การปรับปรุงกระบวนการงานติดตั้งระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน: กรณีศึกษาอาคารสำนักงาน 2 ชั้น

Improving the Process of Installing Air Conditioning Systems in Office Buildings: A Case Study of a Two-Story Office Building

นายภัทรพล ลิขิตทัศชูวงศ์

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม
พุทธศักราช 2569

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสยาม

ใบรับรองสารนิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม

หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

เรื่อง การปรับปรุงกระบวนการงานติดตั้งระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน: กรณีศึกษาอาคารสำนักงาน 2 ชั้น

Improving the Process of Installing Air Conditioning Systems in Office Buildings: A Case Study of a Two-Story Office Building

ผู้วิจัย นาย ภัทรพล ลิขิตทัศชูวงศ์

Mr. Patarapon Likittuschoowong

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาทิตย์ โสตรโยม

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ โสตรโยม)

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. ยุทธชัย บรรเทิงจิตร)

ผู้อำนวยการหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

วันที่ 1 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง : การปรับปรุงกระบวนการงานติดตั้งระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน กรณีศึกษาอาคารสำนักงาน 2 ชั้น

โดย : นายภัทรพล ลิขิตทัศชูวงศ์

ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : การจัดการงานวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาทิตย์ โสตรโยม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ โสตรโยม)

1 / 10 / 69

การศึกษานี้เป็นการปรับปรุงกระบวนการงานติดตั้งระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน กรณีศึกษาอาคารสำนักงาน 2 ชั้น ซึ่งเป็นอาคาร 2 ชั้น มีเนื้อที่ใช้สอยรวมทั้งหมดประมาณ 1,650 ตารางเมตร ติดตั้งระบบปรับอากาศแบบ VRV จำนวนทั้งสิ้น 32 เครื่อง กำหนดการระยะเวลาจำนวน 68 วัน โดยเก็บข้อมูลระหว่างปฏิบัติงานเพื่อทำการวิเคราะห์ปัญหา พบว่า ปัญหากระบวนการติดตั้งระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน เกิดจาก 3 สาเหตุใหญ่ ได้แก่ 1) แบบ Shop Drawing ไม่ครบถ้วน ไม่ชัดเจน 2) การจัดซื้ออุปกรณ์และการจัดเก็บอุปกรณ์ไม่ตรงตามหน้างาน/แผนงานหลัก และ 3) การติดตั้งงานระบบปรับอากาศไม่เป็นไปตามวันและเวลาที่กำหนด/ไม่ตรงตามแบบ จึงได้ดำเนินการเสนอแนวทางปรับปรุงแก้ไข ดังนี้ 1) อบรมพนักงานเขียนแบบ และให้วิศวกรควบคุมงานตรวจสอบเทียบแบบงานระบบปรับอากาศกับแบบ Shop Drawing ของโครงสร้างและสถาปัตย์ ก่อนส่งอนุมัติเพื่อให้แบบครบถ้วน (ลดเวลาลง 4 วัน) 2) จัดทำแผนจัดซื้อให้สอดคล้องตามแผนงานหลัก จัดเก็บอุปกรณ์ให้เป็นสัดส่วน แยกประเภท ทำชั้นวาง ติดป้ายชื่อ จัดเรียงให้หยิบใช้งานง่าย ติดตั้งกล้องวงจรปิด (ลดเวลาลง 5 วัน) 3) จัดอบรมผู้ปฏิบัติงานก่อนเข้างานทุกวัน เพื่อแจ้งลำดับงานและวิธีการที่ชัดเจน 4) เพิ่มจำนวนทีมช่างปฏิบัติงาน จากเดิม ช่าง 4 คน ลูกมือ 4 คน เพิ่มเป็น ช่าง 6 คน ลูกมือ 6 คน และ5) ลดขั้นตอนปรับแต่งและตรวจสอบสมรรถนะ (Fine Tuning) (ลดเวลาลง 6 วัน) จากการดำเนินงานปรับปรุงกระบวนการตามหัวข้อปัญหาต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว พบว่า ระยะเวลาปฏิบัติงานโครงการลดลง 15 วัน คิดเป็นร้อยละ 22.06 จากกำหนดการโดยรวมทั้งหมด 68 วัน รวมถึงส่งผลให้สามารถลดลดค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานได้คิดเป็นร้อยระ 22.06 ของค่าปฏิบัติงานทั้งหมด

คำสำคัญ: การปรับปรุงกระบวนการ ระบบปรับอากาศ อาคารสำนักงาน

Abstract

Title : Improving the Process of Installing Air Conditioning Systems in Office Buildings: A Case Study of a Two-Story Office Building

By : Mr. Patarapon Likittuschoowong

Degree : Master of Engineering

Major Field : Engineering Management

Advisor : Arthit Sode-Yome

(Asst. Prof. Dr. Arthit Sode-Yome)

1 / 10 / 26

The study focused on improving the installation process of the air conditioning system in a two-story office building with a total floor area of approximately 1,650 square meters, which involved installing 32 VRV air conditioning units. The original scheduled duration was 68 days. Analysis of operational data identified three major causes of installation errors: 1) incomplete and unclear Shop Drawings, 2) procurement and storage of equipment not aligning with the job site or master schedule, and 3) installation not adhering to the specified schedule or design. Corrective actions implemented included: 1) training drafting staff and requiring the supervising engineer to cross-check the AC system drawings with the structural and architectural layouts before approval (reducing time by 4 days), 2) creating a procurement plan aligned with the master schedule, organizing equipment storage with clear separation, labeling, and CCTV installation (reducing time by 5 days), 3) daily pre-work briefings for technicians to clarify work order and methods, 4) increasing the installation team from 4 technicians and 4 assistants to 6 technicians and 6 assistants, and 5) streamlining the fine-tuning and performance inspection steps (reducing time by 6 days). As a result of these process improvements, the project's operational duration was successfully reduced by 15 days, representing a 22.06 percent reduction from the original 68-day schedule, and also led to a corresponding 22.06 percent reduction in total operating costs.

Keywords: process improvement, air conditioning systems, office buildings

Approved by

.....

Director

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ โสตรโยม อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ และมอบองค์ความรู้ที่มีคุณค่ายิ่งแก่ผู้เขียนเสมอมา ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พงศ์พัฒน์ เพ็ชรรุ่งเรือง ตลอดจนคณาจารย์ใน บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยามทุกท่าน ที่ได้ให้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ประสบการณ์ และให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการจัดทำสารนิพนธ์ฉบับนี้จนบรรลุผลตามวัตถุประสงค์

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกท่านที่เป็นกำลังใจสำคัญยิ่ง รวมถึงมิตรสหายที่คอยให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนตลอดระยะเวลาการศึกษา นอกจากนี้ขอขอบคุณหัวหน้างานและเพื่อนร่วมงานทุกคนที่ได้อำนวยความสะดวกและมอบแรงผลักดันให้การทำงานร่วมกับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผ่านพ้นไปได้ด้วยดี

ภัทรพล ลิขิตทัศชูวงศ์
ผู้วิจัย

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญภาพ		ช
บทที่ 1	บทนำ	
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 ปัญหาของการวิจัย	2
	1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
	1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
	1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
	1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2	ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
	2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
	2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	39
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย	
	3.1 รูปแบบการวิจัย	42
	3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	43
	3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	46
	3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	47

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการศึกษา

4.1 การวิเคราะห์ปัญหาของการติดตั้งงานระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน 2 ชั้น 51

4.2 การเปรียบเทียบขั้นตอนงานติดตั้งเครื่องปรับอากาศสำนักงานก่อน-หลังปรับปรุงกระบวนการ 53

4.3 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขการติดตั้งงานระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน 2 ชั้น 56

4.4 อภิปรายผล 60

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 63

5.2 ข้อเสนอแนะ 64

บรรณานุกรม 66

ประวัติผู้วิจัย 70

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 การไหลในกระบวนการติดตั้ง..... 10

2.2 ระยะห่างของการติดตั้งท่อสารทำความเย็นแบบแฟลร์ (Flare Nut) ระหว่าง FCU และ CDU..... 15

2.3 ระยะเวลาในการทำสุญญากาศของระบบ..... 21

2.4 ความดันในการทำสุญญากาศ..... 22

2.5 การคำนวณปริมาณสารทำความเย็นที่จะเติมเพิ่ม..... 23

3.1 แบบฟอร์มบันทึกเวลาการปฏิบัติงาน ชั้นที่ 1 (กลุ่มเดิม - 1,000 ตร.ม. / 18 เครื่อง)..... 49

3.2 แบบฟอร์มบันทึกเวลาการปฏิบัติงาน ชั้นที่ 2 (กลุ่มที่ปรับปรุง - 650 ตร.ม. / 14 เครื่อง).. 50

3.3 สรุปการลดระยะเวลา (Time Reduction Analysis)..... 50

4.1 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขปัญหางานติดตั้งเครื่องปรับอากาศสำนักงาน..... 52

4.2 เปรียบเทียบขั้นตอนงานติดตั้งเครื่องปรับอากาศสำนักงานก่อน-หลังปรับปรุงกระบวนการ..... 54

4.3 รายการอุปกรณ์ระบบปรับอากาศแบบ VRV ของ Daikin โดยระบุรายละเอียดรุ่น จำนวน และคาอธิบายของแต่ละรายการ..... 58

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 Building Information Modeling (BIM)..... 8
2.2 การติดตั้ง Condensing Unit (CDU)..... 13
2.3 การแขวน Fan Coil Unit (FCU)..... 14
2.4 การยึดท่อแนวดิ่งที่ยังไม่ได้หุ้มฉนวนโดยใช้ยางแข็งหุ้มท่อ..... 15
2.5 การยึดท่อแนวดิ่งที่ยังไม่ได้หุ้มฉนวนโดยใช้อุปกรณ์จับพิเศษ..... 16
2.6 การยึดท่อแนวดิ่งตลอดแนวดิ่ง..... 16
2.7 การติดตั้งท่อแยกกับท่อแยกต้องมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 1000 มม..... 18
2.8 การติดตั้งท่อแยกในแนวดิ่งตั้งฉากกับพื้น..... 18
2.9 การติดตั้งท่อแยกของ Condensing Unit (CDU)..... 19
2.10 แวคคัมเกจที่สามารถวัดได้ถึง-30 นิ้วปรอท..... 20
2.11 แมนนิโฟลเกจที่สามารถวัดได้ถึง-30นิ้วปรอท..... 20
2.12 การติดตั้งท่อน้ำทิ้ง..... 24
2.13 แผนภาพทางไฟฟ้าสำหรับเครื่องระบายความร้อนแบบแยกตามโมดูล..... 25
2.14 การติดตั้ง Fan Coil Unit (FCU) แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน (CEILING TYPE)..... 29
2.15 การติดตั้ง Fan Coil Unit (FCU) แบบแขวนซ้อนฝ้าเพดาน (CEILING CONCEALED TYPE)..... 29
2.16 การติดตั้ง Fan Coil Unit (FCU) แบบติดผนัง (WALL TYPE)..... 30
2.17 การติดตั้ง Fan Coil Unit (FCU) แบบสี่ทิศทาง (CASSETTE TYPE)..... 30
2.18 การติดตั้ง ท่อสารทำความเย็น ท่อน้ำทิ้งและการจับยึด..... 31
2.19 การติดตั้ง Condensing Unit (CDU) แบบตั้งพื้น..... 32
2.20 วงจรการบริหารคุณภาพในองค์กร (PDCA)..... 35
2.21 Albert S. Humphrey..... 36
2.22 ตารางวิเคราะห์ SWOT Analysis..... 37
2.23 แผนภาพธุรกิจรับเหมาก่อสร้างงานระบบปรับอากาศ ต้นทุนและ ผลตอบแทน..... 39
3.1 อาคารสำนักงาน บริษัท วินโดว์ เอเชีย จำกัด (มหาชน)..... 42
3.2 การติดตั้งชุดคอยล์ร้อนอาคารสำนักงาน บริษัท วินโดว์ เอเชีย จำกัด (มหาชน)..... 43

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.3 Flow Chart ขั้นตอนการดำเนินงานติดตั้งระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน..... 46

4.1 แบบ Shop Drawing..... 57

4.2 ตัวอย่างรายการและรายละเอียดวัสดุสำหรับงานติดตั้งระบบในเอกสารขออนุมัติ..... 59

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

งานรับเหมาออกแบบงานระบบปรับอากาศ อาคารสำนักงาน บ้านพักอาศัย โรงเรียน อาคารสูง เป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่มีลักษณะพิเศษต่างจากธุรกิจอื่น ๆ เนื่องจากมีการดำเนินการเป็นโครงการ โดยมีกระบวนการในการออกแบบระบบปรับอากาศ การประมาณราคา งานสั่งซื้อวัสดุอุปกรณ์ งานก่อสร้างติดตั้งระบบปรับอากาศระบายอากาศ มีกำหนดเวลาในการดำเนินงานก่อสร้าง ที่ต้องสอดคล้องกับแผนงานก่อสร้างหลัก มีการประเมินต้นทุนค่าแรงงานและวัสดุอุปกรณ์ มีระยะเวลาที่กำหนด ในการทำงาน นอกจากการดำเนินงานตามแผนงานแล้ว จะต้องมีการเบิกจ่ายเงินเป็นงวด โดยมีกฎข้อบังคับต่าง ๆ ตามแต่โครงการที่ เข้าปฏิบัติงานตามกำหนดเวลาที่กำหนดในสัญญา

งานรับเหมาติดตั้งระบบปรับอากาศ (Heating, Ventilation, and Air Conditioning: HVAC) สำหรับอาคารสำนักงานในปัจจุบัน ได้พัฒนาจากการเป็นเพียงการติดตั้งอุปกรณ์ให้กลายเป็น งานวิศวกรรมการจัดการโครงการ (Engineering Project Management) ที่ซับซ้อนและเน้นประสิทธิภาพสูง ภายใต้ข้อจำกัดด้านเวลา งบประมาณ และมาตรฐานพลังงานที่เข้มงวด แนวโน้มหลักในปัจจุบันมุ่งเน้นไปที่การลดความล่าช้าของโครงการ การควบคุมต้นทุน และการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ากับกระบวนการทำงาน ความท้าทายในงานรับเหมา HVAC มักเกี่ยวข้องกับประเด็นหลักที่นำไปสู่ความล่าช้าของโครงการและต้นทุนที่เพิ่มขึ้น ความไม่สมบูรณ์ของแบบแปลนและข้อมูล (Design Deficiency) ปัญหาที่เกิดจากแบบ Shop Drawing ที่ไม่ชัดเจน ข้อมูลไม่ครบถ้วน หรือการขาดการประสานงานระหว่างแบบสถาปัตยกรรม โครงสร้าง และงานระบบ (Clash Detection) ถือเป็นสาเหตุสำคัญของงานซ้ำ (Rework) และความล่าช้าในการอนุมัติ ความล่าช้าเหล่านี้ทำให้ระยะเวลาของโครงการยาวนานขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนเพิ่มขึ้นและเกิดความขัดแย้งระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Devandran et al., 2025) ซึ่งจำเป็นต้องแก้ไขด้วยการจัดทำ Shop Drawing Management ที่มีมาตรฐานและมีกระบวนการตรวจสอบเทียบเคียงแบบอย่างเข้มงวด การบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Management) ความผันผวนของตลาดและการจัดซื้อจัดจ้างวัสดุอุปกรณ์ที่ไม่สอดคล้องกับแผนงานหลัก (Master Schedule) นำไปสู่ปัญหาการรอคอย (Waste of Waiting) และการจัดการคลังสินค้าที่ไม่เป็นระเบียบ งานรับเหมาในปัจจุบันจึงต้องประยุกต์ใช้หลักการ Lean Construction เพื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดจากการจัดการวัสดุและอุปกรณ์ที่ไม่มีประสิทธิภาพ การ

ควบคุมคุณภาพการติดตั้งให้เป็นไปตามมาตรฐานวิศวกรรม (ASHRAE Standard) โดยเฉพาะขั้นตอนสำคัญ เช่น การเชื่อมท่อทองแดงภายใต้การล้างด้วยไนโตรเจนเพื่อลดเขม่า หรือการเติมสารทำความเย็นที่ผิดพลาด นำไปสู่ปัญหาด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบในระยะยาว การเพิ่มการควบคุมคุณภาพและอบรมช่างปฏิบัติงานก่อนเริ่มงานจึงเป็นมาตรการสำคัญในการลดข้อบกพร่อง

จากบริบทและปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความมุ่งหมายในการศึกษาปัญหาและสาเหตุของข้อผิดพลาดในงานติดตั้งระบบปรับอากาศ รวมถึงเสนอแนวทางการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการติดตั้งให้สอดคล้องกับหลักวิศวกรรมและมาตรฐานวิชาชีพ เพื่อยกระดับคุณภาพงาน ลดระยะเวลา และลดต้นทุนในกระบวนการติดตั้งงานระบบปรับอากาศของอาคารสำนักงาน

1.2 ปัญหาของการวิจัย

เนื่องจากบริษัทรับเหมางานระบบปรับอากาศขนาดเล็ก หรือ ขนาดกลาง ยังไม่มีการจัดการการวางแผนในองค์กรภายในที่ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ จึงทำให้เกิดของเสียและข้อผิดพลาดในการติดตั้งงานระบบปรับอากาศ ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดปัญหาในการปฏิบัติงาน ส่งผลทำให้การดำเนินงานไม่เป็นไปตามเป้าหมายหรือแผนงานที่วางไว้ ทำให้บริษัทเกิดการขาดทุน และไม่ได้รับความไว้วางใจในการจ้างงานต่อไปจากผู้ว่าจ้างงาน จึงต้องมีการศึกษาวิธีการทำงาน ลดปัญหาที่เป็นอุปสรรคในการทำงาน เพื่อก่อให้เกิดการทำงานที่มีประสิทธิภาพ และลดข้อผิดพลาดจากการทำงานที่เกิดขึ้น นำไปสู่การติดตั้งงานระบบปรับอากาศที่มีมาตรฐาน ครบถ้วนตามที่ผู้ว่าจ้างต้องการ ปลอดภัย และ การส่งมอบงานที่ทันกำหนดเวลา

จากการศึกษาข้อผิดพลาดการติดตั้งงานระบบปรับอากาศในโครงการอาคารสำนักงาน ข้อผิดพลาดและปัญหาที่ได้พบบ่อยในระหว่างการดำเนินการมีดังนี้

1) ปัญหาการทำแบบ Shop drawing งานระบบปรับอากาศ

2) ปัญหาการขออนุมัติแบบ วัสดุอุปกรณ์

3) ปัญหาการจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ล่าช้า ผิดพลาด วัสดุไม่ได้ตามมาตรฐาน

4) ปัญหาการติดตั้งระบบงานระบบปรับอากาศที่บกพร่อง ไม่ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด

5) ปัญหาการตรวจงานระบบปรับอากาศ

6) ปัญหาการส่งมอบงานที่ล่าช้า ไม่เป็นไปตามแผน

ปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นส่วนสำคัญ ที่มีผลต่องานติดตั้งงานระบบปรับอากาศในอาคารสำนักงานที่ต้องล่าช้ากว่ากำหนดและมีผลทำให้บริษัทผู้รับเหมาถูกปรับจากการที่ส่งมอบงานล่าช้าไม่ทันเวลาตามสัญญาที่กำหนด

จากปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดความจำเป็นในการศึกษาวิจัย เพื่อกำหนดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการติดตั้งงานระบบปรับอากาศในปัจจุบัน การศึกษาวิจัยนี้ เป็นการนำเสนอวิธีการลดข้อผิดพลาด และปรับปรุงแก้ไขปัญหาการติดตั้งงานระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน โดยนำทฤษฎี SWOT มาวิเคราะห์ข้อผิดพลาดของกระบวนการทำงาน ดังนี้

1) ประยุกต์ใช้ทฤษฎี SWOT เพื่อวิเคราะห์ข้อผิดพลาดของกระบวนการทำงานและปัญหาที่เกิดขึ้น

2) ประยุกต์ใช้แผนภูมิการไหลของกระบวนและวิธีปฏิบัติงาน (Method Study)

3) กำหนดมาตรฐานการติดตั้งงานระบบไฟฟ้าให้เป็นไปตามวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยหรือ (ว.ส.ท) 03003-48 ซึ่งเป็นหน่วยงานกลางที่กำหนดมาตารฐานในการติดตั้งงานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาข้อผิดพลาดของกระบวนการติดตั้งงานระบบปรับอากาศ
2. เพื่อค้นหาสาเหตุที่ก่อให้เกิดข้อผิดพลาดในการติดตั้งงานระบบปรับอากาศ
3. เพื่อศึกษาวิธีปฏิบัติงานที่สามารถลดระยะเวลางานของแต่ละขั้นตอนในกระบวนการติดตั้งงานระบบปรับอากาศอาคารสำนักงานเพื่อลดความล่าช้าในการดำเนินงาน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการปรับปรุงกระบวนการงานติดตั้งระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน กรณีศึกษาอาคารสำนักงาน 2 ชั้น มีดังนี้

1. ศึกษาการทำแบบ Shop drawing
2. ศึกษาการประมาณราคาของโครงการ
3. ศึกษาการขออนุมัติแบบแปลน วัสดุ อุปกรณ์
4. ศึกษาการจัดหา จัดซื้อ วัสดุอุปกรณ์ในโครงการ
5. ศึกษาการติดตั้งงานระบบปรับอากาศในโครงการ
6. ศึกษาการตรวจงานระบบปรับอากาศในโครงการ
7. ศึกษาการส่งมอบงาน

1.5 นิยามคำศัพท์เฉพาะ

นิยามศัพท์เฉพาะมีดังต่อไปนี้

1. ระบบปรับอากาศ หมายถึง ระบบที่ควบคุมอุณหภูมิและสภาพอากาศภายในอาคาร

2. งานติดตั้งระบบปรับอากาศ หมายถึง การดำเนินงานติดตั้งอุปกรณ์ตามแบบและมาตรฐานวิศวกรรม

3. กระบวนการทำงาน หมายถึง ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานตั้งแต่เริ่มจนแล้วเสร็จ

4. การปรับปรุงกระบวนการ หมายถึง การพัฒนาวิธีปฏิบัติงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

5. อาคารสำนักงาน หมายถึง อาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดที่ใช้เป็นสำนักงานหรือที่ทำการ

6. อาคารสำนักงาน 2 ชั้น หมายถึง อาคารสำนักงานที่มีโครงสร้างจำนวนสองชั้นในกรณีศึกษานี้ คือ บริษัท วินโดว์ เอเชีย จำกัด (มหาชน)

7. แบบ Shop Drawing หมายถึง แบบสำหรับการก่อสร้าง เพื่อใช้ในการปฏิบัติงานในโครงการ

8. CDU (Condensing Unit) หมายถึง อุปกรณ์ระบายความร้อนหลักของระบบปรับอากาศ

9. FCU (Fan Coil Unit) หมายถึง อุปกรณ์กระจายความเย็นภายในพื้นที่ใช้งาน

10. มาตรฐานการติดตั้ง หมายถึง ข้อกำหนดควบคุมคุณภาพงานตามหลักวิศวกรรม

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษามีดังนี้

1. แนวทางในการจัดการปัญหาและลดข้อผิดพลาด เพื่อการส่งงานตรงตามแผนงาน หรือระยะเวลาที่กำหนด

2. แนวทางการบริหารงานในองค์กร และการจัดการขั้นตอนการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. ทีมงานหรือพนักงานมีมุมมองและทัศนคติที่ดีในการปฏิบัติงาน ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริการที่ดีแก่ผู้ว่าจ้างและผู้ร่วมงาน

4. แนวทางในการลดข้อผิดพลาด เพิ่มประสิทธิภาพ และความปลอดภัยในการติดตั้งงานระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการลดข้อผิดพลาดในงานติดตั้งงานระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน 2 ชั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร งานวิจัย และงานศึกษาที่เกี่ยวข้อง ในการนำทฤษฎีและหลักการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้หรือดัดแปล ปรับเปลี่ยนเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ในขั้นตอนการดำเนินการงานติดตั้งระบบปรับอากาศ เพื่อให้มีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น เพื่อเป็นการลดต้นทุน เพิ่มผลกำไร ปรับปรุงวิธีการทำงาน และจัดทำเวลามาตรฐาน ดังนี้

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 เทคนิคการจัดการก่อสร้าง

2.1.2 มาตรฐานการออกแบบและติดตั้ง

2.1.3 วิธีปฏิบัติงานที่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม

2.1.4 การปรับปรุงตามแนวคิดไคเซ็น (Kaizen)

2.1.5 วงจรเด็มมิ่ง (Deming Cycle)

2.1.6 การวิเคราะห์สวอต (SWOT Analysis)

2.1.7 ธุรกิจรับเหมาก่อสร้างงานระบบปรับอากาศ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาแนวทางการลดข้อผิดพลาดของงานติดตั้งงานระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน 2 ชั้น มีการศึกษาหลักการและทฤษฎี ดังต่อไปนี้

2.1.1 เทคนิคการจัดการก่อสร้าง

การจัดการก่อสร้างเพื่อลดข้อผิดพลาดในงานระบบปรับอากาศ ในอุตสาหกรรมก่อสร้างได้มีการนำเทคนิคการจัดการสมัยใหม่มาใช้ เช่น หลักการ Lean Construction และ Building Information Modeling (BIM)

2.1.1.1 Lean Construction

Lean Construction เป็นแนวคิดที่พัฒนามาจากหลักการของ Lean Manufacturing โดยมุ่งเน้นการลดของเสีย (Waste) ในกระบวนการก่อสร้าง เช่น การทำงานซ้ำ การรอคอยระหว่างขั้นตอน และการใช้วัสดุเกินจำเป็น Koskela (1992) เป็นผู้บุกเบิกแนวคิดนี้ โดยชี้ให้เห็นว่าการปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดข้อผิดพลาดได้ งานวิจัยของ

Seppänen and Görsch (2022) พบว่า การนำหลักการ Lean Construction มาใช้ในโครงการระบบปรับอากาศช่วยลดปัญหาการทำงานซ้ำ (Rework) ได้ถึง 20% เนื่องจากมีการวางแผนที่ดีขึ้น และลดความผิดพลาดจากการสื่อสารระหว่างทีมงาน อัศม์เดช วานิชชินชัย (2564 อ้างถึงใน มนัสชัย เงินยวง, 2565) กล่าวว่า Lean Construction คือ การออกแบบและการจัดการกระบวนการ ระบบทรัพยากร และมาตรการต่าง ๆ อย่างเหมาะสม โดยพยายามให้เกิดความสูญเสียน้อยที่สุด หรือมีส่วนเกินที่ไม่จำเป็นน้อยที่สุด ลดตัวแปรต่าง ๆ ที่เป็นปัญหาต่อกระบวนการเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ (Workflow) และ เป็นการกำจัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มในการผลิต (Non-Value Added) ลดขั้นตอน การทำงานซ้ำซ้อน

การลดความสูญเสีย 7 ประการ (The 7 Wastes)

แนวคิดเกี่ยวกับความสูญเสีย (MU-DA) ในกระบวนการผลิตมักจะพบว่า มีความสูญเสียต่าง ๆ แฝงอยู่ไม่มากก็น้อย ซึ่งเป็นเหตุให้ ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของกระบวนการต่ำ กว่าที่ควรจะเป็น เช่น ใช้เวลานานในการผลิต สินค้าคุณภาพต่ำ ต้นทุนสูง ดังนั้น จึงมีแนวคิดเพื่อพยายามจะลดความสูญเสียเหล่านี้เกิดขึ้นมากมาย ซึ่งตรงกับภาษาญี่ปุ่นว่า MU – DA เป็นแนวคิดหนึ่งที่คิดค้นโดย Mr. Shigeo Shingo และ Mr. Taiichi Ohno คือ ระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota production system) (ThaiDisplay.com, ม.ป.ป.) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อขจัดความสูญเสีย 7 ประการ

1) ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตมากเกินไป (Overproduction) การผลิตสินค้าปริมาณ มากเกินความต้องการการใช้งานในขณะนั้น หรือผลิตไว้ล่วงหน้าเป็นเวลานาน มาจากแนวความคิดเดิมที่ว่าแต่ละขั้น ตอนจะต้องผลิตงานออกมาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อให้เกิด ต้นทุนต่อหน่วยต่ำสุดในแต่ละครั้งโดยไม่ได้คำนึงถึงว่า จะทำให้งานระหว่างทำ (Work in process, WIP) ในกระบวนการเป็นจำนวนมากและทำให้กระบวนการผลิตขาดความยืดหยุ่น

2) ความสูญเสียเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลัง (Inventory) การซื้อวัสดุคราวละมาก ๆ เพื่อเป็นประกัน ว่าจะมีวัสดุสำหรับผลิตตลอดเวลา หรือเพื่อให้ได้ส่วนลดจากการสั่งซื้อ จะส่งผล ให้วัสดุที่อยู่ในคลังมีปริมาณมากเกินความต้องการใช้งานอยู่เสมอเป็นภาระในการดูแลจัดการและ เกิดของเสียภายในกระบวนการจัดเก็บ

3) ความสูญเปล่าเนื่องจากการขนส่ง (Transportation) คือความสูญเปล่าเนื่องมาจาก การขนย้ายไม่ว่าจะเป็นการขนย้ายระหว่างกระบวนการกับกระบวนการ ชั้นบนชั้นล่าง โรงงาน ก. โรงงาน ข. หรือการขนย้ายไปวางชั่ว คราว ณ ที่ใดที่หนึ่ง รวมไปถึงการขนวางซ้อนเปลี่ยน และ การต้องขนงานขึ้นลงในแนวดิ่งด้วย

4) ความสูญเปล่าเนื่องจากการเคลื่อนไหว คือความสูญเปล่าที่เกิดจากการเคลื่อนไหว หรือการออกแบบสภาพการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น โต๊ะทำงาน หรือวิธีการทำงานก่อนอื่นจะต้องขจัดความสูญเปล่าที่เกิดจากการเคลื่อนไหวอัน ได้แก่การหยิบออกมาวางไว้ก่อนการก้ม การเอียง เช่น การหยิบชิ้นส่วนจากด้านหลังหรือการทำงานโดยใช้มือเพียงข้างเดียว ในสถานประกอบการที่ต้องทำงานแข่งกับเวลาความสูญเปล่าด้านนี้จะสำคัญ มากเช่น โรงงานเย็บเสื้อผ้าโรงงานทำรองเท้าโรงงานทำฟุตบอลเป็นต้น

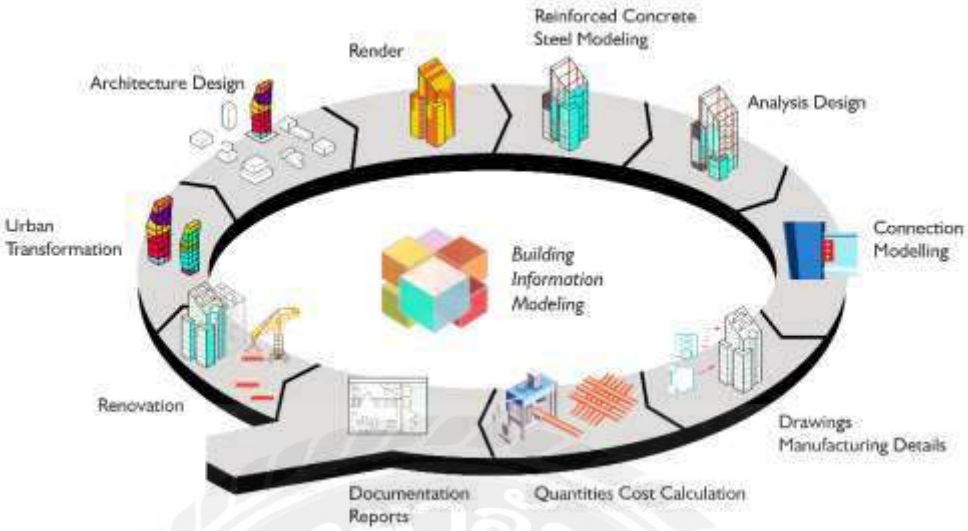
5) ความสูญเปล่าเนื่องจากงานเสีย (Defect) คือความสูญเปล่าที่เกิดจากงานเสียรวม ไปถึงการที่ไม่สามารถแก้ไขงานเสียนั้นได้ทันทีโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ทำการผลิตเป็น Lot ใหญ่ๆนั้น จะมีงานคงค้างสะสมอยู่ระหว่างแต่ละกระบวนการค่อนข้างมากอันมีผลทำให้การตรวจ พบงานเสียนั้นกระทำได้ช้า นอกจากนี้ความสูญเปล่าของงานที่เสียยังรวมไปถึงความสูญเปล่าของ การซ่อมงานในส่วนของสำนักงาน ได้แก่ การพิมพ์รายงานผิดต้องเสียเวลาพิมพ์ใหม่

6) ความสูญเสียเนื่องจากการรอคอย (Delay) การรอคอยเกิดจากการที่เครื่องจักร หรือ พนักงานหยุดการทำงานเพราะต้องรอคอยบางปัจจัยที่จำเป็นต่อการผลิตเช่น การรอวัตถุดิบ การรอคอยเนื่องจากเครื่องจักรขัดข้องการรอคอยเนื่องจากกระบวนการผลิตไม่สมดุลการรอ คอยเนื่องจากการเปลี่ยนรุ่นการผลิต เป็นต้น

7) ความสูญเสียเนื่องจากกระบวนการผลิต (Processing) เกิดจากกระบวนการผลิตที่มี การทำงานซ้ำกันในหลายขั้นตอนซึ่งไม่มีความจำเป็นเพราะงานเหล่านั้น ไม่ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่ม กับผลิตภัณฑ์รวมทั้งงานในกระบวนการผลิตที่ไม่ช่วยให้ตัวผลิตภัณฑ์เกิดความเที่ยงตรงเพิ่มขึ้น หรือคุณภาพดีขึ้น เช่น กระบวนการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นกระบวนการนี้ควรรวมอยู่ในกระบวนการผลิตให้พนักงานหน้างานเป็นผู้ตรวจสอบไปพร้อมกับการทำงาน หรือขณะคอยเครื่องจักรทำงาน

2.1.1.2 Building Information Modeling (BIM)

BIM เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยสร้างแบบจำลองสามมิติของอาคาร ซึ่งสามารถใช้ตรวจสอบความขัดแย้ง (Clash Detection) ของระบบต่าง ๆ ก่อนเริ่มก่อสร้าง Eastman et al. (2011) ระบุว่า BIM ช่วยลดปัญหาการชนกันของระบบท่อและสายไฟในงานปรับอากาศ โดยเฉพาะในอาคารที่มีระบบวิศวกรรมที่ซับซ้อน การศึกษาของ Zhang et al. (2018) ในโครงการก่อสร้างฮ่องกง พบว่า การใช้ BIM ช่วยลดปัญหาการเดินท่อปรับอากาศชนกับระบบอื่น 35% และลดเวลาก่อสร้างลง 15% เนื่องจากสามารถแก้ไขปัญหาในแบบจำลองก่อนลงมือปฏิบัติจริง



ภาพที่ 2.1 Building Information Modeling (BIM)

ที่มา: ideCAD (n.d.)

2.1.2 มาตรฐานการออกแบบและติดตั้ง

การออกแบบและติดตั้งระบบปรับอากาศจำเป็นต้องเป็นไปตามมาตรฐานสากล เพื่อให้ระบบทำงานมีประสิทธิภาพและปลอดภัย มาตรฐานที่สำคัญ ได้แก่ ASHRAE และ SMACNA

2.1.2.1 มาตรฐาน ASHRAE

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) เป็นองค์กรที่กำหนดมาตรฐานการออกแบบระบบปรับอากาศ (Anonymous, 2560) ASHRAE เป็นองค์กรเอกชนระหว่างประเทศที่มีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาระบบทำความร้อน ระบบระบายอากาศ ระบบปรับอากาศ และ ระบบทำความเย็นประกอบอาคาร HVAC(Heating, Ventilation and Air-Conditioning Systems) เพื่อประโยชน์แก่มนุษย์ชาติและเป็นการพัฒนาโลกที่ยั่งยืนผ่านการวิจัยมาตรฐาน สมาคมและสมาชิกมุ่งเน้นไปที่การสร้างระบบที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่มีคุณภาพอากาศภายในอาคารเย็นและความยั่งยืนในอุตสาหกรรม สำหรับกระบวนการและการพัฒนามาตรฐาน ซึ่งกลายเป็นที่รู้จักในภาษาอังกฤษว่า American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers โดยมีมาตรฐานสำคัญ เช่น

- ASHRAE Standard 55 กำหนดเกณฑ์ความสบายทางความร้อน (Thermal Comfort)

- ASHRAE Standard 62.1 กำหนดคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality: IAQ)

2.1.2.2 มาตรฐาน SMACNA

SMACNA (Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association) เป็นสมาคมผู้รับเหมาแผ่นโลหะและเครื่องปรับอากาศแห่งชาติ (SMACNA) เป็นผู้นำในการส่งเสริมคุณภาพและความเป็นเลิศในอุตสาหกรรมแผ่นโลหะและเครื่องปรับอากาศ โดยมีพันธกิจ คือ เพื่อสร้างข้อได้เปรียบในการแข่งขันสำหรับสมาชิก SMACNA ผ่านการศึกษาด้านอุตสาหกรรม ความสัมพันธ์ด้านแรงงาน การพัฒนามาตรฐาน การเป็นตัวแทนในอุตสาหกรรม และการศึกษาด้านธุรกิจ (www.smacna.org.) กำหนดมาตรฐานการออกแบบและติดตั้งระบบท่อลม (Ductwork) ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการกระจายอากาศ

2.1.3 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศตามหลักวิศวกรรม

การติดตั้งเครื่องปรับอากาศตามหลักวิศวกรรม ตามมาตรฐานการติดตั้ง เครื่องปรับอากาศแบบระบบปรับปริมาณสารทำความเย็นอัตโนมัติ VRF ของสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย และสมาพันธ์การปรับอากาศและทำความเย็นไทย (2566) การใช้ "ผังแสดงขั้นตอนการทำงาน" จะช่วยแบ่งกระบวนการติดตั้งออกเป็นขั้นตอนย่อย ทำให้เห็นรายละเอียดและจุดติดขัดได้ชัดเจน จึงช่วยให้ควบคุมและวางแผนงานได้ง่ายขึ้น โดยประโยชน์สำคัญคือช่วยตัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นหรืองานที่ไม่ได้สร้างมูลค่าออกไป ทำให้การทำงานรวดเร็ว ประหยัดเวลา และมีประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่ 2.1 การไหลในกระบวนการติดตั้ง

สัญลักษณ์	ชื่อสัญลักษณ์	ความหมาย	ตัวอย่าง
A	การวางแผน	การกำหนดแผนงาน	แผนและขั้นตอนติดตั้งแต่ละกระบวนการ
B	การปฏิบัติงาน	การสร้างมูลค่าให้กับเนื้องาน	การติดตั้งวัสดุอุปกรณ์
C	การเดินทาง	การเคลื่อนที่	การเดินทางจัดเก็บวัสดุอุปกรณ์, พูดคุยกับลูกค้า
D	การรอคอย	การรอระหว่างปฏิบัติงาน	ของรอคน, คนรอของ
E	การตรวจสอบ	การตรวจจับความผิดพลาด	การตรวจสอบมาตรฐาน
F	การจัดเก็บ	การเก็บวัสดุในสโตร์	การจัดเก็บแบบเป็นหมวดหมู่

2.1.3.1 ขั้นตอนในการสร้างตารางการไหลในกระบวนการติดตั้ง มีดังนี้

1) กำหนดกระบวนการที่จะทำการศึกษาและระบุจุดเริ่มต้นจุดสิ้นสุดของกระบวนการ

2) แบ่งแยกขั้นตอนในกระบวนการออกเป็นกิจกรรมย่อย ๆ ซึ่งในการกำหนดหัวข้อของแต่ละกิจกรรรมควรดูสภาพแวดล้อมจริง ๆ ที่เกิดขึ้น

3) ใช้สัญลักษณ์แทนแต่ละกิจกรรม

4) เขียนแต่ละกิจกรรมลงในตารางการไหลในกระบวนการติดตั้งและกำหนดสัญลักษณ์ในแต่ละขั้นตอน โดยใส่เป็นอักษรในช่องสัญลักษณ์ที่อยู่ในตาราง

5) เมื่อกำหนดสัญลักษณ์ในแต่ละขั้นตอนแล้ว ดูลำดับความต่อเนื่องของแต่ละกิจกรรม

6) ตรวจสอบแต่ละขั้นตอนว่าใช้เวลาไปเท่าไหร่ มีระยะทางการเดินทางเท่าไหร่ ต้องทำการบันทึกค่าไว้ในแต่ละขั้นตอน บางขั้นตอนอาจไม่สามารถบันทึกเรื่องของระยะทางได้ แต่จะต้องรู้เวลาที่ใช้ไปทุกขั้นตอน เพื่อจะได้ขจัดเวลาที่ไม่จำเป็นออก และวางแผนการปรับปรุงต่อไป

7) คำนวณค่าผลรวมของเวลา และระยะทางทั้งหมด แยกตามชนิดของแต่ละกิจกรรม

อุปกรณ์หลักของเครื่องปรับอากาศแบบระบบปรับปริมาณสารทำความเย็นอัตโนมัติ (VRV) คุณลักษณะของเครื่องปรับอากาศแบบระบบปรับปริมาณสารทำความเย็นอัตโนมัติ (Variable Refrigerant Flow Airconditioning System) ที่มาตรฐานนี้อ้างอิง ใช้สารทำความเย็น R410A

1.1) Condensing Unit (CDU) ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ ประกอบทั้งชุดมาจากโรงงานที่ผลิต

- ส่วนโครงภายนอก (Casing, Cabiner)
- คอมเพรสเซอร์ (Compressor)
- แผงคอยล์ร้อน (Condenser)
- แผงคอยล์ร้อน (Condenser)
- พัดลมระบายความร้อน (Condensing Fan)
- อุปกรณ์ระบบไฟฟ้า (Electric Control)
- อุปกรณ์แยกน้ำมันหล่อลื่น (Oil Separator)
- อุปกรณ์ลดแรงดันสารทำความเย็นเป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Expansion)
- ถังเก็บสารทำความเย็น (Accumulator)

1.2) Fan Coil Unit (FCU) ประกอบเรียบร้อยจากโรงงานที่ผลิต

- ส่วนโครงภายนอก (Casing, Cabiner)
- พัดลมส่งลมเย็น (Motor Blower)
- แผงคอยล์เย็น (Evaporator)
- อุปกรณ์ลดแรงดันสารทำความเย็นเป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Expansion)
- ระบบควบคุม (Electric Control)
- แผ่นกรองอากาศ (Air Filter)

1.3) อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

- ท่อทองแดง Type-L
- ฉนวนยางหุ้มท่อน้ำยา
- สายไฟ
- เบรกเกอร์
- Hanger Support

2.1.3.2 การวางแผนขั้นตอนการดำเนินงานการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

การติดตั้ง Condensing Unit (CDU)

1) ตำแหน่งที่ติดตั้งต้องแข็งแรง รองรับน้ำหนักและแรงสั่นสะเทือนจากการทำงานได้ การยึดและการแขวนแต่ละวิธีการ ต้องใช้พุกและสกรูให้ถูกต้องกับสิ่งที่ยึด เครื่องต้องตั้งอยู่บนโครงสร้างที่แข็งแรงโดยมีวัสดุรองรับการสั่นตามมาตรฐานของผู้ผลิต

2) ตัวเครื่องชนิดเป่าลมขึ้นจะต้องวางตั้งตรง ไม่เอียง และต้องมีระยะห่างโดยรอบชุด Condensing Unit (CDU) ไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร เพื่อการซ่อมบำรุง และต้องมีระยะด้านหน้าเครื่องไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร โดยระยะห่างระหว่างโมดูลในวงจรเดียวกันต้องมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 2 เซนติเมตร และไม่ตำกว่าคำแนะนำของผู้ผลิต

3) ตัวเครื่องชนิดเป่าลมออกด้านหน้าจะต้องวางตั้งตรง ไม่เอียง และต้องมีระยะห่างด้านดูดลมกับผนังทึบ ไม่น้อยกว่า 20 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างตัวเครื่องอย่างน้อย 1.2 เมตร

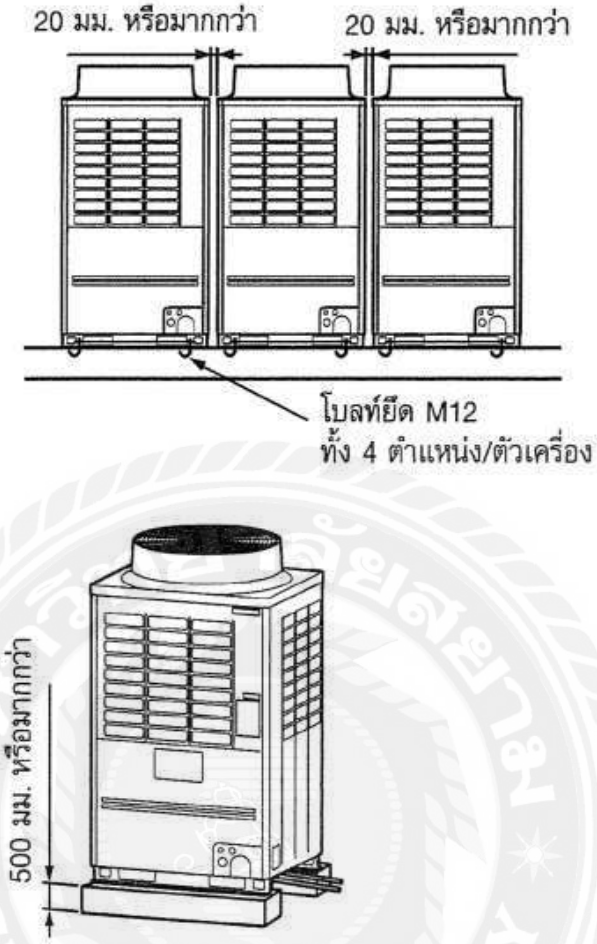
4) ตำแหน่งติดตั้งสามารถดูดลมจากบรรยากาศภายนอกเข้าเครื่องเพื่อระบายความร้อนและเป่าอากาศร้อนออกได้สะดวกโดยไม่มีสิ่งกรีดขวางกระแสลมซึ่งทำให้การระบายความร้อนได้ไม่ดีและมีโอกาศที่ลมร้อนไหลย้อนกลับสู่เครื่องได้อีก

5) การติดตั้งเครื่องหลายเครื่อง ต้องไม่ระบายความร้อนสู่กันและกัน และต้องพิจารณาสถานที่ติดตั้งให้เครื่องสามารถดูดลมจากอากาศภายนอกเข้าระบายที่เครื่องได้โดยไม่มีลมร้อนย้อนกลับมาด้วย

6) ตำแหน่งที่ติดตั้ง Condensing Unit (CDU) ต้องไม่ก่อให้เกิดเสียงดัง รวมถึงกระแสลมร้อนที่ระบายต้องไม่รบกวนบริเวณพื้นที่ใช้งานข้างเคียง

7) เมื่อติดตั้ง Condensing Unit (CDU) แล้วเสร็จควรคลุมพลาสติกเพื่อป้องกันฝุ่นเข้าในตัวเครื่องแต่ต้องระวังพลาสติกละลายติดกับตัวเครื่องถ้าถูกแสงแดดเป็นเวลานาน โดยสามารถใช้สแลนคลุมแทนเพื่อการแก้ปัญหา

8) ก่อนการทดสอบการใช้งานเครื่องปรับอากาศ ผู้ติดตั้งควรทำความสะอาดตัวเครื่อง Condensing Unit (CDU) ให้เรียบร้อย

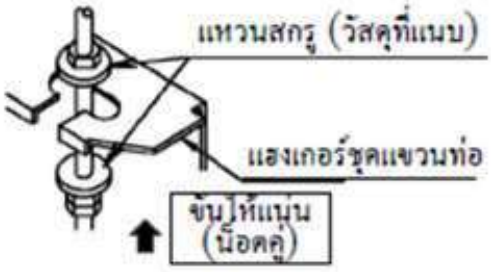


ภาพที่ 2.2 การติดตั้ง Condensing Unit (CDU)

2.1.3.3 การติดตั้ง Fan Coil Unit (FCU)

ตำแหน่งที่ติดตั้งต้องแข็งแรงรองรับน้ำหนักและแรงสั่นสะเทือนจากการทำงานได้

1) การแขวน Fan Coil Unit (FCU) แต่ละชนิด ต้องยึดด้วยพุกและสกรูให้ถูกต้อง (ควรใช้แหวนล็อคหรือแหวนสปริงและน็อตที่บนและปลายล่างของสกรู) และมีขนาดที่รองรับน้ำหนักได้



ภาพที่ 2.3 การแขวน Fan Coil Unit (FCU)

2) ต้องมีระยะห่างจากสิ่งต่าง ๆ ไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในคู่มือการติดตั้ง หรือต้องสามารถเข้าซ่อมบำรุง บำรุงรักษา เปลี่ยนเครื่อง หรืออุปกรณ์ได้โดยสะดวกไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่วัสดุสิ่งของใต้เครื่องหรือบริเวณใกล้เคียง

3) กรณีที่ใช้ Fan Coil Unit (FCU) ชนิดต่อท่อลมต้องตรวจสอบความดันสถิติภายนอก (External Static Pressure) ของ Fan Coil Unit (FCU) ว่าเหมาะสมกับท่อลมนั้น ๆ และการติดตั้งให้อิงมาตรฐานการติดตั้งท่อลม

4) กรณี Fan Coil Unit (FCU) เป็นแบบฝังฝ้า (Cassette Type) ไม่ควรติดตั้งในห้องที่มีฝ้าสูงไม่เกิน 4 เมตร

5) เมื่อติดตั้ง Fan Coil Unit (FCU) แล้วเสร็จ ควรคลุมพลาสติกเพื่อป้องกันฝุ่นเข้าในตัวเครื่อง

6) ก่อนการทดสอบการใช้งานเครื่องปรับอากาศ ผู้ติดตั้งควรทำความสะอาดตัวเครื่อง Fan Coil Unit (FCU) ให้เรียบร้อย

2.1.3.4 การติดตั้งท่อสารทำความเย็น

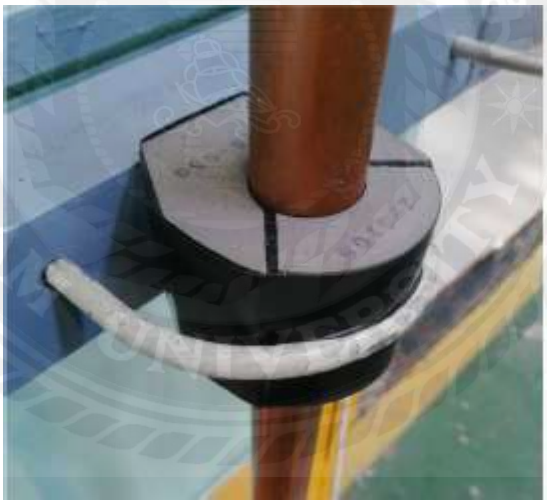
การต่อท่อเข้ากับ Fan Coil Unit (FCU) Condensing Unit (CDU) และอุปกรณ์อื่น ๆ ให้ต่อแบบแฟลร์ หรือแบบเชื่อมตามที่ผู้ผลิตกำหนดท่อสารทำความเย็นทั้งหมดจะต้องติดตั้งอยู่บนอุปกรณ์รองรับ (Support, Hanger) โดยระยะห่างของจุดที่แขวนไม่มากกว่าที่ระบุไว้ในตาราง

ตารางที่ 2.2 ระยะห่างของการติดตั้งท่อสารทำความเย็นแบบแฟลร์ (Flare Nut) ระหว่าง FCU และ CDU

Max. Span M (ft)	**1.52 (5)**	**1.83 (6)**	**2.13 (7)**	**2.44 (8)**	**2.74 (9)**	**3.05 (10)**	**3.53 (11)**	**3.66 (12)**	**3.96 (13)**	**4.27 (14)**
Nominal Size (OD) Inch (mm)	5/8 (15.88)	7/8 (22.23)	11/8 (25.58)	13/8 (34.93)	15/8 (41.28)	21/8 (53.98)	25/8 (66.68)	31/8 (79.38)	35/8 (92.08)	41/8 (104.78)

การยึดท่อเข้ากับ Support, Hanger แยกเป็นสองกรณี ดังนี้

1) จับยึดท่อแนวดิ่ง ให้ใช้ยางแข็งหุ้มท่อ (Rigid Rubber Support) รัดด้วย U-bolt เข้ากับ Support เพื่อให้สามารถรับน้ำหนักในแนวดิ่งได้ ป้องกันมิให้ท่อในแนวดิ่งลื่นไถลลง ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบได้



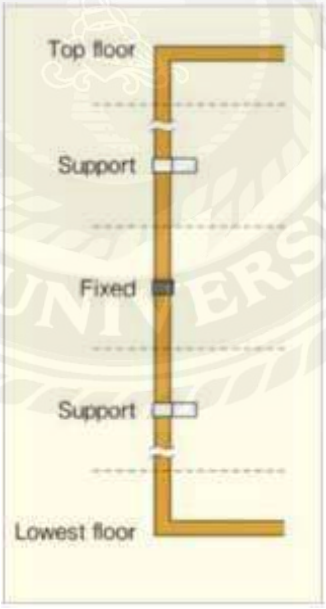
ภาพที่ 2.4 การยึดท่อแนวดิ่งที่ยังไม่ได้หุ้มฉนวนโดยใช้ยางแข็งหุ้มท่อ

2) การจับยึดแนวท่อให้ใช้อุปกรณ์จับพิเศษโดยมีขอบที่ท่อทองแดง เพื่อให้ อุปกรณ์จับยึดท่อได้อย่างแข็งแรง และต้องเป็นท่อทองแดงคนละส่วนกับท่อทองแดงเพื่อป้องกันการกัดกร่อนแบบกัลวานิก (Galvanic Corrosion) ที่เกิดขึ้นที่ตัวท่อทองแดง



ภาพที่ 2.5 การยึดท่อแนวดิ่งที่ยังไม่ได้หุ้มฉนวนโดยใช้อุปกรณ์จับพิเศษ

ในการจับยึดท่อแนวดิ่ง จะต้องทำการยึด Support ถาวรที่บริเวณกึ่งกลางของความยาวท่อแนวดิ่ง โดยที่ท่อ ส่วนอื่นให้มีอุปกรณ์จับยึดที่ช่วยรักษาแนวท่อขณะที่ท่อยืดหรือหดตัว เพื่อป้องกันท่อหดตัวจากอุณหภูมิของสารทำความเย็น



ภาพที่ 2.6 การยึดท่อแนวดิ่งตลอดแนวดิ่ง

2.1.3.5 การเตรียมท่อสารทำความเย็นการทำความสะอาดภายในท่อ

2.1.3.5.1 การทำความสะอาดภายในท่อทองแดงที่เลือกใช้หากเป็นท่อม้วนจะถูกปิดปลาย และภายในท่อค่อนข้างสะอาดอยู่แล้วหากเป็นท่อแข็ง การทำความ สะอาด

แนะนำให้ใช้สารทำความเย็นอะซิโตน (Acetone) ชุบผ้าสะอาดที่ไม่ มีขนหรือเศษใยผูกกับลวดแล้วชักจนท่อสะอาดหรืออาจใช้ฟองน้ำชุบสารทำความเย็นอะซิโตน (Acetone) แล้วใช้แรงดันแก๊สไนโตรเจนดันจากปลายข้างหนึ่งไปออกอีกข้างหนึ่งทำจนสะอาด

2.1.3.5.1.1 ปิดปลายท่อทุกครั้งเมื่อททำความสะอาดท่อเสร็จแล้วเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกและควรเก็บให้สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 30 ซม.

2.1.3.5.1.2 การตัดท่อควรใช้ Cutter ตัดท่อเท่านั้นและใช้ Reamer ลบคม

2.1.3.5.1.3 ให้ใช้เครื่องมือดัดท่อเท่านั้นห้ามใช้มือดัดหรือใช้เครื่องมือผิดประเภท

2.1.3.5.1.4 การเบ่งขยายท่อต้องให้เครื่องมือเบ่งขยายที่ถูกต้องและขนาดที่ถูกต้องเท่านั้น

2.1.3.5.2 การบานแฟร์ ต้องใช้เครื่องมือบานแฟร์ที่ถูกต้อง และทำตามวิธีใช้งานของเครื่องมือนั้น ๆ

2.1.3.5.3 การเชื่อมท่อสารทำความเย็นต้องใช้ไนโตรเจนบริสุทธิ์แรงดัน 2.8-10 ปอนด์ต่อตารางนิ้วผ่านท่อเพื่อไม่ให้เกิดเขม่า

2.1.3.5.4 การทดสอบรอยรั่วของสารทำความเย็น

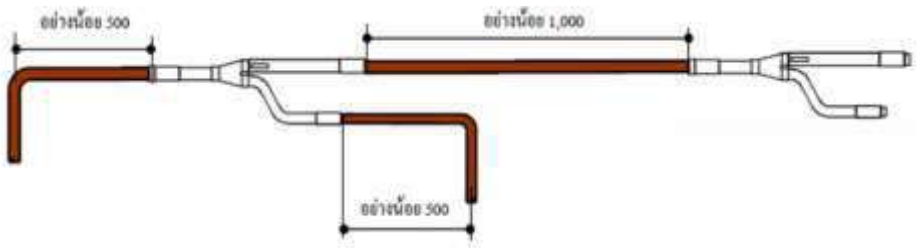
2.1.3.5.4.1 การทดสอบรอยรั่วเฉพาะระบบท่อไม่รวม Fan Coil Unit / Condensing Unit (CDU) ด้วยการทดสอบความดันด้วยการอัดแก๊สไนโตรเจนให้มีความดัน 1.5 เท่าของความดันใช้งานด้านสูง (500-600 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (PSIG) สำหรับ R410A) เวลาไม่น้อยกว่า 24 ชม.

2.1.3.5.4.2 การทดสอบรั่วรวมทั้งระบบท่อร่วมกับ Fan Coil Unit (FCU) ทดสอบความดันด้วยแก๊สไนโตรเจนที่ความดันใช้งานด้านสูง (400-500ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว (PSIG) สำหรับ R410A) เวลาไม่น้อยกว่า 24 ชม.

2.1.3.5.4.3 ภายหลังการเชื่อมท่อสารทำความเย็นแล้วเสร็จไม่ควรลดอุณหภูมิบริเวณที่ทำการเชื่อมบัดกรีอย่างรวดเร็ว โดยการใช้ผ้าชุบน้ำเช็ดหรือใช้น้ำราดเพราะจะทำให้ท่อแตกร้าว เมื่อใช้งานไประยะหนึ่ง

2.1.3.6 การติดตั้งข้องอและท่อแยก

การติดตั้งข้องอกับท่อแยกต้องมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 500 มม. โดยลักษณะของท่อแยกให้เป็นไปตามคำแนะนำของผู้ผลิต เนื่องจากมีลักษณะแตกต่างกันตามผู้ผลิต



ภาพที่ 2.7 การติดตั้งท่อแยกกับท่อแยกต้องมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 1000 มม.

1) การติดตั้งท่อแยกกับท่อแยกต้องมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 1000 มม.

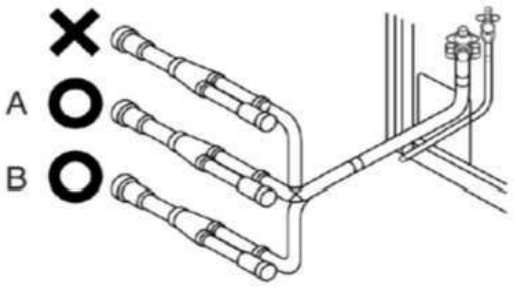


2) การติดตั้งท่อแยกในแนวดิ่งต้องติดตั้งในแนวตั้งฉากกับพื้น



ภาพที่ 2.8 การติดตั้งท่อแยกในแนวดิ่งตั้งฉากกับพื้น

3) การติดตั้งท่อแยกของ Condensing Unit (CDU) ต้องมีระดับต่ำกว่าเซอร์วิสวาล์ว Condensing Unit (CDU) เนื่องจากเป็นการป้องกันน้ำมันหล่อลื่นคงค้างอยู่ในท่อ และอาจทำให้เครื่องขาดน้ำมันได้



ภาพที่ 2.9 การติดตั้งท่อแยกของ Condensing Unit (CDU)

2.1.3.7 การทำสุญญากาศ

1) เมื่อทำการต้อเชื่อมท่อเข้ากับเครื่องส่งลมเย็นและชุดเครื่อง Condensing Unit แล้วเสร็จครบถ้วนสมบูรณ์ ให้ทำการตรวจสอบรอยรั่วบริเวณรอยเชื่อมท่อกับข้อต่อต่าง ๆ ตามขั้นตอนการหารอยรั่ว เมื่อแน่ใจว่าไม่พบรอยรั่วให้ดำเนินการทำสุญญากาศที่ระบบ(ระบบท่อที่ต่อเชื่อมกับเครื่องส่งลมเย็น) เพื่อดูดก๊าซและความชื้นที่ อยู่ในระบบออกด้วยเครื่องทำสุญญากาศแบบสองขั้น (2 - Stage Vacuum Pump)

2) กรณีชุดเครื่อง Condensing Unit ที่บรรจุสารทำความเย็นจากโรงงานที่ผลิต ในขณะที่ทำสุญญากาศให้ทำการตรวจสอบว่าวาล์วที่ทางส่งและทางดูดของ Condensing Unit ต้องอยู่ในตำแหน่งปิด จากนั้นทำการต่อปั๊มสุญญากาศเข้ากับระบบท่อสารทำความเย็นที่ต่อกับเครื่องส่งลมเย็น เมื่อติดตั้งแล้วเสร็จให้เดินเครื่องทำสุญญากาศจนกระทั่งความดันในระบบลดลงมาที่ -29.90 นิ้วปรอท (in. Hg) (500ไมครอน (micron) ให้เดินเครื่องทำสุญญากาศต่อไปอีกประมาณ 20 นาที สังเกตว่ามาตรวัดสุญญากาศมีค่าคงที่ จึงทำการหยุดเดินเครื่อง และสังเกตค่าความเป็นสุญญากาศจากมาตรวัดที่ใช้วัดสุญญากาศ ต้องเป็นมาตรวัดชนิดที่ใช้วัดค่าสุญญากาศ (แวกคัมเกจ, vacuum gauge) ไม่ควรนำมาตรวัดที่ใช้ในงานปรับอากาศที่เรียกว่า แมนิโฟลด์เกจ (manifold gauge) มาใช้ในการวัดเนื่องจากมาตรวัดแบบนี้มีค่าความละเอียดต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับ แวกคัมเกจ แสดงในภาพ



ภาพที่ 2.10 แวคคัมเกจที่สามารถวัดได้ถึง -30 นิ้วปรอท



ภาพที่ 2.11 แมนนิโฟลเกจที่สามารถวัดได้ถึง -30 นิ้วปรอท

3) กรณีเครื่องที่ไม่ได้เติมสารทำความเย็นไว้ หรือเมื่อเครื่อง มีการซ่อมบำรุง ให้ทำให้ความดันภายใน ระบบลดลงเหลือเท่ากับบรรยากาศก่อนการเริ่มทำงาน ก่อนทำสุญญากาศต้องให้แน่ใจว่าวาล์วทุกตัวของระบบ อยู่ในตำแหน่งเปิดสุด ไม่มีส่วนใดถูกปิดแยกหรือกักก๊าซไว้ ต่อจากนั้นทำการเดินเครื่องปั๊มสุญญากาศจนเหลือความดันภายในระบบ -29.90 นิ้วปรอท (500 Micron)

4) เมื่อทำสุญญากาศจนความดันภายในระบบได้ถึง -29.90 นิ้วปรอท (500 Micron) ให้ปิดวาล์วเครื่องปั๊มสุญญากาศ เมื่อปั๊มหยุดการทำงานปั๊มสุญญากาศ แล้วให้ทิ้งไว้เป็นเวลาตามที่ระบุในตารางด้านล่าง โดยเมื่อทำสุญญากาศและทิ้งไว้เป็นเวลาที่กำหนดแล้ว ความดันภายในระบบที่อ่านจากแวคคัมเกจ จะต้องเพิ่มขึ้นไม่เกิน 29.86 (1500 Micron) ก็สิ้นสุดการทำสุญญากาศ แต่ถ้าหากอ่านค่าได้เกิน 1500 Micron แสดงว่ามีจุดรั่วของ ระบบ ให้ตรวจสอบหารอยรั่ว

5) การตรวจสอบเพื่อหารอยรั่วในระบบอาจ ใช้วิธีเพิ่มความดันในระบบให้สูงกว่าบรรยากาศซึ่งสามารถทำได้โดยใช้ก๊าซไนโตรเจนอัดเข้าในระบบ โดยปรับผ่านวาล์วควบคุม (Pressure Regulator) ให้ได้ความดัน ประมาณ 150 psig หรือมากกว่าขึ้นอยู่กับรอยรั่วของระบบ โดยจะต้องติดตั้งวาล์วระบายเมื่อความดันสูงเกิน โดยตั้งให้ระบายแก๊สออกที่ความดันไม่มากกว่าความดันสูงสุดที่คอยล์หรือระบบรับได้ เพื่อป้องกันอันตรายเนื่องจากความดันเข้าในระบบสูงเกิน เนื่องจากความดันของก๊าซในถังสูงมาก หลังจากนั้น ใช้ น้ำสบู่หรือน้ำยาล้างจานหรือสารหารั่วอื่น ๆ ที่ไม่เป็นอันตรายต่อท่อที่ทำให้เกิดฟอง (Soap Solutions) และตรวจสอบตามข้อต่อหรือรอยเชื่อมต่าง ๆ ถ้ามีรอยรั่วจะทำให้สบู่เกิดฟอง เมื่อพบรอยรั่ว ให้แก้ไขรอยรั่วทั้งหมด แล้วการทำสุญญากาศอีกรอบจนเครื่องสามารถรักษาความดันคงที่ได้ถึง -29.90 นิ้วปรอท เป็นอันเสร็จสิ้นการทำสุญญากาศ

6) หากการทำสุญญากาศยังไม่สำเร็จคือไม่สามารถรักษาความดันภายในระบบให้คงที่ได้ถึง -29.90 นิ้ว ปรอท ทั้งที่ไม่มีรอยรั่วแล้วอาจเป็นเพราะในระบบมีความชื้นสูง ควรทำการอบหรือให้ความร้อนกับระบบโดย ใช้เครื่องเป่าลมร้อน หลอดไฟ หรือขดลวดความร้อนช่วยเพิ่มอุณหภูมิภายในระบบ เพื่อช่วยไล่ความชื้นที่เป็น หยดน้ำภายในระบบ แต่ห้ามใช้เปลวไฟจากหัวเชื่อมเป็นตัวช่วยเพิ่มอุณหภูมิ แล้วทำสุญญากาศอีกจนความดัน ภายในระบบคงที่ได้ถึง -29.90 นิ้วปรอท

ตารางที่ 2.3 ระยะเวลาในการทำสุญญากาศของระบบ

ความยาวท่อ m (ft)	**ขนาดท่อ Nominal Pipe Size mm. (inches)**	**ระยะเวลาทดสอบขั้นต่ำ (ชั่วโมง)**
ไม่เกิน 30 (100’)	ไม่เกิน 20 (3/4")	1
	20 – 75 (3/4"-3")	8
	มากกว่า 75 (3")	24
30 – 61 (100’-200’)	ไม่เกิน 75 (3")	8
	มากกว่า 75 (3")	24
มากกว่า 61 (200’)	ทุกขนาด	24

ตารางที่ 2.4 ความดันในการทำสุญญากาศ

% Vacuum	Torr (mm/Mercury)	Micron	Psia, (lb/in^2 abs)	Inches (Mercury abs)	Inches (Mercury Gauge) ติดลบ	kPa abs
0	760	760,000	14.7	29.92	0	101.4
1.3	750	750,000	14.5	29.5	0.42	99.9
1.9	735.6	735,600	14.2	28.9	1.02	97.7
7.9	700	700,000	13.5	27.6	2.32	93.5
21	600	600,000	11.6	23.6	6.32	79.9
34	500	500,000	9.7	19.7	10.22	66.7
47	400	400,000	7.7	15.7	14.22	53.2
50	380	380,000	7.3	15	14.92	50.8
61	300	300,000	5.8	11.8	18.12	40
74	200	200,000	3.9	7.85	22.07	26.6
87	100	100,000	1.93	3.94	25.58	13.3
88	90	90,000	1.74	3.54	26.38	12
89.5	80	80,000	1.55	3.15	26.77	10.7
90.8	70	70,000	1.35	2.76	27.16	9.3
92.1	60	60,000	1.16	2.36	27.56	8
93	51.7	51,7000	1	2.03	27.89	6.9
93.5	50	50,000	0.97	1.97	27.95	6.7
94.8	40	40,000	0.77	1.57	28.35	5.3
96.1	30	30,000	0.58	1.18	28.74	4
96.6	25.4	25,400	0.49	1	28.92	3.4
97.4	20	20,000	0.39	0.785	29.14	2.7
98.7	10	10,000	0.193	0.394	29.53	1.3
99	7.6	7,600	0.147	0.299	29.62	1
99.87	1	1,000	0.01934	0.03937	29.88	0.13
99.9	0.75	750	0.0145	0.0295	29.89	0.1
99.99	0.1	100	0.00193	0.00394	29.916	0.013
99.999	0.01	10	0.000193	0.000394	29.9196	0.0013
100	0	0	0	0	29.92	0

2.1.3.8 การเติมสารทำความเย็น

วิธีการคำนวณหาปริมาณสารทำความเย็นที่ต้องเติมเพิ่ม (ไม่รวมสารทำความเย็นที่บรรจุมาในชุดระบายความร้อนมาจากโรงงาน)

1) วัดระยะความยาวของท่อในระบบสารทำความเย็นนั้น ๆ โดยวัดเฉพาะท่อสาร ทำความเย็นด้านของเหลวเท่านั้น ตั้งแต่ Fan Coil Unit (FCU) ถึง Condensing Unit (CDU) ตัวว่ามีขนาดท่อด้านของเหลวกี่ขนาด และแต่ละขนาดเดินท่อไปเป็นระยะกี่เมตรในระบบนั้น ๆ

2) ระยะท่อและผลการคำนวณปริมาณสารทำความเย็นที่ต้องเติมเพิ่มให้จัดเก็บไว้ที่แบบฟอร์มที่ติดไปกับตัวเครื่อง Condensing Unit (CDU)

ตารางที่ 2.5 การคำนวณปริมาณสารทำความเย็นที่จะเติมเพิ่ม

ขนาดท่อด้านของเหลว (OD) (นิ้ว)	ปริมาณสารที่ทำความเย็นต่อ 1 เมตร (กิโลกรัม/เมตร)	ความยาวท่อด้านของเหลว (เมตร)	รวม (กิโลกรัม)
ตัวอย่าง เช่น... Ø1-1/8"	0.68	22.0	14.96
Ø7/8"	0.36	12.0	4.32
Ø3/4"	0.26	18.0	4.68
Ø5/8"	0.14	30.0	4.2
Ø1/2"	0.11	12.0	1.32
Ø3/8"	0.057	72.0	4.10
Ø1/4"	0.022	42.0	0.92
รวมปริมาณสารทำความเย็นทั้งหมดที่ต้องเติมเพิ่ม		**208.0**	**34.50**

ข้อมูลในตาราง เป็นเพียงการประมาณการเท่านั้น ควรตรวจสอบปริมาณสารทำความเย็นที่ถูกต้องจากผู้ผลิตอีกครั้ง

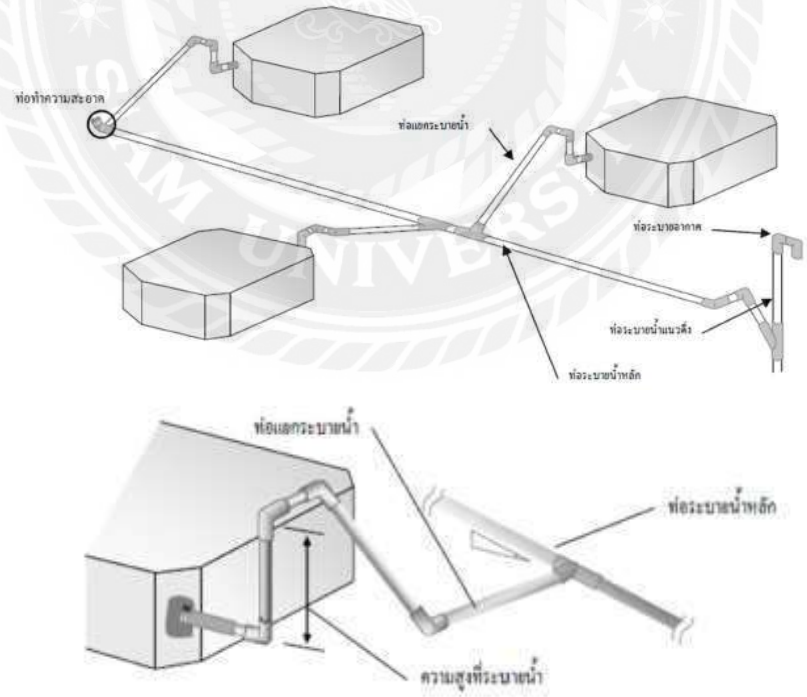
3) วิธีชั่งน้ำหนักเป็นวิธีที่สามารถทำได้ง่าย โดยการคำนวณปริมาณสารทำความเย็นที่จะต้องเติม และเติมเพิ่มโดยการชั่งน้ำหนักตามจำนวนที่คำนวณไว้ตามที่ผู้ผลิตเครื่องแนะนำ

4) วิธีการเติมสารทำความเย็น ให้เติมสารทำความเย็น 70% ของปริมาณสารทำความเย็นที่คำนวณได้จากนั้นเปิดเครื่อง เข้าสู่รูปแบบการทำงาน ทดสอบการทำงาน (Test run mode) เพื่อดูค่าการทำงานของระบบสารทำความเย็นโดยรวมแล้วค่อย ๆ เติมสารทำความเย็นเพิ่มเข้าไป โดยเครื่องที่ใช้สารทำความเย็น R-410A ต้องเติมสารทำความเย็นในสถานะของเหลวเท่านั้น จนกระทั่งได้ปริมาณสารทำความเย็นที่เหมาะสม ซึ่งอ้างอิงจากค่าพารามิเตอร์จากรูปแบบการทำงานการทดสอบการทำงานของเครื่อง โดยค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เหมาะสมต้องได้รับการแนะนำจากผู้ผลิตเท่านั้น

2.1.3.9 การติดตั้งท่อระบายน้ำทิ้ง

1) ความลาดเอียงของท่อน้ำทิ้งไม่น้อยกว่า 1:100 สำหรับ Fan Coil Unit (FCU)

2) กรณีติดตั้งร่วมกับท่อน้ำทิ้งหลักมากกว่าหนึ่งเครื่องแนะนำให้ติดตั้งท่อระบายอากาศ (Air vent) ในจุดที่สูงที่สุดของท่อน้ำทิ้งหลักทั้งแนวนอนและแนวดิ่ง



ภาพที่ 2.12 การติดตั้งท่อน้ำทิ้ง

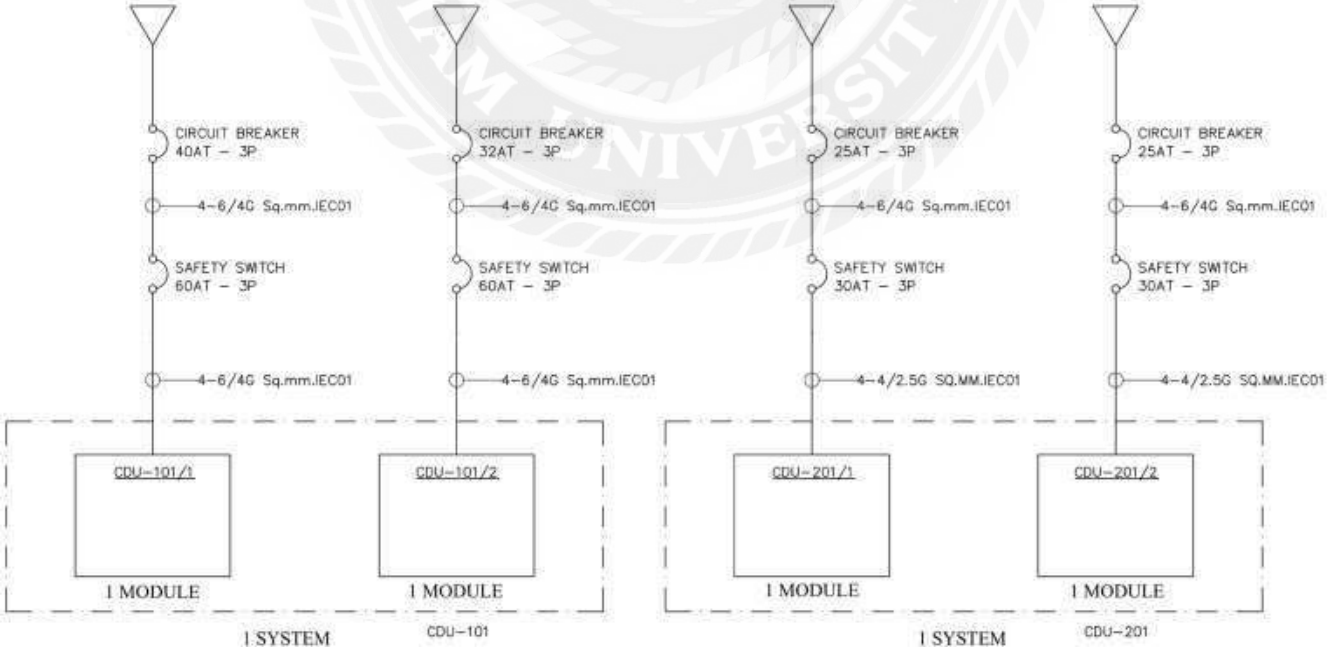
3) การต่อท่อน้ำทิ้งจาก Fan Coil Unit (FCU) เข้ากับท่อน้ำทิ้งหลักต้องมีระดับสูงกว่าท่อน้ำทิ้งหลักเพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับ

4) ต้องติดตั้งท่อดักกลิ่น (Trap) ที่ปลายท่อน้ำทิ้งหลักก่อนทิ้งออกนอกอาคาร เพื่อป้องกันกลิ่นจากภายนอก

5) การติดตั้ง Support ท่อน้ำทิ้งควรมีระยะไม่เกิน 1.2 เมตร ไม่ควรติดตั้ง Support ท่อน้ำทิ้งรวมกับ Support ท่อสารทำความเย็น เพื่อให้ง่ายต่อการปรับระดับความลาดเอียง ยกเว้นในกรณีที่ติดตั้งท่อน้ำทิ้งรวมกับท่อสารทำความเย็นจะต้องให้ท่อน้ำทิ้งสามารถปรับระดับความลาดได้อย่างอิสระจากท่อสารทำความเย็น

2.1.3.10 ระบบไฟฟ้า

การจ่ายไฟฟ้าให้กับชุดระบายความร้อนให้ทำการจ่ายแยกตามโมดูลหรือตามที่ผู้ผลิตแนะนำโดยให้มีอุปกรณ์ตัดตอนไฟฟ้า (Disconnecting Switch) ชนิดไม่มีฟิวส์ (Non Fuse) เพื่อตัดระบบไฟฟ้าที่ชุดระบายความร้อนเพื่อทำการซ่อมบำรุงหรือเข้าบริการชุดระบายความมร้อน โดยการแบ่งขอบเขตงานให้ทำการตกลงกับผู้รับจ่างติดตั้งระบบไฟฟ้า



ภาพที่ 2.13 แผนภาพทางไฟฟ้าสำหรับเครื่องระบายความร้อนแบบแยกตามโมดูล

บริภัณฑ์ไฟฟ้า และการติดตั้งงานระบบไฟฟ้า ให้เป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย วสท.022001-22 หรือปีล่าสุดหรือตามที่ผู้ผลิตแนะนำแต่ต้องไม่น้อยกว่าที่ วสท. ระบุ ในกรณีที่มาตรฐานดังกล่าวมิได้ระบุไว้ ให้ใช้มาตรฐานอื่นใดที่เทียบเคียงได้

2.1.3.11 สายไฟฟ้ากำลัง

1) ขนาดของสายไฟฟ้ากำลังต้องสามารถทนกระแสไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 125% ของกระแสไฟฟ้าใช้งานเต็มที่ของเครื่องปรับอากาศ และสามารถทนกระแสได้ ไม่น้อยกว่าขนาดกระแสที่เซอร์กิตเบรกเกอร์ใช้สูงสุด โดยกำหนดให้ขนาดตัวนำของสายไฟสำหรับ Condensing Unit (CDU) ไม่น้อยกว่า 4 ตร.มม. และสำหรับ Fan Coil Unit (FCU) ไม่ควรน้อยกว่า 2.5 ตร.มม.

2) สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี (THW) ที่ผลิตตามมอก.11-2553 ขนาดของสายไฟฟ้าต้องเป็นไปตามที่กำหนด

3) การต่อสายไฟการต่อสายไฟฟ้าให้ทำได้เฉพาะในกล่องต่อสาย, กล่องสวิตซ์ และภายในเครื่องปรับอากาศสายไฟฟ้าที่มีขนาดไม่เกิน 6 ตารางมิลลิเมตร ให้ใช้ขั้วต่อสายแบบเกลียวหรือใช้เครื่องมือกลบีบ และสายไฟฟ้าที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ตารางมิลลิเมตร ให้ใช้ขั้วต่อสายแบบใช้เครื่องมือกลบีบ

4) การเดินสายไฟฟ้าให้เลือกใช้วิธีที่เหมาะสมกับสถานที่ที่ติดตั้งและเป็นไปตามมาตรฐานข้างต้น เช่นการเดินสายบนผิวหรือเดินสายเกาะผนังการเดินสายในท่อร้อยสาย การเดินสายในรางเดินสายและการเดินสายในรางเคเบิ้ล

5) สายสัญญาณ (Signal Cable) และสายควบคุม (Control Cable) ประเภทและขนาดให้เป็นไปตามมาตรฐานผู้ผลิต

6) เซอร์กิตเบรกเกอร์ในแผงสวิตซ์ (Switch Board) และแผงย่อย(Panel Board) สำหรับป้องกันกระแสลัดวงจรและป้องกันการรั่วลงดิน

7) การต่อลงดินส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งและไม่เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้ารวมถึงโครงสร้างโลหะที่ใช้ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ต้องต่อลงดินและขนาดสายดินต้องไม่เล็กกว่าที่ได้กำหนดไว้ในตารางที่ 4-2 ในวสท. 022001-22

8) ตารางของงานระบบไฟฟ้าใดๆ ที่ไม่มีปรากฏอยู่ในมาตราฐานฉบับนี้ สามารถดูเพิ่มเติมได้ในมาตราฐานการติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 วสท.2001-2556.

2.1.3.12 การทาสี

วัสดุอุปกรณ์ที่เป็นเหล็กทั้งหมดต้องทาสีกันสนิม 2 ชั้น (การทาสีรองพื้น 1 ชั้น และทาทับหน้าอีก 1 ชั้น) เป็นไปตาม**หลักการป้องกันการกัดกร่อน (Corrosion Protection)** ซึ่งเป็นการป้องกันโลหะไม่ให้เกิดการเสื่อมสภาพเมื่อสัมผัสกับปัจจัยภายนอก เช่น ออกซิเจน ความชื้น สารเคมี หรือสภาพแวดล้อมอื่น ๆ การทาสีกันสนิมเป็นหนึ่งในวิธีการป้องกันการกัดกร่อนแบบ **การใช้สารเคลือบ (Coating)** (Nazari et al., 2022) และทาสีเพิ่มเติมเพื่อความสวยงาม

2.1.3.13 การทดสอบ

การทดสอบให้กระทำโดยการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ทางด้านวิศวกรรมที่สำคัญ ๆ ได้แก่

- ความดันของสารทำความเย็น
- กระแสไฟฟ้าที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์และมอเตอร์ทุกตัว
- อุณหภูมิอากาศในห้องปรับอากาศ
- อุณหภูมิอากาศที่ออกจากคอยล์เย็น
-. อุณหภูมิอากาศภายนอก
- อุณหภูมิอากาศที่เข้าและออกจากหน่วยควบแน่น
- การทำงานของสวิตช์ควบคุมต่าง ๆ
- การทดสอบการไหลของน้ำทิ้ง
- ปริมาณลมของเครื่องเป่าลมเย็น

โดยผู้ติดตั้งจะต้องดำเนินการทดสอบดังกล่าวและลงนามกำกับใน Data sheets

2.1.3.14 ระบบควบคุม

การติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิสำหรับเครื่องปรับอากาศ ควรติดตั้งและใช้งานให้เหมาะสมตามข้อแนะนำของผู้ผลิตหรือตามมาตรฐานหรือข้อกำหนดของอุปกรณ์ที่ระบุไว้

การเดินสายไฟฟ้า สำหรับอุปกรณ์ควบคุม

1) การเดินสายไฟฟ้า สำหรับอุปกรณ์ควบคุม สายไฟฟ้าควบคุม ต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 1 ตารางมิลลิเมตรหรือชนิดและขนาดของสายตามที่ผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศกำหนด

2) สายสัญญาณ คือสายไฟฟ้าที่ใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 24 หรือ 30 โวลท์ ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต ซึ่งใช้ในการนำไฟฟ้าแรงดันต่ำ ที่ใช้ในการควบคุม เช่น สายเซนเซอร์ประเภทต่าง ๆ และสายสัญญาณที่ใช้การเชื่อมต่อสื่อสาร ซึ่งอาจถูกรบกวน และเหนี่ยวนำให้สัญญาณผิดเพี้ยนได้ง่าย ต้องใช้สายตีเกลียวหุ้มด้วยโลหะป้องกันสัญญาณ (Shield) เส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.643-1.02 มิลลิเมตร (AWG 18-22) หรือตามคำแนะนำจากผู้ผลิตจะต้องเดินในท่อร้อยสายและเดินแยกจากสายไฟฟ้ากำลัง

3) สายควบคุมถ้าเป็นสายชนิดที่มี Shield สามารถเดินในท่อร่วมกับสายไฟฟ้ากำลังได้ถ้าเป็นสายชนิดอื่นที่ไม่มี Shield ให้เดินท่อแยกจากสายไฟฟ้ากำลัง

อุปกรณ์ควบคุม (Controller) แยกออกเป็น 2 ประเภท

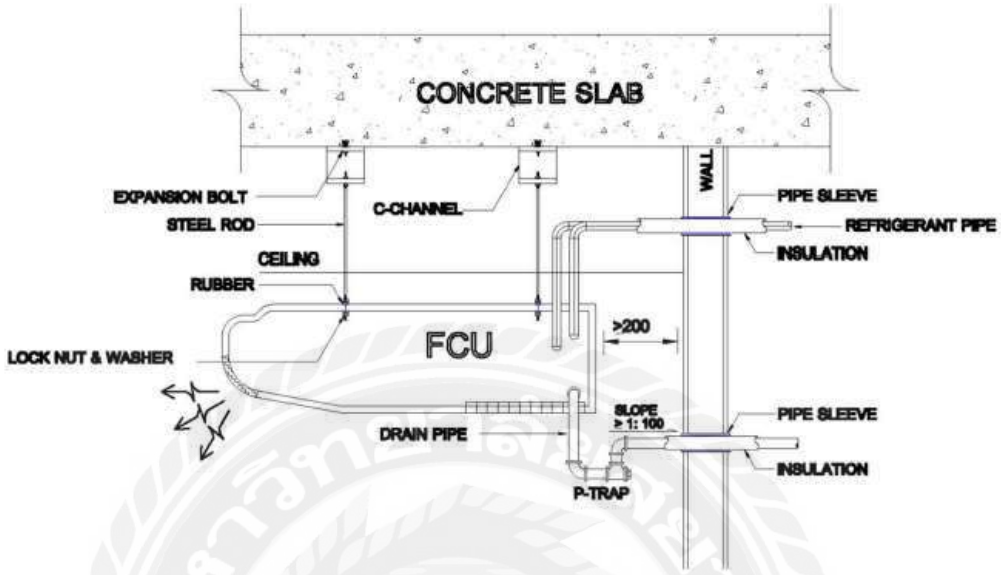
- แบบ Mechanic อุปกรณ์ควบคุมแบบนี้ จะไม่มีจอแสดงผลอ่านค่าให้ผู้ใช้งาน
- แบบ Digital ซึ่งมีหน้าจอแสดงค่าอุณหภูมิเป็นตัวเลขและต้องได้รับการทดสอบความเที่ยงตรงจากโรงงานผู้ผลิต

อุปกรณ์ทั้ง 2 ประเภท จะต้องสามารถตรวจสอบช่วงอุณหภูมิการทำงาน ตัด-ต่อ คอมเพรสเซอร์ได้และต้องมีการหน่วงเวลาการทำงาน หลังจากที่ไฟดับและ/หรือ การทำงานในรอบถัดไปของคอมเพรสเซอร์ที่อาจจะมีการสั่งตัดเป็นระยะเวลาสั้นๆทั้งนี้เพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับคอมเพรสเซอร์

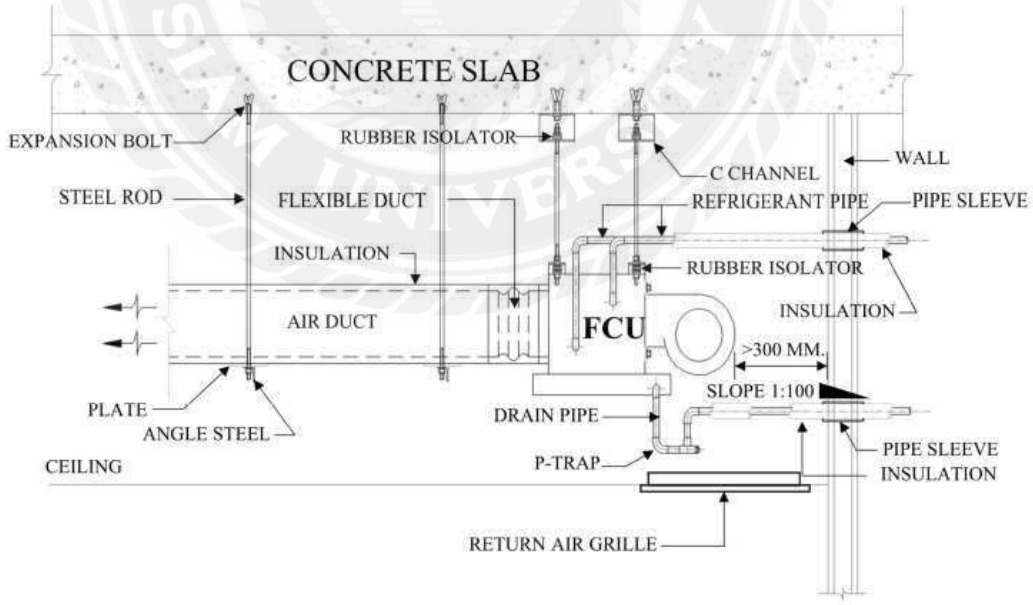
2.1.3.15 การส่งมอบงาน

ผู้ติดตั้งส่งรายการและรายละเอียดของการทดสอบพร้อมทั้งแบบแสดงการติดตั้งจริง (AS BUILT DRAWING) ทั้งระบบพร้อมคู่มือการใช้งานมอบให้เจ้าของงานพร้อมกับแสดงการเปิด-ปิด และการควบคุมเครื่องโดยละเอียด

แบบตัวอย่างประกอบการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

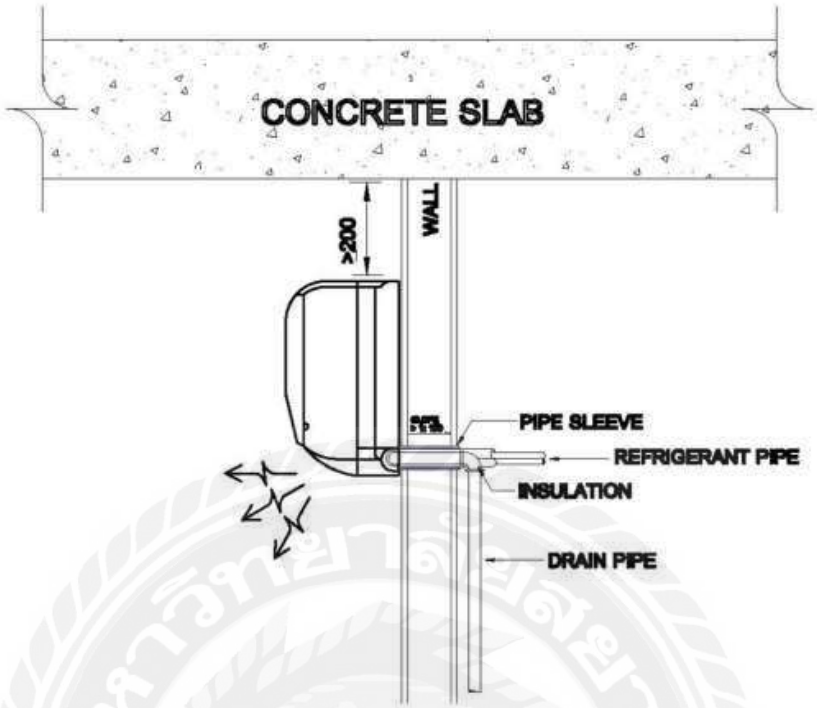


ภาพที่ 2.14 การติดตั้ง Fan Coil Unit (FCU) แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน (CEILING TYPE)

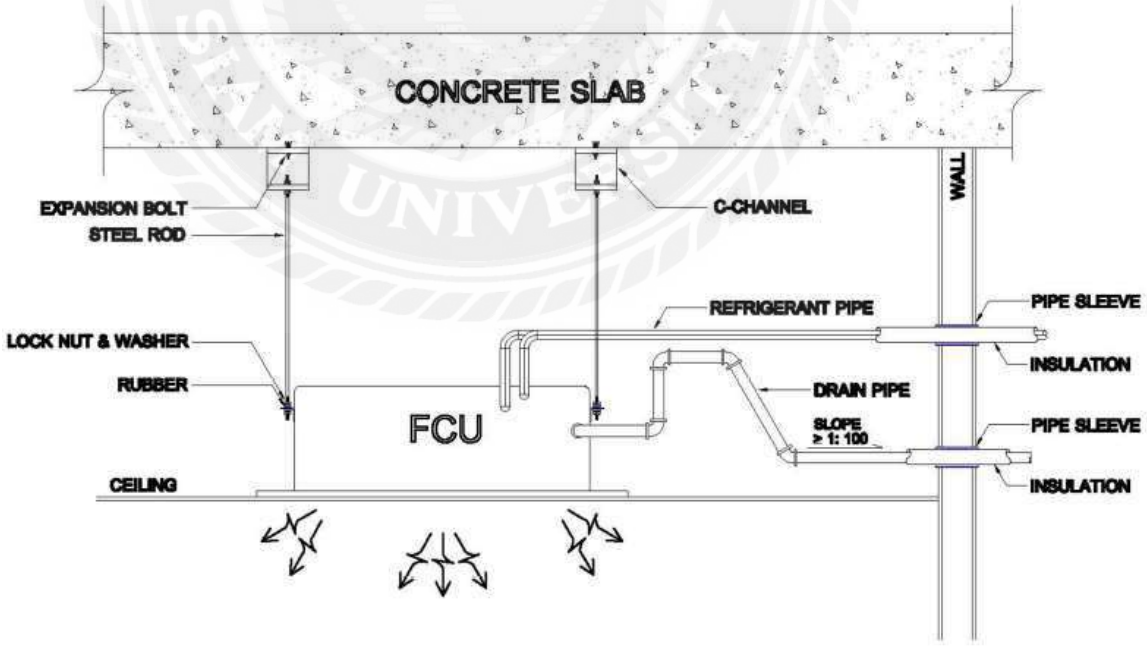


ภาพที่ 2.15 การติดตั้ง Fan Coil Unit (FCU) แบบแขวนซ้อนฝ้าเพดาน

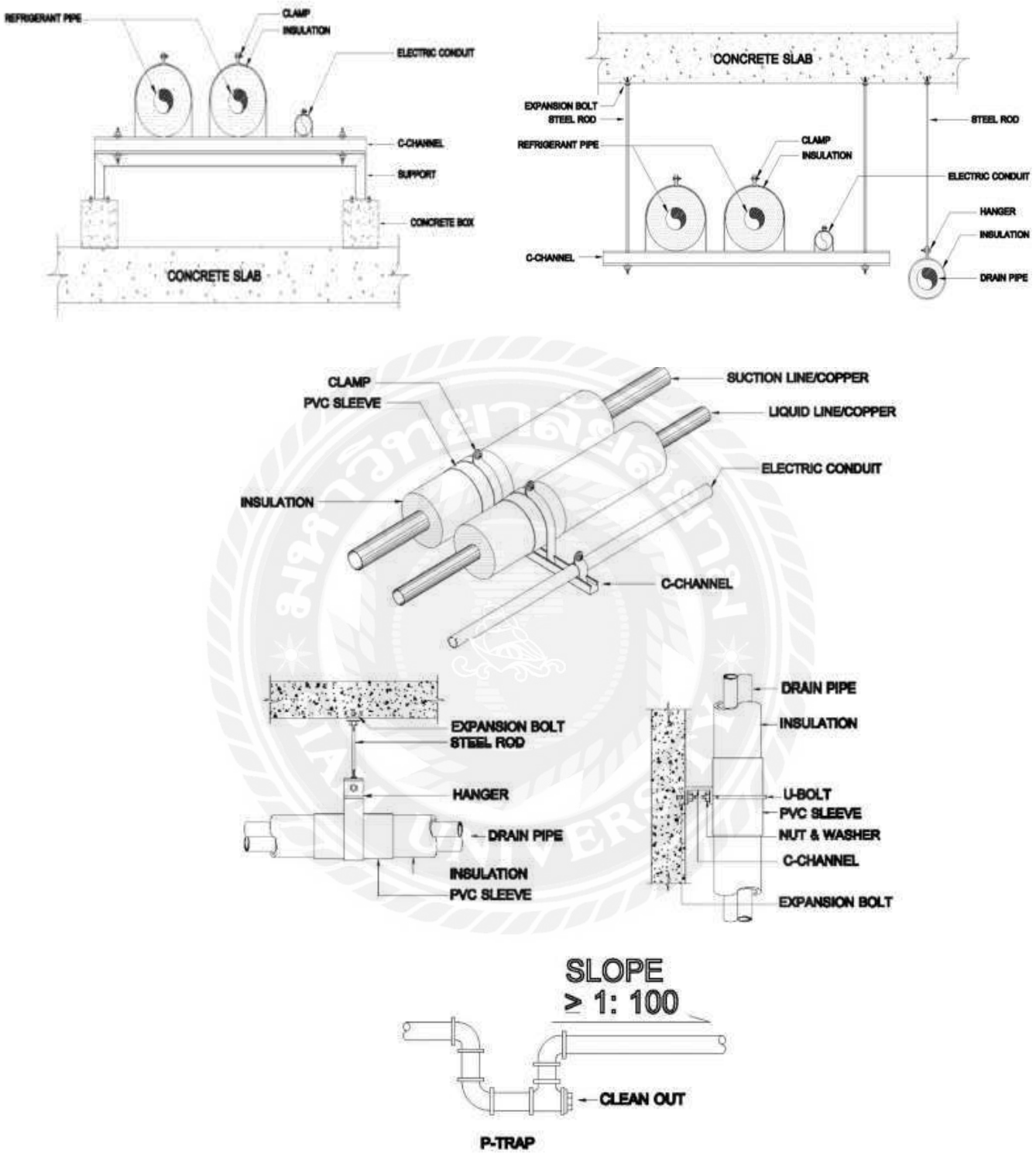
(CEILING CONCEALED TYPE)



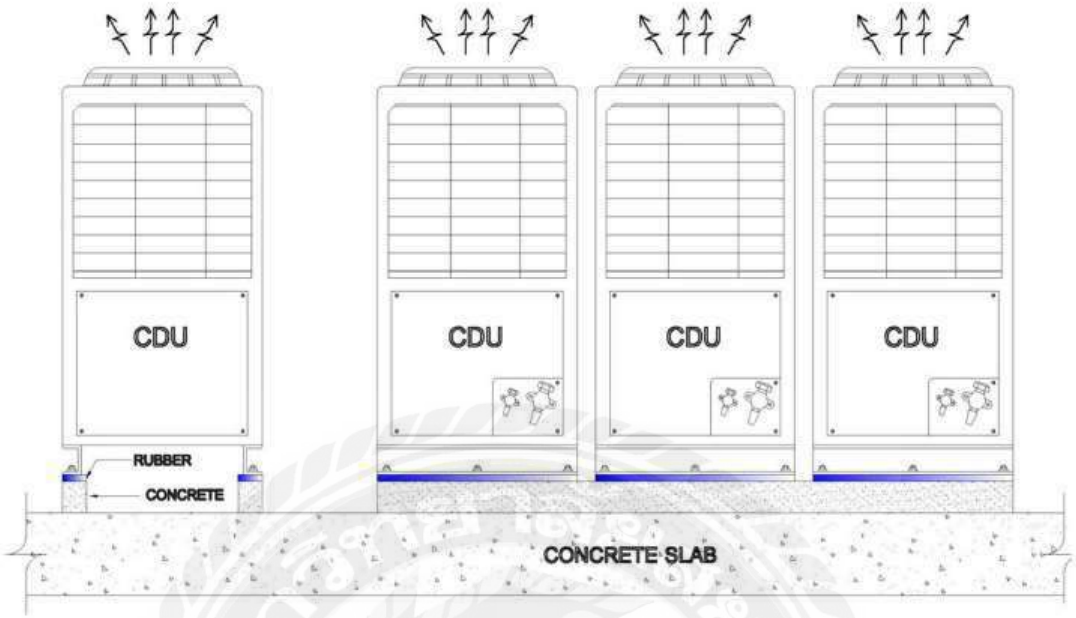
ภาพที่ 2.16 การติดตั้ง Fan Coil Unit (FCU) แบบติดผนัง (WALL TYPE)



ภาพที่ 2.17 การติดตั้ง Fan Coil Unit (FCU) แบบสี่ทิศทาง (CASSETTE TYPE)



ภาพที่ 2.18 การติดตั้ง ท่อสารทำความเย็น ท่อน้ำทิ้งและการจับยึด



ภาพที่ 2.19 การติดตั้ง Condensing Unit (CDU) แบบตั้งพื้น

2.1.4 การปรับปรุงตามแนวคิดไคเซ็น (Kaizen)

ไคเซ็น (Kaizen) (Thanapat, 2567) คือแนวคิดการปรับปรุงและพัฒนาอย่างต่อเนื่องที่เน้นการมีส่วนร่วมของพนักงานทุกระดับ โดยมีหัวใจสำคัญคือการ "เปลี่ยนไปในทิศทางที่ดีขึ้น" ผ่านวิธีการที่ทำได้ง่าย ใช้ต้นทุนต่ำ แต่มีประสิทธิภาพสูงและเห็นผลจริงในทุกกระบวนการทำงาน การทำไคเซ็นจะช่วยลดความสูญเปล่า เพิ่มความปลอดภัย และเพิ่มคุณภาพของงาน โดยใช้เครื่องมือสนับสนุน เช่น วงจร PDCA, กิจกรรม 5 ส, และหลักการ ECRS (เลิก-รวม-ลด-เปลี่ยน) เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ดีขึ้นและพัฒนาองค์กรให้เติบโตอย่างยั่งยืน

ในเชิงวิชาการและการบริหารจัดการสมัยใหม่ ไคเซ็นจัดเป็นปรัชญาที่วางรากฐานให้กับระบบการจัดการแบบลีน (Lean Management) และการบริหารคุณภาพทั่วทั้งองค์กร (Total Quality Management: TQM) โดยมุ่งเน้นการปรับปรุงกระบวนการ (Process-oriented Thinking) มากกว่าการมุ่งเน้นเพียงแค่ผลลัพธ์ในระยะสั้น ซึ่งอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลตามสภาพความเป็นจริง (Evidence-based Management) ผ่านเครื่องมือทางสถิติและการสำรวจหน้างาน (Gemba) เพื่อระบุความสูญเปล่าที่ซ่อนอยู่ (Muda) และสร้างมาตรฐานใหม่ที่สูงขึ้นอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้เกิดการสะสมของการปรับปรุงทีละเล็กทีละน้อยจนกลายเป็นการเปลี่ยนแปลงทางนวัตกรรมที่ยิ่งใหญ่ ซึ่งช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและความยืดหยุ่นทางธุรกิจในระยะยาวได้อย่างมีนัยสำคัญ

2.1.5 วงจรเด็มมิ่ง (Deming Cycle)

แนวคิดวงจรการควบคุมคุณภาพ (PDCA Cycle) หรือ วงจรเด็มมิ่ง (Deming Cycle) คือ แนวคิดการพัฒนาการทำงานเพื่อควบคุมคุณภาพงานให้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง พัฒนามาจากแนวคิดของ วอล์ทเตอร์ ชิวฮาร์ท (Walter Shewhart) นักสถิติในงานอุตสาหกรรม ต่อมาแนวคิดนี้เริ่มเป็นที่รู้จักกันมากขึ้นเมื่อ เอดวาร์ด เดมมิ่ง (W. Edwards Deming) นักจัดการบริหารคุณภาพ ได้นำเสนอและเผยแพร่ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการปรับปรุงกระบวนการทำงานของพนักงานภายในโรงงานให้ดีขึ้น ซึ่งจะใช้ในการค้นหาปัญหาอุปสรรคในขั้นตอนการทำงานโดยพนักงาน จนเป็นที่รู้จักกันในชื่อว่า วงจรเด็มมิ่ง หรือ วงจร PDCA

แนวคิดวงจร PDCA เป็นแนวคิดที่ง่ายไม่ซับซ้อน สามารถนำไปใช้ได้ในเกือบจะทุกกิจกรรม จึงทำให้เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายมากขึ้นทั่วโลก PDCA เป็นอักษรนำของภาษาอังกฤษ 4 คำ คือ

1) การวางแผน (Plan) คือ การวางแผนการดำเนินงาน เพื่อให้เกิด การทำงานที่ได้ผลงาน การปรับปรุงเปลี่ยนแปลง การพัฒนาสิ่งใหม่ การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน มีส่วนที่สำคัญเช่น การกำหนดเป้าหมาย วัตถุประสงค์ การจัดอันดับความสำคัญของเป้าหมาย กำหนดการดำเนินงาน กำหนดระยะเวลาการดำเนินงาน กำหนดผู้รับผิดชอบดำเนินการ และกำหนดงบประมาณที่จะใช้ การวางแผนที่ดีควรต้องเกิดจากการศึกษาที่ดี มีการวางแผนไว้รัดกุมรอบคอบปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมของงานและเหตุการณ์ แผนที่ได้ต้องช่วยในการคาดการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นและสามารถช่วยลดความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นได้ การวางแผนควรมีการกำหนด

- การกำหนดเป้าหมาย
- วัตถุประสงค์
- กำหนดผู้รับผิดชอบ
- ระยะเวลาดำเนินการ
- งบประมาณที่กำหนด
- มีการเสนอเพื่อขออนุมัติก่อนดำเนินการ

2) การปฏิบัติตามแผน (Do) คือ การดำเนินการเพื่อให้ได้ตามแผนที่มีการกำหนดไว้ อาจมีการกำหนดโครงสร้างคณะทำงานรองรับการดำเนินการเช่น คณะกรรมการ ฯลฯ กำหนดวิธีในการดำเนินงาน ขั้นตอน ผู้ดูแลรับผิดชอบ ผู้ตรวจสอบและทำการประเมินผล การปฏิบัติการประกอบด้วย

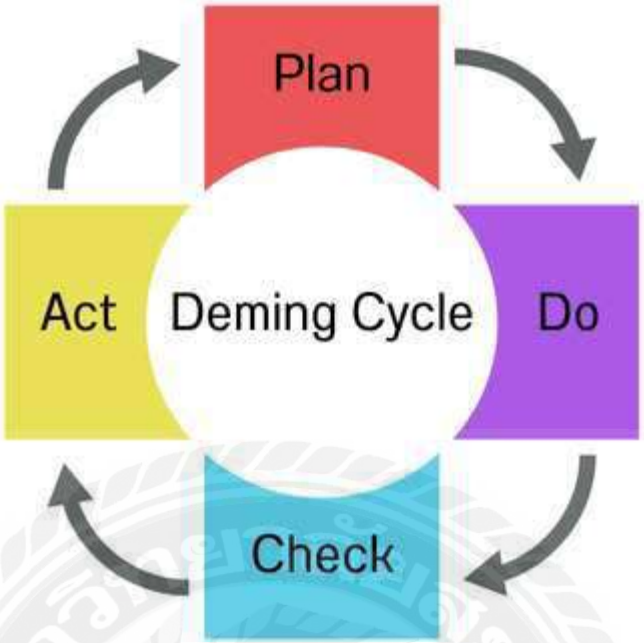
- คณะทำงานคอยควบคุม กำหนดนโยบาย ติดตามตรวจสอบการทำงาน
- การกำหนดขั้นตอนที่ชัดเจน
- วิธีการดำเนินการที่สามารถดำเนินการได้จริง ไม่ยากจนเกินความสามารถของผู้ที่จะทำ
- ผู้รับผิดชอบดำเนินการที่ชัดเจน เพียงพอ
- ระยะเวลาที่กำหนดที่เหมาะสม
- งบประมาณในการทำงาน

3) การตรวจสอบการปฏิบัติตามแผน (Check) คือ ขั้นตอนที่เริ่มเมื่อมีการดำเนินโครงการตามข้อ 2 ควรจะต้องทำการประเมินผลการดำเนินงานว่าเป็นไปตามแผนงานที่กำหนดไว้หรือไม่ อาจประเมินในส่วน การประเมินผลงานการดำเนินการ การประเมินผลการดำเนินตามขั้นตอน และการประเมินผลงานตามเป้าหมายของแผนงานที่ได้มีการกำหนดไว้ ในการประเมินนี้เราอาจสามารถทำได้เองโดยใช้คณะกรรมการที่รับผิดชอบในแผนการดำเนินงานภายในเป็นการประเมินตนเอง แต่การใช้คนภายในอาจทำให้ขาดความน่าเชื่อถือหรือประเมินผลได้ไม่เต็มที่ จะดีหากมีการตั้งคณะประเมินจากภายนอกมาช่วย เพราะน่าจะได้ผลการประเมินที่ดีกว่าทีมงานภายในเพราะอาจมีปัญหาช่วยกันประเมินผลให้ดีเกินจริง แนวทางที่ใช้ในการประเมิน เช่น

- กำหนดวิธีการประเมินแยกให้ชัดเจนสามารถทำได้ง่าย
- มีรูปแบบการประเมินตรงกับเป้าหมายในงานที่ทำ
- มีคณะผู้จะทำการประเมินที่มีความรู้เพียงพอ
- แนวคำตอบผลของการประเมิน ต้องสามารถตอบโจทย์และตรงกับวัตถุประสงค์ที่วางไว้
- เน้นการประเมินปัญหา / จุดอ่อน / ข้อดี / จุดแข็ง ที่มีในการดำเนินการ

4) การปรับปรุงแก้ไขพัฒนาต่อเนื่อง (Act) คือ การนำผลประเมินที่ได้มาทำการวิเคราะห์ เพื่อพัฒนาแผน ในการปรับปรุงต่อไป ในส่วนนี้ควรจะเสนอแนะปัญหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหา หรือการพัฒนาระบบที่มีอยู่แล้วให้ดียิ่งขึ้นไปอีกไม่มีที่สิ้นสุด มีวิธีการ ดังนี้

- ทำการระดมสมอง เพื่อหาทางแก้ไข ปัญหา / จุดอ่อน / ข้อดี / จุดแข็ง ที่พบปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น
- นำผลที่ได้จากการระดมสมองเสนอผู้เกี่ยวข้องเพื่อพิจารณาใช้วางแผนต่อไป
- กำหนดกลยุทธ์ในการจัดทำแผนครั้งต่อไป
- กำหนดผู้รับผิดชอบดำเนินงานครั้งต่อไป



ภาพที่ 2.20 วงจรการบริหารคุณภาพในองค์กร (PDCA)
ที่มา: ผู้วิจัย

2.1.6 การวิเคราะห์สวอต (SWOT Analysis)

การวิเคราะห์สวอต (SWOT Analysis) ก็คือการวิเคราะห์ โดยการสำรวจจากสภาพการณ์ 2 ด้าน คือ สภาพการณ์ภายในและสภาพการณ์ภายนอก ดังนั้นการวิเคราะห์ SWOT จึงเรียกได้ว่าเป็น การวิเคราะห์สภาพการณ์ (situation analysis) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน เพื่อให้รู้จักตนเอง (รู้เรา) รู้จักสภาพแวดล้อม (รู้เขา) ชัดเจน และวิเคราะห์โอกาส-อุปสรรค การวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ทั้งภายนอกและภายในองค์กร จะช่วยให้ผู้บริหารขององค์กรทราบถึงการเปลี่ยนแปลง ต่าง ๆ ที่ เกิดขึ้นภายนอกองค์กร ทั้งสิ่งที่ได้เกิดขึ้นแล้วและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในอนาคต รวมทั้ง ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ที่มีต่อองค์กรธุรกิจ และจุดแข็ง จุดอ่อน และความสามารถด้านต่าง ๆ ที่องค์กรมีอยู่ ข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการกำหนดวิสัยทัศน์ การกำหนดกลยุทธ์และการดำเนินตามกลยุทธ์ขององค์กรระดับองค์กรที่เหมาะสมต่อไป ทั้งนี้ SWOT Analysis ประกอบด้วย

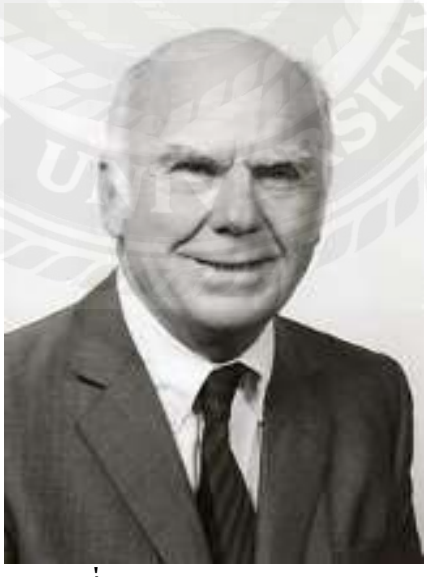
S ย่อมาจาก Strengths หมายถึง จุดเด่นหรือจุดแข็งหรือข้อได้เปรียบ เป็นข้อดีที่เกิดจาก สภาพแวดล้อมภายในบริษัท เช่น จุดแข็งด้านการเงิน จุดแข็งด้านการผลิต จุดแข็งด้านทรัพยากร บุคคล บริษัทจะต้องใช้ประโยชน์จากจุดแข็งในการกำหนดกลยุทธ์การตลาด

W ย่อมาจาก Weaknesses หมายถึง จุดด้อยหรือจุดอ่อนหรือข้อเสียเปรียบที่เกิดจากสภาพแวดล้อมภายในต่าง ๆ ของบริษัท ซึ่งบริษัทจะต้องหาวิธีในการแก้ปัญหานั้นสถานการณ์ภายในองค์กรที่เป็นอยู่

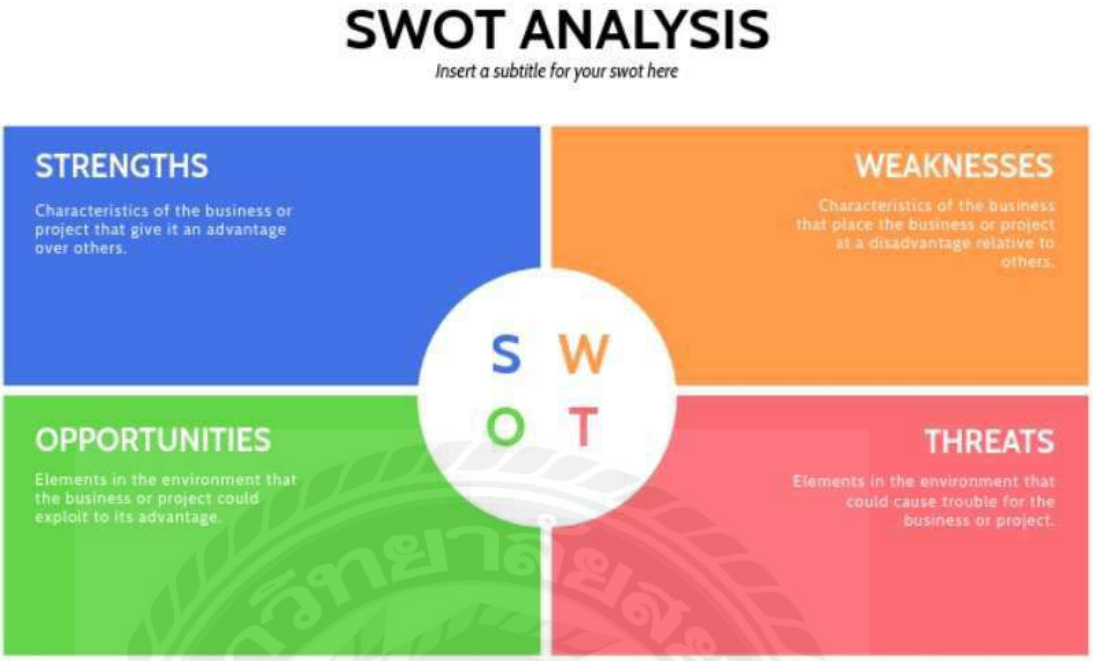
O ย่อมาจาก Opportunities หมายถึง โอกาสการที่สภาพแวดล้อมภายนอกของบริษัทเอื้อประโยชน์หรือส่งเสริมการดำเนินงานขององค์กร โอกาสแตกต่างจากจุดแข็งตรงที่โอกาสนั้นเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมภายนอก แต่จุดแข็งนั้นเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมภายในนักการตลาดที่ดีจะต้องเสาะแสวงหาโอกาสอยู่เสมอ และใช้ประโยชน์จากโอกาสนั้น ๆ เช่น การเมือง การปกครอง กฎหมาย ราคาน้ำมัน ค่าเงินบาทคู่แข่ง เป็นต้น

T ย่อมาจาก Threats หมายถึง อุปสรรค ข้อจำกัด ซึ่งเกิด จากสภาพแวดล้อมภายนอก บางครั้งการจำแนกโอกาสและอุปสรรคเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก เพราะทั้งสองสิ่งนี้สามารถเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลง อาจทำให้สถานการณ์ที่เคยเป็นโอกาสกลับกลายเป็นอุปสรรคได้ เช่น ค่าเงินบาท คู่แข่ง เป็นต้น

ผู้คิดค้น SWOT Analysis เทคนิคนี้ อัลเบิร์ต ฮัมฟรี (Albert Humphrey) ได้ชื่อว่าเป็นผู้เริ่มแนวคิดนี้โดยนำเทคนิคนี้มาแสดงในงานสัมมนาที่ มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด



ภาพที่ 2.21 Albert S. Humphrey



ภาพที่ 2.22 ตารางวิเคราะห์ SWOT Analysis

ข้อดีของ SWOT Analysis

- การวิเคราะห์ SWOT เป็นการวิเคราะห์ที่ไม่ซับซ้อนแต่ต้องอาศัยความละเอียดในการทำอีกทั้งยังสามารถใช้ร่วมกับเครื่องมือวิเคราะห์อื่นได้อย่างหลากหลาย ใช้ประเมินสภาวะแวดล้อม และสถานภาพขององค์กรโดยเน้นศักยภาพและความพร้อมที่องค์กรมีอยู่และพยายามหลีกเลี่ยงภัยคุกคามหรือความเสี่ยงจากสภาพแวดล้อมภายนอกรวมทั้งแก้ไขจุดอ่อนขององค์กรด้วยเนื่องจากปัจจัยเหล่านี้มีโอกาสที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ได้เพิ่มมากขึ้น
- ทำให้องค์กรได้รับทราบถึงสภาวการณ์ในปัจจุบัน ทั้งปัจจัยภายนอกและภายในทั้งที่จะช่วยส่งเสริมและขัดขวางการดำเนินการ และนำไปใช้ปรับปรุงแนวคิดและแนวปฏิบัติของการจัดทำแผนงานหรือโครงการของหน่วยงานให้มีโอกาสสร้างความสำเร็จมากขึ้น
- การได้รับทราบปัจจัยทั้งภายในและภายนอกที่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินการทำให้สามารถกำหนดแผนและกลยุทธ์เพื่อใช้ในการรับมือกับปัจจัยเหล่านั้น ดังคำกล่าวของท่านซุนวูที่ว่า “รู้เขารู้เรารบร้อยครั้งชนะร้อยครั้ง” ทราบถึงกลยุทธ์ในการปรับปรุงการทำงานความก้าวหน้าและขีดจำกัดด้านบุคลากร งบประมาณ และระบบงานเป็นการป้องกันการแทรกแซงการทำงานจากปัจจัยภายนอกได้มากขึ้น
- การกำหนดกลยุทธ์ได้อย่างถูกต้องและมีความยืดหยุ่นจะช่วยให้องค์กรรับมือกับการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ทั้งนี้ทั้งนั้นจะต้องมีการควบคุมและวัดผลอยู่เสมอ

ข้อเสียของ SWOT Analysis

- องค์กรต้องกำหนดก่อนว่า องค์กรต้องการที่จะทำอะไร
- การวิเคราะห์โอกาสและอุปสรรคต้องกระทำในช่วงเวลาขณะนั้น
- องค์กรต้องกำหนดปัจจัยหลัก (key success factors) ที่เกี่ยวกับการดำเนินงานให้ถูกต้อง
- องค์กรต้องประเมินความสามารถของตนให้ถูกต้อง
- การวิเคราะห์ปัจจัยทั้งภายในและภายนอกจำเป็นจะต้องได้รับความร่วมมือจากบุคลากรหลายๆฝ่ายในองค์กร ทั้งฝ่ายบริหารและฝ่ายปฏิบัติการ ทำให้บางครั้งอาจจะเกิดความไม่สอดคล้องกันของความคิด
- ถ้าการวิเคราะห์เกิดความลำเอียง อาจจะทำให้ปัจจัยบางอย่างไม่ได้นำวิเคราะห์ร่วมแบะทำให้การกำหนดแผนและกลยุทธ์ถูกบิดเบือน ตัวอย่างเช่น ปัญหาของปัจจัยภายในบางอย่างที่น่าจะควบคุมได้ในตอนแรก แต่กลับถูกปล่อยปะละเลยทำให้ลุกลามเกิดเป็นปัจจัยภายนอกซึ่งควบคุมได้ยาก

2.1.7 ธุรกิจรับเหมาก่อสร้างงานระบบปรับอากาศ

กระบวนการติดตั้งงานระบบปรับอากาศ มีความสำคัญมากในธุรกิจรับเหมาก่อสร้าง บ้านพักอาศัย อาคารสำนักงาน คอนโดมิเนียม และโรงงาน เพราะการติดตั้งงานระบบปรับอากาศ เป็นกระบวนการที่ต้องควบคุมต้นทุน และ ผลตอบแทนในการลงทุน ดังภาพที่ 2.3 ในการติดตั้งงานระบบปรับอากาศจึงต้องศึกษากระบวนการต่างๆ เช่น ราคาของวัสดุอุปกรณ์ ราคากลางในงานรับเหมา การขนส่งสินค้า ระยะเวลาที่ส่งผลต่อค่าจ้างแรงงาน และการควบคุมงาน เนื่องจากเป็นต้นทุนที่แปรผันส่งผลต่อต้นทุนและผลกำไรตอบแทน



ภาพที่ 2.23 แผนภาพธุรกิจรับเหมาก่อสร้างงานระบบปรับอากาศ ต้นทุนและ ผลตอบแทน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยเพื่อลดข้อผิดพลาดในงานก่อสร้างงานระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน 2 ชั้น มีผลงานวิจัย ดังนี้

ชลนภา ไกรแก้ว และคณะ (2563) ศึกษาโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล เรื่อง การปรับปรุงระบบปรับอากาศชั้น 5 ของอาคารสิรินธรในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัย มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและปรับปรุงระบบปรับอากาศภายในชั้น 5 ของอาคารสิรินธร ในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร จากการสำรวจพื้นที่พบปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อจุลชีพในอากาศ และจากการศึกษาทฤษฎีพบว่าการล้างเครื่องปรับอากาศเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อจุลชีพในอากาศแต่ยังมิได้มีการทดสอบทฤษฎีดังกล่าว ผู้จัดทำจึงทดสอบวิธีแก้ปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อจุลชีพในอากาศ ด้วยการล้างระบบปรับอากาศผลที่ออกมาปรากฏว่ายังไม่แน่ชัด เนื่องมากจากปัญหาการระบายอากาศและการเข้า-ออกของผู้คนภายในห้อง จากนั้นได้ทำการออกแบบห้อง Isolation Room จำนวน 8 ห้องตามนโยบายของทางโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรเพื่อรองรับผู้ป่วยที่ติดเชื้อไวรัส Covid-19 และออกแบบระบบปรับอากาศแบบปรับเปลี่ยนอัตราการไหล (VRV/VRF) ภายใน

ตึกสิรินธรที่บริเวณชั้น 5 เพื่อเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร ในการดำเนินงานนั้นเริ่มจากการศึกษาระบบปรับอากาศเดิมจากนั้นสำรวจสถานที่ภายโรงพยาบาลและทำการตรวจวัดเชื้อจุลชีพระหว่างก่อน-หลังการล้างเครื่องปรับอากาศแล้วนำข้อมูลได้มาวิเคราะห์และทำการออกแบบห้องIsolation Roomจากนั้นออกแบบระบบปรับอากาศแบบปรับเปลี่ยนอัตราการไหล (VRV/VRF) โดยใช้โปรแกรม New DVM Pro Design Software ของบริษัท Samsung ร่วมกับโปรแกรม AutoCAD และโปรแกรม Sketchup เพื่อง่ายต่อความเข้าใจและเป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบปรับอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

อานนท์ พูลประดิษฐ์ และ กวิน ตันติเสวี (2568) ศึกษาปัญหาการติดตั้งและส่งมอบระบบทำความเย็นแบบรวมศูนย์ โครงการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่พิเศษจะใช้ระบบทำความเย็นแบบรวมศูนย์ ซึ่งเป็นระบบที่ผลิตและกระจายความเย็นจากศูนย์กลางไปยังอาคารหลายอาคาร โดยเป็นระบบที่ประหยัดพลังงานและมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าระบบทำความเย็นแบบทั่วไป การทำงานจะผลิตน้ำเย็นจากอาคารส่วนกลางและกระจายผ่านเครือข่ายท่อไปยังห้องสถานีถ่ายโอนพลังงานเพื่อใช้ปรับอากาศภายในอาคารต่าง ๆ งานวิจัยนี้เป็นการจัดทำกรณีศึกษาเพื่อศึกษาสาเหตุของปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้นในกระบวนการติดตั้งและส่งมอบระบบน้ำเย็นแบบรวมศูนย์ในโครงการก่อสร้างแห่งหนึ่ง ประกอบด้วยอาคารสูงและขนาดใหญ่พิเศษ 3 อาคาร โดยใช้การเก็บข้อมูลภาคสนาม เอกสารภายในโครงการ และการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องกับโครงการ จำนวนทั้งหมด 40 คน โดยงานวิจัยนี้ได้จำแนกปัญหาตามช่วงเวลาของโครงการแบ่งเป็น 3 ระยะ คือ 1) ช่วงเตรียมการ 2) ช่วงการติดตั้งและทดสอบ 3) ช่วงการส่งมอบงาน และจัดลำดับความสำคัญของปัญหาโดยพิจารณาจากผลกระทบด้านค่าใช้จ่าย ความล่าช้าต่อการเบิกเงิน และระยะเวลารวมของโครงการ จากการศึกษาวิจัยพบปัญหาที่ส่งผลกระทบทางด้านค่าใช้จ่ายมากที่สุด คือ การเปลี่ยนรูปแบบการติดตั้งเนื่องจากปัญหาด้านความแข็งแรงของโครงสร้างพื้น และปัญหาที่ส่งผลกระทบทางด้านระยะเวลามากที่สุด คือ การส่งมอบพื้นที่ล่าช้าจากการติดตั้งทางด้านอาคารส่วนกลาง ทั้งนี้ในมุมมองของผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาสำหรับโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ คือ ในขั้นตอนการออกแบ

Balbis-Morejón et al. (2023) ศึกษา การเลือกเทคโนโลยี HVAC สำหรับอาคารในกรณีศึกษาภูมิอากาศเขตร้อน ในการวิจัยใช้ตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพแบบองค์รวมสำหรับการเลือกระบบ HVAC (ACPI) ถูกนำมาใช้เพื่อเลือกระบบปรับอากาศ (AC) ที่มีผลลัพธ์ที่ดีกว่าตลอดอายุการใช้งานสำหรับอาคารทั่วไปในเมืองบาร์รังกิยา ประเทศโคลอมเบีย ระบบปรับอากาศที่ศึกษาได้แก่ ระบบขยายตรง (Split และ VRF) ระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (VAC และ VAV) และระบบ

ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Chiller) จากเกณฑ์การเลือกทั้ง 6 ประการของ ACPI ดัชนีการใช้พลังงาน (EC) และความสบายทางความร้อน (TC) ได้รับการคำนวณโดยใช้การจำลองพลังงานของอาคารกฎระเบียบต่าง ๆ ถูกนำมาใช้สำหรับคุณภาพอากาศภายในอาคารและการปล่อยคาร์บอน (CE) และประมาณการต้นทุนการลงทุน (IC) และต้นทุนการดำเนินงานและการบำรุงรักษา (OMC) ระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดสำหรับอาคารคือระบบปรับอากาศระบายความร้อนด้วยอากาศ ซึ่งมีค่า ACPI ที่ดีที่สุดระหว่าง 25% ถึง 22.4% รองลงมาคือระบบระบายความร้อนด้วยน้ำซึ่งมีค่า ACPI ที่ดีที่สุดที่ 22.3% และสุดท้ายคือระบบขยายโดยตรงซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 16.8% ถึง 13.5% ซึ่งส่งผลต่อเกณฑ์ IAQ และ IC ในระดับความสำคัญนี้ การศึกษาครั้งนี้มีส่วนช่วยในการนำการวิเคราะห์แบบหลายปัจจัยมาใช้ในโคลอมเบียเพื่อเลือกเทคโนโลยีระบบปรับอากาศที่เหมาะสมยิ่งขึ้นตามสภาพอาคารและสถานที่

Baradaran-Noveiri et al. (2022) ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบตามพารามิเตอร์ของระบบกระจายอากาศในโครงสร้างแบบแผง พบว่า ระบบทำความร้อน ระบายอากาศ และปรับอากาศ (HVAC) เป็นระบบเครื่องกล ไฟฟ้า และประปาที่ใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูงที่สุดในการติดตั้ง โดยคิดเป็น 25%–45% ของต้นทุนโครงการทั้งหมด นอกจากนี้ ระบบ HVAC มักได้รับการออกแบบในลักษณะเฉพาะกิจ ทำให้เกิดข้อผิดพลาด ความล่าช้าของโครงการ และต้นทุนเกินงบประมาณ ระบบ HVAC แบบแยกส่วนเป็นทางเลือกที่มีแนวโน้มดีที่จะช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ผ่านการออกแบบที่ครอบคลุมซึ่งรวมถึงตำแหน่งเฉพาะของช่องระบายอากาศ ขั้วต่ออากาศ และท่อบนผนังหรือพื้นแบบแผงเพื่อให้ผลิตได้ง่ายและมีประสิทธิภาพในการประกอบ ในบริบทนี้ เอกสารนี้เสนอแบบจำลองการออกแบบแบบบูรณาการซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบต่อไปนี้: (i) การวิเคราะห์พารามิเตอร์เพื่อกำหนดตำแหน่งที่เป็นไปได้ของขั้วต่ออากาศสำหรับระบบประสิทธิภาพสูงที่ออกแบบมาเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้อยู่อาศัยสูงสุด (ii) การเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบ HVAC เพื่อพัฒนาเลย์เอาต์ระบบกระจายอากาศที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะช่วยลดข้อผิดพลาดด้วยมือและเวลาในการร่างแบบโดยอิงตามข้อจำกัดในการออกแบบ และ (iii) ลดความแปรปรวนในการออกแบบรายละเอียด (เช่น ตำแหน่งที่แน่นอนของตัวจ่ายอากาศ) เพื่อการก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพและการประสานงานนอกสถานที่ของระบบท่อ มีการนำกรณีศึกษาสี่กรณีมาใช้เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของแบบจำลองที่เสนอ ผลการศึกษาเผยให้เห็นว่าสามารถลดต้นทุนและเวลาในการติดตั้งระบบจ่ายอากาศได้ 23.9% และ 21.3% ตามลำดับ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การปรับปรุงกระบวนการงานติดตั้งระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน กรณีศึกษาอาคารสำนักงาน 2 ชั้น มีระเบียบวิธีวิจัยและขั้นตอนที่ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการงานติดตั้งระบบปรับอากาศ ดังนี้

3.1 รูปแบบการวิจัย

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การปรับปรุงกระบวนการงานติดตั้งระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน กรณีศึกษาอาคารสำนักงาน 2 ชั้น เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ร่วมกับ การศึกษาเฉพาะกรณี (Case Study) โดยใช้หลักการ Lean Construction และหลักการ ECRS เป็นกรอบในการดำเนินงาน และใช้อาคารสำนักงานแห่งหนึ่งเป็นกรณีศึกษา เป็นรูปแบบอาคาร 2 ชั้น มีเนื้อที่ใช้สอยรวมทั้งหมดประมาณ 1,650 ตารางเมตร แบ่งพื้นที่ในแต่ละชั้น ได้ดังนี้ ชั้นที่ 1 มีพื้นที่ 1,000 ตารางเมตร ชั้นที่ 2 มีพื้นที่ 650 ตารางเมตร ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 อาคารสำนักงาน บริษัท วินโดว์ เอเชีย จำกัด (มหาชน)



ภาพที่ 3.2 การติดตั้งชุดคอยล์ร้อนอาคารสำนักงาน บริษัท วินโดว์ เอเชีย จำกัด (มหาชน)

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ตามวงจรเดมมิ่ง (PDCA) เพื่อแสดงให้เห็นภาพการปรับปรุงที่ต่อเนื่อง

ระยะที่ 1: การสำรวจและวิเคราะห์สภาพปัจจุบัน (Diagnosis - Plan)

- **การศึกษาผังกระบวนการ (Process Mapping)** เขียน Flowchart ขั้นตอนการทำงานตั้งแต่เริ่มเบิกของจนถึงส่งมอบงาน
- **การเก็บข้อมูลเบื้องต้น (Observation & Data Collection)** เป็นการจับเวลาจริงในหน้างาน โดยแบ่งกิจกรรมเป็น “งานหลัก” (เช่น เดินท่อน้ำยา) และ “งานสนับสนุน” (เช่น การรอของ, การย้ายบันได) เพื่อหาว่าเวลาส่วนใหญ่หมดไปกับอะไร สุ่มตรวจเป็นระยะเพื่อดูว่าช่างกำลังทำงาน (Active) หรือว่างงาน (Idle) จากปัจจัยภายนอก เช่น แบบผิด หรือวัสดุไม่มาส่ง ระบุความสูญเปล่าตามหลัก Lean เช่น การแก้ไขงาน (Rework) จากการที่ท่อแอร์ติดตั้งผิดระดับจนใส่ฝ้าไม่ได้

- **การเก็บข้อมูลเวลา (Time Study)** ใช้แบบฟอร์มบันทึกเวลาที่ออกแบบไว้ (จากหัวข้อก่อนหน้า) บันทึกการทำงานจริงในชั้นที่ 1 (หรือโครงการเดิม) เพื่อแยกแยะงานที่เป็น VA, NVA และ NNVA
- **การวิเคราะห์ปัญหา (Root Cause Analysis)** เมื่อได้ข้อมูลมาแล้ว ใช้เครื่องมือทางวิศวกรรมการจัดการมาวิเคราะห์ ใช้แผนผังก้างปลา 4M เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของความล่าช้า ได้แก่
  - **Man** ช่างขาดทักษะ หรือไม่เข้าใจแบบประสาน (Combined Drawing)
  - **Method** ลำดับการเข้างานทับซ้อนกันระหว่างช่างแอร์และช่างฝ้า
  - **Material** วัสดุมาไม่ครบทำให้งานสะดุด
  - **Machine** เครื่องมือเจาะหรือยกเครื่องแอร์ไม่เพียงพอ

ระยะที่ 2: การออกแบบแนวทางปรับปรุง (Action Planning - Plan)

- **การประยุกต์ใช้ ECRS**
  - **E (Eliminate)** ตัดขั้นตอนที่ซ้ำซ้อน เช่น การตรวจสอบซ้ำหลายรอบโดยไม่จำเป็น
  - **C (Combine)** รวมขั้นตอนการตรวจระดับท่อและระดับฝ้าเข้าด้วยกัน
  - **R (Rearrange)** จัดลำดับการเข้างานใหม่ (เช่น ให้ช่างแอร์เดินท่อเมนให้เสร็จก่อนช่างฝ้าขึ้นโครง)
  - **S (Simplify)** ใช้ตารางประสานงาน (Scheduling) ที่ออกแบบใหม่เพื่อให้สื่อสารกันได้ง่ายขึ้น
- **การจัดทำตารางประสานงาน (Interdisciplinary Scheduling)** กำหนดจุด Checkpoint ร่วมกันระหว่าง 2 ทีม

ระยะที่ 3: การทดลองใช้แนวทางที่ปรับปรุง (Implementation - Do)

- นำตารางการทำงานและแนวทางประสานงานที่ออกแบบไว้ ไปทดลองใช้จริงในพื้นที่เป้าหมาย การติดตั้งในชั้นที่ 2 ของอาคารกรณีศึกษา
- มีการประชุมหน้างานสั้น ๆ (Toolbox Talk) ทุกเช้าเพื่อยืนยันคิวงานระหว่างช่างแอร์และช่างฝ้า

ระยะที่ 4: การประเมินผลและสรุปผล (Evaluation - Check & Act)

- บันทึกเวลาหลังการปรับปรุงด้วยแบบฟอร์มเดิม
- เปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุงในด้าน ระยะเวลา (Time) ต้นทุน ค่าแรง (Cost) และจำนวนงานแก้ไข (Rework)

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบพื้นที่เพื่อวางแผนการติดตั้งงานระบบปรับอากาศของอาคาร กรณีศึกษาเป็นการติดตั้งระบบปรับอากาศ จำนวนทั้งสิ้น 32 เครื่อง เป็นระบบปรับอากาศแบบ VRV (Variable Refrigerant Volume) แบ่งออกเป็น ชั้นที่ 1 จำนวน 18 เครื่อง ชั้นที่ 2 จำนวน 14 เครื่อง ทีมช่างที่ใช้ในการทำงานมีจำนวนทั้งหมด 12 คน แบ่งออกเป็นช่างทีมีบัตรช่างสาขาช่างไฟฟ้าภายในอาคาร (คร.12) จำนวน 4 คน ลูกมือปฏิบัติงานทั่วไป จำนวน 4 คน และมีวิศวกรควบคุมงาน จำนวน 1 คน วางแผนการปฏิบัติงาน โครงการติดตั้งงานระบบปรับอากาศของอาคาร ใช้เวลา รวมทั้งสิ้น 68 วัน เก็บข้อมูลระหว่างปฏิบัติงานเพื่อทำการวิเคราะห์ปัญหา โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์กระบวนการทำงานวงจรการควบคุมคุณภาพ (PDCA Cycle) หรือ วงจรเด็มมิ่ง (Deming Cycle) เพื่อแก้ไขปัญหาและทำให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ตรวจสอบผลกระทบที่มีต่อระยะเวลาการปฏิบัติงานและงบประมาณ แล้วนำข้อมูลที่ได้ตรวจสอบนั้นเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น จัดทำขั้นตอนการปฏิบัติงาน และรูปแบบ Flow Chart การปฏิบัติงาน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงาน



ภาพที่ 3.3 Flow Chart ขั้นตอนการดำเนินงานติดตั้งระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

3.3.1 เครื่องมือเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ แบบฟอร์มบันทึกเวลา (Time Sheet) ภาพถ่ายหน้างาน แบบแสดงรายละเอียดการติดตั้ง (Shop Drawing)

3.3.2 เครื่องมือเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างสำหรับโฟร์แมนและหัวหน้าชุดช่าง เพื่อสอบถามความคล่องตัวในการทำงาน

3.3.3 เครื่องมือวิเคราะห์ แผนภาพสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping) สถิติพื้นฐาน (ร้อยละ, ค่าเฉลี่ย)

พื้นที่ศึกษาและกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ อาคารสำนักงานบริษัท วินโดว์ เอเชีย จำกัด (มหาชน) จังหวัดกาญจนบุรี เป็นกรณีศึกษา เป็นรูปแบบอาคาร 2 ชั้น มีเนื้อที่ใช้สอยรวมทั้งหมดประมาณ 1,650 ตารางเมตร แบ่งพื้นที่ในแต่ละชั้น ได้ดังนี้ ชั้นที่ 1 มีพื้นที่ 1,000 ตารางเมตร ชั้นที่ 2 มีพื้นที่ 650 ตารางเมตร จำนวนทั้งสิ้น 32 เครื่อง เป็นระบบปรับอากาศแบบ VRV (Variable Refrigerant Volume) แบ่งออกเป็น ชั้นที่ 1 จำนวน 18 เครื่อง ชั้นที่ 2 จำนวน 14 เครื่อง ทีมช่างและวิศวกรควบคุมงานที่ที่ปฏิบัติงานในโครงการนี้มีจำนวนทั้งหมด 9 คน

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยการวิเคราะห์สาเหตุรากฐานของปัญหาและนำเสนอการเปรียบเทียบกระบวนการทำงานก่อนและหลังปรับปรุง ประเมินผลและสรุปผล (Evaluation - Check & Act) บันทึกเวลาหลังการปรับปรุงด้วยแบบฟอร์มเดิม เปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุงในด้าน ระยะเวลา (Time) ต้นทุนค่าแรง (Cost) และจำนวนงานแก้ไข (Rework)

3.4.1 กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์สาเหตุรากฐานของปัญหา (Root Cause Analysis) การวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์ “ปัญหาการติดตั้งภายในบริษัทรับเหมา” ที่เกิดขึ้นจริง โดยมีการระบุปัญหาหลักคือ “ส่งมอบงานติดตั้งระบบปรับอากาศล่าช้ากว่าแผน” เพื่อหาต้นตอที่แท้จริงของปัญหา

2) การวิเคราะห์เวลา คำนวณหา Cycle Time และ Lead Time ของการติดตั้ง

3) การคำนวณประสิทธิภาพ

$$\textit{Efficiency Improvement (\%)} = \frac{\textit{Total Time (Old) - Total Time (New)}}{\textit{Total Time (Old)}} \; X\,100$$

4) การวิเคราะห์ความสูญเปล่า เปรียบเทียบสัดส่วน Non-Value Added (NVA) ก่อนและหลังปรับปรุง

5) การเปรียบเทียบกระบวนการ (Before and After Comparison) แม้จะไม่ได้ระบุอย่างชัดเจนในข้อความ แต่การตั้งเป้าหมายจาก “ส่งมอบงานล่าช้า” ให้กลายเป็น “ส่งมอบงานได้ตามแผน” แสดงให้เห็นว่ามีการเปรียบเทียบสถานะ **“ก่อน”** (ก่อนแก้ไขปัญหา) และ **“หลัง”** (หลังจากใช้กระบวนการแก้ไข) เพื่อวัดผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงกระบวนการ ระหว่าง **“กระบวนการเดิม (Floor 1)”** และ **“กระบวนการที่ปรับปรุงแล้ว (Floor 2)”** ได้จัดทำแบบ

แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลสำหรับการทำ Time Motion Study โดยเน้นการแยกประเภทกิจกรรมตามหลัก Lean Construction เพื่อนำไปวิเคราะห์ความสูญเปล่า (Waste) โดยมีข้อมูล ดังต่อไปนี้

ข้อมูลโครงการ (Project Context)

ระบบ: VRV System (Variable Refrigerant Volume)

ชั้นที่ 1 (1,000 ตร.ม.) ติดตั้ง 18 เครื่อง (IDU) - *ใช้เป็นกลุ่มควบคุม (แบบเดิม)*

ชั้นที่ 2 (650 ตร.ม.) ติดตั้ง 14 เครื่อง (IDU) - *ใช้เป็นกลุ่มทดลอง (แบบปรับปรุง)*

ประเภทกิจกรรมแบ่งออกเป็น 3 ประเภท (ตามหลัก Lean) เพื่อหาโอกาสในการปรับปรุง

1) **VA (Value-Added Work)** หมายถึง งานที่เกิดเนื้องานจริง เช่น การเดินท่อ การแขวนเครื่อง การหุ้มฉนวน
    - *เป้าหมาย:* ทำให้มีสัดส่วนมากที่สุด
2) **NVA (Non-Value Added Work / Waste)** หมายถึง ความสูญเปล่าที่ควรตัดออก เช่น การรอคอยช่างอื่น การแก้ไขงานเดิมที่ทำผิด (Rework) การเดินไปหยิบของไกล ๆ
    - *เป้าหมาย:* **Eliminate (ตัดออก)**
3) **NNVA (Necessary Non-Value Added Work)** หมายถึง งานที่ไม่ได้เนื้องานติดตั้งโดยตรงแต่จำเป็นต้องทำ เช่น การเตรียมเครื่องมือ การอ่านแบบ การทำความสะอาดหน้างาน
    - *เป้าหมาย:* **Simplify (ทำให้เร็วขึ้น/ง่ายขึ้น)**

ตารางที่ 3.1 แบบฟอร์มบันทึกเวลาการปฏิบัติงาน ชั้นที่ 1 (กลุ่มเดิม - 1,000 ตร.ม. / 18 เครื่อง)

วันที่	กิจกรรมหลัก (Process Step)	จำนวนช่าง	เวลา (วัน)	ประเภท	สาเหตุที่ทำให้ช้า / ข้อสังเกต
1-3	เตรียมพื้นที่ ขนย้ายท่อและอุปกรณ์ VRV	4	3	NNVA	พื้นที่หน้างานไม่พร้อม ต้องย้ายของหลายรอบ
4-7	Marking ตำแหน่งเครื่องและแนวท่อ Refnet	2	4	VA	มีการแก้ตำแหน่งเพราะชนแนวงานระบบไฟ
8-10	**รอ** ช่างฝ้าติดตั้งนั่งร้าน/เคลียร์ระดับ	4	3	**NVA**	**ประสานงานไม่ตรงกัน ช่างแอร์ทำงานไม่ได้**
11-25	ติดตั้ง Support และเดินท่อน้ำยา/Refnet	6	15	VA	ระยะท่อรวมยาว (ชั้น 1 กว้าง 1,000 ตร.ม.)
26-32	ติดตั้งคอยล์เย็น (IDU) 18 เครื่อง	4	7	VA	-
33-35	**แก้ไข** งานท่อน้ำทิ้งที่ชนกับโครงฝ้าหลัก	4	3	**NVA**	**เกิด Rework เพราะไม่ได้คุยกับช่างฝ้าก่อน**
36-40	ทำ Vacuum / Leak Test (24 ชม.) / Test Run	2	5	VA	พบจุดรั่ว 1 จุดที่ข้อต่อ Refnet
รวม	**ระยะเวลาชั้นที่ 1**		**40**		**(คิดเป็น 58.8% ของเวลาเดิม 68 วัน)**

ตารางที่ 3.2 แบบฟอร์มบันทึกเวลาการปฏิบัติงาน ชั้นที่ 2 (กลุ่มที่ปรับปรุง - 650 ตร.ม. / 14 เครื่อง)

วันที่	กิจกรรมหลัก (Process Step)	จำนวนช่าง	เวลา (วัน)	ประเภท	แนวทางที่ปรับปรุง (Improvement)
41	ประชุมร่วมช่างฝ้า (Co-meeting) / เตรียมของ	4	1	NNVA	**(S)** ประชุมเช้า 15 นาที ลดการรอคอย
42-43	Marking ด้วยเลเซอร์ และติดตั้ง Support	2	2	VA	**(S)** ใช้เครื่องมือทันสมัยลดเวลา Marking
44-48	เดินท่อน้ำยาและ Refnet (แบบขนานกับงานฝ้า)	6	5	VA	**(C)** ช่างฝ้าขึ้นโครง ช่างแอร์เดินท่อพร้อมกัน
49-50	ติดตั้งคอยล์เย็น (IDU) 14 เครื่อง	4	2	VA	**(R)** เตรียมชุดแขวนไว้ล่วงหน้า
51-53	Leak Test / Commissioning และส่งงาน	2	3	VA	**(E)** ไม่มีการแก้ไขงาน (Zero Rework)
รวม	**ระยะเวลาชั้นที่ 2**		**13**		**(เมื่อรวมกับชั้นแรก 40 วัน = 53 วัน)**

ตารางที่ 3.3 สรุปการลดระยะเวลา (Time Reduction Analysis)

รายการความสูญเปล่า (Waste)	ชั้นที่ 1 (เดิม)	ชั้นที่ 2 (ใหม่)	เวลาที่ประหยัดได้
การรอคอยช่างอื่น (Waiting)	3 วัน	0 วัน	3 วัน
การแก้ไขงานซ้ำซ้อน (Rework)	3 วัน	0 วัน	3 วัน
การจัดการวัสดุ/เตรียมพื้นที่	3 วัน	1 วัน	2 วัน
ประสิทธิภาพการติดตั้ง (Piping/IDU)	26 วัน	9 วัน*	7 วัน
รวมเวลาที่ลดลง			**15 วัน**

***หมายเหตุ** การลดลงของเวลาในส่วนการติดตั้งยังมาจากสัดส่วนพื้นที่ที่น้อยลง (650 vs 1,000) แต่การตัด NVA ออกไปทั้งหมดคือหัวใจของการปรับปรุงกระบวนการ

- ชั้นที่ 1 มี Non-Value Added (NVA) อยู่ถึงประมาณ 15% ของเวลาทำงานทั้งหมด แต่ในชั้นที่ 2 หลังการใช้ตารางประสานงาน NVA ลดลงเหลือเกือบ 0%
- ใช้ “Daily Coordination Meeting” และ “Combined Shop Drawing” (แบบประสานงาน) เป็นเครื่องมือหลักในการลด 15 วัน
- ระบบ VRV เป็นการลด “เวลาที่ไม่ได้เนื้องาน” ออกไป

บทที่ 4
ผลการศึกษา

จากการดำเนินการวิจัยการปรับปรุงกระบวนการงานติดตั้งระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน กรณีศึกษาอาคารสำนักงาน 2 ชั้น โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลงานตามขั้นตอนการศึกษาในบทที่ 3 ผลการศึกษา มีดังต่อไปนี้

4.1 การวิเคราะห์ปัญหาของการติดตั้งงานระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน 2 ชั้น

4.2 การเปรียบเทียบขั้นตอนงานติดตั้งเครื่องปรับอากาศสำนักงานก่อน-หลังปรับปรุงกระบวนการ

4.3 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขการติดตั้งงานระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน 2 ชั้น

4.4 อภิปรายผล

4.1 การวิเคราะห์ปัญหาของการติดตั้งงานระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน 2 ชั้น

จากการประเมินอาคารสำนักงานกรณีศึกษาที่รูปแบบอาคาร 2 ชั้น มีเนื้อที่ใช้สอยรวมทั้งหมดประมาณ 1,650 ตารางเมตร แบ่งพื้นที่ในแต่ละชั้น ได้ดังนี้ ชั้นที่ 1 มีพื้นที่ 1,000 ตารางเมตร ชั้นที่ 2 มีพื้นที่ 650 ตารางเมตร ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนงานติดตั้งเครื่องปรับอากาศสำนักงาน พบปัญหาและข้อผิดพลาดในกระบวนการติดตั้งงานระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาและคุณภาพงาน และนำเสนอแนวทางแก้ไขปัญหา ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขปัญหางานติดตั้งเครื่องปรับอากาศสำนักงาน

ลำดับ	ปัญหาที่พบ (ก่อนการปรับปรุง)	แนวทางแก้ไข (หลังการปรับปรุง)
1	**แบบ Shop Drawing ไม่ครบถ้วน ไม่ชัดเจน** อ่านแบบยากเพราะใช้สีจาง ระบุรายละเอียดไม่ครบ (หมายเลขเครื่อง ขนาด BTU ขนาดท่อน้ำยา ขนาดสายไฟ ตำแหน่งติดตั้ง) และไม่มีการตรวจสอบร่วมกับแบบงานอื่นที่เกี่ยวข้องก่อนส่งอนุมัติ	**อบรมพนักงานเขียนแบบ** และให้วิศวกรควบคุมงานตรวจสอบเทียบแบบงานระบบปรับอากาศกับแบบ **Shop Drawing ของโครงสร้าง และสถาปัตย์** ก่อนส่งอนุมัติเพื่อให้แบบครบถ้วน (ลดเวลาลง 4 วัน)
2	**การจัดซื้ออุปกรณ์และการจัดเก็บอุปกรณ์ไม่ตรงตามหน้างาน/แผนงานหลัก** ไม่มีการเรียงลำดับการใช้งานก่อน-หลัง จัดเตรียมอุปกรณ์ไม่ครบ ถอดปริมาณวัสดุผิดพลาด และการสื่อสารในองค์กรไม่ชัดเจน	จัดทำ **แผนจัดซื้อให้สอดคล้องตามแผนงานหลัก** ของโครงการ **จัดเก็บอุปกรณ์ให้เป็นสัดส่วน** แยกประเภท ทำชั้นวาง ติดป้ายชื่อ จัดเรียงให้หยิบใช้งานง่าย **ติดตั้งกล้องวงจรปิด** ปิดกั้นพื้นที่เก็บอุปกรณ์ และล็อคประตูทุกครั้ง (ลดเวลาลง 5 วัน)
3	**การติดตั้งงานระบบปรับอากาศไม่เป็นไปตามวันและเวลาที่กำหนด/ไม่ตรงตามแบบ** เช่น ระยะวางท่อ/ตำแหน่งติดตั้งไม่ตรงตามแบบ ไม่เชื่อมท่อทองแดงผ่านไนโตรเจนเพื่อลดเขม่า ไม่หุ้มฉนวน ท่อระบายน้ำทิ้งไม่ได้ระดับ เติมน้ำยาผิดปริมาณ	**1. จัดอบรมผู้ปฏิบัติงานก่อนเข้างานทุกวัน** เพื่อแจ้งลำดับงานและวิธีการที่ชัดเจน วิศวกรควบคุมงานเตรียมแบบพร้อมอธิบาย **วิศวกรควบคุมงานตรวจสอบความถูกต้องของการติดตั้งในแต่ละวัน** (ระยะ ชนิดท่อ การเชื่อมท่อ น้ำยาโดยใช้ไนโตรเจน เทสแรงดันไนโตรเจนเพื่อทดสอบรอยเชื่อม เพื่อตรวจสอบมาตรฐานการติดตั้ง (ASHRAE Standard 62.1) และติดตามความก้าวหน้าของการดำเนินงาน **2. เพิ่มจำนวนทีมช่างปฏิบัติงาน** จากเดิม ช่าง 4 คน ลูกมือ 4 คน เพิ่มเป็น ช่าง 6 คน ลูกมือ 6 คน **3. ลดขั้นตอนปรับแต่งและตรวจสอบสมรรถนะ (Fine Tuning)** (ลดเวลาลง 6 วัน)

4.2 การเปรียบเทียบขั้นตอนงานติดตั้งเครื่องปรับอากาศสำนักงานก่อน-หลังปรับปรุงกระบวนการ

การปรับปรุงกระบวนการงานติดตั้งระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน กรณีศึกษาอาคาร 2 ชั้น พื้นที่รวม 1,650 ตร.ม. (ชั้น 1: 1,000 ตร.ม. / ชั้น 2: 650 ตร.ม.) จำนวนเครื่องระบบ VRV รวม 32 เครื่อง (ชั้น 1: 18 เครื่อง / ชั้น 2: 14 เครื่อง) แบ่งประเภทกิจกรรมออกเป็น 3 ประเภท ตามหลักการ Lean Construction ดังนี้

1) **VA (Value-Added Work)** หมายถึง งานที่เกิดเนื้องานจริง เช่น การเดินท่อ การแขวนเครื่อง การหุ้มฉนวน
    - *เป้าหมาย:* ทำให้มีสัดส่วนมากที่สุด
2) **NVA (Non-Value Added Work / Waste)** หมายถึง ความสูญเปล่าที่ควรตัดออก เช่น การรอคอยช่างอื่น การแก้ไขงานเดิมที่ทำผิด (Rework) การเดินไปหยิบของไกล ๆ
    - *เป้าหมาย:* **Eliminate (ตัดออก)**
3) **NNVA (Necessary Non-Value Added Work)** หมายถึง งานที่ไม่ได้เนื้องานติดตั้งโดยตรงแต่จำเป็นต้องทำ เช่น การเตรียมเครื่องมือ การอ่านแบบ การทำความสะอาดหน้างาน
    - *เป้าหมาย:* **Simplify (ทำให้เร็วขึ้น/ง่ายขึ้น)**

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบขั้นตอนงานติดตั้งเครื่องปรับอากาศสำนักงานก่อน-หลังปรับปรุงกระบวนการ

ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (อ้างอิงกระบวนการติดตั้ง VRV)	ระยะเวลาเดิม (68 วัน)	ระยะเวลาใหม่ (53 วัน)	ส่วนต่าง (วัน)	ประเภท (Lean)	สาเหตุและแนวทางการปรับปรุง
1	สำรวจหน้างาน (Site Survey)	2	2	0	NNVA	ตรวจสอบพื้นที่และจุดติดตั้ง
2	ออกแบบและเขียนแบบ Shop Drawing	7	3	**-4**	**VA/NVA**	**อบรมพนักงานและทำ Clash Detection ร่วมกับสถาปัตย์**
3	จัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์	15	10	**-5**	**NNVA**	**ปรับแผนจัดซื้อให้สอดคล้องแผนงานหลักและ 5ส**
4	เตรียมพื้นที่และโครงสร้างรองรับ	5	5	0	VA	ติดตั้งฐาน ODU และแขวนโครง IDU
5	ติดตั้ง Outdoor Unit (ODU)	2	2	0	VA	ยกและติดตั้งคอนเดนซิ่งภายนอก
6	ติดตั้ง Indoor Unit (IDU) 32 เครื่อง	5	5	0	VA	ทีมช่างและลูกมือช่วยกันติดตั้งแฟนคอยล์
7	เดินท่อทองแดงและท่อน้ำยา (Piping)	7	5	**-2**	**VA**	**ตรวจสอบแนวทางเดินท่อลดความซ้ำซ้อน**
8	ติดตั้งท่อน้ำทิ้ง (Drain Pipe)	4	4	0	VA	เดินท่อหลักและตรวจสอบความลาดเอียง

ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (อ้างอิงกระบวนการติดตั้ง VRV)	ระยะเวลาเดิม (68 วัน)	ระยะเวลาใหม่ (53 วัน)	ส่วนต่าง (วัน)	ประเภท (Lean)	สาเหตุและแนวทางการปรับปรุง
9	ติดตั้งระบบไฟฟ้าและควบคุม	9	9	0	VA	เดินสาย Power & Control และระบบสายดิน
10	หุ้มฉนวนท่อและเก็บงาน	4	4	0	VA	ป้องกันการควบแน่นและงานตกแต่ง
11	ทดสอบระบบ (Commissioning)	3	3	0	VA	ทำ Vacuum เติมน้ำยา และตรวจสอบรั่ว
12	ปรับแต่งสมรรถนะ (Fine Tuning)	4	0	**-4**	**NVA**	**ลดขั้นตอนซ้ำซ้อนโดยเน้นคุณภาพตั้งแต่ติดตั้ง**
13	ส่งมอบงานและอบรมผู้ใช้งาน	1	1	0	NNVA	อบรมการบำรุงรักษาและลงนามรับมอบ
ระยะเวลาโครงการรวม		**68**	**53**	**-15**		**ลดเวลาลงร้อยละ 22.06**

หลังจากแก้ไขปัญหาและปรับปรุงกระบวนการตามหัวข้อปัญหาต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว พบว่า ระยะเวลาปฏิบัติงานโครงการลดเวลาลง 15 วัน คิดเป็นร้อยละ 22.06 จากกำหนดการโดยรวมทั้งหมด 68 วัน รวมถึงส่งผลให้สามารถลดลดค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานได้ คิดเป็นร้อยละ 22.06 ของค่าปฏิบัติงานทั้งหมด ลดความเสี่ยงและต้นทุนทางการเงิน (Risk and Cost Reduction) ความล่าช้าในการส่งมอบงานมักนำมาซึ่งบทลงโทษตามสัญญา (Contractual Penalties) และลดต้นทุนการดำเนินงาน (Operating Costs) ที่ไม่จำเป็น เช่น ค่าใช้จ่ายในการควบคุมงาน ค่าแรงงานรายวัน หรือค่าเช่าอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น และเป็นผลดีต่อเจ้าของกิจการจากการติดตั้งระบบปรับอากาศเสร็จเร็วกว่ากำหนด ลดความเสี่ยงในการถูกปรับและประหยัดต้นทุน การ

ทำงานที่ล่าช้าจะทำให้บริษัทผู้รับเหมาอาจต้องโดนปรับเงินตามมูลค่าของโครงการ เช่น หากในกรณีของโครงการนี้ มูลค่างานระบบปรับอากาศคือ 3,700,000 บาท และมีค่าปรับ 1% ต่อวัน คิดเป็น 37,000 บาทต่อวัน หากส่งมอบงานไม่ทัน การติดตั้งเสร็จเร็วขึ้น เช่น เร็วขึ้น 15 วัน (จาก 68 วัน เหลือ 53 วัน) ทำให้บริษัทไม่ต้องแบกรับภาระค่าปรับสูง การปิดโครงการเป็นหนึ่งในขั้นตอนสำคัญสำหรับโครงการก่อสร้างใด ๆ คุณภาพของข้อมูลการปิดโครงการ ความตรงต่อเวลาของการก่อสร้าง และการตอบสนองต่อความคาดหวังของเจ้าของโครงการ สามารถส่งผลต่อความสัมพันธ์โดยรวมระหว่างลูกค้าและผู้รับเหมา ความล่าช้าในกระบวนการปิดโครงการอาจส่งผลกระทบต่อผลกำไรของโครงการและความล่าช้าในการเคลื่อนย้ายทรัพยากรไปยังงานถัดไป (Magxaka et al, 2023)

สรุปการคำนวณความคุ้มค่าของโครงการ ดังนี้

1) ร้อยละของระยะเวลาที่ลดลง (Time Reduction %)

$$Efficiency\ Improvement\ (\%) = \frac{Total\ Time\ (68) - Total\ Time\ (53)}{Total\ Time\ (68)} X\ 100$$

$$= 22.06\%$$

2) มูลค่าความเสี่ยงจากค่าปรับที่ประหยัดได้ (Risk Cost Avoidance)

ค่าปรับที่ลดได้ = จำนวนวันที่เร็วขึ้น X (มูลค่าโครงการ X % ค่าปรับต่อวัน)

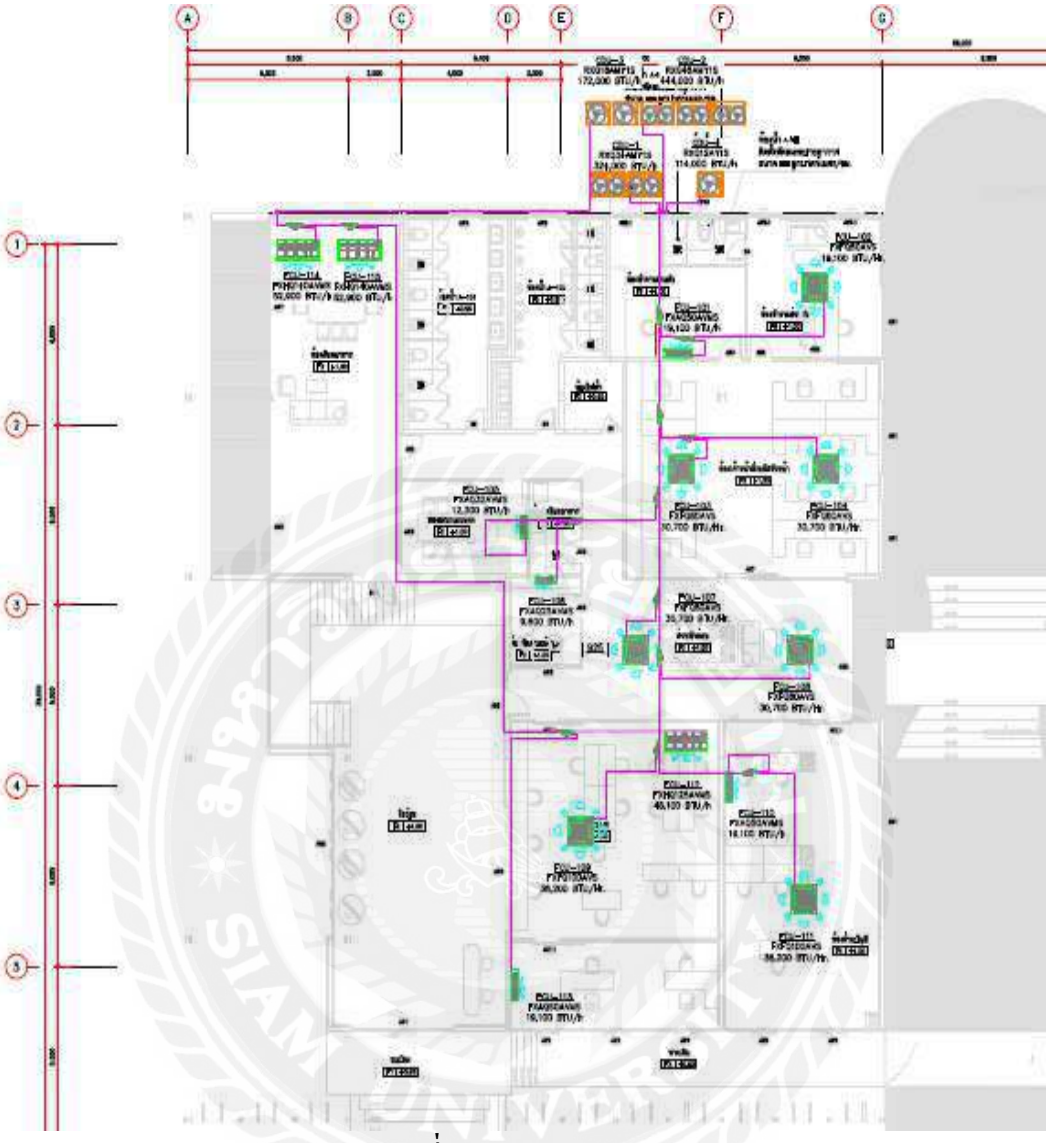
= 15 วัน X (3,700,000 บาท X1%)

= 555,000 บาท

4.3 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขการติดตั้งงานระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน 2 ชั้น

ผู้วิจัยจัดทำรายงานผลการปฏิบัติงาน มีการรับรู้ปัญหาและมีการดำเนินการแก้ไขปัญหาอย่างเร่งด่วน มีการเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงการทำงานทุกครั้ง รวมถึงการสรุปผลของงานเป็นรายสัปดาห์ และประชุมฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

4.3.1 แบบ Shop Drawing ไม่ครบถ้วนและไม่ชัดเจน ได้มีการอบรมพนังงานเขียนแบบและให้หัวหน้างานตรวจสอบเทียบแบบงานระบบปรับอากาศกับแบบ Shop Drawing ของโครงสร้าง และ สถาปัตย์ ก่อนส่งอนุมัติ เพื่อให้แบบงานระบบปรับอากาศออกมาได้ครบถ้วน



ภาพที่ 4.1 แบบ Shop Drawing

4.3.2 การขออนุมัติแบบ วัสดุ อุปกรณ์ ล่าช้า ได้มีการตรวจสอบแบบจากหัวหน้าหน่วยก่อนการส่งอนุมัติ ส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบจากผู้ว่าจ้าง ให้ทำการ Revise แบบ Shop Drawing ขึ้นมาต่อจากของเดิมเป็น Revise 2, Revise 3 ตามที่ผู้ว่าจ้างต้องการ แล้ว ถ้าการเปลี่ยนแปลงแบบจากผู้ว่าจ้างนั้นไปกระทบกับกำหนดการเริ่มติดตั้งงาน ให้แจ้งผู้ว่าจ้าง ทุกครั้ง ส่วนวัสดุอุปกรณ์นั้นจะกำหนดมาโดยผู้ว่าจ้างหรือผู้ออกแบบ ถ้าวัสดุนั้นไม่มีขายในประเทศ การขนส่งล่าช้า หรือเลิกผลิตไปแล้ว ให้เสนอเทียบอุปกรณ์ที่สามารถทดแทนกันได้ให้ผู้ว่าจ้างเลือกพิจารณา

ตารางที่ 4.3 รายการอุปกรณ์ระบบปรับอากาศแบบ VRV ของ Daikin โดยระบุรายละเอียดรุ่น จำนวน และคำอธิบายของแต่ละรายการ

Model Type	Model Name	Qty	Description
Outdoor unit	RXQ12AY1S	1	Cooling only VRV A(18,20HP single module)TH
	RXQ18AMY1S	1	Cooling only VRV A(18,20HP multi module)TH
	RXQ34AMY1S	1	Cooling only VRV A(18,20HP multi module)TH
	RXQ46AMY1S	1	Cooling only VRV A(18,20HP multi module)TH
Indoor unit	FXAQ25AVMS	1	VRV A(AVMS)- Wall Mounted
	FXAQ32AVMS	3	VRV A(AVMS)- Wall Mounted
	FXAQ50AVMS	3	VRV A(AVMS)- Wall Mounted
	FXAQ63AVMS	1	VRV A(AVMS)- Wall Mounted
	FXFQ100AVS	3	VRV F(AVS)- Ceiling Mounted Cassette(Round Flow)
	FXFQ140AVS	4	VRV F(AVS)- Ceiling Mounted Cassette(Round Flow)
	FXFQ50AVS	1	VRV F(AVS)- Ceiling Mounted Cassette(Round Flow)
	FXFQ80AVS	6	VRV F(AVS)- Ceiling Mounted Cassette(Round Flow)
	FXHQ100MAVS	3	VRV HS- Ceiling Suspended
	FXHQ125AVMS	1	VRV HS- Ceiling Suspended
	FXHQ140AVMS	4	VRV HS- Ceiling Suspended
Branch unit	BHFP22P100	2	Outdoor unit multi connection piping kit
	BHFP22P151	1	Outdoor unit multi connection piping kit
	KHRP26A22T	7	Refnet branch piping kit
	KHRP26A33T	4	Refnet branch piping kit
	KHRP26A72T	12	Refnet branch piping kit
	KHRP26A73T + KHRP26M73TP	3	Refnet branch piping kit
Option or add-on	BRC1E63	30	Wired Remote Controller (Navigation Remote Controller)
	BYCQ125EAF	14	Standard panel(Fresh white)
Refrigerant	R410A	37.7kg	Extra refrigerant charge
Copper pipe	Piping ø ¼"	44.0m	Copper pipe
	Piping ø ⅜"	137.5m	Copper pipe
	Piping ø ½"	78.0m	Copper pipe
	Piping ø ⅝"	127.5m	Copper pipe
	Piping ø ¾"	72.0m	Copper pipe
	Piping ø ⅞"	16.5m	Copper pipe
	Piping ø 1⅛"	72.0m	Copper pipe
	Piping ø 1⅜"	22.5m	Copper pipe
	Piping ø 1⅝"	18.0m	Copper pipe

ลำดับ	รายการ	รายละเอียดวัสดุ	รูปภาพ
1	INSULATION CLOSED CELL FLEXIBLE	ยี่ห้อวัสดุ : AEROFLEX รุ่น : AEROFLEX STANDARD สี : ดำ	
2	Pipe Copper Tube Type L	ยี่ห้อวัสดุ : HANA Copper Tube TYPE รุ่น : TYPE L	
3	Pipe Fitting	ยี่ห้อวัสดุ : HANA Copper Tube รุ่น : Coupling,90 Elbow , 45 Elbow ,Tees	
4	AEROSEAL INSULATION	ยี่ห้อวัสดุ : AEROSEAL รุ่น : B-819	
5	AEROTAPE	ยี่ห้อวัสดุ : AEROTAPE รุ่น : ฉนวนแผ่นม้วนมีกาวในตัว สี : ดำ	

ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างรายการและรายละเอียดวัสดุสำหรับงานติดตั้งระบบในเอกสารขออนุมัติ

4.3.3 การจัดซื้ออุปกรณ์และการจัดเก็บอุปกรณ์ การจัดซื้ออุปกรณ์นั้นต้องทำแผนจัดซื้อให้สอดคล้องตามแผนงานหลักของโครงการส่วนการจัดเก็บอุปกรณ์นั้น ต้องแยกอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เป็นสัดส่วน ทำชั้นวางอุปกรณ์แยกออกจากกันให้ชัดเจน ติดป้ายชื่อหรือสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามชั้นวาง ให้จัดเรียงอุปกรณ์ให้สะดวกแก่การหยิบใช้งานและการค้นหาอุปกรณ์ ติดตั้งกล้องวงจรปิดเพื่อป้องกันการลักขโมย และปิดกั้น Store ให้มิดชิดไม่มีช่องลอดเข้ามาได้ ล็อคประตูทุกครั้งเมื่อไม่มีผู้ปฏิบัติงานอยู่ข้างใน store

4.3.4 การติดตั้งงานระบบปรับอากาศที่ไม่ได้มาตรฐานหรือไม่ตรงตามแบบ ต้องมีการจัดอบรมผู้ปฏิบัติงานก่อนเข้างานทุกวันโดยการอบรมจะเป็นการแจ้งให้ผู้ปฏิบัติงานทราบว่าจะต้องทำเริ่มปฏิบัติงานจากตรงไหนเป็นจุดแรก และ ต้องทำอย่างไรเรียงลำดับก่อนลังให้ชัดเจน เช่น วันนี้ต้องวางแนวซัพพอร์ตท่อ ระยะของซัพพอร์ต การรับน้ำหนักของซัพพอร์ตฝังท่อน้ำยา และซัพพอร์ตแขวนเครื่อง FCU – CDU ชั้น 1 และชั้น 2 และหัวหน้างานต้องเตรียมแบบให้พร้อมอธิบายให้ผู้ปฏิบัติงานทราบ ว่าตรงไหนใช้ซัพพอร์ตในรูปแบบไหน ท่อทองแดงชนิดอะไรและต้องใช้ขนาดเท่าไหร่ เส้นออฟเมตรอยู่ตรงไหน วัดระยะจากเส้นออฟเมตรมาเท่าไหร่ เพื่อทำการการยึดท่อทองแดงไปกับเหล็กซัพพอร์ตโครงสร้างในพื้นต้องทำอย่างไร ตำแหน่งการติดตั้งตัวเครื่อง FCU – CDU ว่าถูต้องตามแบบ Shop Drawing หรือข้อกำหนดตามสัญญาหรือไม่ การเชื่อมท่อน้ำยาได้มี

การเปิดไนโตรเจนเข้าระบบเพื่อทำการลดเขม่าในท่อหรือไม่ และการเชื่อท่อน้ำยามีจุดรั่วหรือไม่ หลังจากเชื่อมปิดระบบท่อน้ำยาแล้วได้ทำการเทสแรงดันไนโตรเจนเพื่อทดสอบรอยเชื่อมว่ามาจุดรั่วหรือไม่ การเดินท่อร้อยสายรูมเทอร์โม และสายคอนโทรลเครื่อง FCU-CDU ในท่อฉนวนสายไฟต้องไม่ขาด อุปกรณ์ส่วนควบต่าง ๆ เช่น บุชชิ่ง วายนัท คอนเน็คเตอร์ ว่าครบถ้วนทุกจุด และจุดเชื่อมต่อไฟฟ้าต้องแน่นทุกจุด รวมไปถึงตรวจดูผู้ปฏิบัติงานว่ามีอาการมึนเมาพร้อมทำงานหรือไม่ อุปกรณ์สวมใส่ครบตามกฎของโครงการหรือไม่ เช่น หมวก Safety รองเท้าหุ้มส้น กางเกงขายาว เสื้อสะท้อนแสง และแจ้งให้ผู้ปฏิบัติงานทราบกฎของโครงการว่าเป็นอย่างไร เช่น พื้นที่สูบบุหรี่อยู่ตรงไหน ช่วงพักเบรกกินข้าวต้องไปกินที่ไหน ห้องน้ำอยู่ตรงไหน และหลังผู้ปฏิบัติงานทำงานเสร็จในแต่ละวัน หัวหน้างานต้องตรวจงานทุกครั้งเพื่อให้ทราบว่า งานเป็นอย่างไร ระยะ วัสดุอุปกรณ์ อุปกรณ์ส่วนควบ ตรงตามแบบที่อนุมัติและแผนที่วางไว้หรือไม่ มีการขโมยตัดท่อทองแดง ตัวเครื่อง FCU – CDU ที่ติดตั้งไปแล้ว วัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ หรือไม่ ผู้ปฏิบัติงานทำความสะอาดพื้นที่ทำงานหลังงานเสร็จในแต่ล่ะวันหรือไม่

4.3.5 การตรวจงานล่าช้า ได้จัดแยกชุดอุปกรณ์สำหรับการตรวจงานโดยเฉพาะ เช่นแบบที่อนุมัติแล้ว เครื่องวัดแรงดันน้ำยา เครื่องชั่งประมาณน้ำยา เครื่องมือวัดกระแสไฟ และวางแผนทำนัดหมายแจ้งวันและเวลากับผู้ตรวจงาน โดยหัวหน้างานต้องมาทุกครั้ง เพื่อรับรู้ปัญหาและสามารถแก้ไขหน้างานได้อย่างรวดเร็ว

4.3.6 การส่งมอบงานล่าช้ากว่ากำหนดการมีผลมาจากทุกข้อที่กล่าวมาข้างต้นจึงจะต้องทำแผนการเร่งรัดงานเพื่อให้งานกลับมาทันตามแผนงานหลัก และการส่งมอบงานให้ผู้ว่าจ้างต้อง มีการอบรมและแนะนำวิธีการใช้งานเครื่องปรับอากาศที่ถูกต้องให้ผู้ว่างจ้างงาน และการส่งเอกสารต่าง ๆ เช่น แบบ As Buit การรับประกันผลงาน เล่ม Manual และเอกสารเบิกงวดงานให้แก่ผู้ว่าจ้างในแต่ละงาน

4.4 อภิปรายผล

จากการศึกษาการปรับปรุงกระบวนการงานติดตั้งระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน กรณีศึกษาอาคารสำนักงาน 2 ชั้น พบว่า ปัญหากระบวนการติดตั้งระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน เกิดจาก 3 สาเหตุใหญ่ ได้แก่ 1) แบบ Shop Drawing ไม่ครบถ้วน ไม่ชัดเจน 2) การจัดซื้ออุปกรณ์และการจัดเก็บอุปกรณ์ไม่ตรงตามหน้างาน/แผนงานหลัก และ 3) การติดตั้งงานระบบปรับอากาศไม่เป็นไปตามวันและเวลาที่กำหนด/ไม่ตรงตามแบบ จึงได้ดำเนินการเสนอแนวทางปรับปรุงแก้ไข ดังนี้ 1) อบรมพนักงานเขียนแบบ และให้วิศวกรควบคุมงานตรวจสอบเทียบแบบงานระบบปรับอากาศกับแบบ Shop Drawing ของโครงสร้างและสถาปัตย์ ก่อนส่งอนุมัติเพื่อให้แบบครบถ้วน

(ลดเวลาลง 4 วัน) 2) จัดทำแผนจัดซื้อให้สอดคล้องตามแผนงานหลัก จัดเก็บอุปกรณ์ให้เป็นสัดส่วน แยกประเภท ทำชั้นวาง ติดป้ายชื่อ จัดเรียงให้หยิบใช้งานง่าย ติดตั้งกล้องวงจรปิด (ลดเวลาลง 5 วัน) การจัดทำแผนจัดซื้อให้สอดคล้องกับแผนงานหลักและการจัดการคลังวัสดุด้วยระบบ 5ส ช่วยให้การไหลเวียนของวัสดุมีความต่อเนื่อง 3) การจัดการข้อมูลด้านการตรวจสอบแบบประสานงาน (Clash Detection) ช่วยลดปัญหาการติดตั้งที่ไม่เป็นไปตามแบบและลดการแก้ไขงานหน้างาน โดยจัดอบรมผู้ปฏิบัติงานก่อนเข้างานทุกวัน เพื่อแจ้งลำดับงานและวิธีการที่ชัดเจน 4) เพิ่มจำนวนทีมช่างปฏิบัติงาน จากเดิม ช่าง 4 คน ลูกมือ 4 คน เพิ่มเป็น ช่าง 6 คน ลูกมือ 6 คน และ5) ลดขั้นตอนปรับแต่งและตรวจสอบสมรรถนะ (Fine Tuning) (ลดเวลาลง 6 วัน)

จากการดำเนินงานปรับปรุงกระบวนการตามหัวข้อปัญหาต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว พบว่าระยะเวลาปฏิบัติงานโครงการลดเวลาลง 15 วัน คิดเป็นร้อยละ 22.06 จากกำหนดการโดยรวมทั้งหมด 68 วัน รวมถึงส่งผลให้สามารถลดลดค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานได้ คิดเป็นร้อยระ 22.06 ของค่าปฏิบัติงานทั้งหมด ซึ่งเป็นข้อพิสูจน์ที่ชัดเจนว่าการลงทุนในการปรับปรุงกระบวนการ (Process Improvement) โดยเฉพาะการจัดการข้อมูล (Drawing Management) และห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) มีส่วนสำคัญในการควบคุมและลดต้นทุนโครงการก่อสร้างได้จริงตามหลักวิศวกรรมคุณค่า ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการนำหลักการ Lean Construction มาใช้ช่วยกำจัดความสูญเปล่าจากการรอคอยและการแก้ไขงาน (Waste of Waiting and Inventory) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้านวิศวกรรมคุณค่า การลดระยะเวลาส่งมอบงาน 15 วัน ช่วยลดความเสี่ยงทางการเงินจากค่าปรับตามสัญญา (Penalty) ซึ่งในกรณีศึกษานี้ช่วยป้องกันค่าปรับที่อาจสูงถึง 37,000 บาทต่อวัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ พัชริดา เสนีย์วงศ์ และคณะ (2568) ที่ได้การศึกษาแนวทางการลดต้นทุนค่าก่อสร้างโครงการจัดสรรประเภทบ้านเดี่ยวโดยวิศวกรรมคุณค่า ที่พบว่าการนำวิศวกรรมคุณค่ามาใช้ควบคุมต้นทุนในด้านต่าง ๆ ดังนี้ (1) ด้านต้นทุนวัสดุก่อสร้าง ได้แก่ การคัดเลือกวัสดุที่มีคุณภาพตามมาตรฐานและมีต้นทุนลดลง การบริหารงานจัดซื้อ การใช้วัสดุทดแทนและการลดการสูญเสียเศษวัสดุ (2) ด้านต้นทุนแรงงาน ได้แก่ การสร้างวัฒนธรรมการทำงานเป็นทีม การวางแผนคัดเลือกแรงงาน และกำหนดจำนวนแรงงานให้พอดีกับปริมาณงาน และการนำเทคโนโลยีการก่อสร้างและเทคนิคการบริหารงานสมัยใหม่มาใช้ (3) ด้านต้นทุนดำเนินการ ได้แก่ การลดระยะเวลาก่อสร้าง และการลดต้นทุนด้านคุณภาพโดยการปรับปรุงกระบวนการสั่งซื้อวัสดุ การควบคุมโดยวิศวกรสำนักงานสนาม การปรับเปลี่ยนรายละเอียดของงาน การปรับปรุงกระบวนการสรรหาบุคลากร การทำงานแบบเป็นทีม การร่วมกันวางแผนงานก่อสร้าง การสร้างทักษะของแรงงาน และการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาใช้ ทั้งนี้ ผู้วิจัยยังพบว่าวิศวกรรมคุณค่ายังสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพหรือประสิทธิภาพการดำเนินงาน และลดเวลาในกระบวนการ

ก่อสร้างได้อีกด้วย ปัญหาด้านห่วงโซ่อุปทานและการจัดการวัสดุ: ความผิดพลาดในการ “จัดซื้ออุปกรณ์และการจัดเก็บอุปกรณ์ไม่ตรงตามหน้างาน/แผนงานหลัก” สะท้อนถึงการจัดการโลจิสติกส์และคลังวัสดุที่ไม่ดีพอ ซึ่งขัดต่อหลักการ Lean Construction จึงดำเนินการปรับปรุงกระบวนการปฏิบัติงานตามหลักการ Lean Construction การดำเนินการแก้ไขโดยการ “จัดทำแผนจัดซื้อให้สอดคล้องตามแผนงานหลัก จัดเก็บอุปกรณ์ให้เป็นสัดส่วน และติดตั้งกล้องวงจรปิด” เป็นการลดความสูญเปล่าที่เกิดจากการรอคอย การเคลื่อนย้าย และการสูญหายของวัสดุ (Waste of Waiting and Inventory) ซึ่งประสบความสำเร็จในการ ลดระยะเวลาลงได้ 5 วัน สอดคล้องกับงานวิจัยของนัฐกาน นัยนานนท์ (2567) ที่ศึกษาแนวคิดการลดต้นทุน เพิ่มกำไรให้ธุรกิจรับเหมาก่อสร้าง ด้วยการบริหารตามหลักการ Lean Construction โดยวิเคราะห์จากการนำแนวคิดลีนคอนสตรัคชั่นมาใช้เป็นกรอบในการวิเคราะห์ ได้แก่ 1) การมุ่งเน้นลูกค้า (Customer focus) 2) ห่วงโซ่อุปทาน (Supply) 3) การปรับปรุงและพัฒนากระบวนการทำงานอย่างต่อเนื่อง (Continuous improvement) 4) การกำจัดของเสียหรือความสูญเปล่า (Waste elimination) 5) การมีส่วนร่วมของผู้คน (People involvement) 6) การวางแผนและการจัดลำดับงาน (Planning and Scheduling) 7) คุณภาพ (Quality) 8) การกำหนดมาตรฐาน (Standardization) และ 9) ความโปร่งใส (Transparency) ซึ่งด้วยลักษณะขั้นตอนการทำงานที่มีความท้าทายเฉพาะตัวของธุรกิจรับเหมาก่อสร้าง ที่สามารถก่อให้เกิดความสูญเปล่าในกระบวนการทำงานได้ง่ายมากนั้น หลักการ Lean Construction จะช่วยลดต้นทุนโดยการมุ่งเน้นการจัดการทรัพยากรหลักในงานก่อสร้าง 3 ประเภท ได้แก่ วัสดุ (Material) เวลา (Time) และแรงงาน (Labor) ดังนั้น การนำหลักการบริหารจัดการแบบลีนคอนสตรัคชั่นมาประยุกต์ใช้จึงมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อองค์กร สามารถช่วยลดต้นทุน เพิ่มกำไร และเพิ่มศักยภาพทางการแข่งขันให้แก่ธุรกิจรับเหมาก่อสร้างได้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยการปรับปรุงกระบวนการงานติดตั้งระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน กรณีศึกษาอาคารสำนักงาน 2 ชั้น สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล ได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยการปรับปรุงกระบวนการงานติดตั้งระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน กรณีศึกษาอาคารสำนักงาน 2 ชั้น เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ร่วมกับ การศึกษาเฉพาะกรณี (Case Study) โดยใช้หลักการ Lean Construction และหลักการ ECRS เป็นกรอบในการดำเนินงาน และใช้อาคารสำนักงานแห่งหนึ่งเป็นกรณีศึกษา เป็นรูปแบบอาคาร 2 ชั้น มีเนื้อที่ใช้สอยรวมทั้งหมดประมาณ 1,650 ตารางเมตร แบ่งพื้นที่ในแต่ละชั้น ได้ดังนี้ ชั้นที่ 1 มีพื้นที่ 1,000 ตารางเมตร ชั้นที่ 2 มีพื้นที่ 650 ตารางเมตร จากการวิเคราห์ข้อมูลสามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลการวิเคราะห์ปัญหาของการติดตั้งงานระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน 2 ชั้น พบว่า 1) แบบ Shop Drawing ไม่ครบถ้วน ไม่ชัดเจน อ่านแบบยากเพราะใช้สีจาง ระบุรายละเอียดไม่ครบ (หมายเลขเครื่อง ขนาด BTU ขนาดท่อน้ำยา ขนาดสายไฟ ตำแหน่งติดตั้ง) และไม่มีการตรวจสอบร่วมกับแบบงานอื่นที่เกี่ยวข้องก่อนส่งอนุมัติ แนวทางแก้ไข คือ อบรมพนักงานเขียนแบบ และให้วิศวกรควบคุมงานตรวจสอบเทียบแบบงานระบบปรับอากาศกับแบบ Shop Drawing ของโครงสร้างและสถาปัตย์ ก่อนส่งอนุมัติเพื่อให้แบบครบถ้วน (ลดเวลาลง 4 วัน) 2) การจัดซื้ออุปกรณ์และการจัดเก็บอุปกรณ์ไม่ตรงตามหน้างาน/แผนงานหลัก ไม่มีการเรียงลำดับการใช้งานก่อน-หลัง จัดเตรียมอุปกรณ์ไม่ครบ ถอดปริมาณวัสดุผิดพลาด และการสื่อสารในองค์กรไม่ชัดเจน แนวทางแก้ไข คือ จัดทำแผนจัดซื้อให้สอดคล้องตามแผนงานหลักของโครงการ จัดเก็บอุปกรณ์ให้เป็นสัดส่วน แยกประเภท ทำชั้นวาง ติดป้ายชื่อ จัดเรียงให้หยิบใช้งานง่าย ติดตั้งกล้องวงจรปิด ปิดกั้นพื้นที่เก็บอุปกรณ์ และล็อคประตูทุกครั้ง (ลดเวลาลง 5 วัน) 3) การติดตั้งงานระบบปรับอากาศไม่เป็นไปตามวันและเวลาที่กำหนด/ไม่ตรงตามแบบ เช่น ระยะวางท่อ/ตำแหน่งติดตั้งไม่ตรงตามแบบ ไม่เชื่อมท่อทองแดงผ่านไนโตรเจนเพื่อลดเขม่า ไม่หุ้มฉนวน ท่อระบายน้ำทิ้งไม่ได้ระดับ เติมน้ำยาผิดปริมาณ แนวทางแก้ไข คือ จัดอบรมผู้ปฏิบัติงานก่อนเข้างานทุกวัน เพื่อแจ้งลำดับงานและวิธีการ

ที่ชัดเจน วิศวกรควบคุมงานเตรียมแบบพร้อมอธิบาย วิศวกรควบคุมงานตรวจสอบความถูกต้องของการติดตั้งในแต่ละวัน (ระยะ ชนิดท่อ การเชื่อมท่อน้ำยาโดยใช้ไนโตรเจน เทสแรงดันไนโตรเจนเพื่อทดสอบรอยเชื่อม เพื่อตรวจสอบมาตรฐานการติดตั้ง (ASHRAE Standard 62.1) และติดตามความก้าวหน้าของการดำเนินงาน เพิ่มจำนวนทีมช่างปฏิบัติงาน จากเดิม ช่าง 4 คน ลูกมือ 4 คน เพิ่มเป็น ช่าง 6 คน ลูกมือ 6 คน และลดขั้นตอนปรับแต่งและตรวจสอบสมรรถนะ (Fine Tuning) (ลดเวลาลง 6 วัน)

5.1.2 ผลการเปรียบเทียบขั้นตอนงานติดตั้งเครื่องปรับอากาศสำนักงานก่อน-หลังปรับปรุงกระบวนการ จากขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยตามวงจรเดมมิ่ง (PDCA) พบว่า ระยะเวลาปฏิบัติงานโครงการลดเวลาลง 15 วัน คิดเป็นร้อยละ 22.06 จากกำหนดการโดยรวมทั้งหมด 68 วัน รวมถึงส่งผลให้สามารถลดลดค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานได้ คิดเป็นร้อยละ 22.06 ของค่าปฏิบัติงานทั้งหมด ลดความเสี่ยงและต้นทุนทางการเงิน (Risk and Cost Reduction) และลดต้นทุนการดำเนินงาน (Operating Costs) ที่ไม่จำเป็น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากการวิจัย

จากผลการศึกษาการปรับปรุงกระบวนการงานติดตั้งระบบปรับอากาศอาคารสำนักงาน ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1) การจัดทำคู่มือปฏิบัติงานมาตรฐาน (Standard Operating Procedure: SOP) ด้านการจัดการแบบ บริษัทควรจัดทำคู่มือ SOP สำหรับขั้นตอนการจัดทำและตรวจสอบแบบ Shop Drawing โดยกำหนดให้มี Checklist ในการเทียบเคียงแบบงานระบบปรับอากาศกับแบบงานโครงสร้างและสถาปัตยกรรม (Clash Detection) ก่อนส่งอนุมัติทุกครั้ง เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลครบถ้วน และสามารถลดความผิดพลาดที่หน้างาน

2) การประยุกต์ใช้หลักการ Lean Construction ในการจัดการวัสดุ ควรพัฒนาระบบการจัดเก็บวัสดุและอุปกรณ์ให้เป็นระบบ 5ส (สะสาง สะดวก สะอาด สุขลักษณะ สร้างนิสัย) อย่างจริงจัง และผสานรวมการทำ Plan-Do-Check-Act (PDCA) ในการจัดทำแผนจัดซื้อให้สอดคล้องกับแผนงานหลัก เพื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดจากการรอคอยและปัญหาคลังสินค้า

3) การเพิ่มสมรรถนะบุคลากรอย่างต่อเนื่อง ควรมีการจัด Job Briefing (การแจ้งงาน) และการอบรมเฉพาะทาง (เช่น เทคนิคการเชื่อมท่อทองแดงด้วยไนโตรเจน) อย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ทีมช่างมีทักษะและมาตรฐานการทำงานที่สม่ำเสมอ ซึ่งเป็นการลงทุนด้านคุณภาพที่จะช่วยลดความจำเป็นในการแก้ไขงาน (Rework)

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1) การวิจัยเชิงเปรียบเทียบในโครงการที่หลากหลาย ควรทำการวิจัยเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการใช้แนวทางปรับปรุงเดียวกันนี้ใน โครงการที่มีขนาดและประเภทของระบบปรับอากาศที่แตกต่างกัน (เช่น ระบบ Chiller หรือ Split Type) เพื่อประเมินความสามารถในการปรับใช้ (Applicability) และความคุ้มทุนของแนวทางแก้ไขในบริบทที่แตกต่างกัน

2) การประเมินผลกระทบด้านคุณภาพและพลังงานในระยะยาว การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นที่ช่วงการก่อสร้าง ควรมีการศึกษาต่อยอดโดยการ ติดตามประสิทธิภาพการทำงานของระบบปรับอากาศ (Performance Monitoring) ในช่วง 1-3 ปีแรกหลังการติดตั้ง เพื่อประเมินว่าการลดขั้นตอน Fine Tuning และการเร่งรัดงานมีผลกระทบต่อ ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy Efficiency) และ อัตราการแจ้งซ่อม (Defect Rate) ในระยะยาวหรือไม่ ซึ่งจะเชื่อมโยงกับงานวิจัยด้านการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance)

3) การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการลงทุน (Cost-Benefit Analysis) ในการเพิ่มแรงงาน ควรมีการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ที่ละเอียดขึ้นเกี่ยวกับการ เพิ่มจำนวนทีมช่าง โดยเปรียบเทียบต้นทุนแรงงานที่เพิ่มขึ้นกับมูลค่าของค่าปรับที่ลดลงและมูลค่าที่ได้รับจากโครงการ (Earned Value) เพื่อระบุ Optimum Resource Level (ระดับทรัพยากรที่เหมาะสมที่สุด) ที่ให้ผลตอบแทนสูงสุดต่อบริษัทผู้รับเหมา

4) ควรจัดทำคู่มือปฏิบัติงานมาตรฐาน (Standard Operating Procedure) สำหรับการตรวจสอบแบบและการจัดการวัสดุเพื่อใช้ในโครงการต่อ ๆ ไป

5) ควรมีการศึกษาถึงผลกระทบของการลดขั้นตอนการปรับแต่ง (Fine Tuning) ต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบในระยะเวลา 1-3 ปีหลังการใช้งาน

บรรณานุกรม

การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (2566). *รายการประกอบแบบ ระบบปรับอากาศและระบายอากาศโครงการจ้างออกแบบอาคารสำนักงานใหญ่ กนอ. (แห่งใหม่).*

ชลนภา ไกรแก้ว, ณัฐฐกรณ์ พรวนต้นไทร และตะวัน สุขุมนัย. (2563). *การปรับปรุงระบบปรับอากาศชั้น 5 ของอาคารสิรินธรในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัย.* (โครงงานนิพนธ์ปริญญาบัณฑิตที่ไม่มีการตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ทินกร เชื้อวงศ์. (2563). *การศึกษาปัญหาและอุปสรรคของการตรวจสอบอาคารในมุมมองของเจ้าของอาคาร*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสยาม). ฐานข้อมูลงานวิจัย (e-research.siam).

ธนภัทร ไชยเริงศิริกุล. (2566, 7 มกราคม). *Kaizen – แนวคิดการปรับปรุงและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง*. Productive Engineer. https://productiveeng.co/2023/01/07/kaizen/

นัฐกาน นัยนานนท์. (2567). แนวคิดการลดต้นทุน เพิ่มกำไรให้ธุรกิจรับเหมาก่อสร้าง ด้วยการบริหารจัดการแบบลีนคอนสตรัคชั่น. *นวัตศาสตร์สหวิทยาการ*, *2*(1), 8–19.

พัชริดา เสนีย์วงศ์, กองกูณฑ์ โตชัยวัฒน์ และ ทัตตพันธ์ วรมงคลพฤกษ์. (2568). การศึกษาแนวทางการลดต้นทุนค่าก่อสร้างโครงการจัดสรรประเภทบ้านเดี่ยวโดยวิศวกรรมคุณค่า. ใน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บ.ก.), *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 30* (น. CEM-47-1-8). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มนัสชัย เงินยวง. (2565). *การประยุกต์ใช้หลักการของลีนคอนสตั๊คชั่นเพื่อลดความสูญเสียในการดำเนินการวางแผนออกแบบโครงการเพื่อการก่อสร้าง กรณีศึกษา : โครงการก่อสร้างบ้านพักข้าราชการกองทัพอากาศ ท่าดินแดง.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์). ฐานข้อมูลงานวิจัย (library.tu).

มารุต บุญทรัพย์. (2560). *การพัฒนาโปรแกรมออกแบบมาตรฐานการผลิตสายไฟฟ้าเพื่อลดข้อผิดพลาด.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสยาม). ฐานข้อมูลงานวิจัย (e-research.siam).

บรรณานุกรม (ต่อ)

ยศกร ชลรัตน. (2563). *การจัดการงานก่อสร้างโครงการอาคารสูงประเภทที่อยู่อาศัยด้วยเทคนิคปัจจัยสำคัญแห่งความสำเร็จ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสยาม). ฐานข้อมูลงานวิจัย (e-research.siam).

ยุทธนา ศรีผา, นาตยา เจริญสุข, และเมธาวุฒิ โชติสวัสดิ์. (2555). *การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อน ชนิดแผ่นเพลทแบบเชื่อมติดระบายความร้อนด้วยน้ำ*. (รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ). ฐานข้อมูลงานวิจัย (research.rmutsb).

วันชัย ริจิรวนิช. (2548). *การศึกษาการทำงาน หลักการและกรณีศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 3). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.

ศิลา พยัฆฆ์มีธรรม. (2564). *การติดตั้งและการเลือกใช้เครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์*. (รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา, มหาวิทยาลัยสยาม). ฐานข้อมูลงานวิจัย (e-research.siam).

สมาพันธ์การปรับอากาศและทำความเย็นไทย. (2566). *มาตรฐานการติดตั้ง เครื่องปรับอากาศแบบระบบปรับปริมาณสารทำความเย็นอัตโนมัติ*.

อานนท์ พูลประดิษฐ์ และ กวิน ตันติเสวี. (2568). การศึกษาปัญหาติดตั้งและส่งมอบระบบทำความเย็นแบบรวมศูนย์ : โครงการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่พิเศษ. ใน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บ.ก.), *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 30* (น. CEM-44-1-9). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อิศเรศ พันธเสน. (2559). *การปรับปรุงกระบวนการเสนอราคางานระบบไฟฟ้าในอาคาร*. (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสยาม). ฐานข้อมูลงานวิจัย (e-research.siam).

Anonymous. (2557, 1 มกราคม). *มาตรฐานงานระบบวิศวกรรม HVAC ของ ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)*. https://gandthailo.blogspot.com/2013/12/hvac-ashrae-american-society-of-heating.html

บรรณานุกรม (ต่อ)

ASHRAE. (2019). *ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2019: Ventilation for acceptable indoor air quality.* American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. https://fire-gas.com/storage/2024/06/ASHRAE-62.1-2019.pdf

ASHRAE. (2020). *ANSI/ASHRAE Standard 55-2020: Thermal environmental conditions for human occupancy.* American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/standards%20and%20guidelines/standards%20addenda/55_2020_a_20210430.pdf

Balbis-Morejón, M., Cabello-Eras, J. J., Rey-Hernández, J. M., Isaza-Roldan, C., & Rey-Martínez, F. J. (2023). Selection of HVAC technology for buildings in the tropical climate case study. *Alexandria Engineering Journal, 69*, 469–481. https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.02.015

Baradaran-Noveiri, P., Liu, H., Han, S., & Zaheeruddin, M. (2022). Parametric-based design optimization of air distribution system in panelized construction. *Journal of Building Engineering*, *51*, 104254. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104254

Devandran A, Davis FJ, Sammanasu Joseph M. (2025). Perception of contractors and sub-contractors towards the factors causing delays in heating, ventilation and air conditioning (HVAC) construction projects. *VILAKSHAN - XIMB Journal of Management, 22*(1), 62–78, https://doi.org/10.1108/XJM-02-2024-0030

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors* (2nd ed.). Wiley.

Humphrey, A. (2005). *SWOT Analysis for Management Consulting.* SRI Alumni Newsletter.

ideCAD. (n.d.). *What is Building Information Modeling (BIM)?*. https://help.idecad.com/ideCAD/what-is-building-information-modeling-bim

Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction* (Technical Report No. 72). Stanford University.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Magxaka, M., Gajjar, D. and Lucas, J. (2023), Project close-out process for HVAC mechanical contractors: current practices, *Journal of Construction Engineering and Management, 149*(1), 05022016, doi: https://doi.org/10.1061/jcemd4.Coeng-12394.

Nazari, M. H., Zhang, Y., Mahmoodi, A., Xu, G., Yu, J., Wu, J., & Shi, X. (2022). Nanocomposite organic coatings for corrosion protection of metals: A review of recent advances. *Progress in Organic Coatings*, 162, 106573. https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2021.106573

Németh, B. (2024). Air Velocity Measurements in the Offices of the Faculty of Engineering. *MŰszaki Tudományos KÖzlemények. 21*, 73–79. https://doi.org/10.33894/mtk-2024.21.11

RVS INTERGROUP. (ม.ป.ป.). *ออกแบบระบบปรับอากาศ พร้อมรับเหมาติดตั้ง*. https://rvsintergroup.com/ออกแบบระบบปรับอากาศ/

Sangchai Group. (2563). *ส่วนประกอบแอร์ และอุปกรณ์สำคัญในระบบทำความเย็น มีอะไรบ้าง?*. https://www.sangchaigroup.com/refrigeration-cycle-work/

Seppänen, O., & Görsch, C. (2022). Decreasing Waste in Mechanical, Electrical and Plumbing Work. In *Proc. 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)* (pp. 84–94). https://doi.org/10.24928/2022/0111

Shingo, S., & Ohno, T. (1988). *The Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production.* Productivity Press.

SMACNA. (n.d.). About SMACNA. https://www.smacna.org/about-smacna

ThaiDisplay.com. (ม.ป.ป.). *ความสูญเสีย 7 ประการ (7 WASTES) - ThaiDisplay.com*. https://www.thaidisplay.com/content-18.html

Zhang, W., Lee, M. W., Jaillon, L., & Poon, C. (2018). The hindrance to using prefabrication in Hong Kong's building industry. *Journal of Cleaner Production*, *204*, 70–81. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.190

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล นาย ภัทรพล ลิขิตทัศชูวงศ์

ที่อยู่ปัจจุบัน 1/194 ถนนบางแวก แขวงบางไผ่ บางแค กรุงเทพมหานคร 10160

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2555	หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยสยาม

ประสบการณ์ทำงาน

พ.ศ. 2562 - ปัจจุบัน	บริษัท ไฮ เอ.ซี. เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด HIGH A.C. ENGINEERING CO., LTD.
พ.ศ. 2558 – 2561	ห้างหุ้นส่วนจำกัด พี.พี.ซี.แอร์ คอนดิชั่นเนอร์ P.P.C.Air Conditioner LIMITED PARTNERSHIP
พ.ศ. 2557 - 2558	บริษัท อรุณสวัสดิ์ เอ็กซเพรส จำกัด ARUNSAWAD EXPRESS COMPANY LIMITED