กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

คู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบ การผลิต การควบคุมคุณภาพ และการใช้ก๊าซชีวภาพ (BIOGAS)

สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

ฉบับปรับปรุง
เพิ่มเติม

กองส่งเสริมเทคโนโลยีความปลอดภัยโรงงาน
กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ร่าง

ปรับปรุงคู่มือปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบ การผลิต การควบคุมคุณภาพ และการใช้ก๊าซชีวภาพ (BIOGAS) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

สารบัญ

หน้า

สารบัญ ก-1

สารบัญรูป ข-1

สารบัญตาราง ค-1

บทที่ 1. การปรับปรุงและควบคุมคุณภาพก๊าซชีวภาพ 1-1

บทที่ 2. การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ 2-1

บทที่ 3. ความปลอดภัยในระบบก๊าซชีวภาพ

3.1 การเดินสายไฟฟ้าบริเวณพื้นที่อันตราย 3-1

3.1.1 การเดินสายไฟฟ้าบริเวณอันตรายประเภทที่ 1 (Hazardous Area Zone 1) 3-1

3.1.2 การเดินสายไฟฟ้าบริเวณอันตรายประเภทที่ 2 (Hazardous Area Zone 2) 3-4

3.2 การติดตั้งสายดิน 3-7

3.2.1 ขนาดสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3-7

3.2.2 ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า 3-8

3.2.3 การต่อสายดินเข้ากับสายหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า 3-9

3.2.4 วิธีการต่อสายหลักดิน (เข้ากับหลักดิน) 3-9

3.2.5 ค่าความต้านทานทางการต่อลงดิน (Resistance to Ground) 3-10

3.2.6 การต่อลงดิน 3-10

หน้า

3.3 ระบบป้องกันฟ้าผ่า 3-11

3.3.1 ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก 3-11

3.3.2 ระบบตัวนำลงดิน 3-14

3.3.3 ระบบรากสายดิน 3-16

บทที่ 4. ระบบแจ้งเตือนอัคคีภัย (Fire Alarm)

4.1 พื้นฐานการออกแบบ 4-1

4.2 พื้นที่ออกแบบเพื่อป้องกันทรัพย์สิน 4-1

4.3 ขั้นตอนการแจ้งสัญญาณ 4-2

4.4 ตำแหน่งติดตั้งบริภัณฑ์แผงควบคุมและสายสัญญาณบริภัณฑ์แผงควบคุมระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้และแสดงผลเพลิงไหม้ 4-3

4.5 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน 4-3

4.6 อุปกรณ์ตรวจจับควัน 4-8

4.7 อุปกรณ์ตรวจจับเปลวเพลิง 4-11

บทที่ 5. ระบบดับเพลิง (Fire Protection System)

5.1 ระบบดับเพลิงด้วยน้ำชนิดสายสูบ 5-1

5.1.1 ชนิดของสายสูบดับเพลิง 5-3

5.1.2 แหล่งน้ำสำหรับการดับเพลิง 5-3

5.2 เครื่องสูบน้ำดับเพลิง 5-3

5.3 เครื่องดับเพลิงแบบมือถือ (Fire Extinguisher) 5-5

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1-1	แสดงเทคโนโลยีการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แบบ Membrane Technology	1-2
1-2	แสดงระบบการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้ระบบเมมเบรน แบบ Hollow Fiber	1-4
2-1	รูปแสดงสัดส่วนพลังงานทั้งหมดที่ได้จากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ	2-1
2-2	รูปหม้อต้มน้ำด้วยไอเสียเครื่องยนต์ (Engine's Exhaust Gas Steam Boiler)	2-2
2-3	ตัวอย่างระบบนำความร้อนทิ้งของเครื่องยนต์กลับมาใช้ประโยชน์	2-2
2-4	ตัวอย่าง PHE สำหรับทำน้ำร้อนจากน้ำหล่อเย็น (Jacket Cooling Water) ของ Gas Engine Generator	2-5
2-5	ตัวอย่างความเสียหาย เนื่องจาก H_2S และความชื้นในก๊าซชีวภาพ	2-11
2-6	ตำแหน่งการส่อง Video Check เพื่อตรวจสอบสภาพภายในเครื่องยนต์	2-13
3-1	ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก แบบไม่แยกอิสระ	3-11
3-2	ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก แบบแยกอิสระ	3-12
3-3	ตัวนำล่อฟ้า	3-13
3-4	การจัดวางตำแหน่งตัวนำลงดินของระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกแบบแยกอิสระ	3-14
3-5	การจัดวางตำแหน่งของตัวนำลงดินของระบบป้องกันฟ้าผ่าไม่แยกอิสระ	3-15
3-6	รากสายดินแบบ ก	3-16
3-7	รากสายดินแบบ ข	3-17
4-1	แผงควบคุมระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้และแสดงผลเพลิงไหม้	4-2
4-2	อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดจุด (point type, heat detector)	4-3
4-3	อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเส้น	4-4
4-4	ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่เพดาน หรือที่ผนังกั้นห้อง	4-5
4-5	ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสำหรับพื้นที่ช่องเดิน	4-5

รูปที่ **หน้า**

4-6	ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเส้นกับเพดานระดับราบ	4-6
4-7	ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ชนิดจุด และชนิดเส้น	4-7
4-8	อุปกรณ์ตรวจจับควัน	4-8
4-9	อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดจุด (spot type smoke detector)	4-8
4-10	อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสง (beam type smoke detector)	4-9
4-11	ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันที่เพดานหรือที่ผนังกั้นห้อง	4-9
4-12	ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุดที่เพดานระดับราบ	4-10
4-13	อุปกรณ์ตรวจจับเปลวเพลิง แบบอินฟราเรดและแบบอัลตราไวโอเลต	4-11
4-14	ตัวอย่างไดอะแกรมโพลาร์ของอุปกรณ์ของตรวจจับเปลวเพลิง	4-12
4-15	ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ 1 ชุด และการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับหลายชุด	4-12
5-1	ระบบดับเพลิงชนิดสายสูบ	5-2
5-2	หัวต่อดับเพลิงนอกอาคาร (SIAMESE CONNECTION)	5-2
5-3	เครื่องสูบน้ำดับเพลิงแบบ Horizontal Centrifugal Pump	5-4
5-4	การติดตั้งเครื่องดับเพลิงแบบมือถือพร้อมป้ายสัญลักษณ์	5-6
5-5	มาตรวัดแรงดันของก๊าซภายในถังดับเพลิง และวิธีตรวจสอบถังดับเพลิง	5-7

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	แสดงการเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของระบบกำจัด CO_2 ต่างๆ	1-5
2-1	ผลการวิเคราะห์คำนวณปริมาณไอน้ำที่ใช้ต้มน้ำร้อน ก่อนและหลังปรับปรุงด้วยมาตรการ Heat Recovery น้ำหล่อเย็น Gas Engine	2-3
2-2	ผลการวิเคราะห์การนำความร้อนจากไอเสียเครื่องยนต์นำกลับมาผลิตไอน้ำ	2-4
2-3	การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance / PM) สำหรับ Gas Engine Generator	2-6
2-4	ตารางการตรวจสอบเครื่องยนต์และส่วนประกอบตามรอบระยะเวลาการเดินเครื่องจักร (Operating Hour, OH)	2-7
2-5	ตารางคุณสมบัติที่ต้องพิจารณาในการติดตามการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์	2-12
3-1	ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ	3-8
3-2	ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า	3-8
5-1	ชนิดของสารดับเพลิง	5-5

บทที่ 1
การปรับปรุงและควบคุมคุณภาพก๊าซชีวภาพ

การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

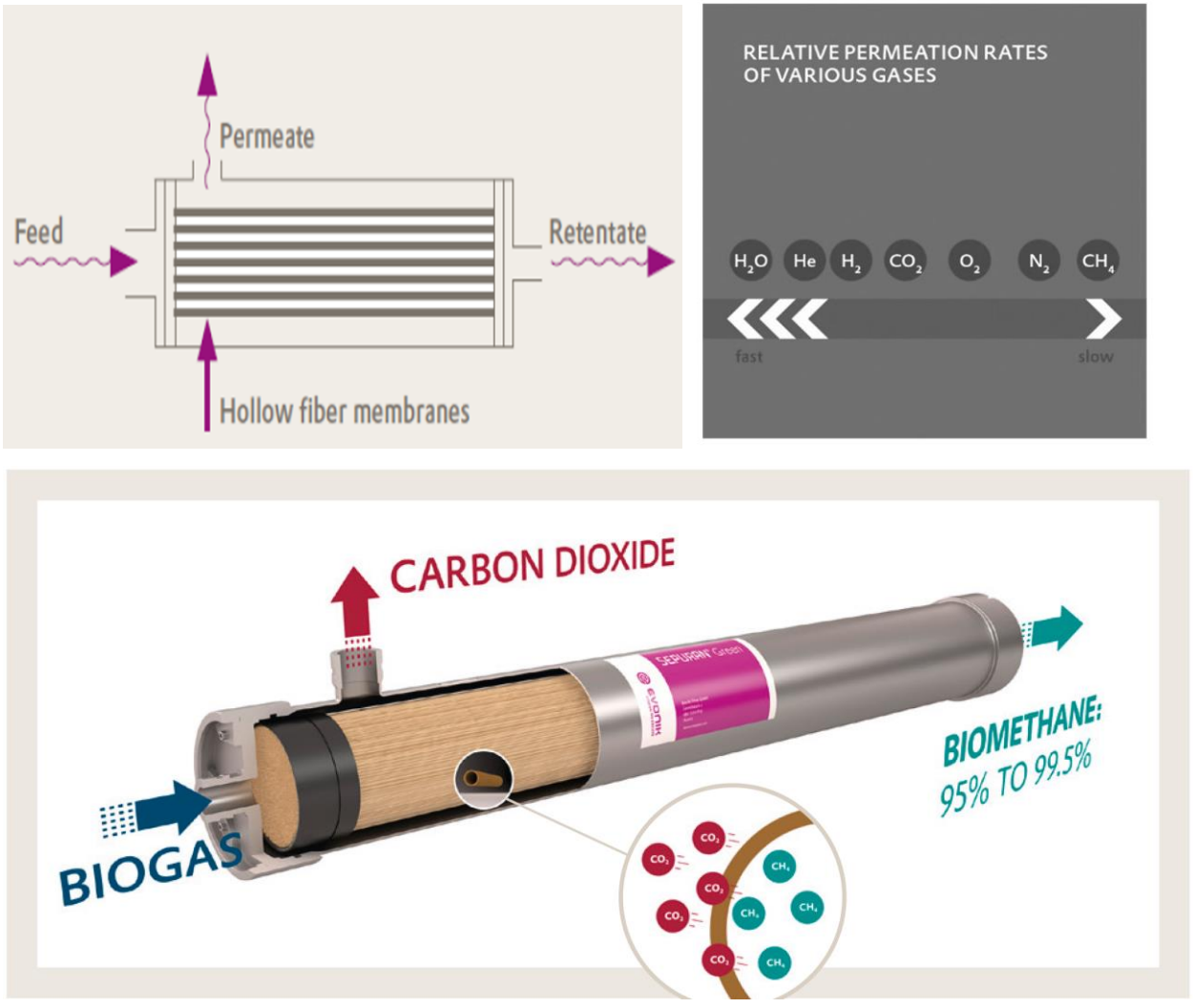
การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซชีวภาพมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะเพิ่มค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพให้สูงขึ้นหรือเป็นการควบคุมความเข้มข้นก๊าซมีเทนให้เพิ่มขึ้นและ/หรือมีความเข้มข้นมีเทนที่มีเสถียรภาพมากขึ้น ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานก๊าซชีวภาพไปด้วย สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงของพาหนะหรือผลิตพลังงานความร้อนทดแทนก๊าซธรรมชาติ รวมทั้งยังลดความเป็นกรด (เมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำจะเป็นกรดอ่อน) ซึ่งในขณะนี้ได้มีประเทศในยุโรป 3 ประเทศ ได้แก่ สวิตเซอร์แลนด์ สหพันธรัฐเยอรมนี และสวีเดน ที่ได้มีการยอมรับมาตรฐานของก๊าซไบโอมีเทน หรือก๊าซชีวภาพที่มีการปรับปรุงคุณภาพด้วยการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกไปจากเนื้อก๊าซชีวภาพดังกล่าวซึ่งประกอบไปด้วยเทคโนโลยีต่างๆ ได้แก่

- Water Scrubber Technology
- Pressure Swing Adsorption (PSA) Technology
- Chemical Adsorption Technology
- Membrane Separation Technology

การควบคุมคุณภาพก๊าซ โดยการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นการเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซมีเทนเพื่อรักษาระดับก๊าซมีเทนให้คงที่ ซึ่งมีผลดีต่อการใช้งาน เช่น การลดปัญหาการเผาไม่สมบูรณ์ลดปัญหาเปลวไฟดับเมื่อเดินหัวเผาในสภาวะการเผาไหม้ที่อัตราสูง (High Fire) เนื่องจาก % มีเทนที่เพิ่มขึ้นในเนื้อก๊าซชีวภาพจะช่วยเพิ่มอัตราความเร็วเปลวไฟของการเผาไหม้ (การทำปฏิกิริยาสันดาปทางเคมี) ช่วยลดความเสี่ยงของการสะสมก๊าซชีวภาพในห้องเผาไหม้จากการดับของเปลวไฟ ที่เป็นสาเหตุของการระเบิดในห้องเผาไหม้ หรือเกิดการเผาไหม้ที่ท่อไอเสีย (กรณีเผาไหม้ในลูกสูบเครื่องยนต์) ทำให้วาล์วไอเสียเกิดความร้อนสูงและเสียหายได้

Membrane Separation Technology

เป็นเทคโนโลยีการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการเลือกซึมผ่านผ่านเมมเบรน ที่ใช้เยื่อแผ่นที่ทำจากโพลีเมอร์ เช่น โพลีเมอร์ในกลุ่ม Dense polyimide membrane ในการแยกสารจะใช้หลักการความแตกต่างของขนาดโมเลกุล คือ การเลือกซึมผ่าน (Selective Permeation) ของก๊าซแต่ละชนิดในเมนเบรนที่เลือกใช้ โดยทั่วไปจะออกแบบให้ทำงานภายใต้ความดันก๊าซประมาณ 6-10 บาร์เกจ ประสิทธิภาพการแยกชนิดสารของเมมเบรนจะขึ้นอยู่กับชนิดของเมมเบรนและการออกแบบจำนวนขั้นตอนการซึมผ่านของก๊าซผ่านเมมเบรน รายละเอียดแสดงดัง รูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 แสดงเทคโนโลยีการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แบบ Membrane Technology

การเลือกซึมผ่าน (Selective Permeation) หมายถึง การที่เมมเบรนยอมให้ก๊าซบางชนิดซึมผ่านรูเปิดของเยื่อแผ่นเมมเบรน ขณะที่ไม่ยอมให้ก๊าซบางชนิดซึมผ่านไปได้

ในการซึมผ่านนั้นโมเลกุลก๊าซจะซึมผ่านไปในวัสดุโพลิเมอร์ (แผ่นเมมเบรน) โดยมีความแตกต่างระหว่างความดันระหว่างเยื่อแผ่นเป็นตัวช่วยในการดัน (Driving Force) ให้โมเลกุลของก๊าซซึมผ่านไปได้ ซึ่งอัตราการซึมผ่านของก๊าซแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การละลาย และสัมประสิทธิ์การแพร่

สำหรับก๊าซองค์ประกอบในก๊าซชีวภาพ นั้น CO_2 และ H_2S จะซึมผ่านเยื่อแผ่นได้เร็วกว่า CH_4 N_2 และ O_2

ในกระบวนการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้น ก๊าซชีวภาพจะถูกบำบัดขั้นต้น (Pretreatment) ด้วยการกำจัดสิ่งเจือปนอื่นๆ เช่น น้ำ ความชื้น และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกไปจากเนื้อก๊าซชีวภาพให้ต่ำที่สุดก่อน และทำการเพิ่มความดันผ่านเครื่องอัดก๊าซ (Gas Compressor) เพื่อป้อนก๊าซเข้าเมมเบรน (ส่วนใหญ่จะเป็นเมมเบรนชนิดกลวง Hollow Fiber) โดยก๊าซชีวภาพที่ความดันสูงจะอยู่ด้านในของ Hollow Fiber ซึ่งก๊าซ CO_2 และ H_2S จะสามารถซึมผ่านแผ่นเมมเบรนได้ดีกว่าก๊าซ CH_4 N_2 และ O_2 ดังนั้น ด้านใน Hollow fiber จะมีก๊าซมีเทนที่เข้มข้นขึ้น ขณะที่ด้านนอกของ Hollow fiber ซึ่งอยู่ในฝั่งความดันก๊าซต่ำ จะมีความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 สูงกว่า และจะเป็นก๊าซที่ปล่อยทิ้ง (Offgas) ออกไป หรือในบางกรณีสามารถนำก๊าซทิ้งดังกล่าวหมุนเวียนมาผ่านเมมเบรนอีกชุดเพื่อดักจับก๊าซมีเทนที่คงเหลือหรือหลุดออกไปกับก๊าซทิ้งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกก๊าซมีเทน (Methane Recovery) จากก๊าซชีวภาพให้สูงที่สุด รูปที่ 1-2 แสดงระบบกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้เมมเบรนแบบ Hollow fiber

ข้อแนะนำ:

- ควรมีการกำจัด น้ำ /ความชื้น ก่อนเข้าเมมเบรน เพื่อป้องการการเกิดเมือกเคลือบที่เยื่อแผ่นเมมเบรน
- ควรกำจัดก๊าซ H_2S ออกก่อน
- ต้องมีการกรองฝุ่นละอองออกก่อนที่เข้าชุดเมมเบรน
- ควรมีการระมัดระวังการรั่วไหลของอากาศเข้าไปในระบบท่อ

รูปที่ 1-2 แสดงระบบการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้ระบบเมมเบรน แบบ Hollow Fiber

ที่มา : AB Group, Italy

การตรวจสอบและบำรุงรักษาเทคโนโลยี Membrane Separation มีดังนี้

1) ตรวจสอบการรั่วไหลของก๊าซที่ข้อต่อ หน้าแปลนต่างๆ ถ้ามีการรั่วซึมให้ขันอัด หรือเปลี่ยนประเก็น เป็นต้น เพื่อป้องกันการรั่วไหลของก๊าซที่ตำแหน่งต่างๆ
2) ตรวจสอบความดันลดของระบบบำบัดขั้นต้น เช่น ถังดูดซับด้วยคาร์บอนกัมมันต์ (Activated Carbon Absorber Tank) หรือ ชุดเมมเบรน ถ้ามีความดันลดสูงต้องมีการทำความสะอาด หรือเปลี่ยนสารดูดซับ หรือเปลี่ยนเมมเบรนชุดใหม่
3) ตรวจวัดและควบคุมความดัน อุณหภูมิ ความเข้มข้นก๊าซมีเทนของก๊าซที่ออกจากระบบเมมเบรนอย่างสม่ำเสมอทุกๆ วัน
4) ดำเนินการสอบเทียบอุปกรณ์วัดซึ่งมีความสำคัญในการตรวจสอบประสิทธิภาพอย่างสม่ำเสมอตามรอบการสอบเทียบที่แนะนำโดยผู้ผลิตอุปกรณ์วัด

ตารางที่ 1-1 แสดงการเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของระบบกำจัด CO_2 ต่างๆ

ลำดับ	ชนิดระบบ	ข้อดี	ข้อเสีย
1.	Water Scrubber Technology (การอัดก๊าซชีวภาพผ่านหอดูดซึมด้วยน้ำที่ความดันสูงและอุณหภูมิต่ำ)	• เทคนิคไม่ซับซ้อน • ไม่ต้องใช้สารเคมี • ไม่เกิดสารกัดกร่อนในท่อ • ไม่ต้องใช้ความร้อน	• ต้องใช้น้ำมากและใช้น้ำอุณหภูมิต่ำ ทำให้ต้องใช้พลังงานสูง • มีการปนเปื้อนหรือการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบนตัวกลาง ถ้ากำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ไม่ดี • ทำงานที่ความดันสูงทำให้โครงสร้างของหอดูดซึมต้องทนความดันสูง ทำให้ต้องมีค่าลงทุนสูง • เสียค่าพลังงานในการเพิ่มความดันก๊าซชีวภาพ และต้องเสียค่าพลังงานในการทำน้ำเย็นโดยเฉพาะในสภาพอากาศอบอุ่นถึงร้อนจะต้องใช้พลังงานสูงขึ้น
2.	Pressure Swing Adsorption (PSA) (ใช้การเปลี่ยนแปลงความดันก๊าซแบบกลับไปกลับมาและคุณสมบัติในการดูดซับของวัสดุต่อก๊าซ CO_2)	• ความต้องการในการใช้พลังงานต่ำ และไม่ใช้ความร้อน • การสูญเสียก๊าซมีเทนต่ำ (Yield สูง) • กำจัดก๊าซออกซิเจนในก๊าซชีวภาพไปด้วยในตัว • กำจัดสิ่งเจือปนอื่นๆ ได้ด้วย	• ต้องกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกก่อน • มีขั้นตอนมาก • ทำงานที่ความดันสูง • เสียค่าพลังงานในการเพิ่มและลดความดันก๊าซชีวภาพ
3.	Chemical Absorption Technology (การทำละลายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยสารละลายเคมี ประเภท Amine)	• กำจัดสิ่งปนเปื้อนในก๊าซได้อย่างจำเพาะเจาะจงด้วยการเลือกใช้สารเคมีที่เหมาะสม • เทคนิคไม่ซับซ้อน • ตัวระบบมีขนาดเล็ก • ไม่จำเป็นต้องทำงานที่ความดันสูง • มีการสูญเสียก๊าซมีเทนน้อยและ Yields สูง • ได้ก๊าซที่มีความบริสุทธิ์สูง	• มีค่าใช้จ่ายในการใช้สารเคมีสูง • ต้องใช้พลังงานความร้อนในการฟื้นสภาพสารละลายด่าง จึงควรเลือกใช้กับโครงการที่มีต้นทุนพลังงานความร้อนต่ำ • ต้องมีหลายหอดูดซึมในการกำจัดสิ่งเจือปนในแต่ละชนิด • ถ้าจะให้ทำงานดีต้องมีการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกก่อน ไม่เช่นนั้นจะทำให้สิ้นเปลืองสารเคมีที่ต้องใช้ไปกับการทำปฏิกิริยากับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วย

ลำดับ	ชนิดระบบ	ข้อดี	ข้อเสีย
4.	Membrane Separation Technology (การเลือกซึมผ่านเมมเบรน)	• ใช้พื้นที่น้อย • ไม่มีส่วน Moving parts • ไม่มีการเติมสารเคมี • มีอายุได้นานถึง 10–15 ปี (ถ้าบำรุงรักษาดี)	• ระบบมีความละเอียดอ่อน ต้องการควบคุมและการบำรุงรักษาอย่างดี • ถ้ามีผงหรือของแข็งปนเข้าไปจะทำให้เมมเบรนเสียหายได้ • ต้องมีการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อน • ต้องใช้พลังงานในการเพิ่มความดันก๊าซเพื่อป้อนเข้าเมมเบรน

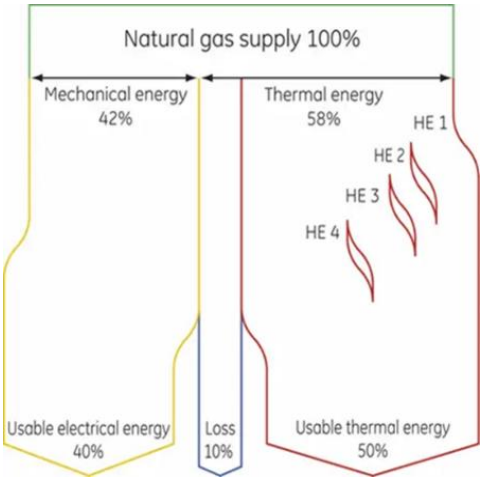
หมายเหตุ * Yield หมายถึง มวลของก๊าซมีเทนที่แยกได้ในก๊าซที่ผ่านการกำจัด CO_2 (ผ่านชุดปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ) ต่อมวลก๊าซมีเทนทั้งหมดในเนื้อก๊าซชีวภาพที่ป้อนเข้าหน่วยกำจัด CO_2

บทที่ 2
การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ

การผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนร่วม (Co-generation)

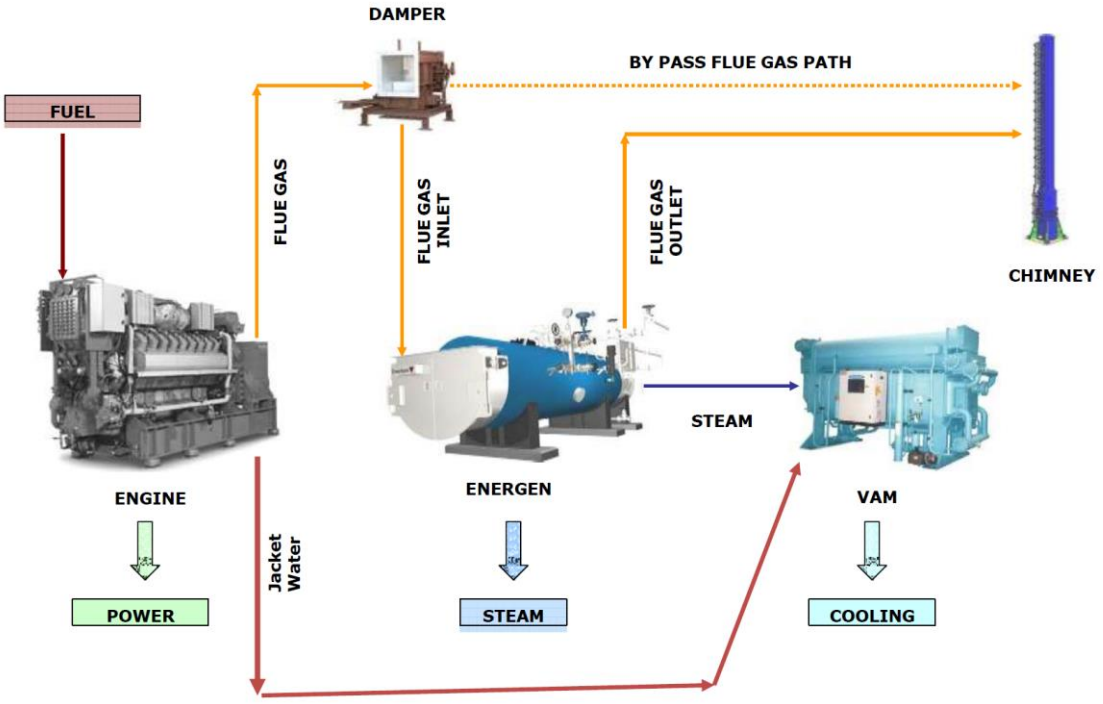
การนำพลังงานความร้อนทิ้งจากเครื่องยนต์ก๊าซกลับมาใช้ประโยชน์ นับว่าเป็นแหล่งพลังงานที่มีศักยภาพสูงและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม หรือระบบโคเจนเนอเรชั่น (Cogeneration) ซึ่งคือระบบที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ และมีการใช้ประโยชน์จากพลังงานความร้อนสูญเสียเพื่อผลิตเป็นพลังงานความร้อนเพื่อใช้ประโยชน์ เช่น ผลิตน้ำร้อน และผลิตไอน้ำ ควบคู่การผลิตไฟฟ้าไปด้วยกันโดยอาศัยแหล่งเชื้อเพลิงเดียวกัน ส่งผลให้ประสิทธิภาพรวมของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมสูงได้ถึง 80-90% เมื่อเทียบกับประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวที่มีประสิทธิภาพเพียงประมาณ 38-40% เท่านั้น รูปแบบการนำพลังงานความร้อนที่เหลือทิ้งจากการผลิตไฟฟ้านำกลับไปใช้งาน ได้แก่ การนำพลังงานจาก Exhaust (ไอเสีย) เครื่องยนต์กลับไปผลิตไอน้ำใช้ในกระบวนการผลิต (Process Steam) และการใช้พลังงานความร้อนทิ้งของระบบน้ำหล่อเย็นเครื่องยนต์ (Jacket Cooling Water) มาผลิตน้ำร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต

เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพนั้นมีสัดส่วนพลังงานความร้อนที่มีศักยภาพสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากถึง 58% เมื่อเทียบกับพลังงานกลที่นำไปใช้ผลิตไฟฟ้ามีสัดส่วนอยู่ที่ประมาณ 42% โดยศักยภาพสูงสุดของการนำความร้อนมาผลิตพลังงานไฟฟ้าความร้อนร่วม (Cogeneration) เมื่อหักการสูญเสียประมาณ 10% จะคิดเป็นประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมได้สูงถึง 90%



รูปที่ 2-1 รูปแสดงสัดส่วนพลังงานทั้งหมดที่ได้จากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

รูปที่ 2-2 รูปหม้อต้มน้ำด้วยไอเสียเครื่องยนต์ (Engine's Exhaust Gas Steam Boiler)



รูปที่ 2-3 ตัวอย่างระบบนำความร้อนทิ้งของเครื่องยนต์กลับมาใช้ประโยชน์

กรณีศึกษาโรงงานตัวอย่าง

การนำความร้อนทิ้งจากน้ำระบายความร้อนเครื่องยนต์มาอุ่นน้ำร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินหาปริมาณการใช้ไอน้ำในการต้มน้ำร้อน ก่อนปรับปรุง โดยการใช้งานน้ำร้อน จะมีอัตราการป้อนน้ำร้อนใช้ในระบบ CIP ที่ประมาณ 40 ตัน/ชั่วโมง อุณหภูมิน้ำ Process Water ก่อนเข้าหม้อต้มน้ำร้อน (Hot Water Tank) ปัจจุบันมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 45 องศาเซลเซียส และใช้ไอน้ำจากหม้อน้ำ (Steam Boiler) มาต้มน้ำร้อนจนได้น้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส ซึ่งจะใช้ปริมาณไอน้ำประมาณ 3.3 ตันไอน้ำ/ชั่วโมง

หลังปรับปรุงด้วยการติดตั้งระบบ Heat Recovery อุณหภูมิน้ำ Process Water ก่อนเข้าหม้อต้มน้ำร้อนที่ผ่านแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำระบายความร้อนเครื่องยนต์แล้วจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 84 องศาเซลเซียส และทำให้ต้องใช้ไอน้ำจากหม้อน้ำอีกเล็กน้อยมาต้มน้ำร้อนจนได้น้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส โดยใช้ปริมาณไอน้ำประมาณ 0.45 ตันไอน้ำ/ชั่วโมง ทำให้สามารถลดปริมาณไอน้ำที่ใช้ต้มน้ำร้อนลดลง 2.8 ตันไอน้ำ/ชั่วโมง คิดเป็น 86.27% ของปริมาณไอน้ำที่ใช้ลดลง รายละเอียดแสดงดัง ตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ผลการวิเคราะห์คำนวณปริมาณไอน้ำที่ใช้ต้มน้ำร้อน ก่อนและหลังปรับปรุงด้วยมาตรการ Heat Recovery น้ำหล่อเย็น Gas Engine

ปริมาณไอน้ำที่ใช้ต้มน้ำร้อน ก่อนปรับปรุง

อัตราน้ำป้อนเข้าระบบ CIP	คุณสมบัติน้ำก่อนเข้าหม้อต้มน้ำ		คุณสมบัติน้ำออกจากหม้อต้มน้ำ		คุณสมบัติไอน้ำที่ใช้ต้มน้ำร้อน		ปริมาณไอน้ำที่ใช้ต้มน้ำร้อน
ตัน/ชั่วโมง	Temp.	Enthalpy	Temp.	Enthalpy	Temp.	Enthalpy	ตันไอน้ำ/ชั่วโมง
	C	kJ/kg	C	kJ/kg	C	kJ/kg	
40	45	188.00	90	376.94	100.00	2675.99	3.3

ปริมาณไอน้ำที่ใช้ต้มน้ำร้อน หลังปรับปรุง

อัตราน้ำป้อนเข้าระบบ CIP	คุณสมบัติน้ำก่อนเข้าหม้อต้มน้ำ		คุณสมบัติน้ำออกจากหม้อต้มน้ำ		คุณสมบัติไอน้ำที่ใช้ต้มน้ำร้อน		ปริมาณไอน้ำที่ใช้ต้มน้ำร้อน
ตัน/ชั่วโมง	Temp.	Enthalpy	Temp.	Enthalpy	Temp.	Enthalpy	ตันไอน้ำ/ชั่วโมง
	C	kJ/kg	C	kJ/kg	C	kJ/kg	
40	84	351.00	90	376.94	100.00	2675.99	0.45

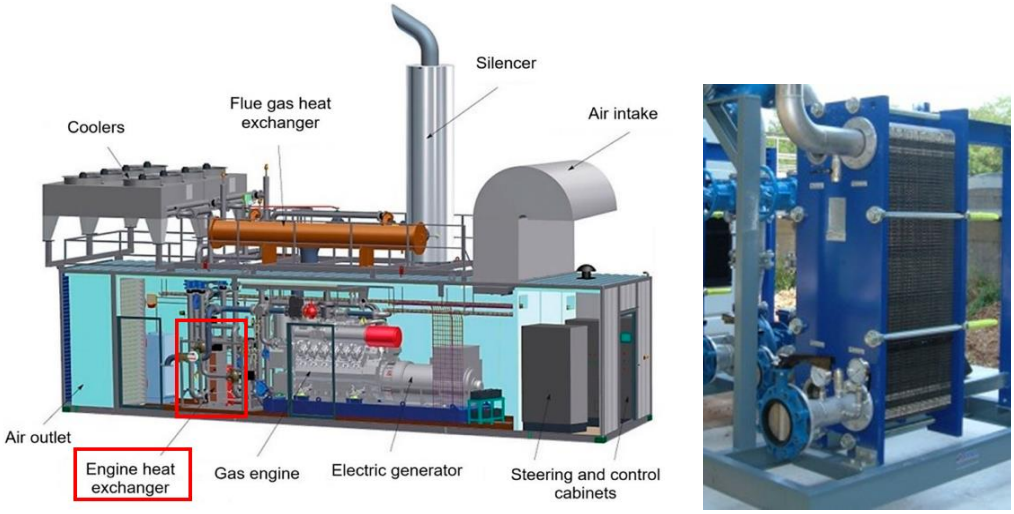
กรณีศึกษาโรงงานตัวอย่าง

จากข้อมูลการผลิตไอน้ำของโรงงาน พบว่ามีอัตราการผลิตไอน้ำจากหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพอยู่ที่ 13.18 ตันต่อชั่วโมง โดยใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 2,255.66 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (ประเมินการผลิตไอน้ำจากหม้อต้มน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพเป็นหลัก) และจากข้อมูลของเครื่องยนต์ที่โรงงานใช้อยู่พิจารณาการเดินเครื่องยนต์ จำนวน 2 เครื่อง จากจำนวนทั้งหมด 4 เครื่อง นำไอเสียเข้าหม้อน้ำเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อน 2 ชุด สามารถผลิต ไอน้ำได้รวมประมาณ 1.78 ตันต่อชั่วโมง รายละเอียดแสดงใน ตารางที่ 2-2 ผลการวิเคราะห์การนำความร้อนจากไอเสียเครื่องยนต์นำกลับมาผลิตไอน้ำ

ตารางที่ 2-2 ผลการวิเคราะห์การนำความร้อนจากไอเสียเครื่องยนต์นำกลับมาผลิตไอน้ำ

Gas Engine Generator		No.1 Model	No.2 Model
		GE-Jenbacher	GE-Jenbacher
	MW	1.4	1.4
Exhaust Gas mass flow	kg/h	7,480	7,480
	kg/s	2.08	2.08
Exhaust Gas Temp. inlet	C	440	440
Exhaust Gas Temp. outlet	C	160	160
Cp	kJ/kg.K	1.166	1.166
Exhaust Thermal Recovery	**kJ/h**	**2,442,699**	**2,442,699**
(Exhaust Heat Recovery)	**kWth**	**679**	**679**
Steam Boiler Capacity (Estimation)			
Feed water temp (from Deaerator)	C	103	103
Feed water pressure	bar(g)	6.0	6.0
Feed water enthalpy	kJ/kg	432.2	432.2
Steam Generation Capacity Potential	**kg/h**	**891.2**	**891.2**
Steam pressure	bar(g)	9.5	9.5
Steam temp (saturated steam)	C	165.0	165.0
Steam enthalpy	kJ/kg	2,762.06	2,762.06
Boiler heat loss (surface heat transfer, radiation, cooling, etc.)	%	15%	15%

ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้จากหม้อน้ำก๊าซชีวภาพ (ton/h)	ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้จาก Exhaust Boiler (ton/h)
13.18	1.78
	ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้จากหม้อน้ำก๊าซชีวภาพ (ton/h)
	11.4



รูปที่ 2-4 ตัวอย่าง PHE สำหรับทำน้ำร้อนจากน้ำหล่อเย็น (Jacket Cooling Water) ของ Gas Engine Generator

การบำรุงรักษาเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance / PM)

การบำรุงรักษาเครื่องยนต์อย่างถูกวิธี และหลักการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance / PM) สำหรับ Gas Engine Generator ควรมีการตรวจสอบสภาพเครื่องยนต์และส่วนประกอบประจำวัน (Daily Check) ดังนี้

ตารางที่ 2-3 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance / PM) สำหรับ Gas Engine Generator

อุปกรณ์	การตรวจสอบ	ความถี่
เครื่องยนต์ Gas Engine Generator	– เดินตรวจสอบบริเวณรอบๆของเครื่องยนต์	– วันละครั้ง
	– ฟังเสียงผิดปกติของเครื่องยนต์	– วันละครั้ง
	– ตรวจสอบการรั่วไหลของก๊าซ	– วันละครั้ง
	– ตรวจสอบแรงดันน้ำ	– วันละครั้ง
	– ตรวจสอบการรั่วไหลของไอเสียเครื่องยนต์	– วันละครั้ง
	– ตรวจสอบการรั่วไหลของน้ำและน้ำมันเครื่อง	– วันละครั้ง
	– ตรวจสอบการสะเทือน	– วันละครั้ง
	– ตรวจสอบความผิดปกติของเครื่องยนต์	– วันละครั้ง
	– ตรวจสอบควันและกลิ่นของเครื่องยนต์	– วันละครั้ง
	– ตรวจสอบสัญญาณเตือนต่างๆ	– วันละครั้ง
	– ตรวจสอบอุณหภูมิของ Bearing	– วันละครั้ง
	– ตรวจสอบข้อมูลของ Data Log	– วันละครั้ง

สำหรับตารางการตรวจสอบเครื่องยนต์และส่วนประกอบ ตามรอบระยะเวลาการเดินเครื่องจักร (Operating Hour, OH) มีข้อแนะนำดังนี้

ตารางที่ 2-4 ตารางการตรวจสอบเครื่องยนต์และส่วนประกอบ ตามรอบระยะเวลาการเดินเครื่องจักร (Operating Hour, OH)

งานตรวจสอบ	ความถี่	หมายเหตุ
รอบการตรวจสอบรายวัน	รายวัน	ดำเนินการตรวจสอบเครื่องด้วยสายตาทุกวัน
บันทึกข้อมูลการดำเนินงาน	รายวัน	บันทึกข้อมูลการดำเนินงานทุกวัน
ตัวกรองอากาศไอดี-เครื่องยนต์	รายวัน	หาก under pressure เพิ่มขึ้นมากกว่า 1,000 Pa ควรมี pre-filterและ pocket filter ไปใส่แทนที่ (หรือเปลี่ยนใหม่หลังจาก 2,000 operating hours)
ตัวป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกิน	รายวัน	การตรวจสอบแรงดันไฟเกิน
ตรวจสอบแรงดันไฟจุดระเบิด/หัวเทียน	รายสัปดาห์ <250 oh	ผลการตรวจสอบแรงดันไฟจุดระเบิด ดำเนินการทุกสัปดาห์ ทำหน้าที่เป็น ตัวบ่งชี้อายุการใช้งานจริงของหัวเทียน
น้ำมันหล่อลื่น	ครั้งแรกหลังจาก 150 oh	ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ การวิเคราะห์มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นจริง
แบตเตอรี่	หนึ่งครั้งในหนึ่งเดือน	ตรวจสอบระดับกรด ตรวจสอบว่าตัวขั้วแบตเตอรี่ ปลอดภัยในการใช้งานหรือไม่
ตัวกรองอากาศในตู้สวิตช์	หนึ่งครั้งในหนึ่งเดือน	ตรวจสอบตัวกรองอากาศดูความสกปรก หากจำเป็น ให้ทำความสะอาดหรือเปลี่ยนใหม่
น้ำหล่อเย็น	ปีละครั้ง	การตรวจสอบความเข้มข้นของน้ำหล่อเย็น
	30,000 ohหลังจากมีการ overhaul	การแลกเปลี่ยนน้ำหล่อเย็น
การกำจัดคอนเดนเสทในระบบเชื้อเพลิง-แก๊ส	2,000 oh อย่างน้อย 4 ครั้งต่อปี	ตรวจสอบการรั่วไหลของก๊าซ
ท่อระบายน้ำคอนเดนเสทแบบควบคุมด้วยมือ	ถ้าจำเป็น	ท่อระบายน้ำคอนเดนเสท
ท่อและส่วนประกอบทั้งหมด บรรทุกก๊าซเชื้อเพลิงและสารผสม	8,000 oh อย่างน้อยหนึ่งครั้งต่อปี	การทดสอบการรั่ว

งานตรวจสอบ	ความถี่	หมายเหตุ
แบริ่ง เพลา ข้อเหวี่ยง	30,000 oh หรือ สูงสุด 4,000 ชั่วโมงการทำงาน ของเครื่องยนต์	ที่ 30,000 ชั่วโมงการทำงาน หรือ 4,000 ชั่วโมงการสตาร์ทเครื่องยนต์ สูงสุด – เปลี่ยน
แบตเตอรี่ในโมดูล DIANE	ทุกสองปี	เปลี่ยน
ที่เก็บแบตเตอรี่ ที่ที่ชาร์จ แบตเตอรี่	ทุก ๆ ห้าปี	เปลี่ยน
การวัดการปล่อยก๊าซเรือน กระจก	การวัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางอย่างเป็นทางการ หมายเหตุ: หากระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกินกว่าที่ระบุไว้ในข้อกำหนด ให้ตรวจสอบ และหากจำเป็น ให้ทำความสะอาดห้องเผาไหม้	

การวิเคราะห์สาเหตุความเสียหายของเครื่องยนต์

ตัวแทนผู้ผลิตเครื่องยนต์ ได้นำเสนอข้อมูลสาเหตุของปัญหาและความเสียหาย ที่มักจะเกิดขึ้นกับการใช้งาน Gas Engine Generator โดยสามารถแบ่งชนิดความเสียหาย (Failure) ออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

- Age related failures (AF) : เป็นลักษณะความเสียหายของเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องกับเวลา เช่น การสึกหรอ ผลกระทบของการกัดกร่อน หรือการกัดเซาะ ซึ่งสามารถบริหารและลดความเสี่ยงความเสียหายลงได้โดยใช้โปรแกรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) เพื่อเปลี่ยนอุปกรณ์หรือเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องตามกำหนดเวลาที่เกี่ยวข้อง เช่น การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น การทำความสะอาด Filter และการเปลี่ยนอะไหล่ตามรอบเวลา โดยการดำเนินการดังกล่าวทางสถิติแล้วสามารถป้องกันแก้ไขปัญหาได้เพียงประมาณ 11% ของจำนวนความเสียหายของเครื่องจักรทั้งหมดที่เกิดขึ้น
- Random Failures (RF) : เป็นลักษณะความเสียหายของเครื่องจักรแบบสุ่ม (Random) ไม่เกี่ยวข้องกับเวลา ไม่สามารถคาดเดาได้ มักจะเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานที่ผิดพลาด ความไม่ชำนาญการของเจ้าหน้าที่ การควบคุมและใช้งานเครื่องจักรไม่ถูกวิธี วิธีป้องกันแก้ไขจำเป็นต้องมีการศึกษา สำรวจ และวิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อทำการแก้ไข ป้องกัน ปัญหาและความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้ หรือนำระบบควบคุมแบบอัตโนมัติมาเพื่อป้องกันปัญหาหรือมีระบบเตือนภัยปัญหาให้สามารถตรวจพบและทำการแก้ไขได้ก่อนเกิดความเสียหายเป็นต้น
- Infant mortality (IM) : เป็นลักษณะความเสียหายที่มักจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาอันสั้น ตั้งแต่เริ่มต้นใช้งาน ซึ่งมักเกิดขึ้นจากการออกแบบ ใช้งาน เครื่องจักรและส่วนประกอบไม่ถูกวิธีความเสียหายลักษณะนี้ไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยโปรแกรมการบำรุงรักษา แต่ต้องป้องกันด้วยการออกแบบและติดตั้งเครื่องจักรให้มีความถูกต้อง มีความเหมาะสมและมีความแม่นยำ เช่น การออกแบบและใช้งานระบบปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพให้ได้คุณภาพที่เหมาะสม มีค่า H_2S และความชื้นอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เป็นต้น หากคุณภาพก๊าซชีวภาพไม่ได้ มักจะก่อให้เกิดความเสียหายได้อย่างรวดเร็ว หรือการติดตั้งเครื่องจักร การทำ Alignment เครื่องจักรให้อยู่ในระดับและค่าที่ยอมรับได้เป็นต้น

รูปแบบของประเภทการบำรุงรักษา สามารถเลือกได้หลายวิธี ตามความเหมาะสมของการใช้งานเครื่องยนต์ และตามความคุ้มค่าของชิ้นส่วนและต้นทุนค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนหรือซ่อมบำรุงรักษาชิ้นส่วนต่างๆ ดังกล่าว โดยแบ่งได้เป็น

- **Perform No Maintenance/Run to Fail (RTF) :** การบำรุงรักษาหรือการซ่อมแซมเชิงรับ – อัตราความล้มเหลวสูง ต้องมีอะไหล่สำรองจำนวนมาก และมีค่าใช้จ่ายสูง
- **Preventive Maintenance (PM) :** ดำเนินการตามช่วงเวลาที่กำหนด – ลดความล้มเหลวของอุปกรณ์และยืดอายุการใช้งาน
- **Condition based maintenance (CBM) :** พิจารณาการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์และการตรวจสอบข้อมูลแบบเรียลไทม์เพื่อเป็นตัวบ่งชี้เพื่อคาดการณ์ข้อบกพร่อง มักจะใช้กับชิ้นส่วนอะไหล่สำคัญที่มีราคาแพง และใช้เวลาในการเปลี่ยนนาน
- **Redesign :** หากอุปกรณ์มีความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้และงานข้างต้นไม่สามารถช่วยลดความล้มเหลวได้ จะต้องออกแบบระบบใหม่ตามลำดับ

<u>กรณีตัวอย่าง</u> ปัญหาที่พบในการเดิน Gas Engine Generator และวิธีการป้องกัน/แก้ไขปัญหา

ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ที่เจือปนอยู่ในก๊าซชีวภาพเมื่อมาทำปฏิกิริยากับความชื้นในก๊าซชีวภาพหรือในอากาศที่ผสมเข้าไปเผาไหม้ในห้องลูกสูบของเครื่องยนต์ จะก่อให้เกิดกรดซัลฟิวริกหรือไฮโดรเจนไอออนิกที่มีฤทธิ์สามารถกัดกร่อนภายในเครื่องยนต์ ท่อไอเสีย และส่วนประกอบของวาล์วเครื่องยนต์ และส่วนประกอบอื่นๆ ที่สัมผัสกับก๊าซและไอเสีย ส่งผลให้อายุการใช้งานน้ำมันหล่อลื่นลดลงและทำให้ต้นทุนการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นเพิ่มขึ้น และส่งผลให้ต้องเพิ่มความถี่ในการบำรุงรักษาและมีโอกาสต้องหยุดเครื่องยนต์เพื่อซ่อมแซมนอกรอบเวลาการบำรุงรักษาตามปรกติ ดังนั้นการบำบัดและปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพด้วยการกำจัดก๊าซ H_2S (เช่น การเลือกใช้ระบบ H_2S Bio-scrubber) และกำจัดความชื้นด้วย Gas Dryer ออกจากเนื้อก๊าซชีวภาพ จึงเป็นสิ่งจำเป็นและต้องควบคุมให้มีความเข้มข้นของสารเจือปนดังกล่าวน้อยที่สุดและอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการป้อนเข้าเครื่องยนต์

คุณภาพของก๊าซชีวภาพที่แนะนำก่อนป้อนเข้าเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ มีค่าแนะนำให้มีค่าความเข้มข้นก๊าซ $H_2S < 100$ ppm และมีการลดความชื้นในก๊าซชีวภาพให้มีค่า $< 60\%$ RH, อุณหภูมิของก๊าซชีวภาพควรอยู่ในช่วง 10-40 องศาเซลเซียล ความดันของก๊าซชีวภาพที่แนะนำก่อนเข้าเครื่องยนต์ควรมีค่าประมาณ 150 mbar(g)

รูปที่ 2-5 ตัวอย่างความเสียหาย เนื่องจาก H_2S และความชื้นในก๊าซชีวภาพ

<u>กรณีตัวอย่าง</u> การเลือกใช้น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพและการตรวจสอบสภาพน้ำมันหล่อลื่นเพื่อประหยัดต้นทุน

การเลือกใช้น้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ ควรเลือกใช้น้ำมันหล่อลื่นคุณภาพสูงพิเศษที่มีปริมาณเถ้าต่ำ (< 0.6%) เพื่อยืดระยะเวลาการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นให้นานขึ้น มีค่าความเป็นด่างที่เหมาะสมและมีปริมาณเถ้าที่ต่ำ เพื่อป้องกันสนิมและการกัดกร่อน

อายุของน้ำมันหล่อลื่นจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำมันในอ่างน้ำมันของเครื่องยนต์ ถ้าอ่างน้ำมันใหญ่ อายุของน้ำมันจะยาวนานขึ้น และคุณภาพของก๊าซเชื้อเพลิง ถ้าปริมาณ H_2S ในก๊าซเชื้อเพลิงสูง อายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นจะสั้นลงอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 2-5 ตารางคุณสมบัติที่ต้องพิจารณาในการติดตามการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์

คุณสมบัติที่ต้องพิจารณาในการติดตามการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์	
ค่าความหนืดของน้ำมัน	การลดความหนืดสามารถบ่งบอกถึงการเจือจาง (ปนเปื้อน) ของน้ำมัน และในกรณีของสารหล่อลื่นเกรดรวมอาจบ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพของสารเพิ่มค่าดัชนีความหนืดในน้ำมันหล่อลื่น
ค่าความเป็นด่าง	ค่าความเป็นด่างสามารถระบุระดับความเป็นด่าง (ระดับของสารชำระล้าง) ในน้ำมัน
ค่าความเป็นกรด	ค่าความเป็นกรดที่สูงจะเป็นตัวบ่งชี้ของไนเตรชั่น ออกซิเดชั่น และการปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่น
การปนเปื้อนของไกลคอล	ปริมาณไกลคอลในน้ำมันสามารถบ่งบอกถึงการรั่วไหลของสารหล่อเย็นในเครื่องยนต์ และจะทำให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงจากการเพิ่มขึ้นของกรดที่มีฤทธิ์กัดกร่อนตะกอนและคราบยางเหนียวที่ก่อตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้ความหนืดน้ำมันลดลง ส่งผลให้การสึกหรอของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น
การปนเปื้อนของน้ำ	ระบบสามารถประสบปัญหาการเกิดฟองด้วยน้ำเพียง 100 ppm ถึง 300 ppm ซึ่งอาจทำให้เครื่องยนต์เสียหายได้
การปนเปื้อนจากของแข็ง	เป็นสิ่งปนเปื้อนที่เป็นของแข็งซึ่งยังคงอยู่ในน้ำมันหล่อลื่น เช่น ฝุ่นสิ่งสกปรกและอนุภาคคาร์บอนนอกเหนือจากการสึกหรอของโลหะที่ไม่ได้ถูกกำจัดออกจากการกรอก เมื่อมีสารที่ละลายไม่ได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปริมาณมากสามารถส่งเสริมการเกิดฟองและโดยทั่วไปจะเพิ่มความหนืดของน้ำมัน

<u>กรณีตัวอย่าง</u> เทคนิคการส่อง Video เพื่อตรวจสอบสภาพภายในเครื่องยนต์

รูปที่ 2-6 ตำแหน่งการส่อง Video Check เพื่อตรวจสอบสภาพภายในเครื่องยนต์

การส่อง Video Check ทำให้ทราบถึงสภาพเครื่องยนต์ภายในโดยไม่ต้องถอดประกอบชิ้นส่วนของเครื่องยนต์

- ลดค่าแรงในการถอดประกอบเครื่องยนต์เพื่อตรวจสอบชิ้นส่วนภายใน
- ลดค่าอะไหล่ที่ต้องเปลี่ยนหากต้องถอดประกอบเครื่องยนต์
- ลดเวลาเสียโอกาสที่ต้องทำการหยุดเดินเครื่องยนต์แก๊สเพื่อผลิตไฟฟ้า
- ลดค่าแรงงานในการจ้างเข้ามาบริการ
- รู้เท่าทันถึงความผิดปกติของส่วนประกอบภายในเครื่องยนต์ทำให้วางแผนเตรียมอะไหล่และซ่อมบำรุงได้รวดเร็ว

บทที่ 3
ความปลอดภัยในระบบก๊าซชีวภาพ

3.1 การเดินสายไฟฟ้าบริเวณพื้นที่อันตราย

การเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับบริเวณอันตรายให้ปฏิบัติตามข้อกำหนดในบทนี้ กรณีที่ไม่ได้ระบุไว้ในบทนี้ให้ปฏิบัติตามข้อกำหนดของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 (วสท. 022001-22) หรือมาตรฐานสากลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.1.1 การเดินสายไฟฟ้าบริเวณอันตรายประเภทที่ 1 (Hazardous Area Zone 1)

วิธีเดินสายบริเวณอันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 1

อนุญาตให้ใช้วิธีเดินสายตามข้อ (1) ถึง (5) ในบริเวณที่อันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 1

(1) ท่อโลหะหนาแบบมีเกลียวท่อโลหะปานกลางแบบมีเกลียว

ข้อยกเว้น อนุญาตให้ใช้ท่อร้อยสายชนิด PVC ท่อร้อยสายชนิด RTRC และท่อร้อยสายชนิด HDPE โดยต้องห่อหุ้มด้วยคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตรและฝังดินโดยให้ส่วนบนของท่อร้อยสายอยู่ต่ำลงไปจากระดับพื้นไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร อนุญาตให้ไม่ต้องมีการห่อหุ้ม ทั้งนี้จะต้องเดินด้วยท่อโลหะหนาแบบเกลียวหรือท่อโลหะหนาปานกลางแบบมีเกลียวสำหรับ 60 เซนติเมตรสุดท้ายก่อนโผล่พ้นผิวพื้นหรือเดินถึงจุดต่อเข้าช่องเดินสายเหนือพื้นและต้องเดินสายดินบริภัณฑ์เพื่อให้มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าของระบบช่องเดินสายและการต่อลงดินของส่วนที่เป็นโลหะที่ไม่ได้นำไฟฟ้า

(2) สายเคเบิลชนิด MI ต้องเข้าปลายสายด้วยเครื่องประกอบที่ได้รับการรับรองสำหรับบริเวณอันตราย สายเคเบิลชนิด MI ต้องติดตั้งและยึดในลักษณะที่ไม่เกิดแรงดึงที่เครื่องประกอบปลายสาย

(3) ในกิจการโรงงานอุตสาหกรรมที่จำกัดการเข้าถึงของบุคคลภายนอกและมีสภาพในการบำรุงรักษาและมีการจัดการทางวิศวกรรมที่ควบคุมให้แน่ใจว่าการติดตั้งหรือการดูแลกระทำโดยวิศวกรผู้มีคุณสมบัติเฉพาะทางเท่านั้น สายเคเบิลชนิด MC-HL ที่ได้รับการรับรองใช้ในบริเวณอันตรายประเภทที่ 1 โซน 1 หรือ แบบที่ 1 ที่มีเปลือกโลหะลูกฟูกต่อเนื่องชนิดกันก๊าซ/ไอระเหยและหุ้มเปลือกด้วยวัสดุพอลิเมอร์ที่เหมาะสม และมีการเดินสายดินบริภัณฑ์แยกตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564(วสท. 02201-22) และเข้าปลายสายด้วยเครื่องประกอบที่ได้การรับรองที่เหมาะสมกับการใช้งาน สายเคเบิล MC-HL จะต้องถูกติดตั้งตามข้อกำหนดในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 (วสท. 02201-22)

(4) ในกิจการโรงงานอุตสาหกรรมที่จำกัดการเข้าถึงของบุคคลภายนอกและมีสภาพการบำรุงรักษาและมีการจัดการทางวิศวกรรมที่ควบคุมให้แน่ใจว่าการติดตั้งหรือการดูแลกระทำโดยวิศวกรผู้มีคุณสมบัติเฉพาะทางเท่านั้น สายเคเบิลชนิด ITC-HL ได้รับการรับรองใช้ในบริเวณอันตรายประเภทที่ 1 โซน 1 หรือแบบที่ 1 ที่มีเปลือกลูกฟูกโลหะต่อเนื่องก๊าซไอระเหยและหุ้มเปลือกด้วยวัสดุพอลิเมอร์ที่เหมาะสมและเข้าปลายสายด้วยเครื่องประกอบที่ได้รับการรับรองที่เหมาะกับการใช้งาน และถูกติดตั้งติดตั้งตาม NEC 727

(5) สายเคเบิลใยแก้วนำแสงชนิด OFNP,OFCP,OFNR,OFCR,OFNG,OFCG,OFN, และ OFC อนุญาตให้ติดตั้งในช่องเดินสายเคเบิลใยแก้วนำแสงต้องถูกปิดผนึก

การต่อแบบยืดหยุ่นได้ กรณีจำเป็นต้องทำการต่อแบบยืดหยุ่นได้ เช่น ที่ขั้วต่อมอเตอร์อนุญาตให้ใช้วิธีดังต่อไปนี้

(1) เครื่องประกอบแบบยืดหยุ่นได้ที่ได้รับการรับรองใช้ในบริเวณอันตราย

(2) สายอ่อนที่เข้าที่ปลายสายด้วยตัวต่อสายที่ได้รับการรับรองสำหรับบริเวณอันตราย

(3) ในกิจการโรงงานอุตสหกรรมที่จำกัดการเข้าถึงของบุคคลภายนอกและมีสภาพการบำรุงรักษาและมีการจัดการทางวิศวกรรมที่ควบคุมให้แน่ใจว่าการติดตั้งหรือการดูแลกระทำโดยวิศวกรผู้มีคุณสมบัติเฉพาะทางเท่านั้นเฉพาะการใช้งานที่จำกัดแรงดันพิกัดไม่เกิน 600 โวลต์และป้องกันความเสียหายโดยสภาพตำแหน่งติดตั้งหรือการกั้นที่เหมาะสมสามารถใช้สายเคเบิลชนิด TC-ER-HL ที่หุ้มแจ็กเก็ตตลอดสาย และมีการเดินสายดินบริภัณฑ์แยกตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 (วสท. 022001-22) ปลายสายด้วยเครื่องประกอบที่ได้รับการรับรองใช้ในบริเวณอันตราย

วิธีเดินสายบริเวณอันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 2

ในบริเวณอันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 2 อนุญาตให้ใช้วิธีเดินสายตามบริเวณอันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 2 และวิธีเดินสาย ดังต่อไปนี้

(1) ท่อโลหะหนา (RSC) และท่อโลหะหนาปานกลาง (IMC) ที่ใช้เครื่องประกอบชนิดไร้เกลียวที่ได้รับการรับรอง

(2) บัสเวย์ที่ห่อหุ้มด้วยปะเก็น และรางเดินสายที่ห่อหุ้มด้วยปะเก็น

(3) สายเคเบิล PLTC และชนิด PLTC-ER ตาม NEC 725 รวมถึงการติดตั้งในระบบรางเคเบิล สายเคบิลต้องเข้าปลายสายด้วยเครื่องประกอบที่ได้รับการรับรอง

(4) สายเคเบิลชนิด ITC และชนิด ITC-ER ตาม NEC 727.4 โดยเข้าปลายสายด้วยเครื่องประกอบที่ได้รับการรับรอง

(5) สายเคเบิลชนิด MC,MI,MV,TC หรือ TC-ER รวมถึงการติดตั้งในระบบรางเคเบิล สายเคเบิลต้องเข้าปลายสายด้วยเครื่องประกอบที่ได้รับการรับรอง

(6) ในกิจการโรงงานอุตสาหกรรมที่จำกัดการเข้าถึงของบุคคลภายนอกและมีสภาพการบำรุงรักษาและมีการจัดการทางวิศวกรรมที่ควบคุมให้แน่ใจว่าการติดตั้งหรือการดูแลกระทำโดยวิศวกรผู้มีคุณสมบัติเฉพาะทางเท่านั้นและท่อโลหะไม่สามารถป้องกันการกัดกร่อนเพียงพอ อนุญาตให้ใช้ท่อร้อยสายชนิด RTRC (Reinforced Thermosetting Resin Conduit) ข้องอ และเครื่องประกอบที่เกี่ยวข้องที่มีเครื่องหมาย -XW ต่อท้าย และท่อร้อยสายชนิด PVC Schedule 80 ข้องอและเครื่องหมายประกอบที่เกี่ยวข้อง

(7) เคเบิลใยแก้วนำแสงชนิด OFNP, OFCP, OFNR, OFCR, OFNG, OFCG, OFN,OFC อนุญาตให้ติดตั้งในรางเคเบิลได้ หรือรางเดินสายอื่นๆที่เป็นไปตามสายเคเบิลใยแก้วนำแสงจะต้องถูกปิดผนึกเป็นไปตามการปิดผนึกและการระบาย

(8) บัสเคเบิลกรณีต้องติดตั้งอุปกรณ์ปิดผนึกที่แนวแบ่งบริเวณตามข้อแนวแบ่งของบริเวณอันตรายประเภทที่ 1 แบบ ที่ 1 วิธีเดินสายบริเวณ อันตรายแบบที่ 1 จะต้องขยายต่อเข้าไปในเขตของบริเวณอันตราย แบบที่ 2 จนถึงอุปกรณ์ปิดผนึกที่ต้องติดตั้งอยู่ในฝั่งบริเวณอันตรายแบบที่ 2 ของแนวแบ่งบริเวณอันตรายแบบที่ 1 กับบริเวณอันตรายแบบที่ 2

หมายเหตุ

PLTC	Power Limited Tray cable
PLTC-ER	PLTC – Expodsed run
ITC	Instrument Tray Cable
ITC-ER	ITC-Exposed Run
MC	Metal-Clad Cable
MI	Mineral Insulated Cable
MV	Medium-Voltage Cable
TC	Tray Cable TC-ER

การต่อแบบยืดหยุ่นได้ กรณีต้องการความยืดหยุ่น อนุญาตให้ใช้วิธีใดหรือหลายวิธีดังต่อไปนี้

(1) เครื่องประกอบโลหะแบบยืดหยุ่นได้ที่ได้รับการรับรอง

(2) ท่อร้อยสายโลหะอ่อนพร้อมเครื่องประกอบที่ได้รับการรับรอง

(3) สายเคเบิลชนิด MC แบบ Interlock armor พร้อมด้วยเครื่องประกอบที่ได้รับการรับรอง

(4) ท่อโลหะอ่อนแบบกันน้ำพร้อมด้วยเครื่องประกอบที่ได้รับการรับรอง

(5) สายอ่อนที่ได้รับการรับรองสำหรับใช้งานหนักพิเศษและเข้าปลายสายด้วยเครื่องประกอบที่ได้รับการรับรอง ตัวนำเพื่อทำหน้าที่สายดินบริภัณฑ์ต้องรวมอยู่ในสายอ่อน

(6) สายเคเบิลชนิด EO ETP หรือ ETT ใช้สำหรับลิฟต์ สำหรับใช้ในบริเวณอันตรายและเข้าปลายสายด้วยเครื่องประกอบที่ได้รับการรับรอง

การเดินสายวงจรสนามนอนอินเซนไดฟ์ (Nonincendive Field Wiring)

อนุญาตวิธีเดินสายวงจรสนามนอนอินเซนไดฟ์ ที่ใช้เดินในบริเวณไม่กำหนดเป็นบริเวณอันตราย ระบบเดินสายอุปกรณ์สนามจะต้องถูกติดตั้งตามแบบควบคุม (Control Drawing) อนุญาตให้ไม่ต้องแสดงอุปกรณ์สำเร็จอย่างง่ายในแบบควบคุมหากอุปกรณ์อย่างง่ายไม่ได้ต่อเชื่อมระหว่างวงจรเดินสาย สนามนอนอินเซนไดฟ์กับวงจรอื่น

3.1.2 การเดินสายไฟฟ้าบริเวณอันตรายประเภทที่ 2 (Hazardous Area Zone 2)

ครอบคลุมข้อกำหนดบริภัณฑ์ไฟฟ้าและบริภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์และวิธีเดินสายทุกระดับแรงดันในบริเวณอันตรายบริเวณอันตรายประเภทที่ 2 แบบที่ 1 และแบบที่ 2 ที่ซึ่งภัยเสี่ยงประเภทระเบิดได้หรืออัคคีภัยที่อาจเกิดเนื่องจากฝุ่นลุกไหม้ไฟได้

วิธีเดินสายบริเวณอันตรายประเภทที่ 2 แบบที่ 1

ในบริเวณอันตรายประเภทที่ 2 แบบที่ 1 อนุญาตให้ใช้วิธีการเดินสายตามหัวข้อ (1)-(5)

(1) ท่อโลหะหนาแบบมีเกลียว ท่อโลหะหนาปานกลางแบบมีเกลียว

(2) สายเคเบิล MI พร้อมเครื่องประกอบเข้าปลายสายที่ได้รับการรับรองสำหรับบริเวณอันตราย สายเคเบิล MI ต้องติดตั้งและยึดในลักษณะที่ไม่เกิดแรงดึงที่เครื่องประกอบเข้าปลายสาย

(3) กิจการโรงงานอุตสาหกรรมที่จำกัดการเข้าถึงของบุคคลภายนอกและมีการบำรุงรักษาและมีการจัดการทางวิศวกรรมที่ควบคุมให้แน่ใจว่าการติดตั้งหรือการดูแลกระทำโดยวิศวกรผู้มีคุณสมบัติเฉพาะทางเท่านั้น สายเคเบิลชนิด MCHL ที่ได้รับการรับรองใช้ในบริเวณอันตรายประเภทที่ 2 แบบที่ 1 ที่มีเปลือกโลหะลูกฟูกต่อเนื่องชนิดกันก๊าซ/ไอระเหยและหุ้มเปลือกด้วยวัสดุพอลิเมอร์ที่เหมาะสม และมีการเดินสายดินบริภัณฑ์ที่แยกเดินตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับ

ประเทศไทย พ.ศ. 2564 (วสท. 022001-22) ปลายสายด้วยเครื่องประกอบที่ได้รับการรับรองสำหรับบริเวณอันตราย

(4) สายเคเบิลใยแก้วนำแสงชนิด OFNP, OFCP, OFNR, OFCR, OFNG, OFCG,OFN และ OFC อนุญาตให้ติดตั้งในช่องเดินสายตามหัวข้อเรื่อง อุปกรณ์ปิดผนึก สำหรับบริเวณอันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 1 และสายเคเบิลใยแก้วนำแสงจะต้องถูกปิดผนึกตามหัวข้อเรื่อง การปิดผนึกในบริเวณอันตรายประเภทที่ 2 แบบที่ 1 และแบบที่ 2

(5) ในกิจการโรงงานอุตสาหกรรมที่จำกัดการเข้าถึงของบุคคลภายนอกและมีสภาพการบำรุงรักษาและมีการจัดการทางวิศวกรรมที่ควบคุมให้แน่ใจว่าการติดตั้งหรือการดูแลกระทำโดยวิศวกรผู้มีคุณสมบัติเฉพาะทางเท่านั้น สายเคเบิลชนิด ITC-HL ที่มีเปลือกลูกฟูกโลหะต่อเนื่องกันก๊ซ/ไอระเหยและหุ้มแจ็กเก็ตด้วยวัสดุพอลิเมอร์ที่เหมาะสม และเข้าปลายสายด้วยเครื่องประกอบที่ได้รับการรับรองที่เหมาะกับการใช้งาน และถูกติดตั้งตาม NEC 727

การต่อแบบยืดหยุ่นได้

กรณีจำเป็นต้องทำการต่อแบบยืดหยุ่นอนุญาตให้ใช้วิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้

(1) ตัวต่อแบบยืดหยุ่นได้ชนิดกันฝุ่น
(2) ท่อโลหะอ่อนกันน้ำพร้อมเครื่องประกอบที่ได้รับการรับรอง
(3) ท่ออโลหะอ่อนกันน้ำพร้อมเครื่องประกอบที่ได้รับการรับรอง
(4) สายเคเบิลชนิด MC แบบ Interlock armor หุ้มแจ็กเก็ตตลอดด้วยวัสดุพอลิเมอร์ที่เหมาะสมพร้อมด้วยเครื่องประกอบปลายสายที่ได้รับการรับรองสำหรับบริเวณอันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 1
(5) สายอ่อนที่ได้รับการรับรองสำหรับใช้งานหนักพิเศษและเข้าปลายสายด้วยตัวต่อปลายสายชนิดกันฝุ่นที่ได้รับการรับรอง กรณีใช้สายอ่อนต้องเป็นไปตามหัวข้อเรื่อง สายอ่อนในบริเวณอันตรายประเภทที่ 2 แบบที่ 1 และแบบที่ 2
(6) สายเคเบิล EO,ETP, หรือ ETT ใช้สำหรับลิฟต์ สำหรับใช้ในบริเวณอันตรายและเข้าปลายสายด้วยเครื่องประกอบที่ได้รับการรับรอง

วิธีเดินสายบริเวณอันตรายประเภทที่ 2 แบบที่ 2

ทั่วไป ในบริเวณอันตรายประเภทที่ 2 แบบที่ 2 อนุญาตให้ใช้วิธีการเดินสาย ดังต่อไปนี้

(1) วิธีเดินสายตามหัวข้อเรื่อง **บริเวณอันตรายประเภทที่ 2 แบบที่ 1**
(2) ท่อโลหะหนา ท่อโลหะหนาปานกลาง ท่อโลหะบาง รางเดินสายแบบกันฝุ่น
(3) สายเคเบิลชนิด MC หรือ MI พร้อมด้วยเครื่องประกอบปลายสายที่ได้รับการรับรอง

(4) สายเคเบิลชนิด PLTC และชนิด PLTEC-ER ตาม NEC 725 รวมถึงการติดตั้งในระบบรางเคเบิล สายเคเบิลต้องเข้าปลายสายด้วยเครื่องประกอบปลายสายที่ได้รับการรับรอง

(5) สายเคเบิลชนิด ITC และชนิด ITC-ER ตาม NEC 727.4 โดยเข้าปลายสายด้วยเครื่องประกอบที่ได้รับการรับรอง

(6) สายเคเบิลชนิด MC,MI,MV,TC หรือ TC-ER ที่ติดตั้งในรางเดินสายแบบขั้นบันได รางแคเบิลแบบระยะห่างระหว่างสายเคเบิลคู่ติดกันใดๆ ไม่น้อยกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายเคเบิลเส้นที่ใหญ่กว่าใช้วิธีเดินสาย

(7) ในกิจการโรงงานอุตสาหกรรมที่จำกัดการเข้าถึงของบุคคลภายนอกและมีสภาพการบำรุงรักษาและมีการจัดทาง วิศวกรรมที่ควบคุมให้แน่ใจการติดตั้งหรือการดูแลกระทำโดยวิศวกรผู้มีคุณสมบัติเฉพาะทางเท่านั้นและท่อโลหะไม่สามารถป้องกันการกัดกร่อนเพียงพอ อนุญาตให้ใช้ท่อร้อยสายชนิด RTRC (Reinforced Thermosetting Conduit) ข้องอและเครื่องประกอบที่เกี่ยวข้องที่มีเครื่องหมาย -XW ต่อท้าย และท่อร้อยสายชนิด PVC Schedule 80 ข้องอและเครื่องประกอบที่เกี่ยวข้อง

(8) สายเคเบิลใยแก้วนำแสงชนิด OFNP, OFCP, OFNR, OFCR, OFNG, OFCG,OFN, OFC อนุญาตให้ติดตั้งในรางเคเบิลได้ หรือรางเดินสายอื่น ๆที่เป็นไปตามหัวข้อเรื่อง บริเวณอันตรายประเภทที่ 2 แบบที่ 2 และสายเคเบิลใยแก้วนำแสงจะต้องถูกปิดผนึกเป็นไปตามหัวข้อเรื่อง การปิดผนึกในบริเวณบัสเคเบิล

หมายเหตุ

PLTC	Power Limited Tray cable
PLTC-ER	PLTC – Expodsed run
ITC	Instrument Tray Cable
ITC-ER	ITC-Exposed Run
MC	Metal-Clad Cable
MI	Mineral Insulated Cable
MV	Medium-Voltage Cable
TC	Tray Cable
TC-ER	TC-Exposed Run

การต่อแบบยืดหยุ่นได้

กรณีจำเป็นต้องทำการต่อแบบยืดหยุ่นได้ อนุญาตให้ใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง ดังต่อไปนี้

(1) ตัวต่อแบบยืดหยุ่นได้ชนิดกันฝุ่น

(2) ท่อโลหะอ่อนกันน้ำพร้อมเครื่องประกอบที่ได้รับการรับรอง

(3) ท่ออโลหะอ่อนกันน้ำพร้อมเครื่องประกอบที่ได้รับการรับรอง

(4) สายเคเบิลชนิด MC แบบ Interlocked armor หุ้มแจ็กเก็ตตลอดด้วยวัสดุพอลิ เมอร์ที่เหมาะสมพร้อมด้วยเครื่องประกอบปลายสายที่ได้รับการรับรองสำหรับกัน- ฝุ่น

(5) สายอ่อนตามข้อกำหนด

(6) สายเคเบิลสำหรับลิฟต์ชนิด EO ETP หรือ ETT สำหรับใช้ในบริเวณอันตรายและเข้าปลายสายด้วยเครื่องประกอบที่ได้รับการรับรอง

3.2 การติดตั้งสายดิน

ก) สายต่อหลักดินหรือเครื่องหุ้มต้องยึดแน่นกับสิ่งรองรับสายนี้จะต้องร้อยในท่อสายไฟฟ้าหรือใช้เคเบิลแบบมีเกราะเมื่อใช้สถานที่ที่อาจจะเกิดความเสียหายทางกายภาพ

ข) เครื่องห่อหุ้มโลหะของสายต่อหลักดินจะต้องมีความเนื่องทางไฟฟ้านับตั้งแต่จุดต่อกับตู้บริภัณฑ์ไฟฟ้าจนถึงหลักดิน และต้องมีการต่อเข้ากับหลักดินและต้องมีการต่อเข้ากับหลักดินอย่างมั่นคงด้วยแคลมป์หรืออุปกรณ์อื่นๆที่เหมาะสมถ้าเครื่องห่อหุ้มนี้ไม่ต่อเนื่องทางไฟฟ้าให้ใช้สายต่อฝากที่ปลายทั้งสองของเครื่องห่อหุ้ม

ค) สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ เกราะหุ้มสายเคเบิล เปลือกนอกโลหะของสายเคเบิลหรือเป็นสายดินแยกในช่องเดินสายแกนๆหนึ่งในเคเบิลต้องติดตั้งโดยใช้เครื่องประกอบ หัวต่อ ข้อต่อที่ได้รับการรับรองสำหรับการเดินสายวิธีนั้นๆในการติดตั้งต้องใช้เครื่องมือที่เหมาะสมและต้องไขให้แน่น

3.2.1 ขนาดสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระสลับ

สายต่อหลักดินต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าที่ได้กำหนดไว้ใน ตารางที่ 3-1 ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

ตารางที่ 3-1 ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

ขนาดตัวนำประธาน (ตัวนำทองแดง) (ตร.มม.)	ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดิน (ตัวนำทองแดง) (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

หมายเหตุ แนะนำให้ติดตั้งท่ออโลหะ หากติดตั้งในท่อโลหะต้องมีการต่อฝากเข้ากับท่อโลหะ

3.2.2 ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

กำหนดให้สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าที่ได้กำหนดไว้ใน ตารางที่ 3-2 ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

ตารางที่ 3-2 ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสไม่เกิน (แอมแปร์)	ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง) (ตร.มม.)
20	2.5*
40	4
70	6
100	10
200	16
400	25
500	35
800	50
1000	70
11250	95

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสไม่เกิน (แอมแปร์)	ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง) (ตร.มม.)
2000	120
2500	185
4000	240
6000	400

หมายเหตุ หากความยาวของวงจรย่อยเกิน 30 เมตร ให้พิจารณาขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าโดยคำนึงค่า earth fault loop impedance ของวรจร

3.2.3 การต่อสายดินเข้ากับสายหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า

การต่อสายดินและสายต่อฝาก ต้องใช้วิธีเชื่อมด้วยความร้อน (exothermic welding) หรือใช้หัวต่อแบบบีบ ประกับจับสาย หรือสิ่งที่อื่นที่ระบุให้ใช้เพื่อการนี้ ห้ามต่อโดยใช้การบัดกรีเป็นหลัก

3.2.4 วิธีการต่อสายหลักดิน (เข้ากับหลักดิน)

การต่อสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดินต้องใช้วิธีเชื่อมด้วยความร้อน (exothermic welding) หูสายหัวต่อแบบบีบอัดประกับต่อสาย หรือสิ่งอื่นที่ระบุให้ใช้เพื่อการนี้ ห้ามต่อโดยใช้การบัดกรีเป็นหลัก อุปกรณ์ที่ใช้ต่อต้องเหมาะสมกับวัสดุที่ใช้ทำหลักดินและสายต่อหลักดิน ห้ามต่อสายต่อหลักดินมากกว่า 1 เส้นเข้ากับหลักดินนอกจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการต่อเป็นชนิดที่ออกแบบมาให้ต่อสายได้มากกว่า 1 เส้น

3.2.5 ค่าความต้านทานการต่อลงดิน (Resistance to Ground)

ค่าความต้านทานการต่อลงดินต้องไม่เกิน 5 โอห์ม

ยกเว้น พื้นที่ยากในการปฏิบัติและการไฟฟ้า เห็นชอบ ยอมให้ค่าความต้านทานของหลักการต่อลงดินกับดินต้องไม่เกิน 25 โอมห์ม หากทำการวัดแล้วยังมีค่าเกิน ให้ปักหลักดินเพิ่มอีก 1 แท่งและต่อสายเชื่อมกับหลักดินทุกแท่งเข้าด้วยกันอย่างใช้ผลดี

3.2.6 การต่อลงดิน

สายดินของตู้แผงสวิตช์แรงต่ำ ต้องแยกจากกันและใช้หลักดินแยกจากกันหากค่าความต้านทานของหลักดินไม่เกิน 1 โอห์มและจุดติดตั้งอยู่ห่างจากสถานีไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 1 กิโลเมตร อนุญาตให้ต่อประสานหลักดินของอุปกรณ์แรงสูงและหลักดินของบริภัณฑ์แรงดันต่ำร่วมเข้าด้วยกันได้ โดยมีการป้องกันเกินที่เหมาะสม

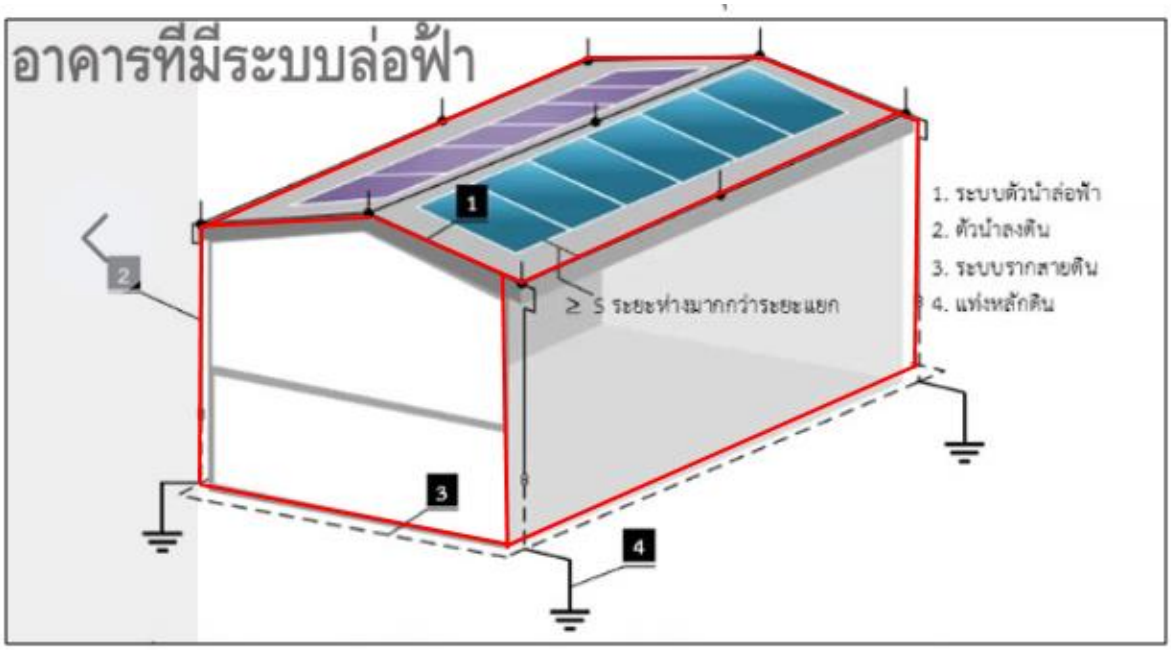
3.3 ระบบป้องกันฟ้าผ่า

3.3.1 ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก

ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกมีจุดมุ่งหมายเพื่อรับวาบฟ้าผ่าโดยตรงและนำกระแสฟ้าผ่าจากจุดฟ้าผ่าลงสู่ดิน ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกยังมีจุดมุ่งหมายเพื่อกระจายกระแสฟ้าผ่าเข้าสู่ด้านข้างสิ่งปลูกสร้างผ่านลงสู่ดินโดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายทางกลและทางความร้อน รวมทั้งไม่ทำให้เกิดประกายอันตรายที่อาจจุดชนวนให้เกิดเพลิงไหม้หรือการระเบิด

ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก แบบไม่แยกอิสระ

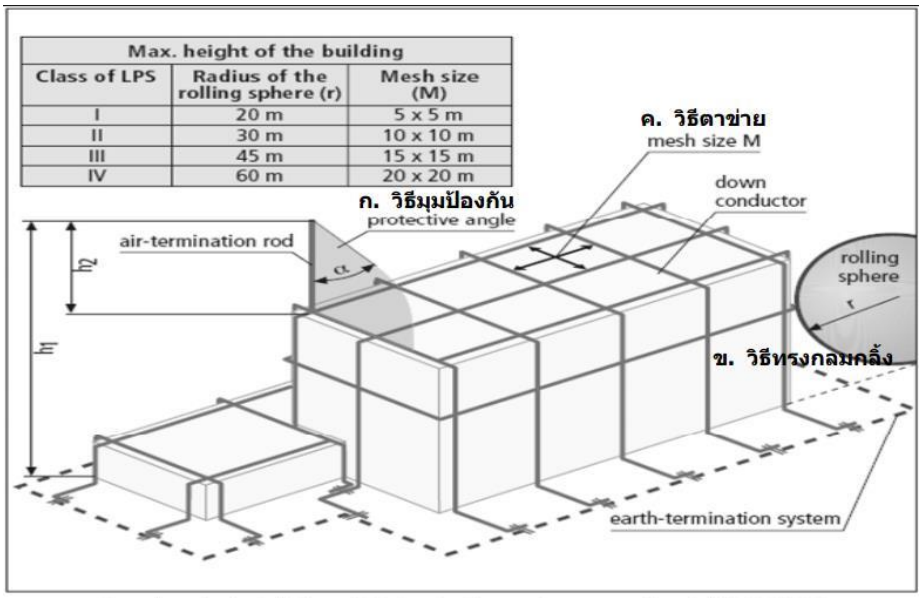
เป็นระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกที่ยึดติดกับสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกันแต่ถ้าผลกระทบเนื่องจากความร้อนที่จุดฟ้าผ่าหรือบนตัวนำที่นำกระแสฟ้าผ่าอาจทำความเสียหายให้กับสิ่งปลูกสร้าง หรือสิ่งที่อยู่ภายในสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน ระยะห่างระหว่างตัวนำของระบบป้องกันฟ้าผ่ากับวัสดุที่ติดไฟได้ต้องมีค่าอย่างน้อย 0.1 เมตร



รูปที่ 3-1 ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก แบบไม่แยกอิสระ

ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก แบบแยกอิสระ

ควรพิจารณาเลือกใช้ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกแบบแยกอิสระเมื่อผลของความร้อนหรือการระเบิด ณ จุดฟ้าผ่าหรือตัวนำที่กระแสฟ้าผ่าอาจก่อความเสียหายต่อสิ่งปลูกสร้างหรือที่อยู่ภายใน ตัวอย่างเช่น สิ่งที่ปลูกสร้างซึ่งมีสิ่งปกคลุมที่ติดไฟได้ สิ่งปลูกสร้างที่มีผนังที่ติดไฟได้และบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดเพลิงไหม้หรือการระเบิด



Procedure for installation of air-termination systems according to IEC 62305-3 (EN 62305-3)

รูปที่ 3-2 ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก แบบแยกอิสระ

ระบบตัวนำล่อฟ้า

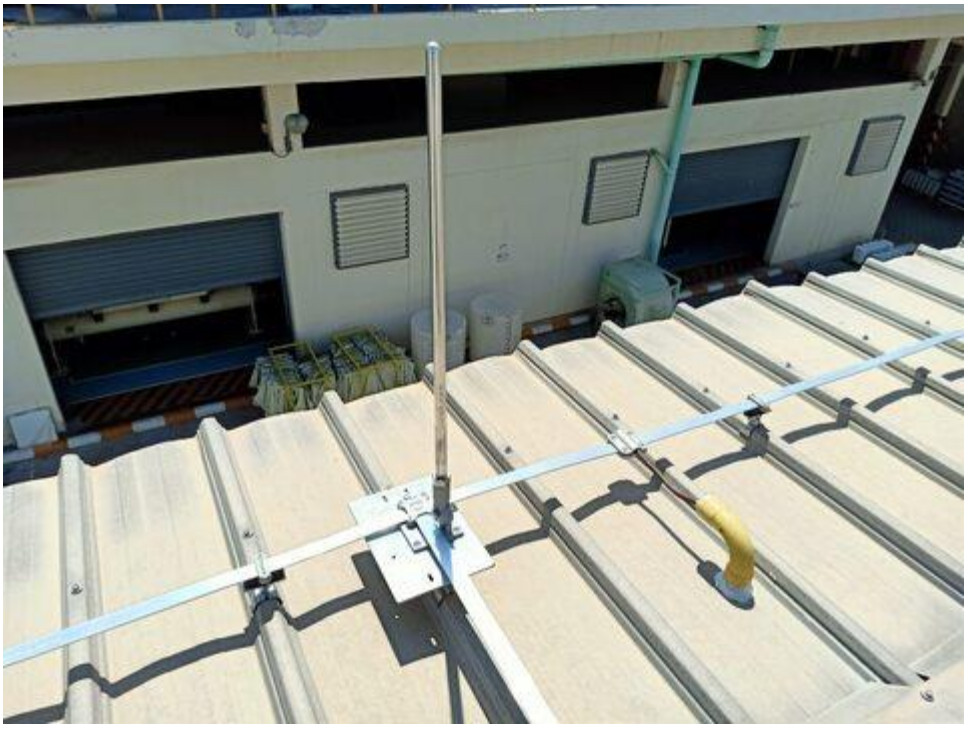
การออกแบบระบบตัวนำล่อฟ้าอย่างถูกต้องจะลดการทะลุทะลวงของกระแสฟ้าผ่าสู่สิ่งปลูกสร้างได้ ระบบตัวนำล่อฟ้าสามารถใช้แบบใดแบบหนึ่งหรือรวมกันขององค์ประกอบดังต่อไปนี้

ก) แท่งตัวนำ (รวมถึงเสาที่ตั้งอย่างอิสระ)

ข) สายตัวนำขึง

ค) ตัวนำแบบตาข่าย

เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานนี้ ระบบตัวนำล่อฟ้าทุกชนิดต้องติดตั้งในตำแหน่งตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อเรื่อง การจัดวางตำแหน่งตัวนำล่อฟ้า,ตัวนำล่อฟ้าป้องกันวาบฟ้าผ่าลงด้านของสิ่งปลูกสร้างสูง



รูปที่ 3-3 ตัวนำล่อฟ้า

3.3.2 ระบบตัวนำลงดิน

เพื่อลดโอกาสการเกิดความเสียหายเนื่องจากกระแสฟ้าผ่าที่ไหลในระบบป้องกันฟ้าผ่าที่ไหลในระบบป้องกันฟ้าผ่า ต้องจัดตัวนำลงดินจากจุดตัวนำล่อฟ้าจนถึงดินในลักษณะดังนี้

ก) มีเส้นทางกระแสหลายเส้นทางขนานกัน

ข) ทำให้มีความยาวของเส้นทางกระแสสั้นที่สุด

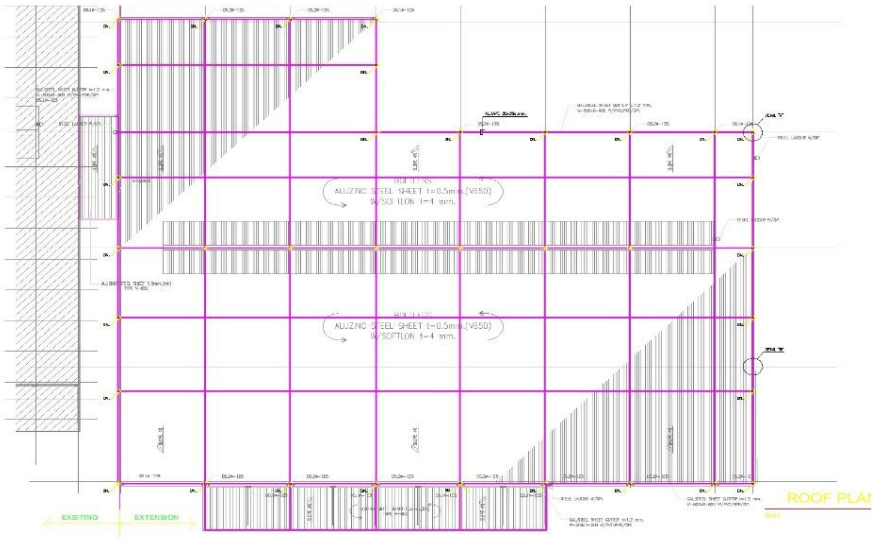
ค) มีการประสานให้ศักย์เท่ากันเข้ากับชิ้นส่วนตัวนำของสิ่งปลูกสร้างตามข้อกำหนด การประสานให้ศักย์เท่ากันของ

ง) กรณีมีตัวนำลงดินแนวดิ่งหลายเส้นขนานกันต้องประสานศักย์ในแนวระดับเขาด้วยกันทุกระยะไม่เกิน 20 เมตร

จ) ระยะห่างระหว่างตัวนำลงดินกำหนดไว้ในตารางระยะห่างระหว่างตัวนำลงดินตามชั้นของระบบป้องกันฟ้าผ่า

การจัดวางตำแหน่งตัวนำลงดินของระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกแบบแยกอิสระ

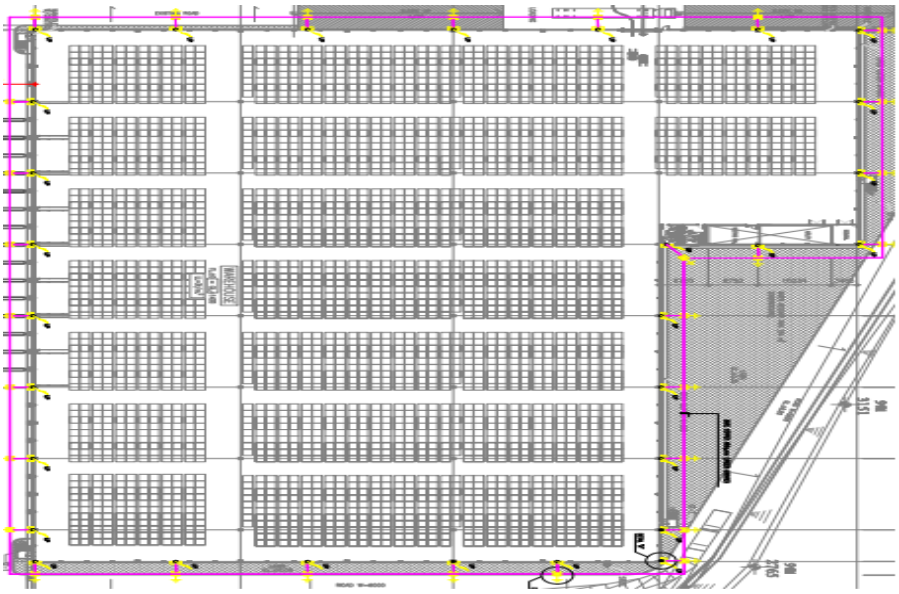
ถ้าตัวนำล่อฟ้าประกอบด้วยแท่งตัวนำหลายแท่งบนเสาหลายต้นแยกกัน (หรือต้นเดียว) ที่ไม่ได้ทำจากโลหะหรือเหล็กเสริมแรงไม่ได้ต่อถึงกัน ต้องมีตัวนำลงดินอย่างน้อย 1 เส้นสำหรับเสาแต่ละต้น ในกรณีเสาหลายต้น ในกรณีที่เสาหลายต้นนั้นทำด้วยโลหะหรือเหล็กเสริมแรงต่อถึงกันไม่จำเป็นต้องเพิ่มตัวนำลงดินอีก



รูปที่ 3-4 การจัดวางตำแหน่งตัวนำลงดินของระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกแบบแยกอิสระ

การจัดวางตำแหน่งของตัวนำลงดินของระบบป้องกันฟ้าผ่าไม่แยกอิสระ

ระบบป้องกันฟ้าผ่าไม่แยกอิสระแต่ระบบต้องมีตัวนำลงดินไม่น้อยกว่า 2 เส้นกระจายโดยรอบตามเส้นรอบรูปสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน โดยมีระยะห่างไม่เกินที่กำหนดในตารางระยะห่างระหว่างตัวนำลงดินตามชั้นของระบบป้องกันฟ้าผ่า



รูปที่ 3-5 การจัดวางตำแหน่งของตัวนำลงดินของระบบป้องกันฟ้าผ่าไม่แยกอิสระ

3.3.3 ระบบรากสายดิน

ระบบรากสายดินทำหน้าที่กระจายกระแสฟ้าผ่าลงสู่ดินขณะเดียวกับการลดการเกิดแรงดันเกินอันตรายใดๆ ให้น้อยที่สุดเกณฑ์ที่สำคัญ คือ รูปร่างและมิติของระบบรากสายดิน

เมื่อทำการเกี่ยวข้องกับการกระจายกระแสฟ้าผ่าลงสู่ดิน (มีลักษณะความถี่สูง) ขณะเดียวกับการลดการเกิดแรงดันเกินอันตรายใดๆให้น้อยที่สุด เกณฑ์ที่สำคัญ คือ รูปร่างและมิติของระบบรากสายดิน โดยทั่วไปแนะนำให้ใช้รากสายดินที่มีความต้านทานดินต่ำ (ถ้าเป็นไปได้ควรมีค่าต่ำกว่า 10 โอห์ม เมื่อวัดที่ความถี่ต่ำ)

ระบบการป้องกันฟ้าผ่ากำหนดให้รากสายดินของทุกระบบต้องเป็นระบบเดียวกัน (การป้องกันฟ้าผ่า ระบบโทรคมนาคม ระบบไฟฟ้ากำลัง)

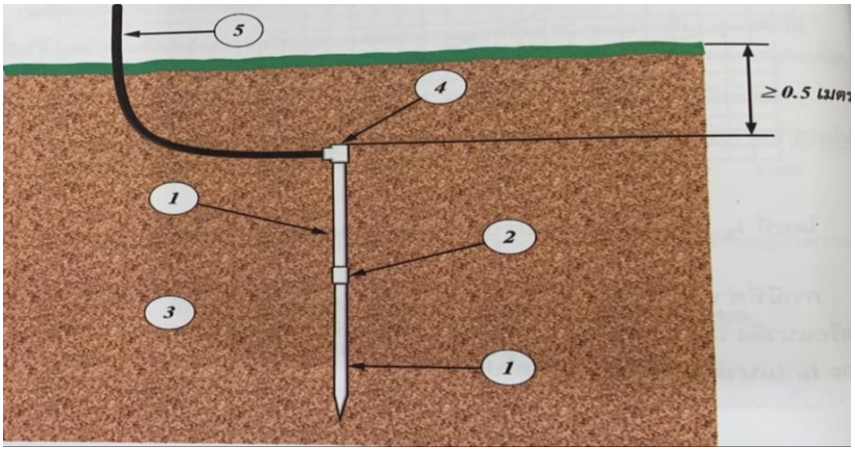
การจัดวางระบบรากสายดินในสภาพทั่วไป

ระบบรากสายดินมีการจัดวางแบบพื้นฐาน 2 แบบ

การจัดวางแบบ ก

การจัดวางแบบนี้ประกอบด้วยรากสายดินตามแนวระดับหรือแนวดิ่ง ติดตั้งด้านนอกสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน และต่อเข้ากับตัวนำลงดินแต่ละเส้นหรือรากสายดินฐานราก โดยไม่ทำให้เกิดเป็นวงรอบปิด (Closed loop) จำนวนรากสายดินทั้งหมดของการจัดวางแบบ ก ต้องไม่น้อยกว่า 2 ชุด

รากสายดินที่มี การจัดวางแบบ ก ต้องติดตั้งให้ความลึกของปลายบนมีค่าอย่างน้อย 0.5 เมตร และติดตั้งให้กระจายอย่างสม่ำเสมอให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ เพื่อลดผลของการคัปปลิงทางไฟฟ้าภายในดิน

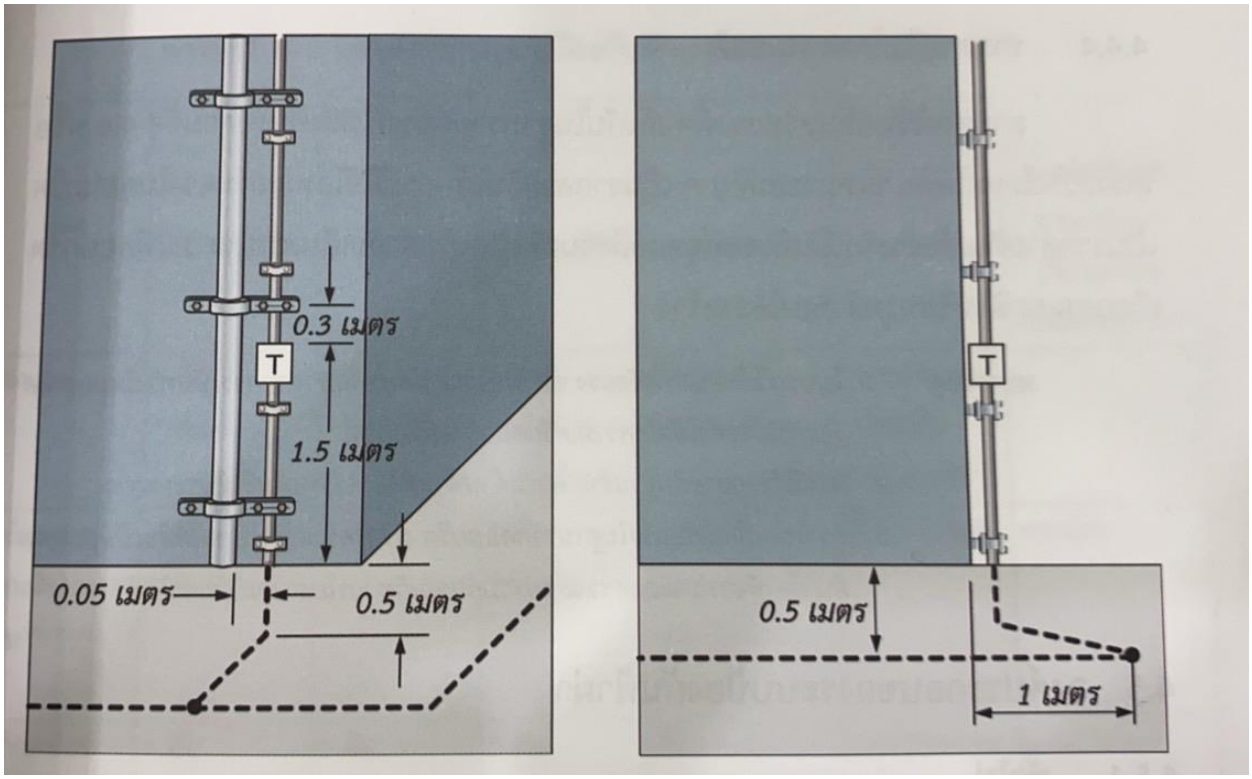


รูปที่ 3-6 รากสายดินแบบ ก

1. แท่งรากสายดินที่ต่อเพิ่มความยาวได้
2. ข้อต่อแท่งรากสายดิน
3. ดิน
4. แคลมป์ยึดตัวนำ (สายดิน) กับแท่งรากสายดิน
5. ตัวนำรากสายดิน

การจัดวางแบบ ข

การจัดวางแบบนี้อาจจะประกอบด้วยตัวนำวงแหวนติดตั้งภายนอกสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกันและมีส่วนสัมผัสกับดินอย่างน้อยร้อยละ 80 ของความยาวรวม หรือรากสายดินฐานรากที่ประกอบกันเป็นวงรอบปิด รากสายดินแบบนี้อาจมีการต่อกันเป็นตาข่ายได้ด้วย



รูปที่ 3-7 รากสายดินแบบ ข

บทที่ 4
ระบบแจ้งเตือนอัคคีภัย (Fire Alarm)

4.1 พื้นฐานการออกแบบ

ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ทำหน้าที่แจ้งเหตุให้คนที่อยู่ในอาคารทราบอย่างรวดเร็วก่อนที่ไฟไหม้จะลุกลามจนเป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน ดังต่อไปนี้

(1) ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ที่ให้ความปลอดภัยต่อชีวิต ต้องมีความไวในการตรวจจับ และเตือนภัยให้ผู้คนทราบได้โดยเร็ว เพื่อให้มีเวลามากพอที่จะป้องกัน หรือหนีไฟได้

(2) ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ที่ให้ความปลอดภัยต่อทรัพย์สิน ต้องสามารถตรวจจับและเตือนภัยได้ในระยะต้นๆให้เจ้าหน้าที่สามารถเข้าดับเพลิงไหม้เพื่อลดความเสียหาย

(3) ติดตั้งสวิตซ์แจ้งเหตุด้วยมือในพื้นที่ตามข้อกำหนด และพื้นที่มีผู้อยู่ประจำที่มีโอกาสสูงที่จะพบไฟได้ก่อนที่อุปกรณ์ตรวจจับอัตโนมัติจะทำงาน

4.2 พื้นที่ที่ออกแบบเพื่อป้องกันทรัพย์สิน

พื้นที่ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ทำงานตรวจจับอัคคีภัยที่เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่ เพื่อให้มีการแจ้งสัญญาณเตือนอัตโนมัติในเวลาที่เหมาะสมและระบุตำแหน่งหรือพื้นที่ตรวจพบอัคคีภัย ให้เจ้าหน้าที่ป้องกันอัคคีภัยทราบ สามารถเข้าถึงพื้นที่นั้นได้โดยเร็ว และมีเวลาพอที่จะทำการดับเพลิงก่อนที่ไฟจะลุกลามก่อความเสียหายอย่างมากกับทรัพย์สินและอาคารนั้น ดังนี้

(1) ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอัตโนมัติที่เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่ ทั่วทุกพื้นที่ในอาคาร สำหรับอาคารดังต่อไปนี้

ก. อาคารที่มีคุณค่าสูง อาคารที่เก็บทรัพย์สินมูลค่าสูงอยู่ภายในเป็นต้น

ข. อาคารที่หากเกิดอัคคีภัยขึ้น จะส่งผลกระทบอย่างร้ายแรงต่อการดำเนินงาน หรือธุรกิจขององค์กรที่อยู่ในอาคารนั้น

ค. สำหรับอาคารที่มีเชื้อเพลิงในอาคาร หรือมีโครงสร้างที่ทำให้เกิดการลามไฟได้อย่างรวดเร็วต้องกั้นแบ่งพื้นที่เพื่อป้องกันการลามไฟ (fire compartment) ด้วยโครงสร้างของอาคาร เช่นผนังทนไฟ หรือด้วยการติดตั้งระบบม่านกั้นไฟ และติดตั้งระบบดับเพลิงอัตโนมัติควบคู่ไปกับระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัยฯ เพื่อชะลอการลามไฟให้ช้าลงก่อนที่เจ้าหน้าที่ป้องกันอัคคีภัยจะมาถึงเพื่อดับเพลิง

(2) ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอัตโนมัติเพียงบางพื้นที่หรือบางห้องที่หากเกิดอัคคีภัยขึ้น จะก่อให้เกิดความเสียหายเป็นอย่างมากกับอาคาร หรืออาจทำให้เกิดการลามไฟไปยังทรัพย์สินมีค่าให้เสียหายได้ เช่น

ก. ห้องที่ใช้วัสดุโครงสร้างที่ติดไฟ ลามไฟง่ายเช่นห้องแสดงสินค้าห้องที่มีการใช้งานที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยเช่นห้องครัว ห้องไฟฟ้า

ค. ระหว่างพื้นที่ป้องกันและพื้นที่ไม่ได้ป้องกันจะต้องมีผนังหรือสิ่งกั้นแบ่งเพื่อจำกัดการกระจายตัวของควัน หรือแก๊สจากการเผาไหม้ในช่วงที่เริ่มเกิดเพลิงไหม้และหากติดตั้งอุปกรณ์เพื่อตรวจจับอัคคีภัยภายในตู้บริภัณฑ์ที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยแล้ว ไม่จำเป็นต้องกั้นแบ่งพื้นที่ที่ตั้งของตู้บริภัณฑ์ดังกล่าวอีก

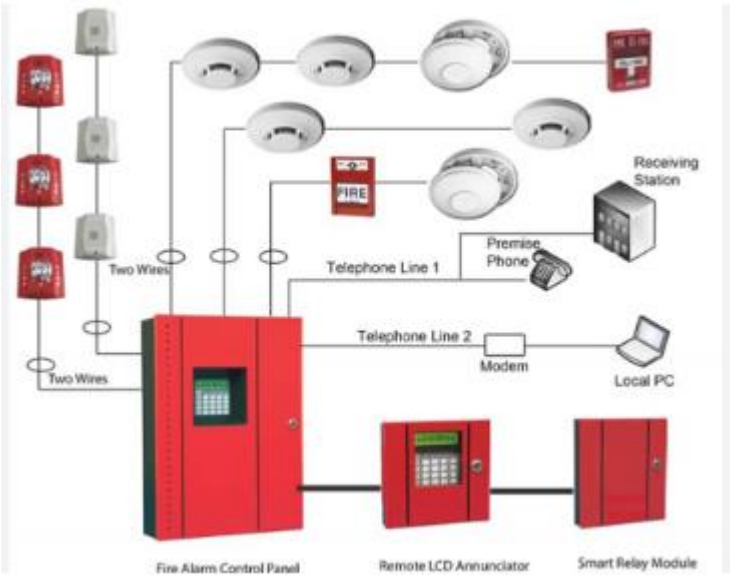
4.3 ขั้นตอนการแจ้งสัญญาณ

(1) การแจ้งสัญญาณแบบขั้นตอนเดียว (single stage alarm)

เป็นการแจ้งสัญญาณด้วยอุปกรณ์แจ้งสัญญาณทุกชุดในทุกพื้นที่ป้องกันทันทีที่มีการเริ่มสัญญาณเมื่อตรวจพบเพลิงไหม้ เพื่อให้ผู้ที่อยู่ในอาคารทั้งหมดได้รับทราบเหตุอัคคีภัย และอพยพออกจากอาคารทันที เหมาะสำหรับอาคารขนาดเล็ก

(2) การแจ้งสัญญาณแบบหลายขั้นตอน (multi stages alarm)

เป็นการแจ้งสัญญาณที่ต้องการตรวจสอบก่อน



รูปที่ 4-1 แผงควบคุมระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้และแสดงผลเพลิงไหม้

4.4 ตำแหน่งติดตั้งบริภัณฑ์แผงควบคุมและสายสัญญาณบริภัณฑ์แผงควบคุมระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้และแสดงผลเพลิงไหม้

(1) อาคารสูง อาคารขนาดใหญ่ อาคารขนาดใหญ่พิเศษ อาคารสาธารณะ และอาคารอยู่อาศัยรวมต้องติดตั้งบริภัณฑ์ควบคุมระบบฯ แผงแสดงผลเพลิงไหม้ตลอดจนแผงควบคุมระบบสื่อสารฉุกเฉินภายในศูนย์สั่งการดับเพลิง ที่ชั้นล่างของอาคาร ตามมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย

(2) อาคารขนาดเล็ก

ก. ให้ติดตั้งแผงควบคุมและแผงแสดงผลเพลิงไหม้ในห้อง ที่มีเจ้าหน้าที่อยู่ประจำตลอดเวลาหรือพื้นที่ที่มองเห็นได้ง่าย

ข. ห้ามติดตั้งแผงควบคุมและแผงแสดงผลเพลิงไหม้ ในสถานที่เปียกชื้น หรือมีความชื้นสูงหรือมีฝุ่นมาก

(3) พื้นที่ปฏิบัติงานหน้าแผงควบคุมต้องเป็นไปโดยบริเวณที่ติดตั้งแผงต้องเป็นที่ว่างที่สามารถเข้าถึงได้และมีเพดานสูงไม่น้อยกว่า 1.80 เมตร

4.5 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนไม่ใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันชีวิต มีไว้เพื่อป้องกันทรัพย์สินเท่านั้นเหมาะสำหรับพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยจากเชื้อเพลิงที่ให้ควันน้อยแต่อุณหภูมิของไฟเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และพื้นที่มีฝุ่นละออง ไอหรือควัน หรือความชื้นสูง หรือความเร็วลมสูง อยู่เป็นประจำ

รูปที่ 4-2 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดจุด (point type, heat detector)

รูปที่ 4-3 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเส้น

ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดจุดในพื้นที่ป้องกันและพื้นที่ปิด

(1) กำหนดความสูงของเพดานที่ติดตั้งได้ตั้งแต่ 3.00 เมตร ดังนี้

ก. ไม่เกิน 7.50 เมตร สำหรับอุปกรณ์ที่ตรวจจับความร้อนแบบอุณหภูมิตายตัว

ข. ไม่เกิน 9.10 เมตร สำหรับอุปกรณ์ที่ตรวจจับแบบอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ

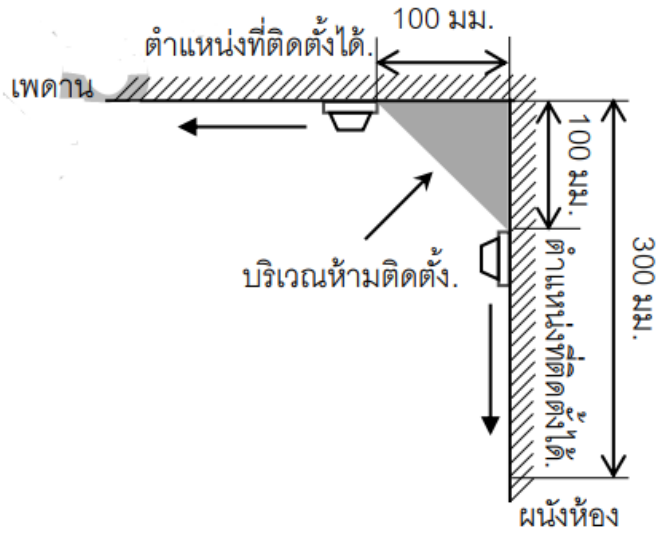
(2) อุปกรณ์ตรวจจับติดตั้งที่เพดาน ส่วนตรวจจับต้องอยู่ต่ำจากเพดานดังนี้

ก. ไม่น้อยกว่า 15 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 100 มิลลิเมตร สำหรับเพดานปกติไม่น้อยกว่า 180 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 350 มิลลิเมตร สำหรับเพดานบนใต้หลังคารับแดด

(3) การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่เพดานระดับราบ หรือที่ผนังกั้นห้อง

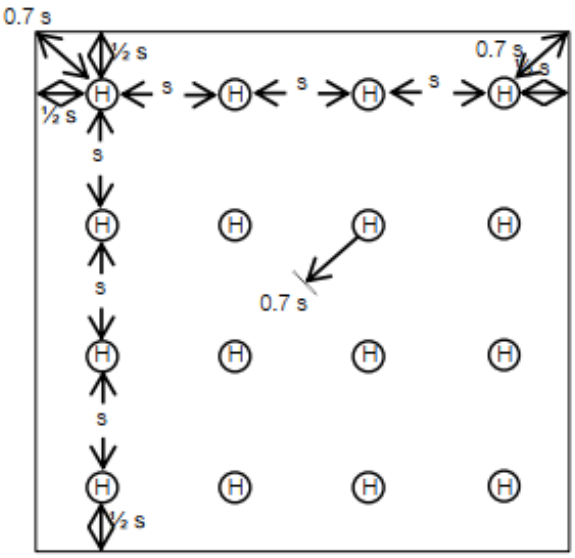
ก.ที่เพดานขอบอุปกรณ์ต้องห่างจากผนัง หรือชั้นวางของไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร

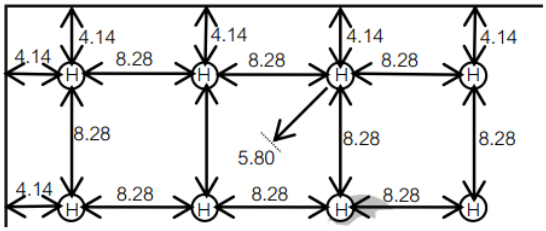
ข.ที่ผนังขอบบนอุปกรณ์ต้องต่ำจากเพดานไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตรไม่เกิน 300 มิลลิเมตร



รูปที่ 4-4 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่เพดาน หรือที่ผนังกั้นห้อง

การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่เพดานระดับราบ หรือที่ผนังกั้นห้อง ขอบอุปกรณ์ต้องห่างจากผนัง หรือชั้นวางของไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตรที่ผนัง ขอบบนอุปกรณ์ต้องต่ำจากเพดานไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตรไม่เกิน 300 มิลลิเมตร





H = อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดจุด

S = ระยะห่างที่กำหนดบนเพดานระดับราบ ดูรูป ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตตรวจจับความร้อนที่เพดาน หรือที่ผนังกั้นห้อง (9.10 เมตรที่เพดานสูงไม่เกิน 3.00 เมตร, 8.28 เมตร ที่เพดานสูงไม่เกิน 3.7 เมตร)

รูปที่ 4-5 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสำหรับพื้นที่ช่องเดิน

ตำแหน่งติดตั้งสายตรวจจับความร้อน และระยะห่าง

การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่เพดานระดับราบ ที่สูงจากพื้นไม่เกิน 3.00 เมตร จะมีระยะห่างที่กำหนดระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับ (s) ไม่เกิน 9.10 เมตร

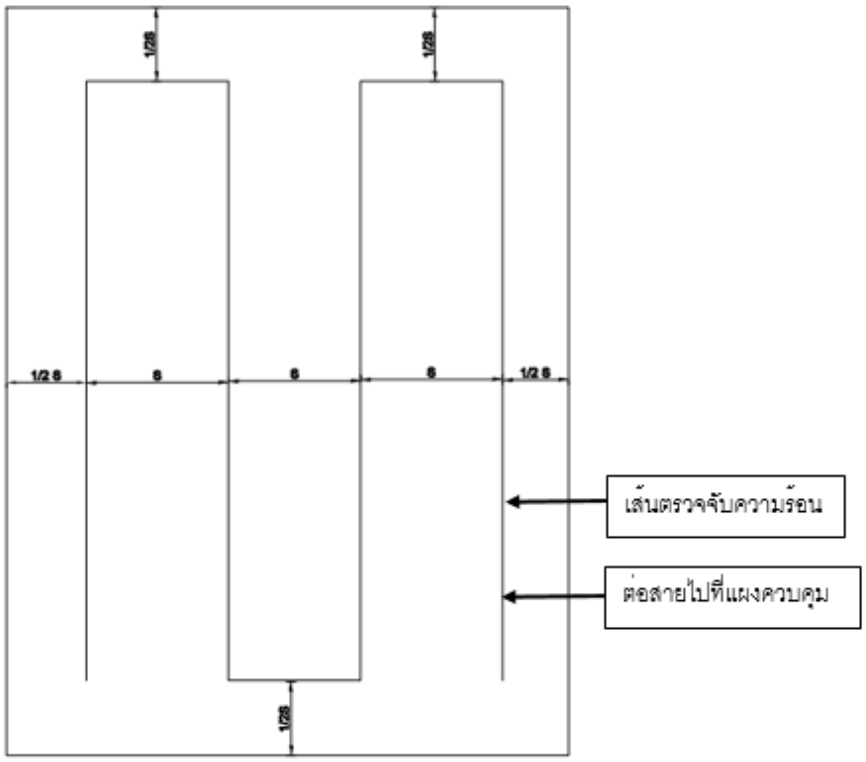
(1) ต้องติดตั้งในลักษณะสอดคล้องกับพื้นที่ โดยความยาวสูงสุดของสายตรวจจับในแต่ละวงจรโซนตรวจจับ ต้องครอบคลุมพื้นที่ไม่เกินที่กำหนดในภาคที่ 3

(2) สายตรวจจับแต่ละเส้น ต้องไม่ใช้งานมากกว่า 1 โซนตรวจจับ

(3) กรณีที่อุปกรณ์ตรวจจับชนิดเส้นเป็นแบบหลายเส้นต่อเข้าด้วยกันเพื่อเพิ่มความยาว ให้ถือว่าเป็นอุปกรณ์ตรวจจับเส้นเดียวกัน เสมือนอุปกรณ์ตรวจจับชนิดจุดหนึ่งชุด

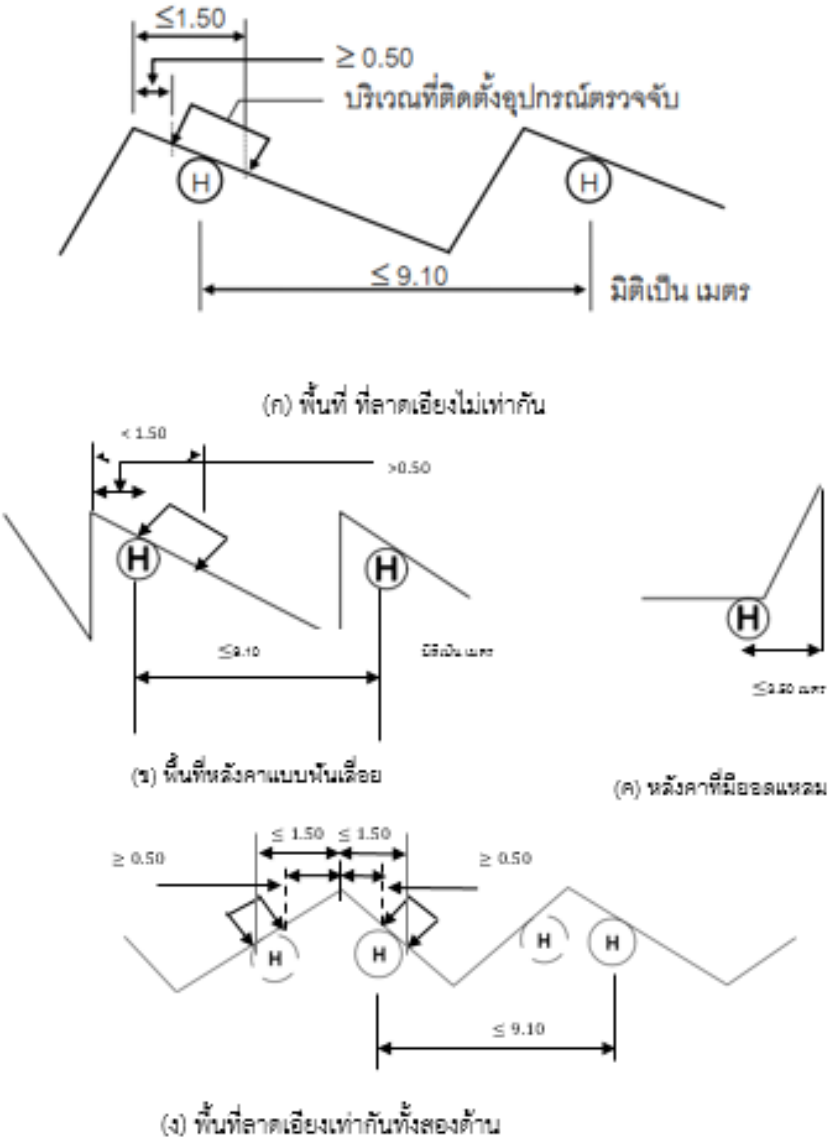
(4) ต้องติดตั้งสายตรวจจับในตำแหน่งที่ไม่เสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายทางกล

(5) เพื่อการป้องกันเฉพาะเช่นตรวจจับที่ชั้นวางสินค้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทางเลื่อน และรางสายเคเบิลไฟฟ้าเป็นต้น ต้องติดตั้งสายตรวจจับให้ใช้งานได้อย่างสมบูรณ์



S = ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับที่กำหนด

รูปที่ 4-6 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเส้นกับเพดานระดับราบ



รูปที่ 4-7 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ชนิดจุด และชนิดเส้น

4.6 อุปกรณ์ตรวจจับควัน

อุปกรณ์ตรวจจับควัน เป็นอุปกรณ์ตรวจจับเพื่อป้องกันชีวิต เหมาะสำหรับพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยจากเชื้อเพลิงที่เกิดเปลวไฟช้า ให้ควันมาก และพื้นที่ปกติที่ไม่มีฝุ่นละอองควัน ไอน้ำ หรือความชื้นสูง หรือความเร็วลมสูง และกำหนดให้ต้องติดตั้งในพื้นที่ออกแบบเพื่อป้องกันชีวิต

รูปที่ 4-8 อุปกรณ์ตรวจจับควัน

รูปที่ 4-9 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดจุด (spot type smoke detector)

รูปที่ 4-10 อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสง (beam type smoke detector)

ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด (spot type smoke detector) ในพื้นที่ป้องกัน

(1) อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุดติดตั้งได้ในระดับความสูงไม่เกิน 10.50 เมตร

(2) เพดานสูงที่ไม่เกิน 3.50 เมตรต้องติดอุปกรณ์ตรวจจับโดยให้ส่วนตรวจจับอยู่ต่ำจากเพดานไม่

(3) น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 600 มิลลิเมตร (ดูระยะห่างที่ความสูงอื่นๆ)

(4) อุปกรณ์ตรวจจับความควันที่ติดตั้งเข้ากับผนัง ต้องติดที่ใกล้กับเพดาน หรือบริเวณที่ขอบล่าง

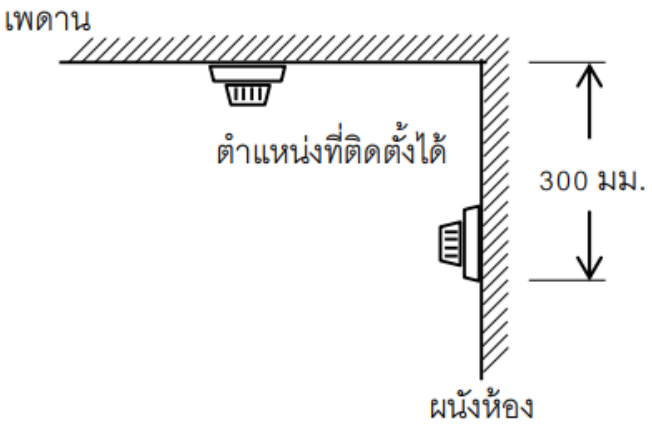
(5) ของส่วนตรวจจับต่ำจากเพดานไม่เกิน 300 มิลลิเมตร

(6) ไม่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับในพื้นที่มีสภาพแวดล้อมดังต่อไปนี้

ก. อุณหภูมิแวดล้อมต่ำกว่า 0 องศา C หรือสูงกว่า 38 องศา C

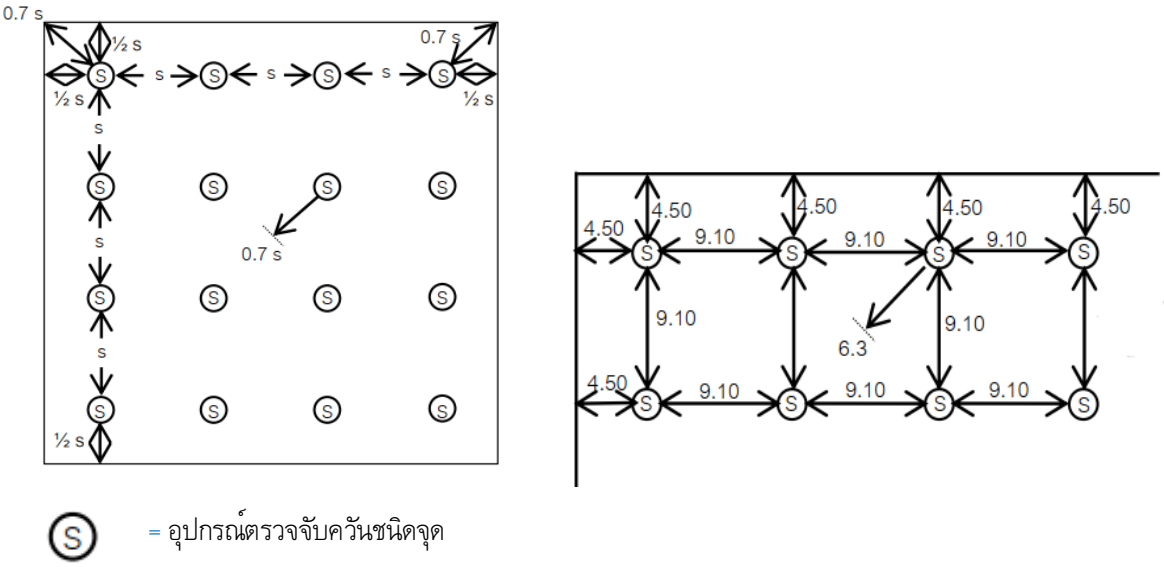
ข. ค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 93 %

ค. มีความเร็วลมสูงกว่า 300 ft/min (1.5 m/sec)



รูปที่ 4-11 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันที่เพดานหรือที่ผนังกั้นห้อง

การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่เพดานระดับราบ ที่สูงจากพื้นไม่เกิน 3.00 เมตร กำหนดให้มีระยะห่าง (nominal spacing) ระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 9.10 เมตร คิดเป็นพื้นที่ตรวจจับ 82.8 ตารางเมตร และมีระยะรัศมีการตรวจจับไม่เกิน 6.30 เมตร โดยต้องติดห่างจากผนังกั้นหรือชั้นวางของไม่เกิน 4.50 เมตร



= อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด

S = 9.10 เมตร ที่เพดานระดับราบสูงไม่เกิน 3.00 เมตร

รูปที่ 4-12 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุดที่เพดานระดับราบ

ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดชนิดลำแสง (beam type smoke detector) ในพื้นที่ป้องกัน

อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสง ให้การตรวจจับที่มีลักษณะคล้ายอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด ที่เรียงต่อกันสามารถใช้ข้อกำหนดเดียวกับอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุดได้

(1) อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสง ติดตั้งได้ในระดับความสูงไม่ต่ำกว่า 2.70 เมตรแต่ไม่เกิน 25 เมตร

(2) ต้องเลือกตำแหน่งติดตั้ง ในระดับที่ควันสามารถกระจายหรือลอยตัวผ่านขึ้นไปจนถึงลำแสงของอุปกรณ์ตรวจจับควันได้ โดยอุปกรณ์ส่วนที่รับลำแสงต้องไม่ถูกกับแสงแดดโดยตรง หรือแสงจ้ามาก จนอาจทำให้ทำงานผิดพลาดได้

(3) ต้องติดตั้งต่ำจากเพดานไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 750 มิลลิเมตร เพื่อลดผลกระทบจากระดับของชั้นอากาศร้อนใต้เพดาน (Stratification Effect)

(4) อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสงทุกชุดที่ติดตั้งในพื้นที่เดียวกัน ต้องอยู่ในวงจรโซนตรวจจับเดียวกัน และแยกออกจากโซนตรวจจับอื่น

(5) ต้องติดตั้งชุดอุปกรณ์ตรวจจับเข้ากับพื้นผิวคอนกรีต หรือโครงสร้างหลักของอาคารอย่างมั่นคงแข็งแรง ไม่มีการเคลื่อนตัว สามารถเข้าบำรุงรักษาได้โดยสะดวก

4.7 อุปกรณ์ตรวจจับเปลวเพลิง

ผู้ใช้งานต้องมีความเข้าใจหลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับเปลวเพลิง (แบบอินฟราเรด และ แบบอัลตราไวโอเลต) เพื่อการเลือกใช้ที่ถูกต้อง เหมาะสมกับการป้องกัน การติดตั้งต้องทำตามคำแนะนำของผู้ผลิตตามชนิดของอุปกรณ์ที่เลือกใช้

รูปที่ 4-13 อุปกรณ์ตรวจจับเปลวเพลิง แบบอินฟราเรดและแบบอัลตราไวโอเลต

ระยะห่างและตำแหน่งติดตั้งของอุปกรณ์ตรวจจับเปลวเพลิง

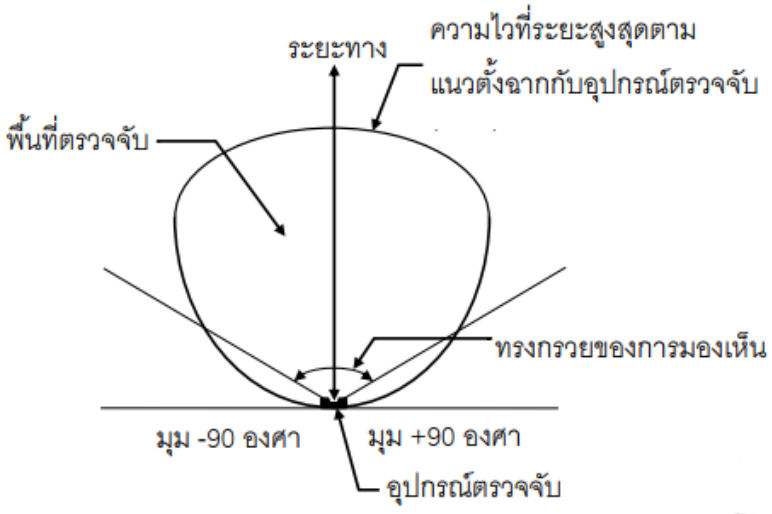
ระยะห่างจากจุดกำเนิดไฟถึงอุปกรณ์ตรวจจับ มีผลต่อความเข้มของการแผ่รังสี โดยความเข้มของรังสีที่มาถึงอุปกรณ์ตรวจจับจะลดลง ในปริมาณที่ผกผันของร ระยะห่างยกกำลังสองโดยประมาณดังนั้นหากระยะห่างเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ความเข้มของการแผ่รังสีจากจุดกำเนิดไฟจะต้องมีมากขึ้นถึง 4 เท่าจากเดิม จึงจะทำให้อุปกรณ์ตรวจจับทำงาน

(1) อุปกรณ์ตรวจจับเปลวเพลิงต้องติดตั้งไม่ให้มีวัตถุมากีดขวาง หรือมีโครงสร้างของอาคารบัง หรืออยู่ในแนวมุมตรวจจับของอุปกรณ์ (Field of view) ตำแหน่งติดตั้งต้องเข้าทำการบำรุงรักษาได้สะดวก เช่นการทำความสะอาดเลนส์ ทั้งต้องไม่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับใกล้แสงสว่างจ้าหรือหลังกระจกใสหรือแผงโปร่งแสงใดๆ ที่บังการรับการรังสีจากเปลวเพลิง

(2) อุปกรณ์ตรวจจับเปลวเพลิง ต้องติดตั้งให้เกิดเงาหรือจุดบอด พื้นที่ที่ป้องกันให้น้อยที่สุด

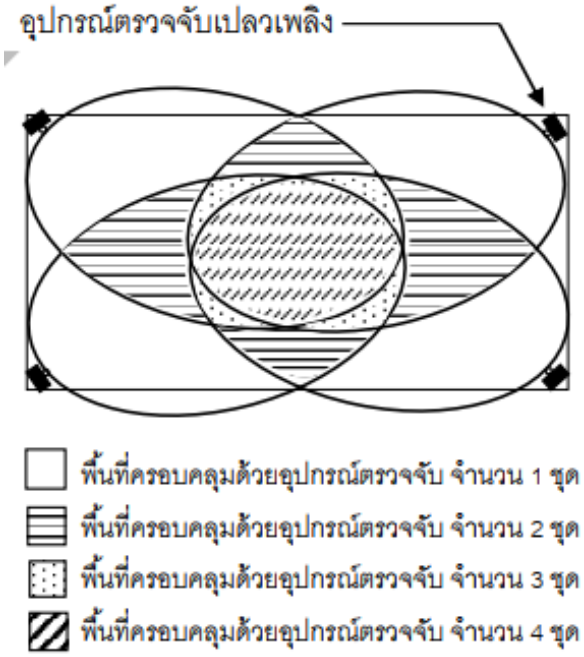
การพิจารณามุมมอง

อุปกรณ์ตรวจจับเปลวเพลิง จะทำงานตรวจจับได้เฉพาะในแนวที่มองเห็นได้โดยตลอด จากจุดที่เป็นต้นกำเนิดไฟเท่านั้น (ดูรูปที่ 4-14) ในระยะทางที่มีความไวในการตรวจจับสูงสุด โดยจะต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบแวดล้อมอื่นควบคู่ไปด้วย



รูปที่ 4-14 ตัวอย่างไดอะแกรมโพลาร์ของอุปกรณ์ของตรวจจับเปลวเพลิง

อุปกรณ์ตรวจจับต้องใช้เลนส์ที่ให้มุมมองครอบคลุมพื้นที่หรือสิ่งที่ต้องการป้องกันได้ โดยอาจติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับหลายชุดเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของการตรวจจับ (ดูรูป ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ 1 ชุด และการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับหลายชุด)



รูปที่ 4-15 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ 1 ชุด และการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับหลายชุด

บทที่ 5
ระบบดับเพลิง (Fire Protection System)

ระบบดับเพลิงที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมีอยู่หลายแบบและมีความเหมาะสมกับวัสดุเชื้อเพลิงและลักษณะการใช้สอยของอาคารแต่ละชนิดแตกต่างกันไป ในคู่มือฉบับนี้จะกล่าวถึงระบบดับเพลิง 2 แบบ คือ

1. ระบบดับเพลิงด้วยน้ำชนิดสายสูบ (hydrant and standpipe system)

2. เครื่องดับเพลิงแบบมือถือ (Fire Extinguisher)

5.1 ระบบดับเพลิงด้วยน้ำชนิดสายสูบ

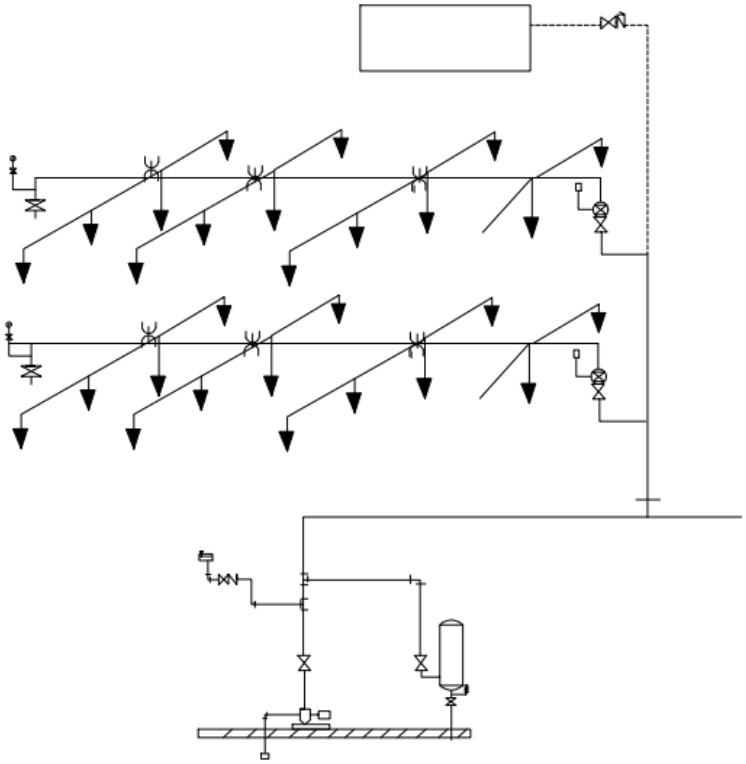
ระบบดับเพลิงที่ใช้น้ำแยกออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1) ระบบท่อแห้ง (dry pipe system)

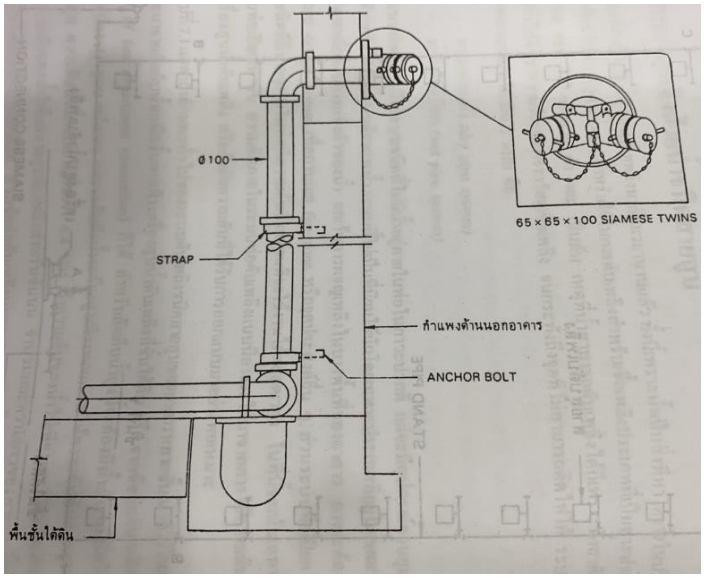
ระบบท่อแห้ง เป็นระบบชนิดที่ไม่มีน้ำอยู่ภายในท่อในสภาวะปรกติ แต่จะมีอุปกรณ์ควบคุมที่จะส่งน้ำมาในท่อดับเพลิงได้เมื่อระบบต้องการน้ำ

2) ระบบท่อเปียก (wet pipe system)

เป็นระบบดับเพลิงชนิดที่มีน้ำอยู่ภายในท่อที่ความดันซึ่งพร้อมที่จะใช้งานได้ตลอดเวลา ในที่นี้จะเน้นเฉพาะระบบดับเพลิงแบบท่อเปียกเท่านั้น ความดันภายในระบบท่อดับเพลิงแบบนี้อาจจะได้มาจากการใช้ความดันจากถังเก็บน้ำสูง เครื่องสูบน้ำดับเพลิง หรือถังอัดความดันที่ได้รับการออกแบบมาอย่างพอเหมาะ



รูปที่ 5-1 ระบบดับเพลิงชนิดสายสูบ



รูปที่ 5-2 หัวต่อดับเพลิงนอกอาคาร (SIAMESE CONNECTION)

5.1.1 ชนิดของสายสูบดับเพลิง

Class I : สำหรับการใช้โดยพนักงานดับเพลิงและผู้ที่ได้รับการฝึกอบรมให้ใช้สายสูบขนาดใหญ่โดยเฉพาะ (สายสูบขนาด 65 มม.)

Cass II : สำหรับการใช้โดยผู้ที่อยู่ภายในอาคาร จนกว่าพนักงานดับเพลิงจะมาถึง (สายสูบขนาดเล็ก)

Cass III : สำหรับการใช้โดยพนักงานดับเพลิง หรือผู้ที่ได้รับการฝึกอบรมให้ใช้สายสูบขนาดใหญ่ หรือผู้ที่อยู่ภายในอาคาร (ใช้สายสูบ 2 ขนาด)การใช้งานของท่อยืนตามการใช้งาน Class I และ III ต้องการอัตราน้ำเพื่อการดับเพลิงมากกว่า Class II และสามารถที่จะดับไฟที่ลุกลามขึ้นมาแล้วได้อย่างดี ส่วนการใช้งานเคลม Class II จะสามารถดับเพลิงในขณะเพิ่งเริ่มได้เป็นอย่างดี แต่สำหรับในกรณีไฟที่ได้ลุกลามขึ้นมากแล้ว Class II จะช่วยควบคุมให้ไฟขยายออกไปอย่างรวดเร็วจนกว่าพนักงงานดับเพลิงจะมาถึงเท่านั้น

5.1.2 แหล่งน้ำสำหรับการดับเพลิง

ปริมาณน้ำที่ต้องการสำหรับการดับเพลิงขั้นต้นย่อมขึ้นอยู่กับจำนวนสายสูบที่จะใช้งานในเวลาเดียวกันและระยะเวลาที่คาดว่าควรจะใช้งานเพื่อการดับเพลิง ถ้าการจ่ายน้ำสำหรับการดับเพลิงมาจากแหล่งเดียวจะต้องให้แน่ใจว่าแหล่งน้ำแห่งนี้สามารถที่จะจ่ายน้ำได้ในปริมาณที่ต้องการตลอดระยะเวลาที่ใช้งานเพื่อป้องกันทรัพย์สิน มิฉะนั้นแล้วควรจะจัดให้มีแหล่งที่อาจจะจ่ายน้ำได้มากกว่าหนึ่งแห่ง การจ่ายน้ำให้ระบบดับเพลิงอาจจะมาจากที่ใดที่หนึ่งต่อไปนี้

ก.จากท่อเมนประปาสาธารณะที่มีแรงดันและปริมาณน้ำเพียงพอ

ข.จากเครื่องสูบน้ำดับเพลิงแบบอัตโนมัติ

ค.จากเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ใช้พนักงานควบคุม

ง. จากถังอัดความดัน

จ. จากถังเก็บน้ำสูง

ฉ.จากเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ให้ผู้ใช้ควบคุมโดยวิธีการควบคุมซึ่งติดตั้งอยู่ที่ตำแหน่งของสายสูบแต่ละชุดได้

5.2 เครื่องสูบน้ำดับเพลิง

เครื่องสูบน้ำดับเพลิงและอุปกรณ์ควบคุมมีเกณฑ์กำหนดที่แตกต่างไปจากเครื่องสูบน้ำธรรมดาที่มีการติดตั้งเป็นประจำ เครื่องสูบน้ำธรรมดามีการใช้งานและดูแลรักษาอยู่เป็นประจำ ส่วนเครื่องสูบน้ำดับเพลิงมีการใช้งานเฉพาะระยะเวลาทดสอบระบบและเมื่อเกิดเพลิงไหม้เท่านั้น ถึงแม้ว่าระยะเวลาใช้งานและทดสอบจะน้อยมาก แต่เราก็ต้องการให้ระบบดับเพลิงสามารถทำงานได้ทันทีที่ต้องการเครื่องสูบน้ำดับเพลิงและอุปกรณ์ควบคุมจะต้องได้รับการออกแบบให้ทำงานได้ในสภาวะฉุกเฉินหลายอย่างพร้อมๆกัน เช่น ในขณะมีลมพายุ ฟ้าผ่า เป็นต้น โดยมิต้องมีคนคอยควบคุมอยู่ด้วย ในขณะที่เครื่องสูบน้ำธรรมดาได้รับการป้องกันจากไฟลัดวงจร แรงดันไฟฟ้าต่ำ หรือสภาพความเสียหายอื่นๆ แต่เครื่องสูบน้ำดับเพลิงจะต้องได้รับออกแบบให้ทำงานต่อไปไม่ว่าจะอยู่ในสภาวะใด

เพื่อการจัดส่งน้ำสำหรับการผจญเพลิง ดังนั้นเครื่องสูบน้ำดับเพลิงและอุปกรณ์ควบคุมจึงต้องมีข้อกำหนดพิเศษออกไป ในสหรัฐอมริกาผู้ที่วางข้อกำหนดของอุปกรณ์สำหรับระบุบเหล่านี้ คือ Underwriters Laboratories Inc.(UL) หรือ Factory Mutual Engineering Association (FM) สำหรับคุณลักษณะของการสูบน้ำ NFPA 20 ได้วางเกณฑ์กำหนดเอาไว้ว่า

-เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง จะต้องสามารถจ่ายน้ำของที่ระบุ (rated flow rate) โดยที่ให้ความดันน้ำไม่น้อยกว่า 65% ของที่ระบุ (rated flow rate) โดยที่ให้ความดันน้ำไม่น้อยกว่า 65% ของที่ระบุ (Rated head)

-เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งจะต้องให้ความดันน้ำในขณะที่ไม่มีการไหลไม่เกิน 120% ของ ส่วนเครื่องสูบน้ำแบเพอร์บาชน์จะต้องให้ความดันน้ำไม่กิน 140% ของความดันระบุในขณะที่ไมมีการไหล

ข้อกำหนดดังกล่าวนี้มีความหมายว่า เครื่องสูบน้ำจะต้องเป็นแบบที่มี flat curve หรืออีกนัยหนึ่งเมื่ออัตราการสูบน้ำเปลี่ยนไป ความดันที่เครื่องสูบน้ำจะให้กับระบบท่อจะไม่เปลี่ยนไปมากนั่นเอง ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าจะมีความดันน้ำที่สายสูบอย่างเดียว

รูปที่ 5-3 เครื่องสูบน้ำดับเพลิงแบบ Horizontal Centrifugal Pump

5.3 เครื่องดับเพลิงแบบมือถือ (Fire Extinguisher)

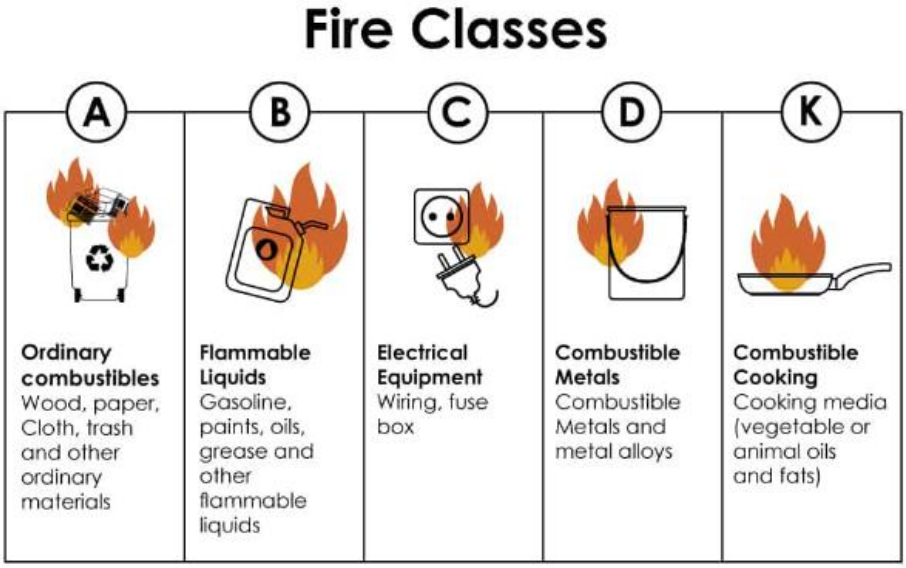
ตามมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย วสท. 3002–51 ภาคที่ 5 มาตรฐานระบบดับเพลิง หมวดที่ 3 เครื่องดับเพลิงแบบเคลื่อนที่และการติดตั้งได้มีการกำหนดรายละเอียด ไว้ดังนี้

ประเภทของเพลิงและประเภทของการใช้งาน

ประเภทของเพลิง : ประเภทของของเพลิงแบ่งออกเป็น 5 ประเภทดังนี้

1) ประเภท ก (Class A) หมายถึง เพลิงที่เกิดขึ้นจากวัสดุติดไฟปกติ เช่น ไม้ ผ้า กระดาษ ยาง และพลาสติก
2) ประเภท ข (Class B) หมายถึง เพลิงที่เกิดขึ้นจากของเหลวติดไฟปกติ เช่น น้ำมัน จารบี น้ำมันผสมสี น้ำมัน น้ำมันชักเงา น้ำมันดิน และแก๊สติดไฟต่างๆ
3) ประเภท ค (Class C) หมายถึง เพลิงที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ไฟฟ้าลัดวงจร
4) ประเภท ง (Class D) หมายถึง เพลิงที่เกิดขึ้นจากโลหะที่ติดไฟได้ เช่น แมกนีเซียม เซอร์โครเนียม โซเดียม ลิเธียม และโปแตสเซียม
5) ประเภท จ (Class K) หมายถึง เพลิงที่เกิดขึ้นจากไขมันพืชหรือสัตว์

ตารางที่ 5-1 ชนิดของสารดับเพลิง



1) ประเภทการใช้งาน

การใช้งานของเครื่องดับเพลิงแบบเคลื่อนที่ จะต้องเลือกขนาดและสารดับเพลิงให้เหมาะสมกับประเภทของเพลิงที่เกิดขึ้น

2) การติดตั้งเครื่องดับเพลิงแบบมือถือ

จะต้องติดตั้งอยู่ในบริเวณที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนและสามารถหยิบฉวยเพื่อนำไปใช้ในการดับเพลิงได้โดยสะดวก เครื่องดับเพลิงจะต้องติดตั้งไม่สูงกว่า 1.40 เมตร จากระดับพื้นจนถึงหัวของเครื่องดับเพลิง

เครื่องดับเพลิงแบบเคลื่อนที่ปกติจะมีขนาดบรรจุประมาณ 4.5 กิโลกรัม และไม่ควรจะเกิน 18.14 กิโลกรัม เพราะจะหนักเกินไป ยกเว้นชนิดที่มีล้อเข็น

การกำหนดความสามารถ (rating) ของเครื่องดับเพลิงแบบเคลื่อนที่ให้ใช้ตามมาตรฐานของ UL หรือสถาบันที่เชื่อถือหรือตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 332–เครื่องดับเพลิงยกหิ้ว ชนิดผงเคมีแห้ง ฉบับล่าสุด

การตรวจสอบสภาพความสามารถในการใช้งานของถังดับเพลิงตามคู่มือเทคนิคการตรวจสอบอาคารเพื่อความปลอดภัยของ วสท. ได้กำหนดเกี่ยวกับถังดังเพลิงไว้ดังนี้

การตรวจสอบสภาพความสามารถในการใช้งานของถังดับเพลิงตามคู่มือเทคนิคกาตรวจสอบอาคารเพื่อความปลอดภัยของ วสท. ได้กำหนดเกี่ยวกับถังดังเพลิงไว้ดังนี้

การติดตั้ง

1. ระยะห่างของถังดับเพลิงต้องไม่เกิน 45 เมตร
2. ระยะการเข้าถึงถังดับเพลิงต้องไม่เกิน 23 เมตร
3. ความสูงจากระดับพื้นถึงส่วนสูงสุดของถังดับเพลิงต้องไม่เกิน 1.40 เมตร
4. ความเหมาะสมต่อการยกหิ้วเคลื่อนย้าย ขนาดบรรจุที่ 10–20 ปอนด์
5. ชนิดของเครื่องดับเพลิงต้องเหมาะสมกับวัสดุที่ติดไฟในแต่ละพื้นที่
6. มีป้ายสัญลักษณ์

รูปที่ 5-4 การติดตั้งเครื่องดับเพลิงแบบมือถือพร้อมป้ายสัญลักษณ์

3. การตรวจสอบสภาพเครื่องดับเพลิงแบบมือถือ (ถังดับเพลิง)

1. ตรวจใบกำกับการตรวจสอบของบริษัทผู้ผลิตหรือบริษัทผู้ให้บริการ
2. ตรวจสอบมาตรวัดแรงดันต้องอยู่ในตำแหน่งพร้อมใช้งานดังแสดงในรูปที่ 1
3. ตรวจสอบน้ำหนักสุทธิของถังดับเพลิงต้องพร้อมใช้งาน ใช้ในกรณีเครื่องดับเพลิงเป็นชนิดที่ไม่มีมาตรวัดแรงดัน เช่น เครื่องดับเพลิงชนิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

รูปที่ 5-5 มาตรวัดแรงดันของก๊าซภายในถังดับเพลิง และวิธีตรวจสอบถังดับเพลิง

คณะผู้จัดทำ

ร่าง ปรับปรุงคู่มือปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบ การผลิต การควบคุมคุณภาพ และการใช้ก๊าซชีวภาพ (BIOGAS) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

คณะกรรมการประสานและรับมอบงาน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม)

คุณวิศิษย์ศักดิ์ กฤษณพันธ์	วิศวกรชำนาญการพิเศษ รักษาการในตำแหน่งวิศวกรเชี่ยวชาญ	ประธานกรรมการ
คุณสโรชา จิตอารีรัตน์	วิศวกรชำนาญการพิเศษ	กรรมการ
คุณชยาภิวัฒน์ มานะศึก	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	กรรมการ
คุณสุธี อุประวรรณา	วิศวกรชำนาญการพิเศษ	กรรมการ
คุณอัญญาณี อ้นวงษ์	วิศวกรเครื่องกลปฏิบัติการ	กรรมการ

ที่ปรึกษาโครงการ (บริษัท กรีน เอ็นเนอร์ยี่ เน็ทเวอร์ค จำกัด)

นายไชยวัฒน์ ผลลาภ	ผู้จัดการโครงการ
นายเกียรติศักดิ์ กอบกาญจนากร	ผู้ช่วยผู้จัดการโครงการ
นายศุภวัฒน์ ธาดาจารุมงคล	ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกล
นายวิษณุ ปั้นพันธุ์	ผู้เชี่ยวชาญด้านจุลชีววิทยา
นายนัฐวี ตีรณานนท์	ผู้เชี่ยวชาญด้านจุลชีววิทยา
นายภานุมาศ อินทรโสตถิ	ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม
นายนวพล กิจจาธนากร	วิศวกรเครื่องกล
นายรัฐกร มากหวาน	วิศวกรเครื่องกล
นายธนชิต พานิชกิจ	วิศวกรเครื่องกล
นายพงศ์พลิน ไชยภัฐ	วิศวกรไฟฟ้า
นางสาวชนิกานต์ ขำประไพ	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม
นางสาวพริมา แก้วพา	วิศวกรสิ่งแวดล้อม