. 15230
วิศวกรเครื่องกล
งานระบบวิศวกรรมเครื่องกล

ระบบท่อลม ในอาคาร

ระบบท่อลมในอาคารเป็นระบบที่สำคัญในการพาอากาศจากพื้นที่หนึ่งไปยังอีกพื้นที่หนึ่ง อาทิเช่น การจ่ายลมเย็นในพื้นที่ต่างๆ เพื่อการปรับอากาศ และการระบายอากาศ เพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม โดยเป็นการนำอากาศจากภายนอกเข้ามาเติมหรือนำอากาศออกไปทิ้งนอกอาคาร เพื่อเป็นการลดกลิ่น ลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และลดมลพิษที่อยู่ในอาคาร เช่น ฝุ่น ควัน และสารอินทรีย์ไอระเหย ดังนั้นระบบท่อลมในอาคารจะต้องคำนึงถึงการออกแบบ และการใช้งานในแต่ละประเภทให้ถูกต้องให้ถูกต้อง

กฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบท่อลม

กฎกระทรวง
ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535)
ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร
พ.ศ. 2522



กฎกระทรวงมหาดไทยและมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

ในกฎกระทรวงมหาดไทยฉบับที่ 33 พ.ศ.2535 ได้ระบุไว้ดังนี้

1. ท่อลม วัสดุหุ้มท่อลม และวัสดุบุภายในท่อลม ต้องเป็นวัสดุที่ไม่ติดไฟและไม่เป็นส่วนที่ทำให้เกิดควันเมื่อเกิดเพลิงไหม้

2. ท่อลมส่วนที่ผ่านผนังกันไฟหรือพื้นของอาคารที่ทำด้วยวัสดุทนไฟต้องติดตั้งลิ้นกันไฟที่ปิดอย่างสนิทโดยอัตโนมัติเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 74 องศาเซลเซียส และลิ้นกันไฟต้องมีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง 30 นาที

3. ห้ามใช้ทางเดินร่วม บันได ช่องบันได ช่องลิฟต์ของอาคารเป็นส่วนหนึ่งของระบบท่อลมส่ง และระบบท่อลมกลับ เว้นแต่ส่วนที่เป็นพื้นที่ว่างระหว่างเพดานกับพื้นของอาคารชั้นเหนือขึ้นไป หรือหลังคาที่มีส่วนประกอบของเพดานที่มีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

ในมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ของ วสท. (พ.ศ. 2559) ได้ระบุไว้ดังนี้

1. ท่อลมต้องสร้างจากวัสดุที่ติดไฟได้ยาก หรือไม่ลามไฟ และไม่เป็นส่วนที่ทำให้เกิดควันเมื่อเกิดเพลิงไหม้ เช่น แผ่นเหล็กชุบสังกะสี แผ่นเหล็กดำ แผ่นเหล็กไร้สนิม ทองแดง คอนกรีต ผนังปูน

2. ท่อลมต้องสร้างขึ้นด้วยวัสดุที่เสริมความแข็งแรง และป้องกันการรั่วเพื่อให้เป็นไปตามความต้องการใช้งาน

3. วัสดุที่ใช้สร้างท่อลมต้องเหมาะสมกับการสัมผัสอย่างต่อเนื่องกับอุณหภูมิ และความชื้นของอากาศที่อยู่ในท่อลม

4. ท่อลมกลับ และท่อลมที่ภายในเป็นความดันลบ ที่ทำจากแผ่นยิปซัม ต้องเป็นแบบติดไฟยาก และมีดัชนีการลามไฟน้อยกว่า 25 และอุณหภูมิลมขณะใช้งานตามปกติจะต้องไม่เกิน 52 องศาเซลเซียส

จะเห็นได้ว่าทั้งกฎกระทรวงฉบับที่ 33 พ.ศ.2535 และมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ จะกำหนดวัสดุที่นำมาใช้ทำท่อลมต้องไม่ติดไฟ และไม่เป็นส่วนที่ทำให้เกิดควันเมื่อเกิดเพลิงไหม้ เพราะระบบท่อลมเป็นส่วนหนึ่งของระบบปรับอากาศและระบายอากาศที่ติดตั้งไว้ทั่วอาคาร ดังนั้นจะต้องคำนึงถึงวัสดุที่เลือกใช้ให้มีความปลอดภัย

ประเภทท่อลมในอาคารที่สอดคล้องกับกฎหมายและมาตรฐาน

ท่อลมชุบสังกะสี (Galvanized steel duct)

ท่อลมแสตนเลส (Stainless steel sheet duct)

ท่อลมเหล็กดำ (Black steel duct)

1. ท่อลมชุบสังกะสี มีคุณสมบัติเด่นในเรื่องของการป้องกันสนิม และป้องกันการกัดกร่อน จึงมักถูกใช้ในระบบทำความร้อน เติมอากาศครัว ระบายอากาศ และปรับอากาศในอาคารที่อยู่อาศัย อาคารเชิงพาณิชย์ และโรงงานอุตสาหกรรม

2. ท่อลมสแตนเลส มีคุณสมบัติเด่นในเรื่องของการต้านทานการกัดกร่อนจากความชื้น และสารเคมีได้สูง จึงเหมาะสำหรับการติดตั้งในอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร อุตสาหกรรมเภสัชกรรม อุตสาหกรรมเคมี และท่อดูดควันภายในครัว

ท่อเหล็กดำ มีคุณสมบัติเด่นในเรื่องของความแข็งแรง ความทนทาน สามารถทนต่อแรงดันสูง และงานที่มีอุณหภูมิสูง จึงนำมาใช้สำหรับการขนส่งสารต่างๆ รวมถึงก๊าซ อากาศ ไอน้ำ และของเหลว จึงเหมาะสำหรับการติดตั้งในระบบระบายควันไฟ โรงงานอุตสาหกรรม โรงงานเคมี โรงกลั่น และการใช้งานหนักอื่นๆ แต่ไม่เหมาะสำหรับโรงงานที่ทำเกี่ยวกับอาหารและยาเพราะตัวท่อเหล็กดำสามารถเกิดสนิมได้

3. ท่อลมประเภทอื่นๆ เช่น ท่อลมที่ทำจากยิปซัม ท่อลมที่ทำจากทองแดง เป็นต้น

ประเภทท่อลมในอาคารที่อาจไม่สอดคล้องกับกฎหมายและมาตรฐาน

ท่อลมผ้า (Fabric duct)

ท่อลม PID (Pre-insulated duct)

1. ท่อลมผ้า มีคุณสมบัติเด่นในเรื่องของความยืดหยุ่นสูง จึงเหมาะสำหรับการติดตั้งในห้างสรรพสินค้า สนามกีฬา โรงยิม แต่ไม่เหมาะสำหรับการใช้งานในอาคารที่อยู่อาศัย อาคารเชิงพาณิชย์ อุตสาหกรรมหนักที่มีการใช้ท่อลมสัมผัสกับสารเคมี และลมที่มีอุณหภูมิสูงๆ และการเดินท่อลมผ่านผนังทนไฟระหว่างพื้นที่ เพราะผ้าอาจเป็นวัสดุติดไฟ และไม่คงตัวทำให้เกิดช่องว่างให้ไฟหรือควันไฟแพร่กระจายลุกลามผ่านระหว่างกันได้

2. ท่อลม PID หรือท่อลมหุ้มฉนวนสำเร็จรูป เป็นการนำแผ่นโพลีไอโซไซยานูเลต (Polyisocyanurate) PIR เป็นฉนวนกันความร้อนแบบแข็งที่มีค่านำความร้อนต่ำ ประกบด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ เพื่อป้องกันความชื้น ป้องกันการกัดกร่อน ซึ่งปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้ทดแทนท่อเหล็กชุบสังกะสี

3. ท่อลมอื่นๆ ที่อาจเป็นวัสดุติดไฟได้

บทสรุป

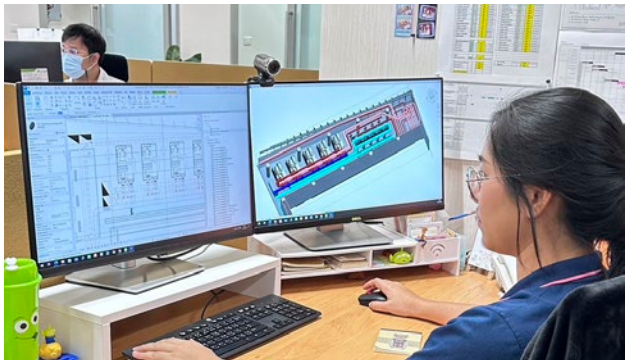
ท่อลมเป็นส่วนหนึ่งของระบบปรับอากาศและระบายอากาศที่สำคัญ และเป็นระบบเดียวที่ต้องติดตั้งทั่วทั้งอาคาร เพื่อเพิ่มความสบาย และคุณภาพอากาศให้แก่ผู้คนภายในอาคาร จึงควรเลือกท่อลม และฉนวนท่อลมที่ไม่ติดไฟ และไม่เป็นส่วนที่ทำให้เกิดควันเมื่อเกิดเพลิงไหม้ เพราะจะเพิ่มความปลอดภัยให้กับคนที่อยู่ภายในอาคารหรือเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของคนภายในอาคารเมื่อมีเหตุเพลิงไหม้

สัณศณีย์ คงศิลป
เจ้าหน้าที่เขียนแบบ BIM

การเปลี่ยนแปลงการทำงาน ไปสู่ BIM

ระบบวิศวกรรมประกอบอาคารที่มีความซับซ้อน จำเป็นต้องอาศัยแบบที่มีความชัดเจน เพื่อแก้ปัญหาก่อนการก่อสร้างจริง ซึ่งแบบจำลองอาคาร 3 มิติ เข้ามามีบทบาทในปัจจุบัน เราจึงจำเป็นต้องปรับตัว เรียนรู้เทคโนโลยีนี้เพื่อให้ทันกับยุคสมัย

เทคโนโลยีในการเขียนแบบงานระบบวิศวกรรมประกอบอาคาร ได้พัฒนาอยู่ตลอดมานับจากการเขียนแบบ 2 มิติ ด้วยปากกา Rotring บนกระดาษไข โดยเมื่อราวๆ สองถึงสามทศวรรษที่ผ่านมา การใช้โปรแกรมเขียนแบบ 2 มิติ ด้วย CAD (Computer Aided Design) ได้เข้ามาแทนที่ซึ่งทำให้การออกแบบ เขียนแบบทำได้ง่ายและรวดเร็วกว่าเดิมเป็นอย่างมาก การใช้ CAD เปรียบเสมือนเป็นเขียนแบบบนกระดานเขียนแบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยยังคงนิยมใช้กันมาจนถึงทุกวันนี้ เมื่อ BIM (Building Information Model) ซึ่งเป็นแบบจำลองข้อมูลอาคาร 3 มิติ เริ่มมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในวงการออกแบบและเขียนแบบ การใช้ BIM โดยส่วนใหญ่จะเป็นโปรแกรม Revit เพื่อใช้ทำงานร่วมกันระหว่าง งานวิศวกรรมงานระบบ งานสถาปัตยกรรม และงานวิศวกรรมโครงสร้าง โดยนำมาใช้ในกระบวนการทำงานตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ จนถึงการก่อสร้างซึ่งช่วยลดความผิดพลาดต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น ทำให้ดำเนินการโครงการเป็นไปอย่างถูกต้องและตามแผนงานที่กำหนดไว้



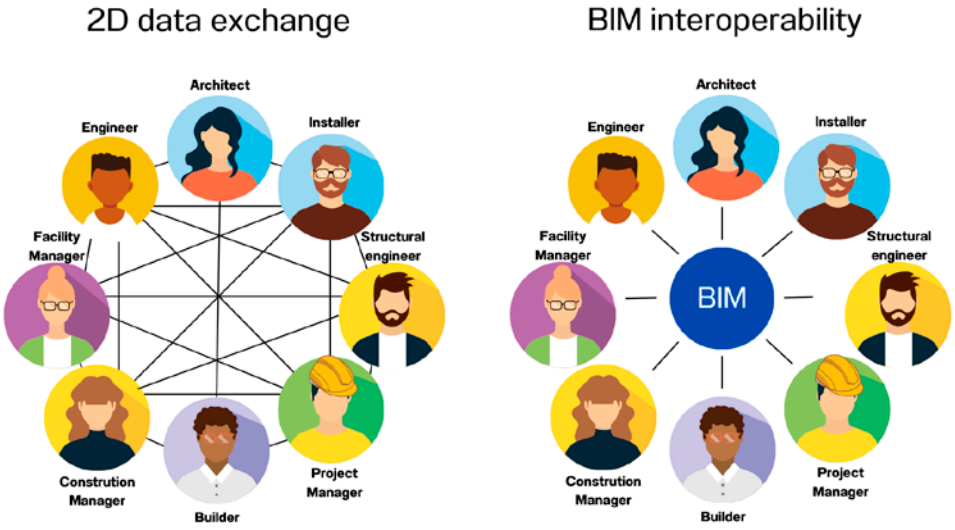
ในการใช้ BIM นั้น ผลงานที่เกิดขึ้นจะเป็นแบบ 3 มิติ โดยสามารถทำแบบออกมาเป็น 2 มิติได้อีกด้วย ผลงานที่ได้จะครอบคลุมการใช้งานในกระบวนการพัฒนาโครงการ แก้ไขงานที่ให้ผลอย่างอัตโนมัติและเป็นปัจจุบัน โดยที่ไม่ต้องทำแบบ 2 มิติ และ 3 มิติแยกจากกัน เป็นการลดภาระและเวลาการทำงาน ทั้งนี้ BIM ซึ่งเป็นรูปแบบ 3D MODEL ที่ได้นั้น จะทำให้ทุกฝ่ายในโครงการสามารถเข้าใจองค์ประกอบต่างๆ ได้อย่างถูกต้องตรงกัน

จุดเด่นของการใช้เทคโนโลยี BIM ในกระบวนการออกแบบและก่อสร้าง

ในปัจจุบันแบบจำลองสารสนเทศอาคารเป็นเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในวงการก่อสร้างแบบครบวงจร ตั้งแต่กระบวนการการออกแบบไปจนถึงการก่อสร้าง เทคโนโลยี BIM จะใช้ระบบคอมพิวเตอร์และ Software เป็นองค์ประกอบหลักในการสร้างแบบจำลองเสมือนที่แม่นยำ โดยมีจุดเด่นดังต่อไปนี้

1. BIM เป็นกระบวนการ (Process) ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อที่จะบูรณาการการทำงานในขั้นตอนต่างๆ ผ่านแบบจำลอง 3 มิติ โดยมีเป้าหมายเพื่อลดขั้นตอน ลดความซับซ้อน ลดความขัดแย้ง และลดปัญหาอันเกิดจากข้อมูลที่ผิดพลาดของการทำงาน

2. BIM สามารถยกระดับการทำงานโดยใช้ฐานข้อมูลเดียวกันที่เป็นหนึ่งเดียวในการทำงานร่วมกัน เป็นกระบวนการพื้นฐาน เป็นการเชื่อมโยงเทคโนโลยีและข้อมูลการออกแบบเข้าด้วยกัน ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงานร่วมกันของบุคลากรเขียนแบบวิศวกรและอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องให้เป็นไปอย่างรวดเร็ว



3. BIM เป็นเทคโนโลยีสร้างแบบจำลองเสมือนที่แม่นยำ ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบ การเขียนแบบ การคำนวณปริมาณวัสดุ รวมไปถึงการวางแผนงานระบบต่างๆ ของอาคาร

4. BIM เน้นลักษณะการสร้างชิ้นงานในแบบ 3 มิติเป็นหลัก ลักษณะการสร้างชิ้นงานใน BIM นั้นจะใช้ระบบพารามิเตอร์ในการควบคุมขนาดและสัดส่วนต่างๆ ผ่านมุมมองแบบ 3 มิติ และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรายละเอียดของวัสดุส่วนใดส่วนหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นด้านขนาดหรือสัดส่วน ก็จะส่งผลเชื่อมโยงถึงมุมมองอื่นๆ โดยอัตโนมัติ

5. BIM เป็นเทคโนโลยีที่ถูกออกแบบและพัฒนามาเพื่อเป็นเครื่องมือให้ผู้ออกแบบใช้งาน เพื่อสร้างสรรค์งานออกแบบงานระบบได้ดียิ่งขึ้นเมื่อเทียบกับซอฟต์แวร์แบบเดิมที่เน้นในเรื่องของการเขียนแบบ 2 มิติ

6. BIM ช่วยลดขั้นตอนและระยะเวลาทำงานให้น้อยลง ลดการทำงานที่ซ้ำซ้อนจากการแก้ไขแบบ เนื่องจากระบบนั้นสามารถประมวลผลข้อมูลส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันได้ และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเมื่อใดก็จะมีการคำนวณและปรับปรุงข้อมูลในส่วนที่เกี่ยวข้องโดยอัตโนมัติ

ความละเอียดของการสร้างโมเดลของวิศวกรรมงานระบบ

BIM นั้นเป็นกระบวนการในการสร้างแบบจำลองอาคาร 3 มิติ ซึ่งจำเป็นต้องมีการกำหนดระดับความละเอียดของโมเดลเรียกว่า LOD (Level of Development) โดยจะสัมพันธ์และสอดคล้องกับขั้นตอนการพัฒนาโครงการตามแผนปฏิบัติงาน BEP (BIM Execution Plan) ซึ่งจะถูกกำหนดตั้งแต่เริ่มโครงการ ในการกำหนดรายละเอียดของ LOD นั้นก็เพื่อให้ทุกฝ่ายใช้เป็นมาตรฐานการทำงานร่วมกันตลอดทั้งโครงการ

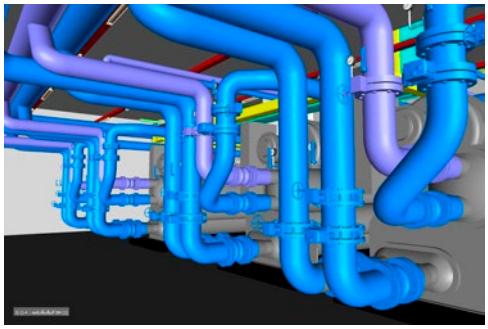
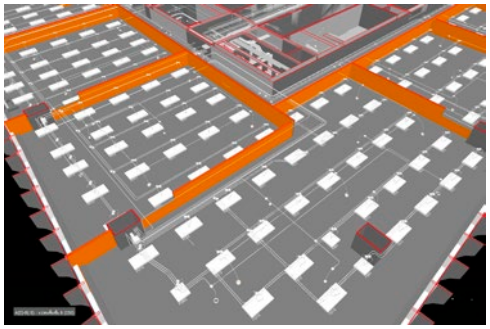
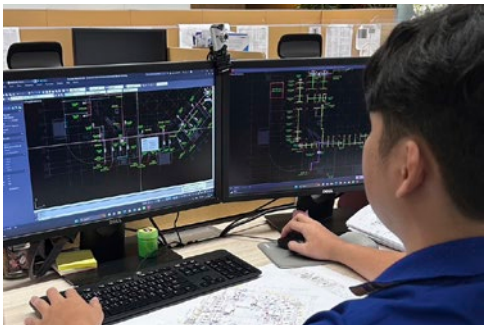
แนวทางการกำหนด LOD สำหรับแบบในขั้นตอนต่างๆ ตามมาตรฐานการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling Standard) ตามแนวทางสภาวิชาชีพ มาตรฐาน วสท.012037-20 เป็นดังนี้

- LOD100 ขั้นตอนแบบร่างเบื้องต้น (Schematic Design)
- LOD200 ขั้นตอนการพัฒนาแบบ (Design Development)
- LOD300 ขั้นตอนแบบก่อสร้าง (Construction Document)
- LOD350 ขั้นตอนแบบสำหรับงานก่อสร้าง (Shop Drawing)
- LOD400 ขั้นตอนแบบรายละเอียดงานก่อสร้าง (As Built)

BIM กับการพัฒนาประเทศ

ในปัจจุบันการพัฒนาโครงการขนาดใหญ่โดยส่วนมากจะใช้ BIM ในการออกแบบและเขียนแบบ รวมไปถึงขั้นตอนการวางแผนการก่อสร้าง และช่วยในการบริหารอาคาร ภาพจำลองเสมือนจริงของ BIM สามารถให้ข้อมูลต่างๆได้เป็นอย่างดี ช่วยในการตรวจงาน และสามารถทำให้ทุกฝ่ายเข้าถึงข้อมูลได้โดยผ่านทางระบบ Cloud ทำให้แก้ไขปัญหาต่างๆได้อย่างรวดเร็ว

ในการทำงานออกแบบ เขียนแบบ วิศวกรรมระบบประกอบอาคารจำเป็นต้องพร้อมที่จะรับมือกับเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงในโลกปัจจุบัน รวมไปถึงศึกษาหาวิธีใหม่ๆ ในการออกแบบเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นล่วงหน้า BIM เป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยให้งานเป็นไปอย่างราบรื่นตามแผนงานและตามงบประมาณที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความมั่นคงและยั่งยืนของประเทศของเราต่อไป

สัณศณีย์ คงศิลป
เจ้าหน้าที่เขียนแบบ BIM

การพัฒนาบุคลากร สู่ BIM

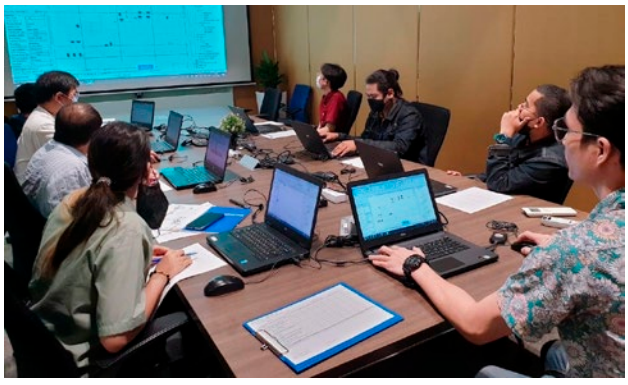
การพัฒนาบุคลากร

บุคลากร BIM เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้โครงการประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย การทำงานนั้นจะต้องมีการประสานงานจากทุกๆ ฝ่าย เพื่อให้งานบรรลุเป้าหมายตามที่กำหนดในแผนงาน บุคลากร BIM ซึ่งเป็นผู้ใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์และคอมพิวเตอร์ในการสร้างสรรค์ผลงานนั้น จำเป็นต้องมีทักษะการทำงาน และสามารถทำงานร่วมกันกับทีมงานฝ่ายต่างๆ ให้ได้ผลงานที่ต้องการ ต้องอาศัยทักษะความชำนาญจากการอบรมฝึกฝน ตลอดจนการปฏิบัติงานจริงเพื่อพัฒนาบุคลากรที่มีความสามารถอย่างเพียงพอ

ความสำเร็จขององค์กรนั้นต้องอาศัยบุคลากรที่มีความสามารถและมีทักษะความชำนาญในส่วนต่างๆ ดังนั้นการพัฒนาบุคลากรจึงเป็นสิ่งสำคัญเป็นอันดับแรก บุคลากร BIM และผู้ที่เกี่ยวข้อง อาทิ Engineer, BIM Modeler และอื่นๆ จึงต้องมีการอบรมใช้งานซอฟต์แวร์ และเทคนิคต่างๆ อาทิ Revit, Navis works, Escape, Autodesk Docs, ACC และอื่นๆ เพื่อพัฒนาความสามารถอย่างรอบด้าน

การเสริมประสบการณ์เพื่อการทำงาน BIM

บุคลากร BIM นอกจากจะได้รับการฝึกอบรมและทำงานจริงแล้ว การเสริมประสบการณ์จากการดูงานที่หน่วยงานก่อสร้างจริงก็เป็นการช่วยให้บุคลากรได้เห็นองค์ประกอบต่างๆ จากหน้างานจริงมาพัฒนาการออกแบบและการเขียนแบบให้ดียิ่งขึ้น การเข้าร่วมสัมมนาในโอกาสต่างๆ ช่วยให้เปิดโลกทรรศน์ และการเรียนรู้จากประสบการณ์ของผู้ที่เชี่ยวชาญกว่าทำให้เกิดการพัฒนาได้เป็นอย่างดี



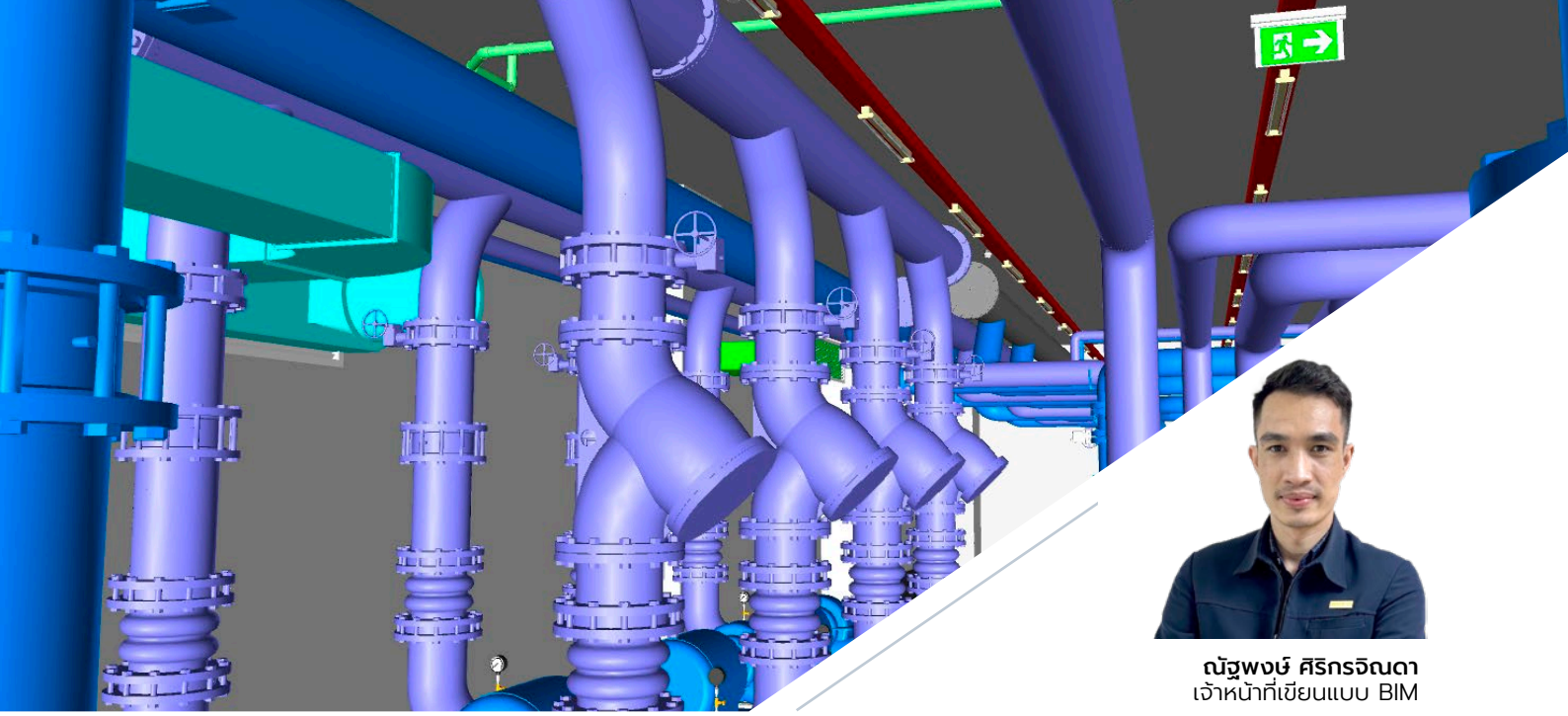
การมีแหล่งเรียนรู้สำหรับค้นคว้าด้วยตัวเอง

โลกมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาการทำงานจึงอาจต้องอาศัยการเรียนรู้ด้วยตัวเองให้มากขึ้น บุคลากรจำเป็นต้องสามารถเข้าถึงแหล่งความรู้ได้ การรวบรวมความรู้ต่างๆ ใน Knowledge Center จะสามารถศึกษาได้ด้วยตัวเอง เพื่อพัฒนาตนเองได้เป็นอย่างดี

การเรียนรู้ผ่านงานที่ได้รับมอบหมาย

การพัฒนาทักษะที่ได้ผลที่สุดคือการได้ลงมือทำจริงและฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง การให้โอกาสกับบุคลากรได้ฝึกฝนจากการทำงานจริง เช่น การมอบหมายโครงการใหม่ๆ งานที่ท้าทาย งานที่มีความหลากหลายนั้น จะทำให้บุคลากรมีโอกาสในการพัฒนาทักษะและเกิดความเชี่ยวชาญใหม่ๆ ซึ่งเป็นการพัฒนาในระดับตนเองและระดับองค์กร และผลงานที่ได้จะเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาประเทศต่อไป

รูปภาพ การพัฒนาความรู้ภายในองค์กร

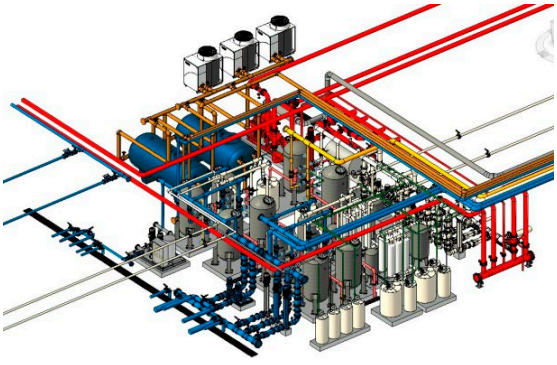


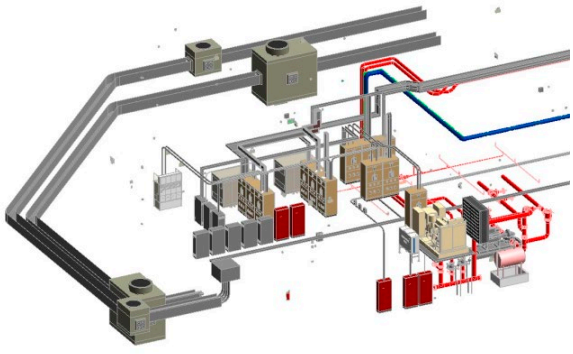
ณัฐพงษ์ ศิริกรจิณดา
เจ้าหน้าที่เขียนแบบ BIM

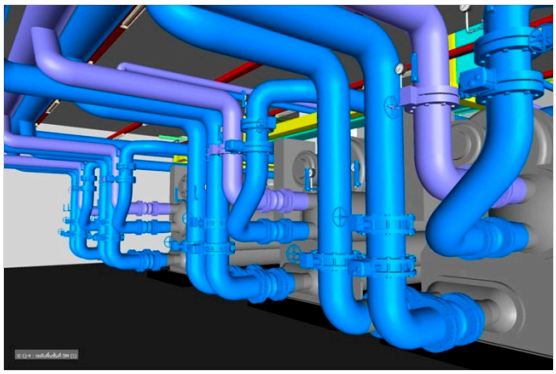
แนวทางการทำงาน ระบบ BIM

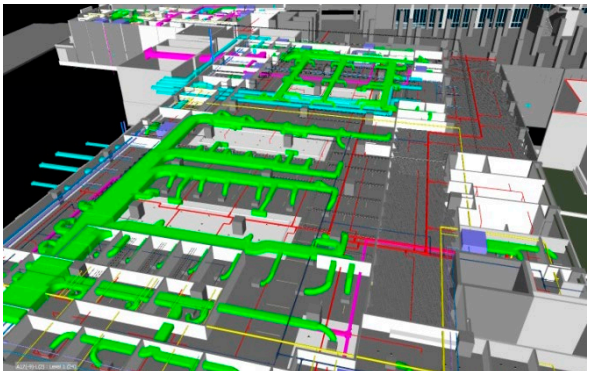
Work Flow (BIM System)

การทำงานด้วยเทคโนโลยี BIM (Building Information Model) โดยใช้ Program Revit, Auto Cad, Navisworks ต่างๆ นั้นจะทำให้สามารถเห็นภาพงานในภาพรวมแบบ Integration ทำให้สามารถตรวจสอบงานได้ว่ามีอุปสรรคหรือข้อขัดแย้งกับระบบงานอื่นๆ อย่างไรบ้าง และสามารถรวบรวมปัญหาต่างๆ มาหารือประชุมร่วมกันเพื่อแก้ไขให้เกิดความถูกต้องในแบบ Model ก่อนดำเนินการติดตั้งจริงในช่วงการก่อสร้าง จึงเป็นประโยชน์อย่างมากในการพัฒนาโครงการในปัจจุบัน









การทำงานด้วยระบบเทคโนโลยี BIM

ในโปรแกรม Revit ที่ใช้เขียนแบบ 3D นั้น การขึ้น Model 3D จากโปรแกรม Auto Cad (2D) หรือเขียนโดยตรง โดยเมื่อเทียบกับแบบเบื้องต้นหรือแบบ Sketch จากผู้ออกแบบงานที่เป็นแบบ 2D จะเห็นองค์ประกอบงานระบบวิศวกรรมต่างๆ ว่าติดตั้งได้จริงหรือไม่อย่างไร การมองเห็นภาพงานด้วย 3D จึงเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการทำงาน ทำให้สามารถแก้ไขแบบได้อย่างถูกต้อง ภาพที่เห็นในแบบ 3D ช่วยลดข้อขัดแย้งต่างๆ ทั้งจากงานระบบวิศวกรรมด้วยกันเองและระบบงานอื่นๆ เช่น งานสถาปัตยกรรม งานโครงสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้การพัฒนาโครงการสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี

การประยุกต์ใช้งาน BIM นั้นสามารถใช้ได้ทั้งกระบวนการออกแบบ การก่อสร้าง ไปจนถึงการบริหารอาคาร ซึ่ง BIM จะมีข้อมูลต่างๆ ที่สำคัญและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ตลอดอายุโครงการ (Building Life Cycle) โดยจะแบ่งขั้นต่างๆ ตั้งแต่ 3D, 4D, 5D, 6D, 7D ดังนี้

มิติที่ 3 (3D) การประสานแบบจำลองอาคาร (Model Coordination)
มิติที่ 4 (4D) การวางแผนงานก่อสร้าง (Scheduling)
มิติที่ 5 (5D) การประมาณราคา (Estimating)
มิติที่ 6 (6D) การจำลองด้านความยั่งยืน (Sustainable)
มิติที่
7 (7D) การบริหารจัดการทรัพยากรกายภาพ (Facilities Management)

ข้อมูลในรูปแบบ Model 3D ที่ครบสมบูรณ์แล้วนั้น ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ตรวจสอบความถูกต้องหรือข้อผิดพลาดต่างๆ โดยใช้โปรแกรม Navis Work ควบคู่กับโปรแกรม Revit ได้ เพื่อดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้องก่อนขั้นตอนการก่อสร้างจริง

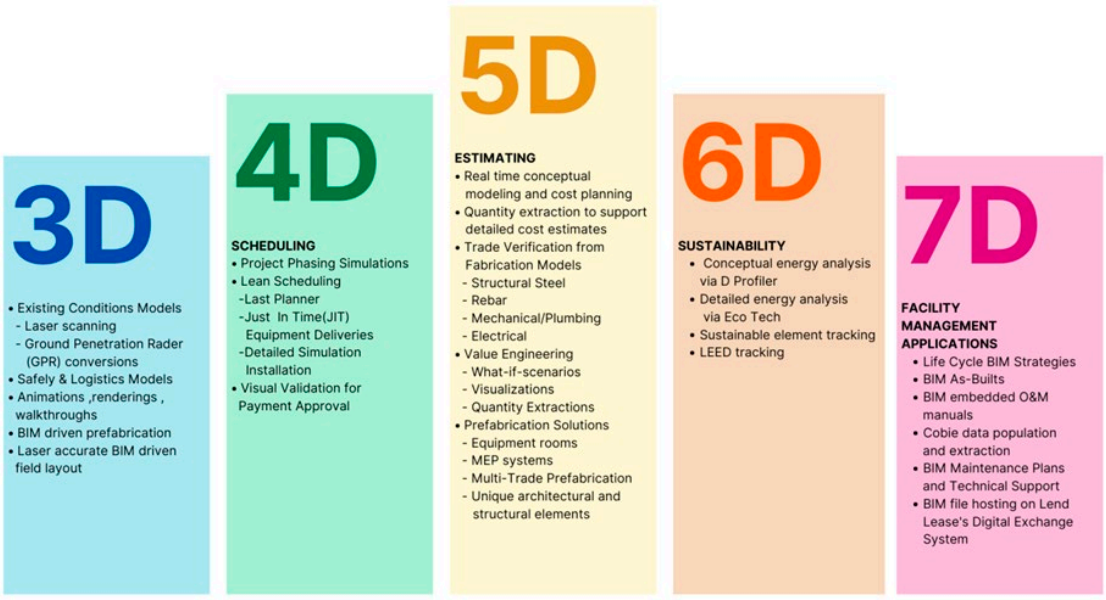
การทำงานออนไลน์โดยใช้ ACC (Autodesk Construction Cloud)

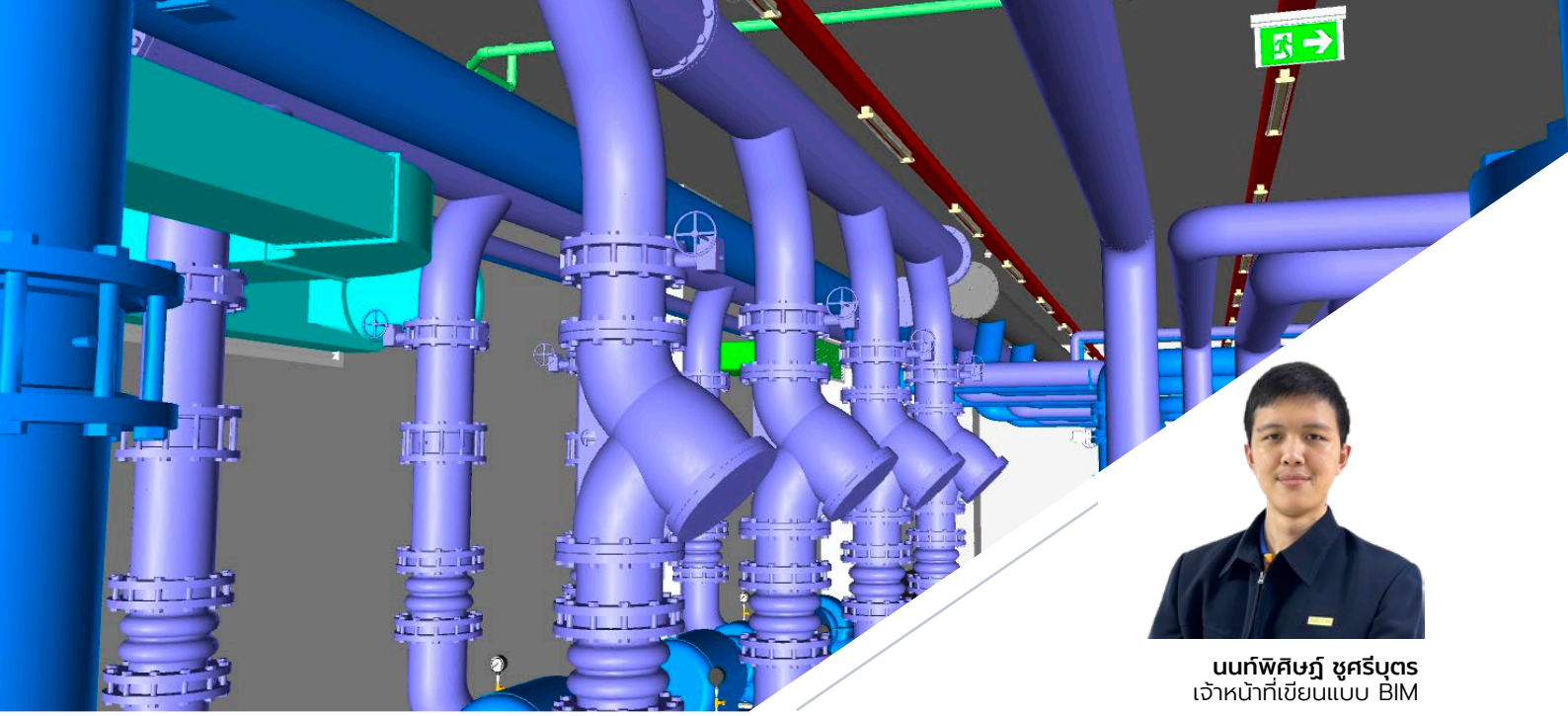
การใช้ ACC เป็นการรวบรวมข้อมูลให้อยู่ในที่แห่งเดียวกัน ทำให้ทุกฝ่ายประสานงานกันได้สะดวกยิ่งขึ้น และทำให้ทราบความคืบหน้าสถานะของงานได้อย่างเป็นปัจจุบัน

สำหรับการทำงานบน Cloud (Autodesk Docs) จะสามารถมองเห็น Model 3D แบบ Real Time ว่าปัจจุบันในทีมงานที่ทำงานร่วมกันมีความคืบหน้าของงานได้โดยไม่ต้อง Download File ทำให้วางแผนดำเนินการได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

ระบบเทคโนโลยี BIM

การทำงานด้วยระบบเทคโนโลยี BIM เป็นการวางแผนงาน และรวบรวมข้อมูลจากทุกฝ่ายงานให้เป็นแหล่งข้อมูลเดียวกัน ซึ่งทำให้การติดต่อประสานงานกันได้ง่ายและถูกต้อง ช่วยลดปัญหาก่อนการก่อสร้างจริง รวมถึงการจัดการบริหารทรัพยากรในโครงการ(Facilities Management) ต่อไป โดยภาพรวมการใช้ BIM ในการทำงานนั้นจะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการพัฒนาโครงการโดยรวมได้เป็นอย่างดี





นนท์พิศิษฏ์ ชูศรีบุตร
เจ้าหน้าที่เขียนแบบ BIM

การตรวจสอบ CLASH

ปัจจุบันโลกแห่งการแข่งขันทำให้เทคโนโลยีของอุตสาหกรรมด้านต่างๆ เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว เราจำเป็นต้องนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านต่างๆ เข้ามาปรับใช้และพัฒนาองค์กรให้พร้อมทั้งกระบวนการ ตั้งแต่การออกแบบเขียนแบบอาคารจนถึงขั้นตอนการก่อสร้าง ซึ่งจะมีผู้รับผิดชอบในส่วนงานต่างๆ ทำงานร่วมกันตลอดเวลา ซึ่งการใช้ BIM ถือเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาโครงการได้เป็นอย่างดี

BIM เป็นการสร้างแบบจำลองเสมือนขององค์ประกอบต่างๆ ของอาคารในรูปแบบ 3 มิติ ทดแทนเขียนแบบในรูปแบบ 2 มิติแบบเดิม BIM จะเป็นการรวบรวมงานต่างๆ ทั้งสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมระบบประกอบอาคารเข้าด้วยกัน ทำให้ทุกฝ่ายในโครงการทำงานร่วมกัน พัฒนาแบบต่างๆ ได้อย่างครบถ้วน จากการแสดงมุมมองเป็น 3 มิติของ BIM นั้นทำให้สามารถตรวจสอบความถูกต้อง สามารถแก้ไขก่อนการก่อสร้างจริงได้

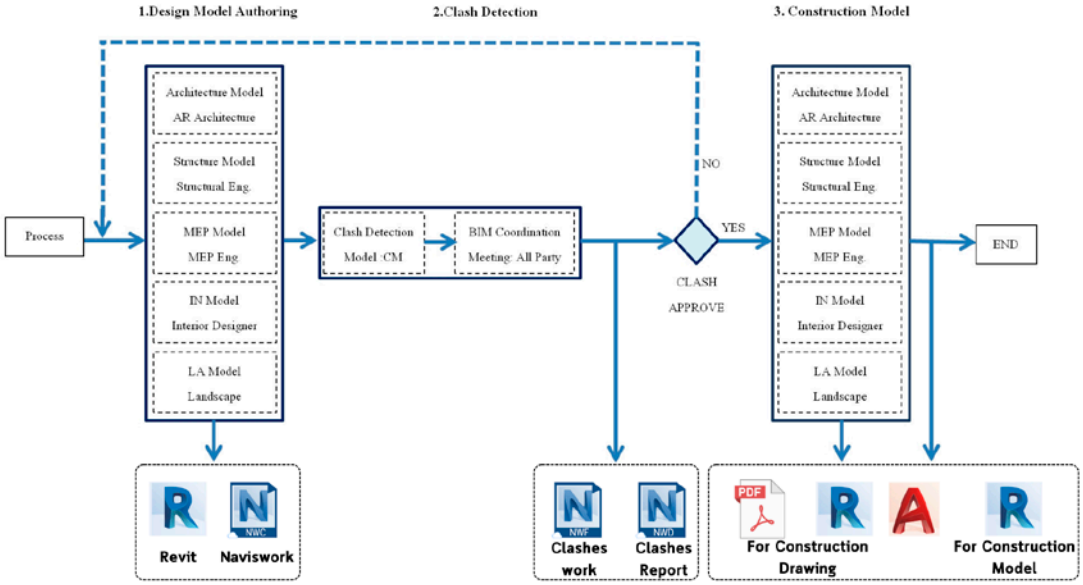
การทำงานร่วมกันในกระบวนการ BIM นั้นจะต้องอาศัยการประสานงานกันระหว่างฝ่ายต่างๆ ซึ่ง BIM Coordinator จะใช้ Naviswork และ BIM Track ในการติดตามสถานะการทำงานตรวจสอบความขัดแย้งที่เกิดขึ้นจากแบบของฝ่ายต่างๆ เพื่อให้แบบโดยรวมมีความถูกต้องมากที่สุด

กระบวนการทำงานของ BIM

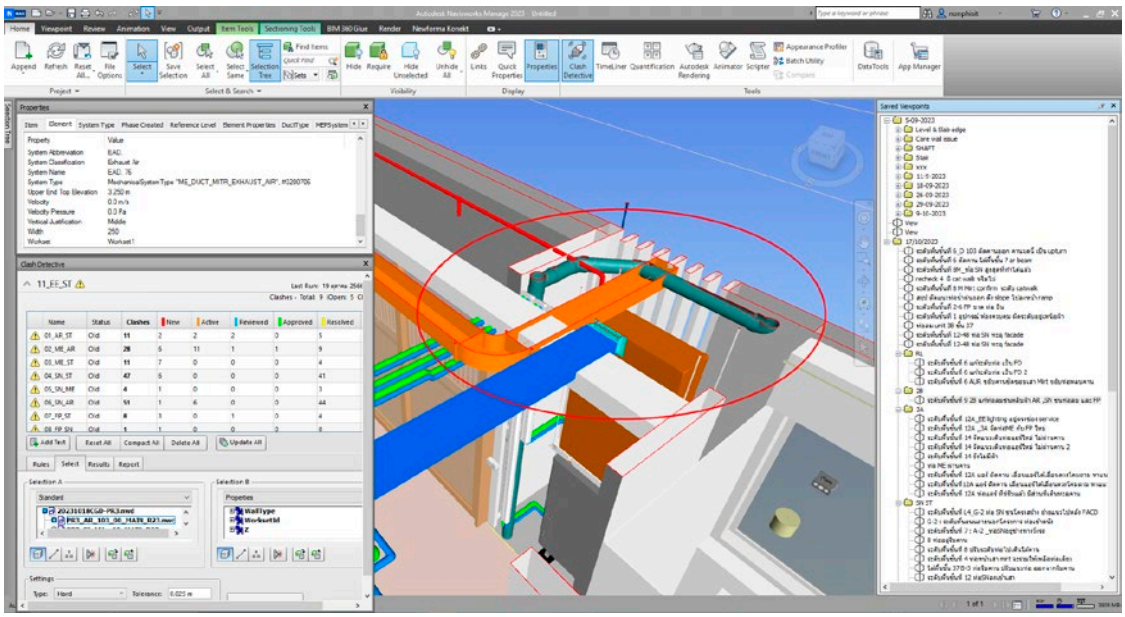
BIM Coordinator มีหน้าที่ในการติดต่อประสานระหว่าง BIM Manager, BIM Technician (BIM Modeler Architecture, Structure, Interior, Landscape) และทำงานร่วมกับ Architect Designer, Project Manager, Project Engineer, Engineer Designer ในกระบวนการทำงาน BIM นั้น ทาง BIM Manager จะมีเอกสารที่เรียกว่า BEP (Bim Execution Plan) เพื่อใช้ในการปฏิบัติงานให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ซึ่ง BIM Coordinator จะให้ข้อมูลการทำงาน BEP กับทาง BIM Modeler ต่อไป

BEP เป็นเครื่องมือช่วยในการบริหารโครงการ เป็นแนวทางให้ทุกฝ่ายดำเนินการตามขั้นตอนการทำงานและประสานการทำงานร่วมกันในการแลกเปลี่ยนข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1. BIM User: การจัดเตรียมทรัพยากรเพื่อรองรับงาน การตั้ง HUB ไฟล์ และให้ User ในการเข้าถึงส่วนงาน
2. Schedule: การวางแผนปฏิบัติงานให้ทีมงานดำเนินงานตามขั้นตอนและกรอบตารางเวลาที่วางแผนไว้
3. Technology: การทำงานร่วมกันด้วยการส่งถ่ายข้อมูลบน Software เช่น Version และ File type File Naming
4. BIM Team: ทักษะการใช้เทคโนโลยี หน้าที่และความรับผิดชอบตามขั้นตอนการทำงาน
5. Standard: มาตรฐานการใช้ BIM และวิธีการสร้าง BIM Model การจัดการข้อมูลเพื่อประสานการทำงาน
6. Communication: การสื่อสารและการประสานงานร่วมกันในการแบ่งปันข้อมูลและการจัดการข้อมูลใน BIM Model
7. Project Meeting: การกำหนดวาระการประชุม เพื่อหาข้อสรุปในข้อขัดแย้งของการทำงานตามแผนงานของโครงการนั้นๆ
8. Model Structure: โครงสร้าง Model ที่เป็นรูปทรงเรขาคณิตของผู้ร่วมงาน ที่แบ่งตามหน้าที่ลักษณะการทำงาน การกำหนดชื่อให้ทุกฝ่ายเข้าใจเพื่อนำไปประสานงาน
9. Quality Control: การควบคุมคุณภาพของการทำงานในระหว่างพัฒนาการทำงานด้วยการกำหนดรายการตรวจสอบและเงื่อนไขในแต่ละขั้นตอนให้ผู้ร่วมงานพัฒนา BIM Model



รูปที่ 1 แสดงการทำงานและการจัดการไฟล์ของกระบวนการทำงาน BIM Navisworks



รูปที่ 2 แสดงการใช้งาน Software Naviswork เป็นการทำรายงานแสดงผล Clash Detective ระหว่างงาน MEP, AR, ST

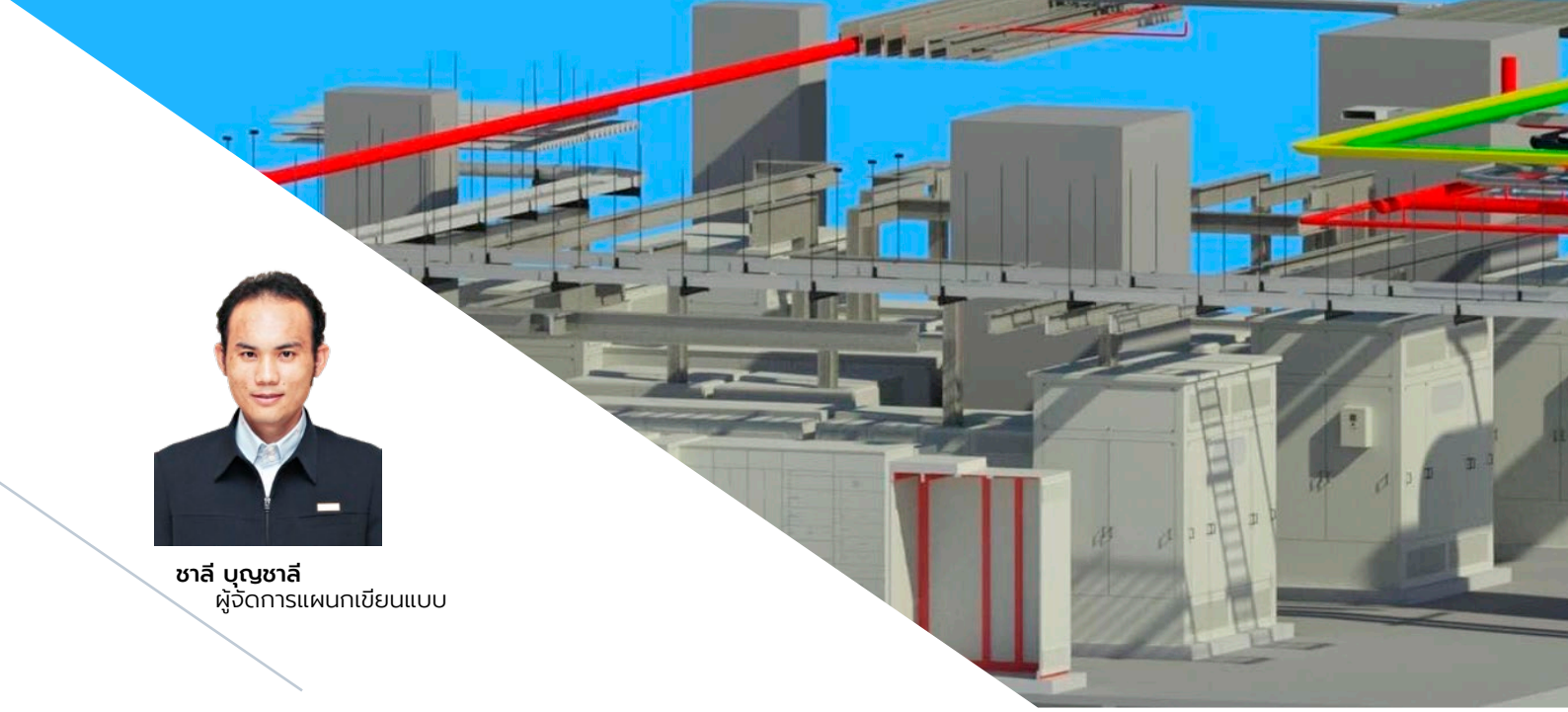
กระบวนการตรวจสอบ CLASH นั้น จะมีการตรวจสอบในขั้นตอนการทำงานต่างๆ เช่น

1. **การเกิด CLASH ระหว่างงานระบบวิศวกรรมประกอบอาคาร**
   ถึงแม้ว่าในการออกแบบนั้นจะมีการกำหนดแนวเส้นทาง ระดับ ขนาด และรายละเอียดต่างๆ ของแต่ละระบบไว้แล้ว แต่โดยทั่วไปแล้วการเขียน BIM Model อาจจะมีการแยกเขียนในแต่ละระบบ เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบปรับอากาศ ระบบระบายอากาศ ระบบสุขาภิบาลและดับเพลิง ดังนั้นเมื่อมีการรวมระบบต่างๆ เข้าด้วยกันจะทำให้เกิดการ CLASH ขึ้นได้ในระหว่างการรวมแบบ ซึ่งต้องมีการแก้ไขกันเองก่อนเป็นอันดับแรก

2. **การเกิด CLASH ระหว่างงานระบบวิศวกรรมประกอบอาคาร งานสถาปัตยกรรม และงานโครงสร้าง**
   เมื่อมีการนำ Model ของงานระบบวิศวกรรมประกอบอาคารมารวมเข้ากับงานสถาปัตยกรรม (ซึ่งรวมงานโครงสร้างไว้แล้ว) อาจทำให้เกิดการ CLASH ขึ้นจากการเปลี่ยนแปลง แก้ไขแบบในระหว่างขั้นตอนการติดต่อประสานพัฒนาโครงการในช่วงเวลานั้นๆ ในขั้นตอนนี้ BIM Manager หรือผู้ร่วมเขียนแบบ Model จะต้องตรวจสอบ CLASH โดยใช้ Naviswork ซึ่งจะแสดงผล CLASH Detective และ Saved Viewpoints ให้ทุกฝ่ายทราบ และจะมีการประชุมร่วมกันเพื่อหาวิธีแก้ไขตามแผน BEP ต่อไป

สำหรับโครงการขนาดใหญ่ในขั้นตอนการตรวจสอบ และแก้ไขอาจมีปริมาณ CLASH มาก จึงอาจมีการแบ่ง ZONE หรือพื้นที่ในการตรวจสอบ เพื่อให้งานที่สำคัญสามารถดำเนินการต่อไปได้ในระหว่างที่ดำเนินการแก้ไขในส่วนที่เหลือต่อไป

การตรวจสอบ CLASH เป็นกระบวนการหนึ่งในการจัดทำ BIM ที่สำคัญ เพื่อลดปัญหาจากการออกแบบของฝ่ายต่างๆ ที่มารวมกันจากงานวิศวกรรมประกอบอาคาร สถาปัตยกรรมและโครงสร้างซึ่งการลด CLASH ให้เหลือน้อยที่สุดนั้นจะทำให้ขั้นตอนการก่อสร้างจริงเป็นไปอย่างราบรื่นได้ตามแผนงานและงบประมาณที่เจ้าของโครงการได้กำหนดไว้

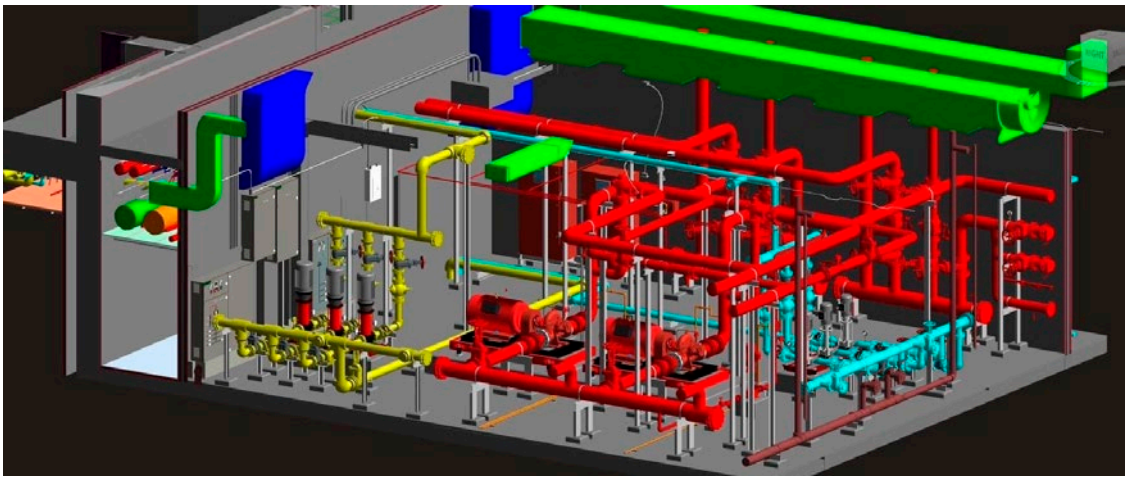


ชาลี บุญชาลี
ผู้จัดการแผนกเขียนแบบ

เทคโนโลยี BIM กับการพัฒนางานระบบวิศวกรรม

การพัฒนาโครงการขนาดใหญ่ในปัจจุบัน การนำ BIM มาใช้เป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการพัฒนาแบบอาคารและระบบสาธารณูปโภคนั้นเป็นเรื่องที่ดำเนินการโดยปกติทั่วไปแล้ว โดย BIM สามารถใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการพัฒนาในด้านต่างๆ ดังนี้

- การบริหารการจัดการโครงการ (Project Managment): BIM จะเป็นเครื่องมือช่วยสนับสนุนการบริหารการทำงานโครงการโดยเริ่มตั้งแต่ต้นโครงการในขั้นตอนการออกแบบจนได้แบบประมูลพร้อมราคาค่าก่อสร้าง จากนั้นนำมาใช้ในขั้นตอนการก่อสร้างและต่อเนื่องมายังการใช้งานอาคาร ดูแลรักษาอาคารได้ เทคโนโลยี BIM ประกอบไปด้วยข้อมูล (Information) ของอาคารที่เป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการบำรุงรักษา เป็นการจัดการข้อมูลของอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ



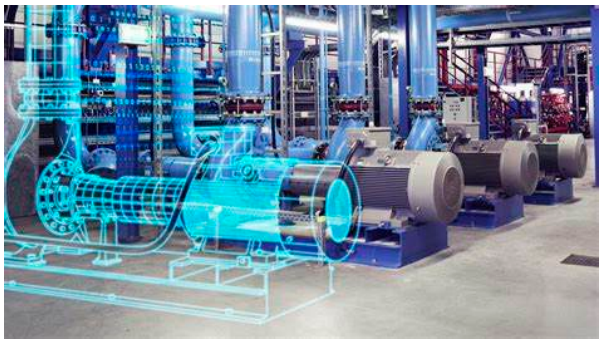
แบบโมเดลห้องเครื่องงานระบบอาคาร

- การเข้าถึงข้อมูลและรู้ข้อมูลของโครงการก่อนก่อสร้างจริง BIM ที่ได้แบบโมเดลดิจิทัลนำมาประยุกต์เข้ากับเทคโนโลยีเสมือนจริง (VR) จะได้ VR BIM model ช่วยให้มองเห็นภาพรวมทั้งหมดของโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผู้มีส่วนร่วมทุกฝ่ายได้สัมผัสความรู้สึกเสมือนจริงของรูปร่างอาคารและบริเวณต่างๆ โดยพาผู้คนเดินก้าวสู่แบบจำลองเสมือนจริงของโครงการ ทำให้สามารถปรับปรุงพัฒนา โดยให้ความเห็นก่อนดำเนินการก่อสร้างจริงได้

แบบโมเดลดิจิทัลนำมาประยุกต์กับเทคโนโลยี (VR)

- การประเมินประสิทธิภาพของอาคาร BIM ประกอบไปด้วยข้อมูล (Information) สภาพอากาศ (Weather Data) วัสดุอาคาร (Material Properties) ข้อมูลภาระการใช้งานของพื้นที่ (Internal Load) รวมทั้งข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับพื้นที่ใช้งานก่อนที่จะก่อสร้างอาคารจริง สามารถนำมาวิเคราะห์ผลกระทบต่างๆ ก่อน ซึ่งจะทำให้ได้ผลงานที่มีความถูกต้องมากที่สุด
  - Space Type เพื่อพัฒนาเป็นโมเดลสำหรับการประเมินพลังงาน (Energy Simulation Model)
  - Solar Study การทดสอบผลกระทบจากแสงอาทิตย์โดยการตรวจสอบเงาที่มีผลต่ออาคารทั้งภายในและภายนอกอาคาร
  - Solar Analysis การประเมินผลของความเข้มข้นของแสงที่มีผลกระทบต่อเปลือกภายนอกอาคาร
  - Daylighting Analysis ประเมินผลการใช้แสงธรรมชาติ
  - Wind Analysis การประเมินเรื่องของพลังงานลมด้วยโมเดล BIM ไปใช้เพื่อการวิเคราะห์ประเภท CFD

- Digital Twins: เทคโนโลยี Digital Twins สามารถนำมาใช้ได้กับโครงการใหม่ที่กำลังออกแบบ กำลังก่อสร้าง หรือก่อสร้างแล้วเสร็จ โดยการนำโมเดล 3 มิติ เชื่อมกับ IoT (Internet of things) เพื่อเชื่อมต่อส่งสัญญาณต่างๆ เช่น สภาพอากาศ การทรุดตัว การทำงานของเครื่องจักร เป็นต้น โดยมีการประมวลผลออกมาเป็นรายงานในรูปแบบที่ต้องการการจัดเก็บ Portfolio ไว้สำหรับอาคารที่สร้างเสร็จแล้ว การใช้โดรน (Drone) สำรวจเพื่อนำมาประเมินผลออกมาเป็นโมเดล 3 มิติ (3D Reality Modeling) โดยสามารถเก็บข้อมูลได้เป็นจำนวนมาก ลดการใช้คนเข้าสำรวจพื้นที่ ลงได้การทำข้อมูลให้เป็นดิจิทัลเป็นการตรวจสอบเสมือนจริงโดยข้อมูลที่ได้นั้นสามารถถูกตรวจสอบย้อนหลังได้ อีกทั้งสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาต่อในอนาคตได้ เป็นการทดแทนการจดบันทึกแบบเดิมๆ เป็นเทคโนโลยีซึ่งเหมาะสมกับโลกปัจจุบันและอนาคต



แบบโมเดลเครื่องจักรที่ประยุกต์ใช้กับ Digital Twins

จากยุคเริ่มต้นของการเขียนแบบจนถึงปัจจุบัน การนำ BIM มาใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนงานออกแบบทางวิศวกรรมเริ่มมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย การพัฒนาของเทคโนโลยี BIM และการประยุกต์ใช้มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ซึ่งต้องอาศัยการสนับสนุนทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และที่สำคัญคือบุคลากรที่มีความรู้และทักษะความสามารถเพื่อให้ได้ผลงานที่ถูกต้องครบถ้วน ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาต่อยอดได้อีกมากมาย ในอนาคต

ไพรัช มิตรมโนชัย วก.949
รองกรรมการผู้จัดการ-สายงานบริหารงานก่อสร้าง

การจัดการข้อขัดแย้ง ในโครงการก่อสร้าง

วัตถุประสงค์สำคัญในการบริหารข้อเรียกร้องและข้อขัดแย้งก็เพื่อป้องกันข้อเรียกร้อง (Claim) ไม่ให้เป็นข้อขัดแย้ง (Conflict) หรือข้อพิพาท (Dispute) จนเกิดผลกระทบต่องานก่อสร้างของโครงการ และเกิดความเสียหายต่อคู่สัญญาหรือบุคคลภายนอก ดังนั้นเมื่อเกิดข้อเรียกร้องขึ้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาข้อยุติ หรือระงับข้อเรียกร้องนั้นด้วยความรวดเร็ว เป็นไปตามสัญญาและข้อกฎหมาย และความเป็นธรรม

ในโครงการก่อสร้างนั้นจะมีเอกสารขั้นตอนการก่อสร้าง แบบและรายการประกอบแบบก่อสร้าง เอกสารการประมูล และมีบุคลากรที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก ย่อมทำให้เกิดปัญหาความแตกต่างการไม่สอดคล้องกันของเอกสารต่างๆ ทั้งความเข้าใจของแบบและเอกสารต่างๆ ก็อาจไม่ตรงกัน รวมถึงมีการเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างมากมายหลายครั้ง หรือเหตุการณ์ไม่คาดคิดมาก่อน เหล่านี้ล้วนทำให้เกิดข้อเรียกร้อง ข้อขัดแย้ง จนทำให้เกิดเป็นข้อพิพาทได้ทั้งสิ้น ดังนั้นผู้บริหารงานก่อสร้างจึงเป็นบุคคลหลักในการบริหารข้อเรียกร้องเหล่านี้ไม่ให้ลุกลามต่อไป

ใครเป็นผู้บริหารข้อเรียกร้องและข้อพิพาท

1. การระงับข้อเรียกร้องในเบื้องต้นคือผู้บริหารงานก่อสร้าง

2. ส่วนข้อพิพาท ขึ้นอยู่กับว่าในสัญญาระบุให้อำนาจใครไว้ ซึ่งมักจะกำหนดเป็นระดับได้ดังนี้
   - โดยการเจรจาของคู่สัญญา (Amicable Settlement)
   - โดยการไกล่เกลี่ย (Mediation)
   - โดยผู้ชี้ขาด (Adjudicator)
   - โดยอนุญาโตตุลาการ (Arbitrator)

3. สุดท้ายกรณีไม่มีกำหนดไว้ ผู้มีอำนาจต้องเป็นไปตามกฎหมายคือศาล

ที่มา: หนังสือการบริหารข้อเรียกร้องและข้อพิพาทในโครงการก่อสร้าง โดยชมรมนักกฎหมายก่อสร้าง

จุดที่ทำให้เกิดข้อเรียกร้องและข้อขัดแย้ง

1. การเริ่มงานก่อสร้าง
2. การขัดแย้งกันของแบบ
3. การเปลี่ยนแปลงงาน
4. การแล้วเสร็จของงาน

การเริ่มงานก่อสร้าง

การประชุมเริ่มงานหรือที่เรียกว่า Kick off Meeting เป็นการประชุมก่อนเริ่มงานก่อสร้างเพื่อทำความเข้าใจในการปฏิบัติต่างๆ ระหว่างผู้รับจ้างด้วยกันกับผู้บริหารก่อสร้าง และผู้ว่าจ้าง หรือฝ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในงานก่อสร้าง การเบิกเงินงวด การประชุมต่างๆ รวมถึงการเรียกร้องต่างๆ ซึ่งผู้บริหารงานก่อสร้างควรทำการสรุปโดยย่อ หรือเน้นข้อความสำคัญในสัญญาว่ากรณีไหน เหตุการณ์แบบไหนถึงสามารถเรียกร้องได้ ไม่ว่าในเรื่องราคาที่เพิ่มขึ้นหรือระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นและถ้าเรียกร้องได้ต้องดำเนินการภายในระยะเวลาเท่าไหร่ ซึ่งการแจ้งผู้ทำงานในเรื่องเหล่านี้ ก็จะเป็นการลดภาระในการรับเรื่องเรียกร้องได้พอสมควร

5. เอกสารก่อนเริ่มงานก่อสร้าง อาทิเช่น ใบอนุญาตก่อสร้าง ใบอนุญาตการควบคุมงานตามกฎหมาย การประกันภัยก่อสร้าง (CAR) สัญญาฉบับต่างๆ ที่ลงนามแล้ว แบบก่อสร้าง เอกสารการส่งมอบพื้นที่ เอกสารส่งมอบจุดอ้างอิง เป็นต้น ซึ่งการเตรียมเอกสารเหล่านี้ก่อนเริ่มงาน จะเป็นการลดข้อเรียกร้อง ข้อพิพาทได้

6. การประสานงาน เป็นการจัดทำตารางหน้าที่ในการประสานงานใช้สำหรับในกรณีที่มีผู้รับจ้างหลายรายในหน่วยงานก่อสร้าง ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้กับผู้รับจ้างหลักกับผู้รับจ้างย่อยอื่นๆ เช่น การใช้เครื่องจักรในการก่อสร้างว่าจะสามารถใช้ได้แต่จะมีค่าใช้จ่ายและเวลาในการใช้ การใช้ห้องน้ำสำหรับคนงานการจัดเตรียมจุดจ่ายไฟฟ้าและน้ำประปาสำหรับการก่อสร้างการกำหนดให้ผู้รับจ้างงานระบบติดตั้งงานในคอนกรีต เป็นต้น ซึ่งการทำตารางดังกล่าวเป็นการกำหนดระเบียบต่างๆ ทำให้ทุกฝ่ายมีหน้าที่ในการปฏิบัติตาม และทำให้การทำงานมีอุปสรรคน้อยลง ข้อเรียกร้อง ข้อพิพาทน้อยลง

7. การแต่งตั้งตัวแทนของผู้ว่าจ้างและผู้รับจ้าง ผู้เกี่ยวข้องในหน่วยงานก่อสร้างจะต้องแต่งตั้งตัวแทนในการทำงานในหน่วยงานก่อสร้างก่อนเริ่มงานทุกครั้ง เพื่อป้องกันการรับ-ส่งเอกสารที่อาจมีการอ้างว่าไม่ได้รับ หรือปฏิเสธการรับเอกสารโดยอ้างว่าไม่ได้ส่งให้ตัวแทนของอีกฝ่ายได้

8. การส่งมอบสถานที่ก่อสร้าง เป็นเรื่องจำเป็นในกรณีที่สัญญานั้นระบุว่าวันเริ่มต้นสัญญาเป็นวันเดียวกับวันส่งมอบพื้นที่ ซึ่งมักจะใช้กับงานราชการ และจะต้องทำเป็นหนังสือส่งมอบและให้ผู้รับจ้างลงนามไว้ เพื่อเป็นการบริหารเรื่องระยะเวลาก่อสร้างต่อไป การส่งมอบสถานที่ก่อสร้างนั้นอาจเป็นการส่งมอบพื้นที่เป็นส่วนๆ ได้ เพื่อให้ผู้รับจ้างเริ่มดำเนินการก่อสร้างได้ แต่ทั้งนี้ก็ต้องเร่งส่งมอบพื้นที่ส่วนอื่นเพื่อให้ทันต่อแผนงานก่อสร้างของผู้รับจ้าง มิฉะนั้นจะเป็นเรื่องที่มีการร้องเรียนเกี่ยวกับการขยายระยะเวลาก่อสร้างได้

การขัดแย้งกันของแบบ

1. ลักษณะการขัดแย้งกันของแบบ เป็นการขัดแย้งของแบบและรายการประกอบแบบ และเอกสารในสัญญาอื่นๆ ซึ่งจะเป็นการขัดแย้งกันเอง ขัดแย้งกับรายการประกอบแบบ รายการประกอบแบบขัดแย้งกันเอง รายการประกอบแบบขัดแย้งกับ BOQ แบบและรายการประกอบแบบตกหล่น เป็นต้น

2. การขัดแย้งกันของแบบเป็นเรื่องปกติที่อาจเกิดขึ้นได้ ในการก่อสร้างจะประกอบด้วยแบบหลายแบบประกอบกัน ไม่ว่าจะเป็นแบบโครงสร้าง แบบสถาปัตยกรรม แบบงานระบบประกอบอาคาร แบบตกแต่งภายใน ผู้ออกแบบก็มีหลายคน ทุกคนจะต้องออกแบบให้มีความสอดคล้องกัน แต่ในความเป็นจริงจะมีการผิดพลาดคลาดเคลื่อนบ่อยครั้ง เช่นแบบสถาปัตยกรรมมีการแก้ไขแบบแปลน แต่แบบโครงสร้างและงานระบบประกอบอาคารไม่ได้แก้ตาม

3. การบริหารเพื่อลดหรือหลีกเลี่ยงการเรียกร้อง สิ่งที่ต้องทำคือการรู้ปัญหาในความขัดแย้งของแบบก่อนดำเนินการก่อสร้าง เพื่อไม่ให้มีค่าใช้จ่ายและเวลาที่เสียไป การรู้ปัญหาก่อนก็คือการทำแบบ Combined ของงานแต่ละงานเข้าด้วยกัน ก็จะรู้ปัญหาขัดแย้งของแบบได้ก่อน เป็นการรู้ในกระดาษก่อนสร้างจริง

4. ผู้มีอำนาจวินิจฉัยการขัดแย้งกันของแบบ ส่วนมากที่กำหนดในสัญญาก็คือผู้บริหารงานก่อสร้าง ในส่วนงานราชการอาจเป็นคณะกรรมการตรวจการจ้าง

5. หลักเกณฑ์ในการวินิจฉัย จะต้องพิจารณาจากเงื่อนไขในสัญญาก่อนเป็นหลัก เช่น กำหนดไว้ว่าจะต้องยึดแบบเป็น

หลักมากกว่าใน BOQ หรือให้ยึดเอกสารที่มาหลังเป็นหลักก่อน ซึ่งจะมาทดแทนเอกสารที่มาก่อนหน้านี้ เป็นต้น สิ่งที่พิจารณาเป็นลำดับถัดไปคือกฎหมาย ซึ่งจะต้องไม่ขัดแย้งหลักวิชาช่าง แบบอาจไม่ได้ระบุรายละเอียดทุกอย่าง แต่เพื่อให้เป็นไปตามหลักวิชาช่างและความสมบูรณ์ของแบบก็จำเป็นต้องมี ต้องเป็นไปตามเจตนารมณ์ของแบบ เป็นไปตามมาตรฐานวิชาชีพ ความเป็นธรรม เป็นต้น

6. คำสั่งงานเปลี่ยนแปลง เมื่อมีการวินิจฉัยแล้วว่างานเปลี่ยนแปลงนั้นมีผลต้องให้ทำงานเพิ่มขึ้นหรือลดลง ผู้บริหารงานก่อสร้างต้องเร่งในการออกเอกสารคำสั่งงานเปลี่ยนแปลง (Variation Order, VO) ซึ่งอาจจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลง หรือมีการขยายเวลาก่อสร้างออกไป ก็ต้องพิจารณาเงื่อนไขต่างๆ ในสัญญาต่อไป

การเปลี่ยนแปลงงาน

การเปลี่ยนแปลงงานหรือขอบเขตงานในสัญญาอาจจะเป็นการกระทบเงื่อนไขต่างๆ ในสัญญาได้ ดังนั้นเมื่อการเปลี่ยนแปลงตามหลักการแล้วต้องมีการแก้ไขสัญญาเพื่อให้สอดคล้องกับงานที่เปลี่ยนแปลง แต่ในการก่อสร้างเป็นงานที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเป็นปกติ การที่จะต้องมาทำสัญญาแก้ไข เพิ่มเติมบ่อยๆ เป็นประจำ จะทำให้เกิดความยุ่งยากและไม่สะดวก ดังนั้นในเงื่อนไขทั่วไปของสัญญาจะกำหนดไว้ว่าให้มีการเปลี่ยนแปลงงานก่อสร้างได้โดยไม่ทำให้สัญญาเสียไปหรือสิ้นผลบังคับใช้ไป และยังมีเพิ่มเติมว่าเมื่อคำสั่งงานเปลี่ยนแปลงแล้ว ผู้รับจ้างต้องทำตามคำสั่งของผู้ว่าจ้าง

1. ผู้รับจ้างมีหน้าที่ต้องทำตามคำสั่งเปลี่ยนแปลงงาน เมื่อสัญญากำหนดว่าผู้รับจ้างต้องทำงานเปลี่ยนแปลงตามที่ผู้ว่าจ้างสั่ง แต่จะมีบางกรณีที่ผู้รับจ้างอาจแจ้งกลับว่างานเปลี่ยนแปลงดังกล่าวไม่อยู่ในขอบเขตที่สามารถทำงานเปลี่ยนแปลงได้
   - การสั่งงานใหม่ จะแตกต่างจากงานเพิ่มใหม่ เนื่องจากงานเพิ่มใหม่คืองานเพิ่มเติมจากงานเดิมที่ทำอยู่ในสัญญา แต่งานใหม่อาจหมายถึงงานที่มาใหม่ เช่น ให้ก่อสร้างอาคารอีก 1 หลัง ให้ผู้รับจ้างซื้ออุปกรณ์เพิ่มแต่ผู้ว่าจ้างจะนำไปใช้ในโครงการอื่นของผู้ว่าจ้าง เนื่องเห็นว่าราคาอุปกรณ์นี้ใน BOQ มีราคาค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับราคาตลาด เป็นต้น
   - การสั่งงานเพิ่มแตกต่างลักษณะ เช่น การสั่งงานเพิ่มระบบไฟฟ้าและสื่อสารให้กับผู้รับจ้างงานสถาปัตยกรรม เป็นต้น ซึ่งเป็นงานที่แตกต่างจากสัญญาเดิมมาก
   - การสั่งงานเปลี่ยนแปลงเมื่อแล้วเสร็จ เช่น สั่งงานเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการออกใบรับรองการแล้วเสร็จไปแล้ว ไม่ว่าจะเป็น Practical หรือ Final Completion
   - การสั่งลดงานเพื่อไปให้ผู้รับจ้างรายอื่นทำ โดยปกติในเงื่อนไขสัญญาจะไม่อนุญาตให้ผู้ว่าจ้างดำเนินการแบบนี้ แต่ในกรณีที่ผู้รับจ้างตามสัญญาทำงานล่าช้า มีข้อชำรุดบกพร่องมากก็จะสามารถทำได้

2. งานที่ไม่ถือว่าเป็นการเปลี่ยนแปลง เช่นงานที่จำเป็นต้องทำแต่อาจไม่มีระบุในแบบ เช่น Support ท่อต่างๆ งาน Box ไฟฟ้าของท่อร้อยสายไฟ เป็นต้น งานที่แบบกำหนดไว้เกินเช่น ในแบบกำหนดจอ LED 1 จอ แต่ใน BOQ กำหนดไว้ 2 จอ กรณีการดำเนินการตามแบบแต่ไม่เป็นงานเปลี่ยนแปลง เพราะเป็นการประมูลแบบ Lump Sum งานรื้อถอนที่ทำไว้ไม่ถูกต้อง และต้องทำงานใหม่ให้ถูกต้อง ถือว่าเป็นการแก้ไขงานของผู้รับจ้างให้ถูกต้องตามแบบและรายการประกอบแบบ ไม่ถือเป็นงานเปลี่ยนแปลง

3. คำสั่งเปลี่ยนแปลงงานต้องทำเป็นหนังสือ

4. การคำนวณค่าจ้างที่เปลี่ยนแปลง

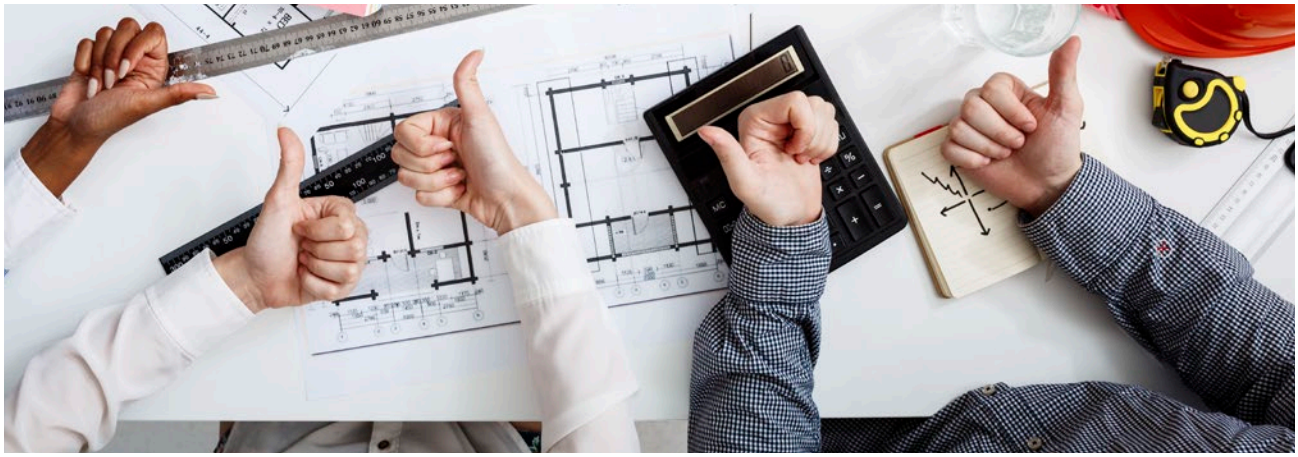
5. เปลี่ยนเวลาก่อสร้าง

การแล้วเสร็จของงาน

1. การแล้วเสร็จของงาน (Completion) จะมีความแตกต่างระหว่างคำว่าแล้วเสร็จของงาน (Completion of Work) และแล้วเสร็จของการปฏิบัติตามสัญญา (Completion of Contract) ซึ่งการแล้วเสร็จของการปฏิบัติตามสัญญาจะมีงานที่มากกว่าการแล้วเสร็จของงาน เช่น การส่งมอบแบบก่อสร้างจริง การส่งมอบ Spare Part การรับประกัน 2 ปี เป็นต้น

2. การแล้วเสร็จตามงวดงาน (Interim Completion) เป็นการเบิกเงินงวดตามผลงานการก่อสร้าง เพื่อให้ผู้รับจ้างมีกระแสเงินสดใช้ในการก่อสร้าง การเบิกเงินงวดนี้ไม่ใช่เป็นการส่งมอบงาน แต่เป็นเพียงการแจ้งว่าได้ผลงานเท่าไหร่ในงวดนั้นๆ

3. การแล้วเสร็จตามรูปแบบหรือการแล้วเสร็จอย่างพอเพียง (Practical Completion หรือ Substantial Completion) เมื่อการก่อสร้างแล้วเสร็จตามแบบและรายการก่อสร้างแล้ว และ



มีการทดสอบ ปรับแต่งระบบ (Test and Commissioning) แล้วมีการอบรม การส่งมอบแบบก่อสร้างจริง และการแก้ข้อบกพร่องหลักๆ จะมีการพิจารณาการแล้วเสร็จเป็นแบบ Practical Completion ซึ่งผู้ว่าจ้างจะสามารถเข้าใช้งานของโครงการนั้นได้ตามจุดประสงค์

4. การแล้วเสร็จสมบูรณ์ (Final Completion) หลังจาก Practical Completion แล้ว เมื่อผู้รับจ้างทำการแก้ไขข้อบกพร่องหมดทุกข้อ รวมถึงการสรุปยอด VO ทุกรายการแล้ว ทั้งการชดใช้ค่าเสียหายต่างๆกับผู้รับจ้างรายอื่นๆ ในโครงการแล้วก็จะเป็นการแล้วเสร็จโดยสมบูรณ์ (Final Completion) ซึ่งผู้รับจ้างสามารถเบิกเงินงวดสุดท้ายได้

การบริหารข้อพิพาท

คือการทำให้ข้อพิพาทยุติโดยเร็วที่สุด เป็นธรรมมากที่สุด มีค่าใช้จ่ายและเสียหายน้อยที่สุด โดยทั่วไปจะเป็นการระงับโดยศาล ซึ่งจะใช้เวลาค่อนข้างนานในการสรุปข้อพิพาท เนื่องจากศาลมีคดีความมากมาย ต้องใช้เวลาในการพิจารณาด้วยความรอบคอบ อีกทั้งต้องมีค่าใช้จ่ายในกระบวนการพิจารณาอีก ดังนั้นการระงับข้อพิพาทโดยศาลอาจทำให้โครงการเกิดความเสียหายทางธุรกิจได้ ดังนั้นจึงมีการพิจารณาใช้กระบวนการต่างๆ ในการระงับข้อพิพาทก่อนถึงศาล เพื่อลดระยะเวลา ค่าใช้จ่าย ค่าเสียหาย ดังนี้

1. การเจรจาของคู่สัญญา (Amicable Settlement) เป็นการเจรจาระหว่างคู่สัญญาที่เกิดข้อพิพาทเท่านั้น อาจจะมีแค่ผู้บริหารงานก่อสร้างที่อาจเข้าไปร่วมเจรจาในการให้ความเห็นของทั้ง 2 ฝ่าย การแก้ไขปัญหาโดยกระบวนการนี้เป็นการแก้โดยสมัครใจทั้ง 2 ฝ่าย ไม่มีบุคคลอื่นมาตัดสิน ดังนั้นคู่พิพาทจึงต้องมีความตั้งใจและต้องการที่จะยุติ ซึ่งจะต้องมีการผ่อนปรน มีเหตุมีผล และคำนึงถึงความเสียหายที่เกิดขึ้นถ้าหาข้อยุติไม่ได้

2. การไกล่เกลี่ย (Mediation) ถือเป็นการเจรจากันอย่างหนึ่ง แต่เป็นการเจรจาที่มีบุคคลที่ 3 เป็นคนช่วยแนะนำหาข้อยุติให้ ซึ่งคู่สัญญามักจะขอให้บุคคลที่เป็นที่เคารพของทั้ง 2 ฝ่ายมาเป็นผู้ไกล่เกลี่ย การไกล่เกลี่ยนี้เป็นการเจรจาแบบสมัครใจเหมือนกระบวนการที่ 1 ดังนั้นทั้ง 2 ฝ่ายจึงต้องมีความตั้งใจและต้องการที่จะยุติเหมือนกระบวนการที่ 1

3. ผู้ชี้ขาด (Adjudicator) เป็นการยุติข้อพิพาทโดยการชี้ขาดของบุคคลที่ 3 ไม่ได้เกิดจากความสมัครใจของทั้ง 2 ฝ่าย โดยบุคคลที่ 3 นี้จะไม่ใช่อนุญาโตตุลาการและศาล ส่วนใหญ่จะเป็นการกำหนดในสัญญาว่าผู้ชี้ขาดหรือคณะผู้ชี้ขาด (กรณีมีหลายคน) จะประกอบด้วยใครบ้าง และหลายกรณีก็กำหนดให้ผู้บริหารงานก่อสร้างเป็นผู้ชี้ขาด

4. อนุญาโตตุลาการ (Arbitrator) เป็นการวินิจฉัยและตัดสินข้อพิพาทโดยคนๆ เดียวหรือหลายคน (ส่วนใหญ่ 3 คน) ที่ไม่ใช่ผู้พิพากษาอาชีพ ไม่จำเป็นต้องเป็นนักกฎหมาย คู่สัญญาเลือกอนุญาโตตุลาการมาฝ่ายละ 1 คน รวมเป็น 2 คน และอนุญาโตตุลาการ 2 คนนี้จะไปทำความตกลงเลือกอนุญาโตตุลาการอีก 1 คน เป็นคนที่ 3 มาทำหน้าที่ประธานคำตัดสินของอนุญาโตตุลาการเรียกว่าคำชี้ขาด ไม่ได้เรียกว่าคำพิพากษาเหมือนศาล กฎหมายรับรองคำว่าคำชี้ขาดของอนุญาโตตุลาการให้เป็นที่สุด หมายถึงไม่มีการอุทธรณ์ฎีกาแต่ถ้าคำชี้ขาดนั้นขัดต่อความสงบเรียบร้อยหรือศีลธรรมอันดีของประชาชน ศาลก็มีอำนาจพิจารณาคำชี้ขาดนั้นได้และพิจารณาเปลี่ยนแปลงได้

5. ศาล (Court) เป็นการตัดสินขั้นสุดท้ายในการระงับข้อพิพาท

ไพรัช มิตรมโนชัย วก.949
รองกรรมการผู้จัดการ-สายงานบริหารงานก่อสร้าง

การจัดการเงื่อนไขในสัญญาโครงการก่อสร้าง

ที่มา: หนังสือการบริหารสัญญาก่อสร้าง โดยชมรมนักกฎหมายก่อสร้าง

ความสำเร็จของการบริหารโครงการก่อสร้างประกอบด้วยการบริหารที่สำคัญ 2 ประการ

1. **การบริหารงานก่อสร้าง (Construction Management)**
   เป็นการบริหารด้านเทคนิคเป็นส่วนใหญ่ เช่น เพื่อให้ได้งานก่อสร้างเสร็จภายในเวลา (Time) เพื่อให้ได้คุณภาพของงานตามแบบและข้อกำหนดการก่อสร้าง (Quality) และเพื่อให้ได้ราคาตามที่ตั้งงบประมาณไว้ (Cost)

2. **การบริหารสัญญาก่อสร้าง (Construction Contract Management)**
   เป็นการบริหารสัญญาให้เป็นไปตามเงื่อนไขของสัญญาจ้างก่อสร้าง มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อมิให้เกิดข้อพิพาทระหว่างคู่สัญญา ซึ่งจะส่งผลให้การดำเนินการก่อสร้างงานตามสัญญาเป็นไปได้ด้วยความเรียบร้อย

บทความนี้จะเน้นไปที่การบริหารสัญญาก่อสร้างเป็นหลัก โดยทั่วไปแล้วเป้าหมายของการบริหารสัญญาก่อสร้างคือ

1. ก่อสร้างแล้วเสร็จภายในเวลาที่กำหนด
2. งบก่อสร้างไม่บานปลาย
3. งานได้คุณภาพ
4. ข้อพิพาทไม่มี
5. เป็นมิตรไมตรีต่อกันเมื่องานแล้วเสร็จ

ที่มา: หนังสือการบริหารสัญญาก่อสร้าง โดยชมรมนักกฎหมายก่อสร้าง

สัญญาจ้างก่อสร้าง

การจ้างก่อสร้างถือว่าเป็นสัญญาจ้างทำของจึงไม่จำเป็นต้องทำเป็นหนังสือ หมายถึงเป็นสัญญาได้โดยที่สามารถทำเป็นแต่เพียงเช่น ใบสั่งซื้อ (Purchase Order) หนังสือแสดงเจตนาจ้าง (Letter of Intent) หนังสือตอบตกลงจ้าง (Letter of Award) หรือหนังสือตอบรับข้อเสนอ (Letter of Acceptance) ก็ได้ เอกสารเหล่านี้เป็นหลักฐานที่ตกลงจ้างจริงซึ่งแสดงว่าสัญญาจ้างได้เกิดขึ้นแล้ว แต่ทั้งนี้แม้ว่าการทำสัญญาเป็นหนังสือจะไม่จำเป็นต้องทำตามกฎหมาย แต่ในทางปฏิบัติมีความจำเป็น เพราะการก่อสร้างมีรายละเอียดเยอะ มีเอกสารที่เกี่ยวข้องมาก ข้อสัญญาเองก็มีเงื่อนไขมาก ถ้าไม่ทำเป็นหนังสือความเข้าใจหรือความจำที่แตกต่างกันก็เกิดขึ้นได้ มีโอกาสที่จะเกิดการฟ้องร้องกันก็เป็นไปได้มาก เมื่อฟ้องร้องกันแล้วก็พิสูจน์ยากว่าคู่สัญญาตกลงกันอย่างไร ก็เลยเกิดความจำเป็นในทางปฏิบัติว่าสัญญาจ้างก่อสร้างต้องทำเป็นหนังสือ

ปัจจุบันสัญญาก่อสร้างที่เป็นหนังสือและเป็นมาตรฐานทั้งของต่างประเทศและในประเทศมีอยู่มากมาย ซึ่งจะทำให้การทำสัญญาสามารถทำได้ง่ายและสะดวก นำไปปรับใช้กับโครงการหนึ่ง โครงการใดอย่างเหมาะสมได้ไม่ยาก เป็นการลดขั้นตอนการทำงาน

สัญญามาตรฐานควรมีวิธีการจัดทำอย่างน้อยดังนี้

1. ร่วมกันจัดทำโดยผู้ทรงคุณวุฒิหลายคน
2. ใช้ได้เป็นการทั่วไป ซึ่งสามารถปรับใช้ให้เหมาะสมกับโครงการหนึ่งโครงการใดได้โดยสะดวก
3. นำไปใช้ได้สะดวกและง่าย เช่น การเว้นช่องว่างให้กรอกข้อความ จัดส่วนไว้ให้สำหรับแก้ไข เพิ่มเติมข้อความ
4. ข้อความเป็นธรรมระหว่างคู่สัญญา สัญญาที่เป็นธรรมจะไม่เป็นเหตุทำให้เกิดข้อพิพาทระหว่างคู่สัญญา เมื่อไม่มีข้อพิพาทงานตามสัญญาก็สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี
5. ข้อความชัดเจน ไม่กำกวม มีการให้ความหมายของคำในสัญญาไว้ เช่น การแล้วเสร็จแบบใช้งานได้ (Practical Completion) หมายถึงอะไร เป็นต้น
6. เงื่อนไขครบถ้วน
7. มีวิธีการบริหารที่ดี เช่น การแต่งตั้งตัวแทนของคู่สัญญา การกำหนดหน้าที่บทบาทไว้ด้วย

มีสภาพบังคับที่เหมาะสม เช่น กำหนดวันแล้วเสร็จอย่างชัดเจน ถ้าไม่เสร็จก็มีการกำหนดค่าปรับ การกำหนดระยะเวลาต่างๆ เช่น กำหนดระยะเวลาการตรวจสอบของแต่ละฝ่าย กำหนดระยะเวลาให้ผู้ว่าจ้างชำระค่างวด เป็นต้น

8. มีวิธีการระงับข้อพิพาทที่รวดเร็ว มีการกำหนดอย่างชัดเจนว่าจะใช้คณะกรรมการระงับข้อพิพาท หรือใช้ศาล หรือใช้อนุญาโตตุลาการ
9. เอื้อต่อความสำเร็จของงาน
10. มีการปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอ

สัญญามาตรฐานจากต่างประเทศ

FIDIC (International Federation of Consulting Engineers) สมาพันธ์วิศวกรที่ปรึกษานานาชาติ ก่อตั้งเมื่อปี 1913 โดยประเทศเบลเยี่ยม ฝรั่งเศส และสวิตเซอร์แลนด์ มีหลายฉบับ เช่น Red Book, White Book, Yellow Book เป็นต้น

11. JCT (Joint Contract Tribunal Limited) ผลิตสัญญาครั้งแรก เมื่อปี 1931 โดยประเทศอังกฤษ
12. ICE (The Institution of Civil Engineers) ก่อตั้งโดยวิศวกรโยธาชาวอังกฤษ เมื่อปี 1818 มีการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงครั้งใหญ่ในปี 1993 จึงเรียกใหม่ว่า NEC (New Engineering Contract) ปัจจุบันเป็น Version NEC4
13. AIA (The American Institute of Architects) เป็นสถาบันของผู้ประกอบวิชาชีพสถาปนิกของประเทศสหรัฐอเมริกา ก่อตั้งเมื่อปี 1857

สัญญามาตรฐานภายในประเทศ

1. คณะกรรมการนโยบายตามพรบ.จัดซื้อจัดจ้าง และการบริหารพัสดุภาครัฐ พระราชบัญญัติจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 ซึ่งหน่วยงานราชการจะต้องใช้สัญญานี้
2. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
3. สมาคมวิศวกรที่ปรึกษาแห่งประเทศไทย
4. สมาคมสถาปนิกสยาม
5. ชมรมนักกฎหมายก่อสร้าง

ประเภทของสัญญา

1. สัญญาออกแบบ ประกวดราคา และก่อสร้าง หรือเรียกว่า Design Bid Build เป็นสัญญาที่ผู้ว่าจ้างเป็นผู้ออกแบบ (ผู้ว่าจ้างอาจว่าจ้างผู้ออกแบบให้ออกแบบได้) จากนั้นก็ทำการ Bidding หรือประมูลหาผู้รับจ้าง และต่อมาคือการก่อสร้าง (Built) โดยผู้รับจ้างที่ได้การประมูลข้างต้น
2. สัญญาออกแบบและก่อสร้าง หรือเรียกว่า Design and Build หมายความว่าผู้รับจ้างเป็นทั้งผู้ออกแบบ (Design) และผู้ก่อสร้าง (Build) ทั้งนี้ผู้ว่าจ้างอาจมีการสั่งซื้อวัสดุเองตามที่ตกลงกันไว้ และอาจจ้างผู้บริหารงานก่อสร้างเพื่อควบคุมดูแล
3. สัญญาจ้างเหมาเบ็ดเสร็จ หรือเรียกว่า Turnkey หรือ Engineering Procurement & Construction เรียกโดยย่อว่า EPC เป็นสัญญาที่ผู้ว่าจ้างทำเพียงการบิดกุญแจ (Turnkey) เท่านั้นเพื่อใช้งานอย่างสมบูรณ์ ผู้รับจ้างทำหน้าที่ทั้งผู้ออกแบบ ผู้ก่อสร้าง จัดหาวัสดุ และบริหารงานก่อสร้างทั้งหมด
4. สัญญาซื้อขาย และติดตั้ง เป็นสัญญาที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ที่มีราคาแพง ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการติดตั้ง เช่น งานลิฟต์ บันไดเลื่อน งานระบบ Solar Energy เป็นต้น ซึ่งหากว่าจ้างผ่านผู้รับจ้างก่อสร้าง ผู้รับจ้างก็ต้องไปซื้อต่อจากผู้ผลิตอีกที

5. สัญญาสร้าง เช่า และโอนกรรมสิทธิ์ หรือเรียกว่า Build Lease Transfer มักจะเป็นสัญญาระหว่างนักธุรกิจลงทุนกับเจ้าของที่ดิน โดยที่นักธุรกิจได้รับสิทธิ์ในการใช้ที่ดินจากเจ้าของที่ดิน แล้วก็ทำการสร้างสิ่งก่อสร้างต่างๆ และทำการใช้ประโยชน์ต่างๆ จากสิ่งก่อสร้างนั้นๆ จากนั้นเมื่อครบระยะเวลาตามสัญญาก็จะต้องส่งมอบสิ่งก่อสร้าง พร้อมทั้งผลประโยชน์จากสิ่งก่อสร้างนั้นๆ หรือตามที่ตกลงให้แก่เจ้าของที่ดินต่อไป
6. สัญญาสร้าง โอนกรรมสิทธิ์ และเช่า สัญญานี้คล้ายกับข้อ 5. ข้างต้น แต่จะทำการโอนกรรมสิทธิ์สิ่งก่อสร้างให้เจ้าของที่ดินก่อนทำการใช้ประโยชน์ต่างๆ ต่อไป ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้กับที่ดินของทางราชการหรือของวัด

สัญญาสร้าง ดำเนินการ และโอนกรรมสิทธิ์ หรือเรียกว่า Build Operation Transfer เรียกย่อว่า BOT เป็นสัญญาที่นักลงทุนเป็นผู้ก่อสร้างและทำการบริหาร (Operate) ใช้ประโยชน์จากสิ่งก่อสร้างเพื่อหารายได้ จากนั้นก็ทำการส่งมอบให้ผู้ว่าจ้างต่อไป ในกรณีที่ผู้ว่าจ้างเป็นหน่วยงานราชการ จะเรียกสัญญานี้ว่า PPP (Public Private Partnership)

การบริหารสัญญาระหว่างการก่อสร้าง

1. ผู้บริหาร โดยส่วนใหญ่ผู้บริหารสัญญาคือผู้บริหารงานก่อสร้าง แต่บางโครงการอาจแต่งตั้งให้บุคคลอื่น เช่น คณะกรรมการตรวจรับพัสดุ (ในกรณีของงานราชการ) หรืออาจแต่งตั้งผู้จัดการสัญญาก็ได้ แต่ทั้งนี้ในทางปฏิบัติก็ยังคงเป็นผู้บริหารงานก่อสร้างที่จะยังคงต้องบริหารสัญญา เพื่อให้งานก่อสร้างเป็นไปตามสัญญาและข้อกำหนด ซึ่งผู้บริหารสัญญาก็ต้องบริหารตามมาตรฐานวิชาชีพ และบริหารภายในกรอบจริยธรรมด้วย

2. วัตถุประสงค์ เพื่อให้การทำงานในสัญญาประสบความสำเร็จไปได้ด้วยดี ซึ่งปัญหาระหว่างคู่สัญญาต้องไม่เกิด ไม่ทำให้ปัญหากลายเป็นข้อพิพาท ดังนั้นเพื่อให้งานในสัญญาสำเร็จเรียบร้อยดี ผู้บริหารสัญญาจึงจำเป็นต้องบริหารให้เป็นไปตามข้อสัญญาที่คู่สัญญาตกลงกัน ซึ่งนอกจากจะบริหารผู้รับจ้างให้ปฏิบัติตามสัญญาแล้วจะต้องให้ผู้ว่าจ้างปฏิบัติตามสัญญาด้วยเช่นกัน

3. การจัดประชุมและติดตาม
   a. การประชุมเมื่อเริ่มงาน หรือเรียกว่า Kickoff Meeting เป็นการประชุมครั้งแรกกับผู้รับจ้างซึ่งอาจจะมีหลายรายและเมื่อมีผู้รับจ้างรายใหม่เข้ามาก็ควรต้องจัดให้มีการประชุมครั้งแรกทุกครั้งไป โดยให้ผู้รับจ้างรายเดิมเข้าร่วมด้วย วัตถุประสงค์หลักของการประชุมครั้งแรกคือ การทำความเข้าใจกันเกี่ยวกับการบริหารสัญญา เช่น ขั้นตอนเบิกเงินงวด การทำงานเปลี่ยนแปลง การขอขยายเวลาก่อสร้าง การขัดแย้งกันของแบบจะทำอย่างไร การบริหารสถานที่ก่อสร้าง การประสานงานระหว่างผู้รับจ้างด้วยกันเอง เป็นต้น เป็นการทำความเข้าใจกันเสียแต่ต้นเพื่อไม่ให้เกิดปัญหากันภายหลัง
   b. การประชุมประจำสัปดาห์ หรือเรียกว่า Weekly Meeting เป็นการประชุมประจำทุกสัปดาห์เพื่อติดตามความก้าวหน้าของงาน รับทราบแผนการทำงานของผู้รับจ้างในสัปดาห์ต่อไป หารือถึงอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้างและวิธีแก้ไขปัญหา
   c. การประชุมทางเทคนิค หรือเรียกว่า Technical Meeting เป็นการประชุมเกี่ยวกับปัญหาของแบบ หรือวิธีการก่อสร้าง ที่อาจต้องหารือกับผู้ออกแบบหรือหารือกันเองภายในหน่วยงานก่อสร้าง การประชุมนี้อาจไม่ได้กำหนดเวลาแน่นอน ขึ้นอยู่กับปัญหาที่จะเกิดขึ้นว่ามากน้อยเพียงใด

4. การตอบข้อซักถาม หรือเรียกว่า Request for Information มีชื่อย่อว่า RFI เป็นเอกสารที่ผู้รับจ้างขอทราบข้อมูล หรือความชัดเจนของแบบก่อสร้าง หรือรายการก่อสร้าง หรือเงื่อนไขในสัญญา หรือวัสดุก่อสร้าง เป็นต้น ส่งให้ผู้บริหารงานก่อสร้างเพื่อขอคำตอบหรือความเห็นในการปฏิบัติให้เป็นไปอย่างถูกต้อง ทั้งนี้ RFI ดังกล่าวจะต้องตอบอย่างไม่ล่าช้า เนื่องจากอาจทำให้เกิดความเสียหายต่องานก่อสร้างได้ และป้องกันผู้รับจ้างเรียกร้องสิทธิ์ในเรื่องค่าใช้จ่ายและเวลา

5. การปฏิบัติตามข้อสัญญา ในการบริหารสัญญาของผู้บริหารงานก่อสร้าง จะต้องบริหารให้เป็นไปตามสัญญา ไม่ใช่บริหารให้ผิดหรือแตกต่างไปจากสัญญา ผู้บริหารงานก่อสร้างไม่มีอำนาจแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงข้อความในสัญญา หรือปลดเปลื้องภาระหน้าที่ของคู่สัญญาได้ สัญญาก่อสร้างที่คู่สัญญาตกลงกันนั้นไม่ใช่เพียงแต่ตัวสัญญาเท่านั้น มีเอกสารแนบท้ายสัญญาอีกเป็นจำนวนมากที่ถือเป็นส่วนหนึ่งของสัญญาที่ต้องบริหารให้เป็นไปตามเงื่อนไขหรือข้อสัญญาเหล่านั้นด้วย

6. ผู้บริหารงานก่อสร้างทำหน้าที่ 2 สถานะ
   a. ในฐานะตัวแทนผู้ว่าจ้าง
   b. ในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพอิสระ
   ในฐานะที่เป็นตัวแทนของผู้ว่าจ้างก็ต้องปฏิบัติหน้าที่ตามความต้องการและเพื่อประโยชน์ของผู้ว่าจ้าง ซึ่งได้กำหนดไว้แล้วในสัญญา แต่เมื่อทำหน้าที่ในฐานะที่เป็นผู้ประกอบวิชาชีพก็ต้องทำหน้าที่ด้วยความเป็นธรรมตามจรรยาบรรณ และจริยธรรมต่อคู่สัญญาทั้งสองฝ่าย โดยต้องทำหน้าที่ด้วยความเป็นกลาง
7. การใช้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน งานที่เกี่ยวกับการบริหารสัญญาก่อสร้างก็ต้องมีความรู้เกี่ยวกับสัญญา ต้องรู้ศัพท์กฎหมาย ต้องเข้าใจสัญญา โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องดำเนินการทางกฎหมาย ต้องใช้นักกฎหมาย หรือทนายความให้ความช่วยเหลือดำเนินการให้ เพื่อประโยชน์ของทั้งผู้ว่าจ้าง ผู้รับจ้าง และงานที่ทำนั้น

การบริหารเวลา

การบริหารเวลามีความสำคัญต่อโครงการก่อสร้างมาก เนื่องจากในแต่ละโครงการก่อสร้างมีความต้องการใช้งานตามระยะเวลาที่กำหนด หากไม่เสร็จจะมีความเสียหายต่างๆ ต่อทั้งฝ่ายผู้ว่าจ้างและผู้รับจ้าง (ค่าปรับ เสียชื่อเสียง) ดังนั้นการใช้เครื่องมือในการบริหารเวลาก่อสร้างจึงมีความจำเป็นมาก

1. กำหนดระยะเวลาการแล้วเสร็จของงาน ต้องมีกำหนดไว้ในทุกสัญญาก่อสร้าง เพราะถ้าไม่กำหนดระยะเวลาก่อสร้างไว้จะไม่รู้ว่างานตามสัญญาที่จ้างจะแล้วเสร็จเมื่อใด และก็คงไม่มีสัญญาจ้างก่อสร้างฉบับใดที่จะไม่กำหนดเวลาแล้วเสร็จ ระยะเวลาก่อสร้างมักกำหนดเป็นจำนวนวัน เช่น 300 วัน 400 วัน หรือไม่ก็กำหนดเป็นวันที่ เช่น 30 พฤศจิกายน 2566 ไม่นิยมกำหนดเป็นสัปดาห์ เดือน หรือปี เพราะจะเกิดความเข้าใจผิดได้ จำนวนวันที่กำหนดหมายถึงทุกวัน รวมวันเสาร์อาทิตย์ และวันหยุดอื่นๆ ทั้งหมด คือทุกวันตามปฏิทิน (Calendar Day) เว้นแต่จะระบุไว้ในสัญญาว่ายกเว้นวันอะไรบ้าง เมื่อกำหนดระยะเวลาแล้วต้องกำหนดด้วยว่าวันเริ่มต้นนับจากวันไหน หรือเงื่อนไขใดที่จะเป็นวันเริ่มงาน

2. กำหนดให้มีแผนการทำงาน สัญญามักจะกำหนดให้ผู้รับจ้างทำแผนงานหลัก (Master Schedule) ส่งให้ผู้บริหารงานก่อสร้างตรวจสอบ และให้ความเห็นชอบ ถ้าทำงานก่อสร้างให้เป็นตามแผนงานนี้งานตามสัญญาก็จะแล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด หรือระยะเวลาตามสัญญานั่นเอง ดังนั้นแผนการทำงานจึงเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในการบริหารเวลาก่อสร้าง

3. กำหนดให้มีการประชุมติดตามความก้าวหน้าของงาน การประชุมก็เป็นอีกเครื่องมือหนึ่งในการบริหารเวลาก่อสร้าง โดยการประชุมที่สำคัญที่เกี่ยวกับการบริหารเวลาก่อสร้างคือการประชุมประจำสัปดาห์ (Weekly Meeting) เพราะมีวัตถุประสงค์หลักในการติดตามความก้าวหน้าของงานก่อสร้าง แก้ไขปัญหาอุปสรรค

4. กำหนดให้มีจุดตรวจสอบระหว่างกาล หรือเรียกว่า Check Point หรือ Milestone กำหนดขึ้นเพื่อเป็นการตรวจสอบผลงานของผู้รับจ้างเป็นระยะๆ ซึ่งถ้าผู้รับจ้างสามารถทำงานก่อสร้างได้แล้วเสร็จตามกำหนดเวลาของ Check Point ก็จะสามารถดำเนินการก่อสร้างได้แล้วเสร็จตามสัญญา ดังนั้นจึงเป็นอีกหนึ่งเครื่องมือในการบริหารเวลา การกำหนดจุดตรวจสอบหรือ Check point นั้นจะกำหนดค่าปรับไว้ด้วยเพื่อให้ผู้รับจ้างให้ความสำคัญและเร่งรัดงานให้ได้ตามเวลากำหนดและอาจคืนค่าปรับในส่วนนี้ได้ในกรณีที่ผู้รับจ้างสามารถดำเนินการได้ทันเวลาของ Check Point ในจุดถัดไปได้ทันตามกำหนด

5. กำหนดหลักเกณฑ์การขยายเวลาก่อสร้าง หรือเรียกว่า Extension of Time มีตัวย่อว่า EOT ซึ่งเป็นการบริหารเวลาในส่วนที่ว่าทำให้การขยายเวลาออกไปโดยใช้เวลาเท่าที่จำเป็น การขยายเวลาก่อสร้างมีความจำเป็นในหลายกรณี เช่น มีการเปลี่ยนแปลงแบบ มีการเพิ่มงาน มีเหตุสุดวิสัยที่ไม่ใช่ความผิดของผู้รับจ้าง ดังนั้นในสัญญาจึงต้องกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ในการที่จะสามารถขยายเวลาก่อสร้างได้ ซึ่งโดยปกติแล้วการที่จะขยายระยะเวลาก่อสร้างได้นั้นจะต้องเป็นเนื้องานที่กระทบต่อแผนงานสายงานวิกฤติ (Critical Path) เท่านั้น

6. กำหนดค่าปรับเมื่องานแล้วเสร็จล่าช้า หรือเรียกว่า Liquidated Damages หรือ Penalty เป็นการบริหารเวลา เพราะเป็นสภาพบังคับให้ผู้รับจ้างต้องทำการก่อสร้างงานตามสัญญาให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด มิฉะนั้นผู้ว่าจ้างมีสิทธิ์ปรับ

7. กำหนดให้มีค่าตอบแทนพิเศษ หรือเรียกว่า Bonus เป็นค่าตอบแทนพิเศษเพื่อเป็นแรงจูงใจให้ผู้รับจ้างสามารถทำงานก่อสร้างได้เร็วกว่าระยะเวลาในสัญญา ส่วนใหญ่จะกำหนดในลักษณะเดียวกับค่าปรับคือจ่ายตามจำนวนวันที่แล้วเสร็จก่อนกำหนด ดังนั้นจึงถือว่าเป็นอีกหนึ่งเครื่องมือในการบริหารเวลาได้ แต่ทั้งนี้เงื่อนไขข้อนี้ไม่นิยมใช้ในประเทศไทย

8. กำหนดให้มีการทำวิศวกรรมคุณค่า หรือเรียกว่า Value Engineering มีชื่อย่อว่า VE คือการทำให้แบบและรายการก่อสร้าง หรือวิธีการก่อสร้างได้เร็ว ประหยัดขึ้น โดยยังคงจุดประสงค์เดิมของผู้ว่าจ้างในโครงการก่อสร้างนั้นๆ ในการทำ VE นั้น ผู้รับจ้างเสนอมาแล้วและได้รับการอนุมัติจากทั้งผู้ว่าจ้างและผู้ออกแบบ ผู้รับจ้างจึงสามารถดำเนินการต่อไปได้ ซึ่งอาจจะได้ค่าตอบแทนพิเศษ (Bonus) จากการที่สามารถลดเวลาและราคาก่อสร้างได้ โดยนำราคาก่อสร้างที่ลดลงมาแบ่งตามสัดส่วนในสัญญาที่ระบุไว้ระหว่างผู้ว่าจ้างและผู้รับจ้าง

9. กำหนดให้บอกเลิกสัญญาได้ เป็นการยุติสัญญา ทำให้สัญญาสิ้นผลไป เพื่อป้องกันมิให้คู่สัญญาประพฤติผิดสัญญาในข้อที่เป็นสาระสำคัญ

การบริหารคุณภาพ

เพื่อให้ได้งานก่อสร้างได้คุณภาพตามข้อกำหนดของผู้ว่าจ้าง และผู้ออกแบบ การบริหารคุณภาพจึงจำเป็นต้องกำหนดในสัญญาก่อสร้าง และใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารคุณภาพต่อไป

1. จุดอ้างอิง เป็นการกำหนดให้ผู้รับจ้างต้องทำการตรวจสอบตำแหน่งจุดอ้างอิงเพื่อเริ่มงานก่อสร้างได้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง ให้ผู้บริหารงานก่อสร้างตรวจสอบและอนุมัติ ก่อนการดำเนินการใดๆ

2. การทำงาน ในสัญญาก่อสร้างมักจะกำหนดให้มีการใช้ช่างฝีมือการทำงานที่ผ่านการอบรมและมีใบรับรองสำหรับการทำงานที่ต้องใช้คุณภาพ เช่น ช่างเชื่อม ช่างไฟฟ้า เป็นต้น ส่วนวิธีการทำงานมักจะกำหนดให้ผู้รับจ้างเสนอวิธีการทำงาน (Method Statement) เพื่อขออนุมัติจากผู้ออกแบบหรือผู้บริหารงานก่อสร้างก่อนการดำเนินการ เพื่อให้ได้งานที่มีคุณภาพและปลอดภัย

3. ตัวอย่างวัสดุ เป็นการกำหนดให้ผู้รับจ้างส่งตัวอย่างวัสดุมาเพื่อขออนุมัติใช้งาน และเป็นตัวอย่างในการตรวจสอบเมื่อวัสดุดังกล่าวเข้าหน่วยงาน เพื่อให้ได้คุณภาพ ความสวยงามเท่ากับตัวอย่างวัสดุที่นำเสนอแต่ต้น

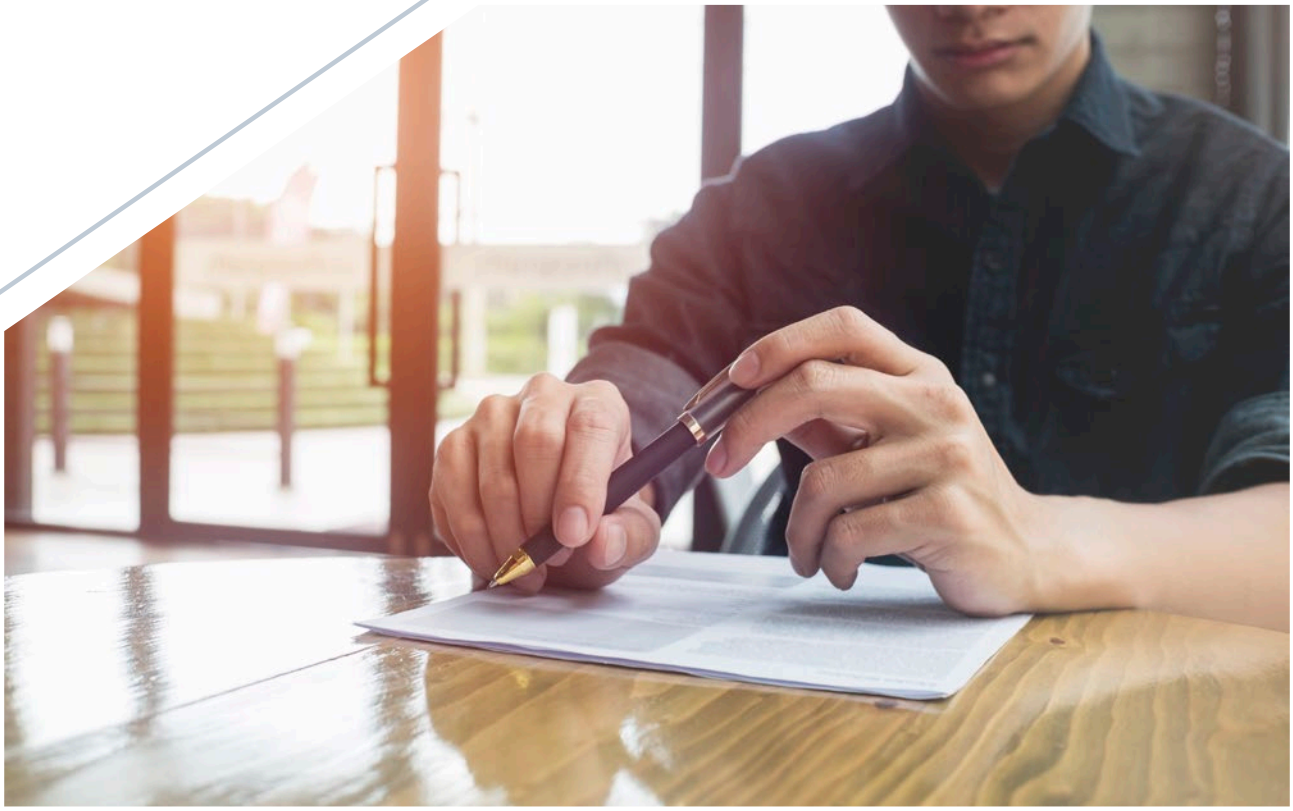
4. แบบสนามหรือเรียกว่า Shop Drawing เป็นแบบที่ผู้รับจ้างจัดทำเพื่อแสดงการติดตั้งโดยละเอียด มีการตรวจสอบกับแบบงานระบบอื่นๆ รวมทั้งแบบโครงสร้างและสถาปัตยกรรมแล้วว่าสามารถติดตั้งโดยไม่ซ้อนทับกัน ทั้งนี้แบบ Shop Drawing จะต้องเป็นไปตามความต้องการเดียวกับแบบจากผู้ออกแบบ โดยทั่วไปในสัญญามักไม่ได้ระบุขั้นตอนละเอียดในการทำแบบ Shop Drawing แต่ก็เป็นที่รู้กันทั่วไปว่าผู้รับจ้างต้องจัดทำ

5. การควบคุมงานก่อสร้างโดยผู้รับจ้าง เมื่อผู้รับจ้างเป็นผู้ก่อสร้าง ดังนั้นผู้รับจ้างจึงมีการแต่งตั้งผู้ควบคุมงานของตัวเอง ทั้งนี้เพื่อให้เป็นไปตามกฎหมาย รวมถึงการตรวจสอบควบคุมคุณภาพก่อนส่งให้ผู้บริหารงานก่อสร้างหรือตัวแทนจากผู้ว่าจ้างตรวจสอบต่อไป

6. การตรวจสอบเอกสารการก่อสร้างของผู้รับจ้าง เอกสารการก่อสร้างของผู้รับจ้างจะเป็นเอกสารที่เกี่ยวกับวิธีการก่อสร้าง ขั้นตอนการก่อสร้าง เพื่อให้ได้งานเป็นไปตามสัญญา โดยในสัญญาจะกำหนดให้ผู้บริหารงานก่อสร้างตรวจสอบก่อนดำเนินการ เมื่อผู้บริหารงานก่อสร้างตรวจสอบแล้วว่าเอกสารเป็นไปตามขั้นตอนและแบบในสัญญา ก็จะมีความเห็นว่าไม่ขัดข้อง แต่จะไม่ใช้คำว่าอนุมัติเพื่อหลีกเลี่ยงการกล่าวโทษกันว่าได้ทำตามที่ผู้บริหารงานก่อสร้างอนุมัติแล้ว ในกรณีที่งานนั้น มีปัญหาหรือไม่สามารถติดตั้งได้ ดังนั้นการตรวจสอบเอกสารของผู้รับจ้างจึงเป็นการกำกับดูแลคุณภาพของงานก่อสร้างอย่างหนึ่ง

7. การตรวจงานก่อสร้างโดยผู้ว่าจ้าง จะเป็นการตรวจสอบการทำงาน การติดตั้งต่างๆ ในหน่วยงานก่อสร้างของผู้บริหารงานก่อสร้าง หรือตัวแทนผู้ว่าจ้าง ซึ่งในสัญญาจะระบุอย่างชัดเจนว่าผู้รับจ้างจะต้องให้ผู้บริหารงานก่อสร้างตรวจสอบงานอย่างเป็นขั้นเป็นตอน ห้ามข้ามขั้นตอนในการตรวจ โดยให้ตรวจสอบครั้งเดียว ขั้นสุดท้ายเมื่องานนั้นติดตั้งแล้วเสร็จ ทั้งนี้การตรวจสอบงานดังกล่าวอาจรวมถึงการตรวจสอบงานหรือชิ้นงานที่โรงงานการผลิตของผู้รับจ้างหรือโรงงานการผลิตของผู้ผลิตอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในโครงการด้วย

8. การแก้ไขงานชำรุดบกพร่อง เมื่อการก่อสร้างใกล้แล้วเสร็จจะมีขั้นตอนการตรวจสอบการติดตั้ง ซึ่งก็จะมีรายการการแก้ไขงานชำรุดบกพร่อง (Defect List) ซึ่งหมายถึงการติดตั้งที่ไม่เรียบร้อย ไม่สมบูรณ์ หรือมีความเสียหาย ผู้รับจ้างจะต้องเร่งทำการแก้ไขเพื่อให้ได้งานที่มีคุณภาพตามสัญญาและสามารถส่งมอบงานได้ ทั้งนี้ในสัญญาจะกำหนดให้มีการหักเงินประกันผลงาน (Retention Money) ในแต่ละงวดของการจ่ายเงิน เพื่อเป็นหลักประกันว่าผู้รับจ้างจะต้องซ่อมแซม แก้ไขงานชำรุดบกพร่องให้เรียบร้อย



9. การทดสอบ ขั้นตอนการทดสอบโดยเฉพาะงานระบบประกอบอาคารมักจะเขียนไว้ในรายการประกอบแบบว่าจะต้องทำอะไร อย่างไร ในแต่ละอุปกรณ์หรือในแต่ละระบบ และเมื่อรายการประกอบแบบเป็นส่วนหนึ่งของสัญญา ดังนั้นการทดสอบจึงถือเป็นส่วนหนึ่งของสัญญาด้วย ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการก่อนการส่งมอบงาน เพื่อให้ได้งานที่มีคุณภาพและทำงานอย่างมีประสิทธิภาพตามที่ออกแบบไว้

10. การประกันความชำรุดบกพร่อง หรือเรียกว่า Defect Liability Guarantee และระยะเวลาประกันความชำรุดบกพร่อง เรียกว่า Defect Liability Period โดยปกติทั่วไปจะมีระยะเวลา 1 หรือ 2 ปี เป็นประกันความชำรุดบกพร่องของงานหลังจากที่มีการใช้งานไปหรือหลังการส่งมอบงานแล้ว ทั้งนี้เนื่องจากงานติดตั้งหลายอย่างจะแสดงการชำรุดหรือการติดตั้งที่ไม่ถูกต้องหลังจากมีการใช้งานไปแล้ว และเพื่อให้ผู้รับจ้างได้ตระหนักว่าจะต้องมีการรับประกันการติดตั้งถึง 2 ปี ดังนั้นจะต้องติดตั้งโดยถูกต้องเรียบร้อยและได้คุณภาพ

การบริหารค่าจ้าง

เป็นการพิจารณาการจ่ายค่าจ้างให้กับผู้รับจ้างเพื่อให้สามารถดำเนินการก่อสร้างได้ตามเป้าหมาย ซึ่งจะประกอบด้วยการจ่ายค่าจ้างตั้งแต่ค่าจ้างล่วงหน้า เพื่อให้ผู้รับจ้างสามารถมีเงินทุนหมุนเวียนในการใช้จ่ายตั้งแต่เริ่มโครงการ และการจ่ายเงินแต่ละงวดงานโดยจะต้องมีการตรวจสอบปริมาณงาน คุณภาพงานก่อน

1. ค่าจ้างตามสัญญา เป็นยอดมูลค่างานตามสัญญา จะแสดงในรายการบัญชีรายละเอียดราคา (Bill of Quantity, BOQ) สิ่งที่ต้องพิจารณาและระมัดระวังคือยอดใน BOQ หลังจากการต่อรองและลงนามสัญญาแล้ว จะใช้เป็นแนวทางในการเบิกเงินงวดในแต่ละงวดงานเท่านั้น จะไม่สามารถเป็นตัวควบคุมการทำงานในการก่อสร้างได้ ซึ่งการก่อสร้างนั้นจะต้องก่อสร้างตามแบบและรายการประกอบแบบ จะมาบอกว่าใน BOQ มีจำนวนเท่านี้ก็จะก่อสร้างตามจำนวน BOQ ไม่ได้

2. ค่าจ้างที่เปลี่ยนแปลง ในกรณีที่มีงานเปลี่ยนแปลงจากแบบก่อสร้าง ก็จะมีมูลค่างานเปลี่ยนแปลงตามมา อาจจะเป็นมูลค่าเพิ่มหรือลดก็ได้ โดยจะใช้ราคา BOQ เป็นเกณฑ์ในการคิดมูลค่า หรือใช้ราคาตลาดในการคิด กรณีที่ไม่มีรายการใน

BOQ สิ่งที่พิจารณาเพิ่มเติมคือค่าใช้จ่าย Preliminary นั้นจะสามารถคิดได้หรือตามงานเปลี่ยนแปลงนั้น ซึ่งจะมีการกำหนดในสัญญาว่าจะต้องทำอย่างไร เช่น จะสามารถคิดได้ในกรณีที่งานเปลี่ยนแปลงนั้นมีมูลค่าเกิน 10% ของมูลค่าในสัญญา เป็นต้น การบริหารงานเปลี่ยนแปลงนี้จะกระทำโดยผู้บริหารงานก่อสร้างเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นผู้บริหารงานก่อสร้างต้องศึกษาสัญญาโดยละเอียด และต้องมีความรู้พื้นฐานด้านกฎหมายเพื่อให้การบริหารเป็นไปอย่างถูกต้องและเป็นธรรม

3. เงินล่วงหน้า ในการเริ่มงานก่อสร้างผู้รับจ้างจะมีค่าใช้จ่ายเริ่มต้น ซึ่งเป็นมูลค่าไม่น้อยและยังไม่สามารถเบิกเงินงวดจากผู้ว่าจ้างได้ จึงเกิดเป็นเงินล่วงหน้าที่ผู้ว่าจ้างจะจ่ายให้ผู้รับจ้างหลังจากที่มีการตกลงหรือลงนามในสัญญาแล้ว (อาจจะเป็นหนังสือแจ้งผลการประมูล (LOI) ก็ได้) ซึ่งเงินล่วงหน้านี้ไม่ใช้ผลงานก่อสร้าง เสมือนเป็นเงินยืมจากผู้ว่าจ้างให้ผู้รับจ้าง ดังนั้นจึงต้องมีการหักเงินคืนส่วนนี้ในช่วงระหว่างที่มีการเบิกเงินงวดตามผลงานในแต่ละงวด และเพื่อเป็นหลักประกันในการให้เงินล่วงหน้านี้ จึงมีการกำหนดในสัญญาว่าให้ผู้รับจ้างต้องวางหลักประกันเงินล่วงหน้า (Advance Bond) ให้แก่ผู้ว่าจ้าง

4. ค่าจ้างรายงวด หรือเรียกว่า Interim Payment เป็นการเบิกเงินงวดตามผลงานที่ได้ดำเนินการไปในแต่ละงวด ซึ่งในสัญญาอาจกำหนดการจ่ายเงินงวดเป็นผลงานในแต่ละเดือน หรือจ่ายเงินงวดตามการแล้วเสร็จเป็น Mile Stone การจ่ายเงินงวดนี้ผู้รับจ้างจะต้องมีการส่งผลงานต่างๆ ให้ผู้บริหารงานก่อสร้างตรวจสอบว่าเป็นไปตามแบบและรายการก่อสร้างหรือไม่ มีจำนวนหรือมูลค่าเท่าใด โดยอ้างอิงราคาจาก BOQ หลังจากนั้นก็รวบรวมผลงานต่างๆ เป็นรายการรวมเพื่อประกอบการเบิกเงินงวดต่อไป สิ่งที่จะต้องพิจารณาคือการเบิกเงินงวดนี้ไม่ได้เป็นการส่งมอบงานของผู้รับจ้าง ดังนั้นผลงานอาจไม่จำเป็นต้องแล้วเสร็จสมบูรณ์ 100% แต่ก็ต้องแล้วเสร็จเพียงพอที่จะจ่ายเงินงวดได้ และในการเบิกเงินงวดนี้จะต้องมีการหักเงินต่างๆ เช่นเงินล่วงหน้า เงินประกันผลงาน หรืออื่นๆ เป็นต้น

5. ค่าจ้างงวดสุดท้าย หรือเรียกว่า Final Payment เป็นการจ่ายเงินงวดสุดท้าย ดังนั้นจะต้องมีการพิจารณาอย่างละเอียดครบถ้วน ผู้รับจ้างจะต้องทำการก่อสร้างให้ครบถ้วนตามแบบ และรายการประกอบแบบ รวมถึงเงื่อนไขอื่นๆ ในสัญญาด้วย เช่น การอบรม การส่งมอบแบบก่อสร้างจริง (As Built Drawing) ใบรับประกันจากผู้ผลิต เป็นต้น รวมถึงการแก้ไขข้อชำรุดบกพร่องและงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นด้วย และการรับผิดชอบค่าเสียหายอื่นๆ ที่ผู้รับจ้างเป็นผู้กระทำ ซึ่งจะถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของสัญญา จากนั้นผู้บริหารงานก่อสร้างจะออกหนังสือรับรองการแล้วเสร็จสมบูรณ์ (Final Completion Certificate) เพื่อประกอบการเบิก Final Payment ต่อไป

หลักประกัน โดยทั่วไปสัญญางานก่อสร้างจะประกอบด้วยหลักประกัน 3 เรื่อง ได้แก่ หลักประกันค้ำสัญญา (Performance Bond) หลักประกันค้ำเงินล่วงหน้า (Advance Bond) และหลักประกันความชำรุดบกพร่อง (Maintenance Bond) ซึ่งจะกำหนดให้เป็นหลักประกันที่ออกโดยธนาคารในประเทศเพื่อความสะดวกต่อการบังคับใช้ในกรณีที่ต้องบังคับใช้ หลักประกันค้ำสัญญาเป็นหลักประกันว่าผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการก่อสร้างให้แล้วเสร็จและดำเนินการตามสัญญาให้ครบถ้วน จะคืนก็ต่อเมื่อดำเนินการครบถ้วนตามสัญญา หลักประกันค้ำเงินล่วงหน้าจะคืนก็ต่อเมื่อมีการหักคืนเงินล่วงหน้าได้ครบตามจำนวน ซึ่งในกรณีที่หลักประกันนี้มีมูลค่ามาก (บางโครงการอาจมีมูลค่าถึง 30% ของมูลค่าตามสัญญาได้) ก็อาจพิจารณาคืนหลักประกันได้เมื่อมีการหักเงินคืนบางส่วน และผู้รับจ้างสามารถนำหลักประกันฉบับใหม่ที่มีมูลค่าเท่ากับมูลค่าที่คงเหลือมาแลกได้ ส่วนหลักประกันความชำรุดบกพร่องนั้นสามารถพิจารณาได้ 2 แนวทางคือการใช้เงินหักประกันแต่ละงาน (Retention Money) ซึ่งก็คือเงินสดที่ใช้ในการค้ำประกันตามจำนวนปีที่ระบุในสัญญาได้ ก็ไม่ต้องใช้หลักค้ำประกัน อีกกรณีคือผู้รับจ้างมองว่าขอเบิกเงิน Retention Money และนำหลักค้ำประกันมาแลกได้ ขึ้นอยู่กับที่ระบุในสัญญา

การบริหารความเสี่ยง

1. ความเสี่ยงในสัญญาจ้างก่อสร้าง ได้มีการระบุในสัญญาก่อสร้างไว้หลายเรื่องที่เกี่ยวกับความเสี่ยงต่างๆ เช่น การร่างหลักประกันจากธนาคารในส่วนค่าจ้างต่างๆ การระบุให้ทำประกันภัยก่อสร้างแบบ CAR (Contractor All Risk) เพื่อลดความเสี่ยงในการรับผิดชอบต่อความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ทั้งนี้ผู้ที่ทำงานในหน่วยงานก่อสร้าง ทั้งผู้ว่าจ้าง ผู้รับจ้าง ผู้บริหารงานก่อสร้าง ผู้รับจ้างช่วง คนงานก่อสร้าง อื่นๆ ก็ต้องทำงานด้วยความรอบคอบ ปลอดภัย ระมัดระวัง เพื่อป้องกันเหตุอันไม่คาดคิดมาก่อนเสมอ

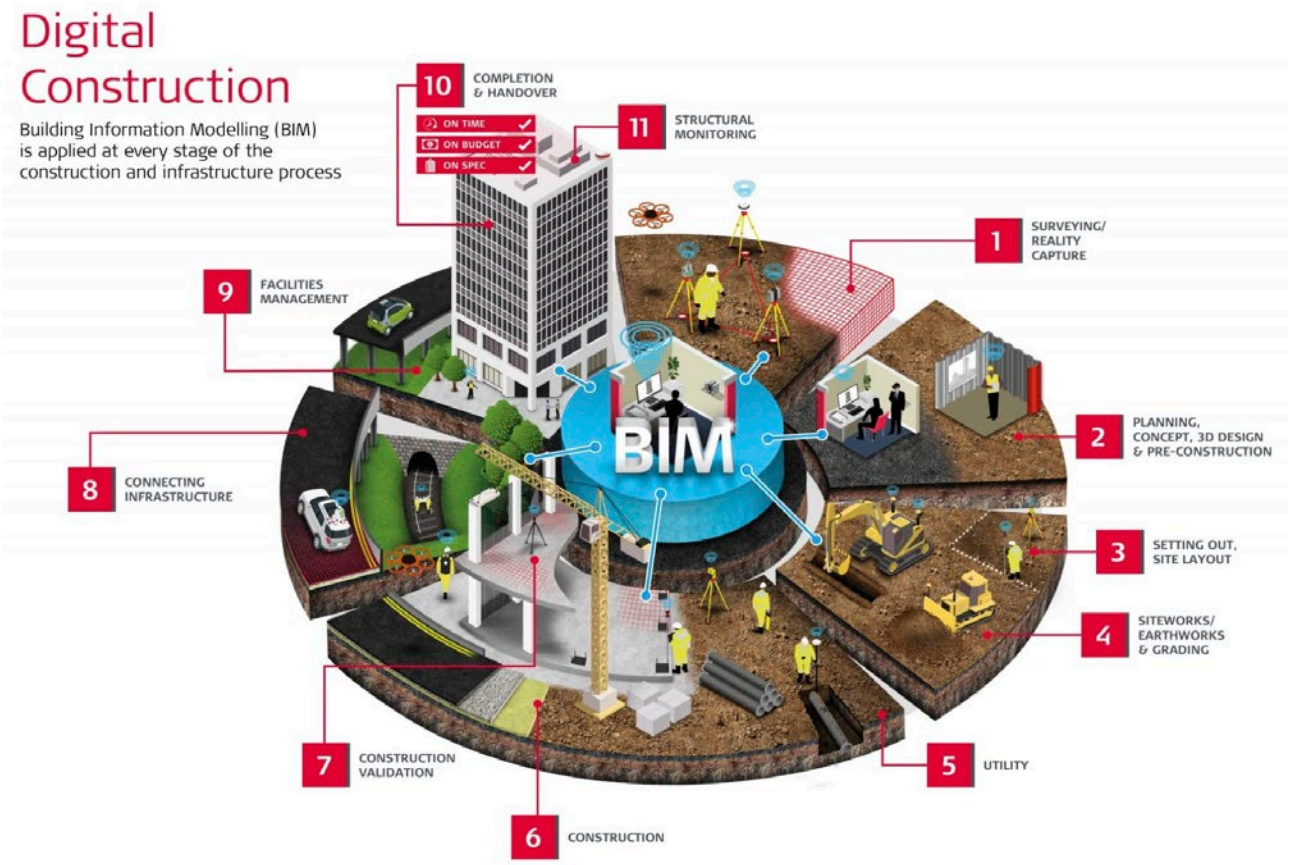
2. ความเสี่ยงจากงานก่อสร้าง มีหลายเรื่องที่มีความเสี่ยงในการก่อสร้าง เช่น ในแง่ของการฝ่าฝืนกฎหมายเช่นการใช้แรงงานต่างด้าวที่ไม่ถูกกฎหมาย การใช้อุปกรณ์ก่อสร้างที่ไม่ปลอดภัย การก่อสร้างที่สร้างความเดือดร้อนแก่ผู้อาศัยข้างเคียง เป็นต้น ซึ่งในการลดความเสี่ยงดังกล่าวก็ต้องเป็นหน้าที่ของผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายในหน่วยงานก่อสร้าง

3. การประกันภัยก่อสร้าง หรือที่เรียกว่า CAR (Contractor All Risk) เป็นการประกันภัยที่ให้ความคุ้มครองทุกชนิด เพื่อให้สามารถคุ้มครองความรับผิดของแต่ละฝ่ายในหน่วยงานก่อสร้าง ไม่ต้องมีการเคลม ค่าเสียหายต่อกัน โดยบริษัทประกันภัยจะเป็นผู้รับผิดชอบ ทั้งนี้รายละเอียดในเรื่องนี้ จะมีค่อนข้างมากดังนั้นจึงควรศึกษาให้โดยละเอียด

4. การประกันภัยวิชาชีพ หรือที่เรียกว่าประกันภัยวิชาชีพ (Professional Indemnity Insurance, PI) เป็นการลดความเสี่ยงของผู้ออกแบบหรือผู้บริหารงานก่อสร้างในการทำงานที่ผิดพลาดในหน่วยงานก่อสร้าง ซึ่งบริษัทประกันภัยในข้อ 3 ข้างต้นจะสวมสิทธิ์ในการไล่เบี้ยหาคนรับผิดชอบที่ก่อให้เกิดความเสียหายนั้นๆ ได้ แต่ทั้งนี้ผู้ออกแบบหรือผู้บริหารงานก่อสร้างก็ต้องกระทำโดยไม่ประมาทและเลินเล่อ ซึ่งบริษัทประกันภัยของการประกันภัยวิชาชีพอาจไม่รับผิดชอบได้ และเช่นเดียวกับการประกันภัย CAR การประกันภัย PI จะมีรายละเอียดค่อนข้างมากดังนั้นจึงควรศึกษาโดยละเอียด

เจตนิพัฎร์ เพ็งจั่น วฟก.1267
ผู้จัดการโครงการ
ฝ่ายบริหารงานก่อสร้าง

การบริหาร งานก่อสร้างด้วย BIM



ปัจจุบันนี้เทคโนโลยีเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วมากโดยเฉพาะเทคโนโลยีการเขียนแบบ กระผมเองนั้นผ่านระบบการเขียนแบบทันทุกยุคสมัย แม้จะไม่ได้ทำอาชีพนี้โดยสายตรงแต่ก็เรียนรู้ว่าการดำเนินการของแบบในแต่ละยุคสมัยนั้นเป็นอย่างไร หากถ้าจะให้เล่าถึงแบบแผ่นแรกที่เขียนด้วยตัวเองคงจะไม่พ้น แบบที่เขียนด้วยปากกาหมึก Rotring ที่หมึกก็ชอบเลอะเป็นประจำ และลอกลายด้วยกระดาษไข กับโต๊ะเขียนแบบที่เอียงๆ แบบแผ่นแรกๆที่เขียนก็คือกล่องสี่เหลี่ยมตัด Section ทั้ง 4 มุม น่าแปลกที่ยังจำได้ไม่เคยลืม

แต่ทั้งหมดนี้ก็เป็นพื้นฐานที่ดีสำหรับการเรียนรู้ในปัจจุบัน จนกระทั่งเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทกับวงการ Drawing ทุกรูปแบบเป็นอย่างมาก โดยมี AutoCAD R14 มาก่อนซึ่งเป็นการเขียนแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ จากนั้นโปรแกรมก็พัฒนาแบบก้าวกระโดดในระยะเวลา 10 ปี จนแทบจะจำไม่ได้แล้วว่ามีโปรแกรมอะไรเกิดขึ้นมาบ้าง

กระผมจะแสดงให้เห็นถึงการพัฒนาโปรแกรมในวงการเขียนแบบพอสังเขปให้ทราบดังนี้

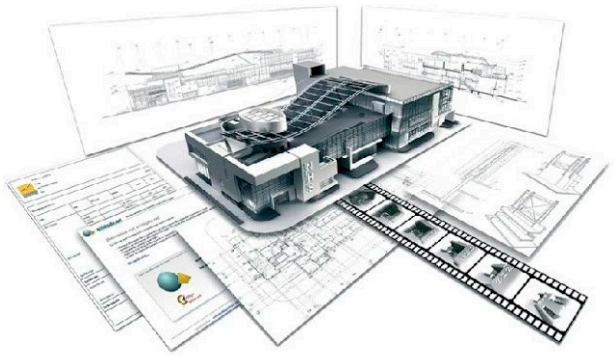
นอกจากนี้ก็มีรุ่นย่อยออกมาอีกจำนวนมากจนกระผมเองก็ไม่รู้ว่ามีกี่เวอร์ชั่นกันแน่ สำหรับโปรแกรมเขียนแบบนั้นมีอิทธิพลเกี่ยวกับงานก่อสร้างเป็นอย่างมาก คือตั้งแต่เข้าวงการก่อสร้างมานั้นทุกคนทุกที่ก็ต้องใช้โปรแกรมนี้เขียนแบบกันอย่างกว้างขวาง หากไม่มีแล้วนั้นจะไปเขียนแบบกระดาษแบบเดิมดูท่างานคงจะไม่มีทางเสร็จแน่ โดยปัจจุบันนี้นั้นโปรแกรมได้พัฒนาไปเป็น Revit Navisworks และ BIM หรือ Autodesk Construction Cloud

ตกลง BIM คืออะไร และทำอะไรได้

BIM คือ Building Information Modelling เป็นกระบวนการสำหรับการสร้างและจัดการข้อมูลโครงการก่อสร้างตลอดทั้งโครงการ ก่อนจะไปว่ากันเรื่อง BIM คงต้องไปสืบหาก่อน ว่าเกิดอะไรขึ้นจึงมาถึง BIM ต้องเข้าใจก่อนว่า BIM ไม่ใช่ Drawing **ไม่ใช่โปรแกรมเขียนแบบ** หลายคนเรียกว่าแบบ BIM มันไม่ใช่แบบนะครับ แต่ BIM คือระบบรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการก่อสร้างมาบริหารจัดการได้เป็นอย่างดี ข้อมูลในที่นี้นั่นคือ **แบบที่เขียนโดยโปรแกรมอื่นหรือข้อมูลโดยที่อื่น**

BIM จะช่วยรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับส่วนประกอบของงานก่อสร้าง อาคารทั้งหมดไว้ในที่เดียวกัน สามารถเข้าถึงข้อมูลต่างๆ ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เช่น การรวบรวมแบบต่างๆ เข้าด้วยกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการออกแบบที่มากขึ้น ซึ่ง BIM จะช่วยลดความเสี่ยง ความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ และยังช่วยลดต้นทุนลงอีกด้วย

ข้อมูล BIM สามารถนำมาใช้อธิบายหรือแสดงตัวอย่างขั้นตอนการทำงานก่อสร้างทั้งหมด ตั้งแต่การเริ่มต้นและการออกแบบจนถึงการรื้อถอนและการนำวัสดุมาใช้ใหม่ ข้อมูลของพื้นที่ว่าง ระบบ ผลิตภัณฑ์ และลำดับขั้นตอนที่สามารถแสดงผลได้ และการตรวจพบการขัดแย้งกันของตัวอย่าง BIM จะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดในขั้นตอนต่างๆ ของการพัฒนาหรือการก่อสร้างได้



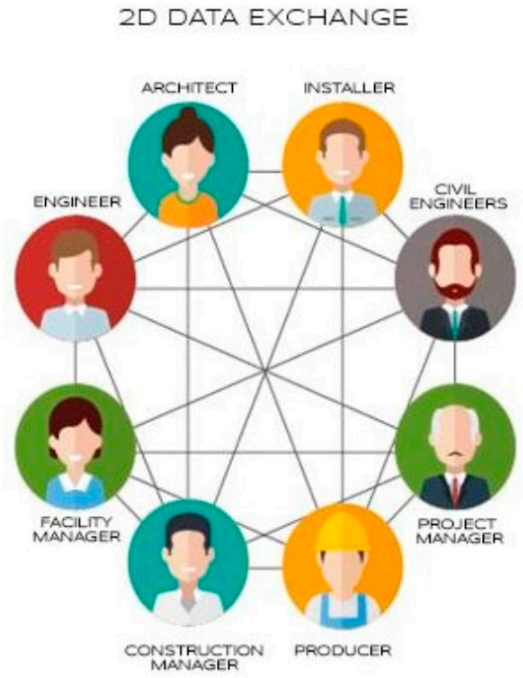
แล้วอะไรที่ทำให้เกิด BIM

นั่นคือโปรแกรมเขียนแบบรวมถึงโปรแกรมเอกสารและอื่นๆ ทั้งหลายยี่ห้อที่เกิดขึ้นในโลกนี้ ซึ่งมีเยอะมาก BIM จะมีหน้าที่จัดสรรรวม และแสดงข้อมูลอยู่ในที่เดียว

โดยโปรแกรมเขียนแบบที่นิยมมาใช้งานมากที่สุดคือ REVIT และทั้งหมดนี้เองที่ทำให้เกิด BIM ขึ้นมา

BIM คือสื่อกลางให้ทุกฝ่ายเข้ามาใช้

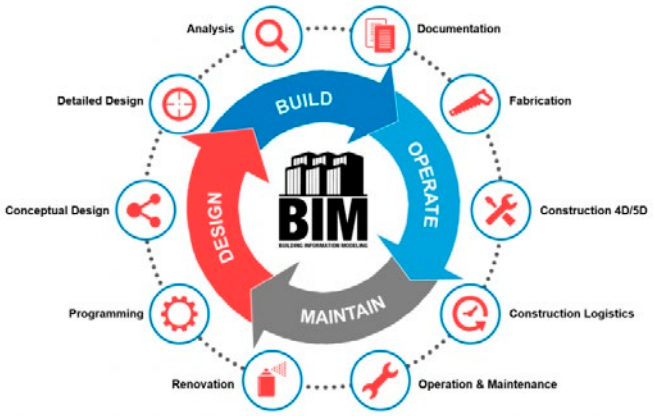
ในการก่อสร้างที่ดำเนินการในอดีตนั้น ปัญหาการส่งต่อข้อมูล การรวบรวมแบบ การ Combine ทั้งหมดนั้นทำได้โดยการส่งข้อมูลไปมา ดังนั้นการส่งข้อมูลไปมามีโอกาสไม่อัปเดตและส่งกันมากหลายฝ่าย



สำหรับ BIM นั้นเข้ามาแก้ปัญหาในจุดนี้โดยเป็น Center เก็บข้อมูล ทุกฝ่ายใส่ข้อมูลเข้าไปและไปหยิบข้อมูลจากพื้นที่เดียวกันทั้งหมด

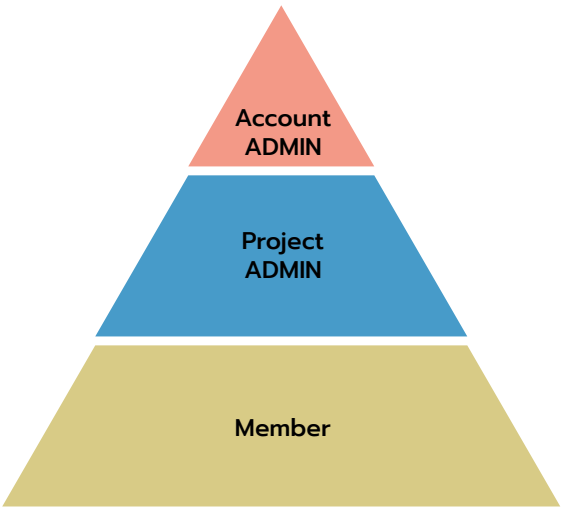
BIM ทำให้เกิดวงจร Virtual Design and Construction

เมื่อทุกฝ่ายเข้ามาดำเนินการที่ระบบเดียวกัน มีการหยิบจับข้อมูลที่อัปเดตเหมือนๆ กัน จะเกิด Virtual Design and Construction ขึ้นมาดังรูป



ตำแหน่งในระบบ BIM

ในการบริหารจัดการระบบจะมีผู้เข้าร่วมจำนวนมากมายหลายตำแหน่ง และแต่ละตำแหน่งจะมีหน้าที่แตกต่างกันไป ดังนั้นในการจัดการนั้นจะต้องมี Company Account ซึ่งจะกำหนดหน้าที่ของแต่ละตำแหน่ง



ตำแหน่งแต่ละชั้นมีหน้าที่ดังนี้

1. Account ADMIN
   - Manage License
   - Create Project
   - Assign Project Admin
   - Add Member to Hub

2. Project ADMIN
   - Activate License Member
   - Add Member to Project
   - Set up Permission
   - Set up Work Flow

3. Member
   - Review
   - ISSUE
   - WORK Together

โดยตำแหน่งในแต่ละหมวดนั้นจะต้องมีบุคคลในหน่วยงานเข้าไปอยู่ร่วมกันเพื่อทำงานร่วมกันใน Project นั้นๆ โดยแบ่งได้ดังนี้

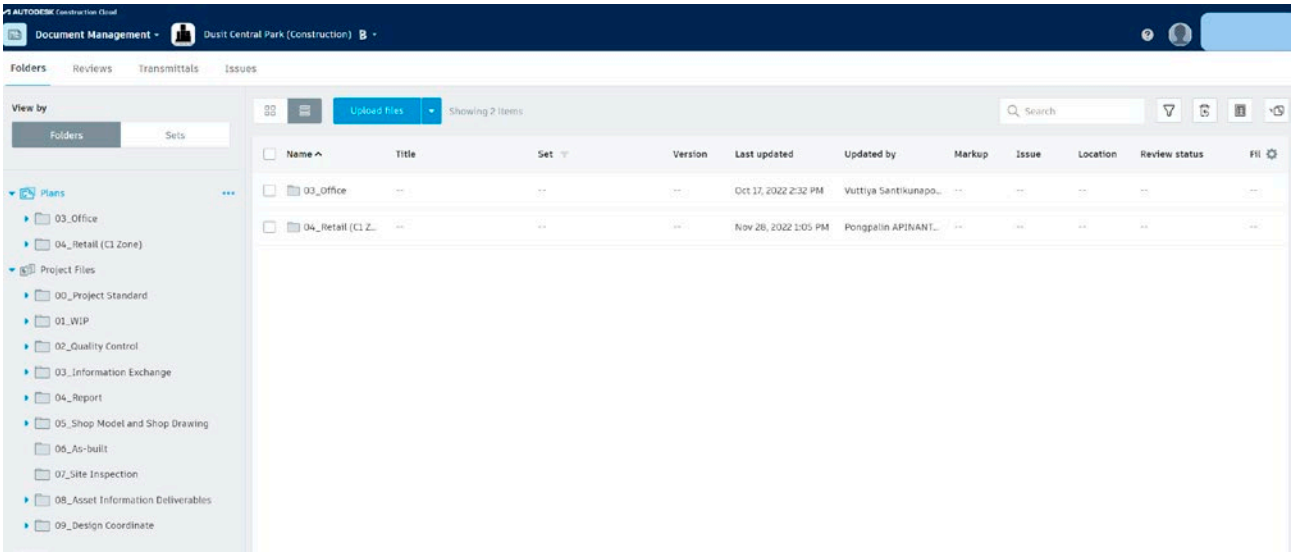
1. Account ADMIN
   - BIM Manger

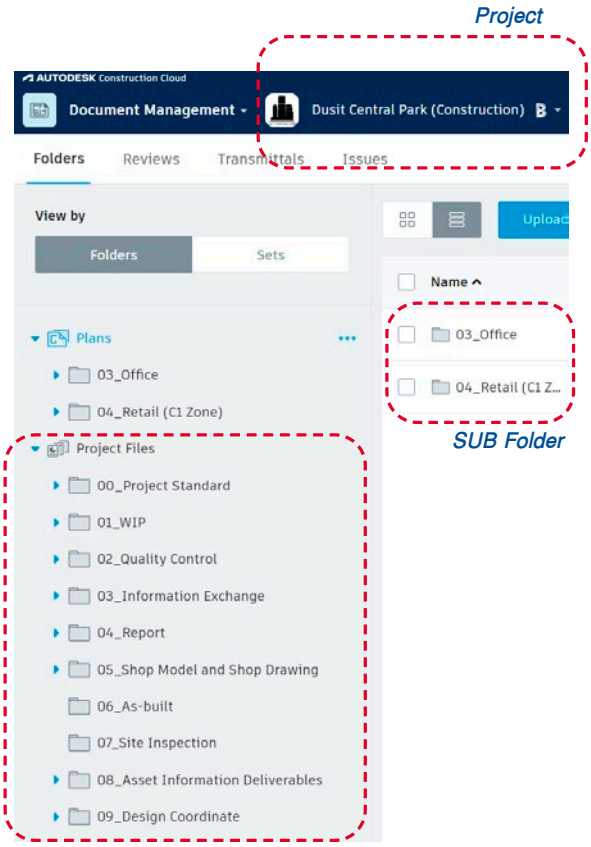
2. Project ADMIN
   - CO-BIM Manger

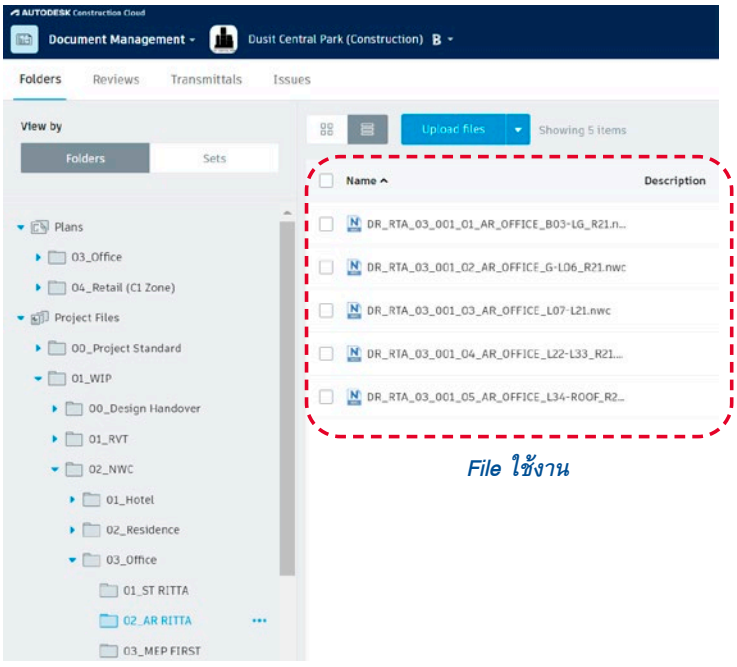
3. Member
   - Project Manger
   - Site Engineer
   - Designer
   - Other

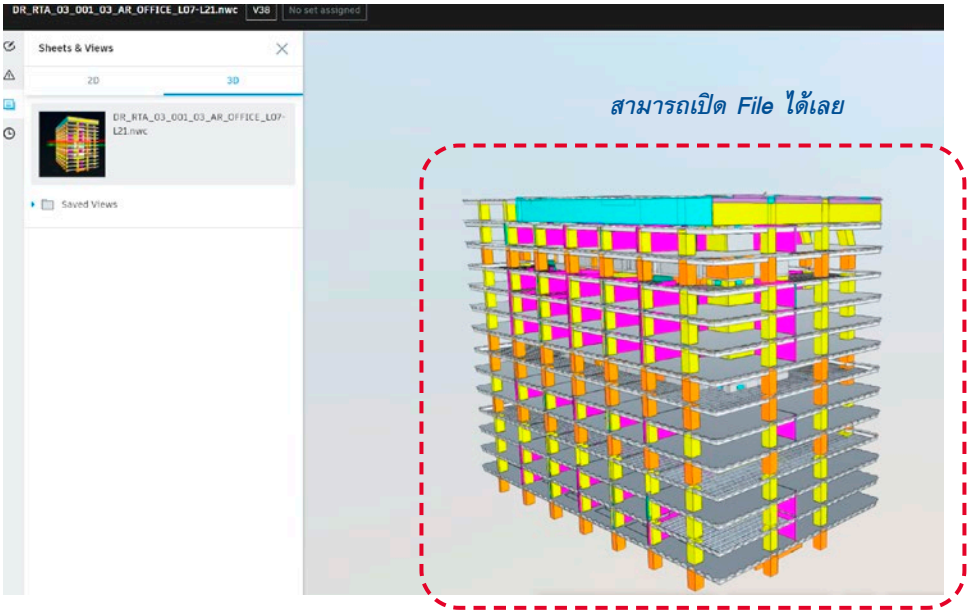
หน้าตาโปรแกรมเมื่อเข้าใช้งาน

การเข้าโปรแกรมจะเป็นการเข้าผ่าน Web browser ดังในรูป ซึ่งการใช้งานจะออกแบบให้เป็นการจัดเก็บ File และส่วนต่างๆ ของหน้าต่าง









บทสรุปประโยชน์ของการใช้ BIM360 กับผู้ควบคุมงาน

คงต้องยอมรับว่าในอนาคตต่อไประบบการเขียนแบบและตรวจแบบนั้นจะพัฒนาต่อไปแบบก้าวกระโดด ทางผู้ควบคุมงานคงต้องพัฒนาวิธีการตามระบบที่เปลี่ยนไปด้วย มิเช่นนั้นเราคงจะพัฒนาศักยภาพตามโลกไม่ทันอย่างแน่นอน โดยการประยุกต์ใช้งาน BIM พื้นฐานจะมีสิ่งที่ต้องเรียนรู้ดังนี้

1. Design Visualization การใช้งานเพื่อดูงานการออกแบบทั้งหมด
2. Clash Detection ดูการตรวจสอบการชนกันของงาน
3. Construction Coordination Modeling การประสานงานโมเดลแบบ
4. Construction Phasing and Scheduling การทำช่วงระยะเวลาการก่อสร้างและประสานตารางเวลาการทำงาน
5. Quantity Take-off การถอดประมาณวัสดุ
6. Documentation/Specification Management การทำงานเขียนแบบ และการบริหารควบคุม
7. Design Analysis Including Energy, Solar and Wind Analyses การวิเคราะห์การออกแบบด้านพลังงานแสงอาทิตย์และลม

ภาคผนวก:

ขอขอบคุณบทความ รูปภาพ และข้อความรวมถึง Video ต่างๆ

หนังสือการบริหารและจำลองงานก่อสร้างด้วย Autodesk navisworks by project plan: ผศ. ยุทธนา เกาะกิ่ง

https://synergysoft.co.th/

https://bimspaces.com/

https://www.applicadthai.com/

https://www.builk.com/

https://www.vrdigital.co.th/

https://www.twoplussoft.com/

วิฑูรย์ เพื่อนชอบ พก.797
ผู้จัดการโครงการ
ฝ่ายบริหารงานก่อสร้าง

Bar Chart

การบริหารโครงการโดยใช้ Bar Chart และ S-Curve เป็นการวางแผนงานโดยจัดเรียงลำดับการทำงานให้สอดคล้องกัน โดยกำหนดระยะเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดในแต่ละงานให้มีความเชื่อมโยงกัน โดยให้คำนึงถึงลำดับก่อนหลังในการทำงานและงานที่มีความจำเป็นที่ต้องเสร็จก่อนที่จะเริ่มงานอื่นๆได้ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตัดสินใจเลือกขั้นตอนและวิธีการทำงานให้เหมาะสมกับงานนั้นๆโดยไม่ให้เกิดอุปสรรค

การวางแผนงานก่อสร้าง

การวางแผนงานก่อสร้างนั้นจำเป็นต่อการบริหารงานก่อสร้างเป็นอย่างยิ่ง เพราะจะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตัดสินใจ วิเคราะห์ประเมินงานก่อสร้างนั้นๆ จึงต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ ให้ครอบคลุมถึงปัจจัยความเสี่ยงในทุกๆด้านที่อาจเข้ามาเกี่ยวข้องหรือส่งผลกระทบให้ครบถ้วน โดยจะแบ่งแผนงานที่เกี่ยวข้องแยกย่อยออกมาเพื่อใช้ประกอบเป็นแผนงานหลักดังนี้

- แผนการทำงาน (Work Plan) เป็นการแยกย่อยกลุ่มงาน ปริมาณงาน กำหนดเวลา และเรียงลำดับการทำงานให้สอดคล้องกัน
- แผนกำลังคน (Labor Plan) เป็นแผนจัดสรรคนงานลงในแต่ละกิจกรรมให้เหมาะสมกับลำดับและช่วงเวลาของงาน
- แผนการจัดหาและนำเข้าวัสดุ (Material Plan) เป็นการวางแผนงานนำเข้าวัสดุให้สอดคล้องกับแผนงานข้างต้นเพื่อไม่ให้เกิดการจัดเก็บวัสดุไว้ในโครงการมากจนเกินความจำเป็น หรือมีวัสดุไม่เพียงพอกับการใช้งานตามการวางแผนการทำงาน + แผนกำลังคนข้างต้น
- แผนงานการใช้เครื่องจักร (Equipment Plan) เป็นแผนการนำเข้าเครื่องมือ เครื่องจักรมาใช้งานตามแผนงาน โดยเฉพาะเครื่องจักรขนาดใหญ่ที่ผู้รับจ้างมักจะเช่ามาใช้งานเพื่อควบคุมต้นทุนดังกล่าวให้เหมาะสมตามที่กำหนดแผนงานไว้
- แผนทางด้านการเงิน (Cash Flow) จากแผนงานที่กล่าวมาแล้วนั้นจะส่งผลให้เกิดต้นทุนในการก่อสร้าง โดยเฉพาะธรรมชาติของงานก่อสร้างนั้นจะเป็นลักษณะงานที่ใช้เงินหมุนเวียน ดังนั้นในการวางแผนจะจัดทำเป็นตารางแสดงความเคลื่อนไหวของกระแสเงินที่เข้าและออกตามลักษณะ

การเบิกจ่ายเงินของแต่ละโครงการ มาคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายสะสม แสดงผลออกมาเป็นกราฟเส้น ที่มักจะสัมพันธ์กับเส้นแผนงาน

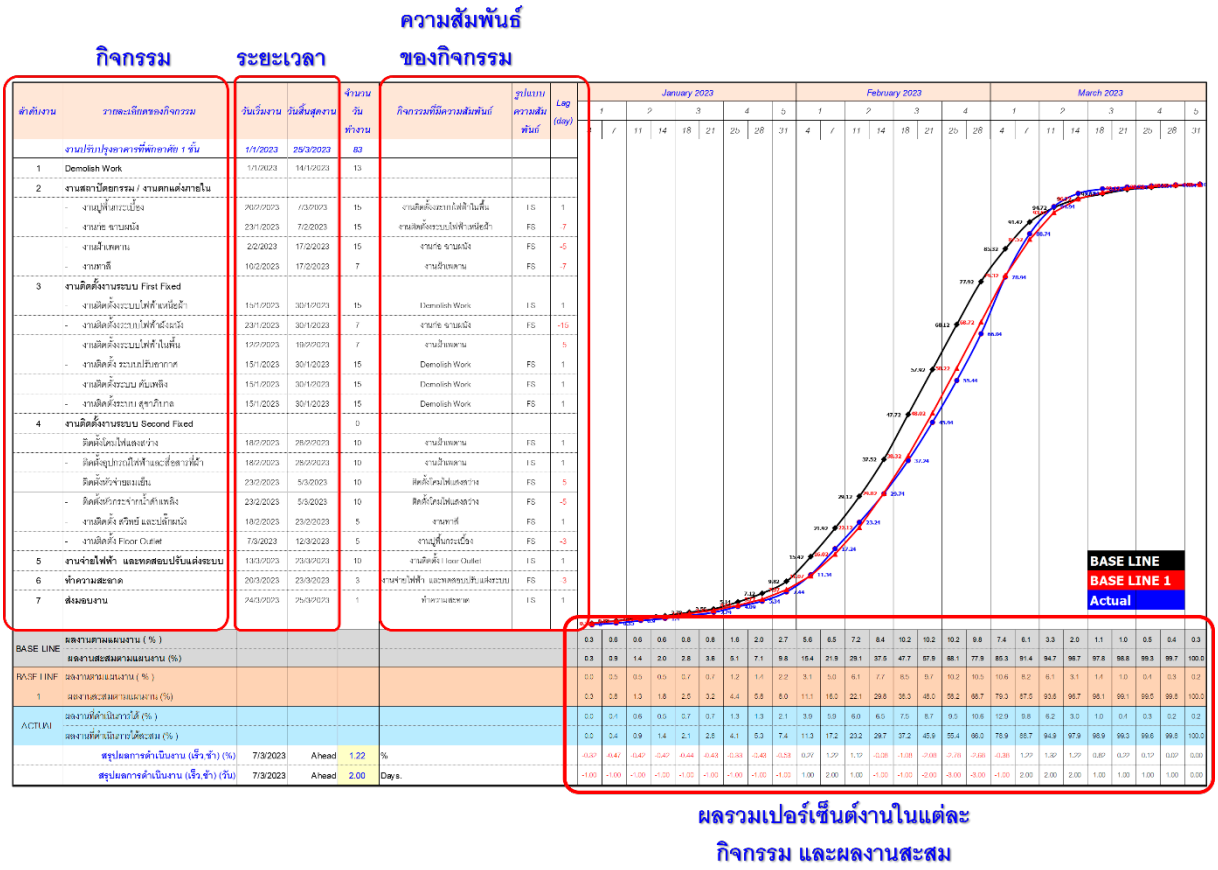
ในการกำหนดแผนงานนั้นมีหลายองค์ประกอบที่ต้องคำนึงถึง ซึ่งจะประกอบไปด้วยปัจจัยและความเสี่ยง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญอีกด้านที่มักจะมองข้ามไปได้ในการจัดทำแผนงานก่อสร้าง โดยจะแบ่งปัจจัยออกได้เป็น 2 ปัจจัยหลักๆ คือ

- **ปัจจัยภายใน** ที่สามารถปรับ แก้ไขเปลี่ยนแปลง เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ เช่น จำนวนหรือความรู้ความสามารถของบุคลากรของผู้รับจ้าง เครื่องมือเครื่องจักร สถานะหรือสภาพคล่องทางการเงิน เป็นต้น
- **ปัจจัยภายนอก** ที่ไม่สามารถไปแก้ไขหรือไม่สามารถควบคุมได้ เช่น รายการประกอบแบบแนบสัญญา ข้อกำหนดทางกฎหมาย ข้อกำหนดในท้องถิ่นต่างๆ หรือแม้กระทั่งสัญญาจ้าง ฯลฯ ที่ต้องยึดถือและปฏิบัติตามซึ่งต้องนำมาพิจารณา

นอกเหนือจากปัจจัยที่กล่าวมาแล้วนั้น ในการวางแผนงานก่อสร้างจะต้องนำเอาวัตถุประสงค์ เป้าหมาย ข้อกฎหมาย ข้อกำหนด เงื่อนไขในสัญญาต่างๆ และรวมถึงแผนงานย่อยที่เกี่ยวข้องมาจัดวางเรียงลำดับความสำคัญ เพื่อกำหนดเป็นขั้นตอนการก่อสร้างโดยรวมออกมา โดยสามารถแบ่งขั้นตอนออกเป็นดังนี้

- กำหนดวัตถุประสงค์หรือเป้าหมาย
- สำรวจพื้นที่ก่อสร้างหรือพื้นที่ใกล้เคียง
- รวบรวมกฎหมายและข้อบังคับท้องถิ่น
- รวบรวมข้อกำหนดจากแบบและรายการประกอบแบบที่แนบในสัญญา
- จัดทำโครงสร้างรายการของงาน (WBS) จำแนกออกเป็นกิจกรรมย่อย
- เลือกเทคนิคในการก่อสร้างและกำหนดวิธีในการก่อสร้าง
- จัดเรียงลำดับความสำคัญของกิจกรรมย่อย
- กำหนดแผนทรัพยากรที่จำเป็นต้องใช้ เช่น วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ แรงงาน และบุคลากร
- กำหนดระยะเวลาในการทำงานของแต่ละกิจกรรม
- จัดทำร่างแผนงานเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ และปรับปรุงแก้ไขหากตรวจสอบพบจุดบกพร่องในแผนงาน
- ประชุมผู้เกี่ยวข้องเพื่อตรวจสอบปรับปรุงในขั้นสุดท้ายก่อนประกาศใช้งาน

เมื่อเราได้ข้อมูลทั้งหมดมาแล้วจะเอามาจัดเรียงลำดับงานตามความสำคัญออกมาในรูปแบบของ Bar Chart หรือ Gantt Chart โดยเราจะกำหนด Progress งานในแต่ละกิจกรรมโดยเทียบกับปริมาณงานหรืองบประมาณของโครงการออกเป็นเปอร์เซ็นต์ในแต่ละกิจกรรม เพื่อใช้ในการตรวจสอบประเมินผลงานก่อสร้างตามแผนงานที่วางไว้ ดังนั้นความแม่นยำในการประเมินโครงการจะต้องเริ่มตั้งแต่การแบ่งเปอร์เซ็นต์งานในแต่ละกิจกรรม และผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการวางแผนและประเมินโครงการมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีประสบการณ์การทำงานโดยตรงเกี่ยวกับงานก่อสร้างแต่ละประเภท จะได้มองปัญหาได้รอบด้าน แบ่งความสำคัญของกิจกรรมแต่ละกิจกรรมได้แม่นยำเสมือนการทำงานจริงมากที่สุด

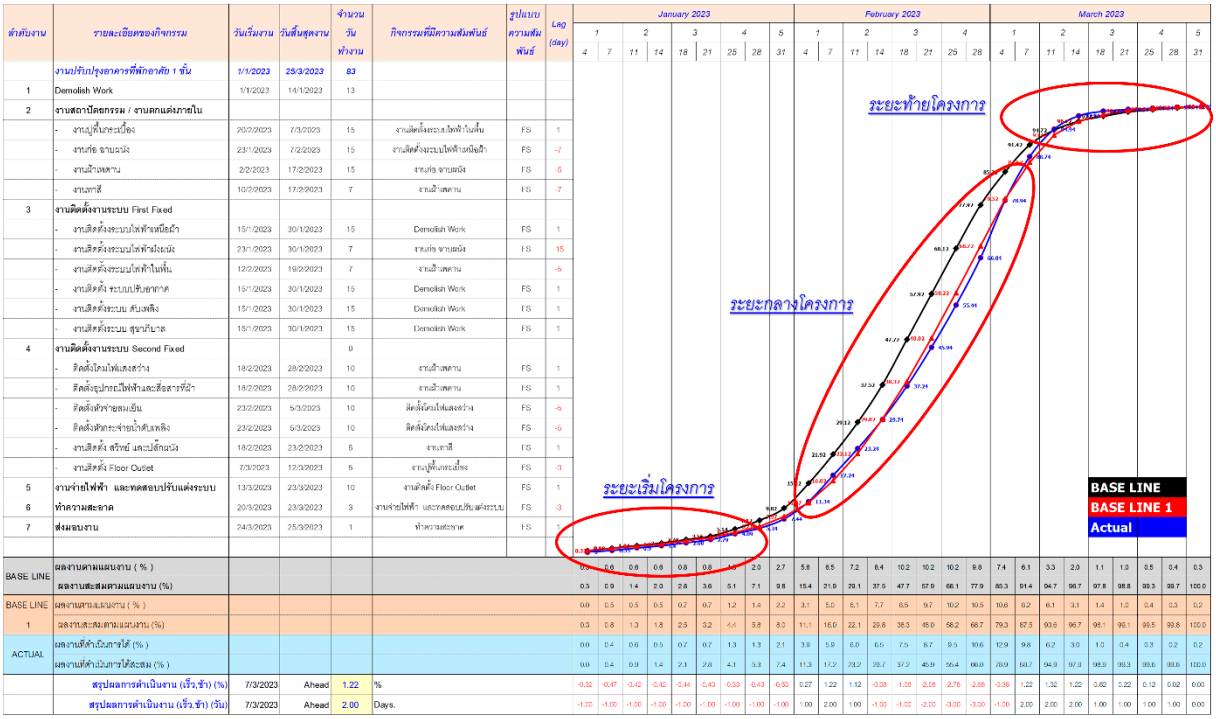


ภาพแสดงส่วนประกอบของ Bar Chart และ S-Curve

ความสัมพันธ์กันระหว่าง Bar Chart และ S-Curve

เมื่อเราได้สร้าง Bar Chart ขึ้นมาแล้วจะสังเกตได้ว่า จะมีความสัมพันธ์กันระหว่างปริมาณงานและเวลาของแต่ละกิจกรรมตั้งแต่เริ่มต้นไปจนจบโครงการ เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้าง S-Curve ให้เป็นไปตามเงื่อนไขของ Bar Chart ทับลงไป เพื่อใช้ในการติดตามความก้าวหน้างานก่อสร้าง (Monitoring) หรือประเมินผลโครงการ (Project Appraisal) ว่าเร็วหรือช้ากว่าแผนงาน หรือหากมีประเด็นปัญหาใหม่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างก็นำมาวิเคราะห์เพื่อปรับแก้ไขจุดบกพร่องหรือแก้ไขลำดับการทำงานให้สอดคล้องกับปัญหานั้นๆ ได้ เพื่อเร่งรัดงาน ให้งานก่อสร้างนั้นสำเร็จตามกำหนดการ ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวางแผนงานบริหารด้านการเงินให้สอดคล้องกับเงินลงทุนเทียบกับผลสำเร็จของงาน ทั้งด้านเจ้าของโครงการที่จะต้องเตรียมจ่ายเงินในแต่ละเดือน หรือในแต่ละงวดงาน หรือจะเป็นด้านของผู้รับเหมาที่ต้องวางแผนการเบิกเงินในแต่ละเดือนให้สอดคล้องกับการลงทุนมีเงินพียงพอสำหรับการดำเนินงานก่อสร้างให้จนเสร็จสิ้นได้ ซึ่งจากที่กล่าวมาเราสามารถแบ่ง S-Curve ออกได้เป็น 3 ระยะตามพฤติกรรมดังนี้

- **ระยะเริ่มโครงการ** เป็นการเตรียมงาน (Site Preparation) การเปิดหน้างาน (Site Clearing) ซึ่งปริมาณงานหรือกิจกรรมไม่มากนักเมื่อเทียบกับผลงานทั้งโครงการ จึงส่งผลให้เส้นกราฟลาดเอียงในแนวนอนโค้งตั้งขึ้นเล็กน้อย
- **ระยะกลางโครงการ** เป็นช่วงที่สามารถทำงานได้หลายกิจกรรม ส่งผลให้ผลงานมากขึ้น และเป็นกลุ่มงานส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นเมื่อเทียบกับผลงานรวมของโครงการ ส่งผลให้เส้นกราฟตั้งชันขึ้นมากกว่าในระยะเริ่มโครงการ
- **ระยะปลายโครงการ** เป็นระยะที่งานส่วนใหญ่เสร็จไปแล้วจะคงเหลือเก็บงานงานแก้ไขจุดบกพร่อง งานทำความสะอาด ทำให้ผลงานเทียบกับผลงานรวมของโครงการน้อยลงจากระยะกลาง ส่งผลให้เส้นกราฟลดความลาดชันลง



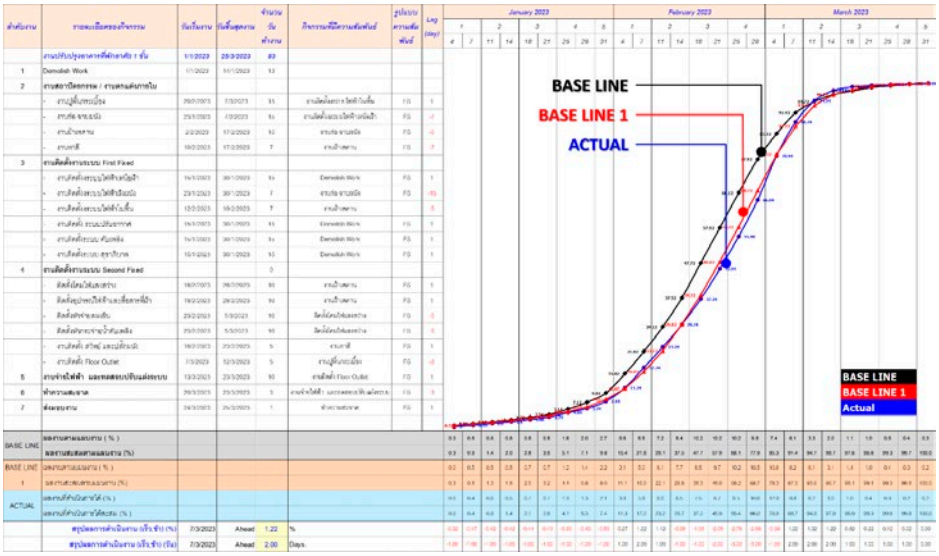
ภาพแสดงช่วงระยะเวลาของ S-Curve

ด้วยเหตุผลนี้กราฟที่ได้จะมีลักษณะคล้ายตัว S จึงเป็นที่มาของชื่อการประมวลผลที่เราเรียกว่า S-Curve ซึ่งองค์ประกอบของกราฟ S-Curve จะแสดงเส้นรายงานผลอย่างน้อย 2 เส้นเสมอคือ

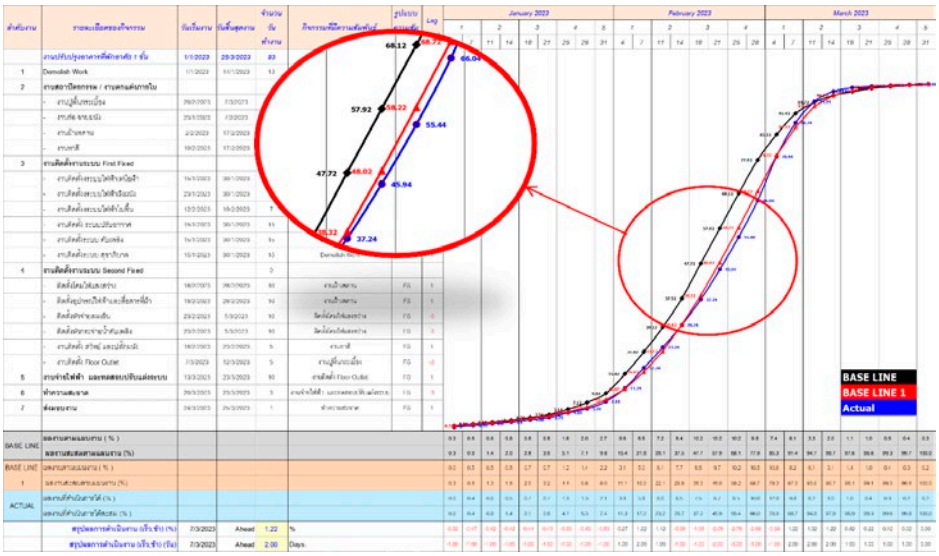
- **เส้น Base Line** เป็นเส้นแผนงานตามกิจกรรมในช่วงเวลาการก่อสร้าง แสดงผลงานสะสมตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดโครงการ
- **เส้น Actual** เป็นเส้นแสดงความก้าวหน้าของงานจริง โดยเส้นนี้จะเทียบกับ Base Line ในคาบเวลาเดียวกันเสมอ เพื่อเป็นเครื่องมือในการติดตามความก้าวหน้าของโครงการ ประเมินและวิเคราะห์ความเสี่ยงที่จะส่งผลให้เกิดความล่าช้าของงานได้ เพื่อหาแนวทางการป้องกันล่วงหน้าหรือแก้ไขได้ทันเหตุการณ์

จากเส้นทั้งสองดังกล่าวข้างต้นเป็นตัวอย่างของกราฟปกติที่ไม่มีการปรับเปลี่ยนแผนงาน ทั้งที่กระทบกับเวลาหรือไม่กระทบต่อเวลา แต่หากเกิดปัจจัยใหม่ที่ส่งผลกระทบทำให้ไม่สามารถทำได้ตามแผนงานที่วางไว้ อาจมีความจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนแผนงานใหม่ด้วยการนำปัญหามาวิเคราะห์หาทางแก้ และจัดเรียงลำดับเวลาใหม่ไม่ให้กระทบกับแผนงานโดยรวม เช่น สภาพสภาวะอากาศที่ส่งผลกระทบกับปัญหาด้านการขนส่งโดยเฉพาะระหว่างประเทศ โรคระบาดที่ส่งผลกระทบกับต่อจำนวนแรงงานและการนำเข้าวัสดุ หรือแม้แต่สงครามทั้งในและต่างประเทศ ฯลฯ ทั้งหมดนี้จะส่งผลกระทบกับระยะเวลาในงานก่อสร้างทั้งสิ้น ดังนั้นระหว่างการก่อสร้างนั้นจำเป็นต้องตรวจสอบประเมินเป็นระยะ และนำเอาปัจจัยใหม่ที่อาจเกิดขึ้นมาวิเคราะห์ปัญหา และหาทางจัดการแก้ปัญหาต่างๆ อย่างใกล้ชิด

แต่หากมีความจำเป็นต้องปรับแก้ไขระยะเวลางานก่อสร้างไม่ว่าจะด้วยเหตุผลใด หรือเป็นการปรับแผนงานเร่งรัดงานในกรณีที่ผลงานล่าช้ากว่าแผนงาน ถึงแม้ว่าจะไม่มีการขยายระยะเวลาก่อสร้างที่เราเรียกว่าการ Catch up แผนงานเราก็จำเป็นต้องสร้างเส้นแผนงานใหม่ให้สอดคล้องกับระยะเวลาก่อสร้างจริง ปริมาณงานที่เปลี่ยนไปจากเส้น Base Line เดิมเป็นเส้น Base Line ใหม่จะเรียกว่า Base Line 1 และจะทำซ้ำและเพิ่มเส้น Base Line หากมีการเปลี่ยนแปลงในอนาคต แต่ในการบริหารงานก่อสร้างนั้นเราจะคงกำหนดวันส่งมอบงานไว้เป็นวันเดิมตามสัญญาไม่มีการปรับเปลี่ยน หากไม่มีเหตุจำเป็นที่มีเหตุผลรองรับเพียงพอและได้การยอมรับจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะเจ้าของโครงการ



ภาพแสดงเส้น S-Curve ต่างๆ



ภาพขยายแสดงช่วงระยะเวลาหลังปรับแผนงาน

บทสรุป

คือ S-Curve เป็นเทคนิคและเครื่องมือที่ใช้ในการบริหารโครงการ อีกหนึ่งทางเลือกสำหรับผู้บริหารโครงการที่สามารถนำมาใช้ติดตามความก้าวหน้างาน ประเมินโครงการ วางแผนทางด้านการเงินให้สอดคล้องกับงาน วิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาวิธีการป้องกันหรือแก้ไขปัญหาในงานก่อสร้างได้ ซึ่ง Bar Chart และ S-Curve นี้ไม่จำเป็นต้องใช้ในงานก่อสร้างเท่านั้น ยังสามารถใช้ในการวางแผนและติดตามงานประเภทอื่นๆได้ เช่น การบริหารต้นทุนกำไรในการดำเนินธุรกิจประเภทต่างๆ หรือแม้แต่นำมาใช้ในการวางแผนชิ้นงานในสายงานอุตสาหกรรม หรือใช้ในการวางแผนและติดตามการสร้างนวัตกรรมใหม่ๆได้ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

รศ.ประเสริฐ ดำรงชัย. การวางแผนงานก่อสร้าง
Construction Planning. โครงการความร่วมมือระหว่าง 5 มหาวิทยาลัย และ กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย
วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. เอกสารประกอบการอบรมเรื่อง การวางแผนงานและบริหารโครงการด้วย Bar Chart และ S-Curve
วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. เอกสารประกอบการอบรมเรื่อง การควบคุมและบริหารงานก่อสร้าง
นายประสาน รัตนสาลี.การสร้าง S-Curve เพื่อติดตามงาน สร้างโดย MS-EXCEL.

เพิ่มเกียรติ กาญจนบุญเจริญ สก.3319
ผู้จัดการฝ่ายบริหารงานก่อสร้าง1
ฝ่ายบริหารงานก่อสร้าง

การทดสอบอุปกรณ์ระบบทำน้ำเย็น (Testing and Commissioning Chiller Equipment-System)

บทความนี้ผู้เขียนได้นำบทความเดิมของผู้เขียนมาปรับปรุงใหม่ ภายหลังจากที่ผ่านการทำงานในโครงการที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ระบบทำน้ำเย็นหลายโครงการ เพื่อให้ผู้อ่านทำความเข้าใจขั้นตอนได้มากขึ้น ในการปรับปรุงครั้งนี้ได้รวบรวมเนื้อหาจากบทความประสบการณ์จากวารสารของต่างประเทศที่ผู้เขียนได้ทดลองใช้งานจริง และเป็นประสบการณ์ในการทำงานนำมาพัฒนาบทความนี้ เพื่อถ่ายทอดให้วิศวกรที่กำลังก้าวเดินในระบบการทำความเย็นด้วยเครื่องทำน้ำเย็น และเป็นการแบ่งปันประสบการณ์การทำงานของการทดสอบอุปกรณ์ระบบทำความเย็นภายหลังจากงานติดตั้งอุปกรณ์แล้วเสร็จ คำถามของวิศวกรใหม่ส่วนมากจะมีภายหลังการทดสอบอุปกรณ์ในแต่ละครั้ง ทำไมผลการทดสอบที่ทดสอบได้ในหน่วยงานจึงมีความแตกต่างจากเอกสารที่ขออนุมัติใช้งาน และผลที่ทดสอบได้มาจะมีความสามารถหรือมีประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานหรือไม่ ความสำเร็จของงานการติดตั้งจะวัดกันที่ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ติดตั้ง และข้อจำกัดบางอย่างที่ไม่ได้เตรียมไว้ระหว่างการติดตั้งอาจจะทำให้ผลการทดสอบที่วัดค่าได้มีค่าความคลาดเคลื่อนมาก จึงจำเป็นต้องวางแนวทางการปฏิบัติการทดสอบระบบการทำความเย็นด้วยเครื่องทำน้ำเย็นตามรายละเอียดขั้นตอนดังต่อไปนี้

การวางแผนงานเบื้องต้น (Initial Planning) เป็นการลำดับขั้นตอนการทดสอบซึ่งจะให้ได้ผลสำเร็จสูงสุดจะต้องจัดทำอย่างมีขั้นตอน พร้อมบุคลากรที่มีความเข้าใจงานทดสอบและเครื่องมือการทดสอบ การวางแผนงานทดสอบอย่างรอบคอบให้สอดคล้องกับระยะเวลาหลัก (Master schedule) ส่วนใหญ่การทดสอบมักจะทำภายหลังจากการติดตั้ง การเตรียมงานเบื้องต้นสำหรับการทดสอบระหว่างการติดตั้ง จนการทดสอบจะถูกกำหนดตามขั้นตอนจนแล้วเสร็จ แผนงานที่ดีจะเผื่อเวลาสำหรับการแก้ไขระหว่างการทดสอบรวมถึงการปรับแต่งระบบเพื่อการใช้งานและภาพรวมของระบบ การวางแผนงานเพื่อกำหนดเวลาการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ผลการทดสอบเป็นขั้นตอนก่อนสุดท้าย ผลสรุปต้องทำการ

ปรับแต่งหรือไม่ มีวิธีปรับแต่งอย่างไร และผลทดสอบเบื้องต้น Testing, Adjusting and Balancing (TAB) จะแบ่งความจำเป็นออกเป็น 3 ระดับดังนี้

ระดับที่ 1

การทดสอบเบื้องต้น (Basic Commissioning) เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของอุปกรณ์ภายหลังการติดตั้งอุปกรณ์ ทดสอบด้านประสิทธิภาพอุปกรณ์ ทดสอบด้าน Functions การทำงานอุปกรณ์ว่าสามารถทำงานได้ครบตามเงื่อนไขของอุปกรณ์ และความต้องการของลูกค้า เป็นต้น

ระดับที่ 2

การทดสอบตามเงื่อนไขร่วมระหว่างอุปกรณ์ (Comprehensive Commissioning) ด้าน Functions เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์เบื้องต้นของการสั่งงานอุปกรณ์ร่วม เช่น Chiller Plant Management สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ใน Chiller ได้ตาม Function Flow Diagram หรือการปรับสมดุลน้ำทั้งระบบ เป็นต้น

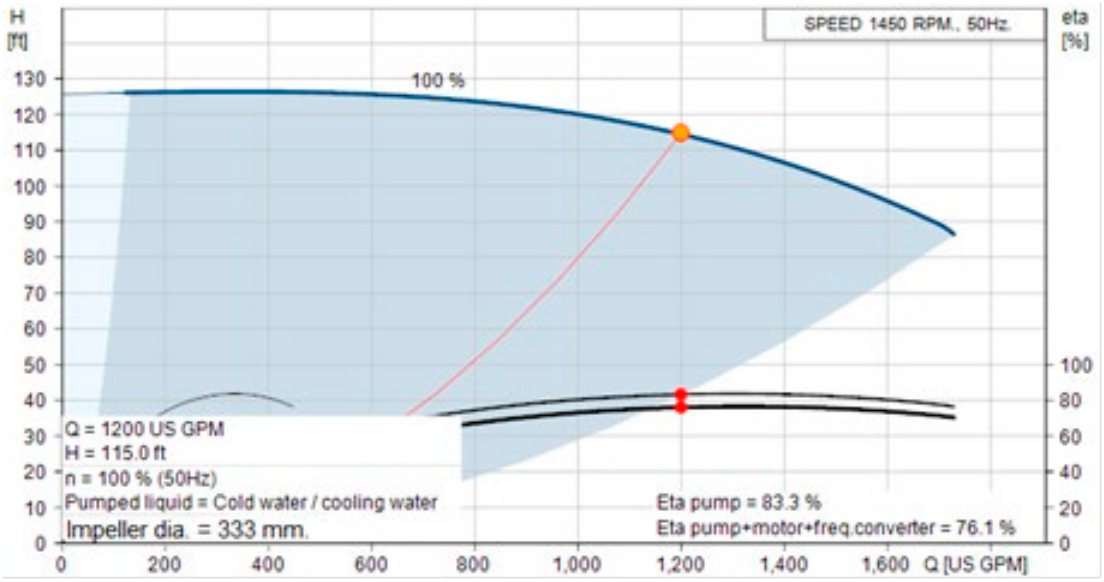
ระดับที่ 3

การทดสอบตามเงื่อนไขการออกแบบ (Critical Design Systems) เพื่อตรวจสอบข้อตกลงพิเศษ ข้อนี้จะแบ่งได้หลายระดับเช่นกัน และเป็นเงื่อนไขพิเศษที่แจ้งก่อนการว่าจ้าง เช่น การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพลังความเย็นตลอดการใช้งานหรือช่วงเวลา การควบคุมคุณภาพน้ำเย็นภายในอาคาร เป็นต้น

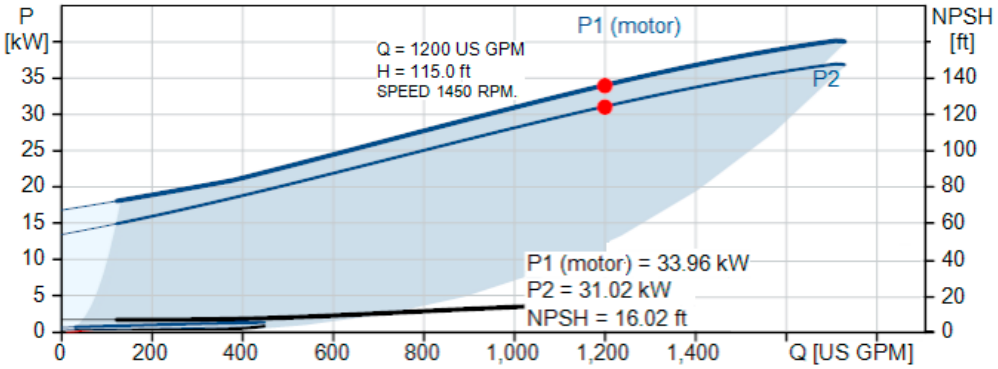
จากที่กล่าวมาข้างต้นจะสามารถกำหนดแผนงานลำดับเบื้องต้นได้ ดังนี้

- Planning & Scheduling แยกขั้นตอน การเตรียมการ รวมถึงวิธีการ การ Flushing and Cleaning System, Complete System Connections, Equipment Startup, Equipment Testing, System Testing
- บันทึกข้อมูลและเก็บข้อมูลที่จำเป็นตามเงื่อนไข
- วิเคราะห์ผลข้อมูลที่จัดเก็บได้
- ศึกษาระบบที่จะดำเนินการปรับแต่ง
- บันทึกผลลงในแบบฟอร์ม
- จัดทำ Report ข้อสรุปการทดสอบ

1. **การเตรียมการงานด้านเอกสารเบื้องต้น (Preliminary procedures)** ข้อมูลเอกสารขออนุมัติการใช้งาน รวมถึงรายละเอียดเงื่อนไขข้อตกลงพิเศษระหว่างขออนุมัติการใช้งานของอุปกรณ์นั้นๆ โดยลำดับเบื้องต้นได้ดังนี้
   - System schematic diagram ของระบบท่อน้ำหรือท่อลม As-Built Drawing แสดงรูปแบบการติดตั้งพร้อมอุปกรณ์ประกอบการติดตั้ง และเป็นการยืนยันความถูกต้องของ As-Built Drawing ด้วย และหลายครั้งพบว่าข้อมูลอาจจะไม่สอดคล้องกับงานติดตั้งจริง

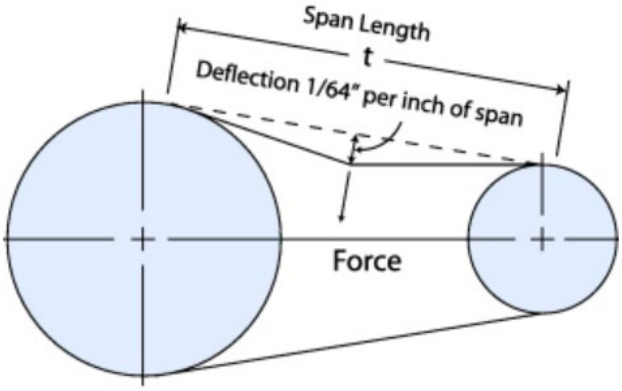


- Performance Data of Chiller รวม Evaporator Data & Condenser Data, Performance Data of Cooling Tower, Performance Data for Pump, Performance Data for Fan จะต้องเตรียมข้อมูลทางเทคนิค เพื่อวิเคราะห์กรณีค่าที่ทำการทดสอบมีค่าเปลี่ยนแปลงจากจุดออกแบบ เช่น
  A. Pressure Drop Evaporator or Condenser Data of Chiller เพื่อดู Water Flow Rate Evaporator or Condenser
  B. Performance Data for Pump จากการออกแบบจะต้องมีการเผื่อค่าต่างๆ ไว้เนื่องจากอุปสรรคของงานติดตั้งท่อ หรืออายุการใช้งานของท่อ หรือแม้แต่งานติดตั้งเองก็ตามจะต้องใช้ข้อมูล Performance Curve for Pump ที่เลือกให้ตรงตามข้อมูลออกแบบมาใช้งาน ไม่ควรใช้ Curve ใน Standard Catalog ในการใช้อ่านหรือเทียบค่าในการทดสอบหรือรายงานผลการทดสอบ
- Equipment Break Horse Power เทียบกับ Service Installation Motor สำหรับการพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงขนาดแรงม้าของมอเตอร์ ประเภทของ Motor, Frame Motor จำนวน Phase & Pole เป็นต้น



- Motor Starter, Size, Location, And Thermal Overload Protection สำหรับป้องกันอุปกรณ์ระหว่างทดสอบ และการใช้งานตรวจสอบเทียบกับแรงม้าที่มอเตอร์ Coordinate ข้อมูลเหล่านี้กับผู้ผลิตและงานระบบไฟฟ้า

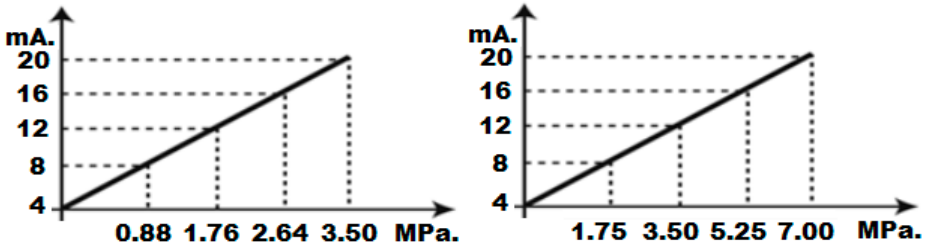
- อุปกรณ์ที่ติดตั้งต้องมีการปรับค่า เช่น อุปกรณ์ Belt and Pulley, Drive สำหรับตรวจสอบขนาด Pitch จำนวนสายพาน ความตึงสายพาน ความยาวสายพาน และ Belt Gourd สำหรับพัดลม Cooling Tower หรืออุปกรณ์ที่มีการขับเคลื่อนด้วยสายพาน เป็นต้น



Standard V-Belt Tensioning Deflection Force

Belt Cross Section	Smaller Pulley Diameter Range (in.)	Deflection Force Run-in (lbs.)	Deflection Force Normal (lbs.)
A	3.0-3.6	3-3/8	2-1/4
	3.8-4.8	4-1/4	2-7/8
	5.0-7.0	5-1/8	3-3/8
B	3.4-4.2	4	2-5/8
	4.4-5.2	6	4
	5.4-9.4	7-1/8	5-1/4

- Automatic Control ความพร้อมอุปกรณ์ที่ติดตั้งจริง เพื่อตรวจสอบตำแหน่งที่เหมาะสมกับการใช้งานจริง มีค่าความเบี่ยงเบนจากตำแหน่งที่วัดได้จริงกับอุปกรณ์ TAB เพื่อปรับแต่งให้เหมาะสมกับการใช้งานต่อไป



3. เอกสารการตรวจการติดตั้ง หรือเอกสารตรวจสอบความพร้อมการทดสอบ (System inspection & TAB. Check list)

เอกสารการตรวจการติดตั้งเพื่อยืนยันอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะต้องแสดงรูปแบบการติดตั้ง ตามแบบ As-Built Drawing ตามที่กล่าวมาในข้อที่ 2 ที่รวบรวมมาเป็นข้อมูลก่อนการทดสอบ นำมาตรวจสอบการติดตั้งยืนยันความพร้อมก่อนการทดสอบ และใช้เป็นข้อมูลสำหรับเตรียมการกรณีที่จำเป็นต้องแก้ไขปรับแต่งอุปกรณ์ในการติดตั้ง หลังจากทดสอบได้ผลไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบ เอกสารตรวจสอบความพร้อมการทดสอบ เพื่อต้องการผลการทดสอบของอุปกรณ์ที่ทำมีค่าที่ถูกต้องเนื่องจากความไม่พร้อมของสภาพแวดล้อมของหน้างาน เช่น การติดตั้งอุปกรณ์ร่วมการทดสอบวัดค่ายังไม่ครบ เป็นต้น

4. เครื่องมือสำหรับการทดสอบ (TAB. Instrumentation)

Instrumentation List – IP Units

FUNCTIONS/INSTRUMENT TYPE	MINIMUM RANGE	ACCURACY	RESOLUTION	CALIBRATION INTERVAL
Rotation Measurement	0-5000 RPM	± 2% of reading ± 2 RPM	1 RPM	12 Months
				Date:
Temperature Measurement	-40 to 240°F	± 0.5% of reading + 1.4°F	0.2°F	12 Months
Air				Date:
Temperature Measurement	-40 to 240°F	± 0.5% of reading + 1.4°F	0.2°F	12 Months
Immersion				Date:
Temperature Measurement	-40 to 240°F	± 0.5% of reading + 1.4°F	0.2°F	12 Months
Contact				Date:
Electrical Measurement - CAT III				12 Months
True RMS				Date:
Volts AC	0 to 600 VAC	± 2% of reading ± 5 digits	1.0 Volt	
Amperes	0 to 100 Amps	± 2% of reading ± 5 digits	0.1 Ampere	
Air Pressure Measurement	0 to 10.00 in w.g.	± 2% of reading	0.001 in w.g ≤ 1 in w.g.	12 Months
		± 0.001 in w.g.	0.01 in w.g. > 1 in w.g.	Date:
Air Velocity Measurement	50 to 3900 fpm	±5% of reading, not less than ±7 fpm	1.0 fpm	12 Months
Hot Wire Anemometer OR				Date:
Airfoil with Digital Meter				
Air Velocity Measurement	50 to 2500 fpm	± 2% of reading ± 4 fpm	1.0 fpm	12 Months
Rotating Vane				Date:
Humidity Measurement	10 to 90% RH	± 3% RH	1.0%	12 Months
				Date:
Direct Reading Hood	100 to 2000 cfm	± 5% of reading ± 7 cfm	Digital: 1 cfm	12 Months
			Analog: N/A	Date:
Hydronic Pressure Measurement	-30 in h.g. to 60 PSI	± 2% of reading ± 1 PSI	0.5 PSI	12 Months
	0 to 100 PSI	± 2% of reading ± 1 PSI	1.0 PSI	Date:
	0 to 200 PSI	± 2% of reading ± 1 PSI	2.5 PSI	
Hydronic Differential Pressure Measurement	0 to 100 in w.g. 0 to 200 ft. w.g.	± 2% of reading ± 2 in. w.g. ± 2% of reading ± 0.2 ft. w.g.	1.0 in. w.g. 1.0 ft. w.g.	12 Months
				Date:

TABLE 10-3 Instruments for Hydronic Balancing

FUNCTION	RANGE	MINIMUM ACCURACY	CALIBRATION
TEMPERATURE MEASURING INSTRUMENT (CONTACT)	Minimum Range 0° to 240° F (-20° to 120° C)	± 1% of full scale	12 months
HYDRONIC PRESSURE MEASURING INSTRUMENTS	0 to 30 PSI (0 to 200 kPa) 0 to 60 PSA (0 to 400 kPa) 0 to 200 PSI 30 in.Hg to 30 PSI (-760 mm Hg to 200 kPa) 30 in.Hg to 60 PSI (-760 mm Hg to 400 kPa)	± 1% of full scale ± 1% of full scale ± 1% of full scale ± 1% of full scale ± 1% of full scale ± 1% of full scale ± 1% of full scale ± 1% of full scale	12 months 12 months 12 months 12 months 12 months 12 months 12 months 12 months
HYDRONIC DIFFERENTIAL PRESSURE INSTRUMENT	Minimum Range 0 to 36 in. w.g. (0 to 9 kPa)	± 1% of full scale	12 months*

*If used, mechanical/electronic instrument requires compliance with calibration dates noted.

TABLE 10-1 Instrumentation for Air & Hydronic Balancing

FUNCTION	RANGE	MINIMUM ACCURACY	RECOMMENDED CALIBRATION
ROTATION MEASURING INSTRUMENT	0 to 5000 RPM	± 2%	24 months
TEMPERATURE MEASURING (IMMERSION)	-40° to -120° F (-40° to 50° C)	Within 1/2 of Scale Division	12 months*
TEMPERATURE MEASURING (IMMERSION)	0° to 220° F (-20° to 105° C)	Within 1/2 of Scale Division	12 months*
TEMPERATURE MEASURING (AIR)	-40° to 120° F (-40° to 50° C)	Within 1/2 of Scale Division	12 months*
TEMPERATURE MEASURING (AIR)	0° to 220° F (-20° to 105° C)	Within 1/2 of Scale Division	12 months*
ELECTRICAL MEASURING INSTRUMENTS	0 to 600 VAC 0 to 100 Amperes 0 to 30 VDC	3% of Full Scale 3% of Full Scale 3% of Full Scale	6 months* 6 months* 6 months*

*If used, mechanical/electronic instrumentation requires compliance with calibration dates noted.

เครื่องมือวัดสำหรับทำการทดสอบตามมาตรฐานเบื้องต้นจะกำหนดค่าความผิดเพี้ยน ค่าความละเอียดของมาตรวัด และระยะเวลาการทดสอบตรวจสอบความผิดเพี้ยนของเครื่องมือวัดเอง โดยได้มีข้อกำหนดตามมาตรฐานที่จะเลือกใช้งาน รวมถึงวิธีการหาค่าเฉลี่ยค่าที่อ่านได้ เนื่องจากเครื่องวัดที่แสดงค่าเป็นตัวเลข ค่าดังกล่าวอาจจะมีค่าไม่คงที่

Air Pressure gauge 0 - 1.0 In.Wg.
@ Resolution 0.1 In.Wg.

Digital thermometer
with 2 senser
resolution 0.1F

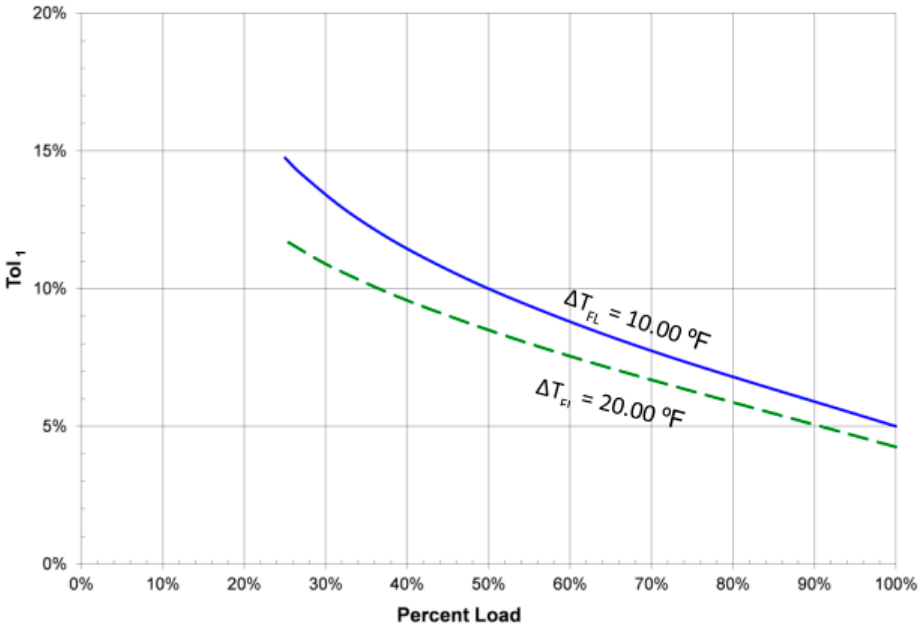
Pressure gauge 0-100 Psi.
@ Resolution 1 Psi.

5. วิธีการทดสอบ

ตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 1 การวางแผนงานเบื้องต้น วิธีการทดสอบจึงมีขั้นตอนการทดสอบแตกต่างกันออกไปตามระดับการทดสอบเบื้องต้น (Basic Commissioning) เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ ว่ามีความสามารถทำงานได้ตามเอกสารขออนุมัติการใช้งานของโครงการหรือไม่ และการติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถตรวจสอบการใช้งานหรือการบำรุงรักษาอุปกรณ์ได้หรือไม่ การทดสอบขั้นนี้จะทำภายหลังจากการ Startup อุปกรณ์ และสามารถทำการทดสอบแบบต่อเนื่องได้โดยไม่มีอุปสรรค หรือจะต้องติดตั้งอุปกรณ์ประกอบการทดสอบเพื่อให้ได้ข้อมูลการทดสอบได้ครบถ้วนความสมบูรณ์

5.1 การทดสอบ Chiller

จะต้องทำการทดสอบจากโรงงานผู้ผลิตหรือหน่วยงานที่มีอุปกรณ์สำหรับทดสอบเท่านั้น และเป็นเงื่อนไขตอนสั่งซื้อ Chiller ที่จะต้องทำการทดสอบภายในโรงงานก่อนส่งมอบเข้าไซต์งานหรือไม่ การทดสอบในไซต์งานจะเป็นเพียงการทดสอบเพื่อบันทึกค่าต่างๆให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของโรงงานเท่านั้น เนื่องจากการควบคุมอัตราการไหลของน้ำ การควบคุมอุณหภูมิน้ำของน้ำด้าน Condenser & Evaporator ต้องปรับให้ตรงกับ Selection และมีความคงที่ของอุณหภูมิต่างๆ ในระยะเวลาที่เหมาะสมตลอดเวลาการทดสอบ ตาม AHRI Standard 550-590 ยอมให้สามารถบันทึกค่าโดยใช้ค่า Tolerance Limit ในการตรวจสอบค่าที่บันทึกได้ในหน่วยงานว่าอยู่ในเกณฑ์ได้หรือไม่ Tolerance Limit กำหนดให้วัดค่าความผิดเพี้ยนที่เกิดจากความไม่แม่นยำของเครื่องมือวัด การติดตั้งเครื่องมือวัด การควบคุมปริมาณน้ำหรืออุณหภูมิน้ำและคุณภาพน้ำหมุนเวียน และเกิดจากการติดตั้งเอง เป็นต้น



Allowable Tolerance (Tol_1) Curves for Full and Part-load Points

$$Capacity_R = \left(\frac{\%}{100} - Tol_1\right) \cdot Capacity_t$$

$$kW/ton_R = \left(\frac{\%}{100} + Tol_1\right) \cdot kW/ton_t$$

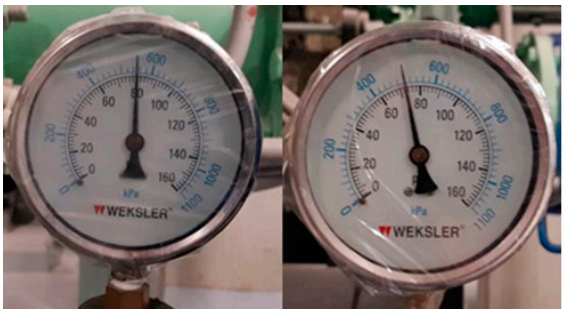
$$EER_R = \frac{EER_t}{\left(\frac{\%}{100} + Tol_1\right)}$$

เนื่องจากการควบคุมอัตราการไหลของน้ำและอุณหภูมิน้ำหมุนเวียน Condenser & Evaporator มีข้อจำกัดจากสภาวะแวดล้อมอากาศภายนอก และการควบคุม Load สำหรับทดสอบ ทำให้การทดสอบแบบ Tolerance Limit มีค่ามากถึง 15% ที่ Part Load จึงไม่นิยมนำค่าที่อ่านได้มาใช้งาน

กรณีพิเศษ เป็นข้อตกลงพิเศษระหว่างผู้ขาย Chiller กับเจ้าของโครงการ ที่ต้องการพิสูจน์ว่าเครื่อง Chiller ติดตั้งที่ไซต์งานมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการทำงานปกติเหมาะสมกับกับค่า Selection ตามเอกสารขออนุมัติหรือไม่ เพราะบางโครงการไม่มีเวลาเพียงพอในการปรับแต่งค่าก่อนใช้งาน เป็นการปรับแต่งระหว่างการใช้งานเพื่อหาจุดใช้งานที่เหมาะสมของผู้ใช้งาน วิธีการนี้จะใช้ Computer Selection ช่วยดำเนินการ โดยให้ทำการปรับเปลี่ยนค่าอุณหภูมิน้ำ Condenser และค่าอัตราการไหลของน้ำ Condenser & Evaporator ที่อ่านได้จริงจากไซต์งาน มาใส่ใน Computer Selection เพื่อเปลี่ยนค่าอุณหภูมิน้ำ Condenser และค่าอัตราการไหลของน้ำจากแรงดันตกคร่อมของ Evaporator และ Condenser ตามไซต์งานจริง ที่จะและยังคงให้ Fix รายละเอียดบางรายการไว้ เช่น Size Compressor, Size Evaporator, Size Condenser, KW Motor, และค่าอุปกรณ์หลักของ Chiller ตามข้อมูลเดิมใน Computer Selection และให้ Computer Selection แสดงค่าพลังงานใหม่ เพื่อตรวจสอบเครื่อง Chiller ที่ทดสอบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าตาม Selection หรือไม่

ตัวอย่างเช่น โครงการ A ใช้ Chiller Capacity = 500 Tr.@ EVT.44/54˚F ; CDT. 90/100˚F

% Load	Capacity	Evap LWT	Evap FR	Evap EWT	Evap PD	Cond EWT	Cond FR	Cond LWT	Cond PD	kW	Amps	Efficiency
100	500.0	44.00	1200.0	53.95	15.85	90.00	1500.0	99.44	12.08	294.3	507.1	0.589
90	450.0	44.00	1200.0	52.96	15.89	90.00	1500.0	98.49	12.10	264.8	456.6	0.589
80	400.0	44.00	1200.0	51.96	15.92	90.00	1500.0	97.56	12.12	237.0	410.0	0.593
70	350.0	44.00	1200.0	50.97	15.95	90.00	1500.0	96.64	12.14	213.1	371.9	0.609
60	300.0	44.00	1200.0	49.97	15.98	90.00	1500.0	95.74	12.16	189.7	336.0	0.632
50	250.0	44.00	1200.0	48.98	16.01	90.00	1500.0	94.83	12.18	166.4	300.7	0.666
40	200.0	44.00	1200.0	47.98	16.04	90.00	1500.0	93.91	12.19	144.3	264.0	0.721
30	150.0	44.00	1200.0	46.98	16.08	90.00	1500.0	92.99	12.21	120.7	226.7	0.805
20	100.0	44.00	1200.0	45.99	16.11	90.00	1500.0	92.07	12.23	95.4	189.8	0.954



อ่านค่า Pressure ด้าน Evaporator
Water Inlet (CHR.) ได้ = 80 Psig.
Water Outlet (CHS.) ได้ = 72 Psig
Pressure Drop = 8 Psig
Design = 15.85 Ft.wg. = 6.86 Psig
แสดงว่า Water flow เกิน 1,200 GPM

อ่านค่า Pressure ด้าน Condenser
Water Inlet (CDS.) ได้ = 80 Psig.
Water Outlet (CDR.) ได้ = 68 Psig
Pressure Drop = 12 Psig
Design = 12.08 Ft.wg. = 5.23 Psig
แสดงว่า Water flow เกิน 1,500 GPM

อ่านค่า อุณหภูมิด้าน Evaporator ได้ค่า CHS. = 44˚F, CHR. = 51.1˚F และอุณหภูมิด้าน Condenser ได้ค่า CDS. = 83.5 oF, CDR. = 88.8˚F และ อ่านค่า Input Power Consumption ได้ = 195.5 KW

ใส่ข้อมูลที่อ่านได้จากไซต์งานลง Computer Selection ค่าใช้อุณหภูมิ Chiller Supply = 44 °F และทดลองกรอกค่า Water Flow Rate เพื่อให้ได้ค่า Pressure Drop = 8 Psig. (ข้อมูลเดิม 1,200 GPM.@ 6.86 Psig) และ Condenser Supply = 83.5 °F และหาค่า Water Flow Rate เพื่อให้ได้ค่า Pressure Drop = 12 Psig. ได้ค่า CHW = 1,333 GPM@ PD. 8 Psig. & CDW = 2,270 GPM. @PD. 12 Psig.เพื่อหาค่า KW.ใหม่

% Load %	Capacity tons	Evap LWT F	Evap FR gpm	Evap EWT F	Evap PD psig	Cond EWT F	Cond FR gpm	Cond LWT F	Cond PD psig	kW kW	Amps A	Eff kW/ton
100	500.0	44.00	1333	53.00	8.00	83.50	2270	89.61	12.0	282.5	493.50	0.5649
90	450.0	44.00	1333	52.10	8.02	83.50	2270	89.00	12.0	253.8	448.80	0.5641
80	400.0	44.00	1333	51.20	8.03	83.50	2270	88.41	12.0	229.7	409.10	0.5742
70	350.0	44.00	1333	50.30	8.05	83.50	2270	87.83	12.0	207.9	375.20	0.5941
60	300.0	44.00	1333	49.42	8.06	83.50	2270	87.24	12.0	186.1	342.40	0.6204
50	250.0	44.00	1333	48.50	8.08	83.50	2270	86.64	12.0	163.8	309.00	0.6552
40	200.0	44.00	1333	47.60	8.09	83.50	2270	86.05	12.1	142.4	273.90	0.7118
30	150.0	44.00	1333	46.71	8.11	83.50	2270	85.45	12.1	119.2	237.70	0.7947
20	100.0	44.00	1333	45.80	8.12	83.50	2270	84.84	12.1	94.30	201.50	0.9430
17	85.00	44.00	1333	44.91	8.13	83.50	2270	84.48	12.1	86.37	190.60	1.016

- ค่ากระแสไฟฟ้า Motor เฉลี่ยที่อ่านได้จากหน้างาน = 65.7% อ่านค่า Input Power Consumption ได้ = 195.5 KW@ CHS. = 44 o F At 1,333 GPM And CDS. = 83.5 o F At 2,270 GPM
- จาก Computer Export ที่% Load 70% ได้ค่า KW Motor Input = 207.9 KW. และที่% Load 60% ได้ค่า KW Motor Input = 186.1 KW. Interpret ที่ 65.7% ได้ KW = 198.526 KW
- จากค่าที่อ่านจากหน้างานได้ KW Input = 195.5 KW และ Interpret ที่ 65.7% ได้ KW = 198.526 KW
- ค่าความคลาดเคลื่อนค่าผิดพลาดไป 1.5% อาจเนื่องจากความไม่แม่นยำของเครื่องมือวัดที่ยังไม่ได้ ตามมาตรฐาน TAB. แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่าค่า Tolerance Limit Load = 65.7% @ 8%

5.2 การทดสอบ Chiller Water Pump and Condenser Water Pump

จะต้องดำเนินการทดสอบก่อนการใช้งานระบบ เพราะระหว่างการทดสอบจะมีการหยุดการใช้งาน Pump และทำการทดสอบ Pump ที่ละชุดเพื่อสร้าง Equipment Curve หรือ Performance Curve Pump การทดสอบมีวัตถุประสงค์คือตรวจสอบประสิทธิภาพของ Water Pump ที่ติดตั้งอยู่ว่ามีความสามารถสร้างอัตราการไหลต่างๆ บนแรงดันของ Water Pump ที่สามารถทำได้ นำมาเขียน Equipment Curve เปรียบเทียบกับ Performance Curve Pump ที่ขออนุมัติการใช้งาน

วิธีที่ 1 การทดสอบ Water Pump ด้วยวิธีการ Shut Off Discharge Valve เพื่อวัดค่าแรงดัน Discharge and Suction ที่อัตราการไหล = 0 GPM ค่าความเร็วรอบและค่าพลังงานของ Motor (ห้ามทำการ Shut Off Discharge Valve นานเกินกว่า 20 วินาที เพราะอาจจะทำให้ Seal ของ Pump เสียหายได้) และเปิด Full Open Discharge Valve สูงสุดเพื่อวัดค่าแรงดันอัตราการไหลสูงสุดและค่าพลังงานของ Motor

วิธีที่ 2 ทำเหมือนกับวิธีที่ 1 และค่อยๆ เปิด Discharge Valve เพื่อให้มีอัตราการไหลเกิดขึ้น ให้บันทึกค่าวัดค่าแรงดัน Discharge and Suction ค่าความเร็วรอบและค่าพลังงานของ Motor ในตำแหน่ง Discharge Valve ต่างๆ เช่น เปิด Discharge Valve ที่ 25, 50, 75, 100% และนำจุดต่างไปเขียน Curve วิธีการนี้ไม่ค่อยนิยมเพราะจะเกินมาตรฐาน แต่ก็สามารถทำได้โดยจะบันทึกค่าดังนี้

5.2.1 ค่า Water Flow Rate ในไซต์งานส่วนใหญ่จะใช้อุปกรณ์ Balance Valve ที่สามารถอ่านค่า Water Flow ได้ โดยติดตั้งที่บริเวณท่อน้ำเข้า-ออกของ Chiller หรือบางโครงการติดตั้งแผ่นออริฟิส (Orifice Plate) หรือถ้าไม่มีอุปกรณ์ใดเลย ในการอ่านค่า Water Flow Rate ในระบบท่อน้ำ ต้องจัดหา Ultrasonic Flow Meter (ระบบที่ไม่ต้องตัดต่อท่อเพื่อติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหล) นำมาติดตั้งเพื่อบันทึกค่าอัตราการไหลในช่วงที่ค่อยๆ เปิด Discharge Valve ที่ตำแหน่งการเปิด 0, 25, 50, 75, 100%

แรงดันด้าน Discharge และ Suction ที่ Pressure Gauge ของ Water Pump ในตำแหน่งที่เปิด Discharge Valve ที่ 0, 25, 50, 75, 100% เพื่อบันทึกค่าแรงดัน โดยให้ใช้แรงดันด้าน Discharge ลบด้วยแรงดันด้าน Suction ค่าที่ได้จะเป็นแรงดัน Total Dynamic Head

5.2.2 กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานจริงของ Motor เพื่อตรวจสอบค่าพลังงาน และตรวจสอบกำลังของ Motor มีกำลังเพียงพอกับการใช้งาน สูตรคำนวณ KW = 1.732 x Amp.ave. x Volt.ave. x P.F. / 1,000

5.2.3 ความเร็วรอบใช้งานจริงของ Water Pump เพื่อนำไปคำนวณหาค่าอัตราการไหลจริงหรือค่าแรงดันจริง สำหรับการเขียน Equipment Curve จะต้องเปลี่ยนค่าความเร็วรอบที่ได้จากการวัดได้เปรียบเทียบกับรอบตามเอกสาร โดยใช้สูตรการคำนวณ

N1/N2 = Q1/Q2 ; N = รอบของ Pump: Q = Water Flowrate

(N1/N2)2 = H1/H2 ; H = Total Head: KW = Power Input

(N1/N2)3 = KW1/KW2

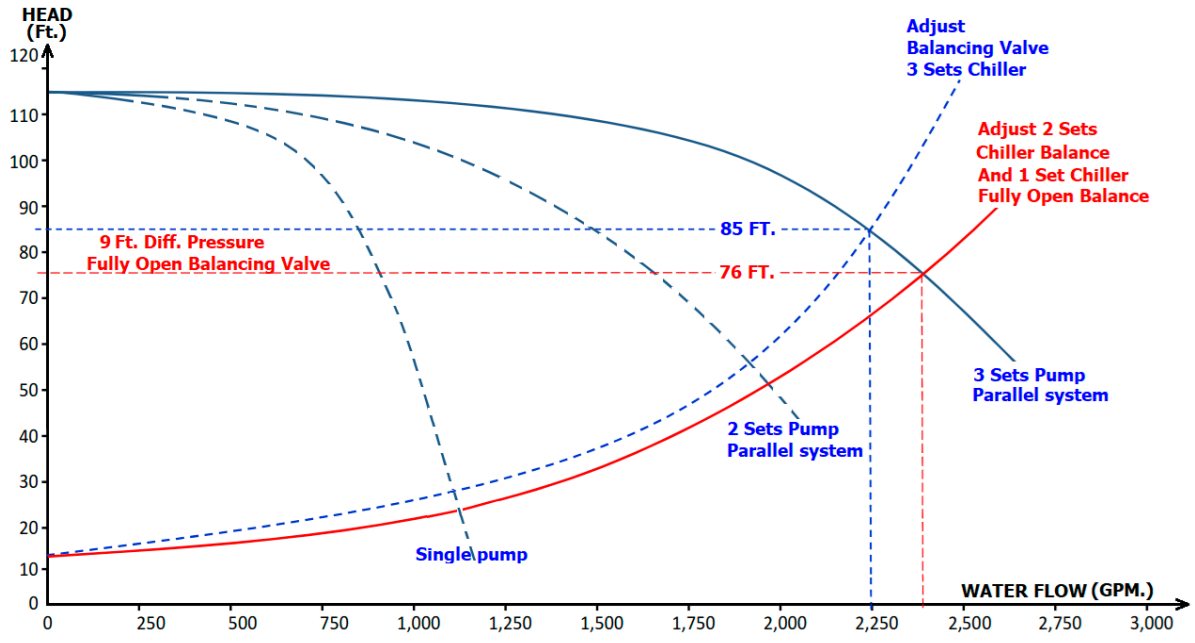
TEST DATA								
ITEM	DESCRIPTION		DIS.V.0 %	DIS.V.25 %	DIS.V.50 %	DIS.V.75 %	DIS.V.100 %	REMARK
1	DISCHARGE PRESSURE (PSIG)		63	58	44	36	30	
2	SUCTION PRESSURE (PSIG)		12	10	8	7	7	
3	TOTAL DYNAMIC(PSIG.)	H1	51.0	48.0	36.0	29.0	23.0	
4	WATER FLOW RATE (GPM)	Q1	0	485	785	898	987	
5	VOLTAGE	R-S	390	390	390	390	390	
6		S-T	390	390	390	390	390	
		T-R	391	391	391	391	391	
7	AMPERAGE	R	20.5	30.2	36.3	38.9	41.5	
		S	20.5	30.2	36.3	38.9	41.5	
		T	20.5	30.2	36.3	38.9	41.5	
8	CALCULATE (KW)	KW.1	9.4	13.8	16.6	17.8	18.9	PF=75 ;ก = 90%
9	PUMP SPEED (RPM.)	N1	1,465	1,465	1,465	1,465	1,465	

TEST DATA							
ITEM	DESCRIPTION	DIS.V.0 %	DIS.V.25 %	DIS.V.50 %	DIS.V.75 %	DIS.V.100 %	REMARK
10	PUMP SPEED (RPM.) N2	1,450	1,450	1,450	1,450	1,450	
	N1 / N2	1.0103	1.0103	1.0103	1.0103	1.0103	
	$(N1 / N2)^2$	1.0208	1.0208	1.0208	1.0208	1.0208	
	$(N1 / N2)^3$	1.0314	1.0314	1.0314	1.0314	1.0314	
11	WATER FLOW RATE (GPM.)Q2	-	480.03	776.96	888.81	976.89	
	(LPM.)Q2	-	1,816.93	2,940.80	3,364.13	3,697.54	
12	TOTAL DYNAMIC (PSIG.)H2.	49.96	47.02	35.27	28.41	22.53	
	(M.)H2.	35.18	33.11	24.83	20.00	15.86	
13	POWER MOTOR KW.2	9.07	13.36	16.06	17.21	18.36	

จากการทดสอบบันทึกค่า นำค่าอัตราการไหลจริงที่ระบุค่าแรงดันตั้งแต่จุดที่ไม่มีอัตราการไหลเกิดขึ้น และเริ่มเปิด Discharge Valve ที่ 0, 25, 50, 75, 100% โดยให้แกน X เป็นอัตราการไหล (Q) และแกน Y เป็นแรงดัน (H) กับอัตราการใช้กระแสไฟฟ้า (KW) เขียนลงบนกราฟแล้วนำมาเทียบกับกราฟของผู้ผลิต เพื่อตรวจสอบและยืนยันประสิทธิภาพและขนาดใบพัดของ Water Pump ตาม Performance Curve Pump

การเขียน System Curve สำหรับ Water Pump ด้าน Evaporator จะต้องทำภายหลังจากปรับสมดุลปริมาณน้ำจ่ายให้ AHU. & FCU. เพื่อปรับสมดุลแรงดันตกคร่อมระหว่าง AHU ชุดที่ใกล้และชุดที่ไกลให้ได้รับปริมาณน้ำตามความต้องการ เส้น System Curve จะเปลี่ยนไปตามแรงดันสูญเสียของระบบและอัตราการไหล System Curve สำหรับ Water Pump ด้าน Condenser สามารถดำเนินการได้ง่ายเนื่องจากปริมาณการปรับสมดุลน้ำมีไม่มาก ดังนั้นต้องวัดค่าแรงดันและอัตราไหลระหว่างการปรับสมดุลที่

ตัวอย่าง โครงการ B มี Chiller 500 Tr. X 3 Sets + Cooling Tower 1,500 GPM X 3 Sets + CDWP 1,500 GPM X 3 Sets ให้ทำการวัดค่าอัตราการไหลสูงสุดโดยให้เปิด Valve ตามอุปกรณ์ Chiller & Cooling Tower และให้ปรับอัตราการไหลของน้ำตามความต้องการของ Chiller & Cooling Tower แต่ละชุด ทำให้เห็นจุดสำหรับเขียน System Curve ที่เครื่องสุดท้าย



5.3 การทดสอบ Cooling Tower

โดยทั่วไปการทดสอบ Cooling Tower จะติดข้อจำกัดจากอุณหภูมิบรรยากาศแวดล้อมเช่นเดียวกับการทดสอบ Chiller สำหรับผู้ผลิตที่มีมาตรฐานการผลิตก็จะใช้มาตรฐานผู้ผลิตมาทำการทดสอบที่ไซต์งาน และที่นิยมใช้ในประเทศไทยคือ CTI. หรือ Cooling Technology Institute ในการทดสอบและนำค่าไปคำนวณหาค่า L/G t และ KaV/Lt จะทำการเขียนค่าไปบนกราฟเปรียบเทียบ L/GD และ KaV/LD และเขียนหาจุดตัด L/G t ที่ทางผู้ผลิตแสดงไว้ในเอกสารประกอบการผลิตของ Cooling Tower รุ่นนั้นๆ

5.3.1) Cooling Tower จะต้องทำการวัดค่าดังนี้

1) อุณหภูมิน้ำเข้า (T1CDR) และอุณหภูมิน้ำออก (T2 CDS) หน่วย o C
2) อัตราการไหลของน้ำหมุนเวียน (Q.w) หน่วย L/Min.
3) อัตราการไหลของลมผ่านแผงกระจายละอองน้ำ (Q.A) หน่วย M 3 / Min.
4) อุณหภูมิอากาศทางเข้าแบบกระเปาะเปียก (Twb1) หน่วย o C
5) ปริมาณการใช้น้ำเติมให้กับ Cooling Tower หน่วย M 3
6) กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า มอเตอร์ที่ขับพัดลม

ไฟฟ้า นำค่าที่วัดได้ไปคำนวณหาค่า L/G t และ KaV/Lt

$$\left(\frac{L}{G}\right)_D = \frac{\text{อัตราการไหลของน้ำ}(Q_{WD}) \times \rho_w \times v_a}{\text{อัตราการไหลของลม}(Q_{AD}) \times 1000} \quad ; \quad KaV/L_D = \frac{(T_1-T_2)_D \times \text{ผลรวมค่า} \frac{1}{\triangle h}}{4}$$

$$\left(\frac{L}{G}\right)_t = \left(\frac{L}{G}\right)_D \times \frac{\text{อัตราการไหลของน้ำ}(Q_T)}{\text{อัตราการไหลของน้ำ}(Q_D)} \times \left(\frac{KW_D}{KW_t}\right)^{\frac{1}{3}}$$

ตารางคำนวณค่าออกแบบของ KaV/L ตามวิธี มาตรฐาน CTI

อุณหภูมิของน้ำ (°C)	ค่าจากตาราง h_W(kJ/kg)	h_a(kJ/kg)	$\triangle h$ ($h_W - h_a$)	$\frac{1}{\triangle h}$
อุณหภูมิน้ำเข้า, T_1 =		$h_{a2} = h_{a1} + (T_1-T_2)\left(\frac{L}{G}\right)_t$		
$T_A = T_1 - 0.1(T_1-T_2)$ =		$h_A = h_{a2} - 0.1(T_1-T_2)\left(\frac{L}{G}\right)_t$		
$T_B = T_1 - 0.4(T_1-T_2)$ =		$h_B = h_{a2} - 0.4(T_1-T_2)\left(\frac{L}{G}\right)_t$		
$T_C = T_2 + 0.4(T_1-T_2)$ =		$h_C = h_{a1} + 0.4(T_1-T_2)\left(\frac{L}{G}\right)_t$		
$T_D = T_2 + 0.1(T_1-T_2)$ =		$h_D = h_{a1} + 0.1(T_1-T_2)\left(\frac{L}{G}\right)_t$		
อุณหภูมิน้ำออก, T_2=		h_{a1} = จากตารางที่อุณหภูมิ T_{wb1}		
			ผลรวมค่า $\frac{1}{\triangle h}$	

$$KaV/L_t = \frac{(T_1-T_2)_T \times \text{ผลรวมค่า} \frac{1}{\triangle h}}{4}$$

และเขียนค่า L/G_t และ KaV/L_t ไปบนกราฟเปรียบเทียบ L/G_D และ KaV/L_D เขียนหาจุดตัด $L,/G_t$ และนำค่า $L,/G_t$ มาคำนวณหาค่าความสามารถของ Cooling Tower **ต้องได้ค่ามากกว่า 100%**

$$\text{ความสามารถของ Cooling tower} = \frac{\left(\frac{L'}{G}\right)_t}{\left(\frac{L}{G}\right)_D} \times 100\ \%$$

5.3.2 ปริมาณการใช้น้ำเติม จะนำมาคำนวณหาค่าอัตราการสูญเสียน้ำ 2-3 ค่าคือ

- ค่าการสูญเสียน้ำจากการระเหยของน้ำ (Evaporation Loss) ขึ้นอยู่ความชื้นหรือปริมาณไอน้ำในอากาศ ทั่วๆ ไป จะคำนวณจากสูตร
  Evaporation Loss = $(T1_{CDR} - T2_{CDS})$ * Water Flow (LPM) / 600

- ค่าการสูญเสียน้ำจากการถูกพัดลมนำพา (Drift Loss) ทั่วๆไปจะคำนวณจากสูตร
  Drift Loss = 0.005% x Water flow (LPM)

- ค่าการสูญเสียน้ำจากการลดความเข้มข้นของน้ำ (Blow Down) โดยวัดความเข้มข้นของน้ำโดยการส่งผ่านกระแสไฟฟ้า (Conductivity) ที่มีสารประกอบอนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ ถ้าเกินจากค่ามาตรฐานไม่ควรเกิน 2,000 µS/cm ซึ่งปกติค่าน้ำประปาในเขตกรุงเทพฯ จะมีค่า Conductivity ประมาณ 300-400 µS/cm

การวัดปริมาณการใช้น้ำเติมให้กับ Cooling Tower ควรจะวัดโดยไม่มีการ Blow Down เนื่องการ Blow Down จะขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม ใจกลางเมืองที่มีฝุ่นมากๆ ค่า Conductivity จะมีค่าสูงขึ้น ชุด Conductivity ก็จะสั่งให้ Blow Down น้ำในระบบมากกว่าที่มีคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น (ช่วงเวลาทดสอบให้ทำการปิดน้ำ Blow Down ระยะเวลา 0.5-1 ชั่วโมง) เพื่อดูการเติมน้ำที่ Cooling Tower ตอนทำงาน และจากสูตรแสดงให้เห็นได้ว่า Water Flow มีผลกับการสูญเสียน้ำทั้ง 2 กรณี และการให้มี Water Flow มากกว่าค่าออกแบบจะทำให้ประสิทธิภาพของ Cooling Tower ลดลงด้วย

5.4 การปรับสมดุลน้ำในระบบจ่ายน้ำเย็น

การทดสอบตามเงื่อนไขร่วมระหว่างอุปกรณ์ (Comprehensive Commissioning) เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ทดสอบตามข้อ 1.1 แล้ว อุปกรณ์นั้นมีความสามารถทำงานได้ตามรายการที่ออกแบบหรือไม่ หรืออุปกรณ์ดังกล่าวจะต้องทำการปรับแต่งให้อยู่ในเกณฑ์ที่ทำให้ระบบสามารถการใช้งานตามความต้องการ การทดสอบขั้นนี้จึงจะสมบูรณ์

5.4.1 การปรับแต่งสมดุลปริมาณน้ำที่จ่ายให้กับ AHU & FCU เพื่อจำกัดปริมาณน้ำบางส่วนไม่ให้น้ำเย็นมากจนเกินความจำเป็นและเพียงพอกับความต้องการในบางพื้นที่ ก่อนปรับแต่งสมดุลปริมาณน้ำ AHU & FCU ควรต้องทำการ Flush น้ำในระบบจนตะกอนในน้ำลดลง (สังเกตให้ Drain หลังจากหยุดเดิน Water Pump 2-3 ชั่วโมง สังเกตตอนเริ่มเปิด Valve และสีของน้ำที่ Drain ออกมา มีความเข้มข้นของน้ำอย่างไร ถ้าสีของน้ำยังเข้มมากก็ให้ทำการ Flush เพิ่มเติม ซึ่งจากประสบการณ์จะ Flush ไม่น้อยกว่า 3 ครั้ง และหลังจากนั้นให้ทำการล้าง Y-Strainer ที่ Pump และ AHU & FCU ทุกเครื่อง และระหว่างปรับสมดุลจะต้องให้ชุด 2 Way Control Valve ต้องเปิดให้น้ำไหลเข้า AHU & FCU ทุกเครื่อง และเตรียมข้อมูลตารางความต้องการน้ำเย็น AHU & FCU ทุกเครื่อง พร้อมกับแบบ Riser Diagram เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการเขียนค่า Diversity Factor

ค่า Diversity Factor แต่ละโครงการมีความแตกต่างกันจากประเภทของอาคาร รูปแบบการใช้งาน และ Profiles load ของอาคาร จากที่กล่าวมาข้างต้นนี้ต้องให้ผู้ออกแบบร่วมกำหนด Diversity Factor ด้วย เมื่อได้ค่า Diversity Factor แล้ว ให้วัดค่าอัตราการไหลสูงสุด (All Fully Open Manual & All Fully 2 Way Control vale) ตาม Profiles Load เพื่อดูอัตราการไหลสูงสุดแต่ละ Branch เทียบกับค่าออกแบบว่า Pressure Drop Branch มีความแตกต่าง

กันอย่างไร และให้เริ่มทำการปรับค่าสมดุลหลังจาก Fully Open ตาม Diversity Factor จากประสบการณ์จะปรับสมดุล AHU & FCU เครื่องที่มี Flow สูงก่อนเพื่อเพิ่ม Pressure Loss จนครบทุกเครื่อง (ตามค่า Diversity Factor) หลังจากปรับสมดุล Pressure Loss จะเปลี่ยนแปลงทำให้ไม่สามารถบันทึกระหว่างปรับได้ ต้องทำการวัดค่าใหม่ภายหลังการปรับ สมดุล และดูค่าที่บันทึกอยู่ในเกณฑ์หรือไม่ และผลรวมของปริมาณน้ำแตกต่างจากค่าความสามารถของ Chiller Water Pump หรือไม่เพื่อวิเคราะห์การปรับแต่งระบบต่อไป

5.4.2 การปรับตั้งค่า Pressure Transducer Sensor สำหรับ CPMS จะทำภายหลังจากสมดุลน้ำในระบบจ่ายน้ำเย็นแล้ว เพื่อให้การลดรอบของ Chiller Water Pump ให้ไม่มีผลต่อการจ่ายน้ำเย็นกับเครื่องที่มี Pressure Loss สูงสุด เบื้องต้นต้องสามารถใช้ค่าจากการคำนวณ Pressure Loss จากตำแหน่งที่ติดตั้ง Pressure Transducer Sensor ได้เลยโดยใช้ Water Flow Rate ไม่มีค่า Diversity Factor แต่ควรทดสอบวัดค่าแรงดันจริง ให้ทำการจำลองการเดิน Part load เท่าที่สามารถดำเนินการได้ แต่ค่า Water Flow Rate ต้องไม่น้อยกว่าค่าความต้องการเครื่องที่มี Pressure loss สูงสุด เพื่ออ่านค่า Pressure Transducer Sensor ว่ามีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าที่คำนวณ Pressure Loss และทำการวัด Water Flow Rate และปรับแต่งค่า Pressure Transducer Sensor ใน Program CPMS ต่อไป

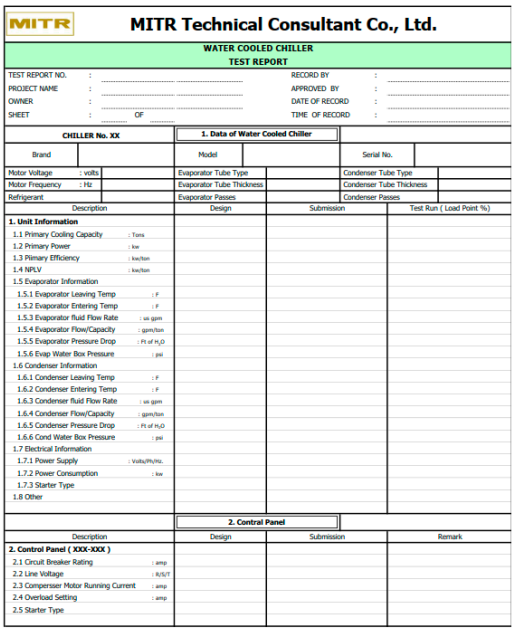
5.5 การทดสอบตามเงื่อนไขการออกแบบ (Critical design systems)

เป็นเงื่อนไขพิเศษก่อนการว่าจ้าง ขั้นตอนอาจจะไม่จำเป็นต้องดำเนินการในทุกโครงการ เนื่องด้วยจากข้อจำกัดของวิธีการ และเครื่องมือที่ใช้ในการติดตั้งและการบันทึกค่าการทดสอบ เช่น กำหนดค่าอุณหภูมิน้ำ กำหนดค่า Accuracy ให้ไม่น้อยกว่า ±0.05 ˚C หรือดีกว่า ค่า Accuracy ของ Power Meter กำหนดขั้นต่ำคือ Class 1 หรือดีกว่า เป็นต้น

5.6 บันทึกผลการทดสอบ (TAB. Record Report)

การจัดทำรายงานควรจะจัดเป็นตาราง แบ่งรายงานออกเป็นส่วนต่างๆ สำหรับระบบบันทึกค่าทดสอบและการปรับสมดุลแบ่งออกเป็น

1. เอกสารรายงานต้องประกอบไปด้วยแบบประกอบการทดสอบ เอกสารแสดงข้อมูลจำเพาะอุปกรณ์ที่ทำการทดสอบ และค่าการทดสอบ ส่วนที่สำคัญที่สุดคือรายงานผลสรุปการทดสอบ พร้อมการปรับแต่งระบบอย่างไร แสดงรายละเอียดการปรับแต่งและค่าภายหลังการปรับแต่ง เอกสารทั้งหมดจะต้องลงนามโดยวิศวกรผู้ทดสอบและปรับสมดุล
2. รายการเครื่องมือทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบพร้อมกับหลักฐานการสอบเทียบ



MITR Technical Consultant Co., Ltd.

WATER COOLED CHILLER
TEST REPORT

TEST REPORT NO.	:	RECORD BY	:
PROJECT NAME	:	APPROVED BY	:
OWNER	:	DATE OF RECORD	:
SHEET	: OF	TIME OF RECORD	:

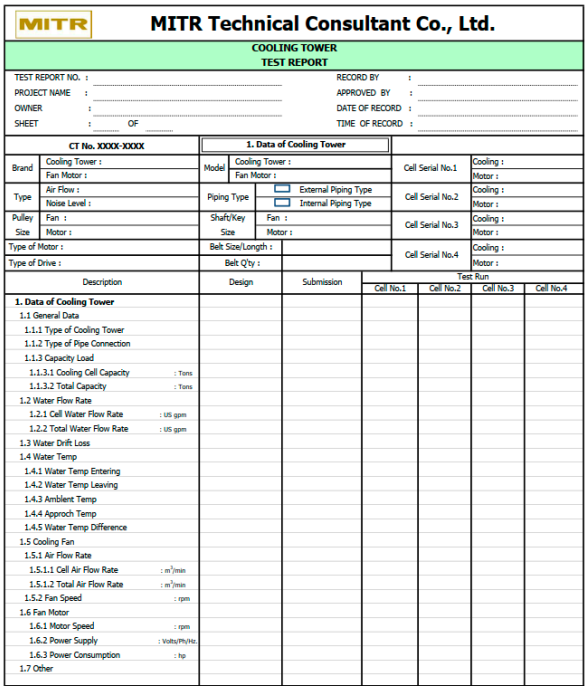
CHILLER No. XX — 1. Data of Water Cooled Chiller

Brand		Model		Serial No.	
Motor Voltage	: volts	Evaporator Tube Type		Condenser Tube Type	
Motor Frequency	: Hz	Evaporator Tube Thickness		Condenser Tube Thickness	
Refrigerant		Evaporator Passes		Condenser Passes	

Description	Design	Submission	Test Run (Load Point %)
1. Unit Information			
1.1 Primary Cooling Capacity : Tons			
1.2 Primary Power : kw			
1.3 Plimary Efficiency : kw/ton			
1.4 NPLV : kw/ton			
1.5 Evaporator Information			
1.5.1 Evaporator Leaving Temp : F			
1.5.2 Evaporator Entering Temp : F			
1.5.3 Evaporator fluid Flow Rate : us gpm			
1.5.4 Evaporator Flow/Capacity : gpm/ton			
1.5.5 Evaporator Pressure Drop : Ft of H_2O			
1.5.6 Evap Water Box Pressure : psi			
1.6 Condenser Information			
1.6.1 Condenser Leaving Temp : F			
1.6.2 Condenser Entering Temp : F			
1.6.3 Condenser fluid Flow Rate : us gpm			
1.6.4 Condenser Flow/Capacity : gpm/ton			
1.6.5 Condenser Pressure Drop : Ft of H_2O			
1.6.6 Cond Water Box Pressure : psi			
1.7 Electrical Information			
1.7.1 Power Supply : Volts/Ph/Hz.			
1.7.2 Power Consumption : kw			
1.7.3 Starter Type			
1.8 Other			

2. Contral Panel

Description	Design	Submission	Remark
2. Control Panel (XXX-XXX)			
2.1 Circuit Breaker Rating : amp			
2.2 Line Voltage : R/S/T			
2.3 Compenser Motor Running Current : amp			
2.4 Overload Setting : amp			
2.5 Starter Type			



MITR Technical Consultant Co., Ltd.

COOLING TOWER
TEST REPORT

TEST REPORT NO.	:	RECORD BY	:
PROJECT NAME	:	APPROVED BY	:
OWNER	:	DATE OF RECORD	:
SHEET	: OF	TIME OF RECORD	:

CT No. XXXX-XXXX — 1. Data of Cooling Tower

Brand	Cooling Tower :	Model	Cooling Tower :		Cell Serial No.1	Cooling :	
	Fan Motor :		Fan Motor :			Motor :	
Type	Air Flow :		Piping Type	☐ External Piping Type	Cell Serial No.2	Cooling :	
	Noise Level :			☐ Internal Piping Type		Motor :	
Pulley	Fan :		Shaft/Key	Fan :	Cell Serial No.3	Cooling :	
Size	Motor :		Size	Motor :		Motor :	
Type of Motor :			Belt Size/Length :		Cell Serial No.4	Cooling :	
Type of Drive :			Belt Q'ty :			Motor :	

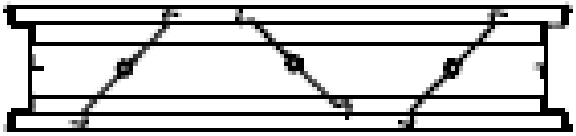
Description	Design	Submission	Test Run			
			Cell No.1	Cell No.2	Cell No.3	Cell No.4
1. Data of Cooling Tower						
1.1 General Data						
1.1.1 Type of Cooling Tower						
1.1.2 Type of Pipe Connection						
1.1.3 Capacity Load						
1.1.3.1 Cooling Cell Capacity : Tons						
1.1.3.2 Total Capacity : Tons						
1.2 Water Flow Rate						
1.2.1 Cell Water Flow Rate : US gpm						
1.2.2 Total Water Flow Rate : US gpm						
1.3 Water Drift Loss						
1.4 Water Temp						
1.4.1 Water Temp Entering						
1.4.2 Water Temp Leaving						
1.4.3 Ambient Temp						
1.4.4 Approch Temp						
1.4.5 Water Temp Difference						
1.5 Cooling Fan						
1.5.1 Air Flow Rate						
1.5.1.1 Cell Air Flow Rate : m^3/min						
1.5.1.2 Total Air Flow Rate : m^3/min						
1.5.2 Fan Speed : rpm						
1.6 Fan Motor						
1.6.1 Motor Speed : rpm						
1.6.2 Power Supply : Volts/Ph/Hz.						
1.6.3 Power Consumption : hp						
1.7 Other						

เพิ่มเกียรติ กาญจนบุญเจริญ สก.3319
ผู้จัดการฝ่ายบริหารงานก่อสร้าง 1
ฝ่ายบริหารงานก่อสร้าง

การปรับสมดุลปริมาณลม
AHU & FCU & Ventilation Fan

การปรับสมดุลปริมาณลมในท่อลม (Air Duct) สำหรับอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ไม่ว่าจะเป็น AHU, FCU, Ventilation Fan ที่ใช้ท่อลมในกระจายลมจะมีการปรับปริมาณลมให้เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ โดยพื้นฐานการปรับแต่งระบบปริมาณลมทั่วไปจะใช้ Splitter Damper หรือศัพท์ช่างเรียกว่าใบแบ่งลมที่ถูกติดตั้งตั้งแต่ขึ้นรูปท่อลม และบางลักษณะงานก็จะใช้ Volume Damper ที่มีอยู่หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปแบบการติดตั้ง Volume Damper

Splitter damper

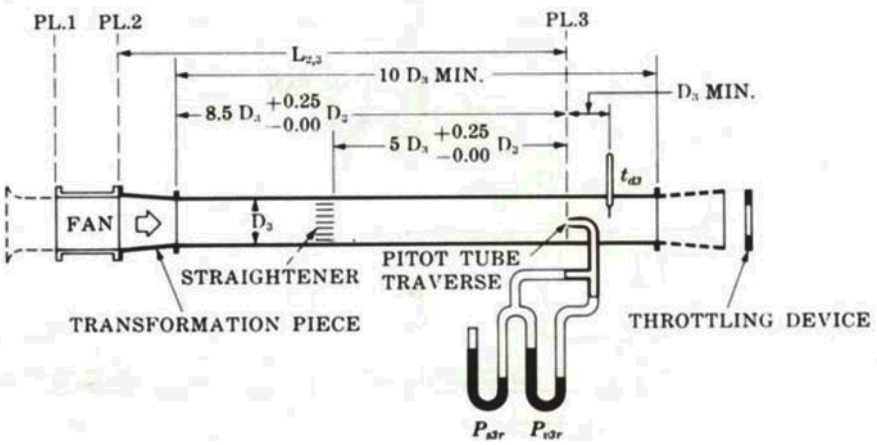


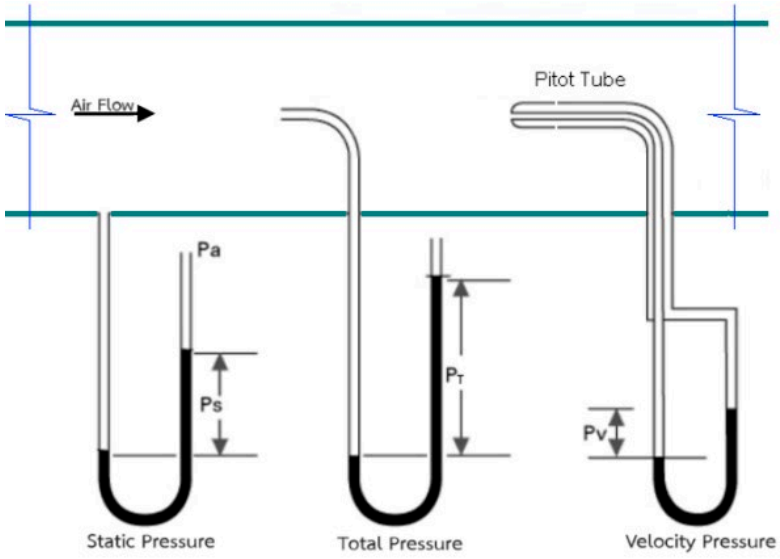
การปรับสมดุลปริมาณลมในท่อลม พื้นฐานทั่วไปจะเป็นการแบ่งปริมาณลมให้หัวจ่ายลมหรือช่องลมให้มีปริมาณลมเป็นไปตามที่กำหนดไว้ และตามมาตรฐานเครื่องมือที่ใช้ ตาม SMACNA HVAC Systems Testing Adjusting Balancing หรือ TAB. Procedural standard หรือ NEBB TAB. กำหนดให้ใช้เครื่องมือวัดหัวจ่ายลม Relation หรือช่องลงให้ใช้ชนิด Air Flow Hood ที่สามารถอ่านค่าออกมาเป็น Air Flow Volume, Air Flow Velocity, Air Tempereture, Air Humidity และ Air Flow Hood วัดค่าได้ความคลาดเคลื่อนต่ำ จะไม่ให้ใช้เครื่องวัดความเร็วลมหรือ Anemometer ในการคำนวณหาปริมาณลมที่หัวจ่ายลมและช่องลม และ Anemometer กำหนดให้ใช้สำหรับวัดค่าความเร็วลมเท่านั้น

ระหว่างที่ทำการปรับปริมาณลมที่หัวจ่ายลมหรือ ช่องลม ต้องทำการวัดผลรวมลมที่ท่อลม เพื่อสังเกตความเปลี่ยนแปลงระหว่างที่ทำการปรับแต่ง (ซึ่งข้อนี้ผู้รับเหมาไม่ค่อยนิยมตรวจสอบ เนื่องจากการวัดต้องมีการเตรียมการและจะต้องมีท่อลมที่เป็นท่อลมตรงความยาวไม่น้อยกว่า 5-6 เท่าของขนาดท่อลม และเจาะท่อลมเพื่อสอดเครื่องมือวัดเข้าไปวัดค่า) เครื่องมือที่ใช้ที่นิยมคือ Pitot Tube ร่วมกับ Different Manometer เพื่อวัดค่า Velocity Pressure มาคำนวณกับพื้นที่หน้าตัดท่อลม จะได้ค่า Air Flow ซึ่งการวัดค่า Velocity Pressure จะมีค่าคลาดเคลื่อนต่ำเช่นกัน และจำนวนของรูที่ต้องเจาะท่อลมก็มีจำนวนรูเจาะน้อยกว่าการวัดด้วย Hotwire Anemometer ซึ่งต้องเจาะท่อลมจำนวนตามขนาดท่อลมเพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยความเร็วลม มาคำนวณกับพื้นที่หน้าตัดท่อลมจะได้ค่า Air Flow

TABLE 10-4 Airflow Measuring Instruments

INSTRUMENT	RECOMMENDED USES	LIMITATIONS
U-TUBE MANOMETER	Measuring pressure of air and gas above 1.0 in.w.g. (250 Pa) Measuring low manifold gas pressures	Manometer should be clean and used with correct fluid. Should not be used for readings under one inch of differential pressure.
VERTICAL INCLINED MANOMETER	Measuring pressure of air and gas above .02 in.w.g. (5 Pa) Normally used with pitot tube or static probe for determination of static, total, and velocity pressures in duct systems.	Field calibration and leveling is required before each use. For extremely low pressures, a micromanometer or some other sensitive instrument should be used for maximum accuracy.
MICRO-MANOMETER (ELECTRONIC)	Measuring very low pressures or velocities. Used for calibration of other instrumentation.	Because some instruments utilize a time weighted average for each reading, it is difficult to measure pressures with pulsations.
PITOT TUBE	Used with manometer for determination of total, static and velocity pressures.	Accuracy depends on uniformity of flow and completeness of duct traverse. Pitot tube and tubing must be dry, clean and free of leaks and sharp bends or obstructions.
PRESSURE GAUGE (MAGNEHELIC)	Used with static probes for determination of static pressure or static pressure differential.	Readings should be made in midrange of scale. Should be "zeroed" and held in same position. Should be checked against known pressure source with each use.
ANEMOMETER ROTATING VANE (MECHANICAL AND ELECTRONIC)	Measurement of velocities at air terminals, air inlets, and filter or coil banks.	Total inlet area of rotating vane must be in measured airflow. Correction factors may apply, refer to manufacturer data.
ANEMOMETER DEFLECTING VANE	Measurement of velocities at air terminals and air inlets.	Instruments should not be used in extreme temperature or contaminated conditions.
ANEMOMETER THERMAL	Measurement of low velocities such as room air currents and airflow at hoods, troffers, and other low velocity apparatus.	Care should be taken for proper use of instrument probe. Probes are subject to fouling by dust and corrosive air. Should not be used in flammable or explosive atmosphere. Temperature corrections may apply.
FLOW MEASURING HOOD	Measurement of air distribution devices directly in CFM (L/s)	Flow measuring hoods should not be used where the discharge velocities of the terminal devices are excessive. Flow measuring hoods redirect the normal pattern of air diffusion which creates a slight, artificially imposed, pressure drop in the duct branch. Capture hood used should provide a uniform velocity profile at sensing grid or device.





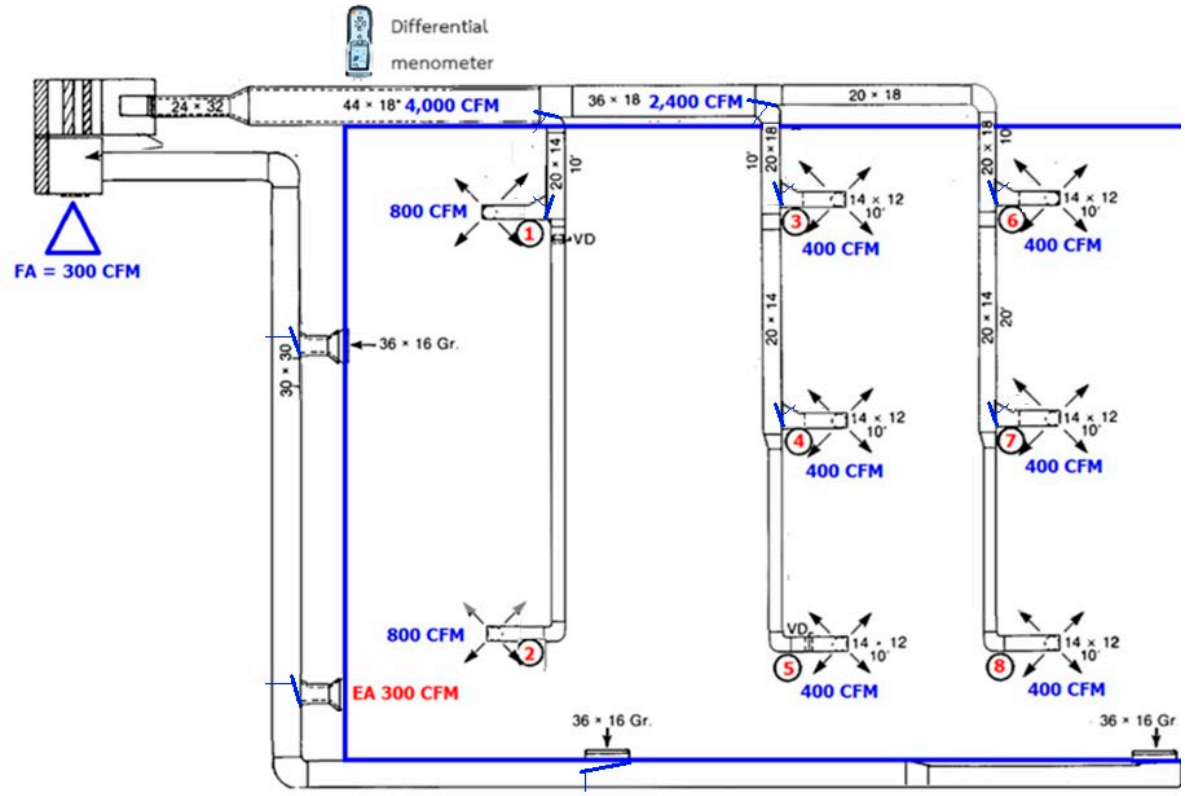
Air Velocity = $4005 \times \sqrt{VP}$

VP = $(V/4005)^2$

V = Air Velocity , fpm

VP = Velocity pressure, in. Wg.

การปรับแต่งปริมาณลมขึ้นอยู่กับรูปแบบการติดตั้ง การทำงานของอุปกรณ์ในระบบที่ติดตั้งในแต่ละโครงการอาจจะแตกต่างกัน หรือมีอุปกรณ์ปรับปริมาณลมที่แตกต่างกัน ในพื้นฐานการปรับแต่งปริมาณลมจะคล้ายกันทั้งหมด คือจะเริ่มต้นด้วยการวัดผลรวมลมที่ท่อลมหลัก การวัดผลรวมลมที่หัวจ่ายลม การวัดค่าความดันในท่อ (Total Static) และค่ากระแสไฟฟ้าที่ขับ Motor พัดลม แต่บางงานที่ต้องการให้มีปรับเพิ่ม-ลดปริมาณลม จะมีการเพิ่มตำแหน่งในการวัดค่าความดันที่ท่อลม (External Static) ด้วย



วิธีการปรับแต่งปริมาณลม กรณีที่งานท่อลมที่เป็นลักษณะแบบอัตราการไหลคงที่ และใช้ใบแบ่งลม Splitter Damper

จากแบบท่อลมเป็น Main ขนาด 44x18 จากตารางเปลี่ยนจากท่อเหลี่ยมให้เป็นท่อกลม จะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง = 30 นิ้ว หรือ = 0.75 M x 5D = 3.75 M และตำแหน่งด้านหลังจากจุดวัดต้องมีอีก 1D หรือมากกว่าได้ เพื่อกำหนดตำแหน่งจุดวัดท่อลมรวมโดยเครื่องมือวัดแบบ Pitot Tube ร่วมกับ Different Manometer

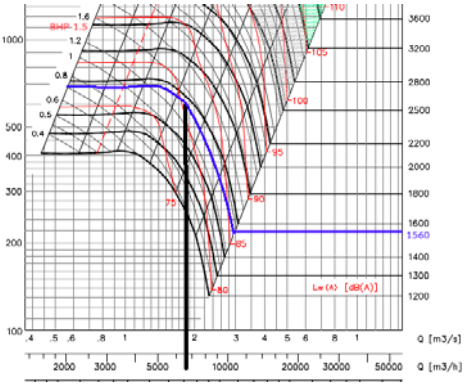
1. Splitter Damper จะไม่สามารถ Fully Open แต่จะถูกปรับตำแหน่งของใบปรับ ตั้งแต่ช่วงติดตั้งเป็นแบบสัดส่วนของท่อและท่อแยก และระหว่างการวัดขอให้ติดตั้ง Filter จริงด้วย เพราะต้องการจำลองความฝืดการใช้งานจริง รวมถึงการติดตั้งหัวจ่ายลมส่ง ลมกลับและการกั้นปิดพื้นที่สภาพให้เหมือนการใช้งานจริง

2. ทำการเดินเครื่องและวัดค่า Velocity Pressure ที่ท่อลมหลัก หน่วยที่ใช้จะเป็น In.wg. มาคำนวณหาค่าความเร็วลมในท่อจากสูตร
   V = 4005 x $\sqrt{V_P}$ ตามรูป วัดค่า Velocity Pressure ได้ 0.05 In.wg. มาคำนวณได้ค่าความเร็ว =4005 x$\sqrt{0.05}$ = 895 FPM.
   A = (44"x18")/144 = 5.5 , CFM = 5.5 x 985 = 5,417 CFM เกินจากค่าออกแบบมา 1,417 CFM

3. ใช้ Air Flow Hood ให้วัดค่าปริมาณลมหัวจ่ายจำนวน 8 จุด เพื่อดูผลรวมและตำแหน่งย่อยว่าควรจะเริ่มปรับแต่งที่ใดก่อน และผลรวมจากหัวจ่ายทั้ง 8 จุดจะต้องมีผลรวมใกล้เคียงกับข้อที่ 2 จากประสบการณ์ส่วนใหญ่ผลรวมหัวจ่ายจะน้อยกว่าข้อที่ 2 อยู่ระหว่าง 5-10% แต่ถ้ามากกว่า 15% สามารถวิเคราะห์ได้เลยว่ามีท่อลมรั่วเกิดขึ้น สำหรับการหาเปอร์เซ็นต์การรั่วของท่อลมจะกล่าวในข้อถัดไป

4. ผลรวมลมทั้ง 8 หัว ผู้เขียนได้ = 5,200 CFM แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่ม No.1+2 Design = 1,600 วัดได้ 2,200 CFM กลุ่ม No.4-6 Design = 1,200 วัดได้ 1,500 CFM กลุ่ม No.7-9 Design = 1,200 วัดได้ 1,500 CFM แสดงว่าลมอาจจะมากกว่าค่าออกแบบ (5,200-4,000)/4,000 = 30%

5. ให้ตรวจสอบค่า Total Pressure เทียบกับค่าออกแบบ และค่าการแสไฟฟ้าเทียบกับ Selection พัดลม จากรูป Fan Curve ที่เลือกไว้คือ Total Pressure = 600 PA(2.40 In. wg.) @4,000 CFM.(6,795 CMH) @ BHP = 1.50 Kw. (2.0 HP) เลือกขนาด Motor ติดตั้งที่ 2.2 KW (3.0 HP)



กระแสไฟที่วัดได้ 4.1 AMP. (คำนวณค่า KW = 1.732 x V x I x PF x M eff.) และได้ค่า Total Pressure = 1.5 In.wg.

6. ผลการวัดครั้งแรกแสดงให้เห็นว่าลมเกินจริงประมาณ 30% เนื่องจากได้ Total Pressure 375 PA. และได้ค่า KW = 1.85 KW ซึ่งเป็นไปตาม Fan Curve จริง ก่อนทำการปรับแต่งค่าปริมาณลม แสดงให้เห็นว่ายังมีค่า Total Pressure เหลือจากอะไรได้บ้าง เช่น จากแบบจะมีท่อลมกลับ และ Fresh Air เติมท่อท้าย AHU อาจจะเป็นไปได้ว่ามี Fresh Air เติมมากกว่าค่าออกแบบทำให้ Internal น้อยมากจึงควรปิด และตรวจสอบว่าท่อลมกลับกับ AHU ไม่มี Fresh Air จากที่อื่นมาผสม และการกั้นปิดพื้นที่สภาพให้เหมือนการใช้งานจริง เป็นต้น และ Filter ชนิด Synthetic Merv. Filter และมีค่า Drop Pressure เฉลี่ยเมื่อใช้งาน 250 PA. แสดงให้เห็นว่าลมที่เกิน 30% จาก Total Pressure ในระบบที่น้อยกว่าเกิดจาก Filter เมื่อใช้งานไปปริมาณลมจะลดลง จึงไม่จำเป็นต้องปรับลดขนาด Pulleys (ในความเป็นจริงควรจะต้องมี VSD. เพื่อปรับลดรอบพัดลมในช่วงที่ Filter ยังใหม่ใช้งานยังไม่มาก ซึ่งจะกล่าวในข้อต่อไป)

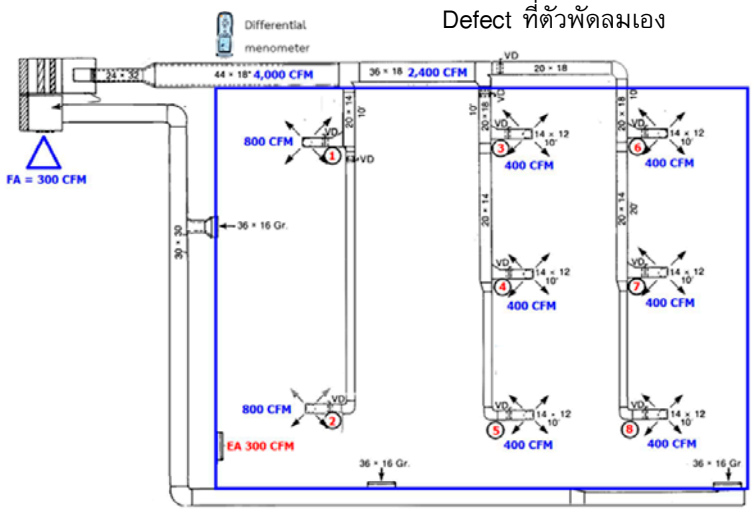
7. จากข้อที่ 4. ให้ทำการปรับลมที่กลุ่มที่มีลมมากที่สุดก่อน ที่นี้จะเป็นกลุ่ม No.1+2 โดยให้เพิ่มปริมาณลม 30% กลุ่ม No. 1+2 Design = 1,600 + 30% = 2,080 CFM จากค่าโดยการปรับ Splitter Damper ที่ Main Duct และให้ Air Flow Hood ไปอยู่ที่ตำแหน่งไกลสุดของ Duct Line นั้น No.2 Design = 800 + 30% = 1,040 CFM ปรับ Splitter Damper ที่ Main Duct และให้กลับมาวัดที่ No.1 ว่าต้องเพิ่ม Splitter Damper ที่ท่อแยก

8. กลุ่ม No.3-5 และ No.6-8 มีเปอร์เซ็นต์ที่เท่ากัน เนื่องจากแบบเป็น Splitter Damper จะทำจาก No.3-5 ก่อน วิธีการจะตามข้อที่ 7. โดยให้ Air Flow Hood ไปอยู่ที่ตำแหน่งไกลสุดของ Duct Line คือ No.5 และให้ปรับ Splitter Damper ที่ Main Duct ของกลุ่ม No.3-5 กลับมาที่ No.4 และ 3 เมื่อแล้วเสร็จให้มาทำที่ No.6-8 ซึ่งส่วนใหญ่ผลลมจะไม่ถึงในที่นี้ โดยกำหนดไว้ 30% ให้ลดเปอร์เซ็นต์ที่ลง และกลับไปทำข้อที่ 7. ใหม่โดยลดเปอร์เซ็นต์ที่ทั้งหมดลงเหลือที่ 25%

9. หลังจากปรับเสร็จให้ทำการวัดปริมาณลมใหม่ ตามข้อที่ 2.-4. เพื่อดูผลการเปลี่ยนแปลง และวิเคราะห์ในข้อที่ 5

10. ถ้าผลออกรวมลมออกมาเปอร์เซ็นต์ที่ปริมาณลม = ที่ประมาณการเอาไว้เท่าเดิม ถือว่าจบเรียบร้อย แต่ถ้าเปอร์เซ็นต์ที่ยังไม่ได้ก็ให้ลดเปอร์เซ็นต์อีก

11. สมมติให้ค่าผลรวมลมน้อยกว่าค่าออกแบบ และค่า Total Pressure มากกว่า ก็ควรจะต้องตรวจสอบท่อลมหรืออุปกรณ์ว่าส่วนใดบ้างที่มีผลกับ Loss ในระบบ และค่าผลรวมลมน้อยกว่าค่าออกแบบ ค่า Total Pressure น้อยก็เช่นกันก็ฟันธงได้เลยว่าท่อลมดังกล่าวรั่วมาก หรือมีข้อมูลผิดพลาด หรือ Defect ที่ตัวพัดลมเอง



วิธีการปรับแต่งปริมาณลม กรณีที่งานท่อลมเป็นลักษณะแบบอัตราการไหลคงที่ และใช้ใบแบ่งลม Volume Damper

1. Volume Damper จะต้อง Fully Damper Open ทุกตัว

2. ทำการเดินเครื่องและวัดค่าที่ท่อลมหลัก และที่หัวจ่ายตามข้อที่ 2-ข้อที่ 3 ของแบบอัตราการไหลคงที่ และใช้ใบแบ่งลม Splitter Damper เพื่อดูผลรวมของลม จะได้ข้อที่ 4. เพื่อกำหนดเปอร์เซ็นต์การปรับปริมาณลมว่ามีค่าเท่าไร

3. ลักษณะ Volume Damper จะเป็นการเพิ่ม Pressure Loos ให้กับระบบ จะให้ปรับ Volume Damper ที่ตำแหน่งที่มีลมมากที่สุดก่อน และถึงจะปรับที่น้อยลงมา โดยระหว่างการปรับลมจะกลับมาตรวจสอบผลการเปลี่ยนแปลงค่าลมที่ตำแหน่งหัวจ่ายที่มีลมน้อยสุด เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง

4. หลังจากทำการปรับทุกตำแหน่งแล้ว ให้ทำการวัดใหม่ทั้งหมดอีกครั้งเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ที่กำหนดไว้ ถ้าไม่ได้ต้องเริ่มกระบวนการให้หมดอีกครั้ง

5. ให้ทำการวิเคราะห์ ตรวจสอบค่า Total Pressure เทียบกับค่าออกแบบ และค่าการแสไฟฟ้าเทียบกับ Selection Fan Curve ที่เลือกไว้ เช่นเดียวกันกับข้อที่ 5 และข้อที่ 6 แบบอัตราการไหลคงที่ และใช้ใบแบ่งลม Splitter Damper

วิธีการปรับแต่งปริมาณลม กรณีที่งานท่อลมที่เป็นลักษณะแบบอัตราการไหลไม่คงที่ (ชนิดไม่มี VAV.)

1. การปรับสมดุล กรณีนี้จะมีรูปแบบเช่นเดียวกันทั้งหมด แตกต่างตรงที่จะต้องหาจุดใช้งานที่ปริมาณลมสูงสุด หรือช่วงเริ่มการทำงานในปริมาณลมสูงสุดเพื่อแบ่งลม และในตำแหน่งปริมาณลมสูงสุดนี้อาจจะไม่ใช้ที่รอบ Motor ทำงานสูงสุดต้องทำการปรับรอบพัดลมซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้ VSD. (Variable Speed Drive) ในการปรับลดรอบพัดลม

2. Volume Damper จะต้อง Fully Damper Open ทุกตัว

3. ทำการเดินเครื่องและวัดค่าที่ท่อลมหลัก และให้ทำการปรับรอบพัดลม ผลรวมของลมที่ท่อหลักมากกว่า 5-10% ผู้เขียนใช้ที่ 10% (เผื่อไว้กรณีที่อาจจะมีท่อลมรั่วมากกว่าเกณฑ์) เช่น Design ต้องการที่ท่อหลัก 4,000 CFM ผู้เขียนจะปรับรอบพัดลมให้มีลมที่ท่อหลัก 4,400 CFM และให้บันทึกค่า HZ. ของ VSD.

4. ทำให้การปรับปริมาณลมที่หัวจ่ายตามหัวข้อก่อนหน้านี้ จนท่อลมหลักและผลรวมหัวจ่ายใกล้กับค่า Design

5. ทำให้การวัดค่า External Static ที่ด้านลมส่ง เพื่อให้ทราบระดับค่าความดันในท่อลมส่งว่ามีค่าเท่าไรที่ลมใช้งานสูงสุด

6. กรณีงานที่ทำการปรับลดรอบพัดลมเพื่อใช้งานในการควบคุมความชื้น เช่น อุณหภูมิห้องควบคุมปริมาณลม และค่าความชื้นควบคุม Control Valve ผู้ออกแบบจะกำหนดค่าเปอร์เซ็นต์การลดปริมาณลม ตัวอย่างเช่น Full load = 4,000 CFM. และช่วงอุณหภูมิถึงจุด Set Point ลดปริมาณลมลงเหลือ 3,000 CFM หมายความว่าต้องวัดค่าที่ท่อลมหลักให้ได้ 3,300 CFM และให้บันทึกค่า HZ. ของ VSD. การวัดค่า External Static ที่ด้านลมส่ง

7. นำค่าดังกล่าวส่งให้กับผู้เขียน Program ในการควบคุมต่อไป

Duct Leakage Testing ตามมาตรฐาน SMACNA

Duct Class	½-, 1-, 2-inwg	3-inwg	4-, 6-, 10-inwg
Seal Class	C	B	A
Sealing Applicable	Transverse Joints Only	Transverse Joints and Seams	Joints, Seams and All Wall Penetrations
Leakage Class (C_L) – CFM Leakage per 100 ft^2 @ 1 in H_2O			
Rectangular Metal	24	12	6
Round Metal	12	6	3

Leakage = CL. X P0.65 /100 Sq.Ft.

CL = Duct Leakage Classification

P = Duct Static Pressure ["w g]

P = Duct Static Pressure [w.g.]

ตามมาตรฐาน SMACNA กำหนดค่าความดันในท่อลมไว้ ท่อลมมีค่าความดันเท่าไร ยอมให้ลมรั่วออกมีค่าไม่เกินที่กำหนด เช่น ท่อลมมีความดันในท่อไม่เกิน 1 หรือ 250Pa เป็นท่อเหลี่ยมกำหนดให้มี CL = 24 CFM/100 Ft.2 และท่อลมมีพื้นที่ทั้งหมด 1,200 Ft.2

Leakage = (24 x 1 0.65) x 1,200/100 = 288 CFM.

วิทยา แซมมณี วฟก.1272
ผู้จัดการฝ่ายบริหารงานก่อสร้าง 2
งานบริหารงานก่อสร้าง

การหาขนาดของ สายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าทำหน้าที่นำพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งผลิตส่งไปยังอุปกรณ์หรือบริภัณฑ์ไฟฟ้าต่างๆ และในปัจจุบันสายไฟฟ้านั้นก็จะมีมากมายหลายแบบหลายชนิด ขึ้นอยู่กับรูปแบบการใช้งานและการติดตั้ง ส่วนการนำสายไฟฟ้าไปใช้งานติดตั้งนั้นจะต้องพิจารณาจากปัจจัยหลายๆ ด้าน เพื่อให้เกิดความเหมาะสม ประหยัด ปลอดภัย และเชื่อถือได้ โดยขั้นตอนในการเลือกขนาดสายไฟฟ้าให้มีความเหมาะสมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและการใช้งานนั้น เราจะดูที่พิกัดความทนกระแสไฟฟ้าของสายไฟฟ้าเป็นสำคัญ กล่าวคือถ้าอุปกรณ์ไฟฟ้ากินกระแสไฟฟ้ามากเราก็ต้องเลือกใช้สายไฟฟ้าขนาดใหญ่ ถ้าอุปกรณ์ไฟฟ้ากินกระแสไฟฟ้าน้อยเราก็ใช้สายไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กลงมา

ส่วนประกอบของสายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วนคือตัวนำและฉนวน

1. **ตัวนำ** ตัวนำของสายไฟฟ้าทำมาจากโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูง อาจเป็นตัวนำเดี่ยวหรือตัวนำตีเกลียว ได้แก่ ทองแดง และอะลูมิเนียม ซึ่งมีข้อดี-ข้อเสียดังนี้
   - ตัวนำทองแดง
     ข้อดี มีความนำไฟฟ้าสูงมาก แข็งแรง เหนียว ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี
     ข้อเสีย น้ำหนักมาก ราคาแพง จึงไม่เหมาะสมกับงานแรงดันสูงแต่เหมาะกับงานในอาคาร
   - ตัวนำอะลูมิเนียม
     ข้อดี อะลูมิเนียมจะเบาและราคาถูก จึงเหมาะกับงานภายนอกอาคารและงานแรงดันสูง
     ข้อเสีย อะลูมิเนียมถ้าทิ้งไว้ในอากาศจะเกิดออกไซด์เป็นฉนวน ทำให้เชื่อมต่อได้ยาก

2. **ฉนวน** ทำหน้าที่ห่อหุ้มตัวนำ เพื่อป้องกันการสัมผัสโดยตรงระหว่างตัวนำหรือตัวนำกับส่วนที่ต่อลงดิน ในระหว่างที่ตัวนำ นำกระแสไฟฟ้าจะเกิดพลังงานสูญเสียในรูปความร้อน ซึ่งจะถ่ายเทไปยังเนื้อฉนวน ความสามารถในการทน

ต่อความร้อนของฉนวนจะเป็นตัวกำหนดความสามารถในการทนความร้อนของสายไฟฟ้านั้นเอง

ชนิดของฉนวนจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการใช้งานแรงดันของระบบและสภาพแวดล้อมในการติดตั้ง วัสดุที่นิยมใช้เป็นฉนวนมากที่สุดในขณะนี้คือ Polyvinyl Chloride (PVC) และ Cross Linked-Polyethylene (XLPE)

มาตรฐานสีของสายไฟฟ้า มาตรฐาน วสท. ฉบับปี 2556

การเลือกใช้สายไฟฟ้าสำหรับงานติดตั้งจะต้องคำนึงถึง

1. ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน

- ไฟฟ้าแรงดันสูง (HV Equipment) แรงดันสูงกว่า 36kV
- ไฟฟ้าแรงดันปานกลาง (MV Equipment) แรงดัน 1 kV ถึง 36 kV
- ไฟฟ้าแรงดันต่ำ (LV Equipment) แรงดันน้อยกว่า 1 kV

2. ค่าทนความร้อนของฉนวนของสายไฟฟ้าที่ใช้

ฉนวนของสายไฟฟ้าทำหน้าที่ป้องกันกระแสไฟฟ้าให้ไหลอยู่เฉพาะในตัวนำไฟฟ้าโดยไม่รั่วไหลไปยังส่วนอื่น ส่วนใหญ่ทำจากพลาสติกพอลิเมอร์ หรือยางที่มีค่าความต้านทานทางไฟฟ้าสูง ทำให้สามารถรองรับแรงดันไฟฟ้าได้ตามพิกัดแรงดันไฟฟ้าของสายไฟฟ้า วัสดุที่ใช้ทำฉนวนมีหลายชนิด แต่ที่นิยมนำมาใช้ทำฉนวนสายไฟฟ้ามากที่สุดคือโพลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride: PVC) และครอสลิงก์พอลิเอทิลีน (Cross-Linked Polyethylene: XLPE)

ฉนวนสายไฟฟ้า PVC นิยมใช้เป็นฉนวนสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ ใช้กับสายไฟฟ้าที่มีพิกัดอุณหภูมิตัวนำสูงสุด 70 ˚c ฉนวนสายไฟฟ้า XLPE นิยมใช้เป็นฉนวนสายไฟฟ้าแรงดันสูง ผลิตโดยการหุ้มฉนวนโพลิเอทิลีน (PE) บนตัวนำสายไฟฟ้า จากนั้นทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้ฉนวน PE เปลี่ยนเป็นครอสลิงก์โพลิเอทิลีน (XLPE) ซึ่งทนความร้อนได้สูง ใช้กับสายไฟฟ้าที่มีพิกัดอุณหภูมิตัวนำสูงสุด 90 ˚c

3. อุณหภูมิแวดล้อมโดยรอบ

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ของมาตรฐานสายไฟใหม่จาก มอก. 11-2531 เป็น มอก. 11-2553 โดยประกาศเป็นมาตรฐานบังคับตามพระราชกฤษฎีกา ให้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนโพลิไวนิลคลอไรด์โดยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 450/750 โวลท์ แบ่งชนิดของสายไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC เป็นรหัสตัวเลข 2 ตัว เช่น 60227 IEC 01 และสีของฉนวนสายไฟกำหนดใหม่โดยเรียงจากเฟส A, B, C, N, G ดังนี้ น้ำตาล ดำ เทา ฟ้า เขียวแถบเหลืองตามมาตรฐาน IEC และอุณหภูมิที่ใช้งานกำหนดไว้ 2 ค่าคือ 70 และ 90 ˚c และให้พิจารณาตัวคูณปรับค่า เนื่องจากอุณหภูมิโดยรอบซึ่งกำหนดไว้ 4 ˚c ในกรณีทั่วๆ ไป และ 30 ˚c ในกรณีฝังดิน

4. รูปแบบกลุ่มที่ติดตั้ง จะกำหนดวิธีการติดตั้งเป็น 7 กลุ่ม

- **กลุ่มที่ 1** สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มีเปลือก/ไม่มีเปลือก เดินในท่อโลหะหรืออโลหะภายในฝ้าเพดานที่เป็นฉนวนความร้อน หรือผนังกันไฟ จะใช้ตาราง 5-20 และ 5-27 ซึ่งจะต่างกันที่อุณหภูมิของตัวนำ (ฉนวน)
- **กลุ่มที่ 2** สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มีเปลือก/ไม่มีเปลือก เดินในท่อโลหะหรืออโลหะ เดินเกาะผนัง หรือฝังในผนังคอนกรีต จะใช้ตาราง 5-20 และ 5-27 เช่นเดียวกันกับกลุ่ม 1 แต่จะต่างกันที่อุณหภูมิของตัวนำ (ฉนวน)
- **กลุ่มที่ 3** สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก เดินเกาะผนัง หรือเพดานที่ไม่มีสิ่งปิดหุ้มที่คล้ายกัน จะใช้ตารางที่ 5-21

- **กลุ่มที่ 4** สายเคเบิลแกนเดี่ยวหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก วางเรียงแบบมีระยะห่าง เดินบนฉนวนลูกถ้วยอากาศ ก็จะใช้ตารางที่ 5-22, 5-28 และ 5-42 ซึ่งจะต่างกันที่แรงดัน และอุณหภูมิของตัวนำ (ฉนวน) และ มอก.
- **กลุ่มที่ 5** สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มีเปลือกนอก เดินในท่อโลหะหรืออโลหะฝังดินก็จะใช้ตารางที่ 5-29, 5-37 (Hi Volt) ซึ่งจะต่างกันที่แรงดันและอุณหภูมิโดยรอบ (Ambient Temperature)
- **กลุ่มที่ 6** สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มีเปลือกนอกฝังดินโดยตรง
- **กลุ่มที่ 7** สายเคเบิลแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มีเปลือกนอกวางบนราง มีรางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ รางเคเบิลแบบระบายอากาศ หรือรางเคเบิลแบบบันได

5. ตัวคูณปรับค่าตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป และตามการจัดวางตัวนำเป็นแบบกลุ่มวงจรที่มากกว่า 1 วงจร

- จากการเปลี่ยนแปลง มอก. ทำให้วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) ได้ปรับปรุงตามมาตรฐานการติดตั้งให้สอดคล้องกับสายไฟฟ้ามาตรฐานใหม่ และได้กำหนดค่าตัวคูณปรับค่าขนาดกระแส ที่มีมากกว่า 1 กลุ่มวงจรที่ติดตั้งในช่องเดินสายไฟเดียวกัน ทั้งแบบตัวนำหลายแกน หรือแกนเดียวตามตารางที่ 5-31(ก) ตามตารางที่ 5-40 และตารางที่ 5-41
- ตัวคูณปรับค่าตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป ตามที่กำหนดในมาตรฐานใหม่ สำหรับอุณหภูมิแวดล้อม (Ambient Temperature) ที่ติดตั้งสายไฟไว้ที่ 40˚C เมื่อติดตั้งในอากาศ และ 30 ˚C เมื่อติดตั้งใต้ดิน ตามตารางที่ 5-43 และตารางที่ 5-44 หากอุณหภูมิแวดล้อม (Ambient Temperature) แตกต่างไปจากนี้ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าในตารางที่กำหนด

สายไฟฟ้าที่ใช้งานทั่วไป

1. VAF

- เป็นสายแบบ 2 แกน และทั้ง 2 แกน มีสายดิน
- แรงดันใช้งาน 300/500 โวลท์
- ขนาด 1.5-16 ตร.มม.
- การใช้งานเดินเกาะผนัง เดินในช่องเดินสาย ห้ามร้อยท่อและห้ามฝังดิน

2. VCT

- ลักษณะเป็นสายฝอย
- เป็นสายชนิดแกนเดียว หลายแกน และทุกแกนมีสายดิน
- แรงดันใช้งาน 450/750 โวลท์ ขนาด 4-35 ตร.มม
- ใช้งานทั่วไป ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าและวางบนรางเคเบิลได้

3. 60227 IEC 01

- โครงสร้างเหมือนสาย THW เป็นสายชนิดแกนเดียวกลม แรงดันใช้งาน 450/750 โวลท์และขนาด 1.5-400 ตร.มม.
- ใช้งานทั่วไป เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

4. 60227 IEC 10

- โครงสร้างเหมือนสาย NYY
- เป็นสายชนิดหลายแกน มี/ไม่มีสายดิน
- แรงดันใช้งาน 300/500 โวลท์
- ขนาด 1.5-35 ตร.มม.
- ใช้งานทั่วไป เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย วางบนรางเคเบิล ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

5. NYY

- เป็นสายชนิดแกนเดียว และหลายแกน
- แรงดันใช้งาน 450/750 โวลท์
- แกนเดียวขนาด 1.0-500 ตร.มม.
- หลายแกนขนาด 50-300 ตร.มม.
- หลายแกนมีสายดินขนาด 25-300 ตร.มม.
- ใช้งานทั่วไป
- วางบนรางเคเบิล
- ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

6. XLPE (IEC 60502-1) มอก. 2143 (หรือสายไฟฟ้า CV) จะหุ้มด้วยฉนวน XLPE เปลือกเป็นวัสดุ PVC มีความนิ่มและอ่อนตัวได้ดี ป้องกันสายไฟฟ้าจากสภาพแวดล้อมที่สายติดตั้ง เป็นสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ มีพิกัดแรงดันไฟฟ้า 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำสูงสุด 90˚C มีทั้งสายแกนเดียวและหลายแกน

- สายแกนเดียว มีขนาดตัวนำตั้งแต่ 1.5 ตร.มม. ไปจนถึง 630 ตร.มม.
- สายหลายแกน มีขนาดตัวนำตั้งแต่ 1.5 ตร.มม. ไปจนถึง 400 ตร.มม.
- การติดตั้งใช้งาน วางบนรางเคเบิล ร้อยท่อ ร้อยท่อฝังดิน หรือฝังดินโดยตรง เดินเป็นสายเมนของอาคาร เดินในโรงงานข้อจำกัด ใช้ติดตั้งในอาคารต้องเดินในช่องเดินสายที่ปิดมิดชิด เช่น ร้อยท่อ หรือเดินในราง Wire Way แบบปิดเท่านั้น

7. MI Cable และสายทนไฟอื่นๆ

- ผลิตตาม IEC 60702-1 หรือ AS/NZS 60702.1
- เป็นสายเคเบิลเปลือกโลหะ
- ตัวนำเป็นฉนวนแร่อัดแน่นที่ผลิตสำเร็จจากโรงงาน
- หุ้มด้วยปลอกทองแดงหรือหุ้มด้วย PVC อีกชั้นก็ได้
- การใช้งานในอุปกรณ์ประกอบที่ใช้ต่อสายเคเบิลชนิดเอ็มไอเข้ากับกล่อง หรือบริภัณฑ์อื่นๆ ต้องเป็นชนิดที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์นี้
- ในที่ซึ่งสายเคเบิลแกนเดี่ยวเข้ากล่องหรือตู้ การติดตั้งต้องมีการป้องกันความร้อนจากการเกิดกระแสเหนี่ยวนำ
- ปลายสายเคเบิลชนิดเอ็มไอ ต้องทำการปิดผนึกปลายสายทันทีหลังจากปอกสายด้วยการปิดผนึกที่ได้รับการรองรับแล้ว
- ต้านเปลวเพลิง (Flame Retardant) IEC 60332-1 or 60332-3, มอก. 2756
- การปล่อยก๊าซกรด (Acid Gas Emission) IEC 60754, มอก. 2757 เล่ม 1-2
- การปล่อยควัน (Smoke Emission) 61304-2, มอก. 2758
- การทนไฟ (Fire Resistant) เป็นไปตาม IEC 60331, มอก. 2755, 6387, มอก. 3197

ขั้นตอนการหาขนาดของสายไฟฟ้า

1. กำหนดกระแสออกแบบ Design Current (Ib) หรือกระแสโหลด (IL)
2. กำหนดขนาดอุปกรณ์ป้องกัน (In)
3. เลือกวิธีการติดตั้ง
4. เลือกชนิดของสายไฟฟ้า
   - ชนิดฉนวน PVC, XLPE
   - จำนวนแกน 1, 2, 3, 4 แกน
   - เลือกตารางที่จะใช้
5. เลือกกลุ่มการติดตั้ง (1-7 กลุ่ม) จากตารางที่กำหนด
6. หาตัวคูณปรับค่าจากตารางที่กำหนด
   Ca = ตัวคูณปรับค่าอุณหภูมิโดยรอบ
   Cg = ตัวคูณปรับค่าจำนวนกลุ่มวงจร
7. หากระแสไฟฟ้า It = I n / (Ca x Cg)
8. เลือกขนาดสายไฟฟ้าจากตารางที่เลือกไว้ โดยพิกัดกระแสของสายไฟฟ้าต้องมากกว่าค่า It

การหาขนาดสายไฟฟ้าสำหรับใช้งาน การเดินท่อร้อยสาย 1 วงจร กับ 2 วงจร จะใช้ขนาดสายที่แตกต่างกัน

วงจรย่อย 1 Phase, 230 V กระแสออกแบบ 16 A เดินในท่อร้อยสาย Ambient Temperature 40˚C ให้หาขนาดสาย IEC 01 และถ้าเดิน 2 วงจรในท่อเดียวกันโดยกระแสออกแบบเท่าเดิม ขนาดสายจะต้องเป็นเท่าไหร่

กรณี 1 วงจรเดินในท่อร้อยสาย

วงจรย่อย 1 Phase, 230 V กระแสออกแบบ 12A เดินในท่อร้อยสาย Ambient Temperature 40˚C ให้หาขนาดสาย IEC 01

ขั้นตอนที่ 1 (กำหนดกระแส) กระแสออกแบบ Design Load Current IL = 12 A

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดอุปกรณ์ป้องกัน (In)
= 12x1.25 = 15A

ขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการติดตั้ง กำหนดให้เดินท่อร้อยสาย

ขั้นตอนที่ 4 เลือกชนิดของสายไฟฟ้าที่จะใช้ ใช้สาย IEC 01 (แกนเดียว 2 ตัวนำ)

ขั้นตอนที่ 5 เลือกกลุ่มการติดตั้ง (1-7 กลุ่ม) และเลือกตารางที่จะใช้ ใช้สาย IEC 01 เดินในท่อร้อยสาย เดินลอยติดผนัง ซึ่งจะอยู่ในกลุ่มที่ 2 กำหนดที่สภาพอากาศแวดล้อม 40˚C เลือกตาราง 5-20 ใช้สายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน PVC มี/ไม่มีเปลือกนอก ขนาดแรงดันไม่เกิน 0.6/1 kV. อุณหภูมิตัวนำ 70˚C อุณหภูมิโดยรอบ 40˚C เดินในช่องเดินสายในอากาศ

ขั้นตอนที่ 6 หาตัวคูณปรับค่าเนื่องจากอุณหภูมิและกลุ่มวงจร จากตารางที่ 5-43 และ 5-8
Ca = ตัวคูณปรับค่าอุณหภูมิโดยรอบ (Ambient Temperature)

อุณหภูมิโดยรอบ 40˚C จากตารางที่ 5-43 Ca = 1.00
Cg = ตัวคูณปรับค่าจำนวนกลุ่มวงจร กลุ่มวงจรมี 1 วงจร จากตารางที่ 5-8 ไม่มีหรือมีค่าเป็น 1

ขั้นตอนที่ 7 หาค่ากระแสไฟฟ้าเพื่อไปกำหนดขนาดสายไฟที่ใช้ It = In / (Ca x Cg) 15/(1x1) = 15 A.

ขั้นตอนที่ 8 เลือกขนาดสายไฟฟ้าจากตารางตามขนาดค่ากระแสไฟฟ้าที่หาได้จากขั้นตอนที่ 7 (สายไฟฟ้าต้องมากกว่าค่ากระแส It) จากตารางที่ 5-20 It = 15 A. เลือกสายขนาด 2.5 Sq.mm ทนกระแสไฟฟ้าได้ 21A

กรณี 2 วงจรเดินในท่อร้อยสาย 2 วงจรขึ้นไป

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดกระแส กระแสออกแบบ Design load Current = 12 A

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดอุปกรณ์ป้องกัน (In)
= 12x1.25 = 15 A
*** กรณี 2 วงจรขึ้นไป การเลือก CB ต้องใช้ It ขั้นตอนที่ 7

ขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการติดตั้ง กำหนดให้เดินท่อร้อยสาย

ขั้นตอนที่ 4 เลือกชนิดของสายไฟฟ้าที่จะใช้ ใช้สาย IEC 01 01 (แกนเดียว 2 วงจร)

ขั้นตอนที่ 5 เลือกกลุ่มการติดตั้ง (1-7 กลุ่ม) และเลือกตารางที่จะใช้
*** ขั้นตอนที่ 1-5 จะหาแบบเดียวกัน แต่จะเปลี่ยนไปที่ขั้นตอนที่ 6

ขั้นตอนที่ 6 หาตัวคูณปรับค่าเนื่องจากอุณหภูมิและกลุ่มวงจร จากตารางที่ 5-43 และ 5-8
Ca = ตัวคูณปรับค่าอุณหภูมิโดยรอบ (Ambient Temperature) อุณหภูมิโดยรอบ 40˚C จากตารางที่ 5-43 ใช้ค่าเดิมที่อุณหภูมิ 40˚C = 1
Cg = ตัวคูณปรับค่าจำนวนกลุ่มวงจร กรณี 2 วงจร ค่าจะเปลี่ยนไปจาก 1 วงจร จากข้อกำหนดเดินในท่อร้อยสาย 2 วงจร จากตารางที่ 5-8 จำนวน 2 วงจร Cg ตัวคูณปรับค่า = 0.80

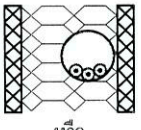
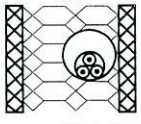
ขั้นตอนที่ 7 หาค่ากระแสไฟฟ้าเพื่อไปกำหนดหาขนาดสายไฟฟ้าที่ใช้ It = In / (Ca x Cg) 15/(1x0.8) = 18.75 A.

ขั้นตอนที่ 8 เลือกขนาดสายไฟฟ้าจากตาราง ตามขนาดค่ากระแสไฟฟ้าที่หาได้จากขั้นตอนที่ 7 (สายไฟฟ้าต้องมากกว่าค่ากระแส It) จากตารางที่ 5-20 It = 18.75 A. เลือกขนาดสาย 4 Sq.mm ทนกระแสไฟฟ้าได้ 24 A. = 2 (2x4 mm^2) เลือก CB 20A

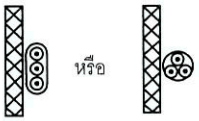
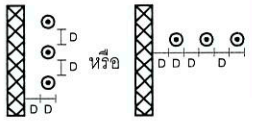
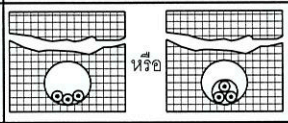
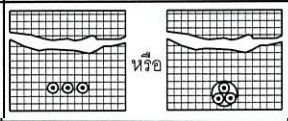
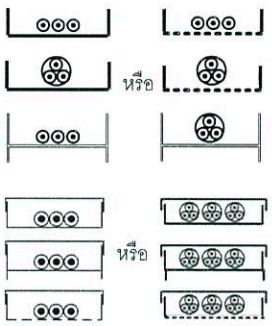
เอกสารอ้างอิงในบทความ

กลุ่มรูปแบบของสายไฟฟ้าสำหรับงานติดตั้งมี 7 กลุ่ม

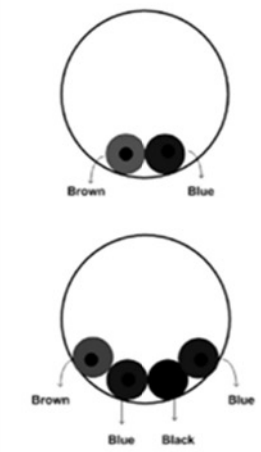
ตารางที่ 5-47
รูปแบบการติดตั้งอ้างอิง

วิธีการเดินสาย	รูปแบบการติดตั้ง	ลักษณะการติดตั้ง	หมายเหตุ
สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก เดินช่องเดินสายโลหะหรืออโลหะภายในผ้าเพดานที่เป็นฉนวนความร้อน หรือผนังกันไฟ	 หรือ 	กลุ่มที่ 1	ผ้าเพดาน หรือผนังกันไฟที่เป็นฉนวนความร้อนคือวัสดุที่มีค่าการนำทางความร้อน (thermal conductance) อย่างน้อย 10 $W/m^2 \cdot K$*
สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก เดินในช่องเดินสายโลหะหรืออโลหะเดินเกาะผนังหรือเพดาน หรือฝังในผนังคอนกรีตหรือที่คล้ายกัน	หรือ	กลุ่มที่ 2	กรณีฝังในผนังคอนกรีตหรือที่คล้ายกันผนังนั้นจะต้องมีค่าความต้านทานความร้อน (thermal resistivity) ไม่เกิน 2 $K \cdot m/W$

ตารางที่ 5-47 (ต่อ)
รูปแบบการติดตั้งอ้างอิง

วิธีการเดินสาย	รูปแบบการติดตั้ง	ลักษณะการติดตั้ง	หมายเหตุ
สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก เดินเกาะผนัง หรือเพดาน ที่ไม่มีสิ่งปิดหุ้มที่คล้ายกัน		กลุ่มที่ 3	-
สายเคเบิลแกนเดียวหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก วางเรียงกันแบบมีระยะห่าง เดินบนฉนวนลูกถ้วยในอากาศ		กลุ่มที่ 4	ระยะห่างถึงผนังและระหว่างเคเบิลไม่น้อยกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางเคเบิล
สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก เดินในท่อโลหะหรืออโลหะฝังดิน		กลุ่มที่ 5	-
สายแกนเดียว หรือหลายแกน หุ้มฉนวน มีเปลือกนอก ฝังดินโดยตรง		กลุ่มที่ 6	-
สายเคเบิลแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มีเปลือกนอก วางบนรางเคเบิลมีฝาปิดและไม่มีฝาปิดแบบด้านล่างทึบ, รางเคเบิลแบบระบายอากาศ หรือรางเคเบิลแบบบันได		กลุ่มที่ 7	รางเคเบิลแบบระบายอากาศจะต้องมีพื้นที่รูระบายอากาศไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของพื้นผิวรางเคเบิลทั้งหมด
*หากไม่มีเอกสารยืนยันว่าค่าการนำความร้อนมีค่าน้อยกว่า 10 W/m^2.K ให้ถือว่าการเดินสายร้อยท่อภายในฝ้าเพดานหรือผนังกันไฟใด ๆ จะต้องมีค่าขนาดกระแสตามลักษณะการติดตั้งตามกลุ่มที่ 1 นี้ ระบุไว้			

ตัวนำเป็นแบบกลุ่มวงจร 1 และ 2 วงจร เดินในท่อร้อยสายร่วมกัน



ตารางที่ 5-31(ก)

จำนวนกลุ่มวงจร	ตัวคูณปรับค่า
2	0.8
3	0.7
4	0.65
5	0.6
6	0.57
7	0.54
8	0.52
9	0.50
10-12	0.45
13-16	0.41
17-20	0.38

ตัวคูณปรับค่าตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป

สำหรับอุณหภูมิแวดล้อม (Ambient Temperature) ที่ติดตั้งสายไฟไว้ที่ 40 ˚C เมื่อติดตั้งในอากาศ และ 30 ˚C เมื่อติดตั้งใต้ดิน หากอุณหภูมิแวดล้อม (Ambient Temperature) แตกต่างไปจากนี้ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าจากตารางที่กำหนด

ตารางที่ 5-43

ตัวคูณปรับค่าอุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40 °C ใช้กับค่าขนาดกระแสของเคเบิล เมื่อเดินในอากาศ

อุณหภูมิโดยรอบ (องศาเซลเซียส)	ฉนวน				
	PVC		XLPE หรือ EPR	เส้นใย	
	70°C	90°C	90°C	70°C	105°C
11-15	1.34		1.23	1.41	1.21
16-20	1.29		1.19	1.34	1.16
21-25	1.22		1.14	1.26	1.13
26-30	1.15		1.10	1.18	1.09
31-35	1.08	1.00	1.05	1.09	1.04
36-40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
41-45	0.91	1.00	0.96	0.91	0.96
46-50	0.82	1.00	0.90	0.79	0.91
51-55	0.70	0.96	0.84	0.67	0.87
56-60	0.57	0.83	0.78	0.53	0.82
61-65	-	0.87	0.71	-	0.76
66-70	-	0.47	0.64	-	0.70
71-75	-	-	0.55	-	0.65
76-80	-	-	0.45	-	0.59
81-85	-	-	-	-	0.51
86-90	-	-	-	-	0.43
91-95	-	-	-	-	0.35

ตารางที่ 5-44

ตัวคูณปรับค่าอุณหภูมิโดยรอบแตกต่างจาก 30 °C ใช้กับค่าขนาดกระแสของเคเบิล เมื่อเดินใต้ดิน

อุณหภูมิโดยรอบ (องศาเซลเซียส)	ฉนวน	
	PVC	XLPE หรือ EPR
11-15	1.18	1.12
16-20	1.12	1.08
21-25	1.07	1.03
26-30	1.0	1.0
31-35	0.94	0.96
36-40	0.87	0.91
41-45	0.80	0.86
46-50	0.71	0.82
51-55	0.62	0.76
56-60	0.51	0.70
61-65	-	0.65
66-70	-	0.57
71-75	-	0.49
76-80	-	0.41

เลือกกลุ่มการติดตั้ง (1-7 กลุ่ม) ตัวอย่างในขั้นตอนที่ 5 เลือกการติดตั้งที่ 2

ตารางที่ 5-20

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี มีไม่มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน (U_o/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C เดินในท่อร้อยสายในอากาศ

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1				กลุ่มที่ 2			
จำนวนตัวนำกระแส	2		3		2		3	
ลักษณะตัวนำ	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง								
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC		AC		AC หรือ DC		AC	
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	60227 IEC 01, 60227 IEC 02, 60227 IEC 05, 60227 IEC 06, 60227 IEC 10, NYY, VCT, IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายความดันต่ำ							
ขนาดสาย(ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)							
1	10	10	9	9	12	11	10	10
1.5	13	12	12	11	15	14	13	13
2.5	17	16	16	15	21	20	18	17
4	23	22	21	20	28	26	24	23
6	30	28	27	25	36	33	31	30
10	40	37	37	34	50	45	44	40
16	53	50	49	45	66	60	59	54
25	70	65	64	59	88	78	77	70
35	86	80	77	72	109	97	96	86
50	104	96	94	86	131	116	117	103
70	131	121	118	109	167	146	149	130
95	158	145	143	131	202	175	180	156
120	183	167	164	150	234	202	208	179
150	209	191	188	171	261	224	228	196
185	238	216	213	194	297	256	258	222
240	279	253	249	227	348	299	301	258
300	319	291	285	259	398	343	343	295
400	-	-	-	-	475	-	406	-
500	-	-	-	-	545	-	464	-

หมายเหตุ

1) อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40 °C ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5-43

2) ในกรณีมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ในท่อร้อยสาย ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5-6

3) ดูคำอธิบายรูปแบบการติดตั้งในตารางที่ 5-47

4) ดูคำอธิบายรหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งานในตารางที่ 5-48

5) สามารถใช้งานในระบบไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดแรงดันไม่เกิน 1.5 กิโลโวลต์ได้

หาตัวคูณปรับค่าเนื่องจากอุณหภูมิและกลุ่มวงจร จากตารางที่ 5-43 และ 5-8 ในขั้นตอนที่ 6

ตารางที่ 5-43

ตัวคูณปรับค่าอุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40 °C ใช้กับค่าขนาดกระแสของเคเบิล เมื่อเดินในอากาศ

อุณหภูมิโดยรอบ (องศาเซลเซียส)	ฉนวน			
	PVC	XLPE หรือ EPR	เอ็มไอ	
			70 °C	105 °C
11-15	1.34	1.23	1.41	1.21
16-20	1.29	1.19	1.34	1.16
21-25	1.22	1.14	1.26	1.13
26-30	1.15	1.10	1.18	1.09
31-35	1.08	1.05	1.09	1.04
36-40	1.00	1.00	1.00	1.00
41-45	0.91	0.96	0.91	0.96
46-50	0.82	0.90	0.79	0.91

ตารางที่ 5-8

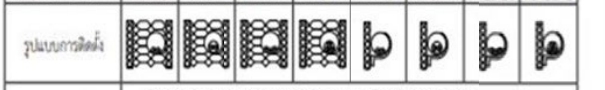
ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสเนื่องจากจำนวนสายที่นำกระแสในช่องเดินสายไฟฟ้าเดียวกันมากกว่า 1 กลุ่มวงจร

จำนวนกลุ่มวงจร	ตัวคูณปรับค่า
2	0.80
3	0.70
4	0.65
5	0.60
6	0.57
7	0.54
8	0.52
9	0.50
10-12	0.45
13-16	0.41
17-20	0.38

การหาขนาดสายไฟฟ้าสำหรับใช้งาน โดยเลือกขนาดไฟฟ้าจากตาราง 5-20 ขนาดสายไฟฟ้าต้องรับกระแสได้มากกว่าค่ากระแส

ตารางที่ 5-20

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี มี/ไม่มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน (U_o/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C เดินในช่องเดินสายในอากาศ

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1				กลุ่มที่ 2			
จำนวนตัวนำกระแส	2		3		2		3	
ลักษณะตัวนำกระแส	แกนเดี่ยว	หลายแกน	แกนเดี่ยว	หลายแกน	แกนเดี่ยว	หลายแกน	แกนเดี่ยว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง								
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	60227 IEC 01, 60227 IEC 02, 60227 IEC 05, 60227 IEC 06, 60227 IEC 10, NYY, NYY-G, VCT, VCT-G, IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่างๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลจน, สายควันน้อย เป็นต้น							
ขนาดสาย(ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)							
1	10	10	9	9	12	11	10	10
1.5	13	12	12	11	15	14	13	13
2.5	17	16	16	15	21	20	18	17
4	23	22	21	20	28	26	24	23
6	30	28	27	25	36	33	31	30

วิทยา แซมมณี วฟก.1272
ผู้จัดการฝ่ายบริหารงานก่อสร้าง 2
งานบริหารงานก่อสร้าง

GROUNDING

จุดประสงค์ของการต่อลงดิน

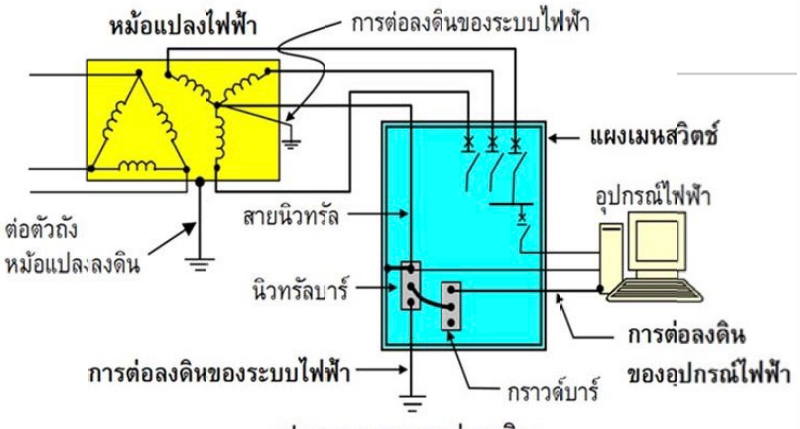
- เพื่อจำกัดแรงดันเกิน (Overvoltage) เนื่องจากฟ้าผ่า (Lightning)
- เพื่อให้แรงดันระหว่างสายไฟกับดินในขณะทำงานตามปกติมีค่าคงที่
- เพื่อช่วยให้อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินทำงานได้รวดเร็วขึ้น เมื่อเกิดการลัดวงจร (Short Circuit) ส่วนที่ต่อลงดิน เช่น สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ

ประโยชน์ของการต่อลงดิม์นอยู่ 2 ประการ

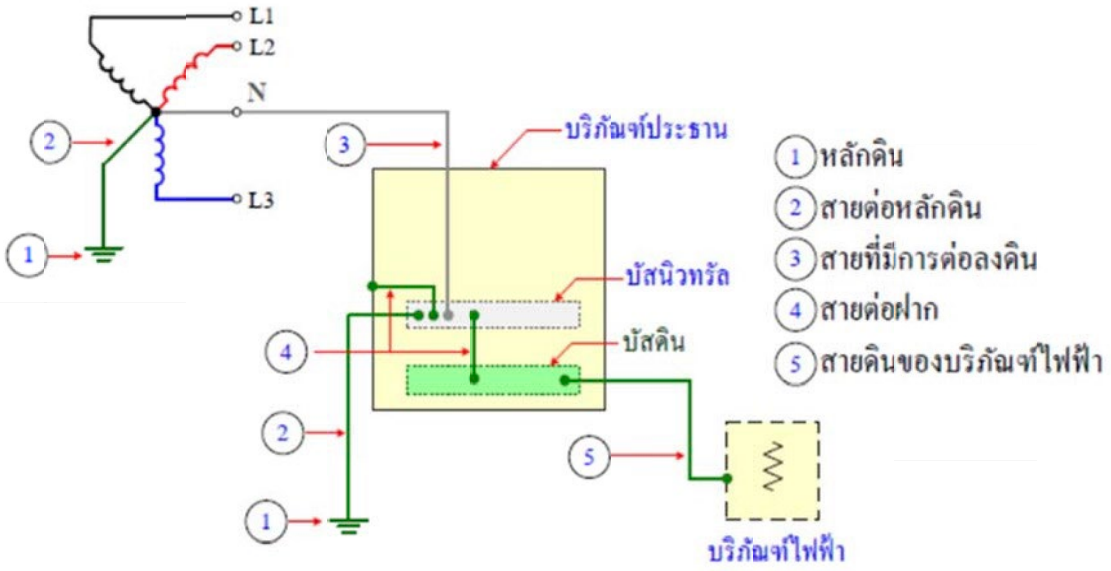
1. เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดกับบุคคลที่ไปสัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า และส่วนประกอบอื่นๆ ที่มีแรงดันไฟฟ้าเนื่องจากการรั่วไหล หรือการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า
2. เพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดกับอุปกรณ์หรือระบบไฟฟ้า เมื่อเกิดการลัดวงจร และเพื่อความปลอดภัยต่อชีวิต

การต่อลงดินแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

1. การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า (System Ground)
2. การต่อลงดินของอุปกรณ์ไฟฟ้า (Equipment Ground)



รูปแสดง ระบบการต่อลงดิน

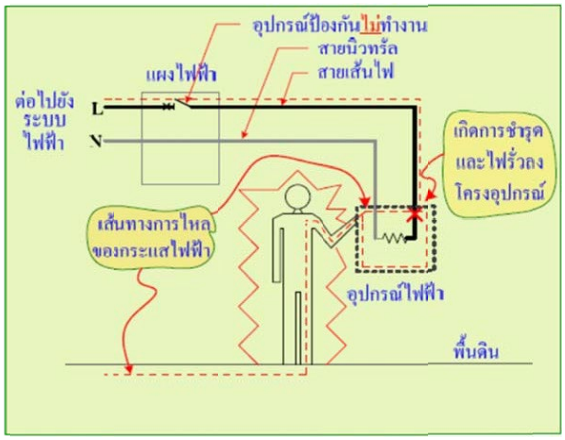


1. **การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า (System Ground)** หมายถึง การต่อส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบไฟฟ้าที่มีกระแสไหลผ่านลงดิน เช่น การต่อจุดนิวทรัล (Neutral Point) ลงดิน โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อทำให้แรงดันเทียบกับดินมีค่าคงตัวในขณะระบบไฟฟ้าทำงานปกติ และช่วยจำกัดขนาดแรงดันเกิน (Overvoltage) ที่อาจเกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า เมื่อเกิดการลัดวงจรลงดินขึ้น ก็จะช่วยให้อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินทำงานได้รวดเร็วขึ้น ดังนั้นวัตถุประสงค์การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าก็เพื่อประโยชน์ของการทำงานและป้องกันในระบบไฟฟ้าโดยตรง ไม่ใช่เพื่อป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าดูด

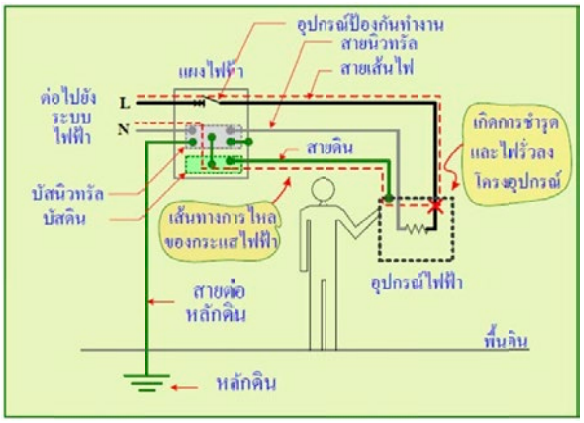
2. **การต่อลงดินของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Ground)** หมายถึง การต่อส่วนที่เป็นโลหะหรือสื่อตัวนำไฟฟ้าที่ห่อหุ้มบริภัณฑ์ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่มีกระแสไหลผ่านของอุปกรณ์ต่างๆ ลงดิน เพื่อให้มีศักย์ไฟฟ้าหรือเท่ากับศูนย์เมื่อเทียบกับดิน และเพื่อให้อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินตัดวงจรได้รวดเร็วขึ้นเมื่อมีการลัดวงจรลงดิน ทำให้ผู้ที่สัมผัสโลหะที่ห่อหุ้มบริภัณฑ์ที่ชำรุดนั้นไม่ถูกไฟฟ้าดูดเสียชีวิตได้

อันตรายเมื่อระบบไฟฟ้าไม่มีการต่อสายดิน

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่มีการต่อลงดิน เมื่อมีผู้ไปสัมผัสที่โลหะที่ห่อหุ้มบริภัณฑ์ที่ชำรุดนั้นจะถูกไฟฟ้าดูดเสียชีวิตได้ แต่ถ้าหากโลหะที่ห่อหุ้มบริภัณฑ์ที่ชำรุดนั้นต่อสายดิน เมื่อเกิดไฟรั่วที่โครงโลหะของอุปกรณ์ กระแสจะไหลครบวงจรผ่านสายดินที่ความต้านทานต่ำ กระแสที่ไหลผ่านสายดินจะมีปริมาณสูง จะทำให้อุปกรณ์ป้องกันทำงานเปิดวงจร หากมีผู้ที่ไปสัมผัสกับโครงโลหะของอุปกรณ์นั้นก็จะไม่เกิดอันตราย



ประโยชน์ของระบบที่มีสายดิน เพื่อความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน ให้กระแสไหลสูงมากพอที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน โดยให้กระแสไหลไปที่สายดินแทนที่จะไหลผ่านร่างกาย



ผลของกระแสไฟฟ้าต่อร่างกาย

ปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่กระทบกับร่างกายเมื่อไหลผ่านตัวคน

ปริมาณกระแสไฟฟ้า	ความรู้สึกหรืออาการที่เกิดขึ้น
ไม่ถึง 1 มิลลิแอมแปร์	ยังไม่มีผลหรืออาจไม่รู้สึกถึงกระแสไฟฟ้า
ประมาณ 1- 3 มิลลิแอมแปร์	รู้สึกถึงอาการเจ็บ
ประมาณ 10 มิลลิแอมแปร์	กระทบกระเทือนต่อระบบประสาท กล้ามเนื้อเกร็งหดตัว บางคนไม่สามารถปล่อยมือหลุดออกได้ (อาจเป็นอันตรายถึงชีวิต)
ประมาณ 30 มิลลิแอมแปร์	กล้ามเนื้อเกร็งหดตัวอย่างรุนแรง การหายใจเริ่มไม่ทำงานและหัวใจเริ่มเต้นผิดปกติหรือเริ่มหยุดเต้น (เป็นไปได้มากที่จะเป็นอันตรายถึงชีวิต)
ประมาณ 75 มิลลิแอมแปร์	หัวใจเต้นผิดปกติ (เป็นอันตรายถึงชีวิต)
ประมาณ 250 มิลลิแอมแปร์	หัวใจจะสั่นกระตุก (เป็นอันตรายถึงชีวิต)
ประมาณ 4 แอมแปร์	หัวใจหยุดเต้น
เกิน 5 แอมแปร์	เกิดความร้อน เนื้อไหม้ และรอยไหม้เกรียม

มาตรฐานการต่อลงดิน (Grounding หรือ Earthling)

1. มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2565
2. NEC Article 250 Grounding and Bonding
3. IEC 364-5-54 Earthling Arrangement and Protective Conductors)
4. ตามมาตรฐาน IEC 60364-3

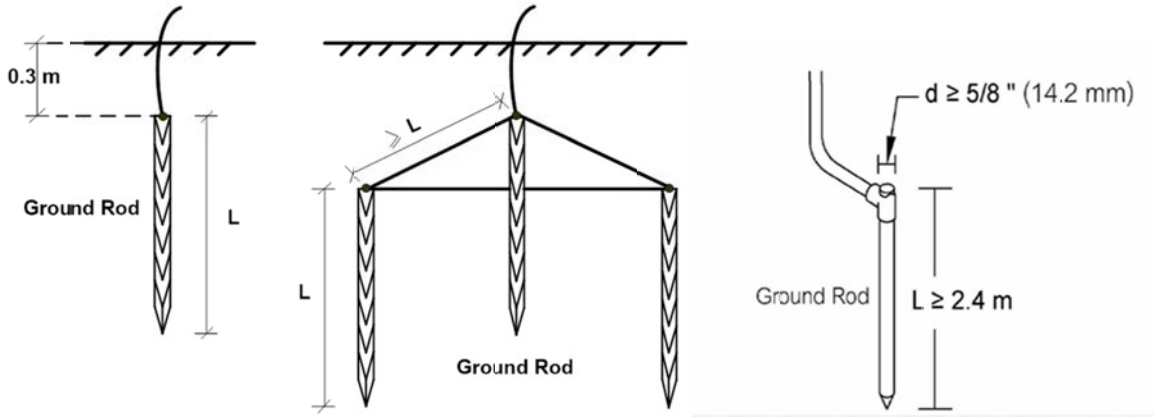
การเลือกขนาดหลักดิน สายต่อหลักดิน และสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

มาตรฐานหลักดินตาม วสท. แท่งเหล็กหุ้มด้วยทองแดง (Copperbonded Ground Rod) หรือแท่งทองแดง (Solid Copper) หรือแท่งเหล็กอาบสังกะสี (Hot Dip Galvanized Steel) ต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 5/8 นิ้ว (ขนาดโดยประมาณ 0.560 นิ้ว หรือ 14.20 มม. สำหรับแท่งเหล็กหุ้มด้วยทองแดง และ 0.625 นิ้ว หรือ 15.87 มม. สำหรับแท่งเหล็กอาบสังกะสี) ยาวไม่น้อยกว่า 2.4 เมตร เหล็กที่ใช้เป็นแกนให้ทำจาก Low Carbon Steel ที่มี Tensile Strength ขนาดไม่น้อยกว่า 600 นิวตันต่อ ตร.มม. ทองแดงที่ใช้หุ้มมีความบริสุทธิ์ 99.9% และหุ้มอย่างแนบสนิทแบบ Molecularly Boned กับแกนเหล็ก ความหนาของทองแดงที่หุ้มที่จุดใดๆต้องไม่น้อยกว่า 250 ไมโครเมตร (0.25 มม.) และต้องผ่านการทดสอบการยึดแน่น และความคงทนของทองแดงที่หุ้มด้วยวิธี Jacket Adherence Test และ Bending Test ตามมาตรฐาน UL-467 ในกรณีแท่งเหล็กอาบสังกะสีต้องมีความหนาของสังกะสีไม่น้อยกว่า 80 ไมโครเมตร (0.075 มม.)

ระบบหลักดินที่นิยมใช้

- หลักดินแบบแนวดิ่งหรือแท่งดิน (Ground Rod)
- หลักดินแบบรัศมี (Radial Electrode) เป็นหลักดินที่ตัวนำวางในแนวราบ ฝังใต้ดิน และมีคุณสมบัติดังนี้
  - ต้องฝังอยู่ในดินลึกประมาณ 0.5-1.0 m
  - ตัวนำทองแดงยาวไม่น้อยกว่า 6 m
  - ตัวนำทองแดงขนาดไม่เล็กกว่า 35 mm^2

- ดินแบบวงแหวน (Ring Electron) หลักดินแบบนี้จะฝังรอบอาคาร และมีคุณสมบัติเหมือนหลักดินแบบรัศมีคือหลักดินแบบฐานรากหรือหลักดินที่หุ้มด้วยคอนกรีต (Foundation Electrode or Concrete Encased Electrode) ถ้าใช้ตัวนำแบบเหล็กเสริมหรือแท่งเหล็ก ต้องยาวไม่น้อยกว่า 6 m. และเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 13 mm. ถ้าใช้ตัวนำทองแดงขนาดต้องไม่เล็กกว่า 25 mm^2 ยาวไม่น้อยกว่า 6 m.



ขนาดสายต่อหลักดินตามมาตรฐาน วสท.

ตารางที่ 4-1 ขนาดของสายต่อหลักดิน

ขนาดตัวนำประธาน (ตร.มม.)	ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดิน (ตร.มม)
ไม่เกิน 35	10*
เกิน 35 แต่ไม่เกิน 50	16
เกิน 50 แต่ไม่เกิน 95	25
เกิน 95 แต่ไม่เกิน 185	35
เกิน 185 แต่ไม่เกิน 300	50
เกิน 300 แต่ไม่เกิน 500	70
เกิน 500	95

THE KOP ENGINEER

ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าตามมาตรฐาน วสท.

ตารางที่ 4-2 ของวสท.
ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกินไม่เกิน (แอมแปร์)	ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง) (ตร.มม.)
20	2.5
40	4
70	6
100	10
200	16
400	25
500	35
800	50
1000	70
1250	95
2000	120
2500	185
4000	240
6000	400

สายต่อลงดินของระบบไฟฟ้า (System Ground)

สายต่อหลักดินสำหรับระบบไฟฟ้า (System Grounding) สายต่อหลักดินต้องเป็นตัวนำทองแดงเท่านั้น เป็นชนิดตัวนำเดี่ยวหรือตัวนำตีเกลียวหุ้มฉนวน และต้องเป็นตัวนำเส้นเดียวยาวตลอดไม่มีการต่อ

สายต่อหลักดินของอุปกรณ์ไฟฟ้า (Equipment Ground)

สายต่อหลักดินสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือบริภัณฑ์ (Equipment Ground) สายต่อหลักดินต้องเป็นตัวนำทองแดงเท่านั้น เป็นชนิดตัวเดี่ยวหรือตัวนำตีเกลียวหุ้มฉนวน และต้องเป็นตัวนำเส้นเดียวยาวตลอดไม่มีการต่อ ขนาดสายดินนี้กำหนดจากขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของแต่ละวงจรตามตารางที่ 4-2 การต่อลงดิน ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556

การติดตั้งและทดสอบการต่อลงดิน

1. ต้องมีการวัดค่าความต้านทานดินโดยที่ค่าความต้านทานของแต่ละจุด
   - จะต้องไม่เกิน 5 โอห์ม (สำหรับระบบไฟฟ้า และระบบป้องกันฟ้าผ่า)
   - จะต้องไม่เกิน 2 โอห์ม (สำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
2. การวัดค่าความต้านทานระหว่างหลักดินกับดิน (Principle of Earth Resistance Test)
   - วิธีวัดแบบ 3 จุด (3 Point Method or Fall of Potential Method)
   - วิธี Selectivity
   - วิธี Stakeless

การต่อสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดิน

- ไม่มีการตัดต่อใดๆทั้งสิ้น และการต่อสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดินจะต้องเป็นการต่อที่เข้าถึงได้
- ถ้าระบบหลักดินเป็นแบบฝังใต้ดินการต่อก็ไม่จำเป็นต้องเป็นแบบเข้าถึงได้ เช่น ระบบหลักดินที่ตอกลึกเข้าไปในดิน และระบบหลักดินที่ฝังตัวอยู่ในคอนกรีต เพื่อการวัดความต้านทานดิน และบำรุงรักษาควรต่อหลักดินเข้ากับ Grounding Pit

หน้าที่ของหลักดิน

- ทำให้เกิดการต่อถึงกันอย่างดีระหว่างเดินสาย และส่วนที่เป็นโลหะที่ไม่มีกระแสไหลผ่าน เพื่อให้ส่วนโลหะเหล่านี้มีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ที่ระดับดิน
- เพื่อให้เป็นทางผ่านเข้าสู่ดินอย่างสะดวกสำหรับอิเล็กตรอนจำนวนมากในกรณีที่เกิดฟ้าผ่าหรือแรงดันเกิน
- เพื่อถ่ายทอดกระแสรั่วไหล หรือกระแสที่เกิดจากไฟฟ้าสถิตลงสู่ดิน

พนม เกิดโชค สก.3973
ผู้จัดการโครงการ
งานบริหารงานก่อสร้าง

การก่อสร้างระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟ และ โถงลิฟต์ดับเพลิง

ปัจจุบันระบบที่เกี่ยวข้องกับด้านความปลอดภัยของอาคารสูง และอาคารขนาดใหญ่พิเศษตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 กำหนดให้อาคารต้องมีระบบอัดอากาศเพื่อควบคุมควันไฟสำหรับบันไดหนีไฟและโถงลิฟต์ดับเพลิง สำหรับประเทศไทยจะอ้างอิงตามข้อกำหนดทางกฎหมายและมาตรฐานดังนี้

- พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522
- กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4407 (พ.ศ. 2555) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ข้อกำหนดในการป้องกันอัคคีภัย เล่ม 6 ระบบอัดอากาศเพื่อควบคุมควันไฟ และข้อกำหนดในการป้องกันอัคคีภัย เล่ม 2 ประตูทนไฟและชุดแผ่นปรับลมสำหรับช่องเปิด
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3 พ.ศ. 2556 เรื่อง การตรวจสอบระบบควบคุมไฟและระบบอัดอากาศที่บันไดหนีไฟ
- มาตรฐานสากล เช่น ASHREA, NFPA

ทั้งนี้การกำหนดให้ต้องมีระบบดังกล่าวเพื่อให้ผู้ที่เข้าไปใช้ประโยชน์ในการอยู่อาศัยหรือประกอบกิจการในพื้นที่อาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษเหล่านี้ มีความปลอดภัยสำหรับการอพยพออกจากอาคารในกรณีเพลิงไหม้ หรืออำนวยความสะดวกให้เจ้าพนักงานดับเพลิงเข้าปฏิบัติงาน อีกทั้งอาจลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับชีวิตหรือทรัพย์สิน สำหรับเนื้อหาในบทความนี้ผู้เขียนจะมุ่งเน้นไปในส่วนการก่อสร้างและการทดสอบการทำงานของระบบอัดอากาศ เพื่อให้สามารถส่งมอบให้กับเจ้าของโครงการหรือวิศวกรที่ควบคุมอาคาร ตลอดจนเป็นแนวทางอ้างอิงในการตรวจและทดสอบระบบอาคารตลอดช่วงระยะเวลาในการใช้อาคาร

แนวทางการก่อสร้างระบบอัดอากาศ มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: ตรวจสอบแบบและรายการคำนวณ

ขั้นตอนที่ 2: ตรวจสอบรายการวัสดุที่นำมาใช้ประกอบระบบ

ขั้นตอนที่ 3: ระบบไฟฟ้าและระบบควบคุม
ขั้นตอนที่ 4: การตรวจสอบการติดตั้งและทดสอบระบบ
ขั้นตอนที่ 5: ปัญหาและแนวทางแก้ไข

ขั้นตอนที่ 1: ตรวจสอบแบบและรายการคำนวณ

ต้องระบบอัดอากาศเพื่อควบคุมควันไฟมีสำหรับอาคารสูง (ความสูงตั้งแต่ 23 เมตรขึ้นไป) สำหรับบันไดหนีไฟและโถงลิฟต์ดับเพลิง หรือ อาคารขนาดใหญ่พิเศษ (พื้นที่มากกว่า 10,000 ตร.ม.) ที่มีพื้นอาคารส่วนที่ต่ำกว่าระดับถนนหน้าอาคารตั้งแต่ชั้นที่ 3 ลงไปหรือต่ำกว่าระดับถนนหน้าอาคารตั้งแต่ 7 เมตรลงไป และอาคารดังกล่าวไม่สามารถระบายควันไฟได้ด้วยวิธีธรรมชาติ ในการออกแบบสถาปนิกและวิศวกรผู้ออกแบบอาคารต้องคำนึงถึงวิธีที่จะสามารถลำเลียงคนจำนวนมาก ให้สามารถหนีออกจากอาคารได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัยในขณะเกิดเหตุเพลิงไหม้ นอกจากนั้นแล้วยังต้องคำนึงถึงวิธีการที่พนักงานดับเพลิงจะสามารถเข้าระงับเหตุในชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ได้อย่างรวดเร็ว และมีความปลอดภัยต่อตัวพนักงานดับเพลิง

1.1 การตรวจสอบแบบ

1.1.1 โถงบันไดหนีไฟ: ให้ตรวจสอบวัสดุที่ใช้ก่อสร้างเพื่อตรวจสอบอัตราการทดไฟของโถงบันไดตลอดเส้นทางที่นำออกสู่ตัวอาคาร เช่น ผนัง พื้น เพดาน ช่องเปิดต่างๆ

1.1.2 ประตูกันไฟ: จะต่อเชื่อมกับโถงบันไดชั้นต่างๆ ของอาคาร โดยทั่วไปประตูจะเปิดได้ทางเดียวคือเปิดเข้าสู่โถงบันไดหนีไฟเท่านั้น ยกเว้นชั้นบนสุด (ทางหนีไฟทางอากาศ) และชั้นล่างสุดหรือชั้นที่กำหนดให้เป็นทางออกสุดท้ายของตัวอาคาร และต้องติดตั้งอุปกรณ์ดึงประตูกลับด้วยตัวเอง (Door Closer) ต้องติดตั้งอุปกรณ์บาร์พลักประตูฉุกเฉินและมีสลักยึดประตู (Self Latching) ให้ปิดสนิท โดยแรงที่ใช้การปลดสลักต้องไม่เกิน 67 N (6.83 kg.) และแรงดึงรวมที่ใช้ในการผลักเปิดประตูต้องไม่เกิน 133 N (13.56 kg.) กรณีที่ออกแบบให้เปิดประตูค้าง มีอุปกรณ์ดึงเปิดด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า ประตูจะต้องปิดอัตโนมัติเมื่ออุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ทำงาน (Fire Alarm System)

1.1.3 หลอดไฟแสงสว่าง/ป้ายไฟแสดงชั้นหรือทางออกฉุกเฉิน ตลอดทางเดินในโถงบันได

1.2 รายการคำนวณ: ให้ตรวจสอบ/ทบทวนรายการคำนวณระบบอัดอากาศว่าสอดคล้องกับแบบการก่อสร้างจริง หรือมีการแก้ไขเพิ่มเติมของงานสถาปัตยกรรมหรือไม่

1.2.1 ตรวจสอบรายการคำนวณ

1.2.1.1 สูตรที่ 1: รายการคำนวณปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าสู่โถงบันไดหนีไฟ

$Q = ac + bN$

เมื่อ

Q คือ ปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าสู่บันไดหนีไฟ หน่วย ลบ.ม./วินาที

a คือ อัตราการไหลของอากาศผ่านประตูที่เปิดค้างสู่ภายนอก 7.08 ลบ.ม./วินาทีต่อ 1 ประตู

c คือ จำนวนประตูที่เปิดค้างสู่ภายนอก

b คือ อัตราการไหลของอากาศผ่านรอยรั่วของผนังและประตูของบันไดหนีไฟ 0.094 ลบ.ม./วินาที ต่อชั้น

N คือ จำนวนชั้นของอาคาร

ข้อกำหนดในการออกแบบ (กรณีโถงบันไดหนีไฟ)

a) ความดันแตกต่างของอากาศภายในบันไดหนีไฟกับความดันอากาศภายในพื้นที่เกิดควัน ภายในอาคารในระดับชั้นเดียวกันในทุกกรณีต้องไม่ต่ำกว่า 38 Pa

b) กรณีที่ประตูบันไดหนีไฟปิดหมดทุกบานและพัดลมอัดอากาศทำงาน ค่าความดันแตกต่างต้องไม่เกินตามตารางที่ 1 โดยแรงที่ใช้ในการเปิดประตูต้องไม่เกิน 133 N (13.56 kg.) (แรงดันลม + Door Closer + ความฝืด + อื่นๆ)

ตารางที่ 1 ความดันแตกต่างสูงสุดตกคร่อมประตู

(ข้อ 4.1.1.1 (1), ข้อ 4.5.4.1(2) (2.1) (2.2) (2.3) (2.4), ข้อ 4.5.4.1 (3) (3.2) (3.3), ข้อ 5.4.1.3 (5), ข้อ 5.4.2.2 (1.3), ข้อ 5.4.2.3(4), ข้อ 5.5.1.2 (2) และ ข้อ 5.5.2.1 (1.3) (2.4))

แรงจากอุปกรณ์ดึงประตูปิดกลับด้วยตัวเอง (N)	ความดันแตกต่างสูงสุดตกคร่อมประตูที่ความกว้างของประตู (Pa)				
	0.8 m	0.9 m	1.0 m	1.1 m	1.2 m
26.4	112	100	92	85	77
35.2	102	92	85	77	70
44.0	92	85	75	70	65
52.8	85	75	67	62	57
61.6	75	67	60	55	52

การทดสอบแรงที่ใช้ในการเปิดประตูทำโดยให้แรง 133 N กระทำที่ตำแหน่งห่างจากขอบประตูด้านตรงข้ามบานพับ 7.5 cm และคำนวณโดยใช้ความสูงของประตู 2.0 m

กรณีประตูบันไดเปิดค้าง ชั้นบนและชั้นล่างที่ติดกับชั้นที่ประตูเปิดค้างไว้ต้องมีความดันแตกต่างไม่ต่ำกว่า 12.5 Pa ส่วนชั้นอื่นๆ ก็ต้องไม่ต่ำกว่า 38 Pa

c) ระบบอัดอากาศแบบจุดเดียว: ใช้กับอาคารที่มีความสูงไม่เกิน 23 เมตร และตำแหน่งพัดลมอัดอากาศต้องห่างจากประตูบานที่ออกแบบให้เปิดค้างไม่น้อยกว่า 11 เมตร หรือไม่น้อยกว่า 3 ชั้น

d) ระบบอัดอากาศแบบหลายจุด: ใช้ได้กับอาคารไม่จำกัดความสูง และตำแหน่งช่องนำอากาศเข้าแต่ละจุดต้องห่างกันไม่เกิน 3 ชั้น

e) ตำแหน่งช่องลมจากภายนอกเพื่อเข้าสู่ระบบอัดอากาศต้องแยกห่างจากช่องระบายอากาศทั่วไป/ช่องระบายควันไฟ และต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันในท่อทางลมเข้าระบบอัดอากาศด้วย

1.2.1.2 สูตรที่ 2: รายการคำนวณปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าสู่โถงลิฟต์ดับเพลิง

$Q = ac + bN$

เมื่อ

Q คือ ปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าสู่โถงลิฟต์ดับเพลิง หน่วย ลบ.ม./วินาที

a คือ อัตราการไหลของอากาศผ่านประตูที่เปิดค้างสู่ภายนอก 7.08 ลบ.ม./วินาทีต่อ 1 ประตู

c คือ จำนวนประตูที่เปิดค้างสู่ภายนอก

b คือ อัตราการไหลของอากาศผ่านรอยรั่วของผนังและประตูของโถงลิฟต์ 0.142 ลบ.ม./วินาที ต่อชั้น

N คือ จำนวนชั้นของอาคาร

หมายเหตุ: สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเพิ่มเติมที่สำคัญคืออัตราการรั่วของอากาศที่ผ่านประตูลิฟต์ขณะที่ประตูลิฟต์เปิดค้างและการรั่วที่เกิดขึ้นที่ตัวปล่องลิฟต์บริเวณพื้นห้องเครื่องลิฟต์ ถ้ามีอัตรารั่วที่มากเกินไปอาจส่งผลกับแรงดันของระบบอัดอากาศในโถงลิฟต์ได้ (ทั่วๆไปเราจะกำหนดให้ลิฟต์ดับเพลิงมาจอดชั้นล่าง ที่เปิดสู่ภายนอกอาคารและเปิดประตูค้างไว้ เมื่อต้องการใช้งานจะต้องมีกุญแจเพื่อเปิดการใช้งานกรณีใช้เพื่อการดับเพลิง)

ข้อกำหนดในการออกแบบ (กรณีโถงลิฟต์ดับเพลิง)

a) ระบบอัดอากาศสำหรับโถงลิฟต์ดับเพลิง ต้องก่อสร้างแยกจากระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟ

b) ความดันแตกต่างของอากาศภายในบันไดหนีไฟกับความดันอากาศภายในพื้นที่เกิดควันภายในอาคารในระดับชั้นเดียวกัน ในทุกกรณีต้องไม่ต่ำกว่า 38 Pa

c) กรณีที่ประตูบันไดหนีไฟปิดหมดทุกบานและพัดลมอัดอากาศทำงาน โดยแรงที่ใช้ในการเปิดประตูต้องไม่เกิน 133 N (13.56 kg.): แรงดันลม + Door Closer + ความฝืด + อื่นๆ

หมายเหตุ: ค่ากำหนดเดียวกัน

ขั้นตอนที่ 2: ตรวจสอบรายการวัสดุที่นำมาใช้ประกอบระบบ

2.1 พัดลมและมอเตอร์

พัดลมที่นำมาใช้ต้องมีอัตราการจ่ายลมไม่ต่ำกว่ารายการคำนวณและมีความดันสถิตพอเพียงกับการใช้งานตามการออกแบบ สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องเมื่อเกิดเพลิงไหม้

ห้ามติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันภาระเกิน (Overload Protection)

มอเตอร์ที่นำมาใช้งานต้องเป็นแบบมิดชิด หรือแบบมิดชิดมีพัดลมระบายความร้อนในตัว (Totally Enclosed/Totally Enclosed Fan Cooled) ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 50 HZ. กรณีชุดขับเคลื่อนเป็นแบบขับตรงต้องปรับแต่งปริมาณลมและความดันได้ โดยมีชุดปรับรอบของมอเตอร์ (Variable Speed Drive) หรือถ้าเป็นพัดลมชนิดไหลตามแนวแกนหรือพัดลมไหลแบบผสมก็ต้องเลือกชนิดของใบพัดเป็นแบบปรับมุมได้ (Adjustable pitch) อัตราการอัดอากาศที่ความดันสถิตนั้นๆ ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน AMCA Publication 212-07

2.2 ห้องพัดลมต้องมีไฟแสงสว่างฉุกเฉิน มีความสว่างไม่น้อยกว่า 10 Lx และมีระยะเวลาส่องสว่างไม่น้อยกว่า 2 ชม.ตัวพัดลมต้องอยู่ในห้องหรือผนังที่สามารถทนไฟได้ไม่น้อยกว่า 2 ชม.

2.3 ท่อลมสำหรับระบบอัดอากาศ

- ความเร็วของอากาศภายในช่องท่อนำอากาศอัดต้องไม่เกิน 12.5 เมตร/วินาที
- ความเร็วของลมที่จ่ายออกจากช่องลมในโถงบันไดต้องไม่เกิน 7.5 เมตร/วินาที
- ความเร็วของลมที่ผ่านประตูที่เปิด (1 บาน) อยู่ระหว่าง 0.8 - 2.0 เมตร/วินาที
- ปากทางดูดของพัดลมต้องติดตั้งตะแกรงป้องกัน (Inlet Screen)
- ท่อลมต้องมีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชม.
- การติดตั้งท่อลมต้องเป็นไปตามมาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทยหรือ SMACNA Second Edition-1995
- ช่องดูดลมระบบอัดอากาศต้องห่างจากปล่องระบายควันอย่างน้อย 15 เมตร หรือระดับต่ำกว่าไม่น้อยกว่า 3 เมตร
- ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันบริเวณทางดูดของพัดลม

2.4 ลิ้นกันไฟ (Fire Damper)

- ติดตั้งในช่องเปิดหรือท่อลมที่ผ่านแนวผนังกันไฟ มีอัตราการทนไฟไม่ต่ำกว่า 2 ชม. หรือไม่น้อยกว่าอัตราการทนไฟของผนังที่กำหนด
- ฟิวส์ที่ใช้ควบคุมลิ้นกันไฟควรมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 74˚C
- ลิ้นกันไฟ ลิ้นกันควัน สำหรับช่องเปิดให้เป็นไปตาม มอก. 2541 เล่ม 2

ขั้นตอนที่ 3: ระบบไฟฟ้าและระบบควบคุม

3.1 ต้องควบคุมแรงดันในระบบให้ไม่น้อยกว่า 38 Pa และใช้แรงในการเปิดประตูรวมไม่เกิน 133 N (13.56 kg.)

3.2 ระบบอัดอากาศต้องทำงานได้อย่างอัตโนมัติร่วมกับระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm System) หรือระบบสั่งการด้วยมือต้องสามารถทำงานได้ภายในเวลา 10 วินาที

3.3 ต้องมีแผงควบคุมการทำงานของระบบสั่งการด้วยมือติดตั้งในห้องควบคุมการดับเพลิงของอาคาร โดยแสดงสถานะการทำงานต่างๆ ครบถ้วน

3.4 การแสดงสถานะการทำงาน (เปิด/พัดลมหมุน) ต้องมาจากการตรวจวัดการไหลของลมจริงเท่านั้น

3.5 ระบบสายไฟฟ้า/สายควบคุม และอุปกรณ์ในระบบทั้งหมดต้องทนไฟไม่น้อยกว่า 1.5 ชม. และต้องรับไฟฟ้ามาจากระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน

3.6 กรณีที่เลือกใช้ VSD สำหรับมอเตอร์ ต้องเลือกใช้ที่ระบุว่าสามารถใช้กับระบบอัดอากาศโถงบันไดหนีไฟ/โถงลิฟต์ดับเพลิง เนื่องจากต้องสามารถทำงานได้ที่ช่วงกระแสมอเตอร์เกินภาระทางไฟฟ้า (ขณะมอเตอร์ Overload ตัว VSD ต้องไม่ตัดการทำงาน)

ขั้นตอนที่ 4: การตรวจสอบการติดตั้งและทดสอบระบบ

4.1 ตรวจสอบส่วนประกอบทางกายภาพของโถงบันไดหนีไฟ/ โถงลิฟต์ดับเพลิง/ปล่องจ่ายอากาศ ให้ตรวจสอบการรั่วและผิวภายในปล่องว่ามีความเรียบเหมาะสม/ไม่มีวัสดุกีดขวางทางลม และสามารถให้ลมไหลได้ตลอดแนวปล่อง

4.2 ประตูและอุปกรณ์ดึงกลับด้วยตัวเอง สามารถทำงานได้อย่างปกติไม่ติดขัด และสามารถดึงกลับมาปิดประตูได้อย่างสนิท (ปิดสนิทได้เมื่อไม่เดินพัดลมระบบอัดอากาศ) ใช้แรงเปิดประตูไม่ควรเกิน 67 N และการรั่วรอบๆ วงกบประตู โดยเฉพาะที่ธรณีประตูมักจะพบว่ามีการรั่วมากกว่าที่ระบุไว้ อาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้แรงดันในระบบไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

4.3 การรั่วของลมที่ตำแหน่งฝ้าเพดานหรือผนัง ฉากกั้น ช่องกระจกที่เป็นส่วนของโถงทางเดินหนีไฟซึ่งมีระบบอัดอากาศทำงานอยู่

4.4 เครื่องมือที่นำมาใช้ในการวัดผลทดสอบต่างๆ ต้องได้รับใบรับรองการสอบเทียบ

4.5 ทดสอบการทำงานของระบบสั่งการของตู้ควบคุมที่ตำแหน่งติดตั้งพัดลมและที่ตู้ควบคุม (Remote) ในห้องควบคุมสั่งการเหตุฉุกเฉินของอาคาร

4.6 ทดสอบการรับคำสั่งงานจากระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm)

4.7 ทดสอบเปิดใช้งานพัดลมอัดอากาศ และวัดค่าต่างๆ ในส่วนงานไฟฟ้าอุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้าต่างๆ

4.8 ทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับควันในท่อลมหลัก (Smoke Detector)

4.9 ปรับแต่งค่าลมของพัดลมอัดอากาศให้เป็นไปตามรายการคำนวณ ปรับการกระจายลมไปยังหัวจ่ายในจุดต่างๆ ในแต่ละชั้นให้เป็นไปตามที่กำหนด

4.10 ปิดประตูทั้งหมด ปรับตั้งแรงดันที่ตัวควบคุมแรงดันลม (Pressure Relief Damper) ไม่ควรเกิน 90 Pa สำหรับโถงบันไดหนีไฟ และไม่ควรเกิน 250 Pa สำหรับโถงลิฟต์ดับเพลิง

4.11 วัดความเร็วลมที่ท่อลม/ปล่องลมหลักและจุดหัวกระจายลม

4.12 วัดค่าแรงดันตกคร่อม/ค่าแรงดึงประตู

4.13 วัดค่าความเร็วลมที่ผ่านประตูกรณีเปิดค้างไว้ที่ชั้นเกิดเหตุ

4.14 กรณีค่าที่ได้ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก็ให้ปรับตั้งแก้ไขแล้วดำเนินการตรวจวัดใหม่ทั้งหมด และบันทึกค่า (แนบรูปถ่ายผลการตรวจวัดด้วย)

หมายเหตุ: ให้อ้างอิงตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ข้อกำหนดในการป้องกันอัคคีภัย เล่ม 6 ระบบอัดอากาศเพื่อควบคุมควันไฟ

ขั้นตอนที่ 5: บัญหาและแนวทางแก้ไข

จากประสบการณ์ที่ได้ทำการติดตั้งหรือปรับปรุงระบบอัดอากาศสำหรับโถงทางหนีไฟและโถงลิฟต์ดับเพลิง มักจะพบปัญหาค่าความดันตกคร่อมระหว่างโถงบันไดหนีไฟหรือโถงลิฟต์ดับเพลิงกับภายในชั้นแต่ละชั้น ไม่สามารถผ่านข้อกำหนดได้ทุกชั้น โดยชั้นที่มีการรั่วของลมมากเกินไปเมื่อทำการวัดแล้วก็ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ถึงแม้จะปรับลมที่หัวจ่ายใกล้ที่สุดให้มีปริมาณการจ่ายมากกว่าที่กำหนดแล้วก็ตาม จึงขอให้มุ่งเน้นเรื่องการตรวจสอบการรั่วของลมในจุดต่างๆ ตลอดแนวปล่องบันไดหนีไฟหรือลิฟต์ดับเพลิง หรืออาจพบว่าค่าแรงดันมีสูงเกินค่ากำหนดเนื่องจากไม่สามารถระบายแรงดันลมได้เพียงพอจากการเลือกอุปกรณ์ Pressure Relief Damper ไม่เหมาะสม ทั้งนี้แต่ละโครงการอาจมีปัญหาอื่นๆ อีก แต่ก็ให้แก้ไขปัญหาโดยใช้แนวทางพื้นฐานด้านกลศาสตร์ของไหล ก็จะสามารถหาสาเหตุของปัญหาและนำไปสู่การแก้ไขปัญหาได้

บทสรุป

สิ่งที่สำคัญที่สุดในการก่อสร้างระบบอัดอากาศโถงบันไดทางหนีไฟและโถงลิฟต์ดับเพลิงคือการคำนวณและกำหนดขนาดของพัดลมอัดอากาศ ตลอดจนควบคุมการก่อสร้างให้การกระจายลม/ปรับแต่งแรงดันลมในระบบให้เหมาะสม ถ้าการรั่วของลมในโถงไม่มากเกินไปก็จะสามารถดำเนินการทดสอบปรับตั้งได้ เป็นไปตามมาตรฐานและถูกต้องตามหลักวิศวกรรม

เอกสารอ้างอิง

1. พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522
2. กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535)
3. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4407 (พ.ศ. 2555) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่องกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ข้อกำหนดในการป้องกันอัคคีภัย เล่ม 6 ระบบอัดอากาศเพื่อควบคุมควันไฟ
4. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4407 (พ.ศ. 2555) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่องกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ข้อกำหนดในการป้องกันอัคคีภัย เล่ม 2 ประตูทนไฟและชุดแผ่นปรับลมช่องเปิด
5. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3 พ.ศ. 2556 เรื่อง การตรวจสอบระบบควบคุมไฟและระบบอัดอากาศที่บันไดหนีไฟ
6. NFPA 90A Standard for the Installation of Air-Conditioning Ventilating Systems
7. NFPA 92: Standard for Smoke Control Systems
8. NFPA 101 Lift Safety Code by National Fire Protection Association

วีระศักดิ์ สวัสดิ์วงศ์ สฟก.3304
ผู้จัดการโครงการอาวุโส
ฝ่ายพลังงาน

กฎหมายด้านการตรวจสอบระบบไฟฟ้าประจำปี

การตรวจสอบระบบไฟฟ้าประจำปีในสถานประกอบกิจการเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องปฏิบัติ เพื่อช่วยให้ทราบถึงสภาพความพร้อมของระบบไฟฟ้า และบริภัณฑ์ที่เกี่ยวกับไฟฟ้าว่ามีสภาพอย่างไร พร้อมใช้งานหรือไม่ หรือหากมีอุปกรณ์เสื่อมสภาพก็จะสามารถเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่ได้ทันที ก่อนที่จะมีเหตุการณ์ไม่คาดคิดเกิดขึ้น เนื่องจากระบบไฟฟ้าเป็นระบบที่สำคัญต่อการดำเนินธุรกิจเป็นอย่างมาก หากมีเหตุขัดข้องจากระบบไฟฟ้าเกิดขึ้น ย่อมส่งผลให้เกิดความเสียหายทั้งในเชิงธุรกิจ และในด้านความปลอดภัย ซึ่งหากเราไม่มีการตรวจสอบระบบไฟฟ้าประจำปี อาจทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจร ส่งผลให้เกิดความเสียหายเป็นวงกว้าง จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการตรวจสอบเป็นประจำทุกปี เพื่อให้ทราบว่าระบบไฟฟ้าของสถานประกอบกิจการอยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานและสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย ซึ่งปัจจุบันมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบระบบไฟฟ้าจำนวน 2 ฉบับ คือ

1. กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้า พ.ศ. 2558 ภายใต้พระราชบัญญัติ ความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2554 (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน)

2. กฎกระทรวง กำหนดมาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าในโรงงาน พ.ศ. 2550 การตรวจสอบระบบไฟฟ้าตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม)

สาระสำคัญของกฎหมายทั้ง 2 ฉบับ มีดังนี้

กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้า พ.ศ. 2558	กฎกระทรวง กำหนดมาตรการความปลอดภัย เกี่ยวกับระบบไฟฟ้าในโรงงาน พ.ศ. 2550
ข้อ 12 นายจ้างต้องจัดให้มีการตรวจสอบและจัดให้มีการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้าเพื่อให้ใช้งานได้อย่างปลอดภัย และให้บุคคลที่ขึ้นทะเบียนตามมาตรา 9 หรือนิติบุคคลที่ได้รับใบอนุญาตตามมาตรา 11 แห่งพระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2554 แล้วแต่กรณี เป็นผู้จัดทำบันทึกผลการตรวจสอบและรับรองไว้ เพื่อให้พนักงานตรวจความปลอดภัยตรวจสอบ ทั้งนี้ ตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขที่อธิบดีประกาศกำหนด • <u>ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์วิธีการ และเงื่อนไขการจัดทำบันทึกผลการตรวจสอบและรับรองระบบไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้า</u> **ข้อ 2** ให้นายจ้างจัดให้มีการตรวจสอบและจัดให้มีการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้าของสถานประกอบกิจการ เพื่อให้ใช้งานได้อย่างปลอดภัยอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง และจัดทำบันทึกผลการตรวจสอบ และรับรองระบบไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้าตามแบบท้ายประกาศนี้ กรณีนายจ้างได้ดำเนินการตรวจสอบและรับรองระบบไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้าตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน หรือกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร โดยมีวิศวกรไฟฟ้าเป็นผู้บันทึกผลการตรวจสอบ ให้ถือว่าเป็นการตรวจสอบและรับรองระบบไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้าตามประกาศฉบับนี้ ทั้งนี้ผู้จัดทำบันทึกผลการตรวจสอบและรับรองต้องเป็นบุคคลที่ขึ้นทะเบียนตามมาตรา 9 หรือเป็นนิติบุคคลที่ได้รับใบอนุญาตตามมาตรา 11 แห่งพระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2544 แล้วแต่กรณี **ข้อ 3** ให้นายจ้างแจ้งผลการตรวจสอบและรับรองระบบไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้าต่อพนักงานตรวจความปลอดภัยในเขตพื้นที่รับผิดชอบภายใน 15 วันนับแต่วันที่ตรวจสอบ	**ข้อ 1(4)** “การตรวจสอบระบบไฟฟ้าในโรงงาน” หมายความว่า การตรวจสอบ การทดสอบ การตรวจทดสอบการศึกษาหรือค้นคว้า การวิเคราะห์ การหาข้อมูลหรือสถิติต่างๆ เพื่อเป็นหลักเกณฑ์หรือเป็นประโยชน์ประกอบการพิจารณาด้านความปลอดภัยเกี่ยวกับการผลิต การส่งหรือเพื่อส่ง การจ่ายหรือเพื่อจ่าย การใช้หรือการซ่อมระบบไฟฟ้าในโรงงาน “วิศวกร” หมายความว่า บุคคลธรรมดาหรือนิติบุคคลซึ่งได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมสาขาไฟฟ้าตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร **ข้อ 5** ผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องจัดให้มีการตรวจสอบระบบไฟฟ้าในโรงงานและรับรองความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าในโรงงานเป็นประจำทุกปีโดยวิศวกรหรือบุคคลอื่นที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา โดยการตรวจสอบและรับรองดังกล่าวต้องจัดให้มีเอกสารเป็นหลักฐาน การจัดให้มีเอกสารตามวรรคหนึ่งให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์วิธีการ และเงื่อนไขที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา ในกรณีที่มีเหตุอันควร รัฐมนตรีจะประกาศในราชกิจจานุเบกษากำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการตรวจสอบระบบไฟฟ้าในโรงงานและรับรองความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าในโรงงานตามวรรคหนึ่งก็ได้ การตรวจสอบระบบไฟฟ้าในโรงงานและรับรองความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าในโรงงานที่จัดอยู่ในประเภทอาคาร ที่ต้องจัดให้มีผู้ตรวจสอบตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารให้เป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยการนั้น และให้ถือว่าผู้ประกอบกิจการโรงงานที่ได้จัดให้มีผู้ตรวจสอบนั้นได้ดำเนินการตามวรรคหนึ่งแล้ว

เมื่อศึกษาจากกฎหมายทั้ง 2 ฉบับ ได้กำหนดให้มีการตรวจสอบและรับรองระบบไฟฟ้าอย่างน้อย 1 ครั้ง/ปี ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยและความพร้อมของระบบไฟฟ้า

การตรวจไฟฟ้าประจำปี ต้องตรวจอะไรบ้าง

ข้อกำหนดของกฎหมายกำหนดให้วิศวกรไฟฟ้าที่ขึ้นทะเบียนตามมาตรา 9 หรือ 11 กับกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานเป็นผู้ดำเนินการตรวจสอบ และส่วนของกรมโรงงานให้วิศวกรไฟฟ้าเป็นผู้ตรวจสอบ โดยกฎหมายทั้ง 2 ฉบับมีจุดประสงค์เพื่อตรวจสอบสภาพทั่วไปของระบบไฟฟ้าทั่วไป เป็นการตรวจอย่างง่าย อย่างไรก็ตาม วิศวกรต้องเป็นผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับอันตรายจากไฟฟ้าและการป้องกันเป็นอย่างดี และจำเป็นต้องมีเครื่องมือช่วยตรวจสอบ เช่น กล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermo Scan) เครื่องทดสอบความต้านหลักดินของระบบไฟฟ้า และเครื่องวัดความเข้มแสง (Lux Light Meter) ฯลฯ โดยควรมีอุปกรณ์ตรวจสอบอย่างน้อยตามแบบฟอร์มบันทึกประกาศของกฎหมายทั้ง 2 ฉบับ ดังนี้

ลำดับ	อุปกรณ์	รายการตรวจสอบ
1	แรงสูง	• สายอากาศ • การติดตั้งเครื่องปลดวงจรต้นทาง (ส่วนของผู้ใช้ไฟ) • อื่นๆ
2	หม้อแปลง	• พิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า • การติดตั้ง/Single Line Diagram • เครื่องป้องกันกระแสเกินด้านไฟเข้า • การต่อสายแรงต่ำและแรงสูงที่หม้อแปลง • การติดตั้งล่อฟ้าแรงสูง (Lightning Arrester) • การติดตั้งดรอปฟิวส์คัตเอาท์ • การป้องกันการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้า • สายดินกับตัวถังหม้อแปลงและล่อฟ้าแรงสูง • สายดินของหม้อแปลง • สภาพภายนอกหม้อแปลง • สภาพแวดล้อมหม้อแปลง • อื่นๆ
3	ตู้เมนสวิตช์	• ลักษณะติดตั้ง/สภาพทั่วไป • เครื่องป้องกันกระแสเกิน • สายดินของแผงสวิตช์
4	แรงต่ำภายในอาคาร	• อุณหภูมิของอุปกรณ์ • อื่นๆ • วงจรเมน (Main Circuit) • แผงย่อย
5	บริภัณฑ์ไฟฟ้า	• การติดตั้ง • สภาพภายนอก • อื่นๆ

ข้อดีของการตรวจสอบระบบไฟฟ้าประจำปี

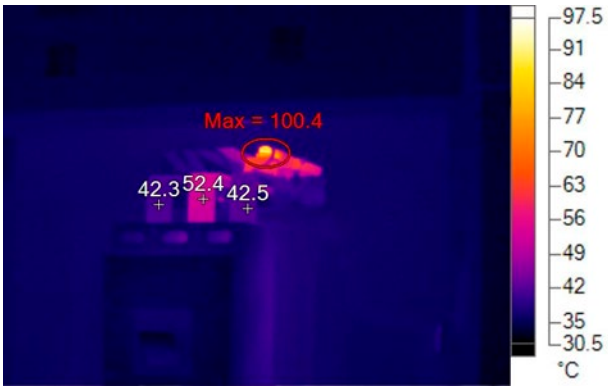
1. ปฏิบัติได้ถูกต้องตามกฎหมาย
2. ทำให้มั่นใจว่าระบบไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้าสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย
3. ทำให้มั่นใจว่าผู้ใช้งานภายในอาคาร/โรงงาน มีความปลอดภัยในการทำงาน
4. ทำให้รู้ก่อนเกิดเหตุหากมีอุปกรณ์ไฟฟ้าเสื่อมสภาพ
5. กระบวนการผลิตไม่หยุดชะงักเนื่องจากระบบไฟฟ้าขัดข้อง
6. วางแผนเพื่อซ่อมบำรุงได้ก่อนเกิดเหตุไฟฟ้าดับกะทันหัน Break Down
7. ป้องกันการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร

การตรวจสอบระบบไฟฟ้าต้องดำเนินการอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง เพื่อตรวจสอบสภาพความพร้อมของระบบไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้าว่ายังอยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานหรือไม่ หากพบว่ามีอุปกรณ์ที่เสื่อมสภาพจะได้รีบแก้ไขให้สามารถใช้งานได้ปกติและปลอดภัย โดยการตรวจสอบต้องให้วิศวกรที่ขึ้นทะเบียนตามมาตรา 9 หรือ 11 กับกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานเป็นผู้ดำเนินการตรวจสอบ และส่วนของกรมโรงงานให้วิศวกรไฟฟ้าเป็นผู้ตรวจสอบ ในการนี้ บริษัท มิตรเทคนิคัลคอนซัลแท้นท์ จำกัด ได้ขึ้นทะเบียนเป็นนิติบุคคลผู้ให้บริการตรวจสอบและรับรองระบบไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้า ตามมาตรา 11 รวมถึงมีความพร้อมด้านเครื่องมือตรวจสอบที่ผ่านการสอบเทียบ

ทดสอบความต้านหลักดินของระบบไฟฟ้า

ตรวจสอบการต่อสายดินตู้น้ำดื่ม

ตรวจสอบตู้ MDB



ตรวจสอบพบน็อตยึด Bus bar หลวม ก่อนเข้า Circuit Breaker

ปิยะ ชื่นชม สฟก.6288
ผู้จัดการโครงการอาวุโส
ฝ่ายพลังงาน

การประหยัดพลังงาน ในอาคาร

อาคารประหยัดพลังงาน คืออาคารที่ได้ออกแบบ ได้มีการดำเนินการที่ช่วยลดการใช้พลังงาน (ไฟฟ้า หรือเชื้อเพลิง) หรือใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นอาคารใดๆ จะเป็นอาคารประหยัดพลังงานหรือไม่ ลองเปรียบเทียบกับหัวข้อในบทความนี้

อ้างถึง พรบ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ฉบับแก้ไขปรับปรุง พ.ศ. 2550) “หมวดที่ 2 การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร” ประกอบไปด้วย

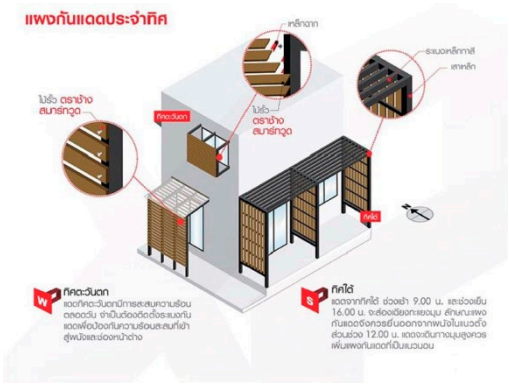
1. การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคาร
2. การปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม
3. การใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่จะช่วยอนุรักษ์พลังงาน ตลอดจนการแสดงคุณภาพของวัสดุก่อสร้างนั้นๆ
4. การใช้แสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ
5. การใช้และการติดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์และวัสดุที่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร
6. การใช้ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์
7. การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

70 DEDE 2023

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

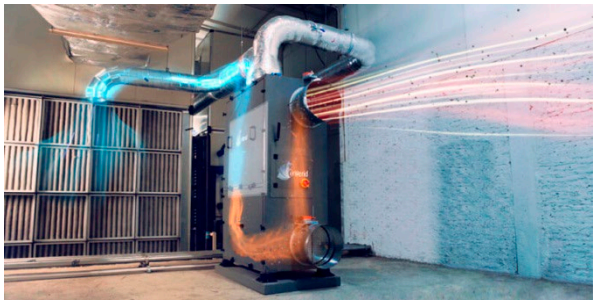
จากทั้ง 7 ข้อข้างต้น หากอาคารได้มีการออกแบบ หรือได้ดำเนินการสอดคล้องทั้ง 7 ข้อ (หรือบางข้อ) ก็ถือได้ว่ามีการประหยัดพลังงานแล้ว (เทียบกับถ้าไม่ได้ทำเลย) โดยในลำดับถัดไปจะเป็นการอธิบาย 7 ข้อดังกล่าว

1. การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคาร หมายถึง การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่สาดส่องเข้ามาที่อาคาร เช่น การใช้อุปกรณ์บังแดด กันสาด ระแนงไม้ ชายหลังคาที่ยื่นบังแดด หรือการออกแบบให้พื้นที่ไม่ปรับอากาศ พื้นที่ลานจอดรถอยู่ทางด้านทิศตะวันตกของอาคาร เป็นต้น วัตถุประสงค์ก็คือการลดความร้อนจากแสงแดดที่จะมากระทบกับตัวอาคารโดยตรง



รูปภาพจาก https://www.scgbuildingmaterials.com/

2. การปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม จากข้อ 2 นี้ หากเจ้าของอาคารต้องจ่ายค่าไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ อย่างน้อยค่าไฟฟ้าที่จ่ายไปต้องคุ้มค่ากับความเย็นที่อาคารได้รับ คงไม่มีเจ้าของรายไหนต้องการการปรับอากาศที่มีต้นทุนค่าไฟฟ้าสูง หรือสูญเสียความเย็นที่ผลิตได้ผ่านประตู-หน้าต่างโดยไม่เกิดประโยชน์ ดังนั้นในข้อนี้ระบบปรับอากาศของอาคารต้องมีสมรรถนะพลังงานสูง (kW/Ton น้อยๆ) ตามมาตรฐานอากาศภายในอาคาร และมีการป้องกันไม่ให้อากาศร้อนเข้ามาในตัวอาคารโดยที่ไม่ผ่านการบำบัด

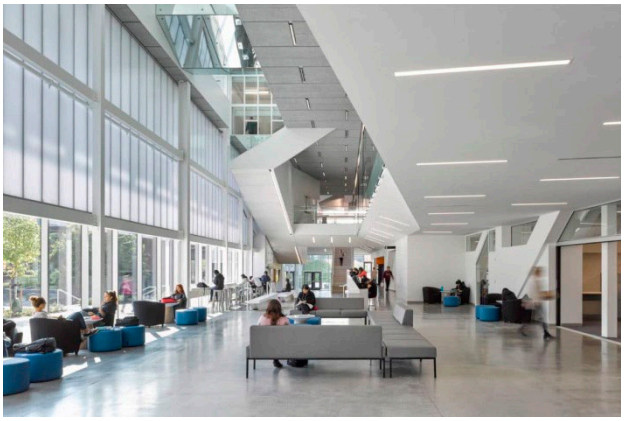


รูปภาพจาก https://www.scgbuildingmaterials.com/

3. การใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่จะช่วยอนุรักษ์พลังงาน ตลอดจนการแสดงคุณภาพของวัสดุก่อสร้างนั้นๆ ในข้อนี้ถ้าผู้ออกแบบสามารถออกแบบอาคารให้เสมือนตู้เย็น คือใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่ป้องกันความร้อนจากแสงแดด และกักเก็บอุณหภูมิภายในได้ดี เจ้าของอาคารคงประหยัดค่าใช้จ่ายในระบบปรับอากาศได้ แต่ในชีวิตจริง อาคารไม่ใช่ตู้เย็น อาคารมีหน้าต่าง ประตู ช่องเปิดต่างๆ ดังนั้นวัสดุก่อสร้างอาคารที่มีความเป็นฉนวนจะทำให้ช่วยประหยัดค่าไฟฟ้า เช่นการใช้ผนังทึบ หรือกระจกประหยัดพลังงานที่มีค่า U-Value ต่ำ การใช้ฉนวนใต้หลังคา การมีกระจกในสัดส่วนที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับผนังทึบ หรือการไม่ใช้กระจกในทิศตะวันออก และตะวันตกที่ต้องโดนแสงแดด เป็นต้น

รูปภาพจาก https://www.scgbuildingmaterials.com/

4. การใช้แสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ ถึงแม้ว่าโดยปกติหลอดไฟฟ้า 1 หลอดจะกินไฟน้อยกว่าเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กเพียง 1 เครื่อง แต่การใช้แสงสว่างอย่างมีประสิทธิภาพก็เป็นสิ่งที่ไม่ควรละเลย เช่น การแยกวงจรแสงสว่าง การใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ หรือการใช้หลอดประสิทธิภาพสูง (หลอด LED) แต่มีข้อควรระวังคือการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่างต้องไม่ทำให้ค่าความเข้มแสงสว่าง (LUX) น้อยกว่าค่ามาตรฐาน (มาตรฐาน หมายถึงมาตรฐานของอาคาร และมาตรฐานตามกฎหมาย)

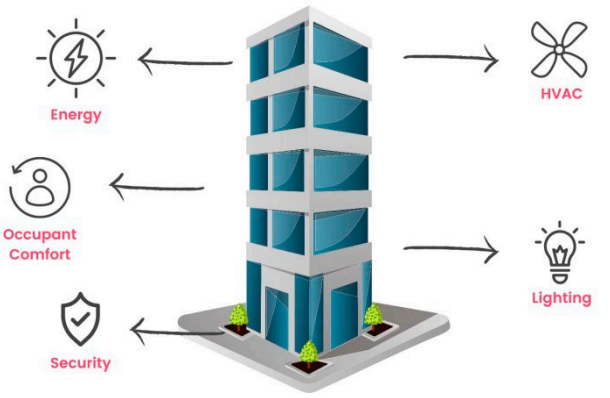


รูปภาพจาก https://gbdmagazine.com/

5. การใช้และการติดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์ และวัสดุที่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ในข้อนี้หมายถึงให้ใช้และการติดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์ที่ช่วยให้ประหยัดพลังงาน เช่น การใช้เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 500 Ton ที่มีสมรรถนะอย่างน้อย 0.61 kW/Ton การใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่มีเบอร์ 5 หรือการเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงตามประกาศของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน หรือเรียกชื่อย่อว่า พพ. ดังนั้นเมื่อไรที่ถึงเวลาต้องเปลี่ยนเป็นเครื่องจักร อุปกรณ์ทดแทนของเดิมที่เสื่อมสภาพ เป็นสิ่งที่เจ้าของต้องพิจารณา

รูปภาพจาก https://thaihepslabel.dede.go.th/

6. การใช้ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ ปัจจุบันอาคารได้นำระบบบริหารจัดการอาคาร (BUILDING MANAGEMENT SYSTEM; BMS) เข้ามาใช้เพื่ออำนวยความสะดวก และอาจจะมีผลพลอยได้เรื่องประหยัดพลังงาน ยกตัวอย่างเช่น ช่างอาคารเดินเปิด-ปิด AHU หรือวงจรแสงสว่างในศูนย์การค้าทุกวันอาจใช้เวลาประมาณ 10-20 นาที นั่นหมายความว่าต้องมีบางวงจรที่ต้องเปิดเร็วก่อนเวลา หรือปิดช้ากว่าปกติ ต้องสูญเสียค่าไฟฟ้าทุกวันโดยไม่จำเป็น จะดีกว่าหรือไม่ถ้ามีระบบเข้ามาช่วยทำงาน ให้มีมาตรฐาน และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



รูปภาพจาก https://www.zenatix.com/

7. การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่น ก็คงเป็นเรื่องอะไรก็ได้ที่ช่วยลดพลังงานหรือลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ซึ่งในปัจจุบันหลายๆ อาคารได้มีการติดตั้ง SOLAR ROOF TOP ช่วยผลิตไฟฟ้าจ่ายให้อาคารในเวลากลางวัน ถึงแม้ว่ามาตรการนี้ไม่ได้ช่วยลดหน่วยไฟฟ้า (kWh) ที่อาคารต้องใช้ แต่ก็ช่วยลดค่าไฟฟ้าที่อาคารต้องจ่ายค่าไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้า และถ้ามองในภาพกว้าง การที่แต่ละอาคารลดการพึ่งพาการใช้พลังงานจากการไฟฟ้าก็จะทำให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตมีกำลังไฟฟ้าสำรองเหลือไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น หรือลดเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย

รูปภาพจาก https://www.scgbuildingmaterials.com/

นอกจากนั้นสิ่งที่ที่มีความสำคัญมากๆ ที่ไม่อยู่ใน 7 ข้อข้างต้น คือการบำรุงรักษา เนื่องจากหากขาดการบำรุงรักษาที่เหมาะสม การประหยัดพลังงานตาม 7 ข้อข้างต้นก็ไม่เกิดประโยชน์สูงสุดกับอาคาร ยกตัวอย่างเช่น เจ้าของอาคารได้มีการเลือกใช้เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 (3ดาว) วันที่ 1 ในการใช้งาน เครื่องปรับอากาศยังคงทำงานโดยมีสมรรถนะเบอร์ 5 (3ดาว) แต่เมื่อเวลาผ่านไป 6 เดือน เครื่องปรับอากาศชุดดังกล่าวอาจจะมีสมรรถนะที่ไม่ใช่เบอร์ 5 แล้วก็ได้

รูปภาพจาก https://www.linkedin.com/pulse/preventive-maintenance-manufacturing-ned-gaynor/

ถ้าอาคารได้มีการออกแบบ หรือได้ดำเนินการสอดคล้องทั้ง 7 ข้อ (หรือบางข้อ) อย่างเป็นรูปธรรมแล้ว การใช้พลังงานต้องมีแนวโน้มลดลง และควรสามารถวัดผลได้ในแต่ละมาตรการย่อยตามข้อ 1-7 และในภาพรวมอาคารก็ต้องสามารถวัดผลได้อย่างเป็นรูปธรรมเช่นกัน ดังนี้การวัดผลว่าอาคารประหยัดพลังงานหรือไม่ควรวัดผลเทียบกับตัวอาคารเองก่อนการปรับปรุง (การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง จะเรียกว่า BASELINE ENERGY) โดยใช้ดัชนีชี้วัดด้านพลังงานที่เรียกว่า SEC ซึ่งจะขออธิบายในหัวข้อถัดไป

ตัวชี้วัดการใช้พลังงาน มาจากคำว่า SPECIFIC ENERGY COMSUMPTION หรือเขียนแบบย่อว่า SEC ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกว่าอาคารมีการใช้พลังงานอยู่ในระดับเท่าไรเมื่อเทียบกับตัวอาคารเอง หรืออาคารอื่น (แนะนำให้เปรียบเทียบกับอาคารตนเอง) ดังนั้นอาคารที่ได้มีการออกแบบและมีการดำเนินการตาม 7 ข้อข้างต้น ค่า SEC ควรจะต้องมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับอาคารตนเอง การนำไปใช้เปรียบเทียบกับอาคารอื่นมีข้อควรระวังคือต้องเป็นอาคารประเภทเดียวกันที่มีขนาดอาคารใกล้เคียงกัน คำว่าขนาดอาคารหมายถึงพื้นที่ใช้สอยสำหรับอาคารทั่วไป หรือจำนวนห้องพักสำหรับอาคารประเภทโรงแรม หรือจำนวนเตียงสำหรับอาคารประเภทสถานพยาบาล เป็นต้น

ในชีวิตจริงแต่ละอาคารจะมีตัวแปรอื่นที่ไม่เหมือนกันเลย เช่น สถานที่ตั้ง หมายถึงอาคารในจังหวัดเชียงใหม่ย่อมมีโอกาสที่จะใช้พลังงานในระบบปรับอากาศน้อยกว่าอาคารในกรุงเทพ อาคารที่มี Occupancy Rate = 90% ย่อมใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าอาคารที่มี Occupancy Rate = 50%

อาคารที่ออกแบบให้มีกระจกมาก ย่อมต้องใช้พลังงานในระบบปรับอากาศมากกว่าอาคารที่มีสัดส่วนกระจกต่อผนังทึบน้อย หรือ Function ในการใช้พลังงาน เช่น อาคารศูนย์การค้าที่มีร้านอาหารมาก ย่อมใช้พลังงานมากกว่าอาคารมีร้านอาหารน้อย เป็นต้น

เอก เล้ามั่นคง สก.4692
วิศวกรโครงการ
งานพลังงาน

การประเมิน BEC รายระบบ

จากกฎกระทรวงกำหนดประเภทหรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563 ได้กำหนดให้อาคาร 9 ประเภท ที่มีการก่อสร้างหรือดัดแปลงภายในอาคารเดียวกันมากกว่า 2,000 m² ต้องดำเนินการตามกฎกระทรวงนี้ หรือที่นิยมเรียกกันอย่างง่ายๆ ว่า การประเมิน BEC (Building Energy Code) โดยจากกฎกระทรวงดังกล่าวจะสามารถผ่านการประเมินได้ 2 แนวทางดังนี้

ภาพที่ 1 ทางเลือกการผ่านการประเมิน BEC

จากกฎกระทรวงดังกล่าว ได้มุ่งเน้นไปที่การลดการใช้พลังงานตั้งแต่การออกแบบก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคาร จากประสบการณ์ที่ได้ประเมิน BEC พบว่าอาคารส่วนใหญ่จะผ่านเกณฑ์การประเมินในส่วนของการใช้พลังงานรวมมากกว่าการผ่านรายระบบ เนื่องจากมีโอกาสผ่านได้มากกว่านั่นเอง แต่ในที่นี้จะเน้นไปที่ให้ผ่านรายระบบหรือผ่านทุกระบบนั่นเอง เนื่องจากจะส่งผลให้การใช้พลังงานนั้นลดลงได้จริง โดยมีทั้งหมด 3 ระบบหลักๆ ดังนี้

1. **ระบบเปลือกอาคาร:** ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร (OTTV, RTTV) เนื่องจากประกาศกระทรวงได้กำหนดเกณฑ์ให้ต่ำลงจากเดิมดังตารางที่ 1.1

ประเภทอาคาร	OTTV	RTTV	LPD
	W/m²	W/m²	W/m²
โรงมหรสพ	40	8	11
โรงแรม	30	6	12
สถานบริการ	40	8	11
สถานพยาบาล	30	6	12
สถานศึกษา	50	10	10
สำนักงานหรือที่ทำการ	50	10	10
ห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า	40	8	11
อาคารชุด	30	6	12
อาคารชุมนุมคน	40	8	11

ดังนั้นเพื่อให้สามารถผ่านการประเมินค่า OTTV, RTTV ได้ จึงได้มีแนวทางแนะนำในการประเมินต่างๆ ดังนี้

$$OTTV, RTTV = \underbrace{U_w \times A_w \times TD_{eq}}_{\text{วัสดุทึบแสง}} + \underbrace{U_f \times A_f \Delta T + A_f \times SHGC \times SC \times ESR}_{\text{วัสดุโปร่งแสง}}$$

วัสดุทึบแสง

Uw: ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง-หลังคาทึบ (W/(m² ̊C)) โดยค่า Uw นั้นคือส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อนรวม (R) หรือกล่าวให้เข้าใจง่ายๆ คือเป็นผลรวมของทุกชั้นวัสดุจากผนังด้านภายนอกอาคารไปจนถึงผนังด้านที่ติดกับระบบปรับอากาศนั่นเอง

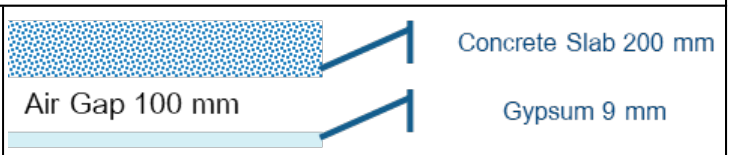
TIPS: *ในกรณีที่มีช่องว่างอากาศภายในผนัง-หลังคา ให้พิจารณาติดตั้ง Aluminum foil เพื่อลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม Uw โดยค่าการถ่ายเทความร้อน OTTV, RTTV จะลดลงได้มากถึงประมาณ 30-70 % ขึ้นอยู่กับขนาดของช่องว่างอากาศ*

ตารางสรุปการเปรียบเทียบช่องว่างอากาศแบบแผ่รังสีสูง-ต่ำ เทียบเท่าฉนวนใยแก้ว (ความหนาแน่น 24 kg/m³)

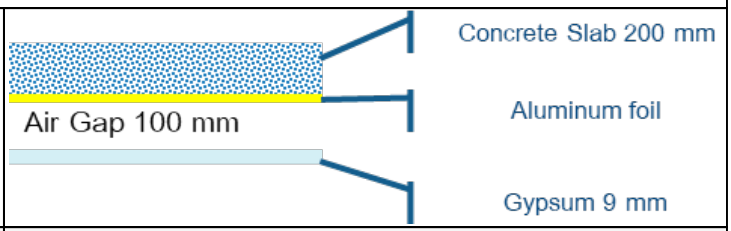
Air Gap	RAir Gap ((m².°C)/W)		เทียบเท่าฉนวนใยแก้ว
	แผ่รังสีสูง (วัสดุทั่วไป)	แผ่รังสีต่ำ (วัสดุมันวาว)	หนาแน่น 24 kg/m³ หนา (mm)
Air gap of wall			
5 mm	0.110	0.250	4.9
20 mm	0.148	0.578	15.0
100 mm	0.160	0.606	15.6
Air gap of roof			
5 mm	0.110	0.250	4.9
20 mm	0.148	0.572	14.8
100 mm	0.174	1.423	43.7

จากตารางพบว่าช่องว่างอากาศที่มีการแผ่รังสีต่ำ (วัสดุที่มีผิวมันวาว) เช่น Aluminum Foil นั้นสามารถลดความร้อนลงได้มากเมื่อเทียบกับช่องว่างอากาศที่มีการแผ่รังสีสูง (วัสดุทั่วไป) เพื่อให้เห็นภาพอย่างง่าย จึงได้ทำการเปรียบเทียบกับความหนาของฉนวนใยแก้วที่นิยมใช้งานมากในปัจจุบัน

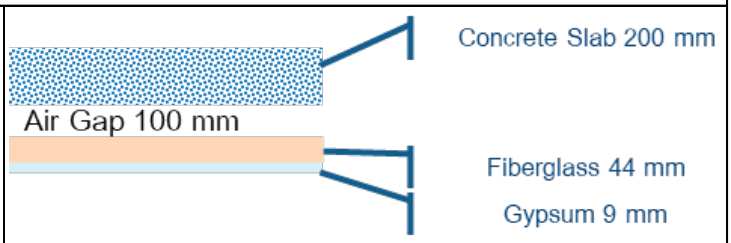
ตัวอย่าง หลังคาสำนักงานมีสีอ่อน α = 0.5 **(Air Gap Of Roof 100 mm)**

Material		R (m^2-°C/W)	ภาพประกอบ
หลังคาอาคารสำนักงานมุม 0 องศา Concrete Slab + *Air Gap(แผ่รังสีสูง)* + Gypsum			
1	Air film outdoor	0.055	
2	Concrete Slab 200 mm.	0.139	
3	**Air Gap 100 mm.**	**0.174**	
4	Gypsum 9 mm.	0.032	
5	Air film indoor	0.162	
U =	1.781W/m^2-°C	R_{tot} = 0.562	**RTTV = 28.85 W/m^2 (TDeq = 16.2 °C)**

จากการจำลองอาคารสำนักงานที่มีหลังคา Concrete Slab + Air Gap (แผ่รังสีสูง) + Gypsum (ฟ้า) พบว่าค่า RTTV อยู่ที่ 28.85 W/m^2 ซึ่งมากกว่าที่กฎกระทรวงฯ กำหนด จึงเพิ่ม Aluminum Foil เพื่อให้ Air Gap (แผ่รังสีต่ำ) ดังนี้

Material		R (m^2-°C/W)	ภาพประกอบ
หลังคาอาคารสำนักงานมุม 0 องศา Concrete Slab + *Air Gap(แผ่รังสีต่ำ)* + Gypsum			
1	Air film outdoor	0.055	
2	Concrete Slab 200 mm.	0.139	
3	**Air Gap 100 mm.**	**1.423**	
4	Gypsum 9 mm.	0.032	
5	Air film indoor	0.162	
U =	0.552W/m^2-°C	R_{tot} = 1.811	RTTV = 8.94 W/m^2 (TDeq = 16.2 °C)

จากการเพิ่ม Aluminum Foil ใต้หลังคา Concrete Slab เข้าไป ส่งผลให้ Air Gap เป็นแบบการแผ่รังสีต่ำ ทำให้ค่า RTTV ลดลงอยู่ที่ 8.94 W/m^2 ลดลงได้มากถึง 69.0% เมื่อเทียบกับแบบแผ่รังสีสูง หรือเทียบกับการติดตั้งฉนวนใยแก้ว (Fiberglass) 44 mm

Material		R (m^2-°C/W)	ภาพประกอบ
หลังคาอาคารสำนักงานมุม 0 องศา Concrete Slab + *Air Gap(แผ่รังสีสูง)* + *Fiberglass* + Gypsum			
1	Air film outdoor	0.055	
2	Concrete Slab 200 mm.	0.139	
3	**Air Gap 100 mm.**	**0.174**	
4	**Fiberglass 44 mm**	**1.249**	
5	Gypsum 9 mm.	0.032	
6	Air film indoor	0.162	
U =	0.552W/m^2-°C	R_{tot} = 1.811	RTTV = 8.94 W/m^2 (TDeq = 16.2 °C)

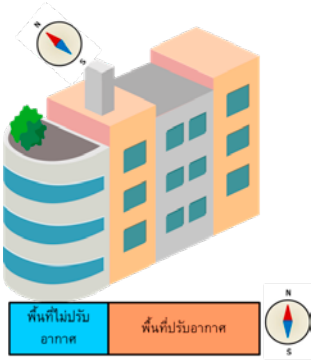
จากการติดตั้งฉนวนใยแก้ว 44 mm นั้นเทียบเท่าการติด Aluminum Foil ในกรณีที่มี Air Gap 100 mm ได้เลยทีเดียว ดังนั้น Air Gap ที่มีการแผ่รังสีต่ำจึงเป็นตัวเลือกอย่างหนึ่งในการใช้งาน แต่เพื่อให้ค่าที่ได้อยู่ในระดับที่ดีและประหยัดพลังงานนั้น ปัจจุบันได้มีการนำฉนวนใยแก้วมาห่อหุ้มด้วย Aluminum Foil เพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคารได้อย่างดีเยี่ยม ประกอบกับยืดอายุการใช้งานของฉนวนใยแก้วให้คงทน ไม่เสียหายอีกด้วย

TDeq: ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Equivalent temperature difference) ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร โดยสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภทตามการใช้งานต่างๆ ดังนี้

1. สถานศึกษา-สำนักงาน (8:00-17:00 น.)
2. ศูนย์การค้า (10:00-22:00 น.)
3. โรงแรมหรือโรงพยาบาล (24 ชั่วโมง)

TDeq หรือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า Equivalent temperature difference ซึ่งอาคารแต่ละประเภทจะมีค่าไม่เท่ากัน โดยมีผลมาจากช่วงเวลาใช้งานอาคาร ทิศของอาคาร และสีภายนอก เป็นหลัก

ทิศของอาคาร ที่ได้รับพลังงานความร้อนเข้าสู่อาคารมาก หรือทิศที่มี TDeq สูง จะอยู่ในทิศใต้ ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงพื้นที่กรอบอาคารในทิศนี้ให้น้อยที่สุด



TIPS: *การคำนวณ OTTV, RTTV ตามกฎหมายนั้นจะพิจารณาเฉพาะพื้นที่กรอบอาคารที่ติดพื้นที่ปรับอากาศเท่านั้น จากอาคารตัวอย่างพบว่าทิศตะวันตกติดพื้นที่ไม่ปรับอากาศ จึงไม่มีการประเมิน OTTV กล่าวคือไม่คิดค่าความร้อนเข้าสู่อาคาร (ทั้งที่ในความเป็นจริงยังมีความร้อนเข้าสู่อาคารอยู่บ้าง) และไม่นำพื้นที่มาเฉลี่ยในทิศอื่นๆ อีกด้วย*

สีภายนอกอาคาร ในกฎกระทรวงกำหนดไว้เป็นแนวทาง โดยแยกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

สีผิววัสดุ	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (α)
ผิวสะท้อนแสง ผิวสีขาว	0.3
ผิวสีอ่อน	0.5
ผิวสีค่อนข้างเข้ม	0.7
ผิวสีเข้ม	0.9

การแยกประเภทสีขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้ตรวจแบบเป็นสำคัญ และในบางครั้งสีที่แบบระบุไว้นั้นก็ไม่เหมือนหน้างานจริงเสมอไป จึงต้องมีการตรวจสอบกับหน้างานอีกครั้งหนึ่ง ในปัจจุบันนั้นได้มีสีที่อ้างว่าป้องกันหรือสะท้อนความร้อนได้ แต่ในการประเมินค่าความร้อนเข้าสู่อาคารนั้นก็ไม่ได้ถูกนำมาพิจารณาด้วย เนื่องจากไม่มีข้อพิสูจน์ที่แน่ชัด และไม่มีในประกาศกระทรวงฯ ระบุไว้

TIPS: *ในกรณีที่มีการพ่น Ceramic Coating เคลือบผิวด้านนอก ให้พิจารณาที่ α = 0.3 คือ ผิวสะท้อนแสง ไม่สามารถพิจารณาให้ต่ำกว่านี้ได้เนื่องจากประกาศกระทรวงฯ ไม่ได้ระบุไว้*

วัสดุโปร่งแสง ในส่วนของวัสดุโปรงแสงจำพวกกระจกต่างๆ นั้น ถ้าพิจารณาเฉพาะวัสดุนั้นจะไม่ผ่านตามกฎกระทรวงฯ นี้อย่างแน่นอน ถึงจะเป็นกระจก 2 ชั้น LowE ก็ยังไม่สามารถผ่านได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีผนังทึบแสงเข้ามาช่วยถ่วงน้ำหนักให้ผ่านได้ตามกฎกระทรวงนี้ โดยค่าอัตราส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมด: WWR นั้นไม่ควรเกิน 0.3 (จากประสบการณ์ถ้าเกินนี้ค่า OTTV จะผ่านได้ยากมาก) ถ้ามากกว่านี้อาจจะต้องมีอุปกรณ์บังแดด Shading Coefficient: SC มาช่วยบดบังแสงจากดวงอาทิตย์ร่วมด้วย

2. **ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง:** เนื่องจากในปัจจุบันมีการใช้งานหลอดไฟฟ้า ประเภท LED เป็นหลัก ดังนั้นในการประเมินหาค่า LPD นั้นจะผ่านเป็นส่วนใหญ่ จะมีไม่ผ่านบ้างในส่วนของอาคารที่เป็นโถงสูงมากและมีพื้นที่เยอะๆ เช่น โรงยิม และ Supermarket ที่มีหลังคาสูง เป็นต้น

3. **ระบบปรับอากาศ:** ระบบปรับอากาศ แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ
   Split type มีการจำกัดที่ขนาดไม่เกิน 12,000 W ให้อ้างอิงที่เบอร์ 5 ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตเป็นเกณฑ์ ในส่วนที่เกินกว่า 12,000 W ก็จะไม่ได้มีการนำมาพิจารณา (ระบบจะแสดง unset) ในที่นี้จะรวมถึงเครื่องปรับอากาศประเภท Package water cooled/air cooled ด้วย Chiller ก็ปรับตามกฎกระทรวงใหม่ที่ได้มีการประกาศมา

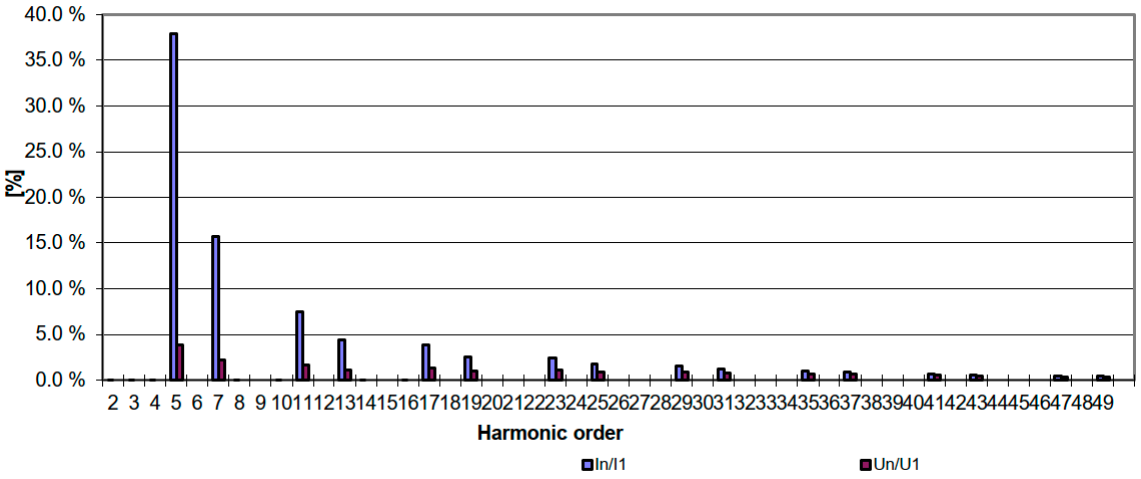
ประเภทของเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศแบบอัดไอ		Ton	kW/Ton
ชนิดการระบายความร้อน	แบบของเครื่องอัด		
ระบายความร้อนด้วยอากาศ	ทุกชนิด	ทุกขนาด	1.12
ระบายความร้อนด้วยน้ำ	แบบลูกสูบ	ทุกขนาด	0.88
	แบบโรตารีหรือแบบสกรู	ทุกขนาด	0.70
	แบบสครอลล์	ทุกขนาด	0.89
	แบบแรงเหวี่ยง	⩽ 300	0.67
		> 300	0.61

จากทั้ง 3 ระบบที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ระบบเปลือกอาคารนั้นมีความซับซ้อนและมีรายละเอียดมากที่สุด ดังนั้นในการประเมินจึงต้องมีความละเอียดรอบคอบอยู่เสมอ เนื่องจากระบบกรอบอาคารนั้นเป็นระบบที่มักจะไม่ผ่านรายระบบอยู่บ่อยครั้ง เนื่องจากค่าที่กำหนดไว้นั้นต่ำมาก ตัวอย่างเช่น ถ้าเป็นค่า RTTV นั้นหลังคาต้องติดตั้งฉนวนกันความร้อนเท่านั้นค่าจึงจะผ่านตามกฎหมายได้ ประกอบกับอาคารในปัจจุบันเน้นไปที่ความโปร่งโล่งและสวยงาม โดยการใช้ผนังเป็นกระจกทั้งหมด ดังนั้นค่า OTTV จะไม่สามารถผ่านได้ตามกฎหมายแน่นอน จึงได้มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนด้านหลังกระจกนั้นในจุดที่ไม่บดบังสายตา เมื่อเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักแล้วก็จะส่งผลให้ค่า OTTV ลดลงและผ่านได้ตามกฎหมาย

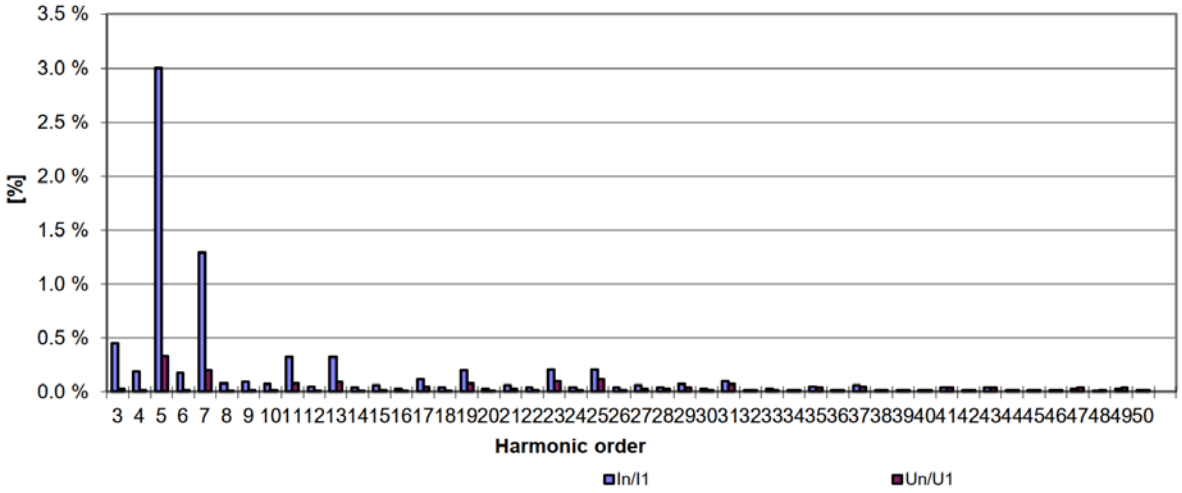
ธวัชชัย ปรพัฒนชาญ สฟก.6751
วิศวกรโครงการฝ่ายพลังงาน

การเลือกใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ชนิด Low Harmonics

อาคารหรือโรงงานมีการใช้งานอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์เพื่อปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ให้มีความเหมาะสมกับโหลด อีกทั้งประหยัดพลังงาน ในอดีตเครื่องปรับความเร็วรอบ (Variable Speed Drive: VSD) อ้างอิงมาตรฐาน IEC61000-3-12 เรื่อง Limits for Harmonics Currents Produced by Equipment Connected to Public Low-Voltage Systems และ G5/4 Recommendation 2020 เรื่อง Harmonics Voltage Distortion and the Connection of Harmonic Sources จะผลิตกระแส (Total Harmonics Distortion: THDi) ณ จุดต่อร่วม (PCC) ลำดับที่ 5 และ 7 จำนวนมาก ซึ่งเป็นปัญหากับระบบไฟฟ้าหลายอย่าง อาทิเช่น มอเตอร์ร้อน หม้อแปลงร้อน อุปกรณ์ป้องกันทำงานผิดพลาด ฯลฯ



กราฟแสดงกระแสฮาร์โมนิกส์ต่างๆ ของอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบแบบทั่วไปที่ความถี่ 50 Hz



กราฟแสดงกระแสฮาร์โมนิกส์ต่างๆ ของอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบแบบ Low Harmonics ที่ความถี่ 50 Hz

ตารางเปรียบเทียบค่า Harmonics ของ VSD Standard กับ Low harmonics ขนาด 75 กิโลวัตต์ที่ความถี่ 50 Hz

Order Harmonics	%THDi		%THDv	
	Standard Harmonics	Low Harmonics	Standard Harmonics	Low Harmonics
5	37.9%	3.0%	3.9%	0.3%
7	15.7%	1.3%	2.2%	0.2%
11	7.5%	0.3%	1.7%	0.1%
13	4.4%	0.3%	1.2%	0.1%

เทคโนโลยี Low Harmonics VSD ชนิด Active Front End: AFE

ด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ในปัจจุบันได้มีการคิดค้นวงจร Rectifier ในรูปแบบใหม่ที่เรียกว่า Active front end (AFE) โดยลักษณะวงจรจะใช้ IGBT ร่วมกับ Free Wheeling diode มาต่อเป็นชุดวงจร Bridge แทน Diode หรือ SCR ผลจากการที่เราสามารถควบคุมการทำงานของ IGBT ได้อย่างง่ายโดยการ Switch On/Off ทำให้สามารถควบคุมทิศทางการไหลของพลังงานได้ 4 Quadrant และยังสามารถควบคุมกระแสที่ไหลเข้าและออกให้มีความเป็นรูปคลื่น Sine ได้อย่างสมบูรณ์ สามารถควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์ที่เกิดขึ้นได้ทั้งแบบ นำหน้า ล้าหลัง หรือเป็น Unity จ่าย Reactive Power ให้กับระบบได้, ทำงานได้แม้ว่าแหล่งจ่ายแรงดันจะมีเสถียรภาพต่ำ เช่น ไฟตก ไฟกระชาก

ข้อดีของ Low Harmonics VSD ชนิด Active Front End

1. Harmonic มีค่าต่ำในช่วง 75%-100% Load
2. เป็นวงจร Switching จาก IGBT ไม่จำเป็นต้องระบายอากาศดีมาก
3. สามารถชดเชย VAR ในระบบ เพื่อปรับปรุง Power Factor ได้
4. เป็นระบบตรวจหากระแส harmonic แบบ Close Loop แล้วจำลองกระแสเพื่อไปหักล้าง
5. THDi = 3-5%

เพื่อให้ระบบไฟฟ้าของอาคารและโรงงานอุตสาหกรรมมีเสถียรภาพ การเลือกใช้อุปกรณ์ที่มี Harmonics น้อย จะช่วยลดปัญหาและเพิ่มเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า ช่วยลดค่าใช้จ่ายจากปัญหาที่เกิดขึ้น และการให้บริการหรือผลิตเป็นไปได้อย่างต่อเนื่องด้วยดี

รัตนคเชนทร์ วงชารี
ช่างเทคนิคอาวุโส
จป. วิชาชีพฝ่ายพลังงาน

ความปลอดภัยในการควบคุมงานก่อสร้างอาคารภาครัฐ

ในฐานะผู้ควบคุมงานก่อสร้างตำแหน่งเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับวิชาชีพ ซึ่งปฏิบัติหน้าที่ควบคุมดูแลระบบความปลอดภัยของโครงการก่อสร้างอาคารภาครัฐ ได้ปฏิบัติตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการทำงานก่อสร้างได้แก่ กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับงานก่อสร้าง พ.ศ. 2551 และ พ.ศ. 2564 เพื่อแบ่งปันข้อมูลระบบความปลอดภัยในการควบคุมงานก่อสร้างอาคารภาครัฐ

“งานก่อสร้าง” หมายความว่า การก่อสร้างสิ่งก่อสร้างทุกชนิด เช่น อาคาร สนามบิน ทางรถไฟ ทางรถราง ถนน อุโมงค์ ท่าเรือ อู่เรือ คานเรือ สะพานเทียบเรือ สะพาน ทางน้ำ ท่อระบายน้ำ ประปา รั้ว กำแพง ประตู ป้ายหรือสิ่งที่สร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้าย พื้นที่หรือสิ่งก่อสร้างเพื่อจอดรถ กลับรถ ทางเข้าออกของรถ และหมายความรวมถึงงานต่อเติม ซ่อมแซม ปรับปรุง ดัดแปลง เคลื่อนย้าย รื้อถอน หรือทำลายสิ่งก่อสร้างนั้นด้วย

“เขตก่อสร้าง” หมายความว่า พื้นที่ที่ดำเนินการก่อสร้าง รวมถึงพื้นที่ที่นายจ้างได้กำหนดเพิ่มเติมจากพื้นที่ที่ดำเนินการก่อสร้างตามกฎกระทรวงนี้

“เขตอันตราย” หมายความว่า พื้นที่ที่กำลังก่อสร้าง พื้นที่ที่ติดตั้งนั่งร้าน ปั้นจั่น หรือเครื่องจักรหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้าเพื่องานก่อสร้าง พื้นที่ที่เป็นทางลำเลียงวัสดุเพื่องานก่อสร้าง พื้นที่ที่ใช้เป็นสถานที่เก็บเชื้อเพลิงหรือวัตถุระเบิด พื้นที่ที่ลูกจ้างทำงานในที่สูง พื้นที่ที่อาจมีการกระเด็น ตกหล่นหรือพังทลายของวัสดุสิ่งของ รวมถึงพื้นที่ที่นายจ้างได้กำหนดเพิ่มเติม

กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับงานก่อสร้าง พ.ศ. 2564 **หมวด 1 บททั่วไป ข้อที่ 3** ก่อนเริ่มงานก่อสร้าง***ไม่น้อยกว่า 15 วัน*** ให้นายจ้าง***แจ้งข้อมูลงานก่อสร้าง ดังต่อไปนี้ต่ออธิบดีหรือผู้ซึ่งอธิบดีมอบหมาย***

1. งานอาคารที่มีพื้นที่รวมกันทุกชั้นหรือชั้นใดชั้นหนึ่งในหลังเดียวกันเกิน 2,000 ตารางเมตร หรืออาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 15 เมตรขึ้นไป และมีพื้นที่รวมกันทุกชั้นหรือชั้นใดชั้นหนึ่งในหลังเดียวกันเกิน 1,000 ตารางเมตร
2. งานอาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 23 เมตรขึ้นไป
3. งานสะพานที่มีความยาวระหว่างกึ่งกลางตอม่อแรกถึงกึ่งกลางตอม่อสุดท้ายตั้งแต่ 30 เมตรขึ้นไป งานสะพานข้ามทางแยกหรือทางยกระดับ สะพานกลับรถ หรือทางแยกต่างระดับ
4. งานขุด งานซ่อมแซม หรืองานรื้อถอนระบบสาธารณูปโภคที่ลึกตั้งแต่ 3 เมตรขึ้นไป
5. งานอุโมงค์หรือทางลอด
6. งานก่อสร้างอื่นที่อธิบดีประกาศกำหนด

การแจ้งตามวรรคหนึ่งให้เป็นไปตามแบบและวิธีการที่อธิบดีกำหนด อย่างน้อยต้องกำหนดให้แจ้งด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ด้วย

สรุปสาระสำคัญของกฎกระทรวงฯ พ.ศ. 2564

หมวดที่ 1 บททั่วไป • ก่อนเริ่มงานก่อสร้างนายจ้างต้องแจ้งข้อมูลก่อสร้างต่อออธิบดีหรือผู้ซึ่งอธิบดีมอบหมาย • จัดให้มีแสงสว่างฉุกเฉิน ป้ายเตือนอันตราย และเครื่องหมายบังคับเกี่ยวกับความปลอดภัยในเขตก่อสร้าง • ดูแลให้ลูกจ้างใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคลตลอดเวลาทำงาน	**หมวดที่ 2 งานเจาะและงานขุด** • นายจ้างต้องจัดให้มีมาตรการป้องกันมิให้ลูกจ้างหรือบุคคลอื่นได้รับอันตรายจากงานเจาะและงานขุด • กรณีใช้ปั้นจั่นหรือเครื่องจักรหนักต้องจัดให้มีการป้องกันดินพังทลาย • ห้ามมิให้ลูกจ้างลงไปทำงานในรู หลุม บ่อ คู ที่มีขนาดกว้างน้อยกว่า 75 ซม. และลึกตั้งแต่ 2 เมตรขึ้นไป	**หมวดที่ 3 งานก่อสร้างที่มีเสาเข็มและกำแพงพืด** • การติดตั้งใช้งานหรือรื้อถอนเครื่องตอกเสาเข็มหรือเครื่องขุดเจาะ นายจ้างต้องปฏิบัติตามรายละเอียดคู่มือการใช้งานที่ผู้ผลิตกำหนด • จัดให้มีการตรวจสอบและรับรองเครื่องตอกเสาเข็มโดยวิศวกร • การก่อสร้างชั้นใต้ดินและมีการขุดดินออกจากบริเวณกำแพงพืดนายจ้างต้องติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าการเคลื่อนตัว
หมวดที่ 4 ลิฟต์ชั่วคราวที่ใช้ในงานก่อสร้าง • การติดตั้งใช้งานหรือรื้อถอนลิฟต์ชั่วคราวนายจ้างต้องปฏิบัติตามรายละเอียดคู่มือการใช้งานที่ผู้ผลิตกำหนด • จัดให้มีวิศวกรตรวจสอบและรับรองลิฟต์ชั่วคราว	**หมวดที่ 5 เชือก ลวดสลิง รอก** • นายจ้างต้องควบคุมดูแลการใช้เชือกหรือลวดสลิงให้เหมาะสมกับร่องรอก และเชือกหรือลวดสลิงต้องไม่ชำรุดเสียหาย	**หมวดที่ 6 ทางเดินชั่วคราวยกระดับสูง** • ทางเดินชั่วคราวยกระดับสูง 1.50 เมตรขึ้นไปต้องแข็งแรงรองรับน้ำหนักบรรทุกจริงได้ และมีราวกันตกตามมาตรฐานสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
หมวดที่ 7 งานอุโมงค์ • จัดให้ลูกจ้างที่ทำงานอุโมงค์อบรมเป็นประจำไม่น้อยกว่าเดือนละ 1 ครั้ง • การขุดเจาะอุโมงค์ต้องจัดให้มีวิศวกรเป็นผู้ออกแบบและกำหนดวิธีการทำงาน	**หมวดที่ 8 งานก่อสร้างในน้ำ** • นายจ้างต้องทำแผนปฏิบัติงานและอบรมฝึกซ้อมตามแผน • ควบคุมให้ลูกจ้างสวมใส่เสื้อชูชีพตลอดเวลา	**หมวดที่ 9 งานรื้อถอนหรือทำลายสิ่งก่อสร้าง** • นายจ้างต้องกำหนดขั้นตอนและวิธีการรื้อถอนให้เหมาะสมกับงาน • อบรมหรือชี้แจงลูกจ้างเกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีการรื้อถอนทำลายก่อนการเริ่มทำงาน • การรื้อถอนหรือทำลายด้วยวัตถุระเบิดต้องมีผู้ชำนาญการและวิศวกรเป็นผู้ควบคุม

ความปลอดภัยที่ควรพิจารณาเกี่ยวกับการควบคุมการทำงานก่อสร้างอาคารภาครัฐ ที่ควรตระหนักดังนี้

1. **ความปลอดภัยในสถานที่/Site การก่อสร้าง**

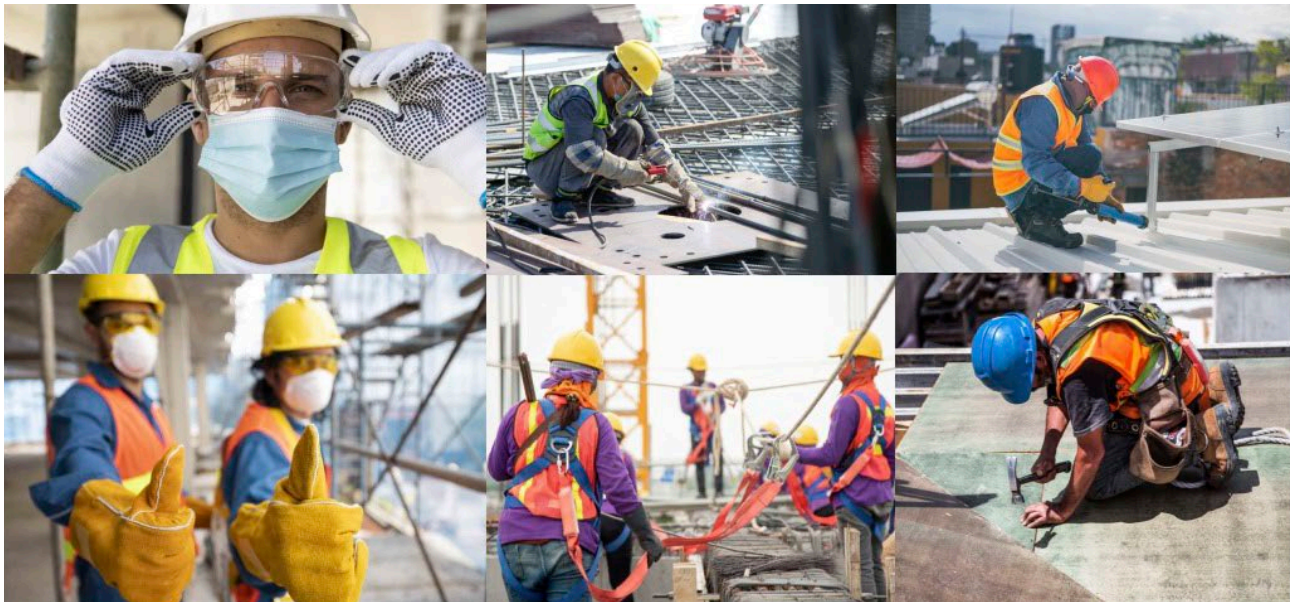
สถานที่ก่อสร้าง หมายถึง อาณาบริเวณทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง มิใช่เฉพาะบริเวณที่กำลังดำเนินการก่อสร้างเท่านั้นแต่รวมไปถึงบริเวณที่จัดเก็บวัสดุ โกดังเก็บเครื่องมือเครื่องจักรอื่นๆ เป็นต้น จึงควรมีข้อกำหนดและแนวปฏิบัติในสถานที่ก่อสร้างขึ้นเพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับคนงาน ดังนี้

- ***การทำรั้วกั้นโดยรอบบริเวณก่อสร้างทั้งหมด*** เพื่อป้องกันผู้ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาในเขตก่อสร้างหากเป็นอาคารสูงอยู่ใกล้ชุมชน
- ***ในสถานที่ก่อสร้างต้องมีการแบ่งเขตก่อสร้างอย่างชัดเจน*** โดยแบ่งเขตที่พักอาศัยออกจากบริเวณก่อสร้างที่จัดเก็บอุปกรณ์ที่ใช้แล้วหรือยังไม่ใช้ออกเป็นระเบียบ
- ***ป้ายสัญลักษณ์หรือป้ายเตือนภัยต่างๆ*** สถานที่ที่อันตรายทุกแห่งในเขตก่อสร้าง
- ***รอบตัวอาคารมีแผ่นกั้นกันวัตถุตกลงมา*** และมีตาข่ายคลุมอีกชั้น
- ***อาคารขณะก่อสร้างในที่มีช่องเปิดหรือที่ไม่มีแผงกั้น ควรทำรั้วกั้น*** และมีตาข่ายเสริมเพื่อป้องกันการตก

2. ความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือเครื่องจักร

เครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้างมีจำนวนมากมาย ตั้งแต่ขนาดใหญ่มาก เช่น ปั้นจั่น รถยก เครื่องตอกเสาเข็ม จนถึงขนาดเล็ก เช่น เครื่องเจียร สว่านไฟฟ้า ค้อน เป็นต้น อันตรายที่เกิดจากการใช้เครื่องมือหรือเครื่องจักรจึงมีมากตามจำนวนอุปกรณ์และจำนวนผู้ใช้ ความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือเครื่องจักรจึงเป็นสิ่งสำคัญซึ่งผู้ปฏิบัติงานควรใช้อย่างถูกต้อง ดังเช่น

- ***การใช้ต้องไม่ผิดวัตถุประสงค์ของอุปกรณ์*** หรือเครื่องมือเครื่องจักรนั้น เช่น มักพบว่ามีการนำปั้นจั่นไปใช้ในการดึงหรือลากของที่มีน้ำหนักมากๆ หรือการใช้ลิฟต์ส่งวัสดุในการขึ้นลงของคนงาน ซึ่งเป็นเรื่องไม่ควรปฏิบัติอย่างยิ่ง ในทางปฏิบัติการใช้อุปกรณ์เครื่องมือ เครื่องจักร อย่างเหมาะสมและถูกต้องตามประเภทของงานจะทำให้เกิดประสิทธิผล และไม่ประสบอันตรายจากการใช้อุปกรณ์เครื่องมือ เครื่องจักรนั้น
- ***เครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ไฟฟ้าหรือน้ำมันเชื้อเพลิง ข้อควรปฏิบัติในการใช้เครื่องมือเครื่องจักรที่ต้องใช้ฟ้านั้น ต้องมีการเดินสายไฟอย่างปลอดภัย มีฉนวนหุ้มตลอด*** และหากต้องทำงานใกล้กับบริเวณที่มีไฟฟ้าทุกครั้ง หรือบริเวณที่มีการเก็บเชื้อเพลิง เพื่อจัดการป้องกันอันตรายซึ่งอาจเกิดขึ้น ห้ามจุดไฟหรือสูบบุหรี่อย่างเด็ดขาด
- ***ก่อนและหลังการใช้เครื่องมือเครื่องจักรทุกครั้งต้องมีการตรวจสอบ*** และซ่อมแซมแก้ไขก่อนหรือหลังการใช้ทุกครั้ง



3. ความปลอดภัยส่วนบุคคล

- การแต่งกายของผู้ปฏิบัติงานหรือคนงานควรเป็นชุดที่รัดกุม ไม่ปล่อยชายเสื้อหรือแขนเสื้อหลุดลุ่ย รวมทั้งการไม่ใส่รองเท้าหรือใส่อย่างไม่เหมาะสม เช่น รองเท้าแตะ เป็นต้น
- การละเลยหรือการไม่สวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลให้เหมาะสมกับงานก่อสร้าง ผู้ปฏิบัติงานทุกคนควรสวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลอย่างเหมาะสม เช่น หมวกนิรภัย แว่นตาเซฟตี้ ทุกคนควรจะสวมอยู่เป็นประจำ เข็มขัดกันตกหรืออุปกรณ์กันตกต่างๆ เมื่อคนทำงานบนที่สูง สวมรองเท้าเซฟตี้ เสื้อกั๊กสะท้อนแสง ใส่ถุงมือยางในการผสมคอนกรีต เป็นต้น
- ห้ามดื่มสุราหรือเสพเครื่องดองของมึนเมา ห้ามเล่นหรือหยอกล้อกันในระหว่างการปฏิบัติงานอย่างเด็ดขาด
- จัดให้มีการอบรมผู้ปฏิบัติงานให้ตระหนักถึงอันตราย วิธีการปฏิบัติอย่างปลอดภัย กฎระเบียบ ข้อบังคับและข้อปฏิบัติที่ควรทราบ และสิ่งสำคัญยิ่งคือการสร้างจิตสำนึกความปลอดภัยให้เกิดขึ้นในคนงานทุกคน
- ตรวจสุขภาพคนงาน และตรวจประจำปีเพื่อทดสอบความพร้อมของร่างกายคนงาน และเพื่อเป็นการสกัดกั้นโรคจากการทำงานซึ่งอาจเกิดขึ้นได้
- จัดให้มีหน่วยงานปฐมพยาบาลและหน่วยฉุกเฉินขึ้นภายในหน่วยก่อสร้าง เพื่อเป็นการช่วยเหลือผู้ได้รับบาดเจ็บ และเพื่อเป็นการระงับเหตุอันตรายต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น

อ้างอิง

กองความปลอดภัยแรงงานและศูนย์ความปลอดภัยในการทำงาน เขต 11

อภิสิทธิ์ จงเจริญวิทย์
ช่างเทคนิคอาวุโส
งานพลังงาน

การตรวจวัด
การใช้พลังงานในระบบไฟฟ้า

การตรวจวัดพลังงานโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การตรวจวัดพลังงานด้านไฟฟ้า และการตรวจวัดพลังงานด้านความร้อน

ในบทนี้จะกล่าวถึง **การตรวจวัดพลังงานด้านไฟฟ้า** โดยมีระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้า ดังนี้

- ระบบส่งจ่ายไฟฟ้า
- ระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียว
- ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์
- ระบบแสงสว่าง
- ระบบอากาศอัด
- เครื่องสูบน้ำ
- มอเตอร์และอุปกรณ์ทางไฟฟ้าอื่นๆ

1. ระบบส่งจ่ายไฟฟ้า

ระบบส่งจ่าย หมายถึง ระบบส่งจ่ายไฟฟ้าตั้งแต่จุดที่ออกจากหม้อแปลงจนถึงตู้ส่งจ่าย หรือตู้ MDB (Main Distribution Breaker) แต่ละจุดภายในโรงงาน

ตารางการตรวจวัดระบบส่งจ่ายไฟฟ้า

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
ระบบส่งจ่ายไฟฟ้า	• แรงดันไฟฟ้า • กระแสไฟฟ้า • กำลังไฟฟ้า • ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	• เพาเวอร์มิเตอร์แบบคล้องวัด • เครื่องวัดและบันทึกค่าทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง

หม้อแปลงไฟฟ้าและตู้ส่งจ่ายไฟฟ้า (ตู้ MDB)

การตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าที่ตู้ MDB

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัด ได้แก่

- แรงดันไฟฟ้า (โวลท์)
- กระแสไฟฟ้า (แอมป์)
- กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) และ
- ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor)

ซึ่งเรียกโดยรวมว่าค่าทางไฟฟ้า เพื่อนำมาใช้ในการตรวจสอบสภาพโดยทั่วไปของระบบ เช่น ลักษณะการใช้ไฟฟ้า เวลาที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเพื่อจัดโหลดหลีกเลี่ยงช่วง Peak ของค่าไฟฟ้า ความสมดุลของแรงดันและกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟส เพื่อยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า ศักยภาพในปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าซึ่งควรจะสูงกว่า 0.90

ทั้งนี้ เครื่องมือตรวจวัดมีทั้งชนิดที่ใช้วัดค่าทางไฟฟ้าแบบชั่วขณะ เช่น แอมป์มิเตอร์หรือพาวเวอร์มิเตอร์แบบคล้องวัด มิเตอร์วัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า และเครื่องมือตรวจวัดชนิดที่วัดและบันทึกค่าแบบต่อเนื่อง

2. ระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียว

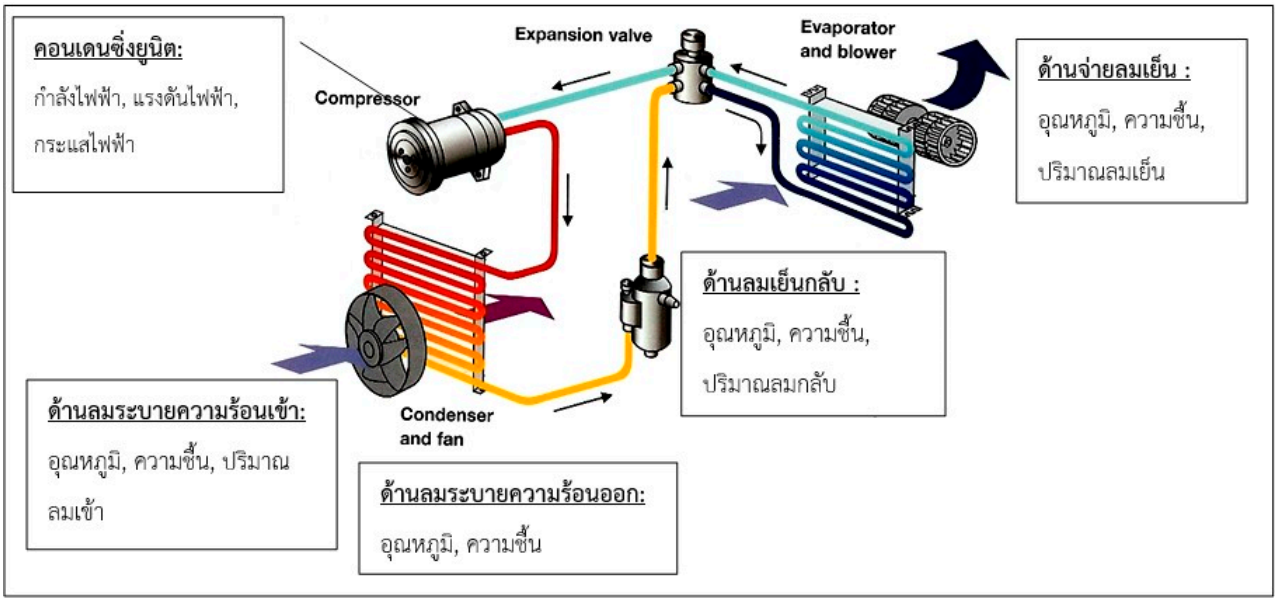
ระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียวหมายถึง เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split-type) เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง (Window-type) และเครื่องปรับอากาศแบบเป็นชุด (Packaged unit)

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัด ได้แก่ ค่าทางไฟฟ้ารวมทั้งช่วงเวลาการตัดต่อของคอมเพรสเซอร์เพื่อตรวจสอบสภาพการทำงานของคอมเพรสเซอร์ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของลมจ่ายและลมกลับ รวมทั้งปริมาณลมจ่ายเพื่อคำนวณภาระการทำความเย็นและสมรรถนะการทำงานของระบบปรับอากาศ ซึ่งไม่ควรจะใช้พลังงานเกิน 1.61 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็นและค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เข้าคอนเดนเซอร์และอากาศแวดล้อมภายนอก นอกจากนี้ยังมีข้อมูลประกอบอื่นๆ ที่จำเป็น เช่น ชนิดของเทอร์โมสตัท สภาพของแผงกรองอากาศ เวลาใช้งาน

เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และเครื่องวัดความเร็วลม

ตารางการตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียว

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
ระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียว	• ค่าทางไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ • อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมจ่าย • อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมกลับ • ความเร็วลมและพื้นที่ช่องจ่ายลมเย็น • อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เข้าคอนเดนเซอร์ • อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อมภายนอก	• เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า • เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ • เครื่องวัดความเร็วลม



รูปแสดงตำแหน่งการตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียว

3. ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Central System) มักจะประกอบด้วยเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ติดตั้งอยู่ในห้องเครื่องศูนย์กลาง ทำหน้าที่ส่งจ่ายน้ำเย็นไปยังเครื่องส่งลมเย็น (AHU, Air Handling Unit และ FCU, Fan Coil Unit) ซึ่งจะติดตั้งกระจายอยู่ตามพื้นที่ปรับอากาศต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดการตรวจวัดดังนี้

3.1 เครื่องส่งลมเย็น

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัดสำหรับเครื่องส่งลมเย็น ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมจ่าย (Supply Air) และลมกลับ (Return Air) รวมทั้งปริมาณลมจ่ายเพื่อคำนวณภาระการทำความเย็น ค่าทางไฟฟ้าของพัดลมของเครื่องส่งลมเย็น ความดันตกคร่อมแผงกรองอากาศเพื่อตรวจสอบสภาพการใช้งานด้านลมจ่าย และความดันตกคร่อมและอัตราการไหลในท่อน้ำเย็นเพื่อตรวจสอบสมดุลน้ำ

นอกจากนี้ยังต้องรวบรวมข้อมูลประกอบอื่นๆ ที่จำเป็น เช่น เดียวกับระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียว เช่น ชนิดของเทอร์โมสตัท สภาพของแผงกรองอากาศและเวลาใช้งาน

เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เครื่องวัดความเร็วลม และเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อ

ตารางการตรวจวัดเครื่องส่งลมเย็น

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
เครื่องส่งลมเย็น	• อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมจ่าย • อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมกลับ • ความเร็วลมและพื้นที่ช่องจ่ายลมเย็น • ค่าทางไฟฟ้าของพัดลม • ความดันตกคร่อมแผงกรองอากาศ • ความดันตกคร่อมท่อน้ำเย็น • อัตราการไหลของน้ำเย็น	• เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า • เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ • เครื่องวัดความเร็วลม • เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อ • เกจวัดความดัน

3.2 เครื่องทำน้ำเย็น

เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใช้สำหรับผลิตน้ำเย็น ทั้งเพื่อใช้ในระบบปรับอากาศและใช้ในกระบวนการผลิต ค่าที่จำเป็นต้องตรวจสำหรับเครื่องทำน้ำเย็น ได้แก่ อัตราการไหลของน้ำเย็นและอุณหภูมิน้ำเย็นด้านเข้าและด้านออก เพื่อคำนวณ

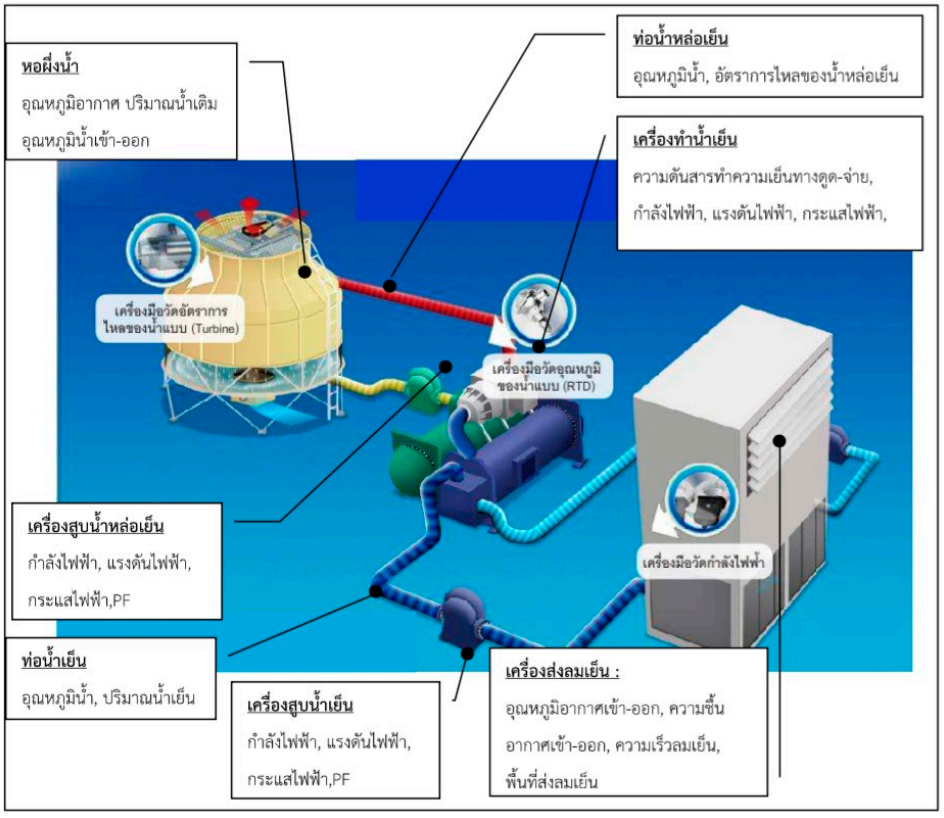
ภาระการทำความเย็น อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น และอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นด้านเข้าและด้านออก เพื่อคำนวณอัตราการระบายความร้อนทิ้งค่าทางไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ เพื่อใช้ประกอบกับภาระการทำความเย็นในการประเมินสมรรถนะการทำงานของระบบซึ่งไม่ควรใช้พลังงานเกิน 0.7 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็นสำหรับระบบที่ระบายความร้อนด้วยน้ำและ 1.2 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็นสำหรับระบบที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ ตลอดจนการสำรวจเวลาใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็น

นอกจากนี้ ยังมีข้อมูลประกอบอื่นๆ ที่ควรตรวจวัดด้วย เช่น กำลังไฟฟ้าที่ใช้ที่ปั๊มน้ำเย็นและปั๊มหล่อเย็น กำลังไฟฟ้าที่ใช้ที่พัดลมระบายความร้อน ทั้งที่คอนเดนเซอร์กรณีระบายความร้อนด้วยอากาศ และที่หอผึ่งน้ำกรณีระบายความร้อนด้วยน้ำ

เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อ และเครื่องวัดอุณหภูมิแบบสัมผัส

การตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
เครื่องทำน้ำเย็น	• ค่าทางไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ • อัตราการไหลของน้ำเย็น • อุณหภูมิน้ำเย็นด้านเข้าและด้านออก • อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น • อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นด้านเข้าและด้านออก • ค่าทางไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นและเครื่องน้ำหล่อเย็น • ค่าทางไฟฟ้าของพัดลมระบายความร้อน	• เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า • เครื่องวัดอุณหภูมิแบบสัมผัส • เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อ



รูปแสดงตำแหน่งการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์

4. ระบบแสงสว่าง

ค่าที่จำเป็นต้องสำรวจและตรวจวัดสำหรับระบบแสงสว่าง ได้แก่ ชนิดและจำนวนของหลอดไฟและโคมไฟในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนค่าทางไฟฟ้าเพื่อคำนวณดัชนีการใช้แสงสว่าง ซึ่งไม่ควรเกิน 16 วัตต์ต่อตารางเมตรสำหรับพื้นที่สำนักงานทั่วไป และ 23 วัตต์ต่อตารางเมตรสำหรับพื้นที่ทำงานที่ต้องการความสว่างมากขึ้น เช่น พื้นที่ตรวจสอบชิ้นงาน ค่าความส่องสว่าง (Lux) เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของจำนวนและตำแหน่งของหลอดไฟและโคมไฟเมื่อเทียบกับลักษณะการใช้งานของแต่ละพื้นที่ ซึ่งจำเป็นต้องวัดค่าความสว่างในระดับความสูงเดียวกับพื้นที่ใช้งานจริง เช่น บนโต๊ะทำงาน หรือบนพื้นทางเดินภายในโรงงาน นอกจากนี้ยังต้องสำรวจเวลาใช้งานระบบแสงสว่างในแต่ละพื้นที่อีกด้วย

เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าและเครื่องวัดค่าความส่องสว่าง (Lux Meter)

ตารางการตรวจวัดระบบแสงสว่าง

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
ระบบแสงสว่าง	• ค่าทางไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง • ค่าความส่องสว่าง • ขนาดพื้นที่ของแต่ละส่วน	• เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า • เครื่องวัดค่าความส่องสว่าง (Lux Meter)

เครื่องวัดค่าความส่องสว่าง (Lux meter)

5. ระบบอากาศอัด

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัดสำหรับระบบอัดอากาศ ได้แก่ ค่าทางไฟฟ้า ความดันของอากาศอัด อัตราการไหลของอากาศเข้า รวมทั้งอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเข้า เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดอากาศ ทั้งที่เป็นอัตราการผลิตอากาศอัดที่ทำได้ (Free air Delivery) และเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่ออากาศอัดที่ผลิตได้ ซึ่งไม่ควรเกิน 0.111 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตร

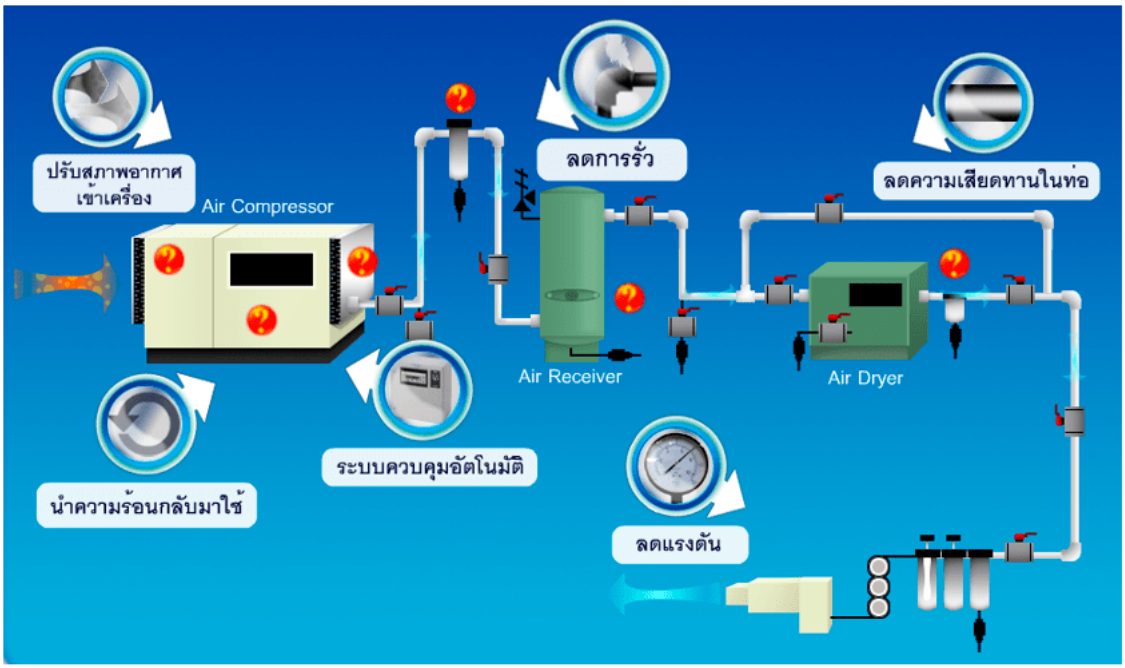
นอกจากนี้ ต้องมีการสำรวจจุดรั่วไหลของระบบส่งจ่ายอากาศอัดภายในโรงงาน และสำรวจเวลาการใช้งานเครื่องอัดอากาศ

สำหรับโรงงานที่มีช่วงเวลาที่สามารถหยุดระบบอากาศอัดได้ จะทำให้การตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศและการตรวจวัดปริมาณอากาศรั่วไหลในระบบทำได้แม่นยำมากขึ้น โดยการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศทำได้โดยการจับเวลาที่ใช้ในการอัดอากาศเข้าถังเก็บอากาศจากถังเปล่าจนกระทั่งมีความดันเท่ากับค่าที่กำหนด ร่วมกับการตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศ ส่วนการตรวจวัดปริมาณอากาศรั่วไหลในระบบสามารถทำได้โดยการจับเวลาเครื่องเดินและหยุดระหว่างความดัน 2 ระดับที่ตั้งไว้ร่วมกับการตรวจวัดค่าทางไฟฟ้า

เครื่องมือที่ตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า เครื่องวัดความเร็วลม เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น และนาฬิกาจับเวลา

ตารางการตรวจวัดระบบอากาศอัด

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
ระบบอากาศอัด	• ค่าทางไฟฟ้าของเครื่องอากาศอัด • ความเร็วลมและพื้นที่ของช่องอากาศเข้า • อุณหภูมิและความชื้นของอากาศเข้า • ช่วงเวลาการตัดต่อของเครื่องอัดอากาศ	• เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า • เครื่องวัดความเร็วลม • เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ • นาฬิกาจับเวลา



รูปแสดงตำแหน่งการตรวจวัดระบบอากาศอัด

6. เครื่องสูบน้ำ

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัด ได้แก่ ค่าทางไฟฟ้า ความดันด้านส่งและด้านดูดของเครื่องสูบน้ำ เพื่อใช้ประเมินปริมาณพลังงานที่ใช้ ตรวจสอบสมรรถนะการทำงานของปั๊ม ความเร็วรอบมอเตอร์เพื่อประเมินปริมาณพลังงานที่ใช้ ตรวจสอบสมรรถนะการทำงานของปั๊ม ความเร็วรอบมอเตอร์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของมอเตอร์ ตลอดจนการประเมินความเป็นไปได้ในการติดตั้งเครื่องปรับลดความเร็วรอบเพื่อประหยัดพลังงาน ซึ่งต้องใช้ค่าที่ต้องตรวจวัดทั้งหมดมาประกอบกัน นอกจากนี้ ยังต้องสำรวจเวลาการทำงานของเครื่องสูบน้ำอีกด้วย

เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า เครื่องวัดความเร็วรอบ และเกจวัดความดัน

รูปแสดงตำแหน่งการตรวจวัดระบบปั๊มน้ำ

ตารางการตรวจวัดเครื่องสูบน้ำ

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
เครื่องสูบน้ำ	• ค่าทางไฟฟ้าของปั๊ม • ความเร็วรอบมอเตอร์ • ความดันด้านส่งและด้านดูดของปั๊ม	• เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า • เครื่องวัดความเร็วรอบ • เกจวัดความดัน

ตารางการตรวจวัดมอเตอร์และอุปกรณ์ไฟฟ้า

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
มอเตอร์และอุปกรณ์ทางไฟฟ้า	• ค่าทางไฟฟ้า • ความเร็วรอบกรณีเป็นมอเตอร์	• เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า • เครื่องวัดความเร็วรอบ

7. มอเตอร์และอุปกรณ์ทางไฟฟ้าอื่นๆ

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัด ได้แก่ ค่าทางไฟฟ้าต่างๆ และช่วงเวลาการทำงาน ตลอดจนความเร็วรอบในกรณีของมอเตอร์ที่ต้องการประเมินประสิทธิภาพของมอเตอร์ด้วย

เครื่องมือวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าและเครื่องวัดความเร็วรอบ

รูปแสดงตำแหน่งการตรวจวัดมอเตอร์

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2555). บทที่ 4 การตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงาน. In คู่มือการอนุรักษ์พลังงานจากกรณีตัวอย่างที่ประสบผลสำเร็จ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โลหะ เครื่องจักร และอุปกรณ์ (pp. 4-10 - 4-18).

พงศ์พล รัตนพงศ์ภักดี ภก.44050
วิศวกรพลังงาน
ฝ่ายพลังงาน

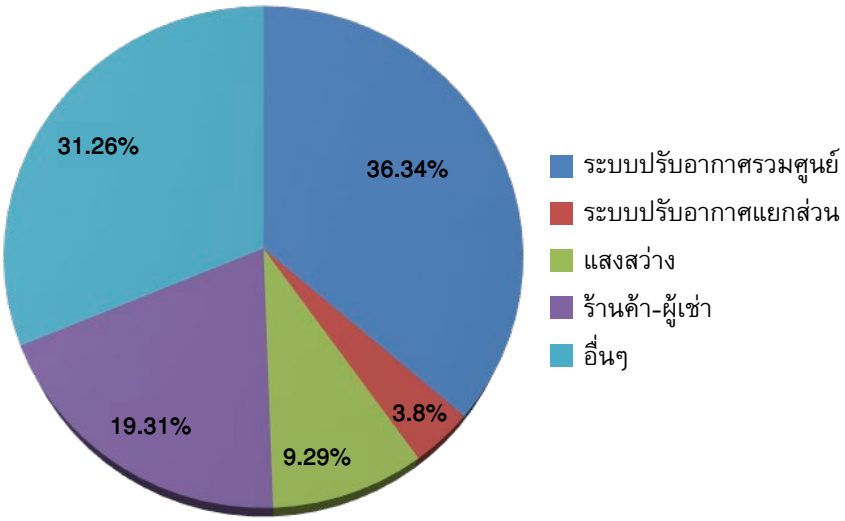
การใช้พลังงานในอาคาร ประเภทศูนย์การค้า

ปัจจุบันอาคารประเภทศูนย์การค้าได้รับความนิยมในการก่อสร้างตามเศรษฐกิจและการพัฒนาขยายตัวของประเทศ นำมาสู่การศึกษาพฤติกรรมหรือลักษณะการใช้พลังงานของอาคารประเภทศูนย์การค้า โดยแบ่งสัดส่วนการใช้พลังงานเป็นรายระบบเครื่องจักรหลัก ซึ่งประกอบด้วย

1. ระบบปรับอากาศรวมศูนย์ (Chiller Plant)
2. ระบบปรับอากาศแยกส่วน (Split Type)
3. ระบบแสงสว่าง (Lighting)
4. ร้านค้า-ผู้เช่าพื้นที่ขาย (Tenant)
5. อื่นๆ (เครื่องจักรอื่นๆ ที่ไม่สามารถจัดกลุ่มได้)

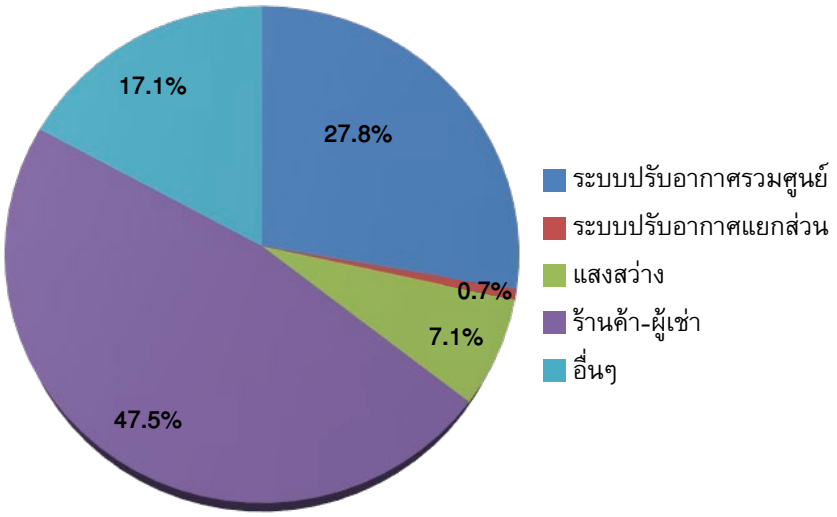
จากกลุ่มตัวอย่างอาคารกว่า 100 แห่ง สามารถแบ่งกลุ่มอาคารตามขนาดพื้นที่ใช้สอยได้ผลลัพธ์ดังนี้

1. อาคารศูนย์การค้าขนาดเล็กที่มีขนาดพื้นที่ใช้สอยตั้งแต่ 10,000-50,000 ตารางเมตร



จากภาพสัดส่วนการใช้พลังงานอาคารศูนย์การค้าขนาดเล็ก พบว่าสัดส่วนที่มีการใช้พลังงานมากที่สุดคือระบบปรับอากาศรวมศูนย์ Chiller Plant ที่ 36.34% ถัดมาคือเครื่องจักรอื่นๆ ที่ 31.26% และร้านค้า-ผู้เช่าอีก 19.31% จะพบว่าอาคารส่วนใหญ่จะมีลักษณะกิจการเป็น Hypermarket คือมีลักษณะเป็นผู้จำหน่ายสินค้า และมีร้านค้า-ผู้เช่าร่วมอยู่ในอาคาร พลังงานส่วนใหญ่ของอาคารจึงใช้ไปกับระบบปรับอากาศภายในอาคาร ซึ่งหากนำเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องในระบบปรับอากาศมาใช้ก็จะช่วยลดการใช้พลังงานให้กับอาคารได้มาก เช่น มาตรการติดตั้ง VSD ที่เครื่องสูบน้ำ CHP/CDP ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์เครื่องสูบน้ำและลดการใช้พลังงาน มาตรการทาสี Ceramic Coating หรือฉนวนกรอบอาคารป้องกันรังสีจากแสงอาทิตย์และความร้อนภายนอกเข้าสู่อาคาร

2. อาคารศูนย์การค้าขนาดใหญ่ที่มีพื้นที่ใช้สอยมากกว่า 50,000 ตารางเมตร



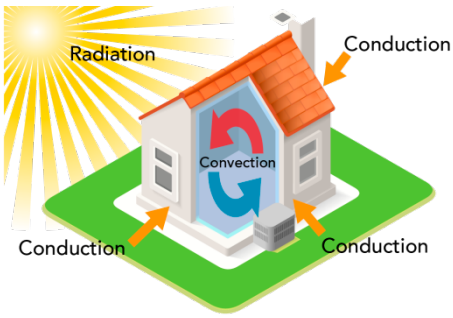
จากภาพสัดส่วนการใช้พลังงานอาคารศูนย์การค้าขนาดใหญ่ พบว่าสัดส่วนที่มีการใช้พลังงานมากที่สุดคือร้านค้า-ผู้เช่าที่ 47.5% ถัดมาคือระบบปรับอากาศรวมศูนย์ Chiller Plant ที่ 27.8% และเครื่องจักรอื่นๆอีก 17.1% จะพบว่าอาคารส่วนใหญ่จะมีลักษณะกิจการเป็น Department Store คือมีลักษณะเป็นการขายพื้นที่ร้านค้าเช่าเป็นหลัก และให้บริการเพื่อสนับสนุนร้านค้า ทำให้มีการใช้พลังงานไปกับร้านค้าผู้เช่าเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งหากต้องการลดการใช้พลังงานในอาคารลักษณะนี้ ส่วนหนึ่งจึงต้องมาจากการประชาสัมพันธ์การทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศที่ร้านค้าเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบเอง การเลือกใช้หลอดประหยัดไฟ LED ลดการใช้พลังงาน และอีกส่วนหนึ่งจากการนำเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องมาใช้ เช่น มาตรการติดตั้ง Temperature & Humidity Sensor Control เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องส่งลมเย็นให้เป็นไปตามสภาวะการใช้งานจริงของแต่ละพื้นที่ร้านค้าได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ

ข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานชี้ให้เห็นถึงพฤติกรรมการใช้พลังงานอย่างมีนัยยะสำคัญ เมื่อพิจารณาถึงเครื่องจักรที่อาคารสามารถควบคุมการใช้งานและใช้พลังงานมากที่สุด อาคารจึงต้องมุ่งเน้นไปยังระบบปรับอากาศในอาคารหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้อง นำมาสู่การจัดกลุ่มมาตรการที่เกี่ยวข้องเพื่อลดการใช้พลังงาน ดังนี้

1. **การส่งผ่านความร้อนผ่านกรอบอาคาร (Heat Transfer from Building Frame)**

ความร้อนจากภายนอกอาคารหรือแสงอาทิตย์จะไหลเข้าสู่อาคารตลอดเวลา มากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับตัวกรองความร้อนอย่างผนังกรอบอาคารที่ช่วยป้องกันความร้อนส่วนหนึ่งไม่ให้ไหลเข้ามาสู่อาคารซึ่งเป็นพื้นที่ปรับอากาศ สามารถทำได้โดยการเลือกใช้วัสดุกรอบอาคารที่มีความเป็นฉนวนกันความร้อน เช่น ใช้ผนังคอนกรีตมวลเบาป้องกันความร้อนโดยรอบ และติดฉนวนใยแก้วหุ้มฟอยล์ใต้หลังคาป้องกัน

ความร้อนทางหลังคา อีกหนึ่งวิธีการคือการลดปริมาณพื้นที่กระจกอาคารเพื่อลดบริเวณที่ความร้อนสามารถแผ่รังสีส่งผ่านได้ง่าย หรือการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยบังเงาต่างๆ ก็มีส่วนช่วยลดการส่งผ่านความร้อนผ่านกรอบอาคารได้

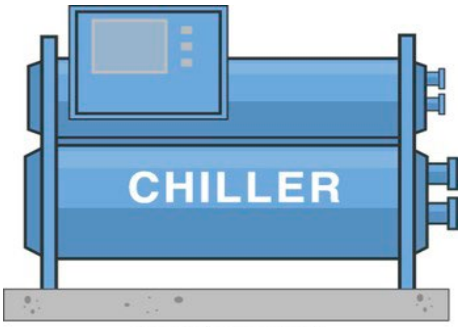


2. **อากาศร้อนไหลเข้าสู่อาคาร (Hot Air Intake from Negative Pressure)**

อีกหนึ่งในเส้นทางที่ความร้อนสามารถไหลเข้าสู่อาคารได้คือผ่านทางช่องเปิดของอาคารหรือรูรั่วต่างๆ ความร้อนหรืออากาศร้อนก็จะเข้าสู่อาคารโดยตรง ซึ่งมีวิธีการป้องกันปัญหานี้คือการทำให้ความดันอากาศภายในอาคารสูงกว่าอากาศภายนอกเล็กน้อยหรือที่เรียกว่า Positive Pressure คือการจงใจเติมอากาศเข้าสู่อาคารให้มากกว่าการถ่ายเทอากาศออกจากอาคาร หรือให้อากาศเย็นภายในอาคารไหลออกเพียงเล็กน้อยเพื่อป้องกันอากาศร้อน ฝุ่น กลิ่นควันต่างๆ ที่อาจเข้ามาอย่างไม่พึงประสงค์

3. **การเลือกใช้เครื่องจักรประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Machine)**

การลดการใช้พลังงานที่มีผลลัพธ์มากที่สุดวิธีหนึ่งคือการเลือกใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้พลังงานน้อย รวมทั้งการเปลี่ยนเครื่องจักรเดิมหรือติดตั้งเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง เช่น การติดตั้ง VSD ที่เครื่องสูบน้ำเพื่อลดความเร็วรอบมอเตอร์ ลดพลังงานส่วนเกินที่อาจเกิดขึ้นในการใช้งานเครื่องสูบน้ำ



4. **การควบคุมการใช้งาน และการดูแลรักษา (Operation and Maintenance)**

นอกจากการป้องกันความร้อนหรือเครื่องจักรที่ดีซึ่งเป็นปัจจัยภายนอกแล้ว ปัจจัยภายในเองก็สำคัญเช่นเดียวกัน นั่นคือการควบคุมการใช้งานเครื่องจักร และการดูแลรักษาที่เหมาะสม อาคารจึงต้องคำนึงถึงความรู้ความสามารถของบุคลากรผู้ควบคุม-ดูแลด้วย ซึ่งสามารถสนับสนุนได้ทั้งการจัดส่งฝึกอบรม หรือการนำเทคโนโลยีมาติดตั้งเพื่อช่วยในการเก็บข้อมูล-วิเคราะห์-ติดตาม การดำเนินกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร ก็จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานและยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรได้เช่นกัน

การอนุรักษ์พลังงาน ไม่ได้เป็นเพียงการลดปริมาณการใช้พลังงาน หากแต่หมายถึงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ สร้างประโยชน์คุ้มค่าและลดพลังงานสูญเสียที่ไม่พึงประสงค์มากที่สุด เพื่อสิ่งแวดล้อมที่ดีกว่า

ฉลอง กาญจนาศรีโรจน์ ภฟก.31932
วิศวกรโครงการ
ฝ่ายพลังงาน

ระบบ e-Sevice ภาครัฐฯ รองรับคำขอตามกฎหมายอนุรักษ์พลังงาน

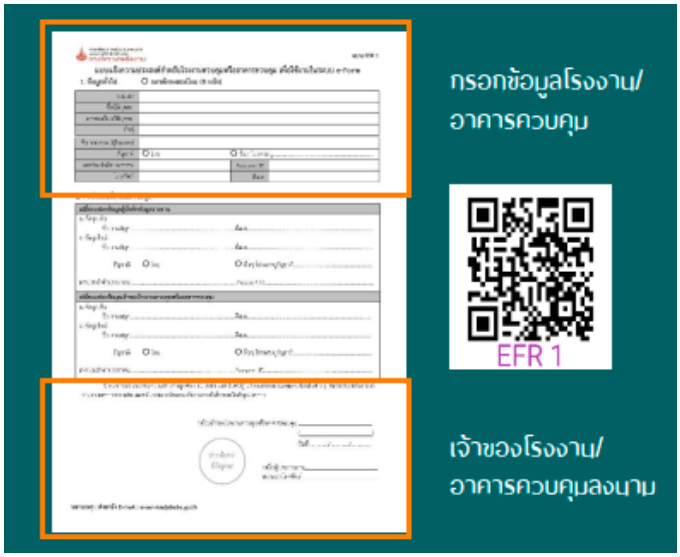
ระบบบริการอิเล็กทรอนิกส์ภาครัฐเพื่อการปฏิบัติตามกฎหมายสำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม (e-Service) เป็นระบบที่ทางกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาจากระบบเดิมที่เป็นเอกสารไปสู่ระบบอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด ซึ่งกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการยื่นคำขอทางอิเล็กทรอนิกส์ (e-Service) ที่มีการประกาศกฎหมายรองรับกำหนดแนวทางการปฏิบัติทางอิเล็กทรอนิกส์เรียบร้อยแล้ว ได้แก่

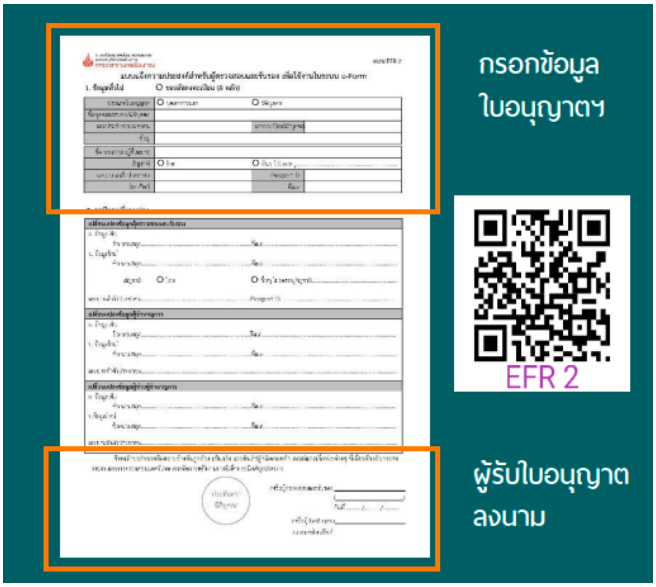
1. การส่งรายงานผลการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงานทางอิเล็กทรอนิกส์ (e-From)
2. การแจ้งแต่งตั้งผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน/การแจ้งพ้นหน้าที่ของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน
3. การยื่นคำขอผ่อนผันการปฏิบัติตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) /การแจ้งการใช้พลังงานรอบ 6 เดือนแรก/หลัง

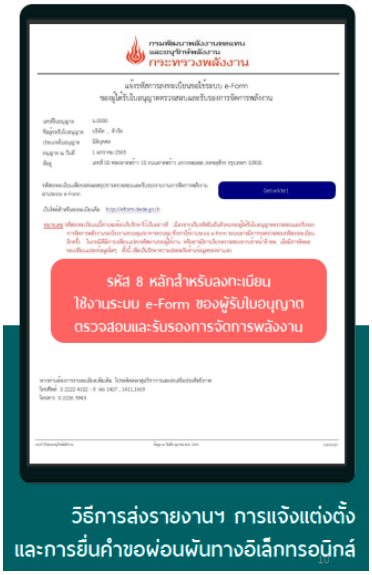
ส่วนกิจกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติตามกฎหมาย ซึ่งอยู่ระหว่างการพัฒนาระบบทางอิเล็กทรอนิกส์และเตรียมประกาศกฎหมายรองรับต่อไป ได้แก่

1. การยื่นแบบคำขอวินิจฉัยการเป็นโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุม
2. การยกเลิกสถานะการเป็นโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุม
3. การยื่นคำขอรับใบอนุญาตตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงาน

ทั้งนี้โรงงานควบคุมและอาคารควบคุมที่ต้องการจะเข้าใช้งานระบบบริการอิเล็กทรอนิกส์ภาครัฐ (e-Service) ก่อนอื่นต้องยื่นความประสงค์ขอรหัสการลงทะเบียน ทาง E-mail: e-service@dede.go.th โดยแนบแบบฟอร์ม EFR 1 สำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม และแบบ EFR 2 สำหรับผู้รับใบอนุญาตตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงาน

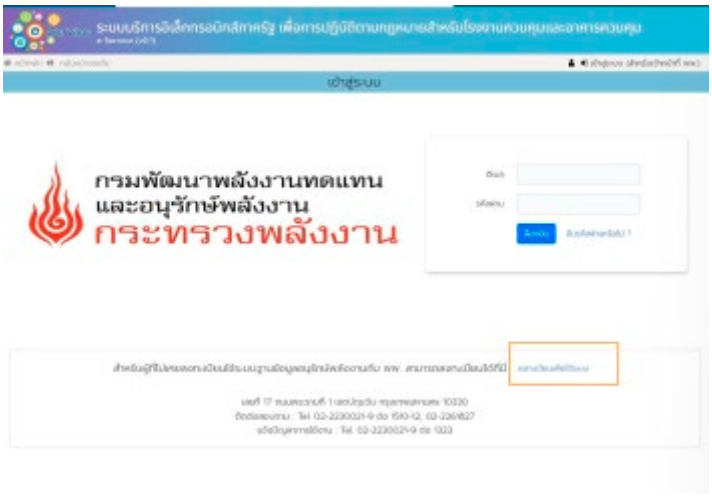




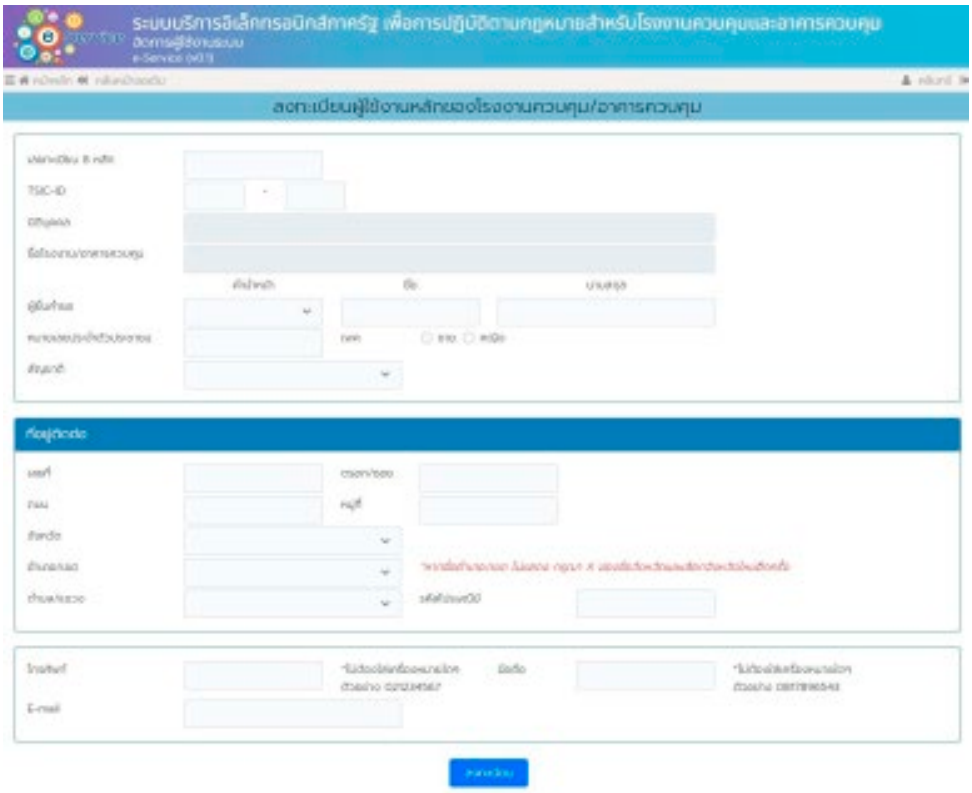


ขั้นตอนการเข้าใช้งานระบบ

1. ลงทะเบียนเข้าใช้งานระบบได้ที่ https://eservice.dede.go.th



2. กรอกข้อมูลให้ครบถ้วน
3. ตรวจสอบ/รับรองความถูกต้องและยินยอมให้ใช้ข้อมูล
4. เลือกปุ่ม “ลงทะเบียน”



หากมีข้อสงสัยหรือต้องการสอบถามรายละเอียดเพิ่มสามารถติดต่อได้ที่ กลุ่มวิชาการ กองกำกับและอนุรักษ์พลังงาน (กกอ.)
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
โทร 02-2230021-9 ต่อ 1323, 1411, 1407, 1669
E-mail: ecd@dede.go.th
E-mail: e-service@dede.go.th
เว็บไซต์: berc.dede.go.th

ปิยะ ชื่นชม สฟก.6288
ผู้จัดการโครงการอาวุโส
ฝ่ายพลังงาน

การลดก๊าซเรือนกระจก ภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย

กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

(ร่าง) พระราชบัญญัติการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ: อยู่ระหว่างดำเนินการปรับปรุง (ร่าง) พระราชบัญญัติฯ และกฎหมายลำดับรองให้สอดคล้องกับเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน พ.ศ. 2573 (ค.ศ. 2030) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ภายในปี พ.ศ. 2608 (ค.ศ. 2065)

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

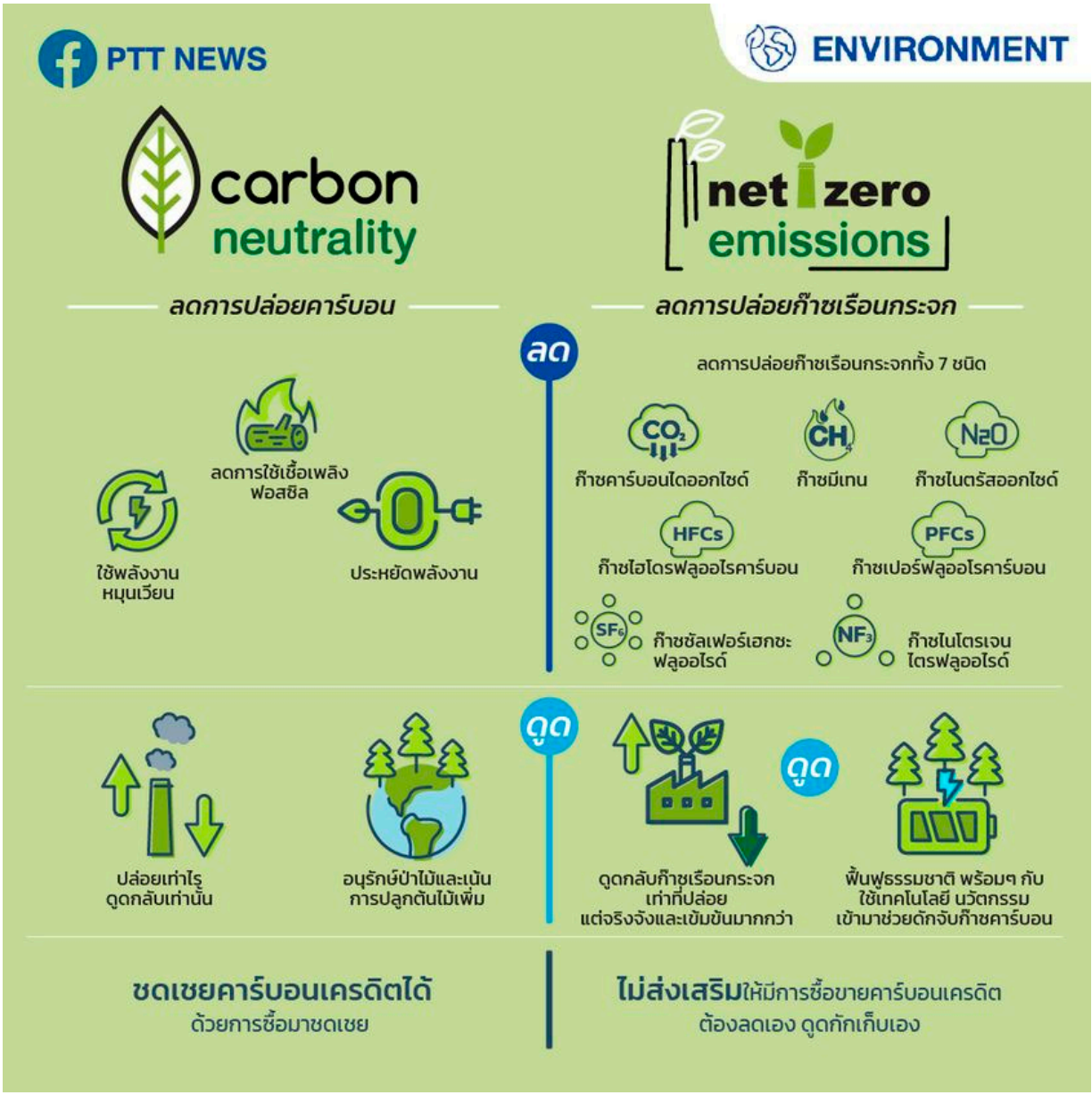
“กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม” (Department of Climate Change and Environment): เป็นหน่วยงานประสานงานกลางของประเทศภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) และขับเคลื่อนการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ทั้งการลดก๊าซเรือนกระจก (Mitigation) การปรับตัว (Adaptation) การเพิ่มขีดความสามารถด้านการบริหารจัดการ การส่งเสริมการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในทุกระดับ และการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนานวัตกรรมด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม มีภารกิจเกี่ยวกับการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมของประเทศ การดำเนินการตามพันธกรณีระหว่างประเทศรวมทั้งประสานความร่วมมือกับหน่วยงานทั้งภายในประเทศและระหว่างประเทศด้านการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม เพื่อขับเคลื่อนการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศ

“องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)” เรียกโดยย่อว่า **“อบก.”** มีชื่อภาษาอังกฤษว่า **“Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization)”** เรียกโดยย่อว่า **“TGO”** เป็นหน่วยงานภายใต้การกำกับดูแลของรัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ให้บริการ ดูแล และกำหนดมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการวัด การรายงาน และการทวนสอบ และให้การรับรองปริมาณการปล่อยการลด และการชดเชยก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งส่งเสริมการพัฒนาโครงการและการตลาดซื้อขายปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการรับรอง เป็นศูนย์กลางข้อมูลที่เกี่ยวกับสถานการณ์ดำเนินงานด้านก๊าซเรือนกระจก ส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพตลอดจนให้คำแนะนำแก่หน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนเกี่ยวกับการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก

ประเทศไทยโดยกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้มีการจัดตั้งกลไกและกำหนดแผนดำเนินการเพื่อให้ประเทศบรรลุเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกตามที่ได้กำหนดไว้ โดยได้จัดตั้งคณะทำงานจัดทำแผนการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ภายใต้คณะอนุกรรมการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านการบูรณาการนโยบายและแผน เพื่อพิจารณาและจัดทำร่างแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ พ.ศ. 2564-2573 (Thailand's Nationally Determined Contribution Roadmap on Mitigation 2021-2030 หรือ NDC Roadmap on Mitigation 2021-2030)

ประเทศไทยได้แสดงเจตนารมณ์ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยได้ประกาศเป้าหมาย

- การเข้าสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ภายในปี ค.ศ. 2050 และ
- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Emissions) ภายในปี ค.ศ. 2065



อ้างอิง: https://www.facebook.com/PTTNews

ความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) คือปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศเท่ากับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกดูดกลับคืนมา โดยผ่าน 3 กลไก ได้แก่

(1) “ลด” การปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น การใช้พลังงานหมุนเวียนแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel)

(2) “ดูดกลับ” ก๊าซเรือนกระจกจากชั้นบรรยากาศ เช่น การปลูกป่าเพื่อเพิ่มแหล่งสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามธรรมชาติ (Carbon Sink) การใช้เทคโนโลยีในการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และนำกลับมากักเก็บใต้พื้นดิน หรือใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ และ

(3) ชดเชย” การปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการซื้อคาร์บอนเครดิต (Carbon Credit Offset) ยกตัวอย่างให้เห็นภาพ เช่น หากเราปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 100 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และมีความสามารถในการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกได้เพียง 80 ล้านตันคาร์บอน-ไดออกไซด์เทียบเท่า เราสามารถชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหลืออีก 20 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าด้วยการซื้อคาร์บอนเครดิต

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Emissions) จะเกิดขึ้นได้เมื่อก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์มีภาวะสมดุลกับการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก กล่าวคือหากเราปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 100 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ก็จะต้องมีกิจกรรมที่ลดหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 100 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเช่นกัน ไม่สามารถชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการซื้อคาร์บอนเครดิตได้ จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้เป้าหมายของความเป็นกลางทางคาร์บอน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ห่างกันถึง 15 ปี เนื่องจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ได้ตัดกลไกการชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการซื้อคาร์บอนเครดิตออกไปนั้นเอง

อ้างอิง: https://www.onep.go.th/carbon-neutrality-net-zero-emissions/

โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย: โครงการ T-VER (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER)

"โครงการ T-VER" คือกลไกลดก๊าซเรือนกระจกภายในประเทศที่ TGO พัฒนาขึ้นตั้งแต่ พ.ศ. 2557 มีชื่อเต็มว่า โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program) เรียกย่อว่า T-VER (อ่านว่า ที-เวอ) ซึ่งเป็นกลไกที่มีเป้าหมายในการส่งเสริมให้ทุกภาคส่วนมีส่วนร่วมลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ผลิตและใช้พลังงานหมุนเวียน ภาคอุตสาหกรรมที่มีกิจกรรมการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน การจัดการของเสีย ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายหลักที่มีศักยภาพลดก๊าซเรือนกระจก การจัดการในภาคขนส่ง รวมถึงการปลูกต้นไม้และการอนุรักษ์ฟื้นฟูป่า ซึ่งเป็นกิจกรรมที่นอกจากจะช่วยกักเก็บก๊าซเรือนกระจกได้แล้ว ยังสามารถรักษาและสร้างสมดุลของความหลายหลายทางชีวภาพได้อีกด้วย

TGO จะเป็นผู้ให้การขึ้นทะเบียนโครงการ T-VER และรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดหรือกักเก็บได้จากโครงการ T-VER โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดหรือกักเก็บได้จะเรียกว่า **"คาร์บอนเครดิต"** ซึ่งสามารถนำไปใช้รายงาน ใช้ชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากองค์กร บุคคล การจัดงานอีเวนท์ และจากการผลิตผลิตภัณฑ์ได้

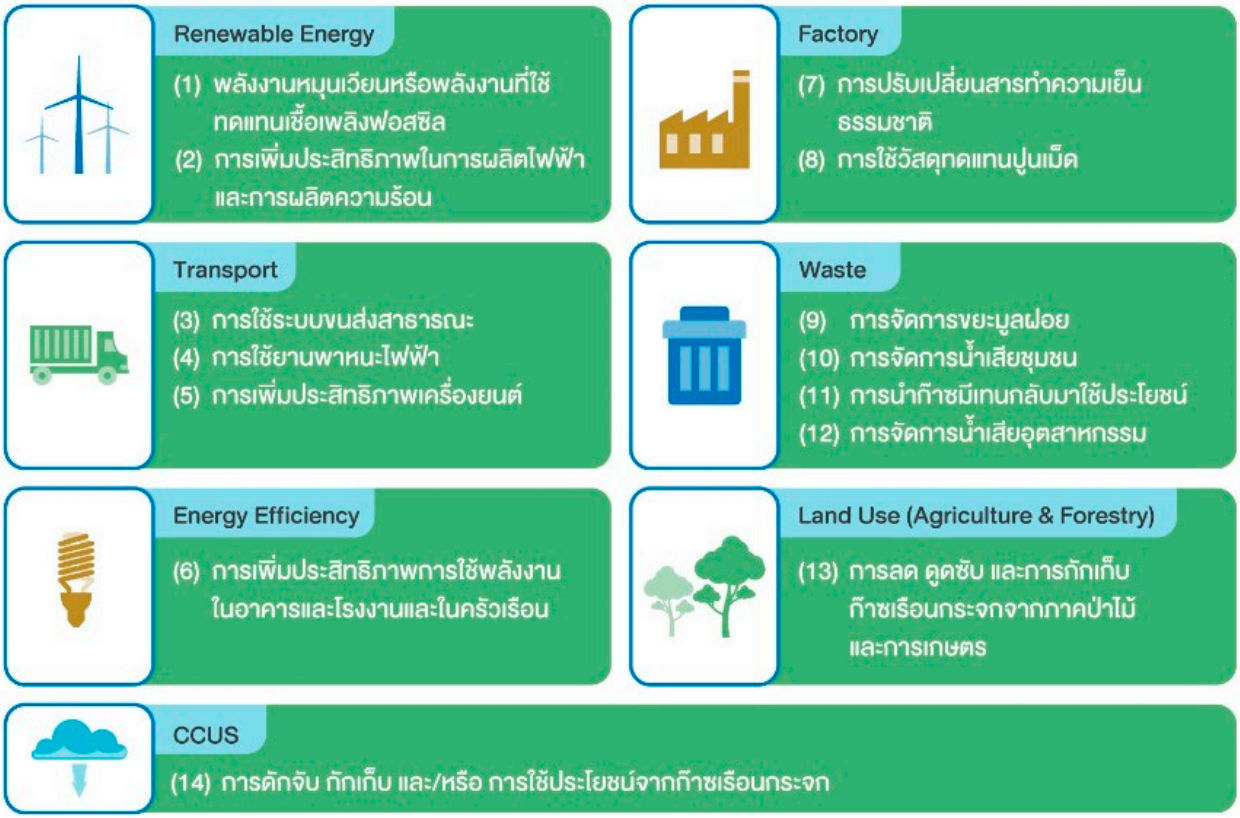
ประโยชน์ของโครงการ T-VER

1. ลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน
2. เพิ่มแหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกต้นไม้ อนุรักษ์และฟื้นฟูป่า
3. สามารถนำปริมาณคาร์บอนเครดิตไปใช้ในการรายงานผลการดำเนินงานขององค์กรได้
4. สามารถนำปริมาณคาร์บอนเครดิตไปใช้ในการชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ผลิตภัณฑ์ งานอีเว้นท์ และบุคคลได้
5. สร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อองค์กร

คาร์บอนเครดิตคืออะไร

"คาร์บอนเครดิต" คือปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลด/กักเก็บได้จากการดำเนินโครงการลดก๊าซเรือนกระจกผ่านกลไกลดก๊าซเรือนกระจกต่างๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ มีหน่วยเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และสามารถนำคาร์บอนเครดิตไปแลกเปลี่ยนหรือซื้อ-ขายเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้ ไม่ว่าจะเป็นการนำปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการดำเนินงานไปรายงาน การนำไปใช้ชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากองค์กร บุคคล งานบริการ หรือจากการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ

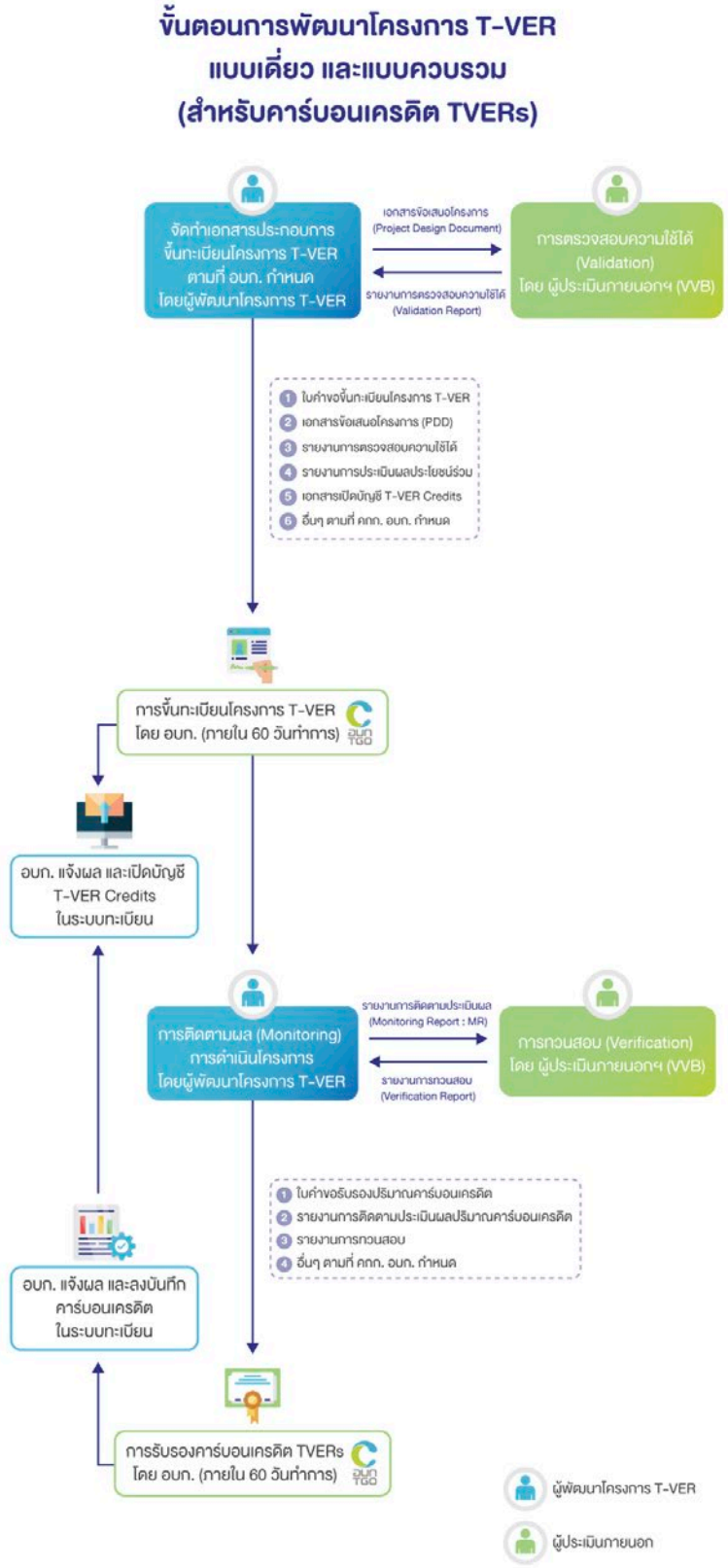
โครงการลดก๊าซเรือนกระจกที่สามารถพัฒนาเป็นโครงการ T-VER ได้ ต้องเป็นประเภทโครงการดังต่อไปนี้



ขั้นตอนการพัฒนาโครงการ T-VER: สามารถดำเนินการได้ 3 รูปแบบ ได้แก่

1. **โครงการเดี่ยว (Single Project)**
   โครงการที่ดำเนินกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกในที่ตั้งแห่งเดียว
2. **โครงการแบบควบรวม (Bundling Projects)**
   โครงการที่ดำเนินกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกเช่นเดียวกัน ประเภทเดียวกัน โดยมีที่ตั้งหลายแห่ง และมีช่วงระยะเวลาในการคำนวณเครดิตเหมือนกัน
3. **โครงการแบบแผนงาน (Programme of Activities: PoA)**
   มีรูปแบบเป็นการดำเนินโครงการลดก๊าซเรือนกระจกแบบมีกรอบแผนงาน และมีโครงการย่อยที่มีที่ตั้งหลายแห่ง ประเภทโครงการเหมือนกัน และสามารถกำหนดระยะเวลาคำนวณเครดิตแต่ละกลุ่มโครงการย่อยไม่เหมือนกันได้

การพัฒนาโครงการ T-VER ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ ขั้นตอนการขึ้นทะเบียนโครงการ T-VER และขั้นตอนการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยผู้พัฒนาโครงการจะต้องจัดทำเอกสารประกอบการพิจารณาโครงการ T-VER ยื่นมายัง อบก. เพื่อขอขึ้นทะเบียนหรือรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจก รายละเอียดขั้นตอนการพัฒนาโครการ T-VER ในภาพรวมแสดงดังรูป (แบบเดี่ยวและแบบควบรวม)

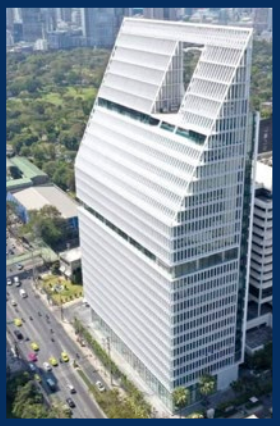


จากภาพยังมีบุคคลที่ 3 ที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการพัฒนาโครงการคือ ผู้ประเมินภายนอกสำหรับโครงการภาคสมัครใจ (Validation and Verification Body: VVB)

ผู้ประเมินภายนอกสำหรับโครงการภาคสมัครใจ (Validation and Verification Body: VVB) คือบุคคลที่สาม (Third Party) ที่ดำเนินการด้วยความเป็นกลาง มีมาตรฐานการทำงานอย่างเป็นระบบ ได้รับการยอมรับอย่างเป็นทางการว่าหน่วยรับรองมีความสามารถในการดำเนินการตรวจสอบความใช้ได้และการทวนสอบ โดยต้องได้รับการรับรองระบบงาน (Accreditation) สำหรับหน่วยตรวจสอบความใช้ได้และทวนสอบก๊าซเรือนกระจกตามมาตรฐาน ISO 14065: 2020, ISO 17029: 2019 และ IAF MD 6: 2014 จากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) และต้องได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นผู้ประเมินภายนอกสำหรับโครงการภาคสมัครใจกับองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก.

ผู้ประเมินภายนอกสำหรับโครงการภาคสมัครใจมีหน้าที่ออกถ้อยแถลงให้การรับรองผลในการตรวจสอบความใช้ได้ของเอกสารข้อเสนอโครงการ (Project Design Document: PDD) เพื่อขึ้นทะเบียนโครงการ T-VER หรือทวนสอบรายงานการติดตามประเมินผล (Monitoring Report: MR) เพื่อรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดหรือกักเก็บได้ (คาร์บอนเครดิต) ตามหลักเกณฑ์ที่ อบก. กำหนด

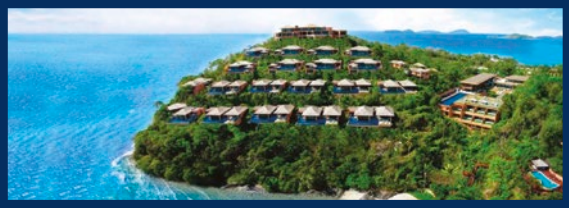
อ้างอิง: https://ghgreduction.tgo.or.th/th/t-ver.html



55th

MITR

SINCE 1968



LEED Certification (Platinum) - Energy Complex
LEED Certification (Platinum) - SCG 100 years
LEED Certification (Platinum) - PTT Urban Forest
LEED Certification (Gold) - Krungsri Ploenchit
LEED Certification (Gold) - S-Oasis
LEED Certification (Gold) - Delta-7 Wellgrow
WELL Certification (Gold) - Dusit Central Park (Prospect)

LEED Campus - Sindhorn Village
LEED Certification (Gold) - Sindhorn Residence,
LEED Certification (Silver) - Sindhorn Kempinski Hotel
The Residences at Sindhorn Kempinski Hotel
LEED Certification (Silver) - Baan Sindhorn
LEED Certification (Silver) - Sindhorn Midtown Hotel
LEED Certification (Silver) - Sindhorn Tonson

ASEAN Energy Award - Central World
ASEAN Energy Award - SCG -100 Years
Thailand Energy Award - Central World
Thailand Energy Award - The Offices at Central World

Thailand Energy Award - Central Lardprao
Thailand Energy Award - Central Chaengwattana
Thailand Energy Award - Central Pinklao
Thailand Energy Award - Central Rattanathibet

MITR

MITR Technical Consultant Co.,Ltd.
บริษัท มิตรเทคนิคัลคอนซัลแท้นท์ จำกัด

1168/8 12th Floor, Lumpini Tower, Rama IV Rd., Thungmahamek,
Sathorn, Bangkok 10120, Thailand
Tel : +66-2679-9079-84 Fax : +66-2679-9085 E-mail : mitr@mitr.com

Certificate Number TH01 / 4886

Certificate Number TH01 / 4887