

การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมโปรแกรมคำนวณออกแบบระบบปรับอากาศ  
ของอาคารและที่พักอาศัย

นางสาวอังคณา เรืองชัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า  
บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
ปีการศึกษา 2549  
ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ : นางสาวอังคณา เรืองชัย  
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมโปรแกรมคำนวณออกแบบ  
ระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย  
สาขาวิชา : ไฟฟ้า  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตย์วงศ์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพันธ์ ดันศรีวงศ์  
ปีการศึกษา : 2549

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมเรื่องโปรแกรมออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ คู่มือวิทยากร เอกสารสำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรม สื่อสำหรับฝึกอบรม และแบบทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพ ชุดฝึกอบรม โดยนำไปทดลองจัดฝึกอบรมกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 14 คน ซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับระบบปรับอากาศ ผู้ที่สนใจด้านการออกแบบระบบปรับอากาศ เมื่อกลุ่มตัวอย่างได้รับการฝึกอบรมจบในแต่ละบทเรียนแล้ว ให้ทำแบบทดสอบ หลังบทเรียน และเมื่อได้รับการฝึกอบรมครบทุกบทเรียนแล้ว จึงทำแบบทดสอบหลังฝึกอบรม จากนั้นนำผลจากการทำแบบทดสอบมาวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

ผลจากการวิจัยปรากฏว่าชุดฝึกอบรมชุดนี้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.75 / 75.71 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 สรุปได้ว่าชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้นนี้หากจะนำไปใช้ฝึกอบรมต้องมีการปรับปรุงชุดฝึกอบรมนี้ให้ดีขึ้นและเหมาะสมกว่านี้

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 168 หน้า)

คำสำคัญ : การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม

---

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

Name : Miss.Ungkana Ruangchai  
Thesis Title : Development and Finding Efficiency of Training Package for Program to  
Calculate and Design Air – Conditioning System for Building and Residences.  
Major Field : Electrical Technology  
King Mongkut’s Institute of Technology North Bangkok  
Thesis Advisors : Dr.Mongkol Wangsathitwong  
Assistant Professor Dr.Surapan Tansriwong  
Academic Year : 2006

### **Abstract**

The main purpose of this research were to development and finding efficiency of training package for program to calculate and design air – conditioning system for building and residences.

The training package consists of an instructor’s manual, a user’s manual, a set of Power Point presentations, and test sheets. A pilot course was organized by 14 persons. Once the sample participants finished each lesson, they had to take the post-test. After they completed all lessons, they have to take the final test with evaluation. The data was collected for further analytical summary.

In conclusion, the result of this study showed that the efficiency of this training package was 78.75 / 75.71 which was lower than 80/80. This Training Course must be developing before use it again.

(Total 168 pages)

Keywords : Development and Finding Efficiency of Training Package.

---

Advisor

## กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องด้วยได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก ดร.มงคล หวังสถิตย์วงศ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพันธ์ ต้นศรีวงษ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ประทับประครอง รวมถึงให้คำปรึกษาแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดการวิจัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านทั้งสองเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ศูนย์วัฒนธรรมเทคโนโลยีไทย – ฝรั่งเศส ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการจัดฝึกอบรมหลักสูตร

ขอขอบพระคุณ คุณนิรันดร์ เชื้อเคน และผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตอบแบบประเมินในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้บริหาร บริษัท ไคกินเซลล์ (ประเทศไทย) จำกัด และวิศวกรทุกๆ ท่าน ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย ทำแบบทดสอบ และผู้ที่เข้าร่วมอบรมในครั้งนี้

ขอขอบคุณบิดา มารดา ครอบครัว และคุณศักดิ์ สมกุล ผู้เป็นกำลังใจและผลักดัน ให้ดำเนินการวิจัยจนสำเร็จ รวมถึงผู้ที่มีส่วนในการสนับสนุนในงานวิจัยชิ้นนี้ทุกท่าน

ขอขอบคุณเพื่อนๆ และน้องๆ นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์-ไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้ความช่วยเหลือและข้อแนะนำต่างๆ

ท้ายนี้คุณค่าและประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยใคร่ขออุทิศความดีให้ บิดา มารดา คณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน

อังคณา เรืองชัย

## สารบัญ

|                                              | หน้า |
|----------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย                              | ข    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ                           | ค    |
| กิตติกรรมประกาศ                              | ง    |
| สารบัญตาราง                                  | ช    |
| สารบัญภาพ                                    | ซ    |
| บทที่ 1 บทนำ                                 | 1    |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา           | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย                  | 2    |
| 1.3 สมมุติฐานการวิจัย                        | 2    |
| 1.4 ขอบเขตการวิจัย                           | 2    |
| 1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย              | 2    |
| 1.6 ประโยชน์ของผลการวิจัย                    | 3    |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง       | 5    |
| 2.1 ความหมายของการฝึกอบรม                    | 5    |
| 2.2 ขั้นตอนของการจัดการฝึกอบรมอย่างเป็นระบบ  | 6    |
| 2.3 การหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม            | 11   |
| 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                    | 37   |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย                   | 39   |
| 3.1 การออกแบบหัวข้อและแผนการฝึกอบรม          | 39   |
| 3.2 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล                  | 51   |
| 3.3 สถิติที่ใช้ในการวิจัย                    | 52   |
| บทที่ 4 ผลของการวิจัย                        | 53   |
| 4.1 ชุดฝึกอบรมที่ผ่านการพัฒนา                | 53   |
| 4.2 การวิเคราะห์ผลการทำแบบทดสอบหลังบทเรียน   | 56   |
| 4.3 การวิเคราะห์ผลการทำแบบทดสอบหลังฝึกอบรม   | 56   |
| 4.4 การวิเคราะห์ผลการหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม | 57   |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                                                     | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ                                                              | 59   |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย                                                                                  | 59   |
| 5.2 อภิปรายผลการวิจัย                                                                               | 59   |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ                                                                                      | 60   |
| เอกสารอ้างอิง                                                                                       | 61   |
| ภาคผนวก ก                                                                                           | 63   |
| รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดฝึกอบรม                                                                 | 64   |
| หนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินชุดฝึกอบรม                                                   | 65   |
| ภาคผนวก ข                                                                                           | 71   |
| แบบสอบถามหาความจำเป็นในการฝึกอบรม                                                                   | 72   |
| แบบประเมินความคิดเห็นสำหรับผู้เชี่ยวชาญต่อชุดฝึกอบรม                                                | 77   |
| ภาคผนวก ค                                                                                           | 107  |
| การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและการกำหนดน้ำหนักของเนื้อหา<br>ในแต่ละวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม | 108  |
| ภาคผนวก ง                                                                                           | 115  |
| ตัวอย่างข้อสอบสำหรับใช้ทดสอบพื้นฐานเพื่อคัดคุณสมบัติผู้อบรม                                         | 116  |
| ภาคผนวก จ                                                                                           | 119  |
| ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม                                                               | 120  |
| ภาคผนวก ฉ                                                                                           | 123  |
| โครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรม                                                                            | 124  |
| ภาคผนวก ช                                                                                           | 139  |
| ตัวอย่างเอกสารประกอบการฝึกอบรม                                                                      | 140  |
| ประวัติผู้วิจัย                                                                                     | 167  |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่                                                                                  | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2-1 ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการคำนวณภาระความเย็น                                              | 24   |
| 2-2 ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการแบบ                                                            | 24   |
| 3-1 ผลการประเมินความเหมาะสมชุดฝึกอบรมบทเรียนที่ 1 เรื่องพื้นฐานระบบปรับอากาศ              | 49   |
| 3-2 ผลการประเมินความเหมาะสมชุดฝึกอบรมบทเรียนที่ 2 เรื่องการคำนวณภาระความเย็น              | 50   |
| 3-3 ผลการประเมินความเหมาะสมชุดฝึกอบรมบทเรียนที่ 3<br>เรื่องการออกแบบระบบปรับอากาศ         | 50   |
| 3-4 ผลการประเมินความเหมาะสมชุดฝึกอบรมบทเรียนที่ 4<br>เรื่องการออกแบบ Duct Work (งานท่อลม) | 50   |
| 3-5 ผลการประเมินความเหมาะสมชุดฝึกอบรมทั้งชุดของผู้เชี่ยวชาญ                               | 51   |
| 4-1 ค่าเฉลี่ยและค่าร้อยละของคะแนนการทำแบบทดสอบหลังบทเรียนของผู้เข้ารับ<br>การฝึกอบรม      | 56   |
| 4-2 ค่าเฉลี่ยและค่าร้อยละของคะแนนการทำแบบทดสอบหลังฝึกอบรม<br>เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม | 56   |
| 4-3 ค่าร้อยละของการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม                                       | 57   |
| ก-1 แสดงรายนามผู้เชี่ยวชาญ                                                                | 64   |
| ข-1 ข้อเสนอแนะหัวข้อที่ใช้ในการฝึกอบรม                                                    | 78   |
| ข-2 ผลการเสนอแนะหัวข้อที่ใช้ในการฝึกอบรมจากผู้เชี่ยวชาญ                                   | 81   |
| ข-3 ตัวอย่างการประเมินความคิดเห็นที่มีต่อชุดฝึกอบรม                                       | 85   |
| ข-4 ตารางการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกอบรม                           | 86   |
| ข-5 แสดงค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกอบรม                        | 94   |
| ค-1 ตารางวิเคราะห์หลักสูตร                                                                | 108  |
| ค-2 การกำหนดน้ำหนักของเนื้อหาตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม                                  | 108  |
| จ-1 ผลวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม                                                    | 120  |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่                                                                           | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2-1 ขั้นตอนการจัดการฝึกอบรม                                                      | 6    |
| 2-2 ขนาดห้อง                                                                     | 20   |
| 2-3 บุคคลที่เกี่ยวข้องในงานวิศวกรรมระบบปรับอากาศ                                 | 23   |
| 2-4 ขั้นตอนการออกแบบระบบปรับอากาศ                                                | 26   |
| 2-5 Calculation Form1                                                            | 27   |
| 2-6 Calculation Form1                                                            | 28   |
| 2-7 Form_Heat Load(Common)-DACCS HKGS                                            | 29   |
| 2-8 Room spec                                                                    | 29   |
| 2-9 Overall Heat Transfer Coeff                                                  | 30   |
| 2-10 Design Temp & Humid                                                         | 30   |
| 2-11 Schedule                                                                    | 31   |
| 2-12 Others                                                                      | 31   |
| 2-13 Extension                                                                   | 32   |
| 2-14 Print                                                                       | 32   |
| 2-15 ค่า Btuh/m <sup>2</sup> ของผนัง                                             | 33   |
| 2-16 ตัวอย่างการคิดค่าBtuh/m <sup>2</sup> ของผนังที่เป็นกระจกตามทิศทางดวงอาทิตย์ | 34   |
| 2-17 4 Floor Building with Flat Roof Deck                                        | 34   |
| 2-18 ขั้นตอนการหาค่าเบื้องต้นการคำนวณภาระความเย็น                                | 35   |
| 2-19ก ตัวอย่างโปรแกรมสำหรับวิธี Short cut                                        | 36   |
| 2-19ข ตัวอย่างโปรแกรมสำหรับวิธี Short cut                                        | 36   |
| 3-1 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือในการวิจัย                                          | 40   |
| 3-2 ประกาศรับสมัคร                                                               | 44   |
| 3-3 กำหนดการอบรม                                                                 | 45   |
| 3-4 แสดงชุดฝึกอบรม                                                               | 46   |
| 3-5 ตัวอย่างสไลด์ประกอบการฝึกอบรม                                                | 47   |
| 4-1 ตัวอย่างเอกสารประกอบการฝึกอบรม                                               | 53   |
| 4-2 ตัวอย่างแผนการฝึกอบรม                                                        | 54   |
| 4-3 ตัวอย่างสไลด์ประกอบการฝึกอบรม                                                | 54   |
| 4-4 ตัวอย่างเอกสารสำหรับผู้เข้ารับการอบรม                                        | 55   |



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการออกแบบตกแต่งภายในของอาคารและบ้านพักอาศัยให้ความสำคัญทางด้านความสวยงาม ความสะดวกสบายในการใช้สอย โดยทั่วไปภายในอาคารและบ้านพักอาศัย จะมีการใช้พลังงานอยู่ 2 ส่วนใหญ่ๆด้วยกัน คือ ระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศ ถ้ามีการออกแบบทั้งสองส่วนให้สอดคล้องกับงานออกแบบตกแต่งภายในที่เหมาะสมแล้วจะได้ประโยชน์ทั้งด้านความสวยงาม การประหยัดพลังงานและช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นด้วย

โดยทั่วไปพบว่าสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของอาคารและบ้านพักอาศัยนั้น ระบบปรับอากาศเป็นส่วนที่ใช้ไฟฟ้าสูงสุดจึงได้ให้ความสำคัญในการออกแบบระบบนี้ ดังนั้นผู้ที่ออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักรอาศัยนั้น ควรจะประกอบไปด้วย ความรู้ ทักษะ ประสบการณ์และเทคนิคในการออกแบบที่ดีจะส่งผลให้ได้ทั้งด้านความสวยงามและช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายด้วย ผู้ออกแบบระบบปรับอากาศควรจะมีการพัฒนาตัวเองอยู่เสมอด้วยการอบรม การค้นคว้าวิธีการใหม่ เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันมีหลายหน่วยงานด้วยกันที่จัดการอบรมเกี่ยวกับระบบปรับอากาศ การออกแบบระบบปรับอากาศ โดยมากหน่วยงานที่มีการจัดฝึกอบรมเหล่านี้ มุ่งเน้นทางด้านทฤษฎีการแนะแนวทางในการออกแบบโดยภาพรวมและคำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศที่ไม่ซับซ้อนทำให้เมื่อการอบรมสิ้นสุดลงผู้ที่เข้าอบรมบางครั้งอาจไม่สามารถออกแบบงานที่มีความซับซ้อนได้ดีกว่าเดิมนัก ด้วยเหตุดังกล่าว จึงจำเป็นต้องจัดให้มีการฝึกอบรมที่เน้นการออกแบบงานจริงๆ ที่เมื่อผ่านการอบรมแล้วสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปออกแบบได้เลยพร้อมกันนี้ผู้เข้าอบรมยังได้รับความรู้ ทักษะ เทคนิคในการออกแบบเพิ่มเติมจากความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมให้ทันเหตุการณ์อยู่เสมอ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า หรือในหน่วยงาน

การจัดอบรมหลักสูตรการออกแบบระบบปรับอากาศสำหรับอาคารและที่พักอาศัย โดยเน้นการนำไปใช้งานจริงๆ เป็นวิธีการที่จะช่วยเพิ่มพูนความรู้ ทักษะและเทคนิคการออกแบบให้กับผู้ที่เข้าอบรมให้มากขึ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดฝึกอบรม สำหรับการฝึกอบรมช่างเทคนิค วิศวกรด้านระบบปรับอากาศ เรื่อง โปรแกรมคำนวณออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย
2. เพื่อหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้น

## 1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

ชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้นสามารถใช้ฝึกอบรมอย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

## 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. ชุดฝึกอบรมเรื่อง โปรแกรมคำนวณออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย ที่พัฒนาขึ้นมาประกอบด้วย คู่มือผู้สอน และเอกสารสำหรับผู้เข้ารับการอบรม (หนังสือพร้อม CD โปรแกรม)
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ช่างเทคนิค วิศวกรด้านระบบปรับอากาศ จำนวน 14 คน

## 1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดฝึกอบรม หมายถึง คู่มือผู้สอน เอกสารประกอบการอบรมทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ที่ใช้ในการฝึกอบรม เรื่อง โปรแกรมคำนวณออกแบบระบบปรับอากาศและที่พักอาศัย
2. เอกสารประกอบการอบรม หมายถึง เอกสารที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบการฝึกอบรมสำหรับผู้เข้ารับการอบรม
3. ประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม หมายถึง คุณภาพของชุดฝึกอบรมที่วัดจากค่าคะแนนเฉลี่ยของผู้เข้ารับการฝึกอบรมทั้งหมด จากการทำแบบทดสอบ
4. เกณฑ์ที่กำหนด 80/80 หมายถึง ระดับคะแนนเฉลี่ยในชุดฝึกอบรมที่คาดหวังของผู้วิจัยที่กำหนดขึ้น
  - 80 ตัวแรก หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของผู้เข้ารับการฝึกอบรมทั้งหมด คิดเป็นร้อยละจากคะแนนเต็ม
  - 80 ตัวหลัง หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังฝึกอบรม วัดผลสัมฤทธิ์ ของผู้เข้ารับการฝึกอบรมทั้งหมด คิดเป็นร้อยละจากคะแนนเต็ม
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการอบรม หมายถึง คะแนนที่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถทำแบบทดสอบ ภายหลังฝึกอบรมได้ถูกต้อง โดยคิดเฉลี่ยเป็นร้อยละ

7. ผู้สอน หมายถึง ผู้ที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดความรู้ในการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย

8. อาคาร หมายถึง อาคารสำนักงาน (Office buildings) ตั้งแต่ 1 ชั้นขึ้นไป

9. ที่พักอาศัย หมายถึง บ้านพักอาศัยทั่วไป

## 1.6 ประโยชน์ของผลการวิจัย

ได้ชุดฝึกอบรม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาบุคลากรสายช่างปรับอากาศให้สามารถออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นและเพิ่มพูนความรู้แก่บุคลากร

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสร้างชุดฝึกอบรม เรื่องการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารผลงานวิจัยและงานเขียนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาข้อมูลต่างๆ ดังนี้

- 2.1 ความหมายของการฝึกอบรม
- 2.2 ขั้นตอนของการจัดการฝึกอบรม
- 2.3 การหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม
- 2.4 เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบปรับอากาศ
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ความหมายของการฝึกอบรม

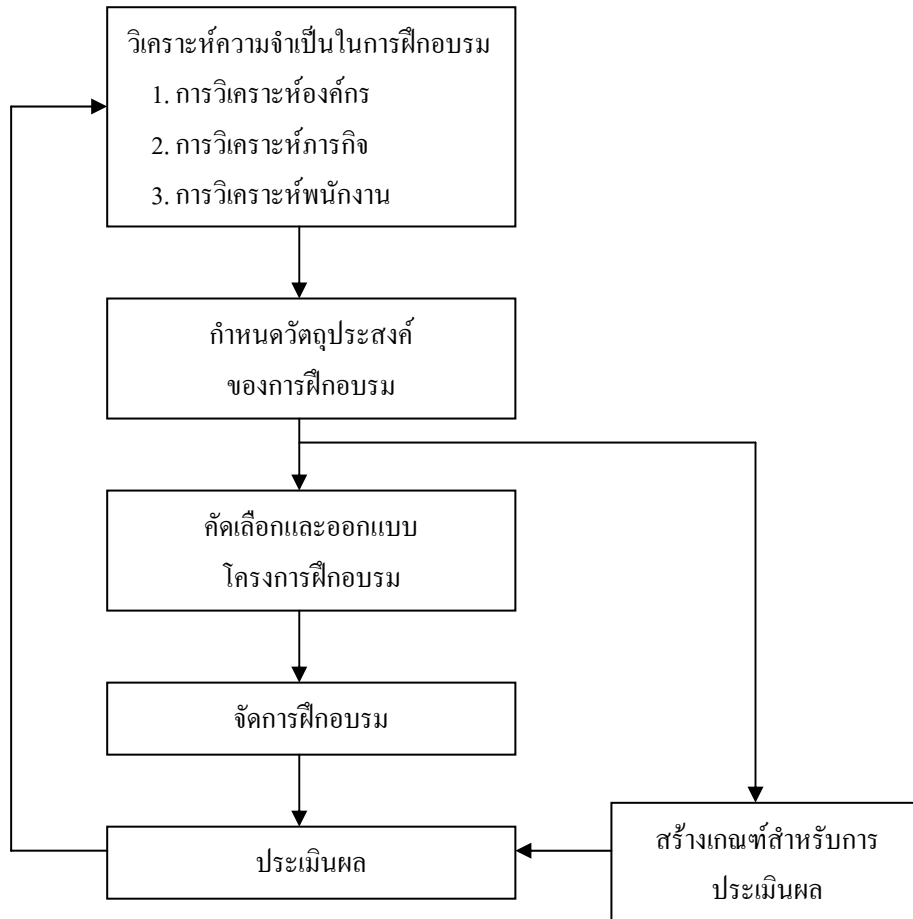
การฝึกอบรม หมายถึง กระบวนการสำคัญที่จะช่วยพัฒนาหรือฝึกฝนเจ้าหน้าที่หรือบุคลากรที่จะเข้าทำงาน หรือที่ปฏิบัติงานประจำอยู่แล้วในหน่วยงานให้มีความรู้ความสามารถ ทักษะหรือความชำนาญ ตลอดจนประสบการณ์ให้เหมาะสมกับการทำงาน รวมถึงก่อให้เกิดความรู้สึก เช่น ทัศนคติหรือเจตคติที่ดีต่อการปฏิบัติงาน อันจะส่งผลให้บุคลากรแต่ละคนในหน่วยงานหรือองค์กรมีความสามารถเฉพาะตัวสูงขึ้น มีประสิทธิภาพในการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี ทำให้หน่วยงานหรือองค์กรมีประสิทธิภาพและประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พัฒนา [1]

การฝึกอบรม หมายถึง กรรมวิธีต่าง ๆ ที่มุ่งจะเพิ่มพูนความรู้ ความชำนาญและประสบการณ์ เพื่อให้ทุกคนในหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่ง สามารถปฏิบัติหน้าที่ที่อยู่ในความรับผิดชอบได้ดียิ่งขึ้น สมพล [2]

การฝึกอบรมเป็นการให้การศึกษาหลังวัยเรียน ซึ่งกลุ่มที่เข้ารับการฝึกอบรมเป็นกลุ่มบุคคลที่ทำงานแล้วหรือเป็นผู้ใหญ่ (Adult Learner) ฉะนั้นเมื่อพูดถึงการฝึกอบรมจึงมีความหมายที่เกี่ยวข้องและสัมพันธ์กับ “งาน” “คนที่ปฏิบัติงาน” “การทำงาน” หรือ “การปฏิบัติหน้าที่” และ “การเรียนรู้” เพื่อการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิผลทั้งหมดเป็นกระบวนการที่จะต้องนำมาพิจารณาให้ต่อเนื่องกันในการจัดหลักสูตรอบรมการฝึกอบรมเป็นการสนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้ตลอดเวลา ส่งเสริมการพัฒนาความคิด กระบวนการทำงานใหม่ให้กับพนักงาน เพื่อให้งานสำเร็จ ลุล่วงตามวัตถุประสงค์ เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

## 2.2 ขั้นตอนของการจัดการฝึกอบรม

ในการจัดฝึกอบรมนั้นกระทำตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2-1 ขั้นตอนการจัดการฝึกอบรม

### 2.2.1 วิเคราะห์ข้อมูลหาความจำเป็นในการฝึกอบรม

การฝึกอบรมและพัฒนากำลังคนให้มีศักยภาพพอที่จะตอบสนองการแก้ปัญหาในการทำงานในองค์กรได้นั้น จำเป็นต้องมีการศึกษาและวิเคราะห์อย่างมีระบบ มิเช่นนั้นแล้วการจัดการฝึกอบรมใดๆ ขึ้นมา อาจไม่สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ การวิเคราะห์ความจำเป็นในการฝึกอบรมและพัฒนา การวิเคราะห์ข้อมูลโดยทั่วไปจะวิเคราะห์ข้อมูล 3 ด้าน ดังนี้

1. วิเคราะห์องค์กร
2. วิเคราะห์ภารกิจขององค์กร
3. วิเคราะห์พนักงานขององค์กร

## 1. การวิเคราะห์องค์กร

การวิเคราะห์หาความจำเป็นในการฝึกอบรมโดยการวิเคราะห์ที่องค์กร เป็นการศึกษาว่า จุดใดขององค์กรมีความจำเป็นต้องฝึกอบรม ควรจะจัดวิเคราะห์ในเรื่องต่อไปนี้

1. วิเคราะห์วิสัยทัศน์ กลยุทธ์ เป้าหมายและนโยบายขององค์กรว่าเหมาะสมหรือไม่ เป็นไปได้เพียงใด

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ขององค์กรกับสิ่งแวดล้อมภายนอก ได้แก่ การศึกษาสิ่งแวดล้อมภายนอกที่ส่งผลกระทบหรือผลสำเร็จให้แก่องค์กร เช่น วัตถุดิบ เครื่องจักร ตลาด แรงงาน เป็นต้น และสิ่งแวดล้อมภายนอกที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงาน การตัดสินใจ และโครงสร้างขององค์กร เช่น สภาพเศรษฐกิจและการเงิน การแข่งขัน เทคโนโลยี การเมือง เป็นต้น

3. วิเคราะห์ผลผลิตขององค์กรและสาขา โดยศึกษาผลผลิตว่าเป็นไปตามเป้าหมายหรือไม่ การวิเคราะห์ผลผลิตในด้านคุณภาพและปริมาณ คุณภาพสินค้าเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้เพียงใด สนองความต้องการลูกค้าหรือไม่

4. การวิเคราะห์บรรยากาศภายในองค์กร เป็นการวิเคราะห์ความคิดเห็นของพนักงานเกี่ยวกับเรื่องต่างๆ ภายในองค์กร เช่น เป้าหมาย วัตถุประสงค์ แผนงาน กระบวนการทำงาน ความก้าวหน้า ค่าตอบแทน ผลสำเร็จของงาน เป็นต้น

## 2. การวิเคราะห์ภารกิจขององค์กร [3]

งาน (Job) หมายถึง หน่วยของการปฏิบัติโดยเฉพาะที่บุคคลหนึ่งครองอยู่ในสายงาน ปฏิบัติงาน เช่น พนักงานพิมพ์ดีด พนักงานบัญชี เจ้าหน้าที่วิเคราะห์นโยบายและแผนการวิเคราะห์ภารกิจขององค์กรควรวิเคราะห์ในเรื่องต่อไปนี้ว่ามีปัญหาและข้อบกพร่องอะไรบ้าง

1. วิเคราะห์การบรรยายลักษณะของงาน (Job description analysis) เป็นการศึกษาว่าหน้าที่ความรับผิดชอบ ลักษณะงานที่ปฏิบัติ และความรู้ความสามารถที่กำหนดไว้ในการบรรยายลักษณะของงานเหมาะสมกับความเป็นจริงเพียงใด มีปัญหาอะไรมากหรือน้อยเกินไป

2. วิเคราะห์ภารกิจและหน้าที่ (Task & Function analysis) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับงาน ที่ต้องปฏิบัติ เพราะปกติหน้าที่นั้นจะประกอบด้วยงานมากกว่า 1 งานขึ้นไป และพนักงาน ใช้เวลาส่วนใหญ่ไปในการปฏิบัติหน้าที่ดังกล่าว และมีความถี่มากในแต่ละวัน

## 3. การวิเคราะห์พนักงานขององค์กร

พนักงานเป็นหัวใจของการปฏิบัติงาน ความสามารถในการปฏิบัติงานและประสิทธิภาพของการทำงานจะส่งผลถึงความสำเร็จขององค์กร ดังนั้นการศึกษาวิเคราะห์ว่าพนักงานคนใดมีหน้าที่อะไร มีความจำเป็นต้องฝึกอบรมหรือไม่จึงเป็นเรื่องสำคัญยิ่ง โดยการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องต่อไปนี้

1. พฤติกรรมที่แสดงออก โดยใช้วิธีการสังเกตสิ่งต่อไปนี้ เช่น การขยันขันแข็งความกระตือรือร้น ความรับผิดชอบงานที่มอบหมาย ความอดทน การไขปัญหา การลาและขาดงาน การมาสาย รวมทั้งขวัญและกำลังใจในการทำงาน เป็นต้น

2. ผลผลิตของพนักงาน ได้แก่ การวิเคราะห์ประเมินคุณภาพของผลผลิต จำนวนชิ้นที่ผลิตได้ หรือจำนวนเงิน การร้องทุกข์ของลูกค้า เป็นต้น

3. สมรรถภาพในการทำงาน เป็นการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถของพนักงานกับมาตรฐานการทำงานที่กำหนดไว้

#### 2.2.2 กำหนดวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม

ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ความต้องการในขั้นตอนแรก จะเป็นสิ่งที่จะนำมาใช้ในการกำหนดวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม ซึ่งเป็นเสมือนเข็มทิศสำหรับการออกแบบและพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมต่อไป และยังเป็นสิ่งที่กำหนดแนวทางการประเมินผลโครงการฝึกอบรมอีกด้วย วัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมที่ดีนั้นควรจะเป็นแบบที่เรียกว่าวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives) [4]

#### 2.2.3 คัดเลือกและออกแบบโครงการฝึกอบรม

เมื่อทราบแล้วว่าวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมคืออะไร ขั้นตอนที่สามนี้ก็จะเป็นการคัดเลือกและออกแบบโครงการฝึกอบรมซึ่งจะนำไปสู่เป้าหมายที่กำหนดไว้ กระบวนการในขั้นตอนนี้ับได้ว่ามีความละเอียดอ่อนและต้องอาศัยการพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบเป็นอย่างมาก นักจัดการฝึกอบรมจะต้องมีความรู้ทั้งในด้านหลักการเรียนรู้ และการเลือกสรรสื่อการสอนที่เหมาะสมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม เพื่อให้ผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเป็นในด้านความรู้ ทักษะ หรือความสามารถตามที่ได้มุ่งหวังไว้ ดังนั้นจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งที่นักจัดการฝึกอบรมจะต้องรู้ว่าการกิจ ความรู้ ทักษะและความสามารถสำหรับภารกิจนั้นคืออะไร และการฝึกอบรมแบบใดที่จะช่วยให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีการเรียนรู้และการพัฒนาตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ การออกแบบและพัฒนาโครงการฝึกอบรมจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นหัวข้อวิชา เนื้อหา รูปแบบและวิธีการฝึกอบรม สื่อการสอน วิทยากร และเวลาสำหรับการฝึกอบรม เป็นต้น [4]

#### 2.2.4 สร้างเกณฑ์สำหรับการประเมินผล

การสร้างเกณฑ์ (Criteria) สำหรับการประเมินผล ควรที่จะได้กระทำควบคู่ไปกับการคัดเลือกและออกแบบโครงการฝึกอบรม โดยเกณฑ์ที่สร้างขึ้นจะต้องอิงหรือสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมที่ได้กำหนดไว้ เนื่องจากเกณฑ์สำหรับการประเมินผลคือมาตรฐานที่ใช้วัดพฤติกรรม ดังนั้นเกณฑ์จึงควรจะระบุว่า พฤติกรรมอะไรที่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะต้องมีการพัฒนา ไม่ว่าจะเป็น

เป็นความรู้หรือทักษะหรือความสามารถ ระดับต่ำสุดของพฤติกรรมที่จัดว่าผ่านเกณฑ์อยู่ที่ตรงไหน และพฤติกรรมนั้นแสดงออกมามีได้สภาวะการณ์อย่างไร [4]

#### 2.2.5 จัดการฝึกอบรม

หลังจากการวางแผนและเตรียมการฝึกอบรมเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อมาก็คือ การดำเนิน การฝึกอบรมตามแผนที่ได้กำหนดไว้ นักจัดการฝึกอบรมจะต้องดำเนินการเกี่ยวกับสถานที่ของการฝึกอบรมให้เรียบร้อย ไม่ว่าจะเป็นในด้านของโต๊ะ เก้าอี้ อุปกรณ์และสื่อการสอนต่างๆ แสงสว่าง อุณหภูมิ อาหาร หรือที่พักสำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรม นอกจากนั้นยังต้องคอยดูแลและประสานงานกับวิทยากรฝึกอบรมด้วย ในระหว่างการฝึกอบรมนักจัดการฝึกอบรมอาจจะต้องประสบกับปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ซึ่งเกิดขึ้นเฉพาะหน้า ดังนั้นจึงควรที่จะมีการเตรียมการแก้ไขปัญหาล่วงหน้าไว้ด้วยเช่นกัน [4]

#### 2.2.6 ประเมินผลการฝึกอบรม

สมคิด [5] ได้กล่าวถึงการประเมินผลการฝึกอบรมตามวิธีของแฮมบลิน (A.C. Hamblin) ซึ่งเป็นการประเมินผลการฝึกอบรมโดยยึดระดับของการรับรู้หรือผลที่เกิดขึ้นจากการฝึกอบรมเป็นหลักไว้ดังนี้

การประเมินผลการฝึกอบรมแบบแฮมบลิน (Hamblin Evaluation) โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

1. ระดับปฏิกิริยา
2. ระดับการเรียนรู้
3. ระดับพฤติกรรมในการทำงาน
4. ระดับการเปลี่ยนแปลงในองค์กร
5. ระดับการเปลี่ยนแปลงผลสัมฤทธิ์ขององค์กร

##### ระดับที่ 1 ระดับปฏิกิริยา

การประเมินระดับปฏิกิริยาเป็นการประเมินว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีปฏิกิริยาอย่างไร มีความพึงพอใจหรือรู้สึกอย่างไรต่อการฝึกอบรม ต่อหลักสูตร เนื้อหาวิชา วิทยากร สถานที่ เวลา เทคนิค การอบรม และอุปกรณ์การฝึกอบรม หลักการประเมินผลในระดับที่ 1 เดียวกับปฏิกิริยาจะต้องมีการกำหนดจุดประสงค์การประเมินผลปฏิกิริยาของผู้เข้ารับการฝึกอบรม แล้วจึงประเมินผลปฏิกิริยาของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

##### ระดับที่ 2 ระดับการเรียนรู้

การประเมินระดับการเรียนรู้เป็นการประเมินผู้เข้ารับการฝึกอบรมว่าได้รับความรู้ ทักษะ และทัศนคติเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด การบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้มีเงื่อนไข 3 ประการ ดังนี้



1. ผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะต้องมีความถนัดพื้นฐาน เชว่น บุคลิกภาพ ทักษะ ที่จะสามารถรับรู้ ทักษะ และทัศนคติที่ต้องการได้

2. ผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะต้องมีความรู้พื้นฐานตรงกับที่กำหนดไว้ในจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

3. ผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะต้องมีปฏิกิริยาที่ดีต่อการฝึกอบรม แต่ไม่ได้หมายความว่า จะต้องชอบการฝึกอบรม แต่หมายถึงปฏิกิริยาที่มีต่อการฝึกอบรมจะต้องไม่ขัดต่อวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ดังนั้นการประเมินผลจะต้องควบคุมอิทธิพลภายนอกที่มีต่อการเรียนรู้ของผู้เข้ารับการฝึกอบรม และทำการประเมินผลการฝึกอบรมเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้เท่านั้น

ระดับที่ 3 ระดับพฤติกรรมในการทำงาน

การประเมินระดับพฤติกรรมเป็นการประเมินผลเมื่อโครงการสิ้นสุดแล้วว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการทำงานอย่างไรหลังจากได้เรียนรู้ การฝึกอบรมแล้ว เช่น ทำงานช้าเปลี่ยนเป็นทำงานเร็ว เกียจคร้านเปลี่ยนเป็นขยันขาดความรับผิดชอบเปลี่ยนเป็นคนรับผิดชอบ เป็นต้น การฝึกอบรมส่วนใหญ่มักจะกำหนดวัตถุประสงค์การฝึกอบรมเน้นหนักไปในด้านพฤติกรรมการทำงาน และถือว่าความสำเร็จของการฝึกอบรมคือสามารถเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมไปในทางที่ต้องการ

ระดับที่ 4 ระดับการเปลี่ยนแปลงในองค์กร

การประเมินระดับองค์กรเป็นการวัดผลการเปลี่ยนแปลงผลงานโดยรวมขององค์กรไปในทางที่ดีขึ้นเพียงใด เช่น ยอดขายเพิ่มขึ้น คุณภาพผลิตภัณฑ์ดีขึ้น เป็นต้น เพื่อให้สามารถประเมินผลในระดับนี้ได้จึงต้องมีการกำหนดวัตถุประสงค์ขององค์กรซึ่งจะแตกต่างกันไปตามลักษณะงาน และการประเมินผลระดับองค์กรควรประเมินในเรื่องต่อไปนี้

1. ชื่อเสียงขององค์กร
2. การสร้างผลกำไร
3. สวัสดิการของกลุ่มผลประโยชน์
4. สวัสดิการด้านสังคม
5. สมรรถนะการผลิตโดยรวม

ระดับที่ 5 ระดับการเปลี่ยนแปลงผลสัมฤทธิ์ขององค์กร

การประเมินผลการฝึกอบรมเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ขององค์กรจะต้องมีการกำหนดวัตถุประสงค์การประเมินผลเช่น ผลการฝึกอบรมเพื่อลดสิ่งเสียหาย ความผิดพลาดของปริมาณสินค้าคงคลัง การซ่อมบำรุงรักษา ผลของการประหยัดพลังงาน ซึ่งในการประเมินผลจะต้องประเมินได้ตามวัตถุประสงค์นั้น

## 2.3 การหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม

ชัยยงค์ [6] ได้กล่าวถึงความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพและการกำหนดเกณฑ์ เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอนไว้ดังนี้

เกณฑ์ประสิทธิภาพชุดการสอน หมายถึง ระดับประสิทธิภาพชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อยู่ในระดับที่ผู้ผลิตชุดการสอนพึงพอใจ หากชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพ ถึงระดับตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้ว ชุดการสอนนั้นก็มีความค่าที่จะนำไปเสนอกับผู้เรียนได้และคุ้มค่าแก่การลงทุนในการผลิตออกมาจำนวนมาก

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพชุดการสอน จะพิจารณาจากเกณฑ์ที่ผู้ผลิตชุดการสอนกำหนดขึ้นเป็นค่าร้อยละของผลเฉลี่ยของคะแนนแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมอื่นใดที่กำหนดไว้ในชุดการสอนของผู้เรียนทุกคน ( $E_1$ ) และค่าร้อยละของผลเฉลี่ยของผลการสอบหลังบทเรียนของผู้เรียน ( $E_2$ ) นั่นคือ  $E_1/E_2$

การที่จะกำหนดเกณฑ์  $E_1/E_2$  มีค่าเท่าใด ผู้ผลิตชุดการสอนจะเป็นผู้พิจารณาตั้งได้ ตามความเหมาะสม โดยปกติเนื้อหาวิชาที่เป็นความรู้ ความจำ มักจะตั้งเกณฑ์ไว้ที่ 80/80 85/85 หรือ 90/90 เป็นต้น เช่น ตั้งเกณฑ์ค่า  $E_1/E_2$  มีค่าเท่ากับ 80/80 หมายความว่า เมื่อผู้เรียนเรียนจากชุดการสอนแล้ว คำนวณผลคะแนนเฉลี่ยที่ผู้เรียนทุกคนสามารถทำแบบฝึกหัด ได้ผลเฉลี่ยร้อยละ 80 และทำแบบทดสอบหลังเรียนได้ผลเฉลี่ยร้อยละ 80 เป็นต้น

## 2.4 เนื้อหาที่เกี่ยวข้องในเอกสารฝึกอบรม

2.4.1 ศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย จาก เอกสาร ตำรา อัครเดช [7], ประพันธ์ [8], สมศักดิ์[9], A.F.C. SHERRATT [10], Billy C. Langley, Ed.D and CM [11] ผู้เชี่ยวชาญ วิทยากร และอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งพบว่าการออกแบบที่มีประสิทธิภาพนั้น ผู้ออกแบบต้องมีความรู้ดังนี้

หัวข้อที่ 1 เรื่องพื้นฐานระบบปรับอากาศ

หัวข้อที่ 2 เรื่องภาระความเย็นและการคำนวณ

หัวข้อที่ 3 เรื่องการออกแบบระบบปรับอากาศ

หัวข้อที่ 4 เรื่องการออกแบบท่อลม

เนื่องจากหลักสูตรที่จัดอบรมนี้ เน้นการนำความรู้เดิมที่มีอยู่มาใช้งานและเรียนรู้วิธีการใหม่ที่จะสามารถทำให้ผู้เข้าอบรมสามารถออกแบบได้หลังการอบรมเสร็จสิ้น ผู้ที่เข้ารับการอบรมต้องมีความรู้พื้นฐานด้านระบบปรับอากาศ เพราะในหัวข้อที่ 1 เรื่องพื้นฐานระบบปรับอากาศจะเป็นการอธิบายถึงพื้นฐานที่จำเป็นที่ผู้เข้าอบรมต้องทราบแต่จะไม่ลงรายละเอียดมากนัก ในหัวข้อที่ 2

เรื่องภาระความเย็นและการคำนวณ หัวข้อนี้ถือได้ว่าเป็นหัวใจในการออกแบบและเหตุผลในการจัดหลักสูตรนี้ ภาระความเย็นและการคำนวณนั้นโดยทั่วไปมีวิธีการคำนวณ 3 วิธีด้วยกัน ดังนี้

1. Calculation Form
2. Software
3. Short cut

วิธีการคำนวณแบบ Calculation Form และ Software มีการใช้งานทั่วไป ส่วนรูปแบบของฟอร์มและโปรแกรม ขึ้นอยู่กับการออกแบบของแต่ละบริษัทและยี่ห้อของเครื่องปรับอากาศ แต่มีข้อเสีย คือ ถ้าเป็นการออกแบบระบบปรับอากาศที่เป็นอาคารใหญ่ๆ ต้องมีการป้อนข้อมูลจำนวนมากและใช้เวลานาน ซึ่งในการจัดทำหลักสูตรนี้ได้รับการอนุเคราะห์ข้อมูลจากบริษัท สยามไดกินเซลส์ จำกัด ส่วนวิธีการคำนวณแบบ Short Cut ที่มีการใช้งานอยู่ทั่วไปนั้นยังพบข้อผิดพลาดในการคำนวณ มีข้อจำกัดในการใช้งาน ไม่สามารถใช้งานได้ครอบคลุม แต่ข้อดีของวิธี Short Cut คือ ประหยัดเวลา ดังนั้นจึงมีแนวคิดว่าจะมีวิธีการคิดและคำนวณแบบ Short Cut ที่ประหยัดเวลา ประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ผลการคำนวณไม่ผิดพลาดและสามารถใช้งานได้ครอบคลุมเหมือนวิธีการคำนวณแบบ Calculation Form และ Software ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษา ปรึกษากับวิศวกรผู้ที่เชี่ยวชาญการออกแบบระบบปรับอากาศ ควรมีการหาวิธีการคำนวณแบบ Short Cut ที่ป้อนค่าข้อมูลได้ง่ายและเร็ว มีความแม่นยำในการคำนวณ โดยทำเป็นโปรแกรมการคำนวณออกแบบระบบปรับอากาศ ที่สามารถใช้งานได้

ในหัวข้อที่ 3 การออกแบบระบบปรับอากาศจะเป็นการอธิบายถึงขั้นตอนการออกแบบและผู้ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบและหัวข้อที่ 4 การออกแบบท่อลมเป็นการอธิบายถึงลักษณะของท่อลมและการออกแบบ

#### 2.4.2 พื้นฐานระบบปรับอากาศ

การปรับอากาศ [9] หมายถึง การทำให้อากาศบริเวณที่ต้องการปรับอากาศอุณหภูมิ ความชื้น การหมุนเวียนของอากาศ และความบริสุทธิ์ของอากาศนั้นคงที่และเหมาะสมกับความต้องการ

การสำรวจอาคารที่ต้องการปรับอากาศ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ

1. การสำรวจลักษณะ สภาพ บริเวณที่ต้องการปรับอากาศ รวมทั้งการสำรวจข้อมูลอื่นๆที่ทำให้เกิดค่าความร้อน
2. การสำรวจที่ตั้งของเครื่องปรับอากาศ

การสำรวจลักษณะ สภาพ และข้อมูลอื่นๆ มีข้อแนะนำ ดังนี้

1. สำรวจทิศที่ตั้งของอาคารและสำรวจบริเวณรอบๆอาคาร โดยดูว่าอาคารนั้นต้องการปรับ ภาวะอากาศตลอดทั้งอาคารหรือเพียงบางส่วนของอาคาร ถ้าต้องการปรับภาวะอากาศตลอดทั้ง อาคาร ก็ดูว่าตัวอาคารด้านไหนหันไปทางทิศไหน

2. สถานที่ตั้งเพื่อปรับอากาศนั้นใช้เพื่อการใด เพราะกิจการแต่ละอย่างจะมีผลต่อการคำนวณ ประเมินค่าความร้อนต่างกัน

3. วัดขนาดความกว้าง ยาว สูง ของห้องหรืออาคารที่ต้องการปรับภาวะอากาศ

4. สำรวจชนิดของวัสดุ และความหมายของหลังคา เพดาน พื้นฐาน ผนังห้อง และฝ้ากันห้อง นอกจากนี้ยังต้องสำรวจว่า สีที่ทาผนังภายนอกอาคารและหลังคา เป็นสีอ่อนหรือทึบ

5. วัดขนาดกระจกหน้าต่าง รวมทั้งวัดขอบกระจกหน้าต่างด้วย ด้านไหนของห้องมีหน้าต่าง บ้าง สำรวจให้หมดและด้านที่มีหน้าต่างอยู่ทิศทางใด พร้อมกับสำรวจรอยรั่วดูว่ามีความร้อนผ่าน ทางใดบ้าง

6. วัดขนาดประตู สำรวจตำแหน่งของประตูว่าอยู่ตรงผนังด้านไหนบ้าง ชนิดของประตูทำ ด้วยวัสดุอะไร ประตูเปิดปิดบ่อยครั้งแค่ไหน ซึ่งการเปิดปิดประตูอาจจะต้องเอาเองจากลักษณะ ของการใช้งานของห้องนั้นๆ

7. สำรวจคนที่เข้ามาติดต่อ หรือประจำอยู่ในสถานที่นั้น นอกจากนั้นยังต้องสังเกตการ เคลื่อนไหวของบุคคลภายในห้องว่ามากน้อยแค่ไหน

8. สำรวจแสงสว่างที่ใช้ภายในสถานที่ปรับอากาศ แต่ละดวงมีกำลังไฟกี่วัตต์

9. สำรวจเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆภายในบริเวณปรับอากาศ ว่ามีอันไหนเป็นแหล่งกำเนิดความ ร้อน

10. สำรวจการระบายอากาศ ในกรณีทีคิดว่าห้องหรืออาคารนั้นมีควันบุหรี่ กลิ่น ไอเสียมาก โดยอาจต้องติดพัดลมดูดอากาศ พร้อมทั้งสำรวจตำแหน่งที่ตั้งที่ตั้งของพัดลมดูดอากาศด้วย

การสำรวจที่ตั้งของเครื่องปรับอากาศ มีข้อแนะนำ ดังนี้

1. สำรวจบริเวณที่ตั้งเครื่องปรับอากาศที่สามารถติดตั้งเครื่องได้ ซึ่งบางแห่งอาจจะจัดทำเป็น ห้องเครื่องโดยเฉพาะ แต่ถ้าไม่มีห้องเครื่องโดยเฉพาะ ต้องคัดแปลงพื้นที่

2. สำรวจแนวการเดินท่อน้ำยา ท่อร้อยสายไฟ ท่อน้ำทิ้ง ท่อน้ำเย็น ท่อส่งลมเย็นอย่างคร่าวๆ พร้อมทั้งสำรวจดูว่าแนวการเดินที่ตั้งใจไว้นั้นมีสิ่งกีดขวางตรงช่วงไหนบ้าง ถ้ามีจะหาทางเลี่ยง อย่างไร

3. สำรวจตำแหน่งที่จะนำอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้ามาปนกับลมเย็นภายในห้อง นั่นคืออากาศบริสุทธิ์ภายนอก อาจจะเข้ามาปนกับลมเย็นภายในห้องปรับอากาศเลย หรือเข้ามาปนกับลมเย็นก่อนที่จะกลับคืนสู่เครื่องเป่าลมเย็นก็ได้

4. สำรวจที่ตั้งของไฟฟ้ากำลังของอาคารที่จะต่อมาเข้าระบบไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ นอกจากนี้ ถ้าเป็นเครื่องปรับอากาศที่ต้องใช้น้ำเย็นทำความเย็น ก็จำเป็นต้องสำรวจแหล่งน้ำที่จะป้อนเข้าระบบทำความเย็น

5. สำรวจทางระบายน้ำเพื่อสะดวกในการติดตั้งท่อน้ำทิ้ง

6. สำรวจความแข็งแรงของอาคารในส่วนที่คิดว่าจะต้องมีการยึดเครื่อง

7. สำรวจดูทางที่จะเคลื่อนย้ายเครื่องไปติดตั้งยังตำแหน่งที่ต้องการ

8. สำรวจว่าจะต้องมีข้อแก้ไขดัดแปลงส่วนที่มีอยู่แล้วอย่างไรบ้าง

ความสุขสบายของมนุษย์ คือ ความสุขสบายของมนุษย์สามารถให้คำจำกัดความได้ว่า เป็นสภาวะใดๆ ก็ตามซึ่งทำให้บุคคลมีความรู้สึกสบายถ้าสภาวะนี้เปลี่ยนไป จะทำให้บุคคลรู้สึกอึดอัดไม่สุขสบาย สภาวะนี้หมายถึงอุณหภูมิ ความชื้น ความบริสุทธิ์ของอากาศและการหมุนเวียนของอากาศ

การคำนวณประมาณค่าความร้อน คือ เพื่อต้องการทราบขนาดของเครื่องปรับอากาศ อีกทั้งยังส่งผลทางอ้อมถึงการเลือกชนิดของเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมจะใช้กับอาคารนั้นๆ ค่าความร้อนเกิดจากสองแหล่งใหญ่ๆ คือ

1. เกิดจาก Sources ภายนอกอาคาร

2. เกิดจาก Sources ภายในอาคารเอง

ค่าความร้อนที่เกิดจาก Source ภายนอกอาคาร มีดังนี้

1. ค่าความร้อนจากแสงแดดที่ทะลุผ่านหน้าต่างกระจก

2. ค่าความร้อนจากแสงแดดตกกระทบผ่านผนังอาคารและหลังคา

3. ค่าความร้อนจากอาคารรอบๆ บริเวณปรับอากาศ โดยปกติจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายในบริเวณปรับอากาศ

4. ค่าความร้อนจากอากาศภายนอกถูกลมพัดเข้ามาในบริเวณปรับอากาศ โดยผ่านรอยรั่วต่างๆ

5. ค่าความร้อนจากการนำอากาศภายนอกเข้ามาระบายอากาศภายในบริเวณปรับอากาศ เพื่อให้ทำให้อากาศภายในบริเวณอากาศสดชื่นขึ้น

ค่าความร้อนที่เกิดจาก Source ภายในอาคาร

1. ค่าความร้อนจากคน

2. ค่าความร้อนจากหลอดไฟ
3. ค่าความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆภายในอาคาร
4. ค่าความร้อนจากมอเตอร์ไฟฟ้า
5. ค่าความร้อนจากสิ่งให้ความร้อนอื่นๆ เช่น ความร้อนจากท่อน้ำร้อน

สถานะมาตรฐานในการออกแบบระบบปรับอากาศ สถานะที่ใช้ในการออกแบบแบ่งเป็นสองส่วน

1. สถานะที่ใช้ในการออกแบบภายนอก
2. สถานะที่ใช้ในการออกแบบภายใน

สถานะมาตรฐานในการออกแบบระบบปรับอากาศ สำหรับสถานะที่ใช้ในการออกแบบระบบปรับอากาศของประเทศไทย โดยมากแล้วจะใช้ค่าดังนี้

1. สถานะอากาศภายนอก 95 °F db.
  - 2.. สถานะอากาศภายนอก 76 – 78 °F db. 45 – 50 %R.H. สำหรับบ้านและอาคารทั่วไป
- การคำนวณประมาณค่าความร้อนที่แท้จริง ปัจจัยที่มีผลต่อการคำนวณค่าความร้อน
1. การกักเก็บความร้อนในผนังโครงสร้างอาคาร
  2. การแปรผันค่าความร้อนต่างๆไปตามสภาพการณ์
  3. การแยกชั้นความร้อน เนื่องจากการลอยตัวของอากาศร้อน

การกักเก็บความร้อนในผนังโครงสร้างอาคาร คือ ค่าความร้อนนี้โดยมากมาจากการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์

การแปรผันค่าความร้อนต่างๆไปตามสภาพการณ์นั้น โดยทั่วไปในโรงแรม อพาร์ทเมนต์ ค่าความร้อนจากคนและดวงไฟมักจะแปรผันไปตามโอกาสและการใช้งาน มักจะไม่ค่อยเกิดในเวลาพร้อมๆกัน การคำนวณประมาณค่าความร้อนในส่วนที่เกี่ยวข้องกับคนและดวงไฟจึงต้องพิจารณาให้ดี จะคิดหาค่าไม่ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้ออกแบบว่าจะเลือกค่าน้อยเพียงใด

สมการใช้คำนวณประมาณค่าความร้อน

$$\text{ค่าความร้อนสำหรับคนและดวงไฟ, Btu / h} = (\text{ความร้อนรับ, Btu / h}) \times (\text{Storage Factor}) \times (\text{Diversity Factor})$$

การแยกชั้นความร้อน เนื่องจากการลอยตัวของอากาศร้อน ในสถานที่บางแห่ง เช่น โรงงานอุตสาหกรรม โบสถ์ ห้องประชุมใหญ่ มักจะมีเพดานสูง ความร้อนภายในบริเวณจะลอยตัวขึ้นบน

ดังนั้นจึงสามารถมีทางลดค่าความร้อนลงได้ด้วยการดูดเอาอากาศร้อนที่ลอยตัวสูงขึ้นนี้ออกไปจากห้อง อาจใช้วิธีติดพัดลมดูดอากาศ

ค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ ผ่านส่วนของอาคารที่เป็นกระจกนั้น ความร้อนจากดวงอาทิตย์ส่งมายังผิวโลกได้โดย การแผ่รังสีโดยตรง การแพร่รังสีความร้อน ความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ส่งมายังผิวโลกจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับ ระยะทางจากแสงอาทิตย์เคลื่อนที่ผ่านมายังผิวโลกและจำนวนหมอกเมฆและอื่นๆที่มีอยู่ในอากาศ สำหรับค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ ซึ่งผ่านกระจกเข้ามาในบริเวณปรับอากาศนั้น จะมากจะน้อย ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง คือ

1. ที่ตั้งของอาคาร
2. เวลาของวัน
3. เวลาของปี
4. ทิศที่กระจกหันไปสู่แสงอาทิตย์

ค่าความร้อนเคลื่อนผ่านผนังโครงสร้างอาคาร หมายถึง ความร้อนจะเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ ก็ต่อเมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างจุดทั้งสองนี้ และความร้อนจะเคลื่อนจากจุดที่อุณหภูมิสูงกว่าไปยังจุดอุณหภูมิที่ต่ำกว่า

สำหรับค่าความร้อนที่เคลื่อนผ่านผนังโครงสร้างอาคารภายนอก เช่น ผนังอาคารด้านนอก หลังคา หรือดาดฟ้า ปกติแล้วจะคำนวณ ณ ช่วงเวลาที่คิดว่าจะเกิดความร้อนผ่านเข้าไปในอาคารสูงสุด ค่าความร้อนดังกล่าวเกิดจาก การดูดความร้อนจากแสงอาทิตย์ของผิวอาคารด้านนอกและเกิดจากความแตกต่างอุณหภูมิของอากาศภายนอกอาคารกับอากาศภายในอาคาร สามารถคำนวณหาได้จากสูตร

$$q = UA\Delta t_e$$

|        |              |     |                                     |
|--------|--------------|-----|-------------------------------------|
| โดยที่ | q            | แทน | ค่าความร้อนผ่านผนังอาคาร (Btu / h)  |
|        | U            | แทน | สัมประสิทธิ์การส่งทอดผ่าน (Btu / h) |
|        | A            | แทน | พื้นที่ของผนัง (ft <sup>2</sup> )   |
|        | $\Delta t_e$ | แทน | ความแตกต่างอุณหภูมิสมมูลย์( °F)     |

สำหรับความร้อนที่ผ่านผนังโครงสร้างที่อยู่ภายในอาคาร เช่น ฝ้า เพดาน ผนัง ปกติจะเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิของอากาศที่อยู่ระหว่างผนังโครงสร้างนั้นๆ การคำนวณหาความร้อนจึงคำนวณจากสูตร

$$q = UA\Delta t$$

$\Delta t$  แทน ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผนังกันห้อง พื้น หรือ เพดาน

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งทอดผ่าน (U) คือ อัตราที่ความร้อนจะส่งทอดผ่านผนังโครงสร้างอาคาร มีหน่วยเป็น (Btu / h)

$$U = \frac{1}{R}$$

R แทน ความต้านทานรวมของผนัง

สมการในการคำนวณหาความร้อนผ่านผนังกันห้อง แยกได้ดังนี้

1. ผนังกันห้อง ซึ่งอยู่ติดกับบริเวณไม่ได้ปรับภาวะอากาศ

ความร้อนรับ = (ตารางฟุตของพื้นที่กันห้อง) x (ค่าสัมประสิทธิ์การส่งทอดผ่าน) x (อุณหภูมิภายนอก - อุณหภูมิภายในห้อง - 5 °F)

2. ผนังกันห้อง ซึ่งอยู่ติดกับห้องครัวหรือห้อง Boiler

ความร้อนรับ = (ตารางฟุตของพื้นที่กันห้อง) x (ค่าสัมประสิทธิ์การส่งทอดผ่าน) x (อุณหภูมิภายนอก - อุณหภูมิภายในห้อง + 5 ถึง 25 °F) x (ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิห้องทั้งสอง)

การเล็ดลอดของอากาศ หมายถึง การคิดค่าความร้อนเนื่องจากอากาศเล็ดลอดผ่านรอยรั่วคิดเฉพาะรอยรั่วของด้านอาคารตรงด้านดันทางลมเข้าเท่านั้น จะคิดรอยรั่วของอาคารหมดทุกด้านไม่ได้

การระบายอากาศ หมายถึง สถานที่ที่ปรับอากาศส่วนใหญ่ก็มีอากาศไม่บริสุทธิ์เท่าที่ควร จำเป็นต้องเอาอากาศที่เดิมแทนที่อากาศที่เสีย เพื่อให้ทำให้อากาศบริเวณที่ปรับอากาศสดชื่นและบริสุทธิ์ขึ้น จะพบว่าอากาศภายนอกที่นำเข้ามานั้นจะมีอุณหภูมิและความชื้นสูงกว่าภายใน

ค่าความร้อนจากร่างกายมนุษย์ ความร้อนที่เกิดภายในร่างกายมนุษย์จะถูกส่งออกมาที่ผิวหนังก่อน จากนั้นจึงค่อยส่งออกไปยังผิวหนังที่ล้อมรอบ โดย

1. แผ่ความร้อนออกจากผิวหนัง



2. พาคความร้อนออกจากผิวผนังและระบบการหายใจ

3. ระเหยความร้อนออกมาทางผิวผนังและระบบการหายใจ

ค่าความร้อนจากหลอดไฟ หมายถึง หลอดไฟขณะเปิดใช้งานจะให้ความร้อนสัมผัสออกมา โดยกำลังไฟฟ้าที่ให้ออกมาถูกเปลี่ยนเป็นแสงเพื่อการมองเห็นและถูกเปลี่ยนเป็นความร้อนส่งออกมา คำนวณจากสูตรดังนี้

1. ค่าความร้อนจากหลอดเรืองแสง (Btu / h) = จำนวนวัตต์รวมของหลอด x 3.4

2. ค่าความร้อนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Btu / h) = จำนวนวัตต์รวมของหลอด x 1.25

ไซโครเมตริก (Psychrometrics) หมายถึง การศึกษาถึงคุณสมบัติของอากาศ เกี่ยวกับการวัดหาค่าคุณสมบัติของอากาศภายนอก และภายในห้องปรับอากาศและใช้ในการกำหนดสภาพของอากาศที่จะเหมาะสมที่สุดในเรื่องของการปรับอากาศ

ส่วนประกอบของอากาศ คือ อากาศรอบๆตัวเราเป็นส่วนผสมของก๊าซต่างๆและไอน้ำ อากาศแห้งจะประกอบด้วยก๊าซในโตรเจนประมาณ 78 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ออกซิเจนประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซอื่นๆอีก 1 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้บรรยากาศในโลกจะต้องมีไอน้ำปนอยู่ด้วยเสมอ นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบของอากาศที่สำคัญอื่นๆ เช่น

1. อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry – bulb temperature) หรือ d.b. เป็นอุณหภูมิของอากาศที่วัดได้โดยเทอร์โมมิเตอร์ธรรมดาทั่วไป

2. อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet – bulb temperature) หรือ w.b. เป็นอุณหภูมิของอากาศที่วัดโดยเทอร์โมมิเตอร์ธรรมดา ซึ่งกระเปาะของหลอดแก้วถูกหุ้มด้วยผ้าเปียก

3. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) หรือ R.H. คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศกับปริมาณไอน้ำมากที่สุดที่อากาศจะสามารถอุ้มไว้ได้

4. เกนของความชื้น (gain of moisture) คือ หน่วยการวัดปริมาณของไอน้ำในอากาศ

5. ความชื้นในอากาศ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอันหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการปรับอากาศ

6. จุดน้ำค้าง (Dew point) หรือ D.P. คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนจุดกลั่นตัวของน้ำในอากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนไอน้ำของอากาศและกำลังดันของมันนั่นเอง

แผนภูมิไซโครเมตริก(Psychrometrics) คือ กราฟหรือแผนภูมิที่ใช้สำหรับพล็อต หรืออ้างอิงจากค่าอ้างอิงต่างๆซึ่งเป็นค่าที่วัดได้ หรือต้องการคำนวณหาคุณสมบัติของอากาศและไอน้ำในอากาศ ในแผนภูมิไซโครเมตริก สิ่งเหล่านี้สามารถบอกสถานะของอากาศหลายอย่าง เช่น

1. ถ้าทราบอุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ จะหาค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกได้

2. ถ้าทราบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและความชื้นสัมพัทธ์ จะหาค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งได้

3. ถ้าทราบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง จะหาค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างได้

4. ถ้าทราบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและความชื้นสัมพัทธ์ จะอ่านจุดน้ำค้างได้จากแผนภูมิ
5. ถ้าทราบอุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ จะหาอุณหภูมิจุดน้ำค้างได้
6. เกณฑ์ของความชื้นในอากาศ

เกณฑ์ของความชื้นในอากาศ หาได้จากสิ่งต่างๆเหล่านี้

1. อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์
2. อุณหภูมิกระเปาะแห้งและจุดน้ำค้าง
3. อุณหภูมิกระเปาะเปียกและความชื้นสัมพัทธ์
4. อุณหภูมิกระเปาะเปียกและจุดน้ำค้าง
5. อุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียก จุดน้ำค้างอย่างเดียว

การคำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศนั้นควรเข้าใจความหมายของการปรับอากาศ คือ การทำให้สภาวะอากาศภายในห้องปรับอากาศมีอุณหภูมิพอเหมาะ และควบคุมความชื้นให้ผู้ที่อยู่ในห้องรู้สึกสบายการกำหนดขนาดของเครื่องปรับอากาศที่จะใช้ติดตั้ง นับว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะถ้าติดตั้งเครื่องปรับอากาศเล็กเกินไป ห้องปรับอากาศจะไม่เย็นเท่าที่ต้องการ และเครื่องต้องทำงานหนักมากการคำนวณหาค่าคูลิ่งโหลด (Cooling load calculation) จึงเป็นสิ่งสำคัญในการเลือกขนาดของเครื่องปรับอากาศ ให้มีขนาดพอเหมาะต่อการใช้งาน สำหรับปรับอุณหภูมิและความชื้น การคำนวณค่าคูลิ่งโหลดของอาคารใหญ่ๆ เป็นหน้าที่ของวิศวกรเครื่องทำความเย็น ซึ่งมีหลักการในการคำนวณที่ยุ่งยาก ซับซ้อน แต่สำหรับอาคารที่อยู่อาศัยที่ต้องการการติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาด 5 ตันลงมา ช่างซ่อมและบริการควรสามารถคำนวณหาขนาดของเครื่องที่จะใช้ติดตั้งได้ซึ่งมีหลักในการคำนวณค่าความร้อนที่จะต้องคำนึงดังนี้

1. ความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่แผ่รังสี ผ่านกระจกหน้าต่างเข้าในห้องโดยตรง
2. การถ่ายเทความร้อน โดยการนำความร้อนผ่านผนังด้านนอกและหลังคา
3. การถ่ายเทความร้อน โดยการนำความร้อนผ่านผนังภายใน ฝ้าเพดาน และพื้นห้อง
4. ความร้อนที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดความร้อนภายในห้องปรับอากาศ เช่น ความร้อนจากตัวคน ดวงไฟ อุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องจักร เป็นต้น

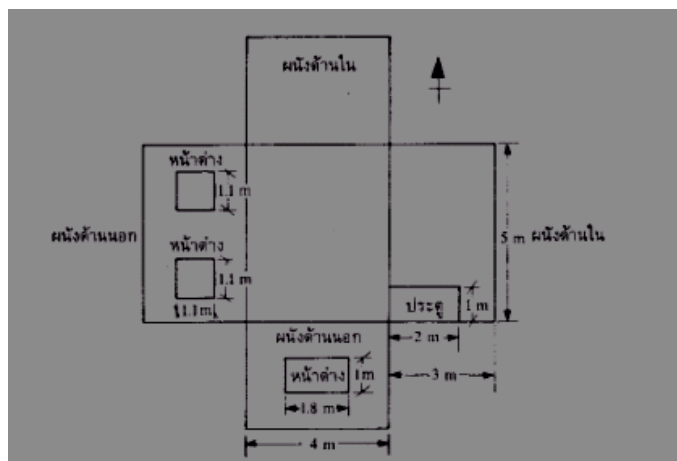
5. ความร้อนจากการนำอากาศภายนอกห้อง เข้ามาในห้องเพื่อการระบายอากาศ(Ventilation)

6. ความร้อนอื่นๆ

ข้อมูลที่ต้องทราบเกี่ยวกับห้องที่ต้องการปรับอากาศ ดังนี้

1. ห้องปรับอากาศอยู่ชั้นไหนของอาคาร
2. ตำแหน่งของห้องตั้งอยู่ทางทิศใด
3. ช่วงเวลาที่จะใช้เครื่องปรับอากาศ

ให้คำนวณหาขนาดเครื่องที่จะใช้ติดตั้งสำหรับห้องทำงานตามแปลน ขนาดกว้าง 4 m ยาว 5m เพดานสูง 3m เป็นห้องที่อยู่ในชั้นกลางของอาคาร และตั้งอยู่ทางทิศใต้ของตัวอาคาร สภาพการใช้ งาน – ใช้งานทั้งกลางวันและกลางคืน จำนวนคนที่อยู่ในห้อง 3 คน มีดวงไฟภายในห้องขนาด 80W เป็นห้องที่ไม่มีพัดลมดูดอากาศ และอุณหภูมิภายนอกห้องปรับอากาศเป็น 35 °C



วิธีทำ การคำนวณให้ใช้ข้อมูลที่ได้รับ แล้วทำการคำนวณโดยใช้แบบฟอร์มการคำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศต่อไปนี้

คำนวณหาค่าปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามา ตามขนาดของพื้นที่ห้องเนื่องจากอุณหภูมิของอากาศที่แตกต่างกันระหว่างในห้องปรับอากาศกับอากาศภายนอกห้อง

ปริมาณความร้อน = พื้นที่ห้อง x แพลเตอร์  
 = 4 x 5 x 32 (ค่า 32 เป็นค่าแพลเตอร์ที่ช่วงอุณหภูมิ 35 °C)  
 = 640 Btu / h  
 หรือ = 161.28 kcal / h

## 2. ปริมาตรห้อง

คำนวณหาค่าปริมาณความร้อน ที่เกิดจากการถ่ายเทอากาศภายในห้อง

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณความร้อน} &= \text{ปริมาตรห้อง} \times \text{แฟกเตอร์} \\ &= 4 \times 5 \times 3 \times 20 \text{ (ค่า 20 เป็นค่าแฟกเตอร์)} \\ &= 1,200 \text{ Btu / h}\end{aligned}$$

## 3. หน้าต่างที่แดดส่อง (เลือกเฉพาะด้านที่ได้รับความร้อนสูงสุดเพียงด้านเดียว)

จากตัวอย่างตามแปลน มีหน้าต่างอยู่สองด้านคือด้านทิศใต้และทิศตะวันตก และเนื่องจากทิศตะวันตกได้รับความร้อนสูงกว่าจึงคิดจากด้านทิศตะวันตก

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณความร้อน} &= \text{พื้นที่หน้าต่าง} \times \text{แฟกเตอร์} \\ &= (1.1 \times 1.1 \times 2) \times 1,200 \text{ (ค่า 1,200 เป็นค่าแฟกเตอร์)} \\ &= 2,904 \text{ Btu / h}\end{aligned}$$

## 4. หน้าต่างทุกบานที่เหลือ (ไม่รวมในข้อที่ 3 )

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณความร้อน} &= \text{พื้นที่หน้าต่าง} \times \text{แฟกเตอร์} \\ &= (1.8 \times 1.1) \times 160 \\ &= 317 \text{ Btu / h}\end{aligned}$$

## 5. ผนังภายนอกห้องด้านที่แดดส่อง (ทิศตะวันตก)

เป็นการคำนวณหาค่าปริมาณความร้อน ซึ่งถ่ายเทผ่านผนังห้องด้านที่ถูกแดดส่อง

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณความร้อน} &= \text{พื้นที่หน้าต่าง} \times \text{แฟกเตอร์} \\ &= (3 \times 5) - (1.1 \times 1.1 \times 2) \times 144 \\ &= 1,812 \text{ Btu / h}\end{aligned}$$

## 6. ผนังภายนอกทั้งหมด (ไม่รวมข้อ 5)

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณความร้อน} &= (3 \times 4) - (1.8 \times 1.1) \times 100 \\ &= 1,002 \text{ Btu / h}\end{aligned}$$

## 7. ผนังด้านในติดกับห้องที่ไม่ได้ปรับอากาศ

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณความร้อน} &= (3 \times 5) - (3 \times 4) \times 144 \\ &= 1,188 \text{ Btu / h}\end{aligned}$$

## 8. ฝ้าเพดานหรือหลังคา

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณความร้อน} &= (5 \times 4) \times 32 \\ &= 640 \text{ Btu / h}\end{aligned}$$

### 9. จำนวนคนที่อยู่ในห้อง 3 คน

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณความร้อน} &= 3 \times 600 \\ &= 1,800 \text{ Btu / h}\end{aligned}$$

### 10. ดวงไฟและเครื่องใช้ไฟฟ้า

เนื่องจากคำนวณหาค่าปริมาณความร้อนในเวลากลางวัน ไม่คิดดวงไฟ

### 11. ปริมาณความร้อนทั้งหมดรวมเท่ากับ 11,503 Btu / h

ในทางปฏิบัติให้เลือกเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่กว่าที่คำนวณได้เล็กน้อย จากตัวอย่างนี้ควรติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 Btu / h

#### ข้อสังเกต

1. ถ้าใช้พัดลมดูดอากาศ ให้เพิ่มค่าขนาดเครื่องปรับอากาศขึ้นอีก 10 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณความร้อนที่คำนวณได้

2. ค่าปริมาณความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้า

เตารีดไฟฟ้า เตอบ  $1,000 \text{ W} = 3,440 \text{ Btu/h}$

หลอดไฟฟ้า  $1,000 \text{ W} = 4,000 \text{ Btu/h}$

#### 2.4.3 บุคคลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบปรับอากาศ

Owner คือ เป็นผู้กำหนดรูปแบบคร่าวๆ ของการออกแบบระบบปรับอากาศในเบื้องต้น

Architect คือ เป็นผู้ออกแบบรูปลักษณะของอาคาร ประกอบไปด้วยแบบเสมือนจริง (Perspective View) แบบรูปด้าน (Elevation View) แบบภาคตัด (Section Detail) เป็นต้น ซึ่งผู้ออกแบบระบบปรับอากาศสามารถขอแบบรูปด้านกับแบบภาคตัด เพื่อประกอบการคำนวณ ภาระความเย็นได้

Interior Designer คือ เป็นผู้ออกแบบตกแต่งภายในทั้งแบบเฟอร์นิเจอร์ และแบบฝ้า ซึ่งผู้ออกแบบระบบปรับอากาศสามารถขอแบบเฟอร์นิเจอร์ และแบบฝ้า เพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกรูปแบบของระบบปรับอากาศ และประกอบการวางตำแหน่งของหัวจ่ายลมและ Fan-Coil Unit ได้

Engineering Consultant คือ เป็นผู้ให้คำปรึกษาด้านวิศวกรรม, ออกแบบงานระบบภายในอาคาร และควบคุมงานก่อสร้างโครงการให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ออกแบบไว้

Main-Contractor คือ เป็นผู้รับเหมาหลักของโครงการ รับเหมาก่อสร้างตัวอาคารและงานด้านวิศวกรรมโยธาอื่นๆ

Air-Conditioning Contractor คือ เป็นผู้รับเหมาติดตั้งงานวิศวกรรมปรับอากาศของโครงการ



#### 2.4.4 ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการคำนวณภาระความเย็น

ตารางที่ 2-1 ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการคำนวณภาระความเย็น

| รายการ                                         | แหล่งข้อมูล                                         | แนวทางการประมาณการณ์ในกรณีที่ผู้ออกแบบระบบฯ จำเป็นต้องตัดสินใจแทน                     |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. อุณหภูมิภายในห้องที่ต้องการ                 | Owner/ Architect/ Interior Designer                 | ใช้ 25° C สำหรับห้องทั่วไป 26° C สำหรับห้องเตรียมอาหาร, ครัว, ห้องแต่งตัว หรือทางเดิน |
| 2. ลักษณะการใช้ของห้อง                         | Owner/ Architect/ Interior Designer                 | -                                                                                     |
| 3. ชนิดของวัสดุที่ทำผนังทั้งทึบ แสงและโปร่งแสง | Architect Drawing := Elevation View, Section Detail | วัสดุทึบแสงเป็นอิฐมวลฉนวน และ วัสดุโปร่งแสงเป็นกระจกใส 6 mm.                          |
| 4. ขนาด กว้าง x ยาว ของวัสดุโปร่งแสง           | Architect Drawing := Elevation View, Section Detail | กระจกสูง 2.1 m. สำหรับชั้น 1 และสูง 1.5 m. สำหรับชั้น 2 ขึ้นไป                        |
| 5. ทิศทางและการวางตัวของอาคาร                  | Architect Drawing := Landscape                      | แนะนำให้คิดว่าเป็นผนังภายนอกด้านทิศตะวันออก                                           |
| 6. อุปกรณ์เครื่องใช้ภายในห้อง                  | Interior Drawing := Furniture Plan, Ceiling Plan    | ถ้าเป็นอุปกรณ์เฉพาะทางจริงๆ ควรค้นหาข้อมูลจากผู้ผลิต หรือจาก Internet                 |

#### 2.4.5 ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการออกแบบ

ตารางที่ 2-2 ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการออกแบบ

| รายการ           | แหล่งข้อมูล       | แนวทางการประมาณการณ์ในกรณีที่ผู้ออกแบบระบบฯ จำเป็นต้องตัดสินใจแทน        |
|------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1. รูปแบบของ FCU | Interior Designer | ในเบื้องต้นควรเป็นแบบต่อท่อลมก่อน นอกเสียจากว่าจะมีปัญหาเรื่องการติดตั้ง |

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

| รายการ                                                                                                                        | แหล่งข้อมูล                      | แนวทางการประมาณการณักรณัที่ผู้ออกแบบระบบฯจำเป็นต้องตัดสินใจแทน                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 2. รูปแบบของหัวจ่ายลม (ถ้ามี)                                                                                                 | Interior Designer                | เลือกเป็น Linear Slot Diffuser เป็นอันดับแรก เพราะออกแบบให้เข้ากับแบบฝ้าได้ดีกว่า |
| 3. บริเวณที่สามารถวาง CDU ได้                                                                                                 | Architect                        | เป็นบริเวณที่ลับตา ระบายอากาศร้อนได้ดี และห่างจากบริเวณที่ต้องการความสงบ          |
| 4. ตำแหน่งเมนไฟฟ้าในกรณัที่เป็นการซ่อมแซมปรับปรุงอาคาร ซึ่งบางครั้งการปรับปรุงระบบปรับอากาศอาจจำเป็นต้องปรับปรุงระบบไฟฟ้าด้วย | Architect/ Electrical Contractor | เมนไฟฟ้าส่วนใหญ่จะอยู่แถวๆ ห้องเก็บของใกล้กับบันได หรือ ห้องครัว                  |
| 5. จำนวนผู้ใช้งานในพื้นที่ปรับอากาศ                                                                                           | Owner/ Interior Designer         | สามารถประมาณได้จากแบบเฟอร์นิเจอร์                                                 |

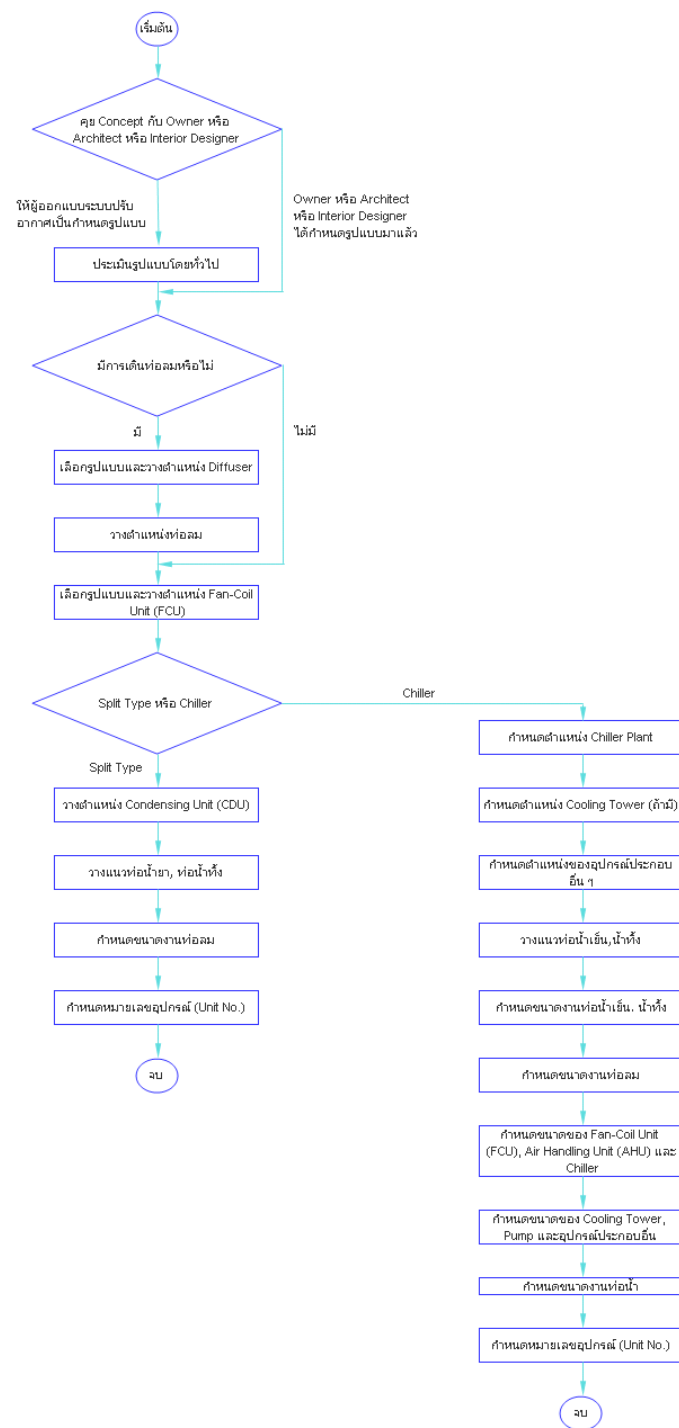
#### 2.4.6 ขั้นตอนการออกแบบระบบปรับอากาศ

การออกแบบตามความต้องการของลูกค้าขั้นตอนสำคัญก่อนเริ่มกระบวนการออกแบบระบบปรับอากาศนั้นๆ ตอนการรับข้อมูล ความต้องการของลูกค้า เป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก หากไม่ใส่ใจในขั้นตอนแรกนี้เท่าที่ควร อาจเกิดความเสียหายต่องานที่ผลิตออกมาได้ หลายระดับ ตั้งแต่

1. ระดับการเกิดงานซ้ำซ้อนทำให้ต้นทุนของการเสียโอกาสสูงขึ้น
2. ระดับการเกิดงานแก้ไขขณะดำเนินงานติดตั้งเครื่อง
3. ระดับการเกิดการแก้ไขตามหลังโครงการเสร็จสมบูรณ์แล้ว

โดยส่วนใหญ่ความเสียหายในระดับ 3 ผู้ออกแบบจะตกอยู่ในภาวะการขาดทุนอย่างแน่นอน และโดยส่วนใหญ่จะทราบกันภายหลัง หลังจากเกิดความเสียหายขึ้นแล้วทั้งสิ้น เพราะความเสียหายระดับขั้นที่สอง และสาม จะพบเมื่อพ้นจากอำนาจหน้าที่ (Authority of work) ของผู้ออกแบบไปแล้ว โดยส่วนใหญ่แต่ผู้ออกแบบยังคงต้องรับผิดชอบกับความเสียหายนั้น ๆ อยู่ (Responsibility) ดังนั้นการมองข้ามขั้นตอนเบื้องต้นของการออกแบบนี้ เพียงเล็กน้อย จะส่งผลกระทบอย่างรุนแรงตามมาภายหลังอย่างแน่นอน





ภาพที่ 2-4 ขั้นตอนการออกแบบระบบปรับอากาศ

## 2.4.7 ภาระความเย็นและการคำนวณ

มีวิธีการคำนวณ 3 วิธีด้วยกัน ดังนี้

1. Calculation Form
2. Software
3. Short cut

2.4.7.1 วิธี Calculation Form นั้นรูปแบบที่ใช้ขึ้นอยู่กับแต่ละบริษัท ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากบริษัท สยามไดกินเซลล์ จำกัด

### รายการคำนวณหาเครื่องทำความเย็น

สถานที่ติดตั้ง \_\_\_\_\_

#### 1. ความร้อนจากผนัง / กำแพง

|                           |                                     |
|---------------------------|-------------------------------------|
| ผนังด้านทิศเหนือ / บังเงา | ( _____ ตร.ม.) × (229) = _____ BTUH |
| ผนังด้านทิศใต้            | ( _____ ตร.ม.) × (366) = _____ BTUH |
| ผนังด้านทิศตะวันออก       | ( _____ ตร.ม.) × (315) = _____ BTUH |
| ผนังด้านทิศตะวันตก        | ( _____ ตร.ม.) × (414) = _____ BTUH |
| ผนังด้านใน                | ( _____ ตร.ม.) × (105) = _____ BTUH |

#### 2. ความร้อนจากพื้น / เพดาน / หลังคา

|                            |                                     |
|----------------------------|-------------------------------------|
| พื้น                       | ( _____ ตร.ม.) × (0) = _____ BTUH   |
| ชั้นอื่น                   | ( _____ ตร.ม.) × (20) = _____ BTUH  |
| เพดาน                      | ( _____ ตร.ม.) × (20) = _____ BTUH  |
| ชั้นบนที่มีฉนวนความร้อน    | ( _____ ตร.ม.) × (117) = _____ BTUH |
| ชั้นบนที่ไม่มีฉนวนความร้อน | ( _____ ตร.ม.) × (340) = _____ BTUH |

#### 3. ความร้อนจากกระจก / ช่องแสง

|                      |                                               |
|----------------------|-----------------------------------------------|
| กระจกด้านทิศเหนือ    | ( _____ ตร.ม.) × (0.83) × (875) = _____ BTUH  |
| กระจกด้านทิศใต้      | ( _____ ตร.ม.) × (0.83) × (1962) = _____ BTUH |
| กระจกด้านทิศตะวันออก | ( _____ ตร.ม.) × (0.83) × (2107) = _____ BTUH |
| กระจกด้านทิศตะวันตก  | ( _____ ตร.ม.) × (0.83) × (2315) = _____ BTUH |
| กระจกภายใน           | ( _____ ตร.ม.) × (0.83) × (179) = _____ BTUH  |

#### 4. ความร้อนจากคน

|    |                                       |
|----|---------------------------------------|
| คน | ( _____ จำนวนคน) × (510) = _____ BTUH |
|----|---------------------------------------|

#### 5. ความร้อนจากไฟแสงสว่าง

|            |                                                 |
|------------|-------------------------------------------------|
| ไฟแสงสว่าง | ( _____ จำนวนวัตต์ทั้งหมด) × (4.2) = _____ BTUH |
|------------|-------------------------------------------------|

#### 6. ความร้อนจากอุปกรณ์อื่น ๆ (ถ้ามี)

|              |                                                 |
|--------------|-------------------------------------------------|
| อุปกรณ์ไฟฟ้า | ( _____ จำนวนวัตต์ทั้งหมด) × (3.4) = _____ BTUH |
|--------------|-------------------------------------------------|

#### 7. ความร้อนจากอากาศภายนอกที่รั่วซึมเข้ามาหรือโดยการระบายอากาศ

|                                                         |      |
|---------------------------------------------------------|------|
| อากาศภายนอก(_____พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม.) x (185) = _____ | BTUH |
| หรือ _____                                              | BTUH |
| ให้เลือกค่าที่มากกว่ามาใช้ _____                        | BTUH |

รวม = \_\_\_\_\_ BTUH

( 1 ตัน = 12,000 BTUH) = \_\_\_\_\_ BTUH

**DAIKIN COOLING LOAD CALCULATION**

Project : \_\_\_\_\_ Room : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

Time : \_\_\_\_\_

Indoor Design Condition : 80 F°B 50 %PH

Time : \_\_\_\_\_

Outdoor Design Condition : 95 F°B

**1 : Glass**

| Dir        | U'CLTD(Btuh/ m <sup>2</sup> ) |       |       |       |       |       |       |       |      |   |                  |      |
|------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|---|------------------|------|
|            | 7:00                          | 8:00  | 9:00  | 12:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 20:00 | 0:00 |   |                  |      |
| N          | 152                           | 169   | 211   | 328   | 484   | 348   | 343   | 133   | 45   | x | m <sup>2</sup> = | Btuh |
| S          | 111                           | 192   | 284   | 670   | 496   | 392   | 326   | 148   | 56   | x | m <sup>2</sup> = | Btuh |
| E          | 1,278                         | 1,420 | 1,371 | 576   | 506   | 453   | 366   | 175   | 75   | x | m <sup>2</sup> = | Btuh |
| W          | 160                           | 195   | 252   | 389   | 1,429 | 1,606 | 1,578 | 299   | 128  | x | m <sup>2</sup> = | Btuh |
| NE         | 790                           | 770   | 625   | 378   | 379   | 359   | 306   | 138   | 53   | x | m <sup>2</sup> = | Btuh |
| NW         | 114                           | 145   | 198   | 315   | 691   | 910   | 993   | 211   | 84   | x | m <sup>2</sup> = | Btuh |
| SE         | 819                           | 1,083 | 1,207 | 814   | 517   | 473   | 403   | 159   | 80   | x | m <sup>2</sup> = | Btuh |
| SW         | 161                           | 205   | 256   | 653   | 1,385 | 1,336 | 1,160 | 252   | 109  | x | m <sup>2</sup> = | Btuh |
| Horizontal | 584                           | 951   | 1,297 | 1,934 | 1,685 | 1,404 | 1,046 | 345   | 151  | x | m <sup>2</sup> = | Btuh |
| Internal   | 129                           | 129   | 129   | 129   | 129   | 129   | 129   | 129   | 129  | x | m <sup>2</sup> = | Btuh |

**2 : Wall**

| Dir        | U'CLTD(Btuh/ m <sup>2</sup> ) |      |      |       |       |       |       |       |      |   |                  |      |
|------------|-------------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|---|------------------|------|
|            | 7:00                          | 8:00 | 9:00 | 12:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 20:00 | 0:00 |   |                  |      |
| N          | 27                            | 27   | 27   | 31    | 54    | 58    | 67    | 85    | 71   | x | m <sup>2</sup> = | Btuh |
| S          | 36                            | 31   | 27   | 40    | 89    | 107   | 121   | 190   | 98   | x | m <sup>2</sup> = | Btuh |
| E          | 38                            | 40   | 54   | 121   | 147   | 147   | 143   | 134   | 98   | x | m <sup>2</sup> = | Btuh |
| W          | 58                            | 49   | 45   | 40    | 53    | 80    | 107   | 179   | 152  | x | m <sup>2</sup> = | Btuh |
| NE         | 31                            | 38   | 45   | 9     | 103   | 107   | 107   | 107   | 80   | x | m <sup>2</sup> = | Btuh |
| NW         | 45                            | 40   | 36   | 36    | 54    | 63    | 80    | 98    | 121  | x | m <sup>2</sup> = | Btuh |
| SE         | 38                            | 35   | 45   | 98    | 138   | 143   | 143   | 134   | 95   | x | m <sup>2</sup> = | Btuh |
| SW         | 54                            | 45   | 40   | 36    | 72    | 94    | 121   | 179   | 138  | x | m <sup>2</sup> = | Btuh |
| Horizontal | 0                             | 0    | 6    | 42    | 94    | 59    | 94    | 78    | 35   | x | m <sup>2</sup> = | Btuh |
| Internal   | 45                            | 45   | 45   | 45    | 45    | 45    | 45    | 45    | 45   | x | m <sup>2</sup> = | Btuh |

**3. Floor / Ceiling**

Floor

Next to Earth 0 x \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup> = \_\_\_\_\_ Btuh

Other 20 x \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup> = \_\_\_\_\_ Btuh

Ceiling

Lower 20 x \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup> = \_\_\_\_\_ Btuh

Upper with Insulation 94 x \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup> = \_\_\_\_\_ Btuh

Upper without Insulation 315 x \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup> = \_\_\_\_\_ Btuh

**4. Human Body**

People

Sleeping 250 x \_\_\_\_\_ people = \_\_\_\_\_ Btuh

Sentad, quiet 420 x \_\_\_\_\_ people = \_\_\_\_\_ Btuh

Standing 510 x \_\_\_\_\_ people = \_\_\_\_\_ Btuh

Walking, 3 km/h 1,040 x \_\_\_\_\_ people = \_\_\_\_\_ Btuh

Office work 510 x \_\_\_\_\_ people = \_\_\_\_\_ Btuh

Industrial work 1,500 x \_\_\_\_\_ people = \_\_\_\_\_ Btuh

**5. Light**

Light

4.2 x \_\_\_\_\_ Watt = \_\_\_\_\_ Btuh

**6. Equipment**

Electric Equipment

3.4 x \_\_\_\_\_ Watt = \_\_\_\_\_ Btuh

Other Equipment

3.4 x \_\_\_\_\_ Watt = \_\_\_\_\_ Btuh

**7. Infiltration or Ventilation**

Outdoor air

165 x \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup> = \_\_\_\_\_ Btuh

or

1,400 x \_\_\_\_\_ No. = \_\_\_\_\_ Btuh

Choose the higher value

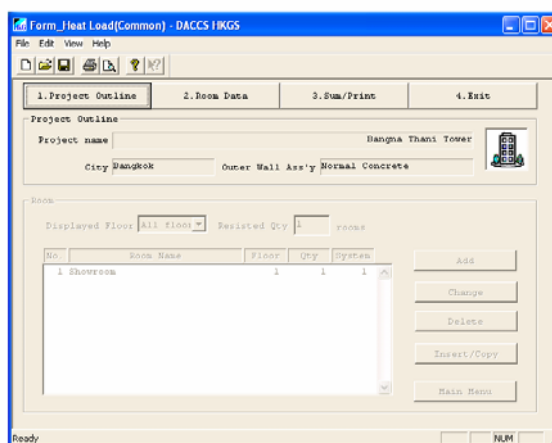
= \_\_\_\_\_ Btuh

Total = \_\_\_\_\_ Btuh

2.4.7.2 วิธีการคำนวณโดยใช้ Software ซึ่งแต่ละบริษัทจะมีโปรแกรมที่เป็นเฉพาะยี่ห้อ ขึ้นอยู่กับว่าผู้ออกแบบเลือกเครื่องปรับอากาศยี่ห้ออะไร แบ่งออกได้ดังนี้

1. Form\_Heat Load(Common)-DACCS HKGS
2. Room spec
3. Overall Heat Transfer Coeff
4. Design Temp & Humid
5. Schedule
6. Others
7. Extension
8. Print

## 1. Form\_Heat Load(Common)-DACCS HKGS



ภาพที่ 2-7 Form\_Heat Load(Common)-DACCS HKGS

## 2. Room spec

ภาพที่ 2-8 Room sp

### 3. Overall Heat Transfer Coeff

| Component                     | Coeff (W/m <sup>2</sup> K) | Wall Type             |
|-------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Outer Wall                    | 2.35                       | S   I   II   III   IV |
| Inner Wall                    | 2.35                       |                       |
| Roof(with Ceiling Board)      | 0.76                       | S   I   II   III   IV |
| Roof(without Ceiling Board)   | 1.21                       | S   I   II   III   IV |
| Ceiling(with Board)           | 0.70                       |                       |
| Ceiling(without Board)        | 1.28                       |                       |
| Mezz Floor(with Air Layer)    | 1.16                       |                       |
| Mezz Floor(without Air Layer) | 2.35                       |                       |
| Pilotis                       | 2.35                       |                       |
| Earth Floor                   | 0.91                       |                       |

| Basement                                            |      |                    |
|-----------------------------------------------------|------|--------------------|
| Undergrnd Wall(D≤2.4m)                              | 1.16 | W/mK               |
| !D≤2.4m,input Coeff of Heat Transfer / unit length. |      |                    |
| Undergrnd Wall(D>2.4m)                              | 0.45 | W/m <sup>2</sup> K |
| Undergrnd Earth Floor                               | 0.28 | W/m <sup>2</sup> K |

OK Cancel Initial Value

ภาพที่ 2-9 Overall Heat Transfer Coeff

### 4. Design Temp & Humid

Room Name: Showroom

|                 |      |       |
|-----------------|------|-------|
| Temp in Summer  | 25.0 | (CDB) |
| Humid in Summer | 50.0 | (%RH) |
| Temp in Winter  | 22.0 | (CDB) |
| Humid in Winter | 50.0 | (%RH) |

OK Cancel Initial Value

ภาพที่ 2-10 Design Temp & Humid

## 5. Schedule

Room Name: Showroom

Operating Time Zone: 8 Hr to 18 Hr

Set Schedule

| Hour       | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| Lighting   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Persons    | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Equipments | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

| Hour       | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| Lighting   | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| Persons    | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| Equipments | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

OK Cancel Initial Value

ภาพที่ 2-11 Schedule

## 6. Others

Room Name: Showroom

Fresh Air Intake: ☒ m3/h person ☐ m3/h

Air: Summer 15.0 m3/h person Winter 20.0 m3/h person

Ttl Heat Exch Efcy: Summer 0.0 % Winter 0.0 %

Internal Heat Gain in Heating: ☐ consideration ☒ No consideration

Persons: 50 % Lighting: 50 % Equipments: 50 %

Infiltration: Summer 0.00 Times/h Winter 0.30 Times/h

Safety Factor: Cooling 1.05 Heating 1.10

Lighting: ☒ W/m2 ☐ W/Room

Fluorescent Lamp: 40.0 W/m2 Incandescent Lamp: 0.0 W/m2

Window Type: Clear 12mm

Blind Type: No

Shading Factor: 0.89 O.H.T.C.: 5.97

Humid Method: without humidifier

Total heat load in heating is not contained LH.

Persons: 144 Underground Wall Depth: 0.0 m Height Attic: 0.6 m

OK Cancel Initial Value

ภาพที่ 2-12 Others

## 7. Extension

**Extension**

Room Name:

!Detail Set Room Data. Normally no need to change.

Personnel Heat Gain per Person

Sensible Heat:  W/person      Latent Heat:  W/person

Glass Surface Ratio(without sash area)

Glass Area = Ttl Window Area \*       !Use for Solar heat gain through

Next Room Condition

Next room temp diff is calculated using below factor.

$(dt)=(O/D \text{ Temp}-I/D \text{ Temp}) * \text{Temp Diff Coeff}$

|                                |         | N   | E   | S   | W   | NE  | SE  | SW  | NW  | Ceiling | Floor |
|--------------------------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-------|
| Coeff Temp Diff                | Cooling | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4     | 0.4   |
|                                | Heating | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4     | 0.4   |
| Boiler/Kitchen is in Next Room |         | No  | No  | No  | No  | No  | No  | No  | No  | No      | No    |

OK      Cancel      Initial Value

ภาพที่ 2-13 Extension

## 8. Print

**Print**

Output to: ☒ Printer      ☐ Microsoft Excel      Output Room:  to

Cover: ☐ Messrs.:

Co.Name:

Alt:

Date:  YY  MM  DD

Remarks:

☐ Signature

Header: ☐ Date      ☐ Project Name

Footer: ☐ Comments

☐ With kcal/h Value

Print Range:

☐ Cover

☐ Heat Load Sum up Table

☐ System Heat Load Sum Table

☐ System Table

☒ Input Room Data

☒ Graph

☒ Cooling/Heating      ☐ Cooling      ☐ Heating

☐ Each System Heat Load

☐ Room Heat Load Sum Table

☒ Selected time for load calculation

(Cooling)       (Heating)

Page: ☒ Page Numbering      ☐ Without Page No

Start Page:

☐ Use Strip Sheet

Preview      Print      Cancel

ภาพที่ 2-14 Print

ข้อดีของวิธี Form and Software คือ ถ้ามีการออกแบบที่ใหญ่หรือซับซ้อนจะใช้ในการป้อนข้อมูลนาน จึง ด้วยเหตุผลนี้จึงมีแนวคิดการหาวิธีการคำนวณแบบ Short Cut แบบใหม่ ข้อดีของวิธี Short Cut คือ ประหยัดเวลาและสะดวกในการใช้งาน ซึ่งวิธีการคำนวณแบบ Short Cut ที่มีการใช้งานอยู่ทั่วไปนั้นยังมีข้อจำกัดในการใช้งาน

#### 2.4.6.3 วิธี Short Cut (ที่คิดวิธีขึ้นมาใหม่โดยใช้โปรแกรมช่วยในการคำนวณ)

1. เริ่มต้นที่ผนังภายนอก ค่า Heat Flux ของกระจกมากกว่าของผนังที่บดแสง ดังนั้นจึงปรับค่าปริมาณพื้นที่กระจก

1 : Glass

| Dir        | U*CLTD(Btu/h/ m <sup>2</sup> ) |       |       |       |       |       |       |       |      |                                      |
|------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------------------------------------|
|            | 7:00                           | 8:00  | 9:00  | 12:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 20:00 | 0:00 |                                      |
| N          | 152                            | 169   | 211   | 328   | 484   | 348   | 343   | 133   | 45   | x _____ m <sup>2</sup> = _____ Btu/h |
| S          | 111                            | 192   | 284   | 670   | 496   | 392   | 326   | 148   | 56   | x _____ m <sup>2</sup> = _____ Btu/h |
| E          | 1,278                          | 1,420 | 1,371 | 576   | 506   | 453   | 366   | 175   | 75   | x _____ m <sup>2</sup> = _____ Btu/h |
| W          | 160                            | 195   | 252   | 389   | 1,429 | 1,606 | 1,578 | 299   | 128  | x _____ m <sup>2</sup> = _____ Btu/h |
| NE         | 790                            | 770   | 625   | 378   | 379   | 359   | 306   | 138   | 53   | x _____ m <sup>2</sup> = _____ Btu/h |
| NW         | 114                            | 145   | 198   | 315   | 691   | 910   | 993   | 211   | 84   | x _____ m <sup>2</sup> = _____ Btu/h |
| SE         | 819                            | 1,083 | 1,207 | 814   | 517   | 473   | 403   | 159   | 80   | x _____ m <sup>2</sup> = _____ Btu/h |
| SW         | 161                            | 205   | 256   | 653   | 1,385 | 1,336 | 1,160 | 252   | 109  | x _____ m <sup>2</sup> = _____ Btu/h |
| Horizontal | 584                            | 951   | 1,297 | 1,934 | 1,685 | 1,404 | 1,046 | 345   | 151  | x _____ m <sup>2</sup> = _____ Btu/h |
| Internal   | 129                            | 129   | 129   | 129   | 129   | 129   | 129   | 129   | 129  | x _____ m <sup>2</sup> = _____ Btu/h |

2 : Wall

2. Wain

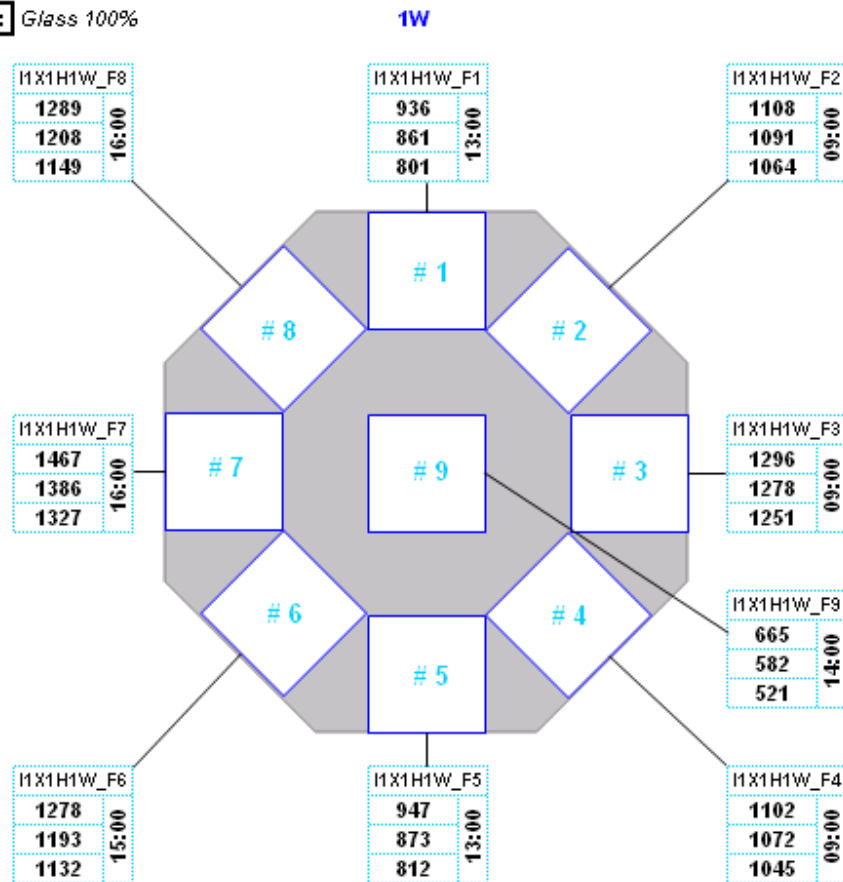
| Dir        | U*CLTD(Btu/h/ m <sup>2</sup> ) |      |      |       |       |       |       |       |      |                                      |
|------------|--------------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------------------------------------|
|            | 7:00                           | 8:00 | 9:00 | 12:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 20:00 | 0:00 |                                      |
| N          | 27                             | 27   | 27   | 31    | 54    | 58    | 67    | 85    | 71   | x _____ m <sup>2</sup> = _____ Btu/h |
| S          | 36                             | 31   | 27   | 40    | 89    | 107   | 121   | 190   | 98   | x _____ m <sup>2</sup> = _____ Btu/h |
| E          | 38                             | 40   | 54   | 121   | 147   | 147   | 143   | 134   | 98   | x _____ m <sup>2</sup> = _____ Btu/h |
| W          | 58                             | 49   | 45   | 40    | 53    | 80    | 107   | 179   | 152  | x _____ m <sup>2</sup> = _____ Btu/h |
| NE         | 31                             | 38   | 45   | 9     | 103   | 107   | 107   | 107   | 80   | x _____ m <sup>2</sup> = _____ Btu/h |
| NW         | 45                             | 40   | 36   | 36    | 54    | 63    | 80    | 98    | 121  | x _____ m <sup>2</sup> = _____ Btu/h |
| SE         | 38                             | 35   | 45   | 98    | 138   | 143   | 143   | 134   | 95   | x _____ m <sup>2</sup> = _____ Btu/h |
| SW         | 54                             | 45   | 40   | 36    | 72    | 94    | 121   | 179   | 138  | x _____ m <sup>2</sup> = _____ Btu/h |
| Horizontal | 0                              | 0    | 6    | 42    | 94    | 59    | 94    | 78    | 35   | x _____ m <sup>2</sup> = _____ Btu/h |
| Internal   | 45                             | 45   | 45   | 45    | 45    | 45    | 45    | 45    | 45   | x _____ m <sup>2</sup> = _____ Btu/h |

ภาพที่ 2-15 ค่า Btu/h/m<sup>2</sup> ของผนัง

2. ห้องที่มีลักษณะเหมือนกัน แต่อยู่ในทิศทางที่ต่างกัน จะมีการระเหิดที่ต่างกันทิศทางจึงเป็นตัวแปรถัดมา

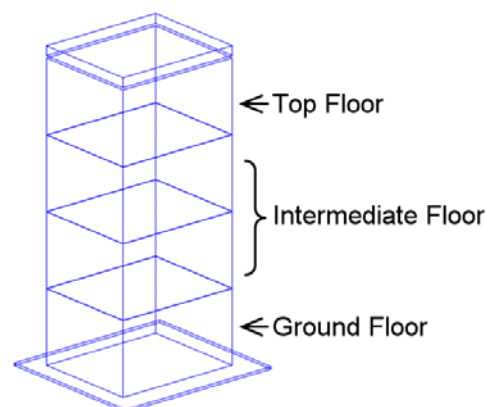


Wall Type "F": Glass 100%



ภาพที่ 2-16 ตัวอย่างการคิดค่าBtuh/m<sup>2</sup> ของผนังที่เป็นกระจกตามทิศทางดวงอาทิตย์

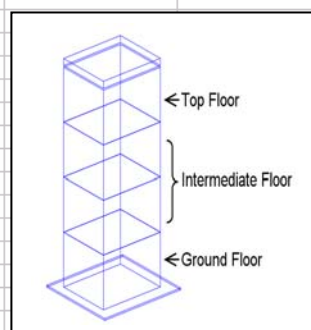
3. ปรับระดับของห้องเป็นห้องระดับ Ground Floor ห้องระดับ Intermediate Floor และห้องระดับ Top floor



ภาพที่ 2-17 4 Floor Building with Flat Roof Deck

4. ปรับค่าจำนวนผนังภายนอกของห้อง
5. ปรับขนาดมิติของห้อง
6. ปรับค่าระดับความสูงของห้อง

| Nomenclature |                   |                          |                          |                          |
|--------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|              | ! 2x 1h 2w _ D 4b |                          |                          |                          |
| T            |                   | Top Floor                |                          |                          |
| I            |                   | Intermediate Floor       |                          |                          |
| G            |                   | Ground Floor             |                          |                          |
| 1x           |                   | , Room Size 4m. x 4m.    |                          |                          |
| 2x           |                   | , Room Size 8m. x 8m.    |                          |                          |
| 3x           |                   | , Room Size 12m. x 12m.  |                          |                          |
| 4x           |                   | , Room Size 16m. x 16m.  |                          |                          |
| 1h           |                   | x 3m.h                   |                          |                          |
| 2h           |                   | x 6m.h                   |                          |                          |
| 3h           |                   | x 9m.h                   |                          |                          |
| 4h           |                   | x 12m.h                  |                          |                          |
| 1w           |                   | , 1 External Wall        |                          |                          |
| 2w           |                   | , 2 External Walls       |                          |                          |
| 3w           |                   | , 3 External Walls       |                          |                          |
| 4w           |                   | , 4 External Walls       |                          |                          |
| A            |                   | , No Glass               |                          |                          |
| B            |                   | , Glass 1.2m X 1.5m      |                          |                          |
| C            |                   | , Glass 2.4m X 1.5m      |                          |                          |
| D            |                   | , Glass 3.6m X 1.5m      |                          |                          |
| E            |                   | , Glass 3.6m X 1.8m      |                          |                          |
| F            |                   | , Glass 100%             |                          |                          |
| 1            |                   | , N                      | , W, N, E                | , N, E, S, W             |
| 2            |                   | , NE                     | , NW, NE, SE             | , NE, SE, SW, NW         |
| 3            |                   | , E                      | , N, E, S                | , N, E, S, W             |
| 4            |                   | , SE                     | , NE, SE, SW             | , NE, SE, SW, NW         |
| 5            |                   | , S                      | , E, S, W                | , N, E, S, W             |
| 6            |                   | , SW                     | , SE, SW, NW             | , NE, SE, SW, NW         |
| 7            |                   | , W                      | , S, W, N                | , N, E, S, W             |
| 8            |                   | , NW                     | , SW, NW, NE             | , NE, SE, SW, NW         |
| 9            |                   | , All are internal walls | , All are internal walls | , All are internal walls |
| 1a           |                   |                          | , N, S                   |                          |
| 2a           |                   |                          | , NE, SW                 |                          |
| 3a           |                   |                          | , E, W                   |                          |
| 4a           |                   |                          | , SE, NW                 |                          |
| 5a           |                   |                          | , N, S                   |                          |
| 6a           |                   |                          | , NE, SW                 |                          |
| 7a           |                   |                          | , E, W                   |                          |
| 8a           |                   |                          | , SE, NW                 |                          |
| 1b           |                   |                          | , NW, NE                 |                          |
| 2b           |                   |                          | , N, E                   |                          |
| 3b           |                   |                          | , NE, SE                 |                          |
| 4b           |                   |                          | , E, S                   |                          |
| 5b           |                   |                          | , SE, SW                 |                          |
| 6b           |                   |                          | , S, W                   |                          |
| 7b           |                   |                          | , SW, NW                 |                          |
| 8b           |                   |                          | , W, N                   |                          |



4 Floor Building with Flat Roof Deck

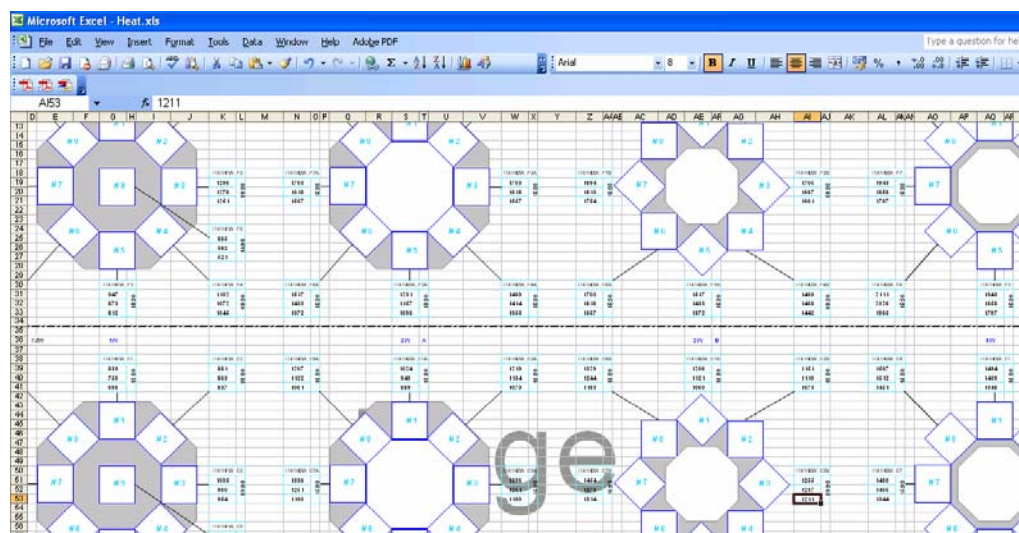
ภาพที่ 2-18 ขั้นตอนการหาค่าเบื้องต้นการคำนวณภาระความเย็น

เมื่อทำการหาค่าต่างๆได้ตามขั้นตอนที่กล่าวมาแล้ว จะต้องนำค่าที่ได้มาป้อนในโปรแกรมที่ทางผู้วิจัยและทีมงานได้เขียนขึ้นมาเพื่อให้ประหยัดเวลาในการคำนวณ ซึ่งโปรแกรมที่จัดทำขึ้นทางผู้วิจัยได้นำไปใช้งานจริงตามเอกสารที่ใช้ในการอบรม

Microsoft Excel - Heat.xls

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help Adobe PDF

ภาพที่ 2-19 ตัวอย่างโปรแกรมสำหรับวิธี Short cut



ภาพที่ 2-20 ตัวอย่างโปรแกรมสำหรับวิธี Short cut

เมื่อเรานำค่าเบื้องต้นที่ได้ป้อนเข้าไปในโปรแกรมแล้ว ก็ปรากฏขนาดและรุ่นของเครื่องปรับอากาศที่จะนำไปใช้ในการติดตั้ง ในที่นี้ในโปรแกรมจะมีเฉพาะข้อมูลของเครื่องปรับอากาศยี่ห้อใดก็ได้ จากนั้นก็ออกแบบท่อลมในขั้นตอนต่อไปตามเอกสารการฝึกอบรม

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมดังต่อไปนี้

วัฒนา [12] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนเรื่อง ระบบปรับอากาศ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพทางทฤษฎี 71.80/77.20 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 ที่กำหนดไว้

วิชาญ [13] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนเรื่อง การทำความเย็น หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 73.43/71.12 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

สุรศักดิ์ [14] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมการทำงานระบบกระตุ้นและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอัตโนมัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ โดยนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน ซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการเดินเครื่องและบำรุงรักษาโรงไฟฟ้า เชื้อเพลิง ผลการวิจัยพบว่าชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.7/80.05 ซึ่งสูงกว่าสมมุติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้ 80/80 สรุปได้ว่า ชุดฝึกอบรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้สามารถนำไปใช้เป็นชุดฝึกอบรมตามหลักสูตรการกระตุ้นและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติให้กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่เป็นผู้ปฏิบัติงานของเชื้อเพลิง และผู้สนใจที่อยู่ในสายงานโรงไฟฟ้าพลังน้ำ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม สรุปได้ว่าชุดฝึกอบรมสามารถทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำเอาหลักการต่างๆ จากเอกสารและงานวิจัยเหล่านี้มาเป็นแนวทางในการสร้างชุดฝึกอบรม เรื่องการพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมโปรแกรมคำนวณออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมเรื่องโปรแกรมคำนวณออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย โดยมีการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

- 3.1 การออกแบบหัวข้อและแผนการฝึกอบรม
- 3.2 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.3 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

#### 3.1 การออกแบบหัวข้อและแผนการฝึกอบรม

##### 3.1.1 การกำหนดแบบแผนการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างต้องเข้ารับการฝึกอบรมตามระยะเวลาที่กำหนด โดยการใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้นประกอบด้วยคู่มือผู้สอนและเอกสารสำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรม นอกจากนั้นยังมีแบบทดสอบหลังรับการฝึกอบรมทำเมื่อเสร็จสิ้นการฝึกอบรม เพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม

##### 3.1.2 การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง

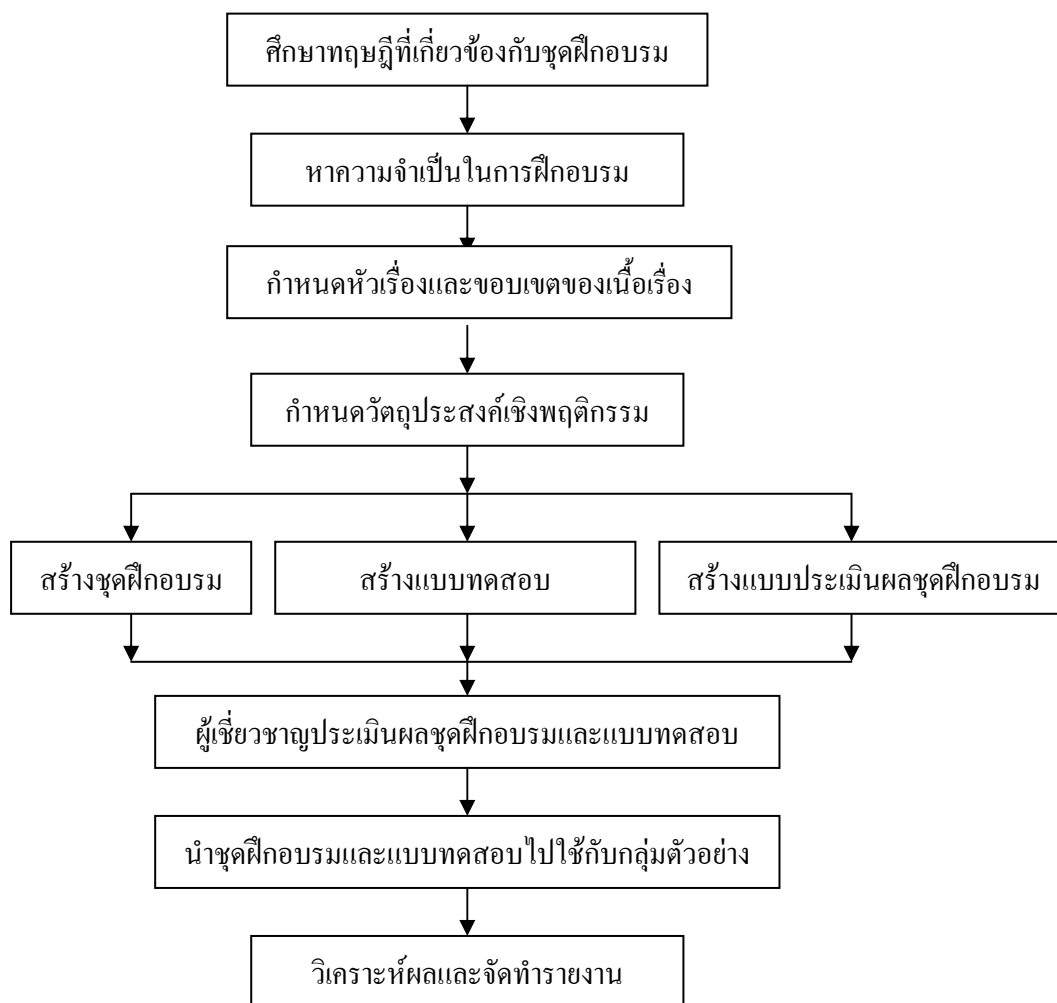
กลุ่มตัวอย่าง คือ วิศวกร ช่างเทคนิคด้านระบบปรับอากาศ ที่มีความรู้พื้นฐานด้านระบบปรับอากาศ โดยผู้ที่เข้ารับการอบรมในครั้งนี้ได้มาจากการสมัครจากหน่วยงานทางการศึกษาและพนักงานบริษัทที่ทำงานเกี่ยวกับระบบอากาศ ผู้ที่มีความสนใจและนักศึกษาที่ศึกษาเกี่ยวกับระบบปรับอากาศ จำนวน 14 คน โดยกำหนดคุณสมบัติดังนี้

1. มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบปรับอากาศหรือทำงานที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศ โดยมีการทดสอบพื้นฐานเพื่อคัดเลือกผู้สมัครก่อนการอบรม (ตัวอย่างข้อสอบพื้นฐานระบบปรับอากาศสำหรับทดสอบก่อนอบรม ภาคผนวก ง)

2. จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ทำงานมาไม่น้อยกว่า 2 ปี หรือ จบการศึกษาระดับปริญญาตรีทำงานมาไม่น้อยกว่า 1 ปี

##### 3.1.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย สมชาติ [15] หลักสูตรโปรแกรมคำนวณออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย แสดงดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. ชุดฝึกอบรม ประกอบด้วยคู่มือผู้สอนและเอกสารสำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรม ดังนี้

คู่มือผู้สอน ประกอบด้วย โครงร่างหลักสูตร เอกสารประกอบการฝึกอบรม แผนการฝึกอบรม สื่อที่ใช้ประกอบการฝึกอบรม แบบทดสอบหลังบทเรียนและแบบทดสอบหลังการฝึกอบรม

เอกสารสำหรับผู้เข้ารับการอบรม ประกอบด้วย ใบเนื้อหาการฝึกอบรม

2. แบบทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม ประกอบด้วยแบบทดสอบหลังบทเรียนและฝึกอบรม

จากภาพที่ 3- 1 เป็นการแสดงขั้นตอนการสร้างเครื่องมือในการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

#### 3.1.3.1 ศึกษาทฤษฎี

ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการทำหลักสูตรฝึกอบรมและความรู้เกี่ยวกับการออกแบบระบบปรับอากาศ ศึกษาวิธีการหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม

#### 3.1.3.2 การหาความจำเป็นในการฝึกอบรม แมคคาร์เดลและเกร์ อี. เอช.

ผู้วิจัยได้จัดทำแบบสอบถามเพื่อหาความจำเป็นในการฝึกอบรมแยกเป็น 2 ชุด คือ ชุดแรกสำหรับช่างเทคนิค วิศวกรด้านระบบปรับอากาศและชุดที่สองสำหรับผู้เชี่ยวชาญ ได้ส่งแบบสอบถามชุดแรกไปตามหน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวกับระบบปรับอากาศจำนวน 50 ชุด และได้รับการตอบกลับมาจำนวน 27 ชุด ผลสำรวจพบว่ามีความต้องการให้มีการจัดอบรมเกี่ยวกับการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักออาศัยจำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 70.37 หลังจากนั้นได้ปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ เพื่อจัดทำโครงร่างหลักสูตร (แบบสอบถามหาความจำเป็นในการฝึกอบรมแสดงผลตามภาคผนวก ข และรายละเอียดโครงร่างหลักสูตรแสดงผลตามภาคผนวก จ)

#### 3.1.3.3 การกำหนดหัวข้อเรื่องและเนื้อหา

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามหาความจำเป็นในการฝึกอบรมจากผู้เชี่ยวชาญ วิศวกร และช่างเทคนิคด้านระบบปรับอากาศ นำมากำหนดเป็นบทเรียนได้ 4 บทเรียน ในแต่ละบทเรียนจะกำหนดเป็นหัวข้อเรื่องเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เอกสารประกอบการฝึกอบรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วยบทเรียนและหัวข้อเรื่องดังนี้

##### บทเรียนที่ 1 เรื่องพื้นฐานระบบปรับอากาศ

##### หัวข้อเรื่อง

- 1.1 องค์ประกอบของสภาวะอากาศที่มีผลต่อความสบาย
- 1.2 ค่าสภาวะอากาศที่คนโดยทั่วไปรู้สึกสบาย
- 1.3 ผลที่เกิดขึ้นเมื่อสภาวะอากาศเปลี่ยนไปจากขอบเขตของความ

สบาย

- 1.4 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของระบบปรับอากาศประเภท

##### บทเรียนที่ 2 เรื่องภาระความเย็นและการคำนวณ

##### หัวข้อเรื่อง

- 2.1 ภาระความเย็นของห้อง

## 2.2 การคำนวณภาระความเย็น

### บทเรียนที่ 3 เรื่องการออกแบบระบบปรับอากาศ หัวข้อเรื่อง

- 3.1 บุคคลที่เกี่ยวข้อง
- 3.2 ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการออกแบบ
- 3.3 ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการคำนวณภาระทำความเย็น
- 3.4 ขั้นตอนการออกแบบ

### บทเรียนที่ 4 เรื่องการออกแบบท่อลม หัวข้อเรื่อง

- 4.1 ความจำเป็นและเหตุผลของการเดินท่อลม
- 4.2 องค์ประกอบของงานท่อลม
- 4.3 ข้อควรคำนึงในการออกแบบ
- 4.4 ขั้นตอนการออกแบบ
- 4.5 หัวจ่ายและการกำหนดขนาด
- 4.6 ท่อลมและการกำหนดขนาด
- 4.7 พัดลมและการกำหนดขนาด
- 4.8 Bernoulli's Equation & Pressure Loss
- 4.9 Noise & Acoustic

#### 3.1.3.4 การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

นำหัวข้อเรื่องและความรู้ที่ได้จากการศึกษาหลักสูตรฝึกอบรมมาเป็นหลักในการกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อระบุให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้เกิดการเรียนรู้ในหัวข้อเรื่องนั้นๆ และเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างไร ในแต่ละบทเรียนมีจำนวนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมดังนี้

#### บทเรียนที่ 1 เรื่องพื้นฐานระบบปรับอากาศ

##### วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายส่วนประกอบและหลักการทำงานของระบบปรับอากาศประเภท

ต่างๆได้

#### บทเรียนที่ 2 เรื่องภาระความเย็นและการคำนวณ

##### วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายที่มาของภาระความเย็นของห้องได้



2. บอกวิธีการคำนวณภาระความเย็นโดยใช้ฟอร์มการคำนวณได้
3. บอกวิธีการคำนวณภาระความเย็นโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้
4. บอกวิธีการคำนวณภาระความเย็นโดยวิธีตัดได้

บทเรียนที่ 3 เรื่องการออกแบบระบบปรับอากาศ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายขั้นตอนการออกแบบระบบปรับอากาศได้

บทเรียนที่ 4 เรื่องการออกแบบท่อลม

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายขั้นตอนการออกแบบได้
2. อธิบายหลักการ Bernoulli's Equation & Pressure Loss ได้
3. อธิบายหลักการ Noise & Acoustic ได้

จากนั้น ได้มีการกำหนดโปรแกรมการอบรมและประกาศรับสมัครดังเอกสารภาพที่ 3-2 และภาพที่ 3-3




ประกาศรับสมัครผู้เข้าอบรม

จัดอบรมหลักสูตร

**การออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย**

สำหรับช่างเทคนิค วิศวกรด้านระบบปรับอากาศ

วิทยากร 1. นายนิรันดร์ เชื้อเคน 2. นางสาวอังคณา เรืองชัย

ระหว่างวันที่ 1 - 2 กุมภาพันธ์ 2550

ณ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีไทย - ฝรั่งเศส

วัตถุประสงค์การจัดอบรมเพื่อเพิ่มพูนความรู้ ทักษะและเทคนิคการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย ในหลักสูตรจะไม่เน้น ทฤษฎีและเนื้อหาพื้นฐานมากนัก จะเน้นไปทางการนำความรู้เดิมไปใช้งาน เพิ่มเติมความรู้ใหม่ วิธีการใหม่ที่จะทำให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถปฏิบัติงานได้จริงเมื่อผ่านการอบรมแล้ว ซึ่งในหลักสูตรจะมีตัวอย่างการออกแบบที่ใช้งานจริงและมีการทดสอบการออกแบบหลังจากมีการอบรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว

|                      |                                    |
|----------------------|------------------------------------|
| คุณสมบัติผู้เข้าอบรม | ช่างเทคนิค วิศวกรด้านระบบปรับอากาศ |
| จำนวนที่รับ          | 20 คน                              |
| ค่าลงทะเบียน         | 500 บาท (จ่ายวันที่สมัคร)          |

เอกสารที่ได้รับสำหรับการฝึกอบรม

หนังสือการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย พร้อม CD โปรแกรม  
สำหรับการใช้ในการคำนวณ

ระยะเวลาการรับสมัคร ตั้งแต่ปัจจุบัน - 26 มกราคม 2550

**ติดต่อสมัครได้ที่**

ฝ่ายฝึกอบรม ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีไทย - ฝรั่งเศส 02 - 9132500 - 24 ต่อ 2503 ,2509

ภาพที่ 3-2 ประกาศรับสมัคร

| กำหนดการจัดอบรม                                       |                                                                                  |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| ระหว่างวันที่ 1 - 2 กุมภาพันธ์ 2550                   |                                                                                  |
| ณ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีไทย - ฝรั่งเศส                |                                                                                  |
| หลักสูตร การออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย |                                                                                  |
| เวลา                                                  | หัวข้อการฝึกอบรม                                                                 |
| <b>วันที่ 1</b>                                       |                                                                                  |
| 08.30 - 08.50                                         | ลงทะเบียน                                                                        |
| 08.50 - 09.00                                         | เปิดการฝึกอบรม                                                                   |
| 09.00 - 10.30                                         | พื้นฐานระบบปรับอากาศ (ทดสอบหลังบทเรียน)                                          |
| 10.30 - 10.45                                         | พักช่วงเช้า                                                                      |
| 10.45 - 12.00                                         | ภาระความเย็นและการคำนวณ (ทดสอบหลังบทเรียน)                                       |
| 12.00 - 13.00                                         | พักกลางวัน                                                                       |
| 13.00 - 14.15                                         | การออกแบบระบบปรับอากาศ (ทดสอบหลังบทเรียน)                                        |
| 14.15 - 14.30                                         | พักช่วงบ่าย                                                                      |
| 14.30 - 16.00                                         | การออกแบบ Duct work (งานท่อลม) (ทดสอบหลังบทเรียน)                                |
| <b>วันที่ 2</b>                                       |                                                                                  |
| 09.00 - 10.30                                         | Practice การออกแบบระบบปรับอากาศของ Residential และ Office<br>การออกแบบ Duct Work |
| 10.30 - 11.30                                         | พักกลางวัน                                                                       |
| 11.30 - 14.30                                         | ทดสอบหลังการอบรม                                                                 |
| 14.30 - 14.45                                         | พักช่วงบ่าย                                                                      |
| 14.45 - 15.40                                         | เฉลยผลการออกแบบ ถามตอบและทดสอบ                                                   |
| 15.40 - 16.00                                         | ปิดการอบรม                                                                       |

ภาพที่ 3-3 กำหนดการอบรม

### 3.1.3.4 ขั้นตอนการสร้างชุดฝึกอบรม

ขั้นตอนในการดำเนินการสร้างชุดฝึกอบรม ดังนี้

3.1.3.4.1 การสร้างเอกสารประกอบการฝึกอบรม โดยสร้างให้เนื้อหาวิชาครอบคลุม  
ทุกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อให้วิทยากรใช้เป็นแนวทางในการอบรม และให้ผู้เข้ารับ

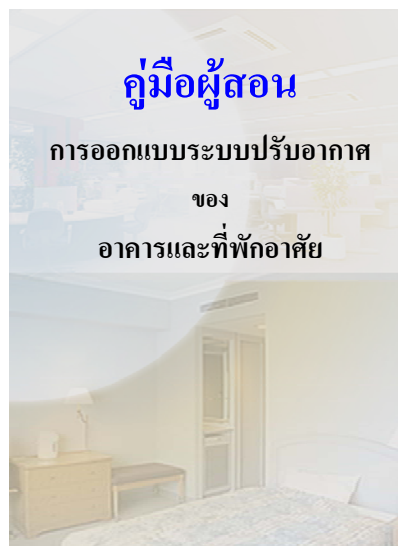
การฝึกอบรมได้ศึกษาระหว่างการฝึกอบรมและศึกษาทบทวนหลังจากจบการฝึกอบรม (ตัวอย่างเอกสารประกอบการฝึกอบรมแสดงที่ภาคผนวก ข)

3.1.3.4.2 การสร้างแผนการฝึกอบรมสำหรับวิทยากร เพื่อเป็นแนวทางในการสอนของวิทยากร โดยวิทยากรอาจปรับปรุงหรือสอดแทรกประสบการณ์เพิ่มเติมได้ตามความเหมาะสม (ตัวอย่างแผนการฝึกอบรมสำหรับวิทยากรแสดงที่ภาคผนวก ข)

3.1.3.4.3 การสร้างสื่อประกอบการฝึกอบรม สร้างขึ้นครอบคลุมวัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรมและเนื้อหาวิชา โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ไมโครซอฟต์พาวเวอร์พอยต์ (Microsoft Power Point) จำนวน 4 บทเรียน การเรียงลำดับเนื้อหาตามเอกสารประกอบการฝึกอบรม



(ก) เอกสารประกอบการ

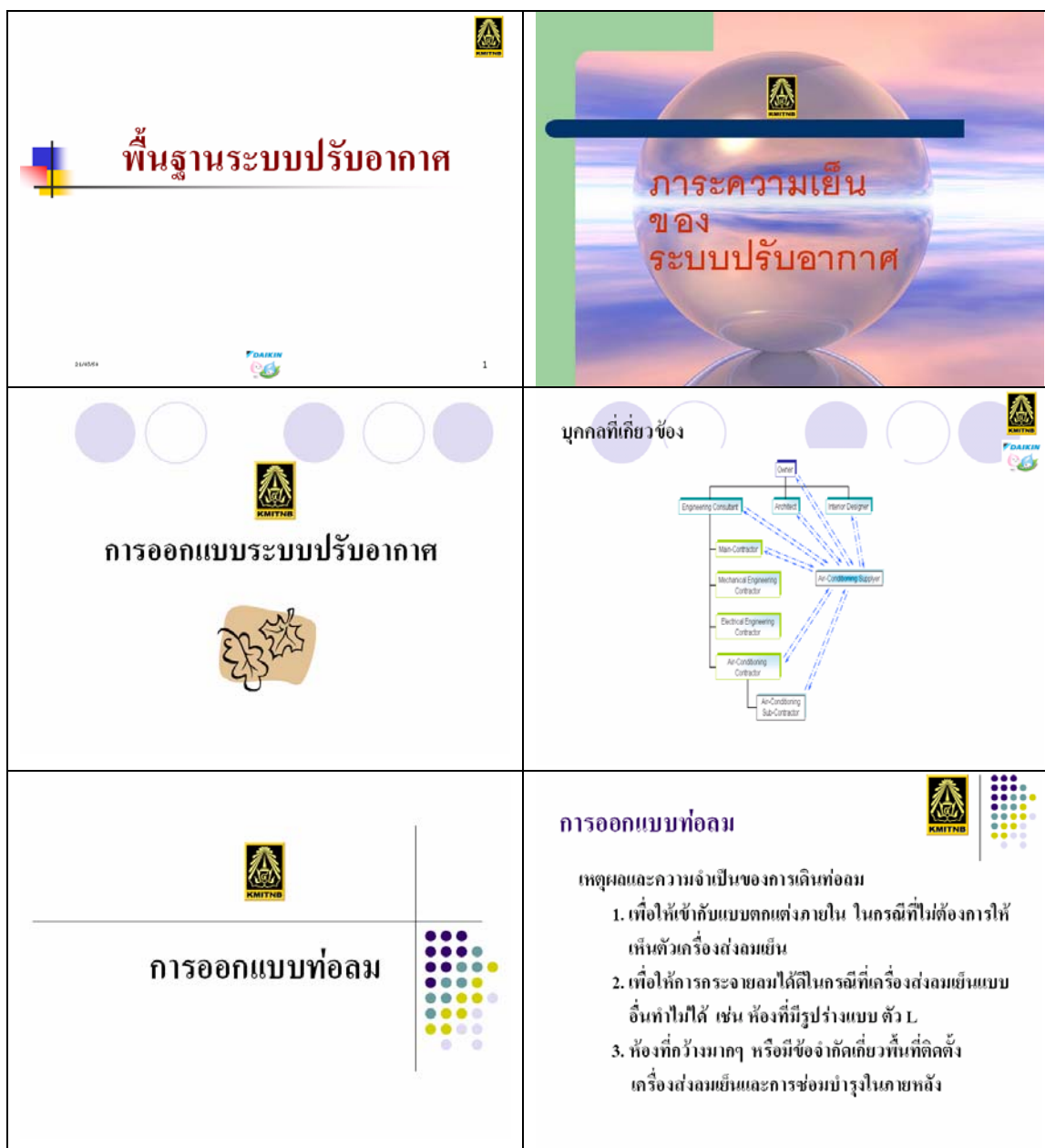


(ข) คู่มือผู้สอน



(ค) CD โปรแกรม

ภาพที่ 3-4 แสดงชุดฝึกอบรม



ภาพที่ 3-5 ตัวอย่างสไลด์ประกอบการฝึกอบรม

นอกจากนี้ในส่วนของเอกสารสำหรับผู้เรียนยังมี CD สอนการใช้งานโปรแกรมคำนวณการออกแบบระบบปรับอากาศอย่างเป็นขั้นตอน และเนื้อหาพื้นฐานระบบปรับอากาศไว้สำหรับให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมใช้ทบทวนการใช้งาน โปรแกรมและพื้นฐานระบบปรับอากาศ

### 3.1.3.5 การสร้างแบบทดสอบหลังเรียนและฝึกอบรมฝึกอบรม รัตนา [17]

การสร้างแบบทดสอบจะครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์ เมื่อสร้างเสร็จแล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทดสอบและอาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบเป็นผู้ประเมินแบบทดสอบ พร้อมทั้งแก้ไขในส่วนแบบทดสอบหลังบทเรียน และแบบทดสอบหลังฝึกอบรม มีการปรับจำนวนข้อเพื่อให้เหมาะสมและสะดวกในการวิเคราะห์ (แสดงการกำหนดจำนวนข้อแบบทดสอบที่ภาคผนวก ค)

แบบทดสอบหลังบทเรียนพร้อมเฉลย เป็นการทดสอบเพื่อวัดความรู้และความก้าวหน้าในการฝึกอบรม โดยให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทำแบบทดสอบเมื่อจบเนื้อหาในแต่ละบทเรียน ข้อสอบเป็นแบบปรนัย มี 4 ตัวเลือก ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน แบบทดสอบหลังบทเรียนแต่ละบท มีจำนวนข้อสอบดังนี้

บทเรียนที่ 1 มีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 10 ข้อ

บทเรียนที่ 2 มีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 10 ข้อ

บทเรียนที่ 3 มีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 10 ข้อ

บทเรียนที่ 4 มีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 10 ข้อ

(ตัวอย่างแบบทดสอบหลังบทเรียนพร้อมเฉลยแสดงที่ภาคผนวก ข)

แบบทดสอบหลังฝึกอบรมพร้อมเฉลย เป็นการทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ในการฝึกอบรม หลังจากได้รับเนื้อหาครบทุกบทเรียน ข้อสอบเป็นแบบปรนัย มี 4 ตัวเลือก ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน จำนวนข้อสอบมีทั้งหมด 40 ข้อ (ตัวอย่างแบบทดสอบหลังฝึกอบรมพร้อมเฉลยแสดงที่ภาคผนวก ข)

### 3.1.3.6 การสร้างแบบสอบถามประเมินผลชุดฝึกอบรม ล้วน [18]

การสร้างแบบสอบถามประเมินผลชุดฝึกอบรม เป็นแบบประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือวิจัยที่สร้างขึ้นโดยสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 4 ด้าน โดยแต่ละด้านมีหัวข้อรายการประเมินดังนี้

ด้านเนื้อหาชุดฝึกอบรม มีหัวข้อรายการประเมิน ได้แก่ เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์ เนื้อหามีความถูกต้อง มีรายละเอียดของเนื้อหาเพียงพอ เนื้อหาเรียงลำดับได้เหมาะสม รูปภาพสัมพันธ์กับคำอธิบาย คำอธิบายละเอียดชัดเจน ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม และอ่านแล้วสามารถทำความเข้าใจง่าย

ด้านแผนการฝึกอบรม มีหัวข้อรายการประเมิน ได้แก่ เวลาเหมาะสมกับเนื้อหาชุดฝึกอบรม ครอบคลุมวัตถุประสงค์ วิธีดำเนินการฝึกอบรม กิจกรรมระหว่างวิทยากรกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม และการตรวจรับความเข้าใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม มีหัวข้อรายการประเมิน ได้แก่ รูปภาพมองเห็นได้ชัดเจน ตัวหนังสือมองเห็นได้ชัดเจน การใช้สีเหมาะสม นำไปใช้สะดวก เหมาะสมกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้ได้ดี

ด้านแบบทดสอบ มีหัวข้อรายการประเมิน ได้แก่ มีความสอดคล้องกับเนื้อหา สามารถตรวจหาคำตอบได้ง่าย คำถามและคำตอบมีเป้าหมายชัดเจน และครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (แสดงการจำแนกข้อสอบตามเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ภาคผนวก ค)

การประเมินค่าความเหมาะสมกำหนดค่าคะแนนออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้ ชูศรี [19]

|            |                              |
|------------|------------------------------|
| มากที่สุด  | มีค่าเท่ากับ 4.51-5.00 คะแนน |
| มาก        | มีค่าเท่ากับ 3.51-4.50 คะแนน |
| ปานกลาง    | มีค่าเท่ากับ 2.51-3.50 คะแนน |
| น้อย       | มีค่าเท่ากับ 1.51-2.50 คะแนน |
| น้อยที่สุด | มีค่าเท่ากับ 1.00-1.50 คะแนน |

ในการสร้างแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อเครื่องมือวิจัยนั้น ผู้วิจัยได้นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ทำการประเมินตามรายการที่กำหนดไว้ในแบบประเมิน ซึ่งผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อเครื่องมือในการวิจัย ได้ค่าระดับความคิดเห็นดังนี้ (รายละเอียดการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อเครื่องมือวิจัยหลักสูตรชุดฝึกอบรมแสดงผลตามตารางที่ภาคผนวก ข)

ตารางที่ 3-1 ผลการประเมินความเหมาะสมชุดฝึกอบรมบทเรียนที่ 1 เรื่องพื้นฐานระบบปรับอากาศ

| รายการประเมิน               | ค่าเฉลี่ย | ผลการประเมิน |
|-----------------------------|-----------|--------------|
| 1. ด้านเนื้อหาชุดฝึกอบรม    | 3.93      | มาก          |
| 2. ด้านแผนการฝึกอบรม        | 3.84      | มาก          |
| 3. ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม | 3.92      | มาก          |
| 4. ด้านแบบทดสอบ             | 3.95      | มาก          |

จากตารางที่ 3-1 ผลการประเมินความเหมาะสมชุดฝึกอบรมบทเรียนที่ 1 ของผู้เชี่ยวชาญพบว่า ทั้ง 4 ด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก โดยด้านแบบทดสอบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในระดับมาก ส่วนด้านแผนการฝึกอบรมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด

**ตารางที่ 3-2** ผลการประเมินความเหมาะสมชุดฝึกอบรมบทเรียนที่ 2 เรื่องการคำนวณภาระความเย็น

| รายการประเมิน               | ค่าเฉลี่ย | ผลการประเมิน |
|-----------------------------|-----------|--------------|
| 1. ด้านเนื้อหาชุดฝึกอบรม    | 4.10      | มาก          |
| 2. ด้านแผนการฝึกอบรม        | 3.76      | มาก          |
| 3. ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม | 4.08      | มาก          |
| 4. ด้านแบบทดสอบ             | 4.15      | มาก          |

จากตารางที่ 3-2 ผลการประเมินความเหมาะสมชุดฝึกอบรมบทเรียนที่ 2 ของผู้เชี่ยวชาญพบว่า ทั้ง 4 ด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก โดยด้านแบบทดสอบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในระดับมาก ส่วนด้านแผนการฝึกอบรมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด

**ตารางที่ 3-3** ผลการประเมินความเหมาะสมชุดฝึกอบรมบทเรียนที่ 3 เรื่องการออกแบบระบบปรับอากาศ

| รายการประเมิน               | ค่าเฉลี่ย | ผลการประเมิน |
|-----------------------------|-----------|--------------|
| 1. ด้านเนื้อหาชุดฝึกอบรม    | 4.08      | มาก          |
| 2. ด้านแผนการฝึกอบรม        | 3.84      | มาก          |
| 3. ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม | 4.32      | มาก          |
| 4. ด้านแบบทดสอบ             | 4.30      | มาก          |

จากตารางที่ 3-3 ผลการประเมินความเหมาะสมชุดฝึกอบรมบทเรียนที่ 3 ของผู้เชี่ยวชาญพบว่า ทั้ง 4 ด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก โดยด้านสื่อประกอบการฝึกอบรมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ส่วนด้านแผนการฝึกอบรมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด

**ตารางที่ 3-4** ผลการประเมินความเหมาะสมชุดฝึกอบรมบทเรียนที่ 4 เรื่องการออกแบบ Duct Work (งานท่อลม)

| รายการประเมิน            | ค่าเฉลี่ย | ผลการประเมิน |
|--------------------------|-----------|--------------|
| 1. ด้านเนื้อหาชุดฝึกอบรม | 3.98      | มาก          |
| 2. ด้านแผนการฝึกอบรม     | 3.76      | มาก          |



ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

| รายการประเมิน               | ค่าเฉลี่ย | ผลการประเมิน |
|-----------------------------|-----------|--------------|
| 3. ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม | 3.72      | มาก          |
| 4. ด้านแบบทดสอบ             | 3.95      | มาก          |

จากตารางที่ 3-4 ผลการประเมินความเหมาะสมชุดฝึกอบรมบทเรียนที่ 4 ของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ทั้ง 4 ด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก โดยด้านเนื้อหาชุดฝึกอบรมมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในระดับมาก ส่วนด้านสื่อประกอบการฝึกอบรมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด

ตารางที่ 3-5 ผลการประเมินความเหมาะสมชุดฝึกอบรมทั้งชุดของผู้เชี่ยวชาญ

| รายการประเมิน               | ค่าเฉลี่ย | ผลการประเมิน |
|-----------------------------|-----------|--------------|
| 1. ด้านเนื้อหาชุดฝึกอบรม    | 4.02      | มาก          |
| 2. ด้านแผนการฝึกอบรม        | 3.85      | มาก          |
| 3. ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม | 4.03      | มาก          |
| 4. ด้านแบบทดสอบ             | 4.08      | มาก          |

จากตารางที่ 3-5 ผลการประเมินความเหมาะสมชุดฝึกอบรมทั้งชุดของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ทั้ง 4 ด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก โดยด้านแบบทดสอบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในระดับมาก ส่วนด้านแผนการฝึกอบรมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในระดับมาก เช่นกัน

### 3.2 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลมีขั้นตอนดังนี้

3.2.1 นำเครื่องมือวิจัยที่ผ่านการประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญ มาจัดทำรูปเล่มเอกสารฉบับใช้งานจริง ได้แก่ คู่มือผู้สอนและเอกสารสำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรมซึ่งประกอบด้วย เอกสารประกอบการฝึกอบรม แผนการฝึกอบรม แบบทดสอบ และแผ่นซีดี-รอม (CD-ROM) จำนวน 2 แผ่น คือ แผ่นแรกเป็นโปรแกรมการคำนวณ ส่วนแผ่นที่สองเกี่ยวกับเนื้อหาพื้นฐานระบบปรับอากาศและสอนการใช้งานโปรแกรมการคำนวณระบบปรับอากาศ

3.2.2 จัดฝึกอบรมระยะเวลา 2 วัน ตามกำหนดการฝึกอบรมที่ระบุไว้ในโครงร่างหลักสูตรได้

3.2.3 หลังการฝึกอบรม เมื่อวิทยากรเสร็จสิ้นการสอน ให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทำแบบทดสอบหลังการอบรมเสร็จสิ้นและนำผลคะแนนที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ย เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม

### 3.3 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

#### 3.3.1 การหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม เสาวณีย์ [20]

$$E_1 = \frac{\frac{\sum x}{N} \times 100}{A} \%$$

$$E_2 = \frac{\frac{\sum Y}{N} \times 100}{B} \%$$

|             |         |                                                                                          |
|-------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| เมื่อ $E_1$ | หมายถึง | ประสิทธิภาพที่วัดได้ของชุดฝึกอบรม คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบหลังบทเรียน               |
| $E_2$       | หมายถึง | ประสิทธิภาพที่วัดได้ของชุดการสอน คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม |
| $\sum x$    | หมายถึง | คะแนนรวมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมจากการทำแบบทดสอบหลังบทเรียน                               |
| $\sum Y$    | หมายถึง | คะแนนรวมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม                |
| N           | หมายถึง | จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด                                                                   |
| A           | หมายถึง | คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังบทเรียน                                                          |
| B           | หมายถึง | คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม                                           |

## บทที่ 4

### ผลของการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างและหาค่าประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม โดยการจัดฝึกอบรมด้านเทคนิคให้กับวิศวกร ช่างเทคนิคด้านระบบปรับอากาศ จำนวน 14 คน เมื่อให้เนื้อหาเสร็จสิ้นในแต่ละบทเรียน ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังบทเรียน และเมื่อเนื้อหาครบทุกบทเรียนแล้วให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังฝึกอบรม นำผลมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพ ชุดฝึกอบรม และนำเสนอในรูปตาราง

#### 4.1 ชุดฝึกอบรมที่ผ่านการพัฒนา

ชุดฝึกอบรมที่ผ่านการพัฒนาขึ้นมา แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.1.1 ชุดฝึกอบรม ประกอบด้วย คู่มือผู้สอนและเอกสารสำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรม ดังนี้

4.1.1.1 คู่มือผู้สอน ประกอบด้วย โครงร่างหลักสูตร เอกสารประกอบการฝึกอบรม แผนการฝึกอบรม สื่อที่ใช้ประกอบการฝึกอบรม แบบทดสอบหลังบทเรียนและหลังฝึกอบรม



ภาพที่ 4-1 ตัวอย่างเอกสารประกอบการฝึกอบรม

## บทเรียนที่ 1

### พื้นฐานการออกแบบระบบปรับอากาศ

|                    |                                              |
|--------------------|----------------------------------------------|
| แผนการอบรมหลักสูตร | การออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย |
| เรื่อง             | พื้นฐานระบบปรับอากาศ เวลา 1:30 ชั่วโมง       |

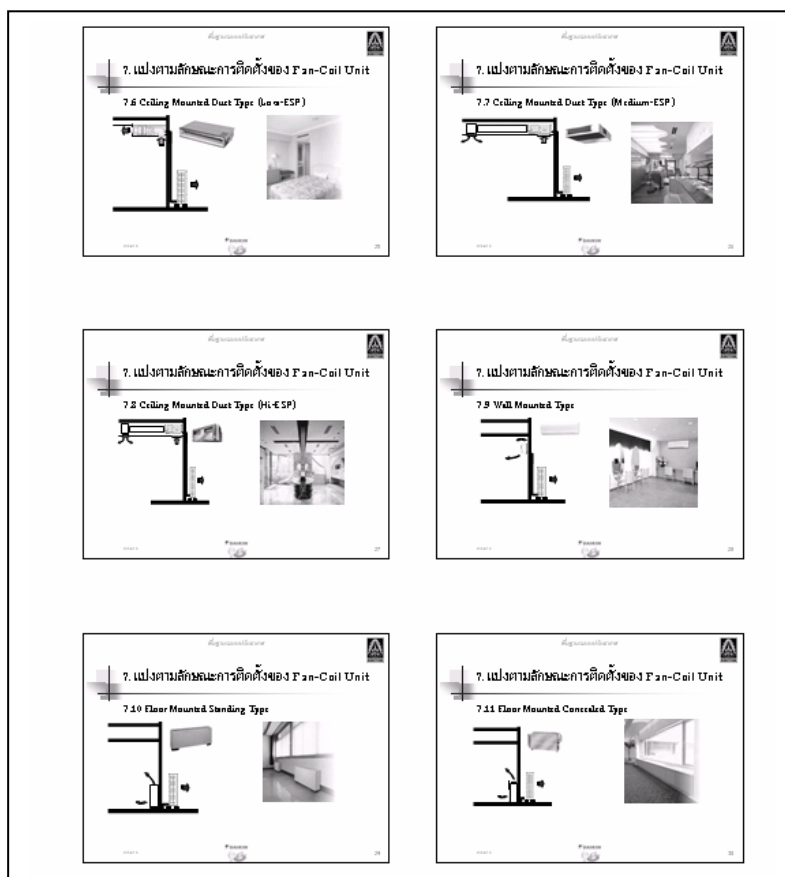
#### วัตถุประสงค์

- อธิบายส่วนประกอบและหลักการทำงานของระบบปรับอากาศประเภทต่างๆได้

#### พื้นฐานที่จะเป็น

การทำ ความเย็นและปรับอากาศ

### ภาพที่ 4-2 ตัวอย่างแผนการฝึกอบรม



### ภาพที่ 4-3 ตัวอย่างสไลด์

#### 4.1.1.2 เอกสารสำหรับผู้เข้ารับการอบรม ประกอบด้วยใบเนื้อหาการฝึกอบรม



## บทที่ 2

### ภาระความเย็นและการคำนวณ

#### 1. ภาระความเย็นของระบบปรับอากาศ

เพื่อความสะดวกในการศึกษา และการคำนวณจำเป็นต้องแยกแยะประเภทภาระความเย็น (Cooling Load) ออกเป็นหมวดหมู่ดังต่อไปนี้คือ

**Cooling Load**

**External Heat**  
(Energy Transfer (Conduction/Radiation))

Wall

External Wall

Opaque \_\_\_\_\_ ①

Clear \_\_\_\_\_ ②

Internal Wall

Opaque \_\_\_\_\_ ③

Clear \_\_\_\_\_ ④

Floor/Ceiling or Roof

Floor \_\_\_\_\_ ⑤

Ceiling or Roof \_\_\_\_\_ ⑥

**Mass Transfer**  
(Infiltration)

Ventilate Fresh Air Intake \_\_\_\_\_ ⑦

Exhaust Air \_\_\_\_\_ ⑧

**Internal Heat**

Human \_\_\_\_\_ ⑨

Lighting \_\_\_\_\_ ⑩

Equipment \_\_\_\_\_ ⑪

#### 2. Heat through external glass

$$Q_{\text{transmission}} = U \cdot A \cdot CLF + A \cdot SIBGF \cdot SC \quad (\text{Btu/h})$$

when U = Overall heat transfer coefficient  $(\text{Btu/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F})$

A = Wall area  $(\text{ft}^2)$

CLF = Cooling load factor  $(\text{F})$

SIBGF = Solar heat gain factor  $(\text{Btu/h} \cdot \text{ft}^2)$

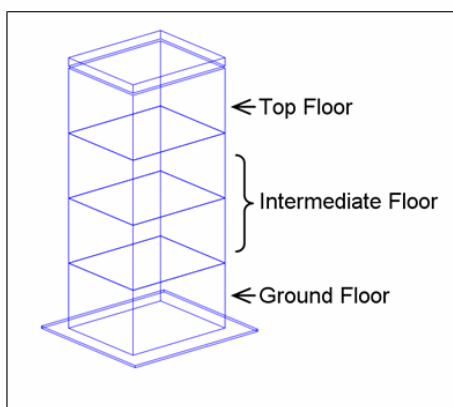
SC = Shading coefficient

#### 3. Heat through internal wall of non A/C space or shaded external wall

$$Q_{\text{transmission}} = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (\text{Btu/h})$$

3. ปรับระดับของห้องเป็น ห้องระดับ Ground Floor, Intermediate Floor, Top Floor

#### 4 Floor Building with Flat Roof Deck



ภาพที่ 4-4 ตัวอย่างเอกสารสำหรับผู้เข้ารับการอบรม

4.1.2 แบบทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม ประกอบด้วยแบบทดสอบหลังบทเรียน และหลังฝึกอบรม

#### 4.2 การวิเคราะห์ผลการทำแบบทดสอบหลังบทเรียน

ในการนำชุดฝึกอบรมใช้กับกลุ่มตัวอย่าง เมื่อจบในแต่ละบทเรียนแล้วให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทำแบบทดสอบหลังบทเรียนทุกครั้ง รวมทั้งหมด 4 บทเรียน ผลคะแนนปรากฏดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ค่าเฉลี่ยและค่าร้อยละของคะแนนการทำแบบทดสอบหลังบทเรียนของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

| หัวเรื่อง                         | คะแนนเต็ม | คะแนนเฉลี่ย | ร้อยละ |
|-----------------------------------|-----------|-------------|--------|
| 1. พื้นฐานการออกแบบระบบปรับอากาศ  | 10        | 8.64        | 71.30  |
| 2. การคำนวณภาระความเย็น           | 10        | 7.43        | 57.40  |
| 3. การออกแบบ                      | 10        | 7.57        | 59.13  |
| 4. การออกแบบ Duct Work (งานท่อลม) | 10        | 7.85        | 63.91  |
| รวม                               | 40        | 31.49       | 78.75  |

จากตารางที่ 4-1 พบว่าคะแนนของแบบทดสอบหลังบทเรียน โดยรวมมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 78.75 เมื่อพิจารณาเป็นรายบทเรียน

#### 4.3 การวิเคราะห์ผลการทำแบบทดสอบหลังฝึกอบรม เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ของการฝึกอบรม

เมื่อจบการฝึกอบรมการออกแบบระบบปรับอากาศครบทั้ง 4 บทเรียน แล้วให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังฝึกอบรมเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม ผลคะแนนแสดงดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยและค่าร้อยละของคะแนนการทำแบบทดสอบหลังฝึกอบรมเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม

| รายการ              | คะแนนเต็ม | คะแนนเฉลี่ย | ร้อยละ |
|---------------------|-----------|-------------|--------|
| แบบทดสอบหลังฝึกอบรม | 40        | 30.29       | 75.71  |

จากตารางที่ 4-2 พบว่ามีผลคะแนนของการทดสอบหลังฝึกอบรมเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรมมีค่าร้อยละ 75.71 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80

#### 4.4 การวิเคราะห์ผลการหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม ปรากฏผลดังตารางที่ 4-3 (รายละเอียดการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมแสดงที่ภาคผนวก จ )

ตารางที่ 4-3 ค่าร้อยละของการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม

| รายการ                        | คะแนนสอบ<br>รวมทั้งหมด | จำนวนผู้เข้ารับ<br>การฝึกอบรม | คะแนนเต็ม | ร้อยละ |
|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------|--------|
| แบบทดสอบหลังบทเรียน ( $E_1$ ) | 441                    | 14                            | 40        | 78.75  |
| แบบทดสอบหลังฝึกอบรม ( $E_2$ ) | 424                    | 14                            | 40        | 75.71  |

จากตารางที่ 4-3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม พบว่าคะแนนในการทำแบบทดสอบหลังบทเรียนมีค่าร้อยละ 78.75 และคะแนนในการทำแบบทดสอบหลังฝึกอบรมเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ของการฝึกอบรมมีค่าร้อยละ 75.71 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80/80

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง โปรแกรมคำนวณออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักออาศัย เป็นชุดฝึกอบรมซึ่งประกอบด้วย คู่มือวิทยากร และเอกสารสำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยหลักสูตรการฝึกอบรมที่สร้างขึ้น ได้มีการหาความจำเป็นในการฝึกอบรมและประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ นำชุดฝึกอบรม ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 14 คน ซึ่งเป็นวิศวกร ช่างเทคนิคด้านระบบปรับอากาศ เมื่อกลุ่มตัวอย่างฝึกอบรมจบในแต่ละบทเรียนให้ทำแบบทดสอบหลังบทเรียน และให้ทำแบบทดสอบเมื่อเรียนจบครบทุกบทเรียน นำผลจากการทดสอบมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพ ชุดฝึกอบรม

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

ชุดฝึกอบรมเรื่อง โปรแกรมคำนวณออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักออาศัย มีประสิทธิภาพ 78.75 / 75.71 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้ 80/80 จึงสรุปได้ว่า ชุดฝึกอบรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นควรมีการปรับปรุงให้ดีกว่าเดิมก่อนที่จะนำไปจัดอบรมในครั้งต่อไป

#### 5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ พบว่าชุดฝึกอบรม การออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักออาศัย ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยค่าคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังบทเรียนมีค่าเท่ากับร้อยละ 78.75 และค่าคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังฝึกอบรม เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 75.71 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ ที่กำหนด 80/80 สาเหตุเกิดจาก

5.2.1 ระยะเวลาฝึกอบรมไม่เพียงพอต่อการศึกษาความรู้ ขาดการเน้นการปฏิบัติจริง ซึ่งต้องใช้เวลาในการฝึกอบรมมากกว่านี้

5.2.2 แบบทดสอบที่ใช้ในการทดสอบหลังบทเรียนและหลังฝึกอบรมเป็นทฤษฎีมากเกินไป ในขณะที่การอบรมต้องการเน้นการออกแบบได้จริง

5.2.3 เนื้อหาที่ให้มามีปริมาณมากเกินไป ไม่เหมาะสมกับระยะเวลาอบรม แต่ด้วยสภาพการที่มีเงื่อนไขข้อจำกัดของเวลาจึงจำเป็นต้องอบรมเพียง 2 วัน



### 5.3 ข้อเสนอแนะ

#### 5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ผลการหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมพบว่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้น ถ้าจะทำการฝึกอบรมอีกครั้งควรมีการปรับพื้นฐานของผู้เข้ารับการอบรมให้มีความรู้ที่ใกล้เคียงกันก่อนที่จะทำการฝึกอบรมและดำเนินการจัดการล่วงหน้าอื่นๆ

#### 5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับรูปแบบการจัดทำชุดฝึกอบรม

การพัฒนาชุดฝึกอบรมในครั้งต่อไปควรมีการออกแบบสื่อการเรียนการสอนเป็นแบบมัลติมีเดีย

## เอกสารอ้างอิง

1. พัฒนา สุขประเสริฐ. กลยุทธ์ในการฝึกอบรม. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541.
2. สมพล บุญญสุวรรณโน. ชุดฝึกอบรม เรื่องการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารด้วย EIB. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545.
3. จงกลณี ชูติมาเทวินทร์. การฝึกอบรมเชิงพัฒนา. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : พี เอ ลีฟวิ่ง, 2542.
4. ชูชัย สมทิธิไกร. การฝึกอบรมบุคลากรในองค์กร. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
5. สมคิด บางโม. เทคนิคการฝึกอบรมและการประชุม. กรุงเทพฯ : วิทย์พัฒนา, 2545.
6. ชัยยงค์ พรหมวงศ์, สมเชาว์ เนตรประเสริฐ และ สุดา สิ้นสุก. ระบบสื่อการสอน. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2521.
7. อัครเดช สินธุภัก. **Principle of Refrigeration**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ , 2547.
8. ประพันธ์ ศิริพลัปลา. **Air Condition**. กรุงเทพฯ , 2526.
9. สมศักดิ์ สุโมตยกุล. หลักการทำงานและเทคนิคการตรวจสอบเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2548.
10. A. F. C. Sherratt. **Air Conditioning System Design for Buildings**. London : Elsevier, c1969.
11. Billy C. Langley, Ed. D. and CM. **Fundamentals of Air Conditioning Systems** . The United States of America, c1995.
12. วัฒนา คำจันทร์. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนเรื่อง ระบบปรับอากาศ. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2541.
13. วิชาญ วิมานจันทร์. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนเรื่อง การทำความเย็น. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , 2536.
14. สุรศักดิ์ นิมวิสัย. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมการทำงานของระบบกระตุ้นและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2546.

15. สมชาติ กิจยรรยง. **สูตรสำเร็จการจัดฝึกอบรม**. กรุงเทพฯ : เอ็มไอที คอนซัลติ้ง, 2546.
16. แมคคาร์เดิล และเกรี อี. เอช. **การวิเคราะห์ความจำเป็นในการฝึกอบรม**. แปลโดย วุฒิพงษ์ ยศธาสุโรดม. กรุงเทพฯ : ปีไปร์ทบุ๊กส์, 2546.
17. รัตนา ศิริพานิช. **หลักการสร้างแบบสอวัดทางจิตวิทยาและทางการศึกษา**. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท., 2535.
18. ถ้วน สายยศและอังคณา สายยศ. **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา**. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2538.
19. ชูศรี วงศ์รัตน์. **เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.
20. เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต. **เทคโนโลยีทางการศึกษา**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ, 2528.

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดฝึกอบรม  
หนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินชุดฝึกอบรม

### รายนามผู้เชี่ยวชาญ

เพื่อประเมินให้น้ำหนักความสำคัญของเนื้อหาและประเมินความเหมาะสมในการนำไป ใช้งานของ ชุดฝึกอบรม ในการทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักออาศัย

ตารางที่ ก-1 แสดงรายนามผู้เชี่ยวชาญ

| ที่ | ชื่อ – สกุล           | คุณวุฒิ                                                                        | สถานที่ติดต่อ                                                                                                                                                                                    |
|-----|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | อาจารย์ฉัตรชาญ ทองจับ | ก.อ.ม. (เครื่องกล)                                                             | ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอาคาร<br>และการปรับอากาศ วิทยาลัยเทคโนโลยี<br>อุตสาหกรรม<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ<br>เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10802                                           |
| 2   | ผศ. กิติ เกื้อสกุล    | ก.อ.ม. (เครื่องกล)                                                             | ภาควิชาเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยี<br>อุตสาหกรรม<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ<br>เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10802                                                                           |
| 3   | นายบัณฑิต ศรีวิลานนท์ | (วศ.บ.) สาขา<br>วิศวกรรมเครื่องกล<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอม<br>เกล้าพระนครเหนือ | - ออกแบบระบบปรับอากาศในอาคาร<br>สำนักงาน, ที่พักออาศัย<br>- ออกแบบระบบปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็น, แบบแยกส่วน และแบบ VRV<br>ผู้จัดการทั่วไป (อาวุโส) ฝ่ายขายทั่วไป<br>บริษัท สยามไดกินเซลล์ จำกัด     |
| 4   | นายวันชัย จิตพิณิจล   | วศ.บ. เครื่องกล<br>จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย                                       | - ออกแบบระบบปรับอากาศใน<br>อาคารสำนักงาน, ที่พักออาศัย,<br>อาคารอนุรักษ์<br>- ออกแบบระบบปรับอากาศแบบ<br>แยกส่วน และแบบ VRV<br>ผู้จัดการส่วนวิศวกรรม ฝ่ายขายทั่วไป<br>บริษัท สยามไดกินเซลล์ จำกัด |
| 5   | นายนิรันดร์ เชื้อเคน  | วศ.บ. เครื่องกล<br>มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี                                      | - ออกแบบระบบปรับอากาศใน<br>อาคารสำนักงาน, ที่พักออาศัย,<br>อาคารอนุรักษ์<br>- ออกแบบระบบปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็น, แบบแยกส่วน และแบบ VRV                                                            |

ที่ ศธ 0525.3(2)/124



ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

22 ธันวาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินเนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรม

เรียน นายบัณฑิต ศรีวิลานนท์

ด้วยนางสาวอังคณา เรืองชัย นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมสำหรับช่างเทคนิค วิศวกรด้านเครื่องปรับอากาศ เรื่อง การออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตวงษ์ เป็นประธานกรรมการ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพันธ์ ต้นศรีวงษ์ กรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินเนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ขจร อินวัญ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

โทร/โทรสาร 0-2587-8255

ที่ ศบ 0525.3(2)/124



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
1518 ถนนพหลโยธิน บางซื่อ กทม. 10800

22 ธันวาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินเนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรม

เรียน นายนิรันดร์ เชื้อเคน

ด้วยนางสาวอังคณา เรืองชัย นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมสำหรับช่างเทคนิค วิศวกรด้านเครื่องปรับอากาศ เรื่อง การออกแบบระบบปรับอากาศของ อาคารและที่พักอาศัย โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตวงษ์ เป็นประธาน กรรมการ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพันธ์ ต้นศรีวงษ์ กรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินเนื้อหา หลักสูตรฝึกอบรม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ขจร อินวong)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร/โทรสาร 0-2587-8255

ที่ ศธ 0525.3(2)/124



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
1518 ด.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

22 ธันวาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินเนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรม

เรียน นายวันชัย จิตพินิจกุล

ด้วยนางสาวอังคณา เรืองชัย นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมสำหรับช่างเทคนิค วิศวกรด้านเครื่องปรับอากาศ เรื่อง การออกแบบระบบปรับอากาศของ อาคารและที่พักอาศัย โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตวงษ์ เป็นประธาน กรรมการ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพันธ์ ดันศรีวงษ์ กรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์จะขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินเนื้อหา หลักสูตรฝึกอบรม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ขจร อินวัญ)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า  
โทร/โทรสาร 0-2587-8255



ที่ ศธ 0525.3(2)/124



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

22 ธันวาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินเนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรม

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิติ เกื้อสกุล

ด้วยนางสาวอังคณา เรืองชัย นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า  
ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาและหา  
ประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมสำหรับช่างเทคนิค วิศวกรด้านเครื่องปรับอากาศ เรื่อง การออกแบบระบบปรับอากาศของ  
อาคารและที่พักอาศัย โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตวงษ์ เป็นประธาน  
กรรมการ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพันธ์ ดันศรีวงษ์ กรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์จะขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินเนื้อหา  
หลักสูตรฝึกอบรม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ขจร อินวong)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร/โทรสาร 0-2587-8255

ที่ ศธ 0525.3(2)/124



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

๒๒ ธันวาคม ๒๕๔๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินเนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรม

เรียน อาจารย์ฉัตรชาญ ทองจับ

ด้วยนางสาวอังคณา เรืองชัย นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมสำหรับช่างเทคนิค วิศวกรด้านเครื่องปรับอากาศ เรื่อง การออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตวงษ์ เป็นประธานกรรมการ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพันธ์ คันธีรัมย์ กรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินเนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ขจร อินวong)  
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า  
โทร/โทรสาร 0-2587-8255

ภาคผนวก ข

แบบสอบถาม แบบประเมินและตารางแสดงคะแนนเฉลี่ยแบบประเมินชุดฝึกอบรม



## ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีไทย – ฝรั่งเศส

แบบสำรวจ ความต้องการจำเป็นในการฝึกอบรมสำหรับช่างเทคนิค วิศวกรด้านระบบปรับอากาศ  
เรื่อง การออกแบบระบบปรับอากาศอาคารและที่พักออาศัย

### คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้ทำขึ้นเพื่อสำรวจความต้องการในการฝึกอบรมเรื่องการออกแบบระบบ  
ปรับอากาศอาคารและที่พักออาศัย

### แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 4 ตอน คือ

- ตอนที่ 1 สอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม
- ตอนที่ 2 สอบถามความรู้เกี่ยวกับระบบปรับอากาศ
- ตอนที่ 3 สอบถามความรู้เกี่ยวกับการออกแบบระบบปรับอากาศอาคาร  
และที่พักออาศัย
- ตอนที่ 4 สอบถามหัวข้อการฝึกอบรม

ขอขอบคุณในความร่วมมือ

### แบบสอบถามความต้องการฝึกอบรม

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

คำชี้แจง โปรดเลือกคำตอบโดยขีดเครื่องหมาย / และเติมข้อความลงในช่องว่างตามความเป็นจริง

1. ชื่อ / นามสกุล.....  
 ที่ทำงาน .....  
 ..... เบอร์ติดต่อ.....
2. อายุ  
 ( ) ระหว่าง 20 – 29 ปี      ( ) ระหว่าง 40 – 49 ปี  
 ( ) ระหว่าง 30 – 39 ปี      ( ) ระหว่าง 50 – 60 ปี
3. ระดับการศึกษาสูงสุด  
 ( ) ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช./ ปวส./ปวท.) สาขา.....  
 ( ) ปริญญาตรี                      สาขา .....  
 ( ) ปริญญาโท                      สาขา .....  
 ( ) ปริญญาเอก                      สาขา .....
4. ตำแหน่งงานในหน้าที่ของท่าน  
 ( ) อาจารย์ สาขาวิชา .....  
 ( ) วิศวกร สาขา .....  
 ( ) ช่างเทคนิค สาขา .....  
 ( ) ผู้บริหาร ตำแหน่ง .....  
 ( ) อื่นๆ .....
5. ประสบการณ์ทำงานด้านระบบปรับอากาศ..... ปี .....เดือน

## ตอนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับระบบปรับอากาศ

**คำชี้แจง** โปรดเลือกคำตอบโดยขีดเครื่องหมาย / และเติมข้อความลงในช่องว่างตามความเป็นจริง

1. ท่านมีความรู้เกี่ยวกับระบบปรับอากาศเพียงไร ?

- ( ) ไม่มี (ถ้าไม่มีโปรดตอบตอนที่ 3) ( ) ปานกลาง  
( ) น้อย ( ) มาก

2. ท่านมีความรู้เรื่องใดบ้างในระบบปรับอากาศ ?

- ( ) การติดตั้งและทดสอบ  
( ) การบำรุงรักษาและการแก้ไขข้อขัดข้องของเครื่องปรับอากาศ  
( ) การประหยัดพลังงานในการปรับอากาศ  
( ) อื่นๆ .....

## ตอนที่ 3 ความรู้เรื่องการออกแบบระบบปรับอากาศและที่พักอาศัย

**คำชี้แจง** โปรดเลือกคำตอบโดยขีดเครื่องหมาย / และเติมข้อความลงในช่องว่างตามความเป็นจริง

1. ท่านเคยออกแบบระบบปรับอากาศและที่พักออาศัยหรือไม่ ?

- ( ) เคย  
( ) ไม่เคย (ถ้าไม่เคยโปรดตอบข้อ 8 )

2. ท่านมีความรู้เกี่ยวกับการออกแบบระบบปรับอากาศและที่พักออาศัยมากน้อยเพียงใด ?

- ( ) ไม่มี (ถ้าไม่มีโปรดตอบข้อ ) ( ) ปานกลาง  
( ) น้อย ( ) มาก

3. ท่านได้รับความรู้เรื่องการออกแบบระบบปรับอากาศและที่พักออาศัยโดยวิธีใด ? (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ( ) ศึกษาด้วยตนเอง ( ) อ่านจากเอกสารสิ่งพิมพ์  
( ) เรียนในหลักสูตร ( ) ประสบการณ์จากการทำงาน

( ) รับการอบรม จากหน่วยงาน (โปรดระบุ) .....

( ) อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

4. ท่านทราบขั้นตอนการออกแบบระบบปรับอากาศและที่พักอาศัยในระดับใด ?

( ) ไม่ทราบ ( ) น้อย

( ) ปานกลาง ( ) มาก

5. ท่านมีความรู้ใดบ้างในการออกแบบระบบปรับอากาศและที่พักอาศัย ?

(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) การคำนวณภาระทำความเย็นของพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศ

( ) เลือกระบบปรับอากาศ

( ) เลือกชนิดของอุปกรณ์ส่งลม

( ) การร่างแบบ

( ) การออกแบบระบบท่อ

( ) การเขียนแบบ

( ) การประมาณราคา

( ) เทคนิคในการออกแบบ

( ) อื่นๆ โปรดระบุ .....

( ) ไม่ทราบ

6. ท่านเคยทำการออกแบบขั้นตอนใดบ้าง ? (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) การคำนวณภาระทำความเย็นของพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศ

( ) เลือกระบบปรับอากาศ

( ) เลือกชนิดของอุปกรณ์ส่งลม

( ) การร่างแบบ

( ) การออกแบบระบบท่อ

( ) การเขียนแบบ

( ) การประมาณราคา

( ) เทคนิคในการออกแบบ

( ) อื่นๆ โปรดระบุ .....

( ) ไม่เคยใช้ (ถ้าไม่เคยใช้โปรดตอบข้อ.....)

7. ท่านมีวัตถุประสงค์ในการออกแบบระบบปรับอากาศด้านใดบ้าง ?

- ( ) เพื่อการค้า
- ( ) ศึกษาคุณค่าข้อมูลเพื่อการศึกษา
- ( ) อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

8. ท่านคิดว่าการออกแบบระบบปรับอากาศอาคารและที่พัก มีประโยชน์ต่อการจัดโครงการฝึกอบรม และการศึกษาวิจัยในระดับใด ?

- ( ) ไม่มี                      ( ) น้อย
- ( ) ปานกลาง                      ( ) มาก
- ( ) ไม่ทราบ

**ตอนที่ 4** หัวข้อที่ต้องการฝึกอบรม

**คำชี้แจง** โปรดเลือกคำตอบโดยขีดเครื่องหมาย / และเติมข้อความลงในช่องว่างตามความเป็นจริง

1. ท่านต้องการให้มีการจัดโครงการฝึกอบรมเรื่อง การออกแบบระบบปรับอากาศอาคารและที่พักอาศัย หรือไม่ ?

- ( ) ต้องการ                      ( ) ไม่ต้องการ

2. ท่านต้องการฝึกอบรมเรื่องใดบ้าง (เลือกได้มากกว่า 1)

- ( ) ความรู้เกี่ยวกับระบบปรับอากาศ
- ( ) ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบระบบปรับอากาศอาคารและที่พักอาศัย
- ( ) ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบระบบปรับอากาศสำหรับโรงพยาบาล
- ( ) ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบระบบปรับอากาศห้างสรรพสินค้า
- ( ) ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบระบบปรับอากาศงานอุตสาหกรรม
- ( ) ความรู้เกี่ยวกับการประหยัดพลังงานในการปรับอากาศ
- ( ) อื่นๆ (โปรดระบุ) .....



แบบสอบถามข้อเสนอแนะหาความจำเป็นในการฝึกอบรม  
หลักสูตรการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย

คำชี้แจง กรุณาระบุข้อมูลในข้อที่ตรงกับข้อมูลของท่าน

- ## 1. สถานภาพส่วนบุคคล

ชื่อ.....ตำแหน่ง.....

ที่ทำงาน.....

2. จบการศึกษาระดับ.....คณะ.....สาขา.....

3. ประสบการณ์ทำงานด้านระบบปรับอากาศ .....ปี.....เดือน

- #### 4. ผลงานระบบปรับอากาศ ที่ผ่านมา

[illegible]

**คำชี้แจง** กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องตรงตามความเห็นของท่าน และบันทึกข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ลงในตารางที่ท่านเห็นสมควร

### ข้อเสนอแนะ

ท่านมีความเห็นต่อหัวข้อเรื่องที่จะใช้ในการให้ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัยมีความเหมาะสมเพียงใด

หมายเลข 1 หมายถึง หัวข้อนี้ไม่มีความจำเป็นในการฝึกอบรม

หมายเลข 2 หมายถึง หัวข้อนี้ควรจะมีในหลักสูตร

หมายเลข 3 หมายถึง หัวข้อนี้มีความจำเป็นในการฝึกอบรม ขาดหัวข้อนี้ไม่ได้

### **ตารางที่ ข-1** ข้อเสนอแนะหัวข้อที่ใช้ในการฝึกอบรมจากผู้เชี่ยวชาญ

| หัวข้อ | ชื่อหัวข้อ                                                  | 3 | 2 | 1 |
|--------|-------------------------------------------------------------|---|---|---|
| 1      | พื้นฐานระบบปรับอากาศ                                        |   |   |   |
|        | - องค์ประกอบของสภาวะอากาศที่มีผลต่อความสบาย                 |   |   |   |
|        | - ค่าสภาวะอากาศที่คนโดยทั่วไปรู้สึกสบาย                     |   |   |   |
|        | - ผลที่เกิดขึ้นเมื่อสภาวะอากาศเปลี่ยนไปจากขอบเขตของความสบาย |   |   |   |
|        | - ประเภทของระบบปรับอากาศ                                    |   |   |   |
| 2      | ภาระความเย็นและการคำนวณ                                     |   |   |   |
|        | - แบบฟอร์มการคำนวณ                                          |   |   |   |
|        | - โปรแกรม ( software ของ Daikin )                           |   |   |   |
|        | - วิธีลัด (Shortcut ) Btuh / m <sup>2</sup>                 |   |   |   |
| 3      | การออกแบบระบบปรับอากาศ                                      |   |   |   |
|        | - บุคคลที่เกี่ยวข้อง                                        |   |   |   |
|        | * Owner                                                     |   |   |   |
|        | * Architecture / Interior Designer                          |   |   |   |
|        | * Consultant                                                |   |   |   |
|        | * AC Contractor                                             |   |   |   |

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

| หัวข้อ | ชื่อหัวข้อ                                    | 3 | 2 | 1 |
|--------|-----------------------------------------------|---|---|---|
|        | * AC Suppliers                                |   |   |   |
|        | * AC Sub - Contractor                         |   |   |   |
|        | - ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการออกแบบ               |   |   |   |
|        | * รูปแบบของ FCU                               |   |   |   |
|        | * เลือกรูปแบบของหัวจ่ายลม (ถ้ามี)             |   |   |   |
|        | * บริเวณที่สามารถวาง CDU ได้                  |   |   |   |
|        | * กลุ่มของผู้ใช้งาน                           |   |   |   |
|        | - ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการคำนวณภาระความเย็น    |   |   |   |
|        | * อุณหภูมิภายในห้องที่ต้องการ                 |   |   |   |
|        | * ลักษณะการใช้ของห้อง                         |   |   |   |
|        | * ชนิดของวัสดุที่ทำผนังทั้งที่บแสงและโปร่งแสง |   |   |   |
|        | * ขนาด กว้าง x ยาว ของวัสดุโปร่งแสง           |   |   |   |
|        | * ทิศทางและการวางตัวของอาคาร                  |   |   |   |
|        | * อุปกรณ์เครื่องใช้ภายในห้อง                  |   |   |   |
|        | - ขั้นตอนการออกแบบ                            |   |   |   |
|        | * Split type                                  |   |   |   |
|        | * Chiller                                     |   |   |   |
|        |                                               |   |   |   |
| 4      | การออกแบบ Duct Work (งานท่อลม)                |   |   |   |
|        | - ความจำเป็นและเหตุผลของการเดินท่อลม          |   |   |   |
|        | - องค์ประกอบของงานท่อลม                       |   |   |   |
|        | - ข้อควรคำนึงในการออกแบบ                      |   |   |   |
|        | - ขั้นตอนการออกแบบ                            |   |   |   |
|        | - หัวจ่ายและการกำหนดขนาด                      |   |   |   |
|        | - ท่อลมและการกำหนดขนาด                        |   |   |   |

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

| หัวข้อ | ชื่อหัวข้อ                             | 3 | 2 | 1 |
|--------|----------------------------------------|---|---|---|
|        | - พัฒนและการกำหนดขนาด                  |   |   |   |
|        | - Bernoulli's Equation & Pressure Loss |   |   |   |
|        | - Noise & Acoustic                     |   |   |   |
|        |                                        |   |   |   |
| 5      | Practice การออกแบบระบบปรับอากาศ ของ    |   |   |   |
|        | - Residential                          |   |   |   |
|        | - Offices                              |   |   |   |
|        |                                        |   |   |   |
| 6      | Practice การออกแบบ Duct Work           |   |   |   |
|        | - เฉลยการออกแบบ                        |   |   |   |
|        |                                        |   |   |   |
| 7      | เฉลยการออกแบบ การถามตอบและการทดสอบ     |   |   |   |

ความคิดเห็น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขอขอบคุณที่ท่านให้ข้อมูลในการร่างเสนอหลักสูตร

อังคณา เรืองชัย

**ผลการวิเคราะห์ข้อเสนอแนะหาความจำเป็นในการฝึกอบรมจากผู้เชี่ยวชาญ**  
**หลักสูตรการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักออาศัย**

ผลข้อเสนอแนะหัวข้อหลักสูตรการฝึกอบรมสรุปได้ดังนี้

ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับงานวิชาการ และการฝึกอบรม ประสบการณ์การทำงานอยู่ในช่วง 6-15 ปี

**ตารางที่ ข-2** ผลการเสนอแนะหัวข้อที่ใช้ในการฝึกอบรมจากผู้เชี่ยวชาญการทำงานจำนวน 5 ท่าน

| หัวข้อ | ชื่อหัวข้อ                                                  | 3 | 2 | 1 |
|--------|-------------------------------------------------------------|---|---|---|
| 1      | พื้นฐานระบบปรับอากาศ                                        |   |   |   |
|        | - องค์ประกอบของสภาวะอากาศที่มีผลต่อความสบาย                 | 4 | 1 |   |
|        | - ค่าสภาวะอากาศที่คนโดยทั่วไปรู้สึกสบาย                     | 3 | 2 |   |
|        | - ผลที่เกิดขึ้นเมื่อสภาวะอากาศเปลี่ยนไปจากขอบเขตของความสบาย | 2 | 3 |   |
|        | - ประเภทของระบบปรับอากาศ                                    | 5 |   |   |
|        |                                                             |   |   |   |
| 2      | ภาระความเย็นและการคำนวณ                                     |   |   |   |
|        | - แบบฟอร์มการคำนวณ                                          | 2 | 3 |   |
|        | - โปรแกรม ( software ของ Daikin )                           | 5 |   |   |
|        | - วิธีลัด (Shortcut ) Btuh / m <sup>2</sup>                 | 4 | 1 |   |
|        |                                                             |   |   |   |
| 3      | การออกแบบระบบปรับอากาศ                                      |   |   |   |
|        | - บุคคลที่เกี่ยวข้อง                                        | 4 | 1 |   |
|        | * Owner                                                     | 1 | 4 |   |
|        | * Architecture / Interior Designer                          | 5 |   |   |
|        | * Consultant                                                | 3 | 2 |   |
|        | * AC Contractor                                             | 3 | 2 |   |

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

| หัวข้อ | ชื่อหัวข้อ                                    | 3 | 2 | 1 |
|--------|-----------------------------------------------|---|---|---|
|        | * AC Suppliers                                | 1 | 4 |   |
|        | * AC Sub - Contractor                         |   | 4 | 1 |
|        | - ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการออกแบบ               | 2 | 3 |   |
|        | * รูปแบบของ FCU                               | 5 |   |   |
|        | * เลือกรูปแบบของหัวจ่ายลม (ถ้ามี)             | 5 |   |   |
|        | * บริเวณที่สามารถวาง CDU ได้                  | 4 | 1 |   |
|        | * กลุ่มของผู้ใช้งาน                           | 3 | 2 |   |
|        | - ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการคำนวณภาระความเย็น    | 2 | 3 |   |
|        | * อุณหภูมิภายในห้องที่ต้องการ                 | 1 | 4 |   |
|        | * ลักษณะการใช้ของห้อง                         | 1 | 4 |   |
|        | * ชนิดของวัสดุที่ทำผนังทั้งที่บแสงและโปร่งแสง | 2 | 3 |   |
|        | * ขนาด กว้าง x ยาว ของวัสดุโปร่งแสง           | 5 |   |   |
|        | * ทิศทางและการวางตัวของอาคาร                  | 5 |   |   |
|        | * อุปกรณ์เครื่องใช้ภายในห้อง                  | 5 |   |   |
|        | - ขั้นตอนการออกแบบ                            | 1 | 4 |   |
|        | * Split type                                  | 2 | 3 |   |
|        | * Chiller                                     | 2 | 3 |   |
|        |                                               |   |   |   |
| 4      | การออกแบบ Duct Work (งานท่อลม)                |   |   |   |
|        | - ความจำเป็นและเหตุผลของการเดินท่อลม          | 3 | 2 |   |
|        | - องค์ประกอบของงานท่อลม                       | 3 |   | 2 |
|        | - ข้อควรคำนึงในการออกแบบ                      | 4 | 1 |   |
|        | - ขั้นตอนการออกแบบ                            | 3 | 2 |   |
|        | - หัวจ่ายและการกำหนดขนาด                      | 4 | 1 |   |
|        | - ท่อลมและการกำหนดขนาด                        | 1 | 4 |   |

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

| หัวข้อ | ชื่อหัวข้อ                             | 3 | 2 | 1 |
|--------|----------------------------------------|---|---|---|
|        | - พัฒนและการกำหนดขนาด                  | 4 | 1 |   |
|        | - Bernoulli's Equation & Pressure Loss | 5 |   |   |
|        | - Noise & Acoustic                     | 2 | 2 | 1 |
|        |                                        |   |   |   |

หมายเลข 1 หมายถึง หัวข้อนี้ไม่มีความจำเป็นในการฝึกอบรม

หมายเลข 2 หมายถึง หัวข้อนี้ควรจะมีในหลักสูตร

หมายเลข 3 หมายถึง หัวข้อนี้มีความจำเป็นในการฝึกอบรม ขาดหัวข้อนี้ไม่ได้

จากตาราง ข-2 ผลการเสนอแนะหัวข้อที่ใช้ในการฝึกอบรมที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญได้  
เสนอแนะให้ทุกหัวข้อมีความจำเป็นในหลักสูตรการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่  
พักอาศัย และในบางหัวข้อไม่จำเป็นต้องให้เนื้อหาละเอียดมากนัก แต่ควรที่จะคงไว้ ยกเว้น หัวข้อ  
AC Sub – Contractor หัวข้อองค์ประกอบของงานท่อลม และหัวข้อ Noise & Acoustic

## แบบประเมินความคิดเห็นสำหรับผู้เชี่ยวชาญต่อชุดฝึกอบรม

**คำชี้แจง** แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานะภาพของผู้เชี่ยวชาญที่ตอบแบบประเมิน

ตอนที่ 2 การประเมินความคิดเห็นที่มีต่อชุดฝึกอบรมซึ่งประกอบด้วย เอกสารประกอบการฝึกอบรม สไลด์ประกอบการฝึกอบรม

**ตอนที่ 1** ข้อมูลเกี่ยวกับผู้เชี่ยวชาญที่ตอบแบบประเมิน

กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในวงเล็บหน้าข้อความที่ตรงกับความจริง

1. ระดับการศึกษา
  - ( ) ปริญญาเอก หรือเทียบเท่า
  - ( ) ปริญญาโท หรือเทียบเท่า
  - ( ) ปริญญาตรี หรือเทียบเท่า
  - ( ) อื่น ๆ .....
2. ประสบการณ์ในการทำงาน
  - ( ) 5 – 10 ปี
  - ( ) 11 – 15 ปี
  - ( ) มากกว่า 15 ปี
3. ด้านการทำงานเกี่ยวกับ
  - ( ) วิชาการไฟฟ้าและระบบควบคุม
  - ( ) บำรุงรักษาไฟฟ้าและระบบควบคุม
  - ( ) อื่น ๆ .....

**ตอนที่ 2** การประเมินความคิดเห็นที่มีต่อชุดฝึกอบรม

กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน โดยมีระดับความคิดเห็นดังนี้

- หมายเลข 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด
- หมายเลข 4 หมายถึง เหมาะสมมาก
- หมายเลข 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง
- หมายเลข 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย
- หมายเลข 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด/ไม่เหมาะสม



ตารางที่ ข-3 ตัวอย่างการประเมินความคิดเห็นที่มีต่อชุดฝึกอบรม

| ข้อที่ | รายการประเมิน                            | ผลประเมินความเหมาะสม |     |         |      |            |
|--------|------------------------------------------|----------------------|-----|---------|------|------------|
|        |                                          | มากที่สุด            | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |
|        |                                          | 5                    | 4   | 3       | 2    | 1          |
| 1      | เนื้อหาถูกต้อง                           | ✓                    |     |         |      |            |
| 2      | สื่อประกอบการฝึกอบรมครอบคลุมวัตถุประสงค์ |                      | ✓   |         |      |            |
| 3      | ความชัดเจนของตัวอักษร                    |                      |     | ✓       |      |            |
| 4      | ดึงดูดความสนใจต่อผู้เข้ารับการฝึกอบรม    |                      |     |         | ✓    |            |

ข้อที่ 1 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าเนื้อหาถูกต้องเหมาะสมมากที่สุด

ข้อที่ 2 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าสื่อประกอบการฝึกอบรมครอบคลุมวัตถุประสงค์มาก

ข้อที่ 3 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าตัวอักษรมีความชัดเจนปานกลาง

ข้อที่ 4 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าชุดสาธิตใช้งานค่อนข้างยาก ควรปรับปรุง

ตารางที่ ข-4 ตารางการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกอบรม  
บทเรียนที่ 1 เรื่อง พื้นฐานระบบปรับอากาศ

| ข้อที่ | รายการประเมิน                                                         | ผลประเมินความเหมาะสม |     |         |      |            |
|--------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------|-----|---------|------|------------|
|        |                                                                       | มากที่สุด            | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |
|        |                                                                       | 5                    | 4   | 3       | 2    | 1          |
|        | <b>ด้านเนื้อหาชุดฝึกอบรม</b>                                          |                      |     |         |      |            |
| 1      | เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์                                           |                      |     |         |      |            |
| 2      | เนื้อหามีความถูกต้อง                                                  |                      |     |         |      |            |
| 3      | มีรายละเอียดของเนื้อหาเพียงพอ                                         |                      |     |         |      |            |
| 4      | เนื้อหาเรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม                                      |                      |     |         |      |            |
| 5      | รูปภาพสัมพันธ์กับคำอธิบาย                                             |                      |     |         |      |            |
| 6      | คำอธิบายละเอียดชัดเจน                                                 |                      |     |         |      |            |
| 7      | ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม                                               |                      |     |         |      |            |
| 8      | อ่านทำความเข้าใจง่าย                                                  |                      |     |         |      |            |
|        | <b>ด้านแผนการฝึกอบรม</b>                                              |                      |     |         |      |            |
| 1      | เวลาเหมาะสมกับเนื้อหาชุดฝึกอบรม                                       |                      |     |         |      |            |
| 2      | ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์                                               |                      |     |         |      |            |
| 3      | วิธีดำเนินการฝึกอบรม                                                  |                      |     |         |      |            |
| 4      | กิจกรรมระหว่างวิทยากรกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม                          |                      |     |         |      |            |
| 5      | ตรวจปรับความเข้าใจผู้เข้ารับการฝึกอบรม                                |                      |     |         |      |            |
|        | <b>ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม</b>                                       |                      |     |         |      |            |
| 1      | รูปภาพมองเห็นได้ชัดเจน                                                |                      |     |         |      |            |
| 2      | ตัวหนังสือมองเห็นได้ชัดเจน                                            |                      |     |         |      |            |
| 3      | การใช้สีสันทันเหมาะสม                                                 |                      |     |         |      |            |
| 4      | นำไปใช้ฝึกอบรมได้สะดวก เหมาะสมกับเนื้อหา<br>และวัตถุประสงค์การฝึกอบรม |                      |     |         |      |            |
| 5      | ส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้ได้ดี                   |                      |     |         |      |            |

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

| ข้อที่ | รายการประเมิน                          | ผลประเมินความเหมาะสม |     |         |      |            |
|--------|----------------------------------------|----------------------|-----|---------|------|------------|
|        |                                        | มากที่สุด            | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |
|        |                                        | 5                    | 4   | 3       | 2    | 1          |
|        | <b>ด้านแบบทดสอบ</b>                    |                      |     |         |      |            |
| 1      | แบบทดสอบมีความสอดคล้องกับเนื้อหา       |                      |     |         |      |            |
| 2      | สามารถตรวจหาคำตอบได้ง่าย               |                      |     |         |      |            |
| 3      | คำถามและคำตอบมีเป้าหมายชัดเจน          |                      |     |         |      |            |
| 4      | แบบทดสอบครอบคลุมวัตถุประสงค์การฝึกอบรม |                      |     |         |      |            |

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ด้านแผนการฝึกอบรม

.....

.....

ด้านใบเนื้อหาชุดฝึกอบรม

.....

.....

ด้านแบบทดสอบ

.....

.....

ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม

.....

.....

ด้านอื่นๆ

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้

(.....)

ประเมิน

## ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

## บทเรียนที่ 2 เรื่อง ภาระความเย็นและการคำนวณ

| ข้อที่ | รายการประเมิน                                                         | ผลประเมินความเหมาะสม |     |         |      |            |
|--------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------|-----|---------|------|------------|
|        |                                                                       | มากที่สุด            | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |
|        |                                                                       | 5                    | 4   | 3       | 2    | 1          |
|        | <b>ด้านเนื้อหาชุดฝึกอบรม</b>                                          |                      |     |         |      |            |
| 1      | เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์                                           |                      |     |         |      |            |
| 2      | เนื้อหามีความถูกต้อง                                                  |                      |     |         |      |            |
| 3      | มีรายละเอียดของเนื้อหาเพียงพอ                                         |                      |     |         |      |            |
| 4      | เนื้อหาเรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม                                      |                      |     |         |      |            |
| 5      | รูปภาพสัมพันธ์กับคำอธิบาย                                             |                      |     |         |      |            |
| 6      | คำอธิบายละเอียดชัดเจน                                                 |                      |     |         |      |            |
| 7      | ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม                                               |                      |     |         |      |            |
| 8      | อ่านทำความเข้าใจง่าย                                                  |                      |     |         |      |            |
|        | <b>ด้านแผนการฝึกอบรม</b>                                              |                      |     |         |      |            |
| 1      | เวลาเหมาะสมกับเนื้อหาชุดฝึกอบรม                                       |                      |     |         |      |            |
| 2      | ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์                                               |                      |     |         |      |            |
| 3      | วิธีดำเนินการฝึกอบรม                                                  |                      |     |         |      |            |
| 4      | กิจกรรมระหว่างวิทยากรกับผู้รับการฝึกอบรม                              |                      |     |         |      |            |
| 5      | ตรวจปรับความเข้าใจผู้รับการฝึกอบรม                                    |                      |     |         |      |            |
|        | <b>ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม</b>                                       |                      |     |         |      |            |
| 1      | รูปภาพมองเห็นได้ชัดเจน                                                |                      |     |         |      |            |
| 2      | ตัวหนังสือมองเห็นได้ชัดเจน                                            |                      |     |         |      |            |
| 3      | การใช้สีสันทันเหมาะสม                                                 |                      |     |         |      |            |
| 4      | นำไปใช้ฝึกอบรมได้สะดวก เหมาะสมกับเนื้อหา<br>และวัตถุประสงค์การฝึกอบรม |                      |     |         |      |            |
| 5      | ส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้ได้ดี                   |                      |     |         |      |            |

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

| ข้อที่ | รายการประเมิน                          | ผลประเมินความเหมาะสม |     |         |      |            |
|--------|----------------------------------------|----------------------|-----|---------|------|------------|
|        |                                        | มากที่สุด            | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |
|        |                                        | 5                    | 4   | 3       | 2    | 1          |
|        | <b>ด้านแบบทดสอบ</b>                    |                      |     |         |      |            |
| 1      | แบบทดสอบมีความสอดคล้องกับเนื้อหา       |                      |     |         |      |            |
| 2      | สามารถตรวจหาคำตอบได้ง่าย               |                      |     |         |      |            |
| 3      | คำถามและคำตอบมีเป้าหมายชัดเจน          |                      |     |         |      |            |
| 4      | แบบทดสอบครอบคลุมวัตถุประสงค์การฝึกอบรม |                      |     |         |      |            |

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ด้านแผนการฝึกอบรม

.....

.....

ด้านใบเนื้อหาชุดฝึกอบรม

.....

.....

ด้านแบบทดสอบ

.....

.....

ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม

.....

.....

ด้านอื่นๆ

.....

ลงชื่อ.....ผู้

(.....)

ประเมิน

## ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

## บทเรียนที่ 3 เรื่อง การออกแบบระบบปรับอากาศ

| ข้อที่ | รายการประเมิน                                                         | ผลประเมินความเหมาะสม |     |         |      |            |
|--------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------|-----|---------|------|------------|
|        |                                                                       | มากที่สุด            | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |
|        |                                                                       | 5                    | 4   | 3       | 2    | 1          |
|        | <b>ด้านเนื้อหาชุดฝึกอบรม</b>                                          |                      |     |         |      |            |
| 1      | เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์                                           |                      |     |         |      |            |
| 2      | เนื้อหามีความถูกต้อง                                                  |                      |     |         |      |            |
| 3      | มีรายละเอียดของเนื้อหาเพียงพอ                                         |                      |     |         |      |            |
| 4      | เนื้อหาเรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม                                      |                      |     |         |      |            |
| 5      | รูปภาพสัมพันธ์กับคำอธิบาย                                             |                      |     |         |      |            |
| 6      | คำอธิบายละเอียดชัดเจน                                                 |                      |     |         |      |            |
| 7      | ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม                                               |                      |     |         |      |            |
| 8      | อ่านทำความเข้าใจง่าย                                                  |                      |     |         |      |            |
|        | <b>ด้านแผนการฝึกอบรม</b>                                              |                      |     |         |      |            |
| 1      | เวลาเหมาะสมกับเนื้อหาชุดฝึกอบรม                                       |                      |     |         |      |            |
| 2      | ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์                                               |                      |     |         |      |            |
| 3      | วิธีดำเนินการฝึกอบรม                                                  |                      |     |         |      |            |
| 4      | กิจกรรมระหว่างวิทยากรกับผู้รับการฝึกอบรม                              |                      |     |         |      |            |
| 5      | ตรวจปรับความเข้าใจผู้รับการฝึกอบรม                                    |                      |     |         |      |            |
|        | <b>ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม</b>                                       |                      |     |         |      |            |
| 1      | รูปภาพมองเห็นได้ชัดเจน                                                |                      |     |         |      |            |
| 2      | ตัวหนังสือมองเห็นได้ชัดเจน                                            |                      |     |         |      |            |
| 3      | การใช้สีสันทันเหมาะสม                                                 |                      |     |         |      |            |
| 4      | นำไปใช้ฝึกอบรมได้สะดวก เหมาะสมกับเนื้อหา<br>และวัตถุประสงค์การฝึกอบรม |                      |     |         |      |            |
| 5      | ส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้ได้ดี                   |                      |     |         |      |            |

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

| ข้อที่ | รายการประเมิน                          | ผลประเมินความเหมาะสม |     |         |      |            |
|--------|----------------------------------------|----------------------|-----|---------|------|------------|
|        |                                        | มากที่สุด            | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |
|        |                                        | 5                    | 4   | 3       | 2    | 1          |
|        | <b>ด้านแบบทดสอบ</b>                    |                      |     |         |      |            |
| 1      | แบบทดสอบมีความสอดคล้องกับเนื้อหา       |                      |     |         |      |            |
| 2      | สามารถตรวจหาคำตอบได้ง่าย               |                      |     |         |      |            |
| 3      | คำถามและคำตอบมีเป้าหมายชัดเจน          |                      |     |         |      |            |
| 4      | แบบทดสอบครอบคลุมวัตถุประสงค์การฝึกอบรม |                      |     |         |      |            |

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ด้านแผนการฝึกอบรม

.....

.....

ด้านใบเนื้อหาชุดฝึกอบรม

.....

.....

ด้านแบบทดสอบ

.....

.....

ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม

.....

.....

ด้านอื่นๆ

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้  
(.....)ประเมิน

## ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

## บทเรียนที่ 4 เรื่อง การออกแบบ Duct Work (งานท่อลม)

| ข้อที่ | รายการประเมิน                                                         | ผลประเมินความเหมาะสม |     |         |      |            |
|--------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------|-----|---------|------|------------|
|        |                                                                       | มากที่สุด            | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |
|        |                                                                       | 5                    | 4   | 3       | 2    | 1          |
|        | <b>ด้านเนื้อหาชุดฝึกอบรม</b>                                          |                      |     |         |      |            |
| 1      | เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์                                           |                      |     |         |      |            |
| 2      | เนื้อหามีความถูกต้อง                                                  |                      |     |         |      |            |
| 3      | มีรายละเอียดของเนื้อหาเพียงพอ                                         |                      |     |         |      |            |
| 4      | เนื้อหาเรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม                                      |                      |     |         |      |            |
| 5      | รูปภาพสัมพันธ์กับคำอธิบาย                                             |                      |     |         |      |            |
| 6      | คำอธิบายละเอียดชัดเจน                                                 |                      |     |         |      |            |
| 7      | ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม                                               |                      |     |         |      |            |
| 8      | อ่านทำความเข้าใจง่าย                                                  |                      |     |         |      |            |
|        | <b>ด้านแผนการฝึกอบรม</b>                                              |                      |     |         |      |            |
| 1      | เวลาเหมาะสมกับเนื้อหาชุดฝึกอบรม                                       |                      |     |         |      |            |
| 2      | ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์                                               |                      |     |         |      |            |
| 3      | วิธีดำเนินการฝึกอบรม                                                  |                      |     |         |      |            |
| 4      | กิจกรรมระหว่างวิทยากรกับผู้รับการฝึกอบรม                              |                      |     |         |      |            |
| 5      | ตรวจปรับความเข้าใจผู้รับการฝึกอบรม                                    |                      |     |         |      |            |
|        | <b>ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม</b>                                       |                      |     |         |      |            |
| 1      | รูปภาพมองเห็นได้ชัดเจน                                                |                      |     |         |      |            |
| 2      | ตัวหนังสือมองเห็นได้ชัดเจน                                            |                      |     |         |      |            |
| 3      | การใช้สีสันทันเหมาะสม                                                 |                      |     |         |      |            |
| 4      | นำไปใช้ฝึกอบรมได้สะดวก เหมาะสมกับเนื้อหา<br>และวัตถุประสงค์การฝึกอบรม |                      |     |         |      |            |
| 5      | ส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้ได้ดี                   |                      |     |         |      |            |



ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

| ข้อที่ | รายการประเมิน                          | ผลประเมินความเหมาะสม |     |         |      |            |
|--------|----------------------------------------|----------------------|-----|---------|------|------------|
|        |                                        | มากที่สุด            | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |
|        |                                        | 5                    | 4   | 3       | 2    | 1          |
|        | ด้านแบบทดสอบ                           |                      |     |         |      |            |
| 1      | แบบทดสอบมีความสอดคล้องกับเนื้อหา       |                      |     |         |      |            |
| 2      | สามารถตรวจหาคำตอบได้ง่าย               |                      |     |         |      |            |
| 3      | คำถามและคำตอบมีเป้าหมายชัดเจน          |                      |     |         |      |            |
| 4      | แบบทดสอบครอบคลุมวัตถุประสงค์การฝึกอบรม |                      |     |         |      |            |

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ด้านแผนการฝึกอบรม

.....

.....

ด้านใบเนื้อหาชุดฝึกอบรม

.....

.....

ด้านแบบทดสอบ

.....

.....

ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม

.....

.....

ด้านอื่นๆ

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้

(.....)ประเมิน

ตารางที่ ข-5 แสดงค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกอบรม

บทเรียนที่ 1 เรื่อง พื้นฐานระบบปรับอากาศ

| ข้อที่ | รายการประเมิน                                                         | ระดับความคิดเห็น<br>(ท่านที่) |   |   |   |   | ค่าเฉลี่ย |
|--------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---|---|---|---|-----------|
|        |                                                                       | 1                             | 2 | 3 | 4 | 5 |           |
|        | <b>ด้านเนื้อหาชุดฝึกอบรม</b>                                          |                               |   |   |   |   |           |
| 1      | เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์                                           | 2                             | 4 | 5 | 4 | 4 | 3.80      |
| 2      | เนื้อหามีความถูกต้อง                                                  | 3                             | 4 | 4 | 4 | 4 | 3.80      |
| 3      | มีรายละเอียดของเนื้อหาเพียงพอ                                         | 3                             | 4 | 5 | 4 | 4 | 4.00      |
| 4      | เนื้อหาเรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม                                      | 4                             | 4 | 4 | 4 | 4 | 4.00      |
| 5      | รูปภาพสัมพันธ์กับคำอธิบาย                                             | 4                             | 4 | 5 | 4 | 4 | 4.20      |
| 6      | คำอธิบายละเอียดชัดเจน                                                 | 3                             | 4 | 4 | 4 | 4 | 3.80      |
| 7      | ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม                                               | 3                             | 4 | 4 | 4 | 4 | 3.80      |
| 8      | อ่านทำความเข้าใจง่าย                                                  | 4                             | 4 | 4 | 4 | 4 | 4.00      |
|        | ค่าเฉลี่ยรวม                                                          |                               |   |   |   |   | 3.93      |
|        | <b>ด้านแผนการฝึกอบรม</b>                                              |                               |   |   |   |   |           |
| 1      | เวลาเหมาะสมกับเนื้อหาชุดฝึกอบรม                                       | 3                             | 4 | 4 | 5 | 4 | 4.00      |
| 2      | ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์                                               | 4                             | 4 | 5 | 5 | 4 | 4.40      |
| 3      | วิธีดำเนินการฝึกอบรม                                                  | 4                             | 4 | 3 | 5 | 4 | 4.00      |
| 4      | กิจกรรมระหว่างวิทยากรกับผู้รับการฝึกอบรม                              | 2                             | 3 | 3 | 5 | 3 | 3.20      |
| 5      | ตรวจปรับความเข้าใจผู้รับการฝึกอบรม                                    | 3                             | 3 | 4 | 5 | 3 | 3.60      |
|        | ค่าเฉลี่ยรวม                                                          |                               |   |   |   |   | 3.84      |
|        | <b>ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม</b>                                       |                               |   |   |   |   |           |
| 1      | รูปภาพมองเห็นได้ชัดเจน                                                | 4                             | 3 | 3 | 5 | 5 | 4.00      |
| 2      | ตัวหนังสือมองเห็นได้ชัดเจน                                            | 3                             | 4 | 3 | 5 | 4 | 3.80      |
| 3      | การใช้สีสันทันเหมาะสม                                                 | 3                             | 3 | 3 | 4 | 4 | 3.40      |
| 4      | นำไปใช้ฝึกอบรมได้สะดวก เหมาะสมกับเนื้อหา<br>และวัตถุประสงค์การฝึกอบรม | 4                             | 4 | 4 | 5 | 4 | 4.20      |
| 5      | ส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้ได้ดี                   | 4                             | 4 | 4 | 5 | 4 | 4.20      |
|        | ค่าเฉลี่ยรวม                                                          |                               |   |   |   |   | 3.92      |

### ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

| ข้อที่ | รายการประเมิน                          | ระดับความคิดเห็น<br>(ท่านที่) |   |   |   |   | ค่าเฉลี่ย |
|--------|----------------------------------------|-------------------------------|---|---|---|---|-----------|
|        |                                        | 1                             | 2 | 3 | 4 | 5 |           |
|        | <b>ด้านแบบทดสอบ</b>                    |                               |   |   |   |   |           |
| 1      | แบบทดสอบมีความสอดคล้องกับเนื้อหา       | 4                             | 4 | 4 | 4 | 4 | 4.00      |
| 2      | สามารถตรวจหาคำตอบได้ง่าย               | 4                             | 4 | 4 | 4 | 4 | 4.00      |
| 3      | คำถามและคำตอบมีเป้าหมายชัดเจน          | 4                             | 4 | 4 | 4 | 3 | 3.80      |
| 4      | แบบทดสอบครอบคลุมวัตถุประสงค์การฝึกอบรม | 3                             | 4 | 5 | 4 | 4 | 4.00      |
|        | <b>ค่าเฉลี่ยรวม</b>                    |                               |   |   |   |   | 3.95      |

### ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

#### ด้านแผนการฝึกอบรม :

- เหมาะสมดี

1

1

#### ด้านใบเนื้อหาชุดฝึกอบรม :

- ก่อนข้างดี แสดงให้เห็นถึงความพยายามในการจัดทำ

1

#### ด้านแบบทดสอบ :

- มีความเหมาะสมดีมาก
- มีจำนวนข้อแบบทดสอบค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับวัตถุประสงค์

1

1

#### ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม :

- ภาพบางภาพเล็กไป มองเห็นไม่ชัดเจน

1

## ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

## บทเรียนที่ 2 เรื่องภาระความเย็นและการคำนวณ

| ข้อที่ | รายการประเมิน                                                         | ระดับความคิดเห็น<br>(ท่านที่) |   |   |   |   | ค่าเฉลี่ย |
|--------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---|---|---|---|-----------|
|        |                                                                       | 1                             | 2 | 3 | 4 | 5 |           |
|        | <b>ด้านเนื้อหาชุดฝึกอบรม</b>                                          |                               |   |   |   |   |           |
| 1      | เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์                                           | 4                             | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60      |
| 2      | เนื้อหามีความถูกต้อง                                                  | 4                             | 4 | 4 | 4 | 4 | 4.00      |
| 3      | มีรายละเอียดของเนื้อหาเพียงพอ                                         | 4                             | 4 | 4 | 4 | 4 | 4.00      |
| 4      | เนื้อหาเรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม                                      | 3                             | 4 | 5 | 4 | 4 | 4.00      |
| 5      | รูปภาพสัมพันธ์กับคำอธิบาย                                             | 4                             | 4 | 5 | 4 | 5 | 4.40      |
| 6      | คำอธิบายละเอียดชัดเจน                                                 | 4                             | 4 | 4 | 4 | 4 | 4.00      |
| 7      | ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม                                               | 4                             | 4 | 4 | 4 | 4 | 4.00      |
| 8      | อ่านทำความเข้าใจง่าย                                                  | 3                             | 4 | 4 | 4 | 4 | 3.80      |
|        | ค่าเฉลี่ยรวม                                                          |                               |   |   |   |   | 4.10      |
|        | <b>ด้านแผนการฝึกอบรม</b>                                              |                               |   |   |   |   |           |
| 1      | เวลาเหมาะสมกับเนื้อหาชุดฝึกอบรม                                       | 3                             | 4 | 4 | 5 | 3 | 3.80      |
| 2      | ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์                                               | 4                             | 4 | 5 | 5 | 4 | 4.40      |
| 3      | วิธีดำเนินการฝึกอบรม                                                  | 2                             | 4 | 4 | 5 | 4 | 3.80      |
| 4      | กิจกรรมระหว่างวิทยากรกับผู้รับการฝึกอบรม                              | 2                             | 3 | 3 | 5 | 3 | 3.20      |
| 5      | ตรวจปรับความเข้าใจผู้รับการฝึกอบรม                                    | 3                             | 4 | 3 | 5 | 3 | 3.60      |
|        | ค่าเฉลี่ยรวม                                                          |                               |   |   |   |   | 3.76      |
|        | <b>ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม</b>                                       |                               |   |   |   |   |           |
| 1      | รูปภาพมองเห็นได้ชัดเจน                                                | 5                             | 4 | 3 | 5 | 4 | 4.20      |
| 2      | ตัวหนังสือมองเห็นได้ชัดเจน                                            | 5                             | 4 | 3 | 5 | 4 | 4.20      |
| 3      | การใช้สีสันทันเหมาะสม                                                 | 4                             | 4 | 3 | 4 | 4 | 3.80      |
| 4      | นำไปใช้ฝึกอบรมได้สะดวก เหมาะสมกับเนื้อหา<br>และวัตถุประสงค์การฝึกอบรม | 3                             | 4 | 4 | 5 | 4 | 4.00      |
| 5      | ส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้ได้ดี                   | 4                             | 4 | 4 | 5 | 4 | 4.20      |
|        | ค่าเฉลี่ยรวม                                                          |                               |   |   |   |   | 4.08      |

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

| ข้อที่ | รายการประเมิน                          | ระดับความคิดเห็น<br>(ท่านที่) |   |   |   |   | ค่าเฉลี่ย |
|--------|----------------------------------------|-------------------------------|---|---|---|---|-----------|
|        |                                        | 1                             | 2 | 3 | 4 | 5 |           |
|        | <b>ด้านแบบทดสอบ</b>                    |                               |   |   |   |   |           |
| 1      | แบบทดสอบมีความสอดคล้องกับเนื้อหา       | 4                             | 4 | 4 | 5 | 4 | 4.20      |
| 2      | สามารถตรวจหาคำตอบได้ง่าย               | 3                             | 4 | 4 | 5 | 4 | 4.00      |
| 3      | คำถามและคำตอบมีเป้าหมายชัดเจน          | 4                             | 4 | 4 | 5 | 4 | 4.20      |
| 4      | แบบทดสอบครอบคลุมวัตถุประสงค์การฝึกอบรม | 4                             | 3 | 5 | 5 | 4 | 4.20      |
|        | <b>ค่าเฉลี่ยรวม</b>                    |                               |   |   |   |   | 4.15      |

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

| ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ                                                                                                                                                            | จำนวนผู้เชี่ยวชาญ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <u>ด้านแผนการฝึกอบรม :</u><br>- เหมาะสมดี                                                                                                                                          | 1<br>1            |
| <u>ด้านใบเนื้อหาชุดฝึกอบรม :</u><br>- เหมาะสมดี                                                                                                                                    | 1                 |
| <u>ด้านแบบทดสอบ :</u><br>- มีความสมบูรณ์ในเนื้อหาครอบคลุมทุกด้านทุกมุมมองของปัญหาและอุปสรรคที่อยู่ในระดับประสบการณ์จริง<br>- มีจำนวนข้อแบบทดสอบน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์ | 1<br>1            |
| <u>ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม :</u><br>- เหมาะสมดี                                                                                                                                   | 1                 |

## ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

## บทเรียนที่ 3 เรื่อง การออกแบบระบบปรับอากาศ

| ข้อที่ | รายการประเมิน                                                          | ระดับความคิดเห็น<br>(ท่านที่) |   |   |   |   | ค่าเฉลี่ย |
|--------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---|---|---|---|-----------|
|        |                                                                        | 1                             | 2 | 3 | 4 | 5 |           |
|        | <b>ด้านเนื้อหาชุดฝึกอบรม</b>                                           |                               |   |   |   |   |           |
| 1      | เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์                                            | 5                             | 4 | 5 | 4 | 4 | 4.40      |
| 2      | เนื้อหามีความถูกต้อง                                                   | 4                             | 4 | 4 | 5 | 4 | 4.20      |
| 3      | มีรายละเอียดของเนื้อหาเพียงพอ                                          | 5                             | 3 | 4 | 5 | 4 | 4.20      |
| 4      | เนื้อหาเรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม                                       | 4                             | 4 | 4 | 4 | 4 | 4.00      |
| 5      | รูปภาพสัมพันธ์กับคำอธิบาย                                              | 3                             | 3 | 5 | 4 | 4 | 3.80      |
| 6      | คำอธิบายละเอียดชัดเจน                                                  | 4                             | 4 | 4 | 4 | 4 | 4.00      |
| 7      | ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม                                                | 4                             | 4 | 4 | 4 | 4 | 4.00      |
| 8      | อ่านทำความเข้าใจง่าย                                                   | 4                             | 4 | 4 | 4 | 4 | 4.00      |
|        | ค่าเฉลี่ยรวม                                                           |                               |   |   |   |   | 4.08      |
|        | <b>ด้านแผนการฝึกอบรม</b>                                               |                               |   |   |   |   |           |
| 1      | เวลาเหมาะสมกับเนื้อหาชุดฝึกอบรม                                        | 2                             | 4 | 4 | 5 | 3 | 3.60      |
| 2      | ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์                                                | 4                             | 4 | 5 | 5 | 4 | 4.40      |
| 3      | วิธีดำเนินการฝึกอบรม                                                   | 2                             | 4 | 4 | 5 | 4 | 3.80      |
| 4      | กิจกรรมระหว่างวิทยากรกับผู้รับการฝึกอบรม                               | 2                             | 3 | 4 | 5 | 3 | 3.40      |
| 5      | ตรวจปรับความเข้าใจผู้รับการฝึกอบรม                                     | 3                             | 4 | 5 | 5 | 3 | 4.00      |
|        | ค่าเฉลี่ยรวม                                                           |                               |   |   |   |   | 3.84      |
|        | <b>ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม</b>                                        |                               |   |   |   |   |           |
| 1      | รูปภาพมองเห็นได้ชัดเจน                                                 | 4                             | 4 | 5 | 5 | 4 | 4.40      |
| 2      | ตัวหนังสือมองเห็นได้ชัดเจน                                             | 4                             | 4 | 5 | 5 | 4 | 4.40      |
| 3      | การใช้สีสันทันเหมาะสม                                                  | 4                             | 4 | 4 | 5 | 4 | 4.20      |
| 4      | นำไปใช้ฝึกอบรมได้สะดวก เหมาะสมกับเนื้อหา และ<br>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม | 4                             | 4 | 4 | 5 | 4 | 4.20      |
| 5      | ส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้ได้ดี                    | 4                             | 4 | 5 | 5 | 4 | 4.40      |
|        | ค่าเฉลี่ยรวม                                                           |                               |   |   |   |   | 4.32      |

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

| ข้อที่ | รายการประเมิน                          | ระดับความคิดเห็น<br>(ท่านที่) |   |   |   |   | ค่าเฉลี่ย |
|--------|----------------------------------------|-------------------------------|---|---|---|---|-----------|
|        |                                        | 1                             | 2 | 3 | 4 | 5 |           |
|        | <b>ด้านแบบทดสอบ</b>                    |                               |   |   |   |   |           |
| 1      | แบบทดสอบมีความสอดคล้องกับเนื้อหา       | 4                             | 4 | 5 | 5 | 4 | 4.40      |
| 2      | สามารถตรวจหาคำตอบได้ง่าย               | 4                             | 4 | 4 | 5 | 4 | 4.20      |
| 3      | คำถามและคำตอบมีเป้าหมายชัดเจน          | 4                             | 4 | 4 | 5 | 4 | 4.20      |
| 4      | แบบทดสอบครอบคลุมวัตถุประสงค์การฝึกอบรม | 4                             | 3 | 5 | 5 | 5 | 4.40      |
|        | <b>ค่าเฉลี่ยรวม</b>                    |                               |   |   |   |   | 4.30      |

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

| ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ                                                      | จำนวนผู้เชี่ยวชาญ |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <u>ด้านแผนการฝึกอบรม :</u><br>- เหมาะสมดี                                    | 1                 |
| <u>ด้านใบเนื้อหาชุดฝึกอบรม :</u><br>- เหมาะสมดี                              | 1                 |
| <u>ด้านแบบทดสอบ :</u><br>- เหมาะสมดี มีจำนวนข้อน้อยเมื่อเทียบกับวัตถุประสงค์ | 1<br>1            |
| <u>ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม :</u><br>- เหมาะสมดี                             | 1                 |

## ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

## บทเรียนที่ 4 เรื่อง การออกแบบ Duct Work (งานท่อลม)

| ข้อที่ | รายการประเมิน                                                         | ระดับความคิดเห็น<br>(ท่านที่) |   |   |   |   | ค่าเฉลี่ย |
|--------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---|---|---|---|-----------|
|        |                                                                       | 1                             | 2 | 3 | 4 | 5 |           |
|        | <b>ด้านเนื้อหาชุดฝึกอบรม</b>                                          |                               |   |   |   |   |           |
| 1      | เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์                                           | 4                             | 4 | 4 | 5 | 4 | 4.20      |
| 2      | เนื้อหามีความถูกต้อง                                                  | 4                             | 4 | 3 | 5 | 4 | 4.00      |
| 3      | มีรายละเอียดของเนื้อหาเพียงพอ                                         | 3                             | 4 | 3 | 5 | 4 | 3.80      |
| 4      | เนื้อหาเรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม                                      | 3                             | 4 | 4 | 5 | 5 | 4.20      |
| 5      | รูปภาพสัมพันธ์กับคำอธิบาย                                             | 3                             | 4 | 4 | 5 | 5 | 4.20      |
| 6      | คำอธิบายละเอียดชัดเจน                                                 | 3                             | 4 | 3 | 5 | 4 | 3.80      |
| 7      | ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม                                               | 3                             | 4 | 3 | 5 | 4 | 3.80      |
| 8      | อ่านทำความเข้าใจง่าย                                                  | 3                             | 4 | 3 | 5 | 4 | 3.80      |
|        | ค่าเฉลี่ยรวม                                                          |                               |   |   |   |   | 3.98      |
|        | <b>ด้านแผนการฝึกอบรม</b>                                              |                               |   |   |   |   |           |
| 1      | เวลาเหมาะสมกับเนื้อหาชุดฝึกอบรม                                       | 4                             | 4 | 3 | 5 | 4 | 4.00      |
| 2      | ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์                                               | 4                             | 4 | 3 | 5 | 4 | 4.00      |
| 3      | วิธีดำเนินการฝึกอบรม                                                  | 3                             | 4 | 3 | 5 | 4 | 3.80      |
| 4      | กิจกรรมระหว่างวิทยากรกับผู้รับการฝึกอบรม                              | 3                             | 3 | 3 | 5 | 3 | 3.40      |
| 5      | ตรวจปรับความเข้าใจผู้รับการฝึกอบรม                                    | 3                             | 4 | 3 | 5 | 3 | 3.60      |
|        | ค่าเฉลี่ยรวม                                                          |                               |   |   |   |   | 3.72      |
|        | <b>ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม</b>                                       |                               |   |   |   |   |           |
| 1      | รูปภาพมองเห็นได้ชัดเจน                                                | 5                             | 4 | 3 | 5 | 4 | 4.20      |
| 2      | ตัวหนังสือมองเห็นได้ชัดเจน                                            | 2                             | 4 | 3 | 5 | 4 | 3.60      |
| 3      | การใช้สีสันทันเหมาะสม                                                 | 3                             | 3 | 3 | 4 | 4 | 3.40      |
| 4      | นำไปใช้ฝึกอบรมได้สะดวก เหมาะสมกับเนื้อหา<br>และวัตถุประสงค์การฝึกอบรม | 3                             | 4 | 3 | 5 | 4 | 3.80      |
| 5      | ส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้ได้ดี                   | 3                             | 4 | 3 | 4 | 4 | 3.60      |
|        | ค่าเฉลี่ยรวม                                                          |                               |   |   |   |   | 3.72      |



ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

| ข้อที่ | รายการประเมิน                          | ระดับความคิดเห็น<br>(ท่านที่) |   |   |   |   | ค่าเฉลี่ย |
|--------|----------------------------------------|-------------------------------|---|---|---|---|-----------|
|        |                                        | 1                             | 2 | 3 | 4 | 5 |           |
|        | <b>ด้านแบบทดสอบ</b>                    |                               |   |   |   |   |           |
| 1      | แบบทดสอบมีความสอดคล้องกับเนื้อหา       | 3                             | 4 | 3 | 5 | 5 | 4.00      |
| 2      | สามารถตรวจหาคำตอบได้ง่าย               | 4                             | 4 | 3 | 5 | 4 | 4.00      |
| 3      | คำถามและคำตอบมีเป้าหมายชัดเจน          | 3                             | 4 | 3 | 5 | 4 | 3.80      |
| 4      | แบบทดสอบครอบคลุมวัตถุประสงค์การฝึกอบรม | 4                             | 3 | 4 | 5 | 4 | 4.00      |
|        | <b>ค่าเฉลี่ยรวม</b>                    |                               |   |   |   |   | 3.95      |

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

| ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ                | จำนวนผู้เชี่ยวชาญ |
|----------------------------------------|-------------------|
| <u>ด้านแผนการฝึกอบรม :</u>             |                   |
| - เหมาะสมดี                            | 1                 |
| <u>ด้านใบเนื้อหาชุดฝึกอบรม :</u>       |                   |
| - เหมาะสมดี                            | 1                 |
| - น่าจะมีกรณีศึกษาเพิ่มอีก             | 1                 |
| <u>ด้านแบบทดสอบ :</u>                  |                   |
| - เหมาะสมดี                            | 1                 |
| - มีจำนวนข้อน้อยเมื่อเทียบวัตถุประสงค์ | 1                 |
| <u>ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม :</u>      |                   |
| - เหมาะสมดี                            | 1                 |
| - บางสไลด์ใช้ตัวอักษรมากเกินไป         | 1                 |

### แบบสอบถามความต้องการฝึกอบรม

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

คำชี้แจง โปรดเลือกคำตอบโดยขีดเครื่องหมาย / และเติมข้อความลงในช่องว่างตามความเป็นจริง

1. ชื่อ / นามสกุล.....  
 ที่ทำงาน .....  
 ..... เบอร์ติดต่อ.....

2. อายุ

- ( ) ระหว่าง 20 – 29 ปี      ( ) ระหว่าง 40 – 49 ปี  
 ( ) ระหว่าง 30 – 39 ปี      ( ) ระหว่าง 50 – 60 ปี

3. ระดับการศึกษาสูงสุด

- ( ) ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช./ปวส./ปวท.) สาขา.....  
 ( ) ปริญญาตรี สาขา.....  
 ( ) ปริญญาโท สาขา.....  
 ( ) ปริญญาเอก สาขา.....

4. ตำแหน่งงานในหน้าที่ของท่าน

- ( ) อาจารย์ สาขาวิชา.....  
 ( ) วิศวกร สาขา.....  
 ( ) ช่างเทคนิค สาขา.....  
 ( ) ผู้บริหาร ตำแหน่ง.....  
 ( ) อื่นๆ .....

5. ประสบการณ์ทำงานด้านระบบปรับอากาศ..... ปี .....เดือน

## ตอนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับระบบปรับอากาศ

**คำชี้แจง** โปรดเลือกคำตอบโดยขีดเครื่องหมาย / และเติมข้อความลงในช่องว่างตามความเป็นจริง

1. ท่านมีความรู้เกี่ยวกับระบบปรับอากาศเพียงไร ?

- ( ) ไม่มี (ถ้าไม่มีโปรดตอบตอนที่ 3)      ( ) ปานกลาง  
( ) น้อย      ( ) มาก

2. ท่านมีความรู้เรื่องใดบ้างในระบบปรับอากาศ ?

- ( ) การติดตั้งและทดสอบ  
( ) การบำรุงรักษาและการแก้ไขข้อขัดข้องของเครื่องปรับอากาศ  
( ) การประหยัดพลังงานในการปรับอากาศ  
( ) อื่นๆ .....

## ตอนที่ 3 ความรู้เรื่องการออกแบบระบบปรับอากาศและที่พักอาศัย

**คำชี้แจง** โปรดเลือกคำตอบโดยขีดเครื่องหมาย / และเติมข้อความลงในช่องว่างตามความเป็นจริง

1. ท่านเคยออกแบบระบบปรับอากาศและที่พักออาศัยหรือไม่ ?

- ( ) เคย  
( ) ไม่เคย (ถ้าไม่เคยโปรดตอบข้อ 8 )

2. ท่านมีความรู้เกี่ยวกับการออกแบบระบบปรับอากาศและที่พักออาศัยมากน้อยเพียงใด ?

- ( ) ไม่มี (ถ้าไม่มีโปรดตอบข้อ )      ( ) ปานกลาง  
( ) น้อย      ( ) มาก

3. ท่านได้รับความรู้เรื่องการออกแบบระบบปรับอากาศและที่พักออาศัยโดยวิธีใด ? (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ( ) ศึกษาด้วยตนเอง      ( ) อ่านจากเอกสารสิ่งพิมพ์  
( ) เรียนในหลักสูตร      ( ) ประสบการณ์จากการทำงาน

( ) รับการอบรม จากหน่วยงาน (โปรดระบุ) .....

( ) อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

4. ท่านทราบขั้นตอนการออกแบบระบบปรับอากาศอาคารและที่พักออาศัยในระดับใด ?

( ) ไม่ทราบ ( ) น้อย

( ) ปานกลาง ( ) มาก

5. ท่านมีความรู้ใดบ้างในการออกแบบระบบปรับอากาศอาคารและที่พักออาศัย ?

(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) การคำนวณภาระทำความเย็นของพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศ

( ) เลือกระบบปรับอากาศ

( ) เลือกชนิดของอุปกรณ์ส่งลม

( ) การร่างแบบ

( ) การออกแบบระบบท่อ

( ) การเขียนแบบ

( ) การประมาณราคา

( ) เทคนิคในการออกแบบ

( ) อื่นๆ โปรดระบุ .....

( ) ไม่ทราบ

6. ท่านเคยทำการออกแบบขั้นตอนใดบ้าง ? (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) การคำนวณภาระทำความเย็นของพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศ

( ) เลือกระบบปรับอากาศ

( ) เลือกชนิดของอุปกรณ์ส่งลม

( ) การร่างแบบ

( ) การออกแบบระบบท่อ

( ) การเขียนแบบ

( ) การประมาณราคา

( ) เทคนิคในการออกแบบ

( ) อื่นๆ โปรดระบุ .....

( ) ไม่เคยใช้ (ถ้าไม่เคยใช้โปรดตอบข้อ.....)

7. ท่านมีวัตถุประสงค์ในการออกแบบระบบปรับอากาศด้านใดบ้าง ?

- ( ) เพื่อการค้า
- ( ) ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพื่อการศึกษา
- ( ) อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

8. ท่านคิดว่าการออกแบบระบบปรับอากาศอาคารและที่พัก มีประโยชน์ต่อการจัดโครงการฝึกอบรม และการศึกษาวิจัยในระดับใด ?

- ( ) ไม่มี                      ( ) น้อย
- ( ) ปานกลาง                      ( ) มาก
- ( ) ไม่ทราบ

**ตอนที่ 4** หัวข้อที่ต้องการฝึกอบรม

**คำชี้แจง** โปรดเลือกคำตอบโดยขีดเครื่องหมาย / และเติมข้อความลงในช่องว่างตามความเป็นจริง

1. ท่านต้องการให้มีการจัดโครงการฝึกอบรมเรื่อง การออกแบบระบบปรับอากาศอาคารและที่พักอาศัย หรือไม่ ?

- ( ) ต้องการ                      ( ) ไม่ต้องการ

2. ท่านต้องการฝึกอบรมเรื่องใดบ้าง (เลือกได้มากกว่า 1)

- ( ) ความรู้เกี่ยวกับระบบปรับอากาศ
- ( ) ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบระบบปรับอากาศอาคารและที่พักอาศัย
- ( ) ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบระบบปรับอากาศสำหรับโรงพยาบาล
- ( ) ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบระบบปรับอากาศห้างสรรพสินค้า
- ( ) ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบระบบปรับอากาศงานอุตสาหกรรม
- ( ) ความรู้เกี่ยวกับการประหยัดพลังงานในการปรับอากาศ
- ( ) อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

## ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์วัตถุประสงค์และการกำหนดน้ำหนักของเนื้อหาในแต่ละวัตถุประสงค์

## บทเรียนที่ 1 เรื่อง พื้นฐานระบบปรับอากาศ

### วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่องพื้นฐานระบบปรับอากาศ เมื่อผู้เข้ารับการฝึกอบรมเรียนจบบทเรียนนี้แล้ว ต้องสามารถ

- อธิบายส่วนประกอบและหลักการทำงานของระบบปรับอากาศประเภทต่างๆ ได้  
.....(ความจำ,ความเข้าใจ)

### การกำหนดน้ำหนักของเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

#### ตารางที่ ค-1 ตารางวิเคราะห์หลักสูตร เรื่องพื้นฐานระบบปรับอากาศ

| เนื้อหา                                                 | วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม |            |             | รวม |
|---------------------------------------------------------|--------------------------|------------|-------------|-----|
|                                                         | ความจำ                   | ความเข้าใจ | ประยุกต์ใช้ |     |
| 1. ส่วนประกอบและหลักการทำงานของระบบปรับอากาศประเภทต่างๆ | 1                        | 1          | -           | 2   |
| รวม                                                     | 1                        | 1          | -           | 2   |

#### ตารางที่ ค-2 การกำหนดน้ำหนักของเนื้อหาตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่องพื้นฐานระบบปรับอากาศ

| เนื้อหา                                                 | วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม |            |             | รวม | อันดับความสำคัญ |
|---------------------------------------------------------|--------------------------|------------|-------------|-----|-----------------|
|                                                         | ความจำ                   | ความเข้าใจ | ประยุกต์ใช้ |     |                 |
| 1. ส่วนประกอบและหลักการทำงานของระบบปรับอากาศประเภทต่างๆ | 1                        | 1          | -           | 2   | 1               |
| รวม                                                     | 1                        | 1          | -           | 2   |                 |

จากตารางที่ ค-2 แสดงให้เห็นว่าเนื้อหาเรื่องส่วนประกอบและหลักการทำงานของระบบปรับอากาศประเภทต่างๆ ต้องออกข้อสอบ 2 ข้อ จากข้อสอบทั้งหมด 2 ข้อ

## บทเรียนที่ 2 เรื่อง ภาระความเย็นและการคำนวณ

### วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่องภาระความเย็นและการคำนวณเมื่อผู้เข้ารับ การฝึกอบรม เรียนจบบทเรียนนี้แล้ว ต้องสามารถ

1. อธิบายที่มาของภาระความเย็นของห้องได้.....(ความเข้าใจ,ประยุกต์ใช้)
2. บอกวิธีการคำนวณภาระความเย็นโดยใช้ฟอร์มการคำนวณได้ (ความเข้าใจ)
3. บอกวิธีการคำนวณภาระความเย็นโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้(ความเข้าใจ)
4. บอกวิธีการคำนวณภาระความเย็นโดยวิธีลัดได้..... (ความเข้าใจ,ประยุกต์ใช้)

### การกำหนดน้ำหนักของเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ตารางที่ ค-4 ตารางวิเคราะห์หลักสูตร เรื่องภาระความเย็นและการคำนวณ

| เนื้อหา                                                    | วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม |            |             | รวม |
|------------------------------------------------------------|--------------------------|------------|-------------|-----|
|                                                            | ความจำ                   | ความเข้าใจ | ประยุกต์ใช้ |     |
| 1. ที่มาของภาระความเย็นของห้อง                             | 1                        | -          | 1           | 2   |
| 2. วิธีการคำนวณภาระความเย็นโดยใช้<br>ฟอร์มการคำนวณ         | -                        | 1          | -           | 1   |
| 3. วิธีการคำนวณภาระความเย็นโดยใช้<br>โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ | -                        | 1          | -           | 1   |
| 4. วิธีการคำนวณภาระความเย็นโดยวิธีลัด                      | -                        | 1          | 1           | 2   |
| รวม                                                        | 1                        | 3          | 2           | 6   |



**ตารางที่ ค-5** การกำหนดน้ำหนักของเนื้อหาตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่องประสิทธิภาพ และการควบคุมระบบไฟฟ้า

| เนื้อหา                                                 | วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม |            |             | รวม | อันดับ<br>ความสำคัญ |
|---------------------------------------------------------|--------------------------|------------|-------------|-----|---------------------|
|                                                         | ความจำ                   | ความเข้าใจ | ประยุกต์ใช้ |     |                     |
| 1. ที่มาของภาระความเย็นของห้อง                          | 1                        | -          | 1           | 2   | 2                   |
| 2. วิธีการคำนวณภาระความเย็นโดยใช้<br>ฟอร์มการคำนวณ      | -                        | 1          | -           | 1   | 4                   |
| 3. วิธีการคำนวณภาระความเย็นโดยใช้<br>โปรแกรมคอมพิวเตอร์ | -                        | 1          | -           | 1   | 3                   |
| 4. วิธีการคำนวณภาระความเย็นโดยวิธี<br>ลัด               | -                        | 1          | 1           | 2   | 1                   |
| รวม                                                     | 1                        | 3          | 2           | 6   |                     |

จากตารางที่ ค-5 กำหนดให้เนื้อหาเรื่องวิธีการคำนวณภาระความเย็นโดยวิธีลัด ที่มาของภาระความเย็นของห้อง มีความสำคัญตามลำดับเพราะต้องออกข้อสอบ 2 ข้อ จากข้อสอบทั้งหมด 6 ข้อ ส่วนเนื้อหาเรื่องวิธีการคำนวณภาระความเย็นโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ วิธีการคำนวณภาระความเย็นโดยใช้ฟอร์มการคำนวณ ซึ่งมีความสำคัญรองลงมาตามลำดับต้องออกข้อสอบ เรื่องละ 1 ข้อ จากข้อสอบทั้งหมด 6 ข้อ

### บทเรียนที่ 3 เรื่อง การออกแบบระบบปรับอากาศ

#### วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเรื่อง การออกแบบระบบปรับอากาศ เมื่อผู้เข้ารับการฝึกอบรมเรียนจบบทเรียนนี้แล้ว ต้องสามารถ

1. อธิบายขั้นตอนการออกแบบระบบปรับอากาศได้.....(ประยุกต์ใช้งาน)

### การกำหนดน้ำหนักของเนื้อหา และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

#### ตารางที่ ค-7 ตารางวิเคราะห์หลักสูตร เรื่อง การออกแบบระบบปรับอากาศ

| เนื้อหา                          | วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม |            |             | รวม |
|----------------------------------|--------------------------|------------|-------------|-----|
|                                  | ความจำ                   | ความเข้าใจ | ประยุกต์ใช้ |     |
| 1. ขั้นตอนการออกแบบระบบปรับอากาศ | -                        | -          | 1           | 1   |
| รวม                              | -                        | -          | 1           | 1   |

#### ตารางที่ ค-8 การกำหนดน้ำหนักของเนื้อหาตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเรื่อง การออกแบบระบบปรับอากาศ

| เนื้อหา                          | วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม |            |             | รวม | อันดับความสำคัญ |
|----------------------------------|--------------------------|------------|-------------|-----|-----------------|
|                                  | ความจำ                   | ความเข้าใจ | ประยุกต์ใช้ |     |                 |
| 2. ขั้นตอนการออกแบบระบบปรับอากาศ | -                        | -          | 1           | 1   | 1               |
| รวม                              | -                        | -          | 1           | 1   | 1               |

จากตารางที่ ค-8 กำหนดให้เนื้อหาเรื่อง การออกแบบระบบปรับอากาศ ต้องออกข้อสอบ 1 ข้อ จากข้อสอบทั้งหมด 1 ข้อ

การคำนวณเพื่อสร้างข้อสอบ 4 ข้อ

เดิม 1 ข้อ เปลี่ยนเป็น 4 ข้อ

เดิม 1 ข้อ เปลี่ยนเป็น  $\frac{1 \times 4}{1} = 4$  ข้อ

#### ตารางที่ ค-9 แนวการออกข้อสอบจำนวน 4 ข้อ เรื่อง การออกแบบระบบปรับอากาศ

| เนื้อหา                          | วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม |            |             | รวม | อันดับความสำคัญ |
|----------------------------------|--------------------------|------------|-------------|-----|-----------------|
|                                  | ความจำ                   | ความเข้าใจ | ประยุกต์ใช้ |     |                 |
| 3. ขั้นตอนการออกแบบระบบปรับอากาศ | -                        | -          | 4           | 4   | 1               |
| รวม                              | -                        | -          | 4           | 4   | 4               |

#### บทเรียนที่ 4 เรื่อง การออกแบบท่อลม

##### วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การออกแบบท่อลม เมื่อผู้เข้ารับการฝึกอบรมเรียนจบบทเรียนนี้แล้ว ต้องสามารถ

1. อธิบายขั้นตอนการออกแบบได้ ..... (ประยุกต์ใช้)
2. สามารถอธิบายหลักการ Bernoulli's Equation & Pressure Loss ได้  
(ความเข้าใจ, ประยุกต์ใช้)
3. สามารถอธิบายหลักการ Noise & Acoustic ได้... (ความเข้าใจ, ประยุกต์ใช้)

##### การกำหนดน้ำหนักของเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ตารางที่ ค-10 ตารางวิเคราะห์หลักสูตร เรื่อง การออกแบบท่อลม

| เนื้อหา                                         | วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม |            |             | รวม |
|-------------------------------------------------|--------------------------|------------|-------------|-----|
|                                                 | ความจำ                   | ความเข้าใจ | ประยุกต์ใช้ |     |
| 1. ขั้นตอนการออกแบบ                             | -                        | -          | 1           | 1   |
| 2. หลักการ Bernoulli's Equation & Pressure Loss | -                        | 1          | 1           | 2   |
| 3. หลักการ Noise & Acoustic                     | -                        | 1          | 1           | 2   |
| รวม                                             | -                        | 2          | 3           | 5   |

ตารางที่ ค-11 การกำหนดน้ำหนักเนื้อหาตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การออกแบบท่อลม

| เนื้อหา                                         | วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม |            |             | รวม | อันดับความสำคัญ |
|-------------------------------------------------|--------------------------|------------|-------------|-----|-----------------|
|                                                 | ความจำ                   | ความเข้าใจ | ประยุกต์ใช้ |     |                 |
| 1. ขั้นตอนการออกแบบ                             | -                        | -          | 1           | 1   | 3               |
| 2. หลักการ Bernoulli's Equation & Pressure Loss | -                        | 1          | 1           | 2   | 1               |
| 3. หลักการ Noise & Acoustic                     | -                        | 1          | 1           | 2   | 2               |
| รวม                                             | -                        | 2          | 3           | 5   |                 |

จากตารางที่ ค-11 กำหนดให้เนื้อหาเรื่องหลักการ Bernoulli's Equation & Pressure Loss และเรื่องหลักการ Noise & Acoustic มีความสำคัญมากที่สุดตามลำดับเพราะต้องออกข้อสอบ 2 ข้อ จากข้อสอบทั้งหมด 5 ข้อ เนื้อหาที่สำคัญรองลงมา คือ ขั้นตอนการออกแบบ เพราะต้องออกข้อสอบ 1 ข้อ จากข้อสอบทั้งหมด 5 ข้อ

การคำนวณเพื่อสร้างข้อสอบ 8 ข้อ

เดิม 5 ข้อ เปลี่ยนเป็น 7 ข้อ

เดิม 1 ข้อ เปลี่ยนเป็น  $\frac{1 \times 8}{5} = 1.6$  ข้อ

เดิม 2 ข้อ เปลี่ยนเป็น  $\frac{2 \times 8}{5} = 3.2$  ข้อ

ตารางที่ ค-12 แนวการออกข้อสอบจำนวน 8 ข้อ เรื่อง การออกแบบท่อลม

| เนื้อหา                                         | วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม |            |             | รวม | อันดับ<br>ความสำคัญ |
|-------------------------------------------------|--------------------------|------------|-------------|-----|---------------------|
|                                                 | ความจำ                   | ความเข้าใจ | ประยุกต์ใช้ |     |                     |
| 1. ขั้นตอนการออกแบบ                             | -                        | -          | 4*          | 4   | 1                   |
| 2. หลักการ Bernoulli's Equation & Pressure Loss | -                        | 1          | 1*          | 2   | 2                   |
| 3. หลักการ Noise & Acoustic                     | -                        | 1          | 1*          | 2   | 3                   |
| รวม                                             | -                        | 2          | 6           | 8   |                     |

หมายเหตุ เครื่องหมาย (\*) หมายถึง มีการขีดหย่นระหว่างข้อในช่องนั้นๆ เพื่อให้ผลรวมของข้อสอบออกมาเท่ากับ 8 ข้อ โดยการปิดเศษให้เป็นจำนวนเต็ม

## ภาคผนวก ง

ตัวอย่างข้อสอบสำหรับใช้ทดสอบพื้นฐานระบบปรับอากาศเพื่อคัดเลือกคุณสมบัติของผู้สมัคร

### แบบทดสอบ

#### พื้นฐานระบบปรับอากาศ

ชื่อ / นามสกุล .....

คำชี้แจง ให้ตอบคำถามโดยละเอียด

1. หน่วยในระบบปรับอากาศ ที่นิยมใช้ในประเทศไทยมีอะไรบ้าง
2. อธิบายความหมายหนึ่งต้นของการทำความเย็น
3. 1 ต้นของการทำความเย็น มีค่าเท่ากับกี่ Btu
4. ประเภทของระบบปรับอากาศ
  - 4.1 แบ่งตามการระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่น ได้กี่ประเภท อะไรบ้าง
  - 4.2 แบ่งตามชนิดตัวกลางขนถ่ายความร้อน ได้กี่ประเภท อะไรบ้าง
  - 4.3 การแบ่งประเภทตามตำแหน่งของแหล่งความร้อน
5. อุปกรณ์หลักในระบบทำความปรับอากาศแบบแยกส่วน ประกอบด้วยอะไรบ้าง
6. อธิบายความหมายของ การปรับอากาศ
7. จุดประสงค์ของการปรับอากาศเพื่ออะไร
8. ให้อธิบายกระบวนการพาความร้อน(Convection)
9. ให้อธิบายกระบวนการระเหย
10. ให้ยกตัวอย่างตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการสูญเสียความร้อนจากร่างกาย
11. อะไรบ้างที่เป็นตัวแปรที่ทำให้เกิดความสบายแก่มนุษย์ในระบบปรับอากาศ
12. อธิบายคุณภาพของอากาศ
13. ให้บอกถึงมาตรฐานความสบาย
14. อธิบายถึงมาตรฐานคุณภาพอากาศ (Air quality standard)
15. ให้ยกตัวอย่างสาเหตุที่ก่อให้เกิดอากาศไม่ดี

กระดาษคำตอบ

ชื่อ / นามสกุล .....

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม



ตาราง จ-1 ผลวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม

| คนที่ | ผลคะแนนหลังบทเรียน (80 ตัวแรก) |                    |                    |                    |  | ผลคะแนนหลังอบรม (80 ตัวหลัง) |
|-------|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--|------------------------------|
|       | บทที่ 1<br>เต็ม 10             | บทที่ 2<br>เต็ม 10 | บทที่ 3<br>เต็ม 10 | บทที่ 4<br>เต็ม 10 |  | แบบทดสอบหลังฝึกอบรม<br>40    |
| 1     | 7                              | 5                  | 6                  | 7                  |  | 20                           |
| 2     | 8                              | 3                  | 6                  | 5                  |  | 23                           |
| 3     | 9                              | 4                  | 3                  | 6                  |  | 28                           |
| 4     | 7                              | 9                  | 9                  | 10                 |  | 34                           |
| 5     | 9                              | 9                  | 7                  | 10                 |  | 33                           |
| 6     | 10                             | 10                 | 9                  | 8                  |  | 37                           |
| 7     | 9                              | 8                  | 8                  | 8                  |  | 30                           |
| 8     | 7                              | 6                  | 8                  | 5                  |  | 29                           |
| 9     | 6                              | 2                  | 5                  | 4                  |  | 18                           |
| 10    | 10                             | 10                 | 9                  | 8                  |  | 33                           |
| 11    | 9                              | 10                 | 9                  | 10                 |  | 35                           |
| 12    | 10                             | 8                  | 10                 | 10                 |  | 38                           |
| 13    | 10                             | 10                 | 8                  | 9                  |  | 34                           |
| 14    | 10                             | 10                 | 9                  | 10                 |  | 32                           |
| รวม   | 164                            | 132                | 136                | 147                |  | 424                          |
|       | (E <sub>1</sub> ) 78.75        |                    |                    |                    |  | (E <sub>2</sub> ) 75.71      |

หมายเหตุ : บทที่ 1 เป็นหัวเรื่องที่ใช้ในการอบรมโดยไม่หาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม  
จากตาราง จ-1 นำผลคะแนนที่ได้มาหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมได้ดังนี้

$$E_1 = \frac{\frac{\sum x}{N} \times 100}{A} \%$$

$$E_1 = \frac{\frac{441}{14} \times 100}{40} \%$$

$$E_1 = 78.75 \%$$

$$E_2 = \frac{\frac{\sum Y}{N} \times 100}{B} \%$$

$$E_2 = \frac{\frac{424}{14} \times 100}{40} \%$$

$$E_2 = 75.71 \%$$

|       |          |   |                                                                               |
|-------|----------|---|-------------------------------------------------------------------------------|
| เมื่อ | $E_1$    | = | ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบหลังบทเรียน             |
|       | $E_2$    | = | ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการอบรม |
|       | $\sum x$ | = | คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบหลังบทเรียน                                |
|       | $\sum Y$ | = | คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการอบรม                    |
|       | $N$      | = | จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด                                                        |
|       | $A$      | = | คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน                                              |
|       | $B$      | = | คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการอบรม                                   |

ภาคผนวก จ

โครงสร้างหลักสูตร

ชุดฝึกอบรมเรื่องการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย

## โครงร่างหลักสูตร

### ชุดฝึกอบรม

การออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย

## สารบัญ

หน้า

บทนำ

### 1. โครงร่างหลักสูตร

- 1.1 หลักการและเหตุผล
- 1.2 แนวความคิดของหลักสูตร
- 1.3 วัตถุประสงค์ของหลักสูตร
- 1.4 คุณสมบัติผู้เข้ารับการอบรม
- 1.5 หลักสูตรการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย
- 1.6 ระยะเวลาอบรม
- 1.7 ตารางการฝึกอบรม

### 2. หลักสูตรการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย

#### 2.1 การอบรมวันที่ 1 :

- 2.1.1 พื้นฐานระบบปรับอากาศ
- 2.1.2 ภาระความเย็นและการคำนวณ
- 2.1.3 การออกแบบระบบปรับอากาศ
- 2.1.4 การออกแบบ Duct work (งานท่อลม)

#### 2.2 การอบรมวันที่ 2 :

- 2.2.1 Practice การออกแบบระบบปรับอากาศของ Residential และ Office
- 2.2.2 Practice การออกแบบ Duct Work
- 2.2.3 เฉลยการออกแบบ ตามตอบ และทดสอบ

## บทนำ

ปัจจุบันการออกแบบตกแต่งภายในของอาคารและที่พักอาศัยให้ความสำคัญทางด้านความสวยงาม ความสะดวกสบายในการใช้สอย โดยทั่วไปภายในของอาคารและที่พักอาศัย จะมีการใช้พลังงานอยู่ 2 ส่วนใหญ่ๆด้วยกัน คือ ระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศ ถ้ามีการออกแบบทั้ง 2 ระบบ ให้สอดคล้องกับงานออกแบบตกแต่งภายในที่เหมาะสมแล้วจะได้ประโยชน์ทั้งด้าน ความสวยงาม การประหยัดพลังงานและช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นด้วย

โดยทั่วไปพบว่าสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของอาคาร บ้านพักอาศัยนั้น ระบบปรับอากาศใช้ไฟฟ้าสูงสุด การติดตั้งเครื่องปรับอากาศนั้น จะมีผลต่อการใช้กระแสไฟฟ้า โดยพิจารณาจาก ตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ การเดินสายไฟ การเดินสารทำความเย็น ขนาดของเครื่องปรับอากาศ สิ่งเหล่านี้มีผลต่อค่าไฟฟ้าที่ใช้ รวมถึงอายุการใช้งานและประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศด้วยการออกแบบตกแต่งภายในนั้นบางครั้งจะระบุจุดที่ต้องมีการติดตั้ง เครื่องปรับอากาศ เพื่อให้เกิดความสวยงามเป็นหลัก ถ้าผู้ที่ออกแบบระบบปรับอากาศขาดความรู้ทักษะ ประสบการณ์และเทคนิคในการออกแบบก็จะทำให้สิ้นเปลืองและเสียค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็นตามมา ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนของส่วนประกอบอื่นๆด้วย ดังนั้น ถ้ามีการออกแบบระบบปรับอากาศที่เหมาะสมและกลมกลืนกับงานออกแบบตกแต่งภายในแล้วจะได้ทั้งด้านความสวยงามและช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าที่ใช้พร้อมกัน ด้วยเหตุดังกล่าว จึงจำเป็นจะต้องจัดให้มีการฝึกอบรมขึ้น ซึ่ง ณ ปัจจุบันเจ้าของอาคารและที่พักอาศัยให้ความสนใจในด้านนี้ นอกจากนี้บางหน่วยงานที่มีการจัดฝึกอบรมนั้น มุ่งเน้นทางด้านทฤษฎีอย่างเดียว หรือบางแห่งเน้นทักษะและเทคนิคในการออกแบบน้อยมาก จึงทำให้ผู้ที่ออกแบบทำการออกแบบได้ไม่เหมาะสมตามที่ควรจะเป็น ดังนั้น ผู้ที่มีหน้าที่ในการออกแบบควรจะได้รับ การอบรมความรู้ ทักษะ เทคนิคในการออกแบบเพิ่มเติมจากความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมให้ทันเหตุการณ์อยู่เสมอ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า หรือในหน่วยงานอีกทั้งยังเป็นการช่วยประเทศชาติประหยัดพลังงานด้วย

การจัดอบรมหลักสูตรการออกแบบระบบปรับอากาศสำหรับอาคาร ที่พักอาศัย เป็นวิธีการที่จะช่วยเพิ่มพูนความรู้ ทักษะและเทคนิคการออกแบบให้กับผู้ที่เข้าอบรมให้มากขึ้น

## 1. โครงร่างหลักสูตรการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักออาศัย

### 1.1 หลักการและเหตุผล

เนื่องจากการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักออาศัยในปัจจุบัน ได้มีการปรับและเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมกับสภาพปัจจุบันอยู่เสมอ โดยการออกแบบนั้นจะให้ความสำคัญกับหลายๆปัจจัยด้วยกันด้วยกัน เช่น ฟังก์ชันการใช้งานของอาคาร ภูมิศาสตร์ที่ตั้งของอาคาร การเข้าถึงอาคาร พื้นที่ของอาคาร ความสูง จำนวนชั้น วัสดุของหลังคาและผนัง งบประมาณในการลงทุน งบประมาณในการดำเนินการอาคาร (Operating Cost) และแบบร่างแนวคิดการออกแบบทางสถาปัตยกรรม ซึ่งสิ่งเหล่านี้วิศวกรผู้ออกแบบต้องมีความรู้ ความชำนาญในการออกแบบจึงจะส่งผลให้การออกแบบนั้นมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุนี้ วิศวกรผู้ออกแบบจึงเป็นกลไกสำคัญในการที่จะทำให้การออกแบบออกมาประสบผลสำเร็จ ซึ่งผู้ออกแบบจึงจำเป็นต้องรู้จักเพิ่มพูนความรู้ ทักษะ เทคนิคใหม่ๆในการออกแบบให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาบุคลากรทางด้านนี้ จึงได้จัดทำหลักสูตรฝึกอบรม การออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักออาศัย ขึ้น เนื้อหาของหลักสูตรประกอบด้วย พื้นฐานระบบปรับอากาศ ภาระความเย็นและการคำนวณ การออกแบบระบบปรับอากาศ การออกแบบ Duct work (งานท่อลม) Practice การออกแบบระบบปรับอากาศของ Residential และ Office Practice การออกแบบ Duct Work นอกจากนี้ ยังมีแนวทางสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้และตัวอย่างการออกแบบที่ประสบความสำเร็จ ซึ่งผู้เข้าอบรมสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางทางปฏิบัติได้อย่างดี

### 1.2 แนวความคิดของหลักสูตร

เนื่องจากหลักสูตรนี้เป็นหลักสูตรที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มพูนความรู้ ทักษะและเทคนิคการออกแบบของระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักออาศัย ดังนั้นในหลักสูตรจะไม่เน้นทฤษฎีเนื้อหา พื้นฐานมากนัก จะเน้นไปในทางการนำความรู้เดิมไปใช้งาน เพิ่มเติมความรู้ใหม่ วิธีการใหม่ที่จะทำให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถปฏิบัติงานได้จริง ซึ่งในหลักสูตรจะมีตัวอย่างการออกแบบที่ใช้งานจริงและมีการทดสอบการออกแบบหลังจากมีการอบรมเสร็จ โดยในหลักสูตรจะประกอบด้วย

- 1.2.1 พื้นฐานระบบปรับอากาศ
- 1.2.2 ภาระความเย็นและการคำนวณ
- 1.2.3 การออกแบบระบบปรับอากาศ
- 1.2.4 การออกแบบ Duct work (งานท่อลม)

### 1.2.5 Practice การออกแบบระบบปรับอากาศของ Residential และ Office การออกแบบ Duct Work

#### 1.2.6 เฉลยการออกแบบ ถามตอบ และทดสอบ

### 1.3 วัตถุประสงค์ของหลักสูตร

เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรม

1.3.1 มีความเข้าใจวิธีการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย ตลอดจนวิธีการ เทคนิคการออกแบบและการออกแบบที่มีประสิทธิภาพ

1.3.2 มีความสามารถในการประยุกต์การออกแบบให้เข้ากับงานใหม่เสมอ

1.3.3 มีความสามารถในการนำความรู้ที่ได้รับจากการอบรมไปใช้งานจริงได้

### 1.4 คุณสมบัติผู้เข้ารับการอบรม

ผู้เข้ารับการอบรมเป็นช่างเทคนิค วิศวกรด้านระบบปรับอากาศ จำนวน 20 คน

### 1.5 หลักสูตรฝึกอบรม การออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย

#### 1.5.1 พื้นฐานระบบปรับอากาศ

1.5.1.1 องค์ประกอบของสภาวะอากาศที่มีผลต่อความสบาย

1.5.1.2 ค่าสภาวะอากาศที่คนโดยทั่วไปรู้สึกสบาย

1.5.1.3 ผลที่เกิดขึ้นเมื่อสภาวะอากาศเปลี่ยนไปจากขอบเขตของความสบาย

1.5.1.3 ประเภทของระบบปรับอากาศ

#### 1.5.2 ภาระความเย็นและการคำนวณ

1.5.2.1 แบบฟอร์มการคำนวณ

1.5.2.2 โปรแกรม ( software ของ Daikin )

1.5.2.3 วิธีลัด (Shortcut )  $\text{Btu.h} / \text{m}^2$

#### 1.5.3 การออกแบบระบบปรับอากาศ

1.5.3.1 บุคคลที่เกี่ยวข้อง

1.5.3.1.1 Owner

1.5.3.1.2 Architecture / Interior Designer

1.5.3.1.3 Consultant

1.5.3.1.4 AC Contractor



#### 1.5.3.1.5 AC Suppliers

#### 1.5.3.1.6 AC Sub - Contractor

### 1.5.3.2 ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการออกแบบ

#### 1.5.3.2.1 รูปแบบของ FCU

#### 1.5.3.2.2 เลือกรูปแบบของหัวจ่ายลม (ถ้ามี)

#### 1.5.3.2.3 บริเวณที่สามารถวาง CDU ได้

#### 1.5.3.2.4 กลุ่มของผู้ใช้งาน

### 1.5.3.3 ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการคำนวณภาระความเย็น

#### 1.5.3.3.1 อุณหภูมิภายในห้องที่ต้องการ

#### 1.5.3.3.2 ลักษณะการใช้ของห้อง

#### 1.5.3.3.3 ชนิดของวัสดุที่ทำผนังทั้งที่บ้แสงและโปร่งแสง

#### 1.5.3.3.4 ขนาด กว้าง x ยาว ของวัสดุโปร่งแสง

#### 1.5.3.3.5 ทิศทางและการวางตัวของอาคาร

#### 1.5.3.3.6 อุปกรณ์เครื่องใช้ภายในห้อง

### 1.5.3.4 ขั้นตอนการออกแบบ

#### 1.5.3.4.1 Split type

#### 1.5.3.4.2 Chiller

## 1.5.4 การออกแบบ Duct Work (งานท่อลม)

### 1.5.4.1 ความจำเป็นและเหตุผลของการเดินท่อลม

### 1.5.4.2 องค์ประกอบของงานท่อลม

### 1.5.4.3 ข้อควรคำนึงในการออกแบบ

### 1.5.4.4 ขั้นตอนการออกแบบ

### 1.5.4.5 หัวจ่ายและการกำหนดขนาด

### 1.5.4.6 ท่อลมและการกำหนดขนาด

### 1.5.4.7 พัดลมและการกำหนดขนาด

### 1.5.4.8 Bernoulli's Equation & Pressure Loss

### 1.5.4.9 Noise & Acoustic

## 1.5.5 Practice การออกแบบระบบปรับอากาศ ของ

### 1.1.1.1 Residential

### 1.1.1.2 Office

### **1.5.6 Practice การออกแบบ Duct Work**

#### **1.5.6.1 เผลยการออกแบบ**

### **1.5.7 เผลยการออกแบบ การถามตอบและการทดสอบ**

**1.2 ระยะเวลาอบรม :** ใช้เวลาในการอบรมหลักสูตร 2 วันและมีการทดสอบเพื่อวัดผลในวันที่ 2

## กำหนดการจัดอบรม

### หลักสูตร การออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักออาศัย

| เวลา        | หัวข้อการฝึกอบรม                                                              | ห้องฝึกอบรม |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| วันที่ 1.   |                                                                               |             |
| 08.30-08.50 | ลงทะเบียน                                                                     |             |
| 08.50-09.00 | เปิดการฝึกอบรม                                                                |             |
| 09.00-10.30 | พื้นฐานระบบปรับอากาศ (ทดสอบหลังบทเรียน)                                       |             |
| 10.30-10.45 | พักช่วงเช้า                                                                   |             |
| 10.45-12.00 | ภาระความเย็นและการคำนวณ (ทดสอบหลังบทเรียน)                                    |             |
| 12.00-13.00 | พักกลางวัน                                                                    |             |
| 13.00-14.15 | การออกแบบระบบปรับอากาศ (ทดสอบหลังบทเรียน)                                     |             |
| 14.15-14.30 | พักช่วงบ่าย                                                                   |             |
| 14.30-16.00 | การออกแบบ Duct work (งานท่อลม) (ทดสอบหลังบทเรียน)                             |             |
| วันที่ 2.   |                                                                               |             |
| 09.00-10.30 | Practice การออกแบบระบบปรับอากาศของ Residential และ Office การออกแบบ Duct Work |             |
| 10.30-11.30 | พักกลางวัน                                                                    |             |
| 11.30-14.30 | ทดสอบหลังการอบรม                                                              |             |
| 14.30-14.45 | พักช่วงบ่าย                                                                   |             |
| 14.45-15.40 | เฉลยการออกแบบ ถามตอบ และทดสอบ                                                 |             |
| 15.40-16.00 | ปิดการฝึกอบรม                                                                 |             |
|             | วิทยากร : นายนิรันดร์ เชื้อเคน<br>นางสาวอังคณา เรืองชัย                       |             |

## หน่วยเรียนที่ 1 เรื่อง พื้นฐานระบบปรับอากาศ

กล่าวถึงองค์ประกอบของสภาวะอากาศที่มีผลต่อความสบาย ค่าสภาวะอากาศที่คนโดยทั่วไปรู้สึกสบาย ผลที่เกิดขึ้นเมื่อสภาวะอากาศเปลี่ยนไปจากขอบเขตของความสบาย และระบบปรับอากาศประเภทต่างๆ

### วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง พื้นฐานระบบปรับอากาศ เมื่อผู้เข้าอบรมเรียนจบบทเรียนนี้แล้ว ต้องสามารถ

1. อธิบายส่วนประกอบและหลักการทำงานของระบบปรับอากาศประเภทต่างๆได้

**พื้นฐานที่จำเป็น**      การทำความเย็นและปรับอากาศ

**ระยะเวลาอบรม**      1:30 ชั่วโมง

### เนื้อหาหัวข้อวิชา

1. องค์ประกอบของสภาวะอากาศที่มีผลต่อความสบาย
  - อุณหภูมิ
  - ความชื้นของอากาศ
  - ปริมาณ  $O_2$
  - ความบริสุทธิ์ของอากาศ
2. ค่าสภาวะอากาศที่คนโดยทั่วไปรู้สึกสบาย
  - อุณหภูมิ 78 °F db สำหรับฤดูร้อนและ 68 °F db สำหรับฤดูหนาว
  - ความชื้นสัมพัทธ์ 50 %
  - มีการระบายอากาศที่ดี
  - มีการกรองอากาศก่อนเข้าสู่ห้อง
3. ผลที่เกิดขึ้นเมื่อสภาวะอากาศเปลี่ยนไปจากขอบเขตของความสบาย
  - อุณหภูมิ (78 °F db)
  - ความชื้นสัมพัทธ์ (50 %)

#### 4. ส่วนประกอบและหลักการทำงานของระบบปรับอากาศประเภทต่างๆ

- แบ่งตามโครงสร้างและแหล่งพลังงานที่ป้อนให้กับระบบ
- แบ่งตามตัวกลางที่ใช้ระบายความร้อน
- แบ่งตามการขยายตัวรับความร้อนของตัวกลาง
- แบ่งตามตำแหน่งองค์ประกอบของระบบ
- แบ่งตามตำแหน่งของ Compressor
- แบ่งตามประเภทของผู้บริโภค
- แบ่งตามลักษณะการติดตั้งของ Fan-Coil Unit

#### วิธีการอบรม

เทคนิคการถ่ายทอดจะเป็นการบรรยายโดยสื่อที่ใช้ประกอบด้วย Power point ผ่านเครื่องฉาย (Projector)

การอบรมในหัวข้อนี้จะใช้แนวข้อสอบสำหรับแบบทดสอบแบบปรนัย

#### หน่วยเรียนที่ 2 เรื่อง ภาระความเย็นและการคำนวณ

กล่าวถึงภาระความเย็นของห้องจากแหล่งต่างๆ วิธีการคำนวณแบบโดยใช้ฟอร์มการคำนวณ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และวิธีลัดพร้อมตัวอย่างการคำนวณ

#### วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่องภาระความเย็นและการคำนวณ เมื่อผู้เข้าอบรมเรียนจบบทเรียนนี้แล้ว ต้องสามารถ

1. อธิบายที่มาของภาระความเย็นของห้องได้
2. บอกวิธีการคำนวณภาระความเย็นโดยใช้ฟอร์มการคำนวณได้
3. บอกวิธีการคำนวณภาระความเย็นโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้
4. บอกวิธีการคำนวณภาระความเย็นโดยวิธีลัดได้

**พื้นฐานที่จำเป็น**      การคำนวณภาระความเย็น

**ระยะเวลาอบรม**      1:15 ชั่วโมง

### เนื้อหาหัวข้อวิชา

1. ภาระความเย็นของห้อง
  - ภาระความเย็นจากภายนอกห้อง
  - ภาระความเย็นจากภายในห้อง
2. การคำนวณภาระความเย็น
  - แบบใช้แบบฟอร์มการคำนวณ
  - แบบใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์
  - แบบวิธีลัด

### วิธีการอบรม

เทคนิคการถ่ายทอดจะเป็นการบรรยายโดยสื่อที่ใช้ประกอบด้วย Power point ผ่านเครื่องฉาย (Projector) เอกสารตัวอย่างการคำนวณ ตัวอย่างโปรแกรมการคำนวณของไคกินและโปรแกรม Heat load

การอบรมในหัวข้อนี้จะใช้แนวข้อสอบสำหรับแบบทดสอบแบบปรนัย

### หน่วยเรียนที่ 3 เรื่อง การออกแบบระบบปรับอากาศ

กล่าวถึงบุคคลที่เกี่ยวข้องในงานปรับอากาศ ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการออกแบบและการคำนวณภาระความเย็น ขั้นตอนการออกแบบซึ่งรวมไปถึง การเลือกรูปแบบและวางตำแหน่งของ FCU วางตำแหน่งของ CDU และวางตำแหน่งท่อน้ำยาระหว่าง FCU กับ CDU

### วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่องการออกแบบระบบปรับอากาศ เมื่อผู้เข้าอบรมเรียนจบ บทเรียนนี้แล้ว ต้องสามารถ

1. อธิบายขั้นตอนการออกแบบระบบปรับอากาศได้

**พื้นฐานที่จำเป็น** การทำความเย็นและปรับอากาศ

**ระยะเวลาอบรม** 1:15 ชั่วโมง

### เนื้อหาหัวข้อวิชา

1. บุคคลที่เกี่ยวข้อง
  - Owner
  - Architecture / Interior Designer
  - Consultant
  - AC Contractor
  - AC Suppliers
  - AC Sub - Contractor
2. ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการออกแบบ
  - รูปแบบของ FCU
  - เลือกรูปแบบของหัวจ่ายลม (ถ้ามี)
  - บริเวณที่สามารถวาง CDU ได้
  - กลุ่มของผู้ใช้งาน
3. ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการคำนวณภาระความเย็น
  - อุณหภูมิภายในห้องที่ต้องการ
  - ลักษณะการใช้ของห้อง
  - ชนิดของวัสดุที่ทำผนังทั้งที่บแสงและโปร่งแสง
  - ขนาด กว้าง x ยาว ของวัสดุโปร่งแสง
  - ทิศทางและการวางตัวของอาคาร
  - อุปกรณ์เครื่องใช้ภายในห้อง

#### 4. ขั้นตอนการออกแบบ

- Split type
- Chiller

#### วิธีการอบรม

เทคนิคการถ่ายทอดจะเป็นการบรรยายโดยสื่อที่ใช้ประกอบด้วย Power point ผ่านเครื่องฉาย (Projector)

การอบรมในหัวข้อนี้จะใช้แนวข้อสอบสำหรับแบบทดสอบแบบปรนัย

#### หน่วยเรียนที่ 4 เรื่อง การออกแบบท่อลม

กล่าวถึงความจำเป็นและเหตุผลของการเดินท่อลม องค์ประกอบของงานท่อลม ข้อควรคำนึงในการออกแบบ ขั้นตอนการออกแบบ หัวจ่ายและการกำหนดขนาด ท่อลมและการกำหนดขนาด พัดลมและการกำหนดขนาด Bernoulli's Equation & Pressure Loss และ Noise & Acoustic

#### วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่องการออกแบบท่อลม เมื่อผู้เข้าอบรมเรียนจบบทเรียนนี้แล้วต้องสามารถ

1. อธิบายขั้นตอนการออกแบบได้
2. สามารถอธิบายหลักการ Bernoulli's Equation & Pressure Loss ได้
3. สามารถอธิบายหลักการ Noise & Acoustic ได้

พื้นฐานที่จำเป็น กลศาสตร์ของไหล, เครื่องจักรกลของไหล

ระยะเวลาอบรม 1:30 ชั่วโมง



### เนื้อหาหัวข้อวิชา

1. ความจำเป็นและเหตุผลของการเดินท่อลม
2. องค์ประกอบของงานท่อลม
3. ข้อควรคำนึงในการออกแบบ
4. ขั้นตอนการออกแบบ
5. หัวจ่ายและการกำหนดขนาด
6. ท่อลมและการกำหนดขนาด
7. พัดลมและการกำหนดขนาด
8. Bernoulli's Equation & Pressure Loss
9. Noise & Acoustic

### วิธีการอบรม

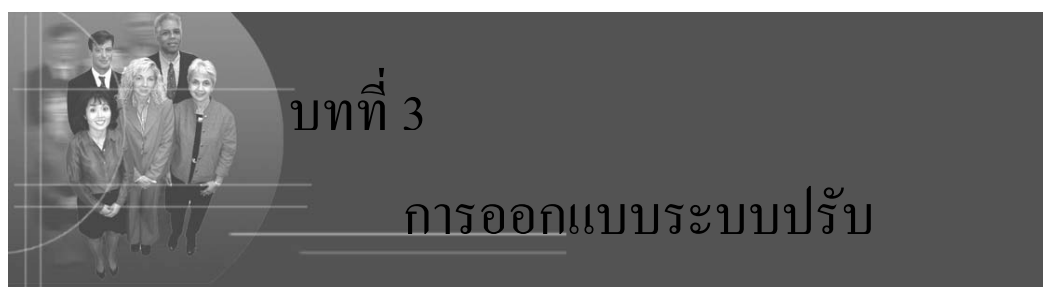
เทคนิคการถ่ายทอดจะเป็นการบรรยายโดยสื่อที่ใช้ประกอบด้วย Power point ผ่าน  
เครื่องฉาย (Projector)

การอบรมในหัวข้อนี้จะใช้แนวข้อสอบสำหรับแบบทดสอบแบบปรนัย

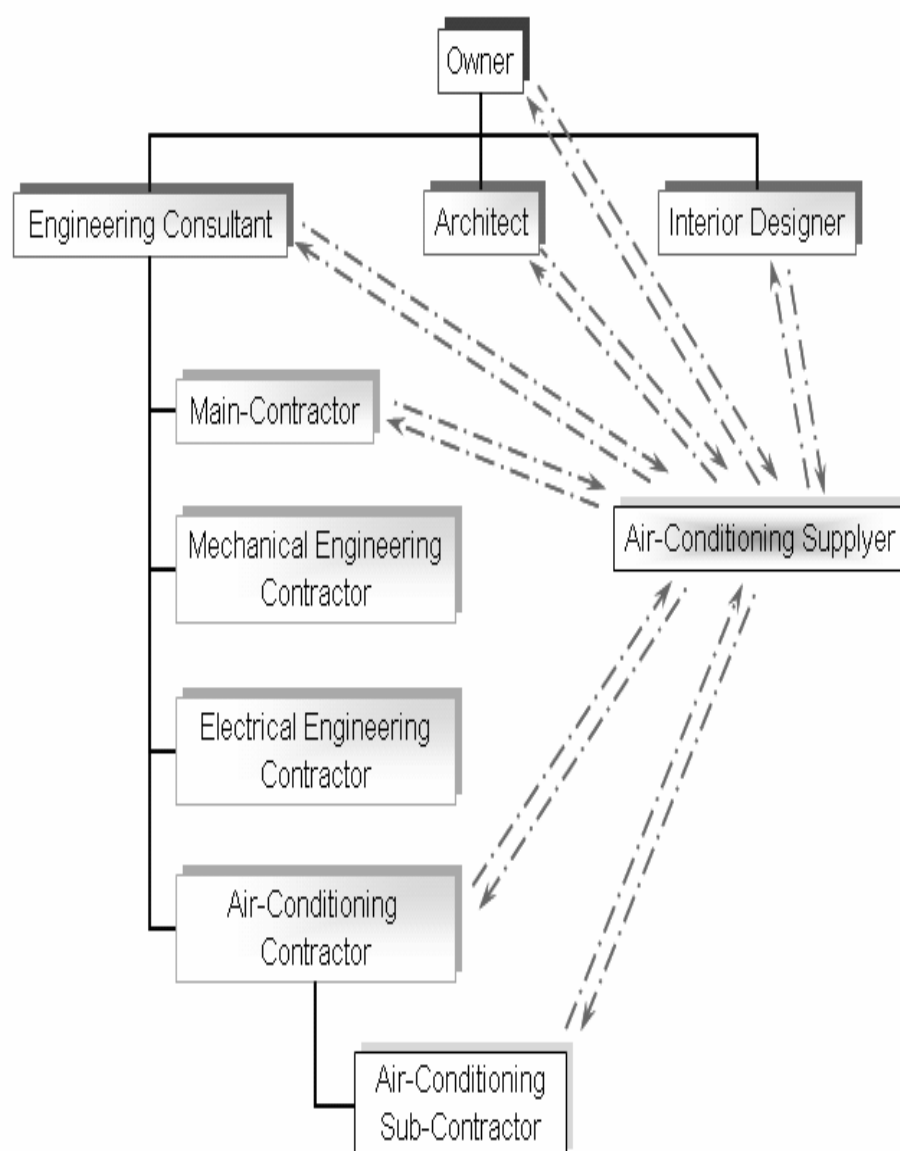
ภาคผนวก ข

ตัวอย่างเอกสารการฝึกอบรม

ตัวอย่างเอกสารประกอบการอบรมสำหรับผู้เข้าอบรม  
บทที่ 3 การออกแบบระบบปรับอากาศ



## บุคคลที่เกี่ยวข้อง



# คำนิยาม

## Owner

เป็นผู้กำหนดรูปแบบคร่าวๆ ของการออกแบบระบบปรับอากาศในเบื้องต้น

## Architect

เป็นผู้ออกแบบรูปลักษณะของอาคาร ประกอบไปด้วยแบบเสมือนจริง (Perspective View), แบบรูปด้าน (Elevation View), แบบภาคตัด (Section Detail) เป็นต้น ซึ่งผู้ออกแบบระบบปรับอากาศสามารถขอแบบรูปด้านกับแบบภาคตัด เพื่อประกอบการคำนวณภาระความเย็นได้

## Interior Designer

เป็นผู้ออกแบบตกแต่งภายในทั้งแบบเฟอร์นิเจอร์ และแบบฝ้า ซึ่งผู้ออกแบบระบบปรับอากาศสามารถขอแบบเฟอร์นิเจอร์ และแบบฝ้า เพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกรูปแบบของระบบปรับอากาศ และประกอบการวางตำแหน่งของหัวจ่ายลมและ Fan-Coil Unit ได้

## Engineering Consultant

เป็นผู้ให้คำปรึกษาด้านวิศวกรรม, ออกแบบงานระบบภายในอาคาร และควบคุมงานก่อสร้างโครงการให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ออกแบบไว้

## Main-Contractor

เป็นผู้รับเหมาลำดับของโครงการ รับเหมาก่อสร้างตัวอาคารและงานด้านวิศวกรรมโยธาอื่นๆ

## Air-Conditioning Contractor

เป็นผู้รับเหมาดัดตั้งงานวิศวกรรมปรับอากาศของโครงการ

## Air-Conditioning Sub-Contractor

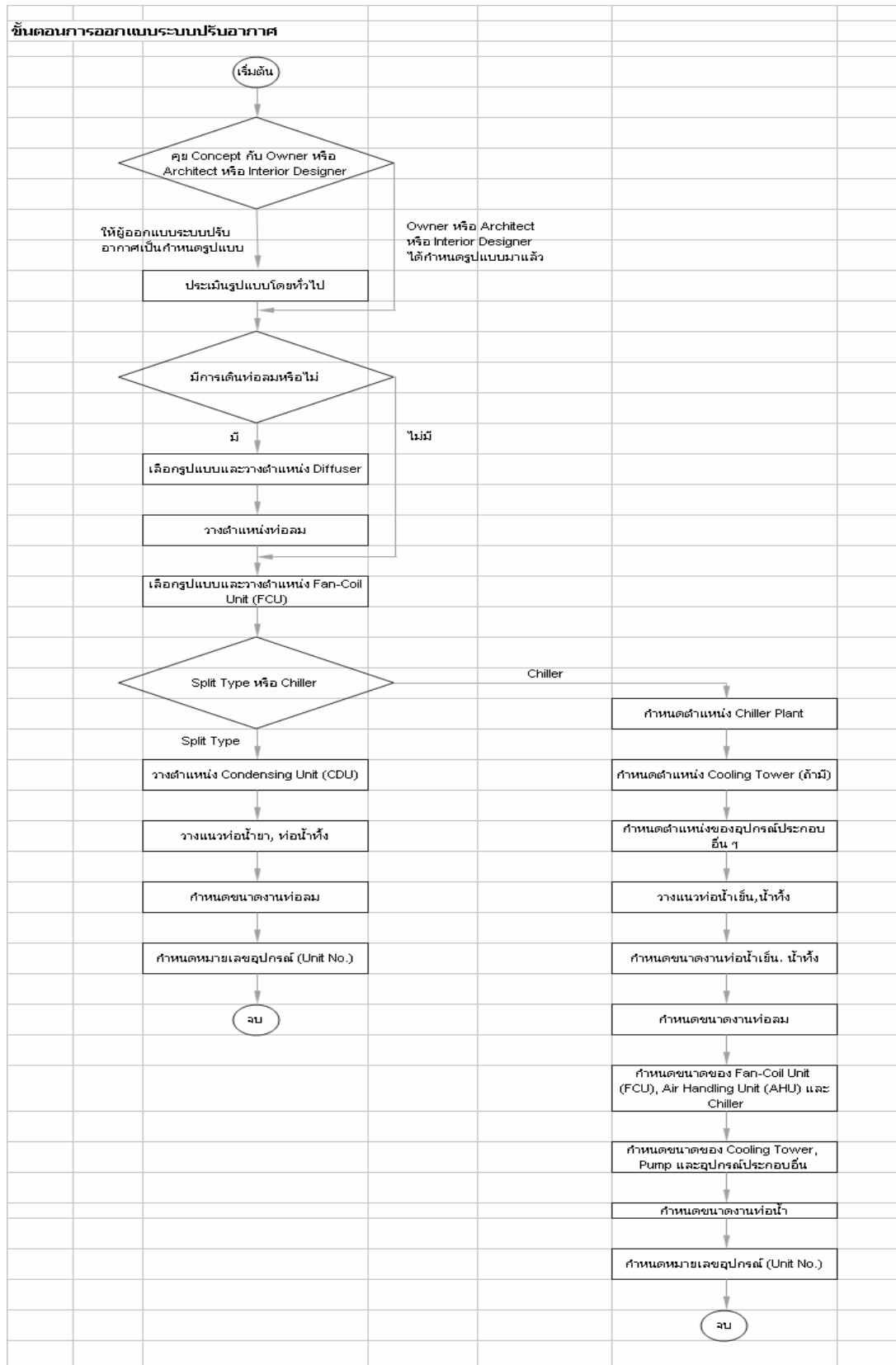
เป็นผู้รับเหมาดัดตั้งงานปรับอากาศรายย่อย ที่ขึ้นกับ Air-Conditioning Contractor อีกชั้นหนึ่ง

## Air-Conditioning Supplier

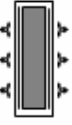
เป็นตัวแทนจำหน่ายหรือผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศ ทำหน้าที่จัดหาเครื่องปรับอากาศให้ A/C Contractor หรือ A/C Sub-Contractor แล้วแต่กรณี ในบางครั้ง Supplier อาจเป็น A/C Designer หรือ A/C Contractor หรือ A/C Sub-Contractor ด้วย

ข้อมูลที่ได้ทราบก่อนการดำเนินการตามแผน

| รายการ                                     | แหล่งข้อมูล                                        | แนวทางการประมาณการณ์กรณีให้ออกแบบระบบจำเป็นต้องตัดสินใจแทน                                 |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. อุณหภูมิภายในห้องที่ต้องการ             | Owner/ Architect/ Interior Designer                | ใช้ 25° C สำหรับห้องทั่วไป 28° C สำหรับห้องเครื่องปรับอากาศ, ครัว, ห้องแต่งตัว หรือทางเดิน |
| 2. ลักษณะการใช้ของห้อง                     | Owner/ Architect/ Interior Designer                | -                                                                                          |
| 3. ชนิดของวัสดุทำผนัง พื้น เพดาน และประแสง | Architect Drawing = Elevation View, Section Detail | วัสดุที่เปลี่ยนแปลงเป็นวัสดุประเภทอื่น                                                     |
| 4. ขนาด กว้าง x ยาว ของวัสดุประแสง         | Architect Drawing = Elevation View, Section Detail | กระเบื้อง 2.1 ม. สำหรับชั้น 1 และสูง 1.5 ม. สำหรับชั้น 2 ขึ้นไป                            |
| 5. ทิศทางและการวางตัวของอาคาร              | Architect Drawing = Landscape                      | แผนที่ทิศทางเป็นแผนที่จากแผนที่จริง                                                        |
| 6. อุปกรณ์เครื่องใช้ภายในห้อง              | Interior Drawing = Furniture Plan, Ceiling Plan    | ถ้าเป็นอุปกรณ์เฉพาะทางจริง ควรคำนวณจากผลิตภัณฑ์ หรือจาก Internet                           |



## รูปแบบของเครื่องส่งลมเย็น

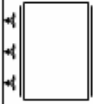
| Various Type of FCU |         |                                                                                       |                                                                                       |        |                                              |
|---------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------|
| 1. No duct          | Type    | figure                                                                                | Symbol                                                                                | Legend | Description                                  |
|                     | ceiling |    |    | CMCM   | Ceiling Mounted Cassette Type (Multi-Flow)   |
|                     |         |    |    | CSCM   | Ceiling Suspended Cassette Type (Multi-Flow) |
|                     |         |   |   | CMCD   | Ceiling Mounted Cassette Type (Double-Flow)  |
|                     |         |  |  | CMCS   | Ceiling Mounted Cassette Type (Single-Flow)  |
|                     |         |  |  | CS     | Ceiling Suspended Type                       |



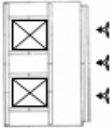
## รูปแบบของเครื่องส่งลมเย็น(ต่อ)

| Varius Type of FCU |       |                                                                                       |                                                                                       |        |                              |
|--------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------|
| 1. No duct         | Type  | figure                                                                                | Symbol                                                                                | Legend | Description                  |
|                    | Floor |    |    | FMS    | Floor Mounted Standing Type  |
|                    |       |    |    | FMC    | Floor Mounted Concealed Type |
|                    |       |   |   | FMT    | Floor Mounted Tower Type     |
|                    | Wall  |  |  | WM     | Wall Mounted Type            |

## รูปแบบของเครื่องส่งลมเย็น(ต่อ)

| Varius Type of FCU |         |                                                                                       |                                                                                       |        |                                                         |
|--------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------|
| 1. Duct            | Type    | figure                                                                                | Symbol                                                                                | Legend | Description                                             |
|                    | Ceiling |    |    | CMDH   | Ceiling Mounted Duct Type (Hi-External Static Pressure) |
|                    |         |    |    | CMDH   | Ceiling Mounted Duct Type (Hi-External Static Pressure) |
|                    |         |  |  | FMD    | Floor Mounted Duct Type (Hi-External Static Pressure)   |
|                    |         |  |  | FMD    | Floor Mounted Duct Type (Hi-External Static Pressure)   |

รูปแบบของเครื่องส่งลมเย็น(ต่อ)

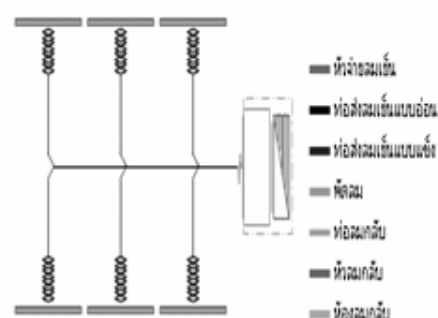
| Varius Type of FCU |       |                                                                                     |                                                                                      |        |
|--------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. Duct            | Type  | figure                                                                              | Symbol                                                                               | Legend |
|                    | Floor |  |  | FMD    |
|                    |       | Floor Mounted Duct Type (Hi-External Static Pressure)                               |                                                                                      |        |

## องค์ประกอบของงาน ทอลม

โดยทั่วไปงานทอส่งลมเย็นในงาน  
ปรับอากาศประกอบไปด้วย

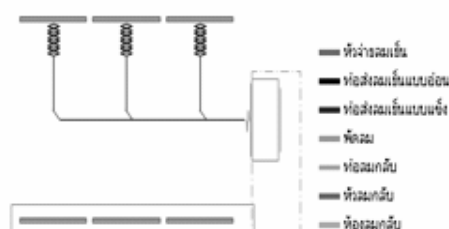
1. หัวจ่ายลมเย็น
2. ท่อส่งลมเย็น
3. พัดลม
4. ท่อลมกลับ
5. หัวลมกลับ

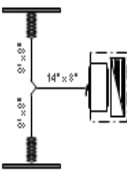
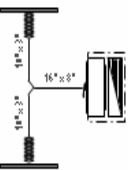
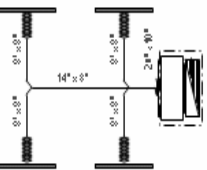
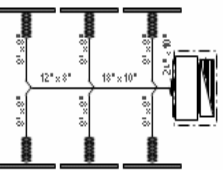
สำหรับบ้านพักอาศัย ขนาดของ  
เครื่องส่งลมเย็นมีขนาดที่ไม่ใหญ่มากนัก  
สามารถแขวนเครื่องไว้ในฝ้าได้และ  
จำเป็นต้องสะดวกต่อการซ่อมบำรุงใน  
ภายหลัง จึงนิยมนำหนดตำแหน่งของหัว  
ลมกลับไว้ที่ได้เครื่องมากกว่า นอกจากนี้ยัง  
เป็นการประหยัดราคาก่อสร้างงานทอลม  
ไม่ให้สูงเกินไปอีกทางหนึ่งด้วยดังรูป  
ข้างล่าง

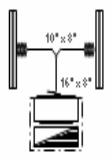
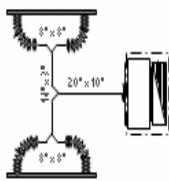
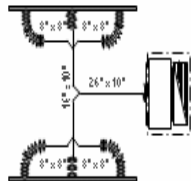


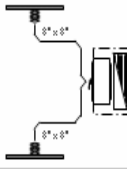
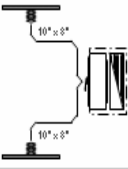
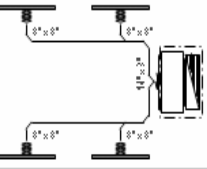
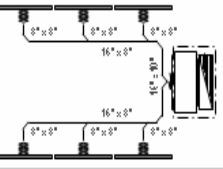
รูปที่\_\_แสดงงานทอลมปรับอากาศที่หัว  
ลมกลับอยู่ตำแหน่งใต้เครื่อง

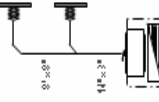
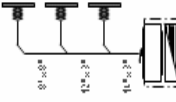
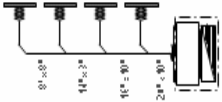
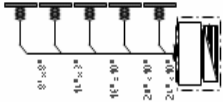
แต่ในบางกรณีอาจมีเหตุผลอื่นที่  
จำเป็นต้องเดินทอลมกลับ เช่น ความสวยงาม  
และลมกลับเข้ากันได้กับงานศิลปะการ  
ตกแต่งภายใน ซึ่งเจ้าของโครงการเห็นชอบ  
ด้วยและไม่ติดขัดเรื่องงบประมาณก่อสร้าง



| <b>D</b> |  |  |  |  |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <b>FXYD32KAVE</b>                                                                 | <b>FXYD63KAVE</b>                                                                 | <b>FXS80LVE</b>                                                                   | <b>FXS125LVE</b>                                                                    |
|          | 12,500 Btuh                                                                       | 25,000 Btuh                                                                       | 31,800 Btuh                                                                       | 49,600 Btuh                                                                         |
|          | 424 cfm                                                                           | 600 cfm                                                                           | 953 cfm                                                                           | 1,341 cfm                                                                           |
|          | SAS-2-4' x 2                                                                      | SAS-2-5' x 2                                                                      |                                                                                   | SAS-2-4' x 6                                                                        |
|          | RAG 48" x 16"                                                                     | RAG 48" x 16"                                                                     | RAG 48" x 16"                                                                     | RAG 48" x 16"                                                                       |

| <b>E</b> |  |  |  |  |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <b>FXYD32KAVE</b>                                                                 | <b>FXYD63KAVE</b>                                                                 | <b>FXS80LVE</b>                                                                   | <b>FXS125LVE</b>                                                                    |
|          | 12,500 Btuh                                                                       | 25,000 Btuh                                                                       | 31,800 Btuh                                                                       | 49,600 Btuh                                                                         |
|          | 424 cfm                                                                           | 600 cfm                                                                           | 953 cfm                                                                           | 1,341 cfm                                                                           |
|          | SAS-4-4'                                                                          | SAS-4-4' x 2                                                                      | SAS-2-8' x 2                                                                      | SAS-2-11' x 2                                                                       |
|          | RAG 48" x 16"                                                                     | RAG 48" x 16"                                                                     | RAG 48" x 16"                                                                     | RAG 48" x 16"                                                                       |

| <b>F</b> |  |  |  |  |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <b>FXYD32KAVE</b>                                                                   | <b>FXYD63KAVE</b>                                                                   | <b>FXS80LVE</b>                                                                     | <b>FXS125LVE</b>                                                                      |
|          | 12,500 Btuh                                                                         | 25,000 Btuh                                                                         | 31,800 Btuh                                                                         | 49,600 Btuh                                                                           |
|          | 424 cfm                                                                             | 600 cfm                                                                             | 953 cfm                                                                             | 1,341 cfm                                                                             |
|          | SAS-2-4' x 2                                                                        | SAS-2-5' x 2                                                                        | SAS-2-4' x 4                                                                        | SAS-2-4' x 6                                                                          |
|          | RAG 48" x 16"                                                                       | RAG 48" x 16"                                                                       | RAG 48" x 16"                                                                       | RAG 48" x 16"                                                                         |

| <b>G</b> |  |  |  |  |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <b>FXYD32KAVE</b>                                                                   | <b>FXYD63KAVE</b>                                                                   | <b>FXS80LVE</b>                                                                      | <b>FXS125LVE</b>                                                                      |
|          | 12,500 Btuh                                                                         | 25,000 Btuh                                                                         | 31,800 Btuh                                                                          | 49,600 Btuh                                                                           |
|          | 424 cfm                                                                             | 600 cfm                                                                             | 953 cfm                                                                              | 1,341 cfm                                                                             |
|          | SAS-2-4' x 2                                                                        | SAS-2-4' x 3                                                                        | SAS-2-4' x 4                                                                         | SAS-2-5' x 5                                                                          |
|          | RAG 48" x 16"                                                                       | RAG 48" x 16"                                                                       | RAG 48" x 16"                                                                        | RAG 48" x 16"                                                                         |

# ตัวอย่างชนิดหัวจ่ายลม

| 1. Ceiling Diffuser |                                     |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                     |        |                 |
|---------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------|
| Type                | Name                                | figure                                                                                |                                                                                       | Symbol                                                                              | Legend | Example         |
| 1.2 Rectangular     | Rectangular Ceiling Diffuser, 1-Way |    |    |    | WCD-1  | WCD-1-20" x 10" |
|                     | Rectangular Ceiling Diffuser, 2-Way |    |    |    | WCD-2  | WCD-2-20" x 10" |
|                     | Rectangular Ceiling Diffuser, 3-Way |   |    |    | WCD-3  | WCD-3-20" x 10" |
|                     | Rectangular Ceiling Diffuser, 4-Way |  |  |  | WCD-4  | WCD-4-20" x 10" |
| 1.3 Round           | Round Ceiling Diffuser              |  |  |  | RCD    | RCD Ø12"        |
|                     |                                     |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                     |        |                 |

## Ceiling Type

เนื่องจากการเดินท่อภายในงานปรับอากาศส่วนใหญ่ติดตั้งไว้ภายในฝ้า ทั้งนี้เพื่อความสวยงามเป็นระเบียบเรียบร้อย จึงมีความจำเป็นที่ทำความรู้จักกับรูปแบบฝ้าของฝ้าแบบต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการประกอบการตัดสินใจเลือกแบบ ซึ่งรวบรวมไว้แต่ละแบบเป็นหมวดหมู่เพื่อความสะดวกในการอ้างอิงดังนี้

1. Flat
  - 1.1 Plaster
  - 1.2 T-Bar
  - 1.3 Mesh-Bar
2. Step
3. Raise
  - 3.1 Pit
  - 3.2 Inclined
  - 3.3 Arch
  - 3.4 Dome
  - 3.5 Pyramid
4. Beam
5. Design
6. High-Ceiling
7. No Ceiling
  - 7.1 Opaque
  - 7.2 Sky light

## 1. Flat

### 1.1 Plaster



## ตัวอย่างแผนการสอน

### บทเรียนที่ 3

#### ขั้นตอนการออกแบบระบบปรับอากาศ

ตารางที่ ข – 1 ชื่อเรื่องและระยะเวลาในการอบรม

|                    |                                              |           |         |
|--------------------|----------------------------------------------|-----------|---------|
| แผนการอบรมหลักสูตร | การออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย |           |         |
| เรื่อง             | การออกแบบระบบปรับอากาศ                       | เวลา 1:15 | ชั่วโมง |

#### วัตถุประสงค์

- อธิบายขั้นตอนการออกแบบระบบปรับอากาศได้

พื้นฐานที่จำเป็น

การทำความเย็นและปรับอากาศ



## แผนการอบรมภาคบรรยาย

| ระยะเวลา (นาที)     |                   | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|---------------------|-------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| วัตถุประสงค์        |                   | 1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| บทนำ                |                   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| การให้เนื้อหา       | บรรยาย            |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                     | ถามตอบ            |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                     | ชี้ทาง            |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                     | สรุป              |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| กิจกรรม             | แบบลอกเลียน       |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                     | แบบฝึกหัด         |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                     | แบบแก้ปัญหา       |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| สิ่งสนับสนุนการอบรม | กระดาน            |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                     | สไลด์ Power Point |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                     | แผ่นภาพ           |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                     | ใบเนื้อหา         |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                     | ใบงาน ใบทดสอบ     |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                     | ของจริงแบบจำลอง   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                     | อุปกรณ์การทดลอง   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                     | เทปบันทึกภาพ      |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                     | คอมพิวเตอร์       |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

ตารางที่ ๒ – 2 แผนการสอน

## อุปกรณ์และสื่อประกอบการอบรม

1. คอมพิวเตอร์และเครื่องฉาย
2. สไลด์สำหรับนำเสนอด้วย power point และ โปรแกรมการคำนวณจริงใน CD
3. เอกสารประกอบการอบรม (สำหรับผู้เข้ารับการอบรม)

## สไลด์สำหรับวิทยากรประกอบแผนการสอน

### บทที่ 3 การออกแบบระบบปรับอากาศ



### การออกแบบระบบปรับอากาศ





บุคคลที่เกี่ยวข้อง





**คำนิยาม**

- **Owner**  
คือ เจ้าของอาคารหรือหน่วยงานที่จ้างการออกแบบระบบปรับอากาศในเบื้องต้น
- **Architect**  
คือ ผู้ออกแบบรูปลักษณ์ของอาคาร ประกอบไปด้วยแบบแปลน (Perspective View), แบบรูปถ่าย (Elevation View), แบบภาคตัด (Section Detail) แบบแปลน ซึ่งผู้ออกแบบระบบปรับอากาศสามารถขอแบบแปลนจากแบบภาคตัด เพื่อประกอบการคำนวณภาระทำความเย็นได้



**คำนิยาม**

- **Interior Designer**  
คือ ผู้ออกแบบตกแต่งภายในทั้งแบบเฟอร์นิเจอร์ และแบบจัด ซึ่งผู้ออกแบบระบบปรับอากาศสามารถขอแบบแปลนเฟอร์นิเจอร์ และแบบจัด เพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ และประกอบการกำหนดตำแหน่งวางตู้แอร์และ Fan-Coil Unit ได้



**คำนิยาม**

- **Engineering Consultant**  
คือ ผู้ให้บริการด้านวิศวกรรม, ออกแบบระบบปรับอากาศในอาคาร และคอยดูแลงานก่อสร้างโครงการให้จบหรือจัดการข้อผิดพลาดที่ออกแบบไว้
- **Main-Contractor**  
คือ ผู้รับเหมาก่อสร้างอาคาร ซึ่งทำหน้าที่ก่อสร้างอาคารและงานด้านวิศวกรรมโยธาอื่นๆ



**คำนิยาม**

- **Air-Conditioning Contractor**  
คือ ผู้รับเหมาก่อสร้างติดตั้งระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์
- **Air-Conditioning Sub-Contractor**  
คือ ผู้รับเหมาก่อสร้างปรับอากาศย่อย ผู้รับจ้าง Air-Conditioning Contractor อีกทีหนึ่ง

ภาพที่ ข- 1 PowerPoint ใช้สอนในบทที่ 3

คำนิยาม

**Air-Conditioning Suppliers**  
คือ บริษัทที่ขายจำหน่ายหรือผู้จัดหาเครื่องปรับอากาศ ทำหน้าที่จัดหา  
เครื่องปรับอากาศให้ A/C Contractor หรือ A/C Sub-Contractor  
เจ้าของเครื่องมือในบางครั้ง Supplier อาจเป็น A/C Designer หรือ A/C  
Contractor หรือ A/C Sub-Contractor ก็ได้

ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการคำนวณ

| รายการ                | หน่วย        | ราคาต่อหน่วย (บาท) |
|-----------------------|--------------|--------------------|
| 1. ค่าจ้างช่างติดตั้ง | คน/วัน       | 1,000              |
| 2. ค่าวัสดุ           | ตัน          | 10,000             |
| 3. ค่าขนส่ง           | ตัน/กิโลเมตร | 1,000              |
| 4. ค่าเช่ารถบรรทุก    | วัน          | 1,000              |
| 5. ค่าเช่ารถบรรทุก    | วัน          | 1,000              |
| 6. ค่าเช่ารถบรรทุก    | วัน          | 1,000              |

ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการออกแบบ

| รายการ                | หน่วย        | ราคาต่อหน่วย (บาท) |
|-----------------------|--------------|--------------------|
| 1. ค่าจ้างช่างติดตั้ง | คน/วัน       | 1,000              |
| 2. ค่าวัสดุ           | ตัน          | 10,000             |
| 3. ค่าขนส่ง           | ตัน/กิโลเมตร | 1,000              |
| 4. ค่าเช่ารถบรรทุก    | วัน          | 1,000              |
| 5. ค่าเช่ารถบรรทุก    | วัน          | 1,000              |
| 6. ค่าเช่ารถบรรทุก    | วัน          | 1,000              |

ขั้นตอนการออกแบบระบบปรับอากาศ

DAIKIN

รูปแบบของเครื่องส่งลมเย็น (ตัวอย่าง)

| Type    | Image | Legend | Description                              |
|---------|-------|--------|------------------------------------------|
| Ceiling |       | CR04   | Ceiling Cassette Variable Flow (4-Pass)  |
|         |       | CR06   | Ceiling Cassette Variable Flow (6-Pass)  |
|         |       | CR08   | Ceiling Cassette Variable Flow (8-Pass)  |
|         |       | CR10   | Ceiling Cassette Variable Flow (10-Pass) |
|         |       | CR12   | Ceiling Cassette Variable Flow (12-Pass) |

องค์ประกอบของงานท่อลม

โดยทั่วไปงานท่อส่งลมเย็นในงานปรับอากาศประกอบด้วย

1. ท่อส่งลมเย็น
2. ท่อส่งลมเย็น
3. ท่อส่งลมเย็น
4. ท่อส่งลมเย็น
5. ท่อส่งลมเย็น

ภาพที่ ข- 1 (ต่อ)

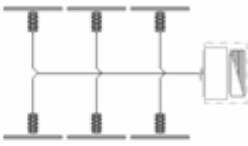
**องค์ประกอบของงานท่อลม**

สำหรับบ้านที่ติดตั้งระบบปรับอากาศ จะมีส่วนประกอบหลักๆ ที่ไม่ใหญ่มากนัก สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ส่วนที่เป็นท่อลมที่ติดตั้งในห้องปรับอากาศ ส่วนที่เป็นท่อลมที่ติดตั้งในห้องปรับอากาศ และ ส่วนที่เป็นท่อลมที่ติดตั้งในห้องปรับอากาศ



รูปแสดงการเชื่อมต่อท่อลมกับเครื่องปรับอากาศ

**องค์ประกอบของงานท่อลม**



รูปแสดงการเชื่อมต่อท่อลมกับเครื่องปรับอากาศ

**องค์ประกอบของงานท่อลม**

การให้แสงสว่างในห้องปรับอากาศที่จำเป็นจะต้องมีแสงสว่างที่เพียงพอ และแสงสว่างที่เพียงพอจะต้องมีแสงสว่างที่เพียงพอ และแสงสว่างที่เพียงพอจะต้องมีแสงสว่างที่เพียงพอ



รูปแสดงการเชื่อมต่อท่อลมกับเครื่องปรับอากาศ

**องค์ประกอบของงานท่อลม**

แสงสว่างที่เพียงพอจะต้องมีแสงสว่างที่เพียงพอ และแสงสว่างที่เพียงพอจะต้องมีแสงสว่างที่เพียงพอ



**ตัวอย่างชนิดหัวจ่ายลม**

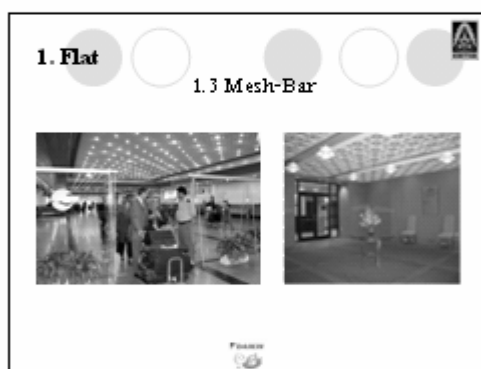
| Type         | Name     | Image | Legend | Example | Description |
|--------------|----------|-------|--------|---------|-------------|
| 1. Flat      | Flat     |       |        |         |             |
| 1.1 Plaster  | Plaster  |       |        |         |             |
| 1.2 T-Bar    | T-Bar    |       |        |         |             |
| 1.3 Mesh-Bar | Mesh-Bar |       |        |         |             |
| 2. Step      | Step     |       |        |         |             |
| 3. Halo      | Halo     |       |        |         |             |
| 3.1 PSI      | PSI      |       |        |         |             |
| 3.2 Inclined | Inclined |       |        |         |             |
| 3.3 Arch     | Arch     |       |        |         |             |
| 3.4 Dome     | Dome     |       |        |         |             |
| 3.5 Pyramid  | Pyramid  |       |        |         |             |

**Ceiling Type**

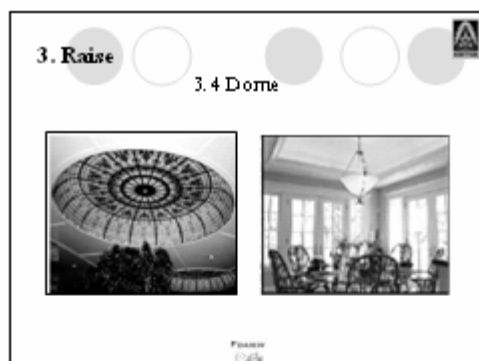
แสดงเป็นหมวดหมู่ของวัสดุที่ใช้ในการสร้างฝ้า

- Flat
  - Plaster
  - T-Bar
  - Mesh-Bar
- Step
- Halo
  - PSI
  - Inclined
  - Arch
  - Dome
  - Pyramid
- Beam
- Design
- High-Ceiling
- No Ceiling
  - Opaque
  - Sky Light

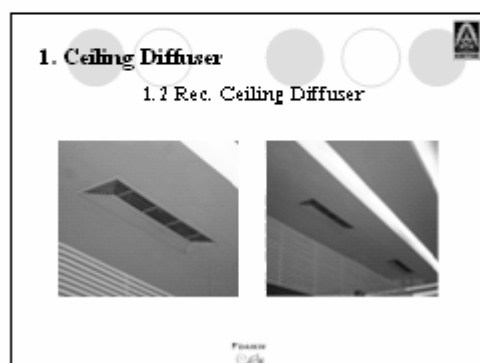
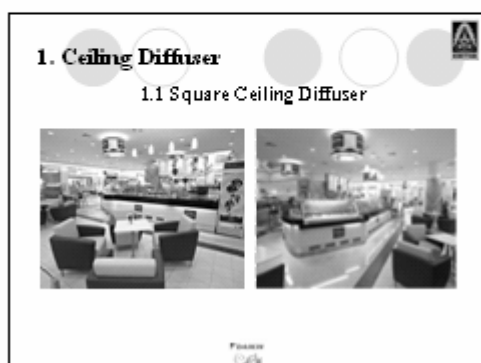
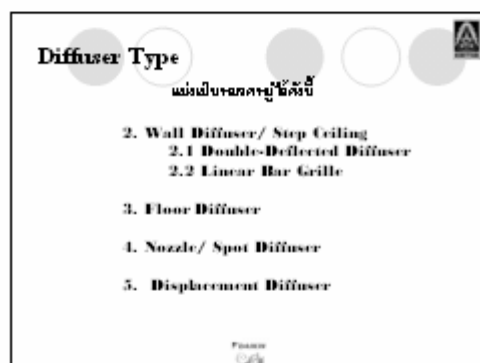
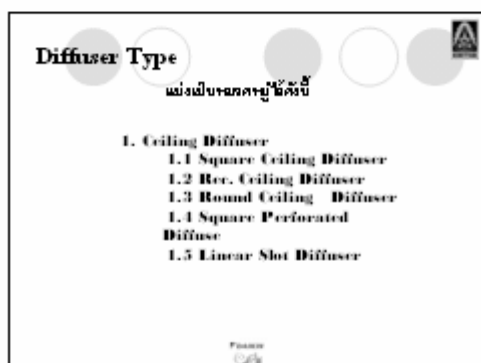
ภาพที่ ช- 1 (ต่อ)



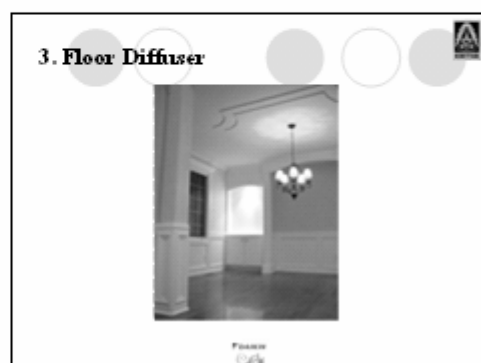
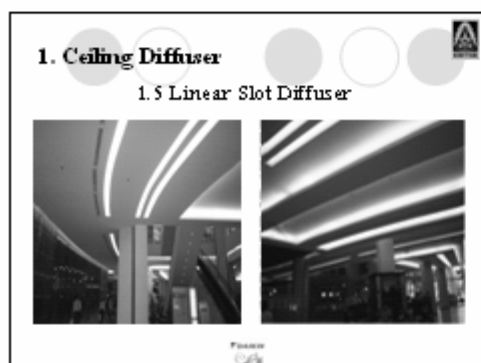
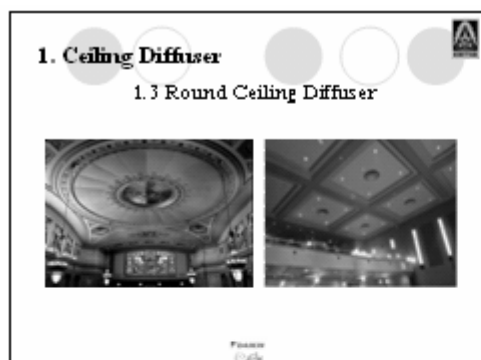
ภาพที่ ข- 1 (ต่อ)



ภาพที่ ข- 1 (ต่อ)



ภาพที่ ข- 1 (ต่อ)



ภาพที่ ข-1 (ต่อ)





ภาพที่ ข-1 (ต่อ)

ตัวอย่างแบบทดสอบหลังบทเรียน  
ตัวอย่างบทที่ 3 การออกแบบระบบปรับอากาศ

แบบทดสอบหลังบทเรียน

เรื่อง การออกแบบระบบปรับอากาศ

---

ชื่อ / นามสกุล.....

จงทำเครื่องหมาย X เพื่อเลือกคำตอบข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ

1. บุคคลที่เกี่ยวข้องกับในงานวิศวกรรมการออกแบบระบบปรับอากาศมีกี่ส่วน

- ก. 5
- ข. 6
- ค. 7
- ง. 8

ใช้ตอบคำถามในข้อที่ 2 – 5

- ก. เป็นผู้รับผิดชอบติดตั้งงานปรับอากาศรายย่อย ที่ขึ้นกับ Air-Conditioning Contractor อีกชั้นหนึ่ง
- ข. เป็นผู้กำหนดรูปแบบคร่าวๆ ของการออกแบบระบบปรับอากาศในเบื้องต้น
- ค. เป็นผู้รับเหมาหลักของโครงการ รับเหมาก่อสร้างตัวอาคารและงานด้านวิศวกรรมโยธาอื่นๆ
- ง. เป็นผู้รับผิดชอบติดตั้งงานวิศวกรรมปรับอากาศของโครงการ

2. Owner หมายถึงข้อใด

3. Air-Conditioning Sub-Contractor หมายถึงข้อใด

4. Main-Contractor หมายถึงข้อใด

5. Air-Conditioning Contractor หมายถึงข้อใด

6. ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการคำนวณภาระความเย็น คือข้อใด

- ก. อุณหภูมิภายในห้องที่ต้องการและลักษณะการใช้ของห้อง
- ข. ชนิดของวัสดุที่ทำผนังทั้งที่บแสงและโปร่งแสงและขนาด กว้าง x ยาว ของวัสดุโปร่งแสง
- ค. ทิศทางและการวางตัวของอาคารและอุปกรณ์เครื่องใช้ภายในห้อง
- ง. ถูกทุกข้อ

7. ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการออกแบบ คือข้อใด

- ก. รูปแบบของ FCU และ รูปแบบของหัวจ่ายลม (ถ้ามี)
- ข. บริเวณที่สามารถวาง CDU ได้
- ค. ตำแหน่งเมนไฟฟ้าและจำนวนผู้ใช้งานในพื้นที่ปรับอากาศ
- ง. ถูกทุกข้อ

8. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

- ก. ข้อมูลรูปแบบของ FCU มีแหล่งข้อมูลมาจาก Architect
- ข. บริเวณที่สามารถวาง CDU ได้ มีแหล่งข้อมูลมาจาก Architect
- ค. ข้อมูลรูปแบบของ FCU มีแหล่งข้อมูลมาจาก Interior Designer
- ง. ข้อมูลรูปแบบของหัวจ่ายลม (ถ้ามี) มีแหล่งข้อมูลมาจาก Interior Designer

9. องค์ประกอบของงานทอลม มีกี่ส่วนประกอบ

- ก. 5
- ข. 6
- ค. 7
- ง. 8

10. Wall Diffuser/ Step Ceiling แบ่งออกเป็นกี่แบบ

- ก. 2
- ข. 3
- ค. 4
- ง. 5

## เฉลยแบบทดสอบหลังบทเรียน

### เรื่อง การออกแบบระบบปรับอากาศ

---

- |      |       |
|------|-------|
| 1. ง | 6. ง  |
| 2. ข | 7. ง  |
| 3. ก | 8. ก  |
| 4. ค | 9. ก  |
| 5. ง | 10. ก |

## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นางสาวอังคณา เรืองชัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ : การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมการออกแบบระบบปรับอากาศของอาคารและที่พักอาศัย

สาขาวิชา : ไฟฟ้า

## ประวัติ

### ประวัติการศึกษา

- ระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
- ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนบัวขาว กาฬสินธุ์
- ระดับประถมศึกษา โรงเรียนแจนแลนวิทยา กาฬสินธุ์

### ประวัติการทำงาน

- 2548 – ปัจจุบัน วิศวกรขาย ฝ่ายขายสื่อการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรม

บริษัท ไคเนติกส์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด

ประวัติส่วนตัว เกิดที่ อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดกาฬสินธุ์

ที่อยู่เลขที่ 35/146 ถนนรามอินทรา 39 แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220