การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงาน สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

นางสาว อุษา แพนพันธ์อ้วน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543
ISBN 974-13-0427-7
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SELECTION OF A SUITABLE AIR CONITIONING SYSTEM BASED ON ENERGY CONSERVATION AND SAVING FOR THE FACTORY

MISS USA PANPUNUAN

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2000
ISBN 974-13-0427-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงาน สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม
โดย	นางสาว อุษา แพนพันธ์อ้วน
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม (ถ้ามี)	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม (ถ้ามี)
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุษา แพนพันธ์อ้วน : การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงาน สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม. (SELECTION OF A SUITABLE AIR CONITIONING SYSTEM BASED ON ENERGY CONSERVATION AND SAVING FOR THE FACTORY) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.วันชัย ริจิรวนิช, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน (ถ้ามี) 377 หน้า. ISBN 974-13-0427-7.

การอนุรักษ์และประหยัดพลังงานเป็นเรื่องที่ทวีความสำคัญขึ้นในทุกขณะสำหรับองค์กรต่างๆ โดยเฉพาะองค์กรที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง เช่น โรงงานอุตสาหกรรม จึงจำเป็นต้องหาวิธีในการประหยัดพลังงาน เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบของการใช้พลังงานไฟฟ้า พบว่า ระบบปรับอากาศมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดในบรรดาระบบสาธารณูปโภคทั้งหมดในโรงงาน ดังนั้นโรงงานอุตสาหกรรมจึงต้องเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสม จึงนำไปสู่การศึกษาปัจจัยที่เป็นเกณฑ์เงื่อนไขทางด้านวิศวกรรม การจัดการ และเศรษฐศาสตร์ สำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อการอนุรักษ์พลังงานและการลดค่าใช้จ่าย โดยมีปัจจัยที่เป็นเกณฑ์เงื่อนไขดังนี้

(1) ด้านวิศวกรรม ประกอบด้วย ข้อมูลย่อยด้าน เทคนิค ประสิทธิภาพ และการใช้พลังงาน

(2) ด้านการจัดการ ประกอบด้วย การจัดการ และการควบคุมดูแลระบบ การซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน และค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบ

(3) ด้านเศรษฐศาสตร์ ประกอบด้วย การลงทุนติดตั้งระบบ และค่าใช้จ่ายในการใช้งาน

(4) ด้านพลังงาน ประกอบด้วย การอนุรักษ์ และประหยัดพลังงาน

ในการวิเคราะห์ทางเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมนั้นได้มีการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้น ซึ่งสามารถคำนวณภาระการทำความเย็น เงินลงทุน และข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ของระบบปรับอากาศแต่ละแบบ การพิจารณาแต่ละทางเลือกภายใต้ปัจจัยต่างๆ โดยหลักการ AHP ซึ่งจะคำนวณคะแนนเพื่อประเมินผลของการเลือกระบบปรับอากาศแบบต่างๆ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจและโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นช่วยให้ผู้ตัดสินใจสามารถพิจารณาความเป็นไปได้ในการเลือกใช้ระบบปรับอากาศ ได้อย่างสะดวกรวดเร็ว และยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้ โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมแทนการให้บริษัทที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญมาทำการศึกษาข้อมูลเหล่านี้

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2543 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณอย่างยิ่งต่อคณาจารย์ที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ริจิรวนิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งได้สละเวลาในการตรวจสอบ และให้ข้อแนะนำอันเป็นประโยชน์ในการวิจัยมาด้วยดีตลอด รวมทั้งขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร ที่ได้ให้ข้อแนะนำและข้อคิดเห็นอื่นๆ ซึ่งส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เกิดความสมบูรณ์ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

การทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี เพราะผู้เขียนได้รับความช่วยเหลือจาก คุณสุชีพ จงจิตราภิบาล คุณอัศวิน วงศ์อินทร์ และทุกๆ ท่านที่มิได้ เอ่ยนาม ที่ได้ช่วยให้คำปรึกษาและข้อมูล ในการทำวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จสมบรูณ์ตามความตั้งใจ ทุกประการ

ท้ายที่สุด ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ และ คุณชัยรัตน์ วงศ์เลิศไมตรีกุล ที่คอยสนับสนุน ให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

อุษา แพนพันธ์อ้วน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4171538221 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD: AIR CONDTIONING SYSTEM / FACTOR / ENERGY / SELECTION / FACTORY

USA PANPUNUAN : THESIS TITLE. (SELECTION OF A SUITABLE AIR CONITIONING SYSTEM BASED ON ENERGY CONSERVATION AND SAVING FOR THE FACTORY) THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. DR. VANCHAI RIJIRAVANICH , THESIS COADVISOR : ASS. PROF. SUTHAS RATANAKUAKANGWAN , 377 pp. ISBN 974-13-0427-7.

The energy conservation and saving play more importance role for the factories utilizing higher power consumption. Therefore, it is necessary to find the energy saving method for them. When we consider the composition of energy usage, we found that the air conditioning system is the highest power consumption utility system in the factory, is therefore an important management decision. Suitable air conditioning system shall save the energy. This thesis is concerned with the study of the engineering, management, and economics factor for the selection of the suitable air conditioning system in accordance with the production requirement. Factors for decision are listed as follow :

(1) Engineering : Technical, Efficiency, and Energy usage

(2) Management : Management, Control, Maintenance, and cost of management

(3) Economics : Investment and Operating cost

(4) Energy : Energy conservation and saving

The decision support system and the computer program were developed to analyze the cooling capacity, cost and economics value and also calculate its weight with the AHP theoretical for the evaluation of the alternative for the selection of the suitable air conditioning system. The decision support system and the computer program are suitable for the feasibility study of the air conditioning system due to its fast, comfortable, and low expense compared to the study conducted by the consultant and expert.

Department INDUSTRIAL ENGINEERING Student's signature.....

Field of study INDUSTRIAL ENGINEERING . Advisor's signature.....

Academic year 2000 Co-advisor's signature.....

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ฎ

บทที่

1. บทนำ 1

   1.1 ความเป็นมา เหตุผล และเหตุจูงใจ 2

   1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 8

   1.3 ขอบเขตงานวิจัย 8

   1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 9

   1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 10

   1.6 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 16

   2.1 การตัดสินใจด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ 16

   2.2 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ 33

3. ข้อมูลทางเทคนิค 42

   3.1 การอนุรักษ์พลังงาน 42

   3.2 โครงการที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน 55

   3.3 ระบบปรับอากาศ 63

   3.4 การประหยัด และอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ 68

   3.5 บทความทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับ ระบบปรับอากาศ และ
   การอนุรักษ์พลังงาน 74

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

4. การศึกษาเงื่อนไขสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ 82
   4.1 การพิจารณาปัจจัยเพื่อใช้เป็นเกณฑ์เงื่อนไขในการตัดสินใจ 82
   4.2 ระบบการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในปัจจุบัน 97

5. ระบบสนับสนุนการตัดสินใจโดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จัดทำขึ้น 132
   5.1 ปัญหาของระบบการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ 133
   5.2 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ 139
   5.3 โครงสร้างกระบวนการตัดสินใจ และ โครงสร้างของโปรแกรมสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ 140
   5.4 การออกแบบระบบสำหรับใช้ในการตัดสินใจเพื่อเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม 149
   5.5 การนำระบบสนับสนุนการตัดสินใจไปใช้งานโดยใช้โปรแกรมที่ออกแบบเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ เพื่อการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม 224

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 236
   6.1 สรุปผลการวิจัย 236
   6.2 ข้อเสนอแนะ 242

รายการอ้างอิง 245

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานสำหรับโรงงาน ... 247
ภาคผนวก ข แบบสอบถามเพื่อรวบรวมข้อมูลสำหรับวิทยานิพนธ์ 252
ภาคผนวก ค ข้อมูลทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล 290
ภาคผนวก ง ข้อมูลของมูลค่าเงินสำหรับการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศ 325
ภาคผนวก จ ข้อมูลสำหรับโปรแกรมในส่วนของการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ 365
ภาคผนวก ฉ ข้อมูลสำหรับโปรแกรมในส่วนของการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์. 369

ประวัติผู้เขียน 377

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยภายใต้วัตถุประสงค์ของปัญหา 19

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบความสำคัญ 20

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างปัญหาที่มีลำดับชั้น 3 ระดับ 22

ตารางที่ 2.4 ค่าเฉลี่ยของดัชนีเชิงสุ่มที่ได้จากการทดลองในแต่ละมิติของเมตริกซ์ n x n .. 25

ตารางที่ 2.5 จำนวนบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารต่างๆ จนถึงปี ค.ศ. 1988 29

ตารางที่ 2.6 จำนวนประเภทของงานที่ได้ศึกษาการใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์มาวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ 29

ตารางที่ 3.1 มาตรฐานการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร 52

ตารางที่ 3.2 มาตรฐานค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดของอาคารประเภทต่างๆ 53

ตารางที่ 3.3 มาตรฐาน ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น ของเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ 54

ตารางที่ 3.4 มาตรฐาน ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น ของเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ 54

ตารางที่ 3.5 สรุปลักษณะการใช้งานของเครื่องปรับอากาศแบบต่างๆ 67

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการสำรวจปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ 84

ตารางที่ 4.2 สรุปเปอร์เซ็นต์การใช้ปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ 85

ตารางที่ 4.3 มาตรฐานค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของการปรับอากาศ 88

ตารางที่ 4.4 ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมภายใต้เงื่อนไข 95

ตารางที่ 4.5 ดัชนีที่แสดงถึงผลการใช้ปัจจัยสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ ... 97

ตารางที่ 4.6 รูปแบบการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ 100

ตารางที่ 4.7 สรุปผลการประเมินเลือกผู้รับเหมาระบบปรับอากาศ 110

ตารางที่ 4.8 คำอธิบายศัพท์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Expert Coice... 126

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกระบบปรับอากาศ .. 130

ตารางที่ 5.1 ข้อกำหนดของโรงงาน และผลกระทบต่อปัจจัยที่คำนึงถึงในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ 134

ตารางที่ 5.2 ปัญหาต่างๆ ของการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ 137

ตารางที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสมการที่ใช้ในวิธีการภาระการทำความเย็นตามหลักการวิศวกรรมเครื่องกล และฐานข้อมูลทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล 154

ตาราง หน้า

ตารางที่ 5.4 การประยุกต์ใช้งานระบบปรับอากาศแต่ละประเภท 159
ตารางที่ 5.5 ข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบทั่วไป 169
ตารางที่ 5.6 ข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงาน 171
ตารางที่ 5.7 ตารางสำหรับการหามูลค่าเงินแบบละเอียด (BOQ) 173
ตารางที่ 5.8 ตารางสำหรับการหามูลค่าเงินแบบประมาณต่อตันความเย็น (Cost estimate B/TONR) 175
ตารางที่ 5.9 ตารางสำหรับการหามูลค่าเงินแบบประมาณต่อพื้นที่อาคาร (Cost estimate B/Sq.M) 176
ตารางที่ 5.10 รายชื่อ และคุณลักษณะของข้อมูล 179
ตารางที่ 5.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง Input, Basic database, Rule base และ Output 181
ตารางที่ 5.12 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์และข้อมูลที่ได้ จากการเลือกระบบปรับอากาศด้วยระบบสนับสนุนการตัดสินใจแบบเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันและระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศและโปรแกรมที่ออกแบบ..... 226
ตารางที่ 5.13 การเปรียบเทียบระหว่างการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบันและระบบการตัดสินใจโดยใช้โปรแกรมที่ออกแบบเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ 230
ตารางที่ 5.14 กระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน 231
ตารางที่ 5.15 กระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศโดยใช้โปรแกรมที่จัดทำเป็นเครื่องมือ 232
ตารางที่ 5.16 สรุปผลการทดลองใช้โปรแกรมในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ 234
ตารางที่ 5.17 สรุปเปอร์เซ็นต์ผลการทดลองใช้โปรแกรมในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ 235
ตารางที่ 6.1 ดัชนีที่แสดงถึงผลการใช้ปัจจัยสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ ... 240

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 2.1 รูปแบบทั่วไปของโครงสร้างลำดับชั้น 18
รูปที่ 2.2 รูปแบบการตัดสินใจเลือกซื้อรถยนต์ใหม่ 19
รูปที่ 3.1 การวางทิศทางลมอาคารเขตร้อนชื้นในประเทศไทย 45
รูปที่ 3.2 ทิศทางลมสำหรับกรุงเทพฯ 46
รูปที่ 3.3 ระยะภายโดยรอบอาคาร 47
รูปที่ 3.4 โครงสร้างพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 50
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการดำเนินงานโครงการอาคารสีเขียว 58
รูปที่ 3.6 แผนงานอนุรักษ์พลังงาน 60
รูปที่ 3.7 วัฏจักรการทำความเย็น 63
รูปที่ 3.8 กระบวนการในการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ 68
รูปที่ 4.1 ขั้นตอนของกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในปัจจุบัน 98
รูปที่ 4.2 ขั้นตอนการตัดสินใจโดยการวิเคราะห์และเปรียบเทียบโดยผู้ตัดสินใจคนเดียว....105
รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการตัดสินใจโดยกระบวนการประเมินและตัดสินใจของคณะกรรมการ....107
รูปที่ 4.4 ขั้นตอนการตัดสินใจโดยระบบสนับสนุนการตัดสินใจด้วยโปรแกรม
คอมพิวเตอร์สำร็จรูป 112
รูปที่ 4.5 โครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงาน 115
รูปที่ 4.6 วิธีการเก็บข้อมูลตามชนิดของปัจจัยในการเลือกระบบปรับอากาศ 116
รูปที่ 4.7 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปัจจัยหลัก 118
รูปที่ 4.8 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลักด้านวิศวกรรม 119
รูปที่ 4.9 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลักด้านการจัดการ 119
รูปที่ 4.10 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลักด้านเศรษฐศาสตร์ 120
รูปที่ 4.11 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลักด้านพลังงาน 120
รูปที่ 4.12 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านเทคนิค 121
รูปที่ 4.13 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านประสิทธิภาพ 121
รูปที่ 4.14 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านการใช้พลังงาน 122
รูปที่ 4.15 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านการจัดการและดูแลระบบ... 122
รูปที่ 4.16 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านการซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน 123

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 4.17 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านค่าใช้จ่ายในการจัดการ 123
รูปที่ 4.18 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านการลงทุนติดตั้งระบบ 124
รูปที่ 4.19 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านค่าใช้จ่ายในการใช้งาน 124
รูปที่ 4.20 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านการอนุรักษ์พลังงาน 125
รูปที่ 4.21 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านการประยัดพลังงาน 125
รูปที่ 4.22 น้ำหนักของปัจจัยหลักและน้ำหนักรวมของระบบปรับอากาศแต่ละแบบ 127
รูปที่ 4.23 น้ำหนักรวมของระบบปรับอากาศในแต่ละปัจจัยหลัก 128
รูปที่ 5.1 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ 139
รูปที่ 5.2 โครงสร้างกระบวนการตัดสินใจ 142
รูปที่ 5.3 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละโมดูล..... 143
รูปที่ 5.4 แผนภูมิแสดงโครงสร้างโปรแกรมโมดูล 1 144
รูปที่ 5.5 แผนภูมิแสดงโครงสร้างโปรแกรมโมดูล 2 145
รูปที่ 5.6 แผนภูมิแสดงโครงสร้างโปรแกรมโมดูล 3 146
รูปที่ 5.7 แผนภูมิแสดงโครงสร้างโปรแกรมโมดูล 4 147
รูปที่ 5.8 แผนภูมิแสดงโครงสร้างโปรแกรมโมดูล 5 148
รูปที่ 5.9 ระบบจัดการฐานข้อมูลในการเลือกระบบปรับอากาศ 182
รูปที่ 5.10 ขั้นตอนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ 185
รูปที่ 5.11 หน้าจอ Icon AC Selection สำหรับ Login เข้าสู่โปรแกรม 190
รูปที่ 5.12 หน้าจอ Login เข้าสู่โปรแกรมสนับสนุนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ.....190
รูปที่ 5.13 หน้าจอเริ่มเข้าสู่การทำงานสำหรับโปรแกรมการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ. 190
รูปที่ 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างหน้าจอ ในโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น..... 201
รูปที่ 5.15 หน้าจอคอมพิวเตอร์ก่อนการเริ่มเข้าสู่การทำงานของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น..... 202
รูปที่ 5.16 หน้าจอแสดงการทำงานของฟอร์ม FrmLogin.frm 202
รูปที่ 5.17 หน้าจอแสดงการทำงานของฟอร์ม FrmWelcome.frm 202
รูปที่ 5.18 หน้าจอแสดงการทำงานของฟอร์ม FrmInformation.frm ส่วน
General Information 203
รูปที่ 5.19 หน้าจอแสดงฟอร์ม FrmInformation.frm ส่วน Engineering Information 203
รูปที่ 5.20 หน้าจอแสดงฟอร์ม FrmNote3.frm ของ Factory Information 204

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 5.21 หน้าจอของ FrmInformation.frm ส่วน Management and Economic Information 204
รูปที่ 5.22 หน้าจอ Massage-Require Suggestion 204
รูปที่ 5.23 หน้าจอของ FrmDCriteria.frm 205
รูปที่ 5.24 หน้าจอของ FrmDaSystem.frm 205
รูปที่ 5.25 หน้าจอของ Massage-Select Policy 205
รูปที่ 5.26 หน้าจอของ FrmACSystem.frm 206
รูปที่ 5.27 หน้าจอของ FrmCoolingLoad.frm 206
รูปที่ 5.28 หน้าจอของ FrmRoughCoolingLoad.frm 206
รูปที่ 5.29 หน้าจอของ FrmACSystem_General.frm 207
รูปที่ 5.30 หน้าจอของ FrmACSystem_Criteria.frm 207
รูปที่ 5.31 หน้าจอของ FrmMaterial_Properties.frm..... 207
รูปที่ 5.32 หน้าจอของ FrmCalCoolingLoad.frm Tab1 และ Tab 2 208
รูปที่ 5.33 หน้าจอของ FrmCalHeat.frm 209
รูปที่ 5.34 หน้าจอของ FrmSummaryOfHeatGain.frm 210
รูปที่ 5.35 หน้าจอของ Massage-System Selected 210
รูปที่ 5.36 หน้าจอของ FrmDACSystem.frm 210
รูปที่ 5.37 หน้าจอของ Massage-Select Initial Cost 211
รูปที่ 5.38 หน้าจอของ FrmACSCE.frm (Window Type AC) 211
รูปที่ 5.39 หน้าจอของ FrmACSCE.frm (Split Type AC) 211
รูปที่ 5.40 หน้าจอของ FrmACSCE.frm (Package Air-Cooled AC) 212
รูปที่ 5.41 หน้าจอของ FrmACSCE.frm (Package Water-Cooled AC) 212
รูปที่ 5.42 หน้าจอของ FrmACSCE.frm (Air-Cooled Chiller AC) 212
รูปที่ 5.43 หน้าจอของ FrmACSCE.frm (Water-Cooled Chiller AC) 213
รูปที่ 5.44 หน้าจอของ FrmACSCE.frm (Absorption Chiller AC) 213
รูปที่ 5.45 หน้าจอของ FrmACSCE2.frm 213
รูปที่ 5.46 หน้าจอของ Massage-Initial Cost Method 214
รูปที่ 5.47 หน้าจอของ FrmACSCE3.frm (Tab1) 214

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 5.48 หน้าจอของ FrmACSCE3.frm Tab2 215
รูปที่ 5.49 หน้าจอของ FrmACSCE4.frm 215
รูปที่ 5.50 หน้าจอของ FrmACSCE5.frm 216
รูปที่ 5.51 หน้าจอของ FrmACSCE6.frm 216
รูปที่ 5.52 หน้าจอของ Massage-Summary AC System and Budget 217
รูปที่ 5.53 หน้าจอของ FrmCal1.frm 217
รูปที่ 5.54 หน้าจอของ Massage-Start Economic analysis 217
รูปที่ 5.55 หน้าจอของ FrmCPairwise.frm 218
รูปที่ 5.56 หน้าจอของ FrmNote1.frm 218
รูปที่ 5.57 หน้าจอของ FrmAPairwise.frm (Criteria1) 219
รูปที่ 5.58 หน้าจอของ FrmAPairwise.frm (Criteria2)..... 219
รูปที่ 5.59 หน้าจอของ FrmAPairwise.frm (Criteria3)..... 219
รูปที่ 5.60 หน้าจอของ FrmAPairwise.frm (Criteria4) 220
รูปที่ 5.61 หน้าจอของ FrmWeightC1.frm 220
รูปที่ 5.62 หน้าจอของ FrmWeightC2.frm 220
รูปที่ 5.63 หน้าจอของ FrmWeightA1.frm 221
รูปที่ 5.64 หน้าจอของ FrmWeightA2.frm 221
รูปที่ 5.65 หน้าจอของ FrmWeightA1.frm 221
รูปที่ 5.66 หน้าจอของ FrmWeightA2.frm 221
รูปที่ 5.67 หน้าจอของ FrmWeightA1.frm 221
รูปที่ 5.68 หน้าจอของ FrmWeightA2.frm 221
รูปที่ 5.69 หน้าจอของ FrmWeightA1.frm 222
รูปที่ 5.70 หน้าจอของ FrmWeightA2.frm 222
รูปที่ 5.71 หน้าจอของ FrmWeightW1.frm 222
รูปที่ 5.72 FrmACSystemSum.frm 223
รูปที่ 5.72 หน้าจอของ FrmExit.frm 223
รูปที่ 5.74 ขั้นตอนของกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศโดยใช้โปรแกรมที่
จัดทำขึ้นเป็นเครื่องมือช่วย 228

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันแหล่งพลังงานในโลกได้ถูกค้นพบ และนำมาใช้เป็นจำนวนมากขึ้นทุกปีซึ่งพลังงานเหล่านี้นับวันก็ยิ่งลดน้อยลงทุกขณะ จึงมีความจำเป็นต้องหาแนวทางเพื่อใช้พลังงานที่มีเหลืออยู่น้อยให้คุ้มค่า และเกิดประสิทธิภาพสูงตลอดทั้งประหยัดค่าใช้จ่ายให้มากที่สุด

โดยทั่วไปพลังงานส่วนใหญ่ที่นำมาใช้จะได้จาก น้ำมันเชื้อเพลิง ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ โดยนำมาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานในรูปอื่นๆ เพื่อใช้กับระบบ อุปกรณ์ และเครื่องจักรต่างๆ ซึ่งการใช้พลังงานเหล่านี้มีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ ไม่ประหยัดค่าใช้จ่ายได้ดีเท่าที่ควร ด้วยเหตุนี้ โรงงาน อาคาร และสำนักงานต่างๆ จึงได้มีการจัดการทางด้านพลังงานมากขึ้น เนื่องจากได้ตระหนักถึงการลดลงของแหล่งพลังงาน

จากการศึกษาของสำนักงานพลังงานแห่งชาติ พบว่า จากสภาพการใช้พลังงานทุกรูปแบบของประเทศไทยในช่วงที่ผ่านมา มีอัตราการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นสูงมาก เช่น การใช้น้ำมันขยายตัวเพิ่มขึ้น และการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น โดยความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามีอัตราเพิ่มสูงมาก โดยเฉพาะในช่วงระยะเวลาที่ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละวัน (Peak Period) ทำให้โรงไฟฟ้าต้องลงทุนเป็นจำนวนมากทุกปี อีกทั้งยังทำให้ปริมาณสำรองในการผลิตไฟฟ้าลดลงอย่างรวดเร็ว และอาจมีผลกระทบต่อความมั่นคงของระบบไฟฟ้าในประเทศไทย

ในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนมาก โดยเฉพาะโรงงานขนาดใหญ่ ซึ่งประกอบด้วยหน่วยงานต่างๆ หลายหน่วยงาน มีการใช้พลังงานภายในโรงงานจากหลายแหล่ง โดยส่วนมากมักมีการใช้พลังงานในรูปพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก เพื่อใช้กับเครื่องจักร ระบบ อุปกรณ์ ในส่วนการผลิตและส่วนสนับสนุนการผลิตหรือระบบสาธารณูปโภค อันได้แก่ ระบบไฟฟ้า แสงสว่าง ลิฟท์ ระบบปรับอากาศ ระบบสุขาภิบาล ระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบน้ำหล่อเย็นสำหรับเครื่องจักร และ ระบบห้องเย็น เป็นต้น

สำหรับโรงงานที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมทั้งส่วนของ อุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณฝุ่นผง จะมีระบบปรับอากาศเป็นระบบสาธารณูปโภคหลัก เพื่อช่วยควบคุมสภาวะให้เป็นไปตามที่กำหนด ระบบปรับอากาศมีการใช้พลังงานในรูปไฟฟ้า โดยมีปริมาณสูงที่สุดในบรรดาระบบสาธารณูปโภคทั้งหลาย โดยทั่วไปแล้วจะสูงกว่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบอื่นๆ ของโรงงาน

มาก ดังนั้นในโรงงานที่ต้องการประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบสาธารณูปโภค มักจะดำเนินการประหยัดในส่วนของระบบปรับอากาศ และเนื่องจากเป็นที่ทราบอยู่แล้วว่า ไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีราคาแพง เมื่อกล่าวถึงการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในระบบสาธารณูปโภคสำหรับโรงงานแล้วส่วนใหญ่จะหมายถึงการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศนั่นเอง

วิธีการที่ประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ นอกเหนือจากการติดตั้งระบบตามที่ได้ออกแบบทั้งการติดตั้งท่อลม ท่อน้ำ การหุ้มฉนวนท่อ และระบบควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ รวมทั้งการออกแบบป้องกันภาระความร้อนที่จะเข้ามาในตัวอาคารโรงงานแล้ว การเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมทั้งในเชิงวิศวกรรม การจัดการในการใช้งาน ตั้งแต่การออกแบบก็เป็นเรื่องที่สำคัญ เพราะจะทำให้กำหนดได้ว่า ในระบบมีตัวเครื่องและอุปกรณ์ต่างๆ ที่เหมาะสมมีการใช้พลังงาน และมีการสูญเสียพลังงานในแต่ละขั้นตอนการทำงานเพียงใด ซึ่งจะทำให้การประหยัดพลังงาน หรือ การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด จะเห็นว่า การประหยัดพลังงาน จะได้ผลเต็มที่เมื่อได้ดำเนินการให้สมบูรณ์ทั้งการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง มีการติดตั้งที่ถูกต้อง มีการจัดการระบบการทำงานของเครื่องให้เหมาะสมกับภาระความร้อนในโรงงาน ตลอดจนการใช้งานในแต่ละช่วงเวลาและมีการบำรุงรักษาระบบอยู่สม่ำเสมอ หากขาดองค์ประกอบเหล่านี้อย่างหนึ่งอย่างใดไปการประหยัดพลังงานก็จะไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร จากเหตุผลดังกล่าว จึงทำให้ผู้วิจัยเกิดความสนใจที่จะทำการวิเคราะห์และศึกษาการเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่มีความเหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงาน

1.1 <u>ความเป็นมา เหตุผล และเหตุจูงใจ</u>

โดยทั่วไปการดำเนินการในการลดต้นทุนสินค้านั้นผู้ประกอบการมักจะให้ความสำคัญในเรื่องการเพิ่มผลผลิต การลดต้นทุนวัตถุดิบ โดยการหาวัตถุดิบทดแทนสำหรับการผลิตสินค้าเพื่อให้ต่ำลงจนสามารถแข่งขันในตลาดได้ แต่ผู้ประกอบการส่วนใหญ่มักมองข้ามการลดค่าใช้จ่ายในส่วนที่เกี่ยวข้องกับพลังงานที่ใช้ในระบบสาธารณูปโภค เช่น ค่าพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น การลงทุนในการติดตั้งระบบ รวมทั้งการดูแล การควบคุม และการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ในระบบสาธารณูปโภค ซึ่งเป็นส่วนประกอบของค่าใช้จ่ายในการดำเนินกิจการ หรือค่าโสหุ้ยการผลิต และถือว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญส่วนหนึ่งของโครงสร้างต้นทุนการผลิตที่แท้จริงที่หมายถึงต้นทุนวัตถุดิบ ต้นทุนแรงงาน และโสหุ้ยการผลิต หรือค่าใช้จ่ายโรงงาน ซึ่งถือว่าเป็นค่าใช้จ่ายที่

สูงมาก ถ้าหากมีการเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมตั้งแต่ต้นก็จะช่วยให้ค่าใช้จ่ายในระบบนี้ต่ำลง เช่น การเลือกใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง หรืออุปกรณ์ที่มีหน้าที่การทำงานที่เหมาะสม มีการดูแลรักษาง่าย และมีอายุการใช้งานที่ยาวกว่า แม้ว่าระบบเหล่านี้จะมีราคาขั้นต้นที่สูงกว่า แต่จะมีค่าใช้จ่ายในการใช้งานที่ต่ำกว่าระบบทั่วไป

ปัจจุบันนี้มีผู้ประกอบการบางส่วนที่ได้ให้ความสำคัญในเรื่องของการจัดการ และติดตั้งระบบสาธารณูปโภคที่เหมาะสม เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายในส่วนของพลังงานอยู่บ้าง แต่ก็มีผู้ประกอบการบางส่วนที่เพิ่งเริ่มให้ความสนใจในเรื่องนี้ หลังจากที่รัฐบาลได้ออกพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ประกอบกับเกิดวิกฤติการณ์เศรษฐกิจ ซึ่งส่งผลให้ราคาน้ำมัน และค่าไฟฟ้าสูงขึ้น ซึ่งมีปัจจัยและเหตุจูงใจหลายๆ ประการที่ทำให้ผู้ประกอบการควรให้ความสนใจในการใช้ระบบสาธารณูปโภคดังต่อไปนี้

(1) ปัญหาเศรษฐกิจตกต่ำ

(2) ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

(3) ปัญหาด้านพลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติ

1.1.1 ปัญหาเศรษฐกิจตกต่ำ

การเกิดวิกฤติการณ์เศรษฐกิจตกต่ำในภูมิภาคเอเชียตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 จนถึงปัจจุบัน ได้ส่งผลกระทบต่อหลายประเทศในภาคพื้นเอเชีย ซึ่งได้แก่ เกาหลีใต้ ฟิลิปปินส์ มาเลเซีย อินโดนีเซีย และญี่ปุ่น เป็นต้น ซึ่งได้รับผลกระทบจากการเกิดวิกฤติการณ์นี้ และส่งผลให้ค่าเงินสกุลต่างๆ ของแต่ละประเทศลดลง ประเทศไทยก็นับเป็นประเทศหนึ่งที่ได้รับผลกระทบนี้โดยตรง และมีความรุนแรงมากจนถึงขั้นที่รัฐบาลต้องมีการประกาศเปลี่ยนอัตราแลกเปลี่ยนของค่าเงินบาทเป็นระบบลอยตัว (Managed Float) เมื่อวันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ. 2540 และขอรับความช่วยเหลือจาก IMF ด้วยมาตรการนี้ทำให้อัตราแลกเปลี่ยนของค่าเงินบาทลดลง ซึ่งส่งผลกระทบต่อภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยโดยเฉพาะด้านต้นทุนสินค้าซึ่งแยกเป็นกรณีต่างๆ ดังนี้

- ต้นทุนวัตถุดิบที่สูงขึ้นโดยเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบที่มีการนำเข้าจากต่างประเทศ หรือกรณีที่มีการซื้อวัตถุดิบ และอุปกรณ์ด้วยราคาที่ระบุเป็นค่าเงินสกุลที่แข็ง เช่น ดอลลาร์สหรัฐ ปอนด์ และมาร์ค เป็นต้น

- ต้นทุนรวมของการดำเนินธุรกิจเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีหนี้สินจากการกู้เงินมาลงทุนด้วยค่าเงินสกุลที่แข็ง เช่น ดอลลาร์สหรัฐ เป็นต้น

- ต้นทุนพลังงานเพิ่มขึ้น เนื่องจากราคาน้ำมันซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศสูงขึ้นส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตส่วนของค่าน้ำมัน และค่าไฟฟ้าสูงขึ้น

กรณีเหล่านี้ล้วนส่งผลให้ต้นทุนสินค้าสูงขึ้น ซึ่งถือเป็นผลเสียสำหรับผู้ประกอบธุรกิจในการผลิตสินค้า ดังนั้นผู้ประกอบการต้องมีมาตรการในการลดค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากสาเหตุเหล่านี้เพื่อให้ธุรกิจสามารถอยู่รอดได้

1.1.2 ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

หน่วยงานรัฐบาล และเอกชนได้เริ่มมีการคำนึงถึงความรับผิดชอบต่อสังคม เนื่องจากทุกฝ่ายได้ตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม และตื่นตัวที่จะให้ความสำคัญกับเรื่องของสิ่งแวดล้อม มากขึ้นโดยที่มีการคำนึงถึงปัญหาด้านด้านมลภาวะ ดังต่อไปนี้

- น้ำเน่าเสีย
- อากาศเป็นพิษ
- ขยะมูลฝอย

โดยมีหน่วยงานที่ส่งเสริม คือ สำนักงานคณะกรรมการนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้ออกพระราชบัญญัติส่งเสริม และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2535 ซึ่งมีประเด็นสำคัญ คือ เรื่อง Polluter Pay ซึ่งผู้ที่ทำลายสิ่งแวดล้อมต้องชำระค่าใช้จ่ายในการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมให้กลับสู่สภาพเดิม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1.3 ปัญหาด้านพลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติ

หน่วยงานภาครัฐบาล และรัฐวิสาหกิจ ได้มีนโยบายที่สอดคล้องกันในการพยายามที่จะลด และควบคุมการใช้พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติ ภายในประเทศไทย จึงมีการส่งเสริมให้มีกิจกรรมเกี่ยวกับพลังงาน ดังนี้

- การประหยัด
- การหาแหล่งทดแทน
- การอนุรักษ์

เนื่องจากมีการคำนึงถึงว่า พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นที่เกิดขึ้นควบคู่กับความเจริญของมนุษย์ ยิ่งสังคมมีความเจริญมากขึ้นเพียงใด ความต้องการในการใช้พลังงานก็ยิ่งมากขึ้นด้วย ในขณะที่ในโลกนี้มีแหล่งพลังงานที่จำกัด มีการคาดเดาว่า ในอนาคตประเทศไทยต้องมีการสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่ม การใช้เชื้อเพลิงอื่นทดแทนไฟฟ้า หรือซื้อไฟฟ้าจากต่างชาติ โดยมีการประมาณการเป็นตัวเลขคร่าวๆ ตามรายงาน เมื่อปี 2538 ดังนี้

ผลิตไฟฟ้าได้ทั้งสิ้น	14,000	เมกกะวัตต์
ใช้ไฟฟ้าไปทั้งสิ้น	12,000	เมกกะวัตต์
มีไฟฟ้าเหลือ	2,000	เมกกะวัตต์

การคาดการณ์ ในปี 2548 มีตัวเลขคร่าวๆ ดังนี้

ต้องการใช้ไฟฟ้ารวม	24,000	เมกกะวัตต์
ต้องผลิตไฟฟ้าเพิ่มอีก	12,000	เมกกะวัตต์

ถ้าเปรียบเทียบดูจะพบว่าต้องมีการสร้าง เขื่อนขนาดเท่ากับเขื่อนปากมูลอีก 88 เขื่อน ดังนั้นเราต้องประหยัดพลังงานกันอย่างจริงจัง เพื่อลดปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าลง เนื่องจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตวางแผนสำหรับอนาคต ไว้ว่า จากความต้องการเพิ่มที่ 12,000 เมกกะวัตต์นั้น การไฟฟ้าจะผลิตเองเพียง 4,000 เมกกะวัตต์ และ ซื้อจากต่างประเทศอีก 4,000 เมกกะวัตต์ โดยที่ประชาชนต้องช่วยประหยัดการใช้ไฟฟ้าลงอีก 4,000 เมกกะวัตต์ ในขณะที่ภาครัฐบาล และรัฐวิสาหกิจ ได้มีนโยบายที่สอดคล้องกันในการพยายามที่จะลด และควบคุมการใช้พลังงานภายในประเทศไทย จึงมีการออกกฎหมายเพื่อควบคุมการใช้พลังงาน การควบคุมการ

ส่งผ่านความร้อนผ่านเปลือกอาคาร การออกกฎเกณฑ์เกี่ยวกับประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของอุปกรณ์ต่างๆ ดังตัวอย่าง ต่อไปนี้

- การออกพระราชบัญญัติ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน
  เมื่อวันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2535

- การออกกฎกระทรวงใช้บังคับกับอาคาร และโรงงานควบคุม
  เมื่อวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2538

นับเป็นมาตรการทางกฎหมายของรัฐบางที่จะส่งเสริมให้มีการประหยัดพลังงานในอาคารภาคธุรกิจ และโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งนี้รัฐบาลจะให้การสนับสนุนทางด้านเทคนิค และทางด้านการเงินในการอนุรักษ์พลังงาน โดยให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานทำหน้าที่กำกับดูแลการปฏิบัติตามกฎหมายฉบับนี้ ทั้งนี้เจ้าของอาคาร และโรงงานควบคุม มีหน้าที่ คือ การกำหนดเป้าหมาย และแผนการอนุรักษ์พลังงาน อันประกอบด้วย การตรวจสอบ วิเคราะห์ การใช้พลังงานเบื้องต้น ส่วนการตรวจสอบ และวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียด และการจัดทำเป้าหมาย และ แผนการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งในขั้นตอนเหล่านี้จะต้องจัดทำโดย ที่ปรึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงานซึ่งได้ขึ้นทะเบียนไว้กับกรมพัฒนา และส่งเสริมพลังงาน

นอกจากนี้ยังมีหน่วยงานภาครัฐ และรัฐวิสาหกิจ ที่มีการออกมาตรการส่งเสริมให้มีการประหยัดพลังงาน เช่น

- โครงการอาคารสีเขียว (Green Building) เป็นหนึ่งในโครงการประชาร่วมใจประหยัดไฟฟ้า ของสำนักงานการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)
  เมื่อวันที่ 20 กันยายน พ.ศ. 2538

- กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำหรับช่วยเหลือเจ้าของกิจการในการปรับปรุง เพื่อลดการใช้พลังงานในกิจการ รวมถึงการให้เงินทุนสำหรับการวิจัยเพื่อลดพลังงาน ซึ่งมีหน่วยงานรับผิดชอบ คือ กรมพัฒนา และส่งเสริมพลังงาน และสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

จากความเป็นมา เหตุผล และเหตุจูงใจ ดังกล่าวข้างต้น วิศวกรโรงงาน เจ้าของกิจการและผู้ออกแบบจึงควรให้ความสำคัญในการเลือกใช้ระบบสาธารณูปโภคที่มีความเหมาะสม เพราะระบบสาธารณูปโภคบางประเภท เช่น ระบบปรับอากาศ ก็มีค่าใช้จ่ายที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตสูงเช่นกัน แม้จะไม่ใช่วัตถุดิบและแรงงานในการผลิตสินค้าก็ตาม

การเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมตั้งแต่ต้นในขั้นตอนการออกแบบสำหรับติดตั้งในโรงงานแต่ละแห่งนั้น ถือว่าเป็นเรื่องที่มีความซับซ้อน และยุ่งยากมาก เนื่องจากต้องมีการวิเคราะห์ และตัดสินใจภายใต้ปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย คือ ปัจจัยด้านวิศวกรรม การจัดการ และเศรษศาสตร์ โดยที่แต่ละปัจจัยมีความสำคัญที่แตกต่างกัน ในกรณีที่มีผู้ตัดสินใจหลายๆ คน ซึ่งแต่ละคนก็มีเหตุผลที่แตกต่างกันในการตัดสินใจ เช่น ผู้บริหารโรงงานเลือกระบบที่ใช้เงินลงทุนต่ำที่สุด ผู้จัดการแผนกช่าง หรือแผนกซ่อมบำรุงเลือกระบบที่มีการใช้งาน และควบคุมดูแล รวมทั้งการซ่อมบำรุงง่ายที่สุด ผู้จัดการแผนกการเงินอาจเลือกระบบที่มีค่าใช้จ่ายในการใช้งานต่ำที่สุด ในขณะที่ผู้ออกแบบเลือกระบบที่มีความเหมาะสมทางเทคนิค และมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งอาจมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูงสุด แต่มีการประหยัดพลังงาน และมีค่าใช้จ่ายในการใช้งานที่ต่ำกว่า และมีการควบคุมดูแลที่ง่ายกว่า ด้วยเหตุผลเหล่านี้จึงเป็นเรื่องที่ยุ่งยากมากในการตัดสินใจว่า ควรจะเลือกระบบปรับอากาศแบบใดที่มีความเหมาะสมสำหรับโรงงานแต่ละแห่ง โดยใช้ปัจจัยใดบ้างในการพิจารณา แล้วปัจจัยใดมีความสำคัญมากน้อยอย่างไร จากเหตุผลดังกล่าว จึงทำให้ผู้ศึกษาเกิดความสนใจที่จะทำการวิเคราะห์ และศึกษาการเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่มีความเหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อการอนุรักษ์และประหยัดพลังงาน โดยพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นเพื่อช่วยให้การวิเคราะห์ทางเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมนั้นสามารถทำได้ง่าย และสะดวกยิ่งขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาเกณฑ์ในการวิเคราะห์ทางเลือกใช้ระบบสาธารณูโภค เฉพาะระบบปรับอากาศ ที่เหมาะสมในเชิง วิศวกรรม การจัดการ และเศรษฐศาสตร์ สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อนำไปสู่การอนุรักษ์พลังงาน และ การลดค่าใช้จ่าย
2. เพื่อวิเคราะห์ทางเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่พัฒนาขึ้น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตในการวิจัยสรุปได้ ดังนี้

1. การศึกษาเงื่อนไขต่างๆ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์กำหนดแนวในการวิเคราะห์ทางเลือกใช้ระบบสาธารณูโภค เฉพาะปรับอากาศ
2. วิเคราะห์และเปรียบเทียบทางเลือกใช้ระบบสาธารณูโภค เฉพาะปรับอากาศ โดยใช้เกณฑ์ในเชิงวิศวกรรม การจัดการ และเศรษฐศาสตร์
3. สำหรับกรณีตัวอย่างจะเสนอแนวทางในการวิเคราะห์ทางเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมทั่วๆ ไปซึ่งมีการปรับอากาศทั้งในบริเวณที่ทำการผลิตและสำนักงาน โดยเป็นโรงงานที่ทำการก่อสร้างใหม่แห่งหนึ่งเท่านั้น เพื่อแสดงการเปรียบเทียบทางเลือกต่างๆ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับประกอบการตัดสินใจเลือกใช้ระบบปรับอากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. สำรวจงานวิจัย โครงการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษากฎเกณฑ์ และโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน โดยมุ่งศึกษาส่วนที่เกี่ยวข้องกับระบบสาธารณูปโภค เฉพาะระบบปรับอากาศ
3. ศึกษารูปแบบระบบสาธารณูปโภค เฉพาะระบบปรับอากาศ สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม
4. ศึกษาเงื่อนไขเกณฑ์การเปรียบเทียบในด้านต่างๆ ดังนี้

    - วิศวกรรม
    - การจัดการ
    - เศรษฐศาสตร์

    เพื่อใช้เป็นกฎเกณฑ์กำหนดในการวิเคราะห์ทางเลือกใช้ระบบสาธารณูปโภค เฉพาะระบบปรับอากาศ
5. ศึกษาความสอดคล้องของการอนุรักษ์พลังงาน ร่วมกับเงื่อนไขต่างๆ วิศวกรรม การจัดการ และทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ และ เปรียบเทียบทางเลือกใช้ระบบสาธารณูปโภคเฉพาะระบบปรับอากาศที่เหมาะสม
6. วิเคราะห์ทางเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสม สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยจัดทำในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์
7. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ
8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับสามารถสรุปได้ดังนี้

1. สามารถนำกฎเกณฑ์ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบทางเลือกใช้ระบบสาธารณูปโภค เฉพาะระบบปรับอากาศ ที่สอดคล้องทั้งโครงการอนุรักษ์พลังงาน และ เงื่อนไขทางวิศวกรรม การจัดการ และ เศรษฐศาสตร์ ไปใช้ในการพิจารณาเลือกระบบสาธารณูปโภค เฉพาะระบบปรับอากาศ สำหรับติดตั้งในโรงงานอุตสาหกรรม

2. เป็นแนวทางเบื้องต้นสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับโรงงานอุตสาหกรรม เช่น เจ้าของโรงงาน ผู้บริหารโรงงาน วิศวกร ผู้ออกแบบ และ ผู้ดูแลระบบสาธารณูปโภค เป็นต้น ในการตัดสินใจเลือกใช้ระบบสาธารณูปโภค เฉพาะระบบปรับอากาศ ที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

3. เป็นแนวทางที่น่าสนใจสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในการปรับปรุงระบบสาธารณูปโภค เฉพาะระบบปรับอากาศ ให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินกิจการ

4. เป็นสิ่งกระตุ้นสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมให้หันมาให้ความร่วมมือกับโครงการอนุรักษ์พลังงาน โดยการปรับปรุงระบบสาธารณูปโภค เฉพาะระบบปรับอากาศ ให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น เพื่อลดการใช้พลังงานในการดำเนินการผลิต ซึ่งส่งผลให้ค่าใช้จ่ายของโรงงานลดลงถือเป็นการลดต้นทุนลงด้วย

5. เป็นความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบสาธารณูปโภคเฉพาะระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ให้ผู้สนใจสามารถศึกษา และนำไปใช้ประโยชน์ได้

6. สามารถศึกษาความเป็นไปได้ ในการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบต่างๆ โดยการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ทำขึ้นในการวิจัยนี้

7. เป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจ

1.6 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

วัลภา จรูญธรรม (2541) จากงานวิจัย เรื่อง " การประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก " ซึ่งวิเคราะห์ระบบสาธารณูปโภคในส่วนการใช้พลังงานในโรงงานผลิตพลาสติก และ การประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานโดยวิเคราะห์ตามความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ เสนอแนวทางการลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้า โดยการลดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด การปลดภาระไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น และการเลือกใช้ระบบไฟฟ้าที่เหมาะสมโดยการเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์แบบ Low Watt Loss แทนแบบธรรมดา การเปลี่ยนมาใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงแทนชนิดธรรมดา การลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต โดยการเปลี่ยนเวลาการล้างเครื่องรีดพลาสติกจากเดิมตอนเช้าเป็นล้างทันทีหลังเสร็จงาน และ การหุ้มฉนวนผิวถ่ายเทความร้อนของเครื่องรีดพลาสติก

สักพันธ์ โพธิวิทย์ (2541) จากงานวิจัย เรื่อง " การออกแบบ และแก้ไขปรับปรุงระบบไฟฟ้าในอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานงาน " ซึ่งศึกษามาตรการ และแนวทางในการออกแบบ และแก้ไขปรับปรุงระบบไฟฟ้าในอาคาร เพื่อให้การใช้พลังงานลดลงโดยไม่ทำให้การใช้งานของพื้นที่เปลี่ยนแปลงไป และวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร ซึ่งมีการใช้พลังงานเป็นสัดส่วน ดังนี้ ระบบปรับอากาศ 54.69% ระบบแสงสว่าง 27.16% และระบบอื่น ๆ 18.15% โดยมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศเฉลี่ย 1.77 kW/Ton ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง 9.39 W/m^2 ค่า OTTV 62.3 W/m^2 และค่า RTTV 43.8 W/m^2 หลังจากทำการออกแบบ และแก้ไขปรับปรุงระบบไฟฟ้าของอาคารทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ประมาณ 40% โดยใช้มาตรการปรับปรุงและเลือกระบบสาธารณูปโภคที่เหมาะสม ดังนี้

- การใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง
- การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ
- การใช้หลอดไฟชนิดประหยัดพลังงาน
- การใช้โคมไฟฟ้าชนิด Reflector
- การใช้บัลลาสต์อิเลคทรอนิคส์

สุกิจ อังสุวรรณ (2539) จากงานวิจัยเรื่อง " การตัดสินใจเลือกผู้เข้าประมูลระบบควบคุมในโรงไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยด้วยวิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ " ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการคัดเลือกผู้เข้าประมูลระบบควบคุมของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยแบ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์เป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอน ที่ 1 การตรวจสอบข้อมูลหลักของแต่ละทางเลือก และขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ภายใต้ปัจจัยหลัก 5 ปัจจัย คือ เทคนิค ราคา การจัดการโครงการ เอกสาร และความสามารถของบริษัท ซึ่งมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปัจจัยหลัก ได้เท่ากับ 0.421 ,0.217 ,0.134 ,0.097 ,0.131 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ความไวของปัจจัยหลักต่างๆ ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเลือกผู้เข้าประมูลที่ เหมาะสมที่สุด มี 2 ปัจจัย คือ เทคนิค และ ราคา

ภารณี ดีเจริญกุล (2539) จากงานวิจัยเรื่อง " การพัฒนาหลักปฏิบัติการที่เหมาะสมสำหรับการคัดเลือกวิธีบำบัดตะกอนของโรงงานผลิตน้ำบางเขน " ซึ่งเป็นการเสนอแนวทางการพัฒนาหลักปฏิบัติที่เหมาะสมสำหรับการคัดเลือกวิธีการบำบัดตะกอนของโรงผลิตน้ำบางเขน โดยพิจารณาจากความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการคัดเลือกวิธีการภายใต้ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกวิธีการบำบัดตะกอน ทั้งปัจจัยที่ตีค่าเป็นเงินได้ และปัจจัยที่ตีค่าเป็นเงินไม่ได้ ทั้งนี้ได้เลือกวิธีการบำบัดตะกอน 3 อย่าง คือ การบำบัดตะกอนโดยใช้ลานทรายตากตะกอน เครื่องฟิลเตอร์เพลส และเครื่องเซนตริเพลส เปรียบเทียบกับวิธีการที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน คือ วิธีการบำบัดตะกอนด้วยบ่อกักตะกอน ซึ่งผลของการตัดสินใจพบว่าเลือกวิธีบำบัดด้วยเครื่องเซนตริเพลสด้วยคะแนนเฉลี่ย 0.343 คะแนน

เปี่ยมศักดิ์ ไพบูลย์ (2536) จากงานวิจัยเรื่อง " การจัดการ และการใช้พลังงานอย่างประหยัดภายในอาคารชุมสายโทรศัพท์สุรวงศ์ " โดยศึกษาการจัดการ และการใช้พลังงานอย่างประหยัดในอาคารชุมสายโทรศัพท์สุรวงศ์ โดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบสาธารณูปโภคทั้งหมด 6 ระบบ คือ ระบบปรับอากาศ 47.5 % ระบบเรกติฟายด์ 42.7 % ระบบแสงสว่าง 5.5 % ลิฟท์ 1.4 % เครื่องสูบน้ำ 2.1 % และ เครื่องอัดอากาศแห้ง 0.8 % เสนอแนวทางการลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ โดยการศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า การลงทุนปรับปรุงระบบเดิม ด้วยเงินลงทุน 3,000,000 บาท ให้อัตราผลตอบแทน 4 % หรือ การเปลี่ยนเครื่องใหม่ใช้เงินลงทุน 4,800,000 บาท ให้อัตราผลตอบแทน 11 %

ชาติ ฤทธิ์หิรัญ (2539) จากงานวิจัยเรื่อง “แผนการจัดการพลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารสำนักงาน “ ซึ่งวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารอิตัลไทย ซึ่งเป็นอาคารสูง 16 ชั้น มีพื้นที่ปรับอากาศ 6,380 ตารางเมตร ใช้พลังงานไฟฟ้า 2,063,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ซึ่งมีค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ย 640 กิโลวัตต์ ตัวประกอบโหลด 37 % มีค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า 3,840,000 บาทต่อปี มีค่า OTTV 54.9 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่า RTTV 2.4 วัตต์ตารางเมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์กำหนดตามพระราชกฤษฎีกาควบคุมอาคารเก่า แล้วเสนอแนวทาง และการปรับปรุงประสิทธิภาพ ระบบสาธารณูปโภคในด้านการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ และระบบแสงสว่าง โดยสามารถลดการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างโดยการจัดวางชุดโคม และใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานแทนการใช้ระบบที่มีอยู่เดิม และการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบศูนย์รวมใหม่ ซึ่งคาดว่าจะลดการใช้พลังงานลงได้ประมาณ 25 % ซึ่งผลการตอบแทนการลงทุนต่อการปรับปรุงระบบแสงสว่างจะให้ผลตอบแทนสูงถึง 49 %ต่อปี แต่การปรับปรุงในส่วนของระบบปรับอากาศจะให้ผลตอบแทนเพียง 15 %ต่อปี

สุดสาคร นุ้ยดี (2538) จากงานวิจัยเรื่อง “ การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงาน และลดความต้องการพลังงานสูงสุดในโรงงานปลาทูน่ากระป๋อง “ ซึ่งเป็นการวิจัย และเสนอแนวทางการเลือกใช้ระบบสาธารณูปโภคที่เหมาะสม ในระบบไฟฟ้า และระบบผลิตไอน้ำสำหรับโรงงานปลาทูน่ากระป๋อง และศึกษาหาแนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ดังนี้

ระบบไฟฟ้า มีการเสนอแนวทางการเลือกใช้ระบบไฟฟ้าที่เหมาะสมโดยการใช้ระบบบัลลาสท์แบบอิเลคทรอนิคส์แทนแบบแกนเหล็ก และการเสนอแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยการลด Peak Demand ด้วยการเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าทดแทน และการย้ายการทำงานของห้องแช่แข็ง นอกจากนี้ยังมีการปรับตัวประกอบไฟฟ้า ด้วยการติดตั้งชุดปรับตัวประกอบพลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ

ระบบผลิตไอน้ำ มีการเสนอแนวทางการเลือกใช้ระบบผลิตไอน้ำที่เหมาะสม โดยการใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง และแนวทางการประหยัดพลังงานความร้อนด้วยการหุ้มฉนวนที่ผิวของหม้อไอน้ำ และอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ เพื่อลดการสูญเสียพลังงานความร้อน

ชุติมา กิจสุวรรณวงศ์ (2532) จากงานวิจัยเรื่อง " การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ระบบเก็บความเย็นในรูปน้ำแข็ง สำหรับการปรับอากาศในอาคารสำนักงาน " โดยการศึกษาความเป็นไปได้ และการออกแบบระบบสาธารณูปโภค ในส่วนของระบบปรับอากาศที่ใช้ระบบเก็บความเย็นในรูปน้ำแข็ง (Ice Storage) ในอาคารสำนักงานของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรก จัดทำบัญชีพลังงาน (Energy Audit) พบว่า มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม (เฉลี่ย) เดือนละ 54,120 kWh ตัวประกอบภาระ (เฉลี่ย) 0.48 พลังไฟฟ้าสูงสุด 2,327 kW การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น (เฉลี่ย) 6.4 kW/TR , COP = 48.52W/m^2 สัดส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ 50% ระบบแสงสว่าง 32.1% ระบบลิฟท์ 23.1% และระบบอื่น ๆ 15.6% ในส่วนที่ 2 นำข้อมูลที่เก็บได้นำมาออกแบบระบบเก็บความเย็นในรูปน้ำแข็ง พบว่า ภายหลังการใช้ระบบนี้แล้วสามารถลดความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของอาคาร 36 % แต่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมเพิ่มขึ้น เนื่องจากระบบเก็บความเย็นในรูปน้ำแข็ง สัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องทำความเย็นลดลง อย่างไรก็ตามระบบนี้สามารถทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าได้โดยมีระยะคุ้มทุน 7.8 ปีเมื่อใช้ระบบเก็บความเย็นแบบ Full Storage

อำนาจ แสงอินทร์ (2530) จากงานวิจัยเรื่อง "การประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมปั่นด้าย " โดยการศึกษาการประหยัดพลังงานในระบบสาธารณูปโภคในโรงงานอุตสาหกรรมปั่นด้าย ซึ่งอาคารโรงงานมี พื้นที่ 20,871 ตารางเมตร เป็นพื้นที่ปรับอากาศ 13,604 ตารางเมตร มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สามารถจำแนกออกเป็นส่วน ๆ ดังนี้ กระบวนการผลิต 61.7% ระบบปรับอากาศ 35.2% ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และหอพักคนงาน 3.1% ภาระความร้อนในระบบปรับอากาศของโรงงานรวม 1,675 kW ประกอบด้วย ความร้อนสัมผัส เนื่องจากกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องจักรในกระบวนการผลิต 96.8% ความร้อนแฝงเนื่องจากคนงาน และอากาศภายนอกที่รั่วไหลเข้าโรงงาน 2% และความร้อนจากภายนอกเข้าสู่โรงงานทางผนัง และเพดาน 1.2% เครื่องทำน้ำเย็นทำงานที่ภาระ 1,784 kW (507 ตันความเย็น) เพื่อถ่ายเทความร้อนในโรงงาน ระบบล้างอากาศใช้สำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงงาน อากาศที่ไหลเวียนในโรงงานเป็นระบบปิด โดยนำเอาอากาศกลับจากโรงงานผ่านเข้าเครื่องล้างอากาศจ่ายเข้าโรงงาน โดยไม่มีการนำเอาอากาศภายนอกเข้ามาผสม ถ้ามีการนำอากาศภายนอกเข้ามาผสมในจำนวนที่เหมาะสมแล้วจ่ายเข้าโรงงานจะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ปีละประมาณ 2,027,000 บาท

สิรางค์ กลั่นคำสอน (2540) จากงานวิจัยเรื่อง " การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับระบบการจัดการคลังพัสดุ " โดยการศึกษากิจกรรม และหาความสัมพันธ์ของหน่วยการทำงานต่างๆ ในคลังพัสดุ เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับระบบการจัดการคลังพัสดุ ระบบนี้ประกอบด้วย 6 โมดูล คือ โมดูลาการจัดการพัสดุคงคลังสำหรับการบันทึกข้อมูลพื้นฐานของพัสดุและจัดทำรายงาน โมดูลการรับสำหรับการบันทึกเมื่อมีการรับ โมดูลตำแหน่งจัดเก็บสำหรับการจัดการข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งจัดเก็บ โมดูลการเบิกจ่ายสำหรับการจัดลำดับเส้นทางของพนักงาน โมดูลการจัดส่งสำหรับการบันทึกการเบิกพัสดุคงคลังและจัดทำใบกำกับสินค้า และโมดูลการประเมินผลการปฏิบัติงาน

สกนธ์ คล่องบุญจิต และคณะ จากงานวิจัยเรื่อง " การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการเลือกทำเลที่ตั้งของกิจการ " โดยการประยุกต์ใช้วิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์กับปัญหาทางด้านการเลือกทำเลที่ตั้งสถานประกอบการ ซึ่งเป็นร้านค้าประเภทเฟรนไชส์ ซึ่งเกณฑ์ในการพิจารณา คือ เงินลงทุนเริ่มต้น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ปริมาณลูกค้า ความสะดวกของทำเลที่ตั้งสำหรับลูกค้า สภาพแวดล้อมรอบๆ ทำเลที่ตั้ง ระบบการคมนาคม จากการวิเคราะห์ตัวแปรทั้งหมดผ่านทางเลือก 2 ทาง คือ ตึกแถวในซอยเซนหลุยส์ 3 และตึกแถวบนถนนจันทน์ตัดใหม่ โดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ปรากฏว่า ได้ผลลัพธ์คือ เลือกเปิดร้านที่ตึกแถวในซอยเซนหลุยส์ 3

นิสรา บุญสุข จากงานวิจัยเรื่อง " ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการสั่งซื้อชิ้นส่วน : กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องยนต์ดีเซล " โดยการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดทำแผนสั่งซื้อชิ้นส่วนให้กับโรงงานผลิตเครื่องยนต์ดีเซล ชื่อ โปรแกรม Del_Plan ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยใช้พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบฐานข้อมูล และระบบการวางแผนความต้องการวัสดุ โปรแกรมนี้สามารถช่วยในการคำนวณจำนวนชิ้นส่วนที่ต้องการสั่งซื้อ วันกำหนดส่งชิ้นส่วน และคะแนนการประเมินผลการส่งมอบชิ้นส่วนของผู้ผลิต ระบบสนับสนุนการตัดสินใจนี้ช่วยทำให้การจัดทำแผนการสั่งซื้อชิ้นส่วนเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วกว่าเดิมมาก นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณหาจำนวนของชิ้นส่วนที่ต้องการสั่งซื้อได้ใกล้เคียงกับปริมาณที่ต้องการใช้จริงอันส่งผลให้มูลค่าของสินค้าคงคลังลดลงถึง 36.36%

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย ทฤษฎีการตัดสินใจด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ซึ่งจะเป็นทฤษฎีด้าน กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ และพื้นฐานทฤษฎีของไอเกนเวคเตอร์ ช่วยให้สามารถนำกระบวนการมาใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศเชิงเทคนิคได้ นอกจากนี้จะต้องพิจารณาทฤษฎีด้าน เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ซึ่งช่วยให้สามารถวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ประกอบการตัดสินใจด้วย

2.1 การตัดสินใจด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

การตัดสินใจด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ซึ่งช่วยสร้างความเข้าใจด้านกระบวนการ ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ โดยแสดงตัวอย่างและการประยุกต์ใช้ ดังต่อไปนี้

2.1.1 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ได้รับการพัฒนาขึ้นโดย SAATY (1977) เป็นเทคนิคอย่างหนึ่งที่ช่วยในการตัดสินใจโดยอาศัยหลักการตัดสินใจพหุเกณฑ์ วิธีทำนั้นจะต้องจัดเกณฑ์ของเป้าหมายที่ต้องการศึกษาให้อยู่ในลักษณะเป็นลำดับชั้น โดยกำหนดให้จุดประสงค์ในการตัดสินใจอยู่บนสุดของโครงสร้างลำดับชั้น ส่วนในระดับที่ต่ำลงมาจะเป็นเกณฑ์ , เกณฑ์ย่อย (Sub-criteria) ตามลำดับ จนถึงทางเลือก ซึ่งเป็นระดับต่ำสุดของการจัดลำดับชั้น

การวิเคราะห์จะใช้หลักการเปรียบเทียบในแต่ละคู่ (Pair-wise Comparision) ของเกณฑ์ซึ่งค่าความสำคัญในการเปรียบเทียบจะอยู่ในช่วงตั้งแต่มีความสำคัญเท่ากัน จนถึงมีความสำคัญมากกว่าอย่างยิ่ง (โดยแบ่งเป็น มีความสำคัญเท่ากัน มีความสำคัญมากกว่าพอประมาณ มีความสำคัญมากกว่าอย่างเด่นชัด มีความสำคัญมากกว่าอย่างเด่นชัดมาก มีความสำคัญมากกว่าอย่างยิ่ง) ซึ่งสามารถแปลงมาเป็นตัวเลขช่วงระหว่าง 1 ถึง 9

ผลจากการเปรียบเทียบในแต่ละคู่เรียบร้อยแล้ว จะสามารถคำนวณหาน้ำหนักของแต่ละเกณฑ์ออกมาเป็นตัวเลข เพื่อแสดงให้ผู้บริหารได้เห็นถึงความสำคัญของแต่ละเกณฑ์อย่างเด่นชัด

การคำนวณหาน้ำหนักของแต่ละเกณฑ์ในเมตริกซ์ เราสามารถหาค่าได้ โดยใช้วิธีคำนวณ ไอเกนเวคเตอร์ (Eigenvector) ของแต่ละเมตริกซ์ และเวกเตอร์นี้ จะถูกกำหนดน้ำหนัก

ด้วยน้ำหนักของเกณฑ์ในระดับที่สูงกว่า ขั้นตอนนี้จะถูกทำซ้ำไปเรื่อยๆ จากบนลงล่างตามโครงสร้างลำดับชั้น จนในที่สุดเราจะได้ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด สำหรับเกณฑ์เหล่านี้ จะเป็นทางเลือกที่มีน้ำหนักสะสมสูงที่สุด

SAATY (1977) ชี้ให้เห็นว่า ในการตัดสินใจที่ซับซ้อน โครงข่ายความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ใช้เป็นเกณฑ์การตัดสินใจค่อนข้างเข้าใจยากและไม่สามารถที่จะชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ได้อย่างเด่นชัด การใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ จะช่วยทำให้ความซับซ้อนของปัญหาสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยการสร้างรูปแบบปัญหาให้เป็นโครงสร้างลำดับชั้น และนำข้อมูลที่ได้จากความคิดเห็นของผู้ตัดสินใจมาวิเคราะห์หาบทสรุปของแนวทางเลือกที่เหมาะสม กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานทางด้านต่างๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นการวางแผนระบบขนส่ง การวางแผนการตลาด การวางแผนดำเนินงานของบริษัทและอื่นๆ

การดำเนินการของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ประกอบด้วย หลักการสำคัญ 3 ประการ ดังนี้

1. หลักการสร้างรูปแบบปัญหา

เป็นการสร้างรูปแบบปัญหา ให้เป็นโครงสร้างลำดับชั้นที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันระหว่างลำดับชั้น โดยแต่ละปัจจัยที่อยู่ในระดับชั้นเดียวกันจะเป็นอิสระต่อกัน องค์ประกอบหลักของโครงสร้างลำดับชั้น ประกอบด้วย ระดับชั้นของวัตถุประสงค์ ปัจจัยที่ใช้เป็นเกณฑ์การตัดสินใจ และแนวทางเลือกต่าง ๆ ของปัญหาตามลำดับ

2. หลักการใช้ดุลยพินิจเชิงเปรียบเทียบ

เป็นส่วนของการเปรียบเทียบ ความสำคัญของปัจจัย ในกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ผู้ตัดสินใจจะต้องเปรียบเทียบปัจจัยที่อยู่ในระดับชั้นเดียวกันเป็นคู่ ๆ โดยจะคำนึงถึงความสำคัญของปัจจัยภายใต้ปัจจัยในระดับชั้นที่สูงกว่า และประยุกต์ให้อยู่ในรูปแบบของเมตริกซ์ รวมทั้งใช้ทฤษฎีไอเกนเวคเตอร์มาช่วยในการตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูล

3. หลักการวิเคราะห์ความสำคัญก่อนหลัง

หลังจากได้ค่าน้ำหนักของปัจจัยต่างๆ ที่เป็นผลมาจากการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยเป็นคู่ๆ ในระดับชั้นเดียวกัน ค่าน้ำหนักของปัจจัยในแต่ละระดับชั้นจะถูก

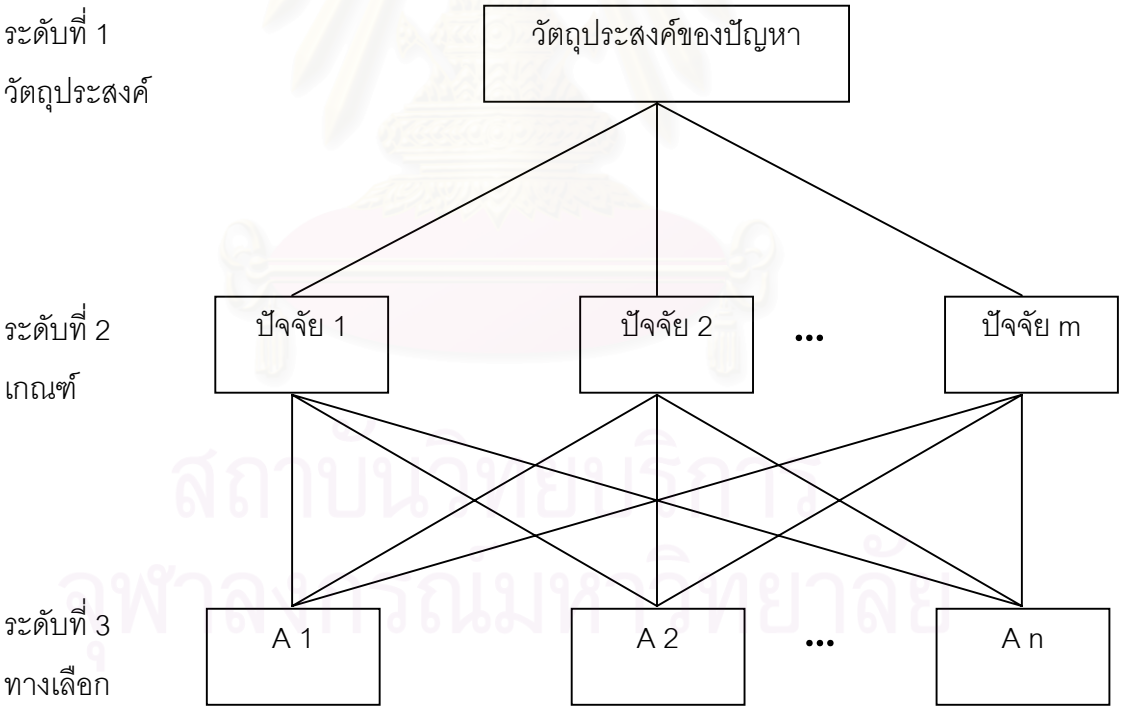
วิเคราะห์หาค่าน้ำหนักรวมของปัจจัย โดยคำนึงถึงปัจจัยในระดับที่เหนือกว่า และ การวิเคราะห์จะเริ่มต้นจากระดับที่ 1 ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ของปัญหา ลงไปสู่ระดับต่ำสุดซึ่งเป็นแนวทางเลือกของปัญหา

ขั้นตอนในการดำเนินการของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

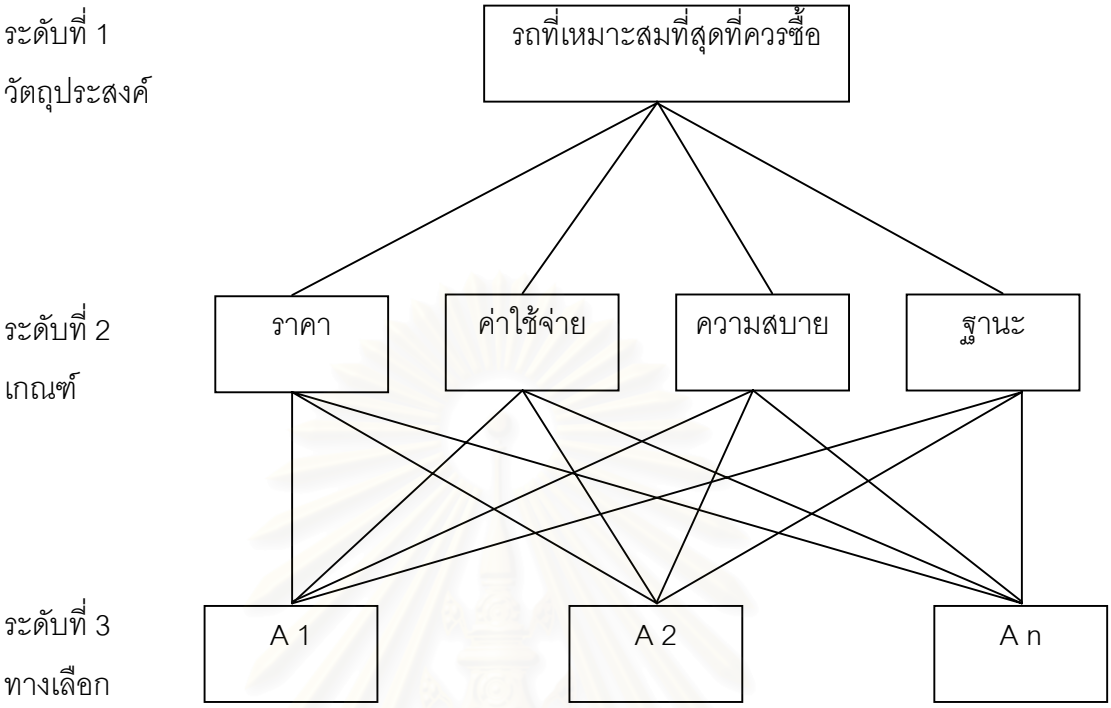
1. กำหนดวัตถุประสงค์ที่จะทำการตัดสินใจ

2. กำหนดปัจจัยที่จะใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินใจ สำหรับปัญหาที่กำลังพิจารณาอยู่

3. สร้างรูปแบบปัญหาเป็นโครงสร้างลำดับชั้น โดยพิจารณาปัจจัยที่ใช้เป็นเกณฑ์การตัดสินใจเป็นลำดับชั้น ซึ่งปัจจัยที่อยู่ในเกณฑ์ที่ระดับต่ำกว่า จะเป็นส่วนย่อยของปัจจัยที่อยู่ในเกณฑ์ระดับสูงกว่า ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และ รูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 รูปแบบทั่วไปของโครงสร้างลำดับชั้น



รูปที่ 2.2 รูปแบบการตัดสินใจเลือกซื้อรถยนต์ใหม่

4. หลังจากนั้นเปรียบเทียบ หาค่าความสำคัญของปัจจัยในระดับที่ 2 ภายใต้วัตถุประสงค์ของปัญหาเป็นคู่ๆ โดยจัดให้อยู่ในรูปแบบเมตริกซ์ ดังแสดงใน ตารางที่ 2.1 และเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบความสำคัญ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยภายใต้วัตถุประสงค์ของปัญหา

ปัจจัย	ปัจจัย 1	ปัจจัย 2	...	ปัจจัย m	น้ำหนัก
ปัจจัย 1	1	a_{12}	...	a_{1m}	W_1^0
ปัจจัย 2	a_{21}	1	...	a_{2m}	W_2^0
.					
.					
.					
ปัจจัย m	a_{m1}	a_{m2}	...	1	W_m^0

<u>หมายเหตุ</u> 1) a_{ij} เป็นค่าความสำคัญของปัจจัย i เมื่อเปรียบเทียบกับ ปัจจัย j ภายใต้วัตถุประสงค์ของปัญหา

2) aji = 1/ aij

3) W_i^0 เป็นค่าน้ำหนักของปัจจัย i ภายใต้วัตถุประสงค์ของปัญหา

<u>ตารางที่ 2.2</u> เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบความสำคัญ

ค่าความสำคัญ	นิยาม	คำอธิบาย
1	มีความสำคัญเท่ากัน	ปัจจัย หรือทางเลือกทั้งสองที่กำลังพัฒนา มีความสำคัญเท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบภายใต้วัตถุประสงค์เดียวกัน
3	มีความสำคัญมากกว่าพอประมาณ	ปัจจัยหรือทางเลือกที่กำลังพิจารณามีความสำคัญมากกว่าปัจจัยหรือทางเลือก อีกตัวหนึ่งพอประมาณ เมื่อเปรียบเทียบ ภายใต้วัตถุประสงค์เดียวกัน
5	มีความสำคัญมากกว่าอย่างเด่นชัด	ปัจจัยหรือทางเลือกที่กำลังพิจารณามีความสำคัญมากกว่าปัจจัยหรือทางเลือก อีกตัวหนึ่งอย่างเด่นชัด เมื่อเปรียบเทียบ ภายใต้วัตถุประสงค์เดียวกัน
7	มีความสำคัญมากกว่าอย่างเด่นชัดมาก	ปัจจัยหรือทางเลือกที่กำลังพิจารณามีความสำคัญมากกว่าปัจจัยหรือทางเลือก อีกตัวหนึ่งอย่างเด่นชัดมาก เมื่อเปรียบเทียบ ภายใต้วัตถุประสงค์เดียวกัน
9	มีความสำคัญมากกว่าอย่างยิ่ง	ค่าความสำคัญสูงสุดที่จะเป็นไปได้ ในการเปรียบเทียบปัจจัย หรือทางเลือกทั้งสอง ภายใต้วัตถุประสงค์เดียวกัน
2, 4, 6, 8	เป็นค่าความสำคัญระหว่างกลางของค่าที่กล่าวไว้ข้างต้น	ค่าความสำคัญในการเปรียบเทียบปัจจัย หรือทางเลือกถูกพิจารณาว่าควรเป็นค่า ระหว่างกลางของค่าที่กล่าวไว้ข้างต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>หมายเหตุ</u> : เมื่อปัจจัยหรือทางเลือกทั้งสองที่เปรียบเทียบกันต้องการค่าความสำคัญที่ละเอียดกว่าค่าความสำคัญมาตรฐานที่แสดงไว้ข้างต้น อาจนำค่าความสำคัญที่เป็นค่า 1.1, 1.2, ... มาใช้ได้ ทั้งนี้เพื่อให้ค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบเหมาะสมยิ่งขึ้น

5. วิเคราะห์หาค่าน้ำหนักของปัจจัย ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index, C.I.) และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio, C.R.) ในระดับที่ 2 โดยการใช้ทฤษฎีของไอเก้นเวกเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของปัจจัยหาได้จากการหาค่าความสำคัญที่อยู่ในแต่ละแถวแนวตั้งด้วยผลรวมของค่าความสำคัญในแถวแนวตั้งเดียวกันของเมตริกซ์นั้นและค่าเฉลี่ยในแต่ละแถวแนวนอนของเมตริกซ์ที่ได้จากผลข้างต้น คือ ค่าน้ำหนักของปัจจัยในแถวนั้น สำหรับค่าดัชนีความสอดคล้อง และอัตราส่วนความสอดคล้อง จากทฤษฎีของไอเกนเวคเตอร์ จะได้ว่า

$$C.I. = (\lambda_{max} - 1) / (n-1) \quad .....(2.1)$$

$$C.R. = C.I. / R.I. \quad .....(2.2)$$

โดย C.I. = ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index, C.I.)

C.R. = ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio, C.R.)

R.I. = ดัชนีเชิงสุ่ม (Random Index, R.I.)

λ_{max} = ค่าไอเกนของเมตริกซ์ A ซึ่งทำให้ $A * W = \lambda_{max} * W$

n = มิติของเมตริกซ์

<u>หมายเหตุ</u> : วิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง จะมีกล่าวไว้ภายหลังในในหัวข้อ “ พื้นฐานทางทฤษฎีของไอเก้นเวกเตอร์ “ ซึ่งจะสามารถใช้ตรวจสอบความสอดคล้องของค่าความสำคัญที่ได้จากการเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ ว่าจะสามารถใช้ใน การวิเคราะห์ปัญหาการตัดสินใจได้หรือไม่

6. เปรียบเทียบหาค่าความสำคัญของปัจจัย หรือทางเลือกของระดับต่อมาภายใต้ปัจจัยตัวเดียวกันในระดับถัดขึ้นมาก่อนหน้านี้แล้วิเคราะห์หาค่าน้ำหนักของปัจจัย ค่าดัชนีความสอดคล้องและค่าอัตราส่วนความสอดคล้องของข้อมูลในระดับชั้นนี้ด้วยวิธีแบบเดียวกับข้างต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. วิเคราะห์หาค่าน้ำหนักของทางเลือกต่างๆ ภายใต้วัตถุประสงค์ของปัญหา โดยการพิจารณาหาค่าน้ำหนักรวมของปัจจัยจากระดับที่หนึ่งลงไปสู่ระดับต่ำสุด ซึ่งเป็นค่าน้ำหนักของทางเลือกภายใต้วัตถุประสงค์ของปัญหา ทั้งนี้ค่าน้ำหนักรวมของปัจจัยเป็นผลรวมจากผลคูณค่าน้ำหนักแต่ละตัวของปัจจัยภายใต้ปัจจัยหนึ่งๆ ในระดับถัดขึ้นมาด้วย ค่าน้ำหนักรวมของปัจจัยตัวเดียวกันในระดับถัดขึ้นมา ตัวอย่างปัญหาลำดับชั้นสามระดับ แสดงไว้ในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างปัญหาลำดับชั้น 3 ระดับ

เกณฑ์การตัดสินใจ ทางเลือก	ปัจจัย 1	ปัจจัย 2	ปัจจัย 3	น้ำหนักรวม
	W_1^0	w_2^0	w_3^0	
A_1	$w_1^f 1$	$w_1^f 2$	$w_1^f 3$	$\sum_{j=1}^{n} w_j^0 * w_1^f j$
A_2	$w_2^f 1$	$w_2^f 2$	$w_2^f 3$	$\sum_{j=1}^{n} w_j^0 * w_2^f j$
A_3	$w_3^f 1$	$w_3^f 2$	$w_3^f 3$	$\sum_{j=1}^{n} w_j^0 * w_3^f j$

2.1.2 พื้นฐานทางทฤษฎีของไอเกนเวคเตอร์

สมมติให้

$C_1, C_2, \ldots, C_n$ เป็นปัจจัยหรือทางเลือกต่างๆที่กำลังพิจารณาในระดับชั้นใดชั้นหนึ่ง

ค่า a_{ij} จะเป็นค่าความสำคัญของปัจจัย j ภายใต้ปัจจัยหนึ่งที่กำลังพิจารณาในระดับถัดขึ้นมา ซึ่งสามารถนำมาเขียนให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ได้โดยที่

$$A = (a_{ij}) \qquad \ldots..(2.3)$$

และ $$a_{ij} = 1/a_{ji} \qquad \ldots..(2.4)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าความสำคัญที่อยู่ในเมตริกซ์ (a_{ij}) สามารถที่จะใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาการตัดสินใจได้ก็ต่อเมื่อ

$a_{ik} = a_{ij} * a_{jk}$ สำหรับ I, j และ k ทั้งหมด .....(2.5)

โดยเรียกรูปแบบของเมตริกซ์นี้ว่า เมตริกซ์สอดคล้อง (Consistency Matrix) และจากที่เมตริกซ์ของค่าความสำคัญเป็นเมตริกซ์สอดคล้อง จะได้ว่า ค่า a_{ij} เป็นผลมาจากค่าน้ำหนักของปัจจัยที่นำมาเปรียบเทียบกัน นั่นคือ

$a_{ij} = w_i / w_j$ โดยที่ I, j = 1, 2, …., n .....(2.6)

$a_{ij} * a_{jk} = (w_i / w_j) * (w_j / w_k) = w_i / w_k = a_{ik}$ .....(2.7)

และ $a_{ji} = w_j / w_I = 1 / (w_i / w_j) = 1 / a_{ij}$ .....(2.8)

พิจารณาในกรณีที่ A เป็นเมตริกซ์สอดคล้อง

$A * x = y$ โดยที่ $x=(x_1, x_2, …., x_n)$,$y=(y_1, y_2, …., y_n)$ .....(2.9)

นั่นคือ

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_i = y_i$$

โดยที่ i = 1, 2, …., n .....(2.10)

และจากสมการ (2.6)

$a_{ij} * w_j / w_i = 1$ โดยที่ i, j= 1, 2, ….., n .....(2.11)

ดังนั้น

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} w_j / w_i = n$$

โดยที่ i = 1, 2, …., n .....(2.12)

หรือ

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} w_j = n * w_i$$

โดยที่ i = 1, 2, …., n .....(2.13)

นั่นคือ

$A * W = n * W$ .....(2.14)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากสมการ (2.14) ตามทฤษฎีเมตริกซ์แสดงให้เห็นได้ว่า n และ W เป็นค่าไอเกน (Eigenvalue) และ ไอเกนเวคเตอร์ (Eigenvector) ของเมตริกซ์ตามลำดับ สามารถเขียนสมการ (2.14) ให้อยู่ในรูปแบบเต็มได้เป็น

$$\begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & . & w_1w_n \\ w_2/w_1 & . & . & . \\ . & . & . & . \\ w_n/w_1 & . & w_n/w_2 & w_n/w_n \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ . \\ w_n \end{bmatrix} = n * \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ . \\ w_n \end{bmatrix}$$

ในทางปฏิบัติค่า a_{ij} เป็นค่าความสำคัญ ที่ได้จากการใช้วิจารณญาณของผู้ตัดสินใจ เปรียบเทียบปัจจัยหรือทางเลือก I กับ j ภายใต้ปัจจัยหนึ่งในระดับถัดไป ดังนั้นค่า a_{ij} ที่ได้อาจเบี่ยงเบนไปจากค่าที่ควรจะเป็นตามทฤษฎี มีผลทำให้สมการ (2.14) ไม่เป็นจริง ในกรณีดังกล่าวนี้สามารถนำหลักการของทฤษฎีเมตริกซ์ มาช่วยในการวิเคราะห์หาค่าความสอดคล้องของข้อมูลในเมตริกซ์ที่พิจารณา กล่าวคือ

1. จากความจริงที่ว่าถ้า $\lambda_1, \lambda_2, \ldots\ldots, \lambda_n$ เป็นค่าที่เหมาะสมของสมการ

$$A * X = \lambda * X \qquad \text{.....(2.15)}$$

นั่นคือ λ_n จะเป็นค่าไอเกนของเมตริกซ์ A และถ้า $a_{ii} = 1$ สำหรับทุกๆ i จะได้ว่า

$$\sum_{i=1}^{n} \lambda_i = n \qquad \text{.....(2.16)}$$

ดังนั้นสมการ (2.14) จะเป็นจริงได้ก็ต่อเมื่อทุกๆ ค่าไอเกนเป็นศูนย์ ยกเว้นค่าหนึ่งซึ่งมีค่าเท่ากับ $n(\lambda_{max})$

2. ในกรณีที่ค่า a_{ij} ของเมตริกซ์ A ซึ่งเป็นเมตริกซ์ส่วนกลับ (Reciprocal Matrix) มีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ค่าไอเกนของเมตริกซ์ A ก็จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยด้วยเช่นกัน

ดังนั้นจากความจริงดังกล่าวข้างต้น ถ้า a_{ij} ของเมตริกซ์ A เท่ากับ 1 สำหรับทุกๆ i และเมตริกซ์ A เป็นเมตริกซ์ส่วนกลับ ค่า a_{ij} ที่เปลี่ยนไปเล็กน้อยจะไม่มีผลทำให้ค่า λmax เปลี่ยน

แปลงจากค่า n มากนัก และค่าไอเกนที่เหลือก็ยังคงมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ สำหรับการวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักของปัจจัยหรือทางเลือกจากเมตริกซ์ ที่ได้จากการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยหรือทางเลือกต่างๆ ในระดับเดียวกัน จะได้จาก

$$A * W = \lambda_{max} * W \qquad .....(2.17)$$

และค่าที่เป็นตัวชี้ค่าความเบี่ยงเบนของ λ_{max} ไปจาก n จะเท่ากับ

$$\text{ดัชนีความสอดคล้อง (C.I.)} = (\lambda_{max} - n) / (n-1) \qquad .....(2.18)$$

ค่าความสำคัญที่ได้จากการเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ ในระดับเดียวกัน สามารถนำไปเป็นข้อมูลที่ใช้เป็นเกณฑ์การตัดสินปัญหาได้ก็ต่อเมื่อ ค่าอัตราส่วนความสอดคล้องมีค่าน้อยกว่า 0.1 ทั้งนี้

$$\text{อัตราส่วนความสอดคล้อง (C.R.)} = C.I. / R.I. \qquad .....(2.19)$$

โดยที่ดัชนีเชิงสุ่ม (Random Index, R.I.) เป็นค่าดัชนีความสอดคล้อง ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างของเมตริกซ์ส่วนกลับ ที่ใช้เกณฑ์มาตรฐานของค่าความสำคัญอยู่ระหว่าง 1-9 สำหรับค่าเฉลี่ยของดัชนีเชิงสุ่มที่ได้จากการทดลองในแต่ละมิติของเมตริกซ์ n = 1 ถึง 10 แสดงไว้ในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ค่าเฉลี่ยของดัชนีเชิงสุ่ม ที่ได้จากการทดลองในแต่ละมิติของเมตริกซ์ n * n

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.3 ตัวอย่างการตัดสินใจโดยวิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

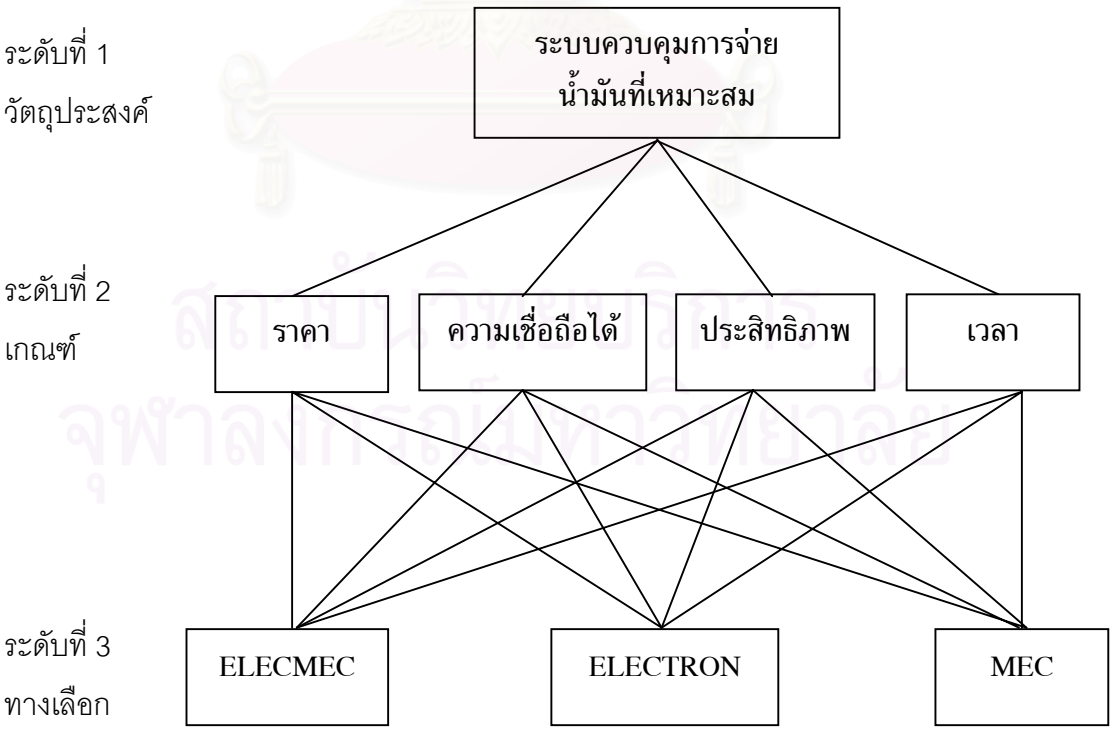
<u>ตัวอย่าง</u> วิศวกรต้องการเลือกระบบควบคุมการจ่ายน้ำมัน สำหรับเครื่องยนต์เครื่องบิน โดยมีทางเลือกให้เลือก 3 แนวทาง คือ

1. Mechanical (MEC)
2. Electromechanical (ELECMEC)
3. Electronic (ELECTRON)

สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาประกอบด้วย 4 เกณฑ์ คือ

1. ราคา
2. เวลา
3. ความเชื่อถือได้
4. ประสิทธิภาพ

เราสามารถเขียนโครงสร้างลำดับชั้นได้ ดังนี้



สำหรับในการประเมินผลเพื่อน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเกณฑ์เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ตัวอื่น จะใช้คำถามในลักษณะเชิงเปรียบเทียบ เช่น คุณคิดว่าความสำคัญของการที่ได้ราคาต่ำเป็นเท่าไร เมื่อเปรียบเทียบกับการที่จะเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบให้สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบเกณฑ์แต่ละคู่ (คะแนนความสำคัญดูได้จากตารางที่ 2.2) ก็นำมาสร้างเป็นตารางเปรียบเทียบเป็นคู่ ๆ ได้ ดังนี้

	ราคา	ความเชื่อถือได้	ประสิทธิภาพ	เวลา
ราคา	1	1/4	1/3	4
ความเชื่อถือได้	4	1	3	6
ประสิทธิภาพ	3	1/3	1	4
เวลา	1/4	1/4	1/6	1

จากตารางเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ เราจะสามารถหาน้ำหนัก (จากไอเกนเวคเตอร์) และอัตราส่วนความสอดคล้องได้ คือ

$$W = \begin{bmatrix} 0.143 \\ 0.535 \\ 0.263 \\ 0.059 \end{bmatrix}$$

, CR = 0.078 (สำหรับอัตราส่วนความสอดคล้องที่จะยอมรับได้จะต้องต่ำกว่า 0.1 ลงมา

ขั้นต่อมา คือการทำการเปรียบเทียบเป็นคู่ ของระบบควบคุมเชื้อเพลิงตามเกณฑ์ต่างๆ ที่กำหนด

<u>พิจารณาความเชื่อถือได้</u>

	MEC	ELECMEC	ELECTRONC
MEC	1	1	1/3
ELECMEC	1	1	1/2
ELECTRONC	3	2	1

ได้ CR = 0.016 $W = \begin{bmatrix} 0.210 \\ 0.240 \\ 0.550 \end{bmatrix}$

ในทำนองเดียวกันกับความเชื่อถือได้ เมื่อทำการเปรียบเทียบเป็นคู่ต่อเกณฑ์ที่เหลืออีก 3 เกณฑ์ เราสามารถสร้างเมตริกซ์ ได้ดังนี้

	MEC	ELECMEC	ELECTRON
ราคา	0.544	0.278	0.178
ความเชื่อถือได้	0.210	0.240	0.550
ประสิทธิภาพ	0.075	0.183	0.742
เวลา	0.458	0.416	0.216

ในที่สุดทางเลือกที่ดีที่สุดจะได้จากการพิจารณาจากลำดับความสำคัญของเกณฑ์และน้ำหนักของแต่ละทางเลือก ดังนี้

	ราคา	ความเชื่อถือได้	ประสิทธิภาพ	เวลา
MEC	0.544	0.210	0.075	0.458
ELECMEC =	0.278	0.240	0.183	0.416
ELECTRON	0.178	0.550	0.740	0.126

$$(0.143)\begin{bmatrix} 0.544 \\ 0.278 \\ 0.178 \end{bmatrix} + (0.535)\begin{bmatrix} 0.210 \\ 0.240 \\ 0.550 \end{bmatrix} + (0.263)\begin{bmatrix} 0.075 \\ 0.183 \\ 0.740 \end{bmatrix} + (0.059)\begin{bmatrix} 0.458 \\ 0.416 \\ 0.126 \end{bmatrix}$$

จากคะแนนที่ได้จะเห็นว่าทางเลือกที่ดีที่สุด คือ ระบบควบคุมแบบอิเลคทรอนิค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.4 การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์กับงานด้านต่าง ๆ

จากการนำไมโครคอมพิวเตอร์เข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนากระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ส่งผลให้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง และมีประสิทธิภาพ ในการวิเคราะห์ปัญหาการตัดสินใจแบบอเนกวัตถุประสงค์ (Multiple Objective Decision Problem) จากผลการศึกษาของ SHIM (1989) พบว่าจำนวนของการศึกษา การนำกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์มาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ จนถึงปี ค.ศ. 1988 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 จำนวนบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารต่าง ๆ จนถึงปี ค.ศ. 1988

	ก่อน ค.ศ. 1980	1981- 1985	1986 - 1988
จำนวนบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารต่าง ๆ	21	53	49

จากจำนวนบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารต่างๆ ที่แสดงในตารางที่ 2.5 เป็นรูปแบบปัญหาที่ศึกษาเพื่อนำกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์มาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 จำนวนประเภทของงานที่ได้ศึกษาการใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์มาวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ

รูปแบบของปัญหา	จำนวนประเภทงาน
1. การวิเคราะห์การตัดสินใจ (Decision Analysis)	9
2. การเงิน (Finance)	9
3. การทำนาย (Forcasting)	4
4. การวิจัยพัฒนาและการเลือกโครงการ(R&D And Project Selection)	3
5. การตลาด (Marketing)	3
6. การวางแผน (Planning)	2
รวม	31

ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างบทความที่ได้ศึกษาการนำกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์มาประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ

SAATY (1979) กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ จะช่วยผู้ตัดสินใจในการแก้ปัญหาอันซับซ้อน ทางด้านเศรษฐศาสตร์ การเมือง ธรรมชาติ และอื่น ๆ โดยอาศัยกระบวนการวัดภายใต้การจัดลำดับชั้น โครงสร้าง และแบบจำลองเชิงป้อนกลับ และความผสมผสานของกลวิธีทางคณิตศาสตร์เข้ากับการตัดสินใจ

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เป็นทฤษฎีทั่วไปของการวัด ซึ่งใช้เพื่อคิดหาอัตราส่วนจากการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ (Pair Comparison) ทั้งในเชิง Discrete และ Contineous การเปรียบเทียบดังกล่าวอาจมาจากการวัดจริง หรือจากมาตราส่วนพื้นฐาน ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงระดับความเข้มของน้ำหนัก ความสัมพันธ์ของความรู้สึกกับความชื่นชอบ กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์มีคุณสมบัติพิเศษในเรื่องการวัดความสอดคล้อง ในแต่ละกลุ่มในโครงสร้างกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เป็นวิธีที่มีการประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง ในการแก้ปัญหาทางด้านการตัดสินใจพหุเกณฑ์ การวางแผน และในปัญหาข้อขัดแย้งต่างๆ กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ถูกแสดงว่าเป็นวิธีที่เหมาะสมและได้ผลให้เกิดมุมมองปัญหาในแง่มุมใหม่ๆ อาทิเช่น ปัญหาทางสังคม การเมือง การเงิน การตลาด และการพยากรณ์ทางด้านเศรษฐศาสตร์มหภาค

WIND และ SAATY (1980) ศึกษาการประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์มาใช้ในงานด้านการตลาด เนื้อหาของการศึกษากล่าวถึง กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์โดยย่อรวมทั้งสรุปความในการประยุกต์ใช้เทคนิคนี้ออกเป็น 8 ส่วน ทั้งนี้มีเหตุผลที่ได้ทำการศึกษาเนื่องจากจะใช้เป็นตัวอย่างหนึ่งของการประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในงานด้านต่างๆเนื้อหาของการศึกษาครอบคลุมถึง

1. การตัดสินใจของผู้บริหาร ในการวางนโยบายเพื่อที่จะบรรลุเป้าหมาย
2. กำหนดทิศทางสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่
3. ก่อกำเนิดและประเมินกลยุทธ์ที่ใช้ในการตลาด

RAMANUJAM และ SAATY (1981) นำกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในฐานะที่เป็นเทคนิครูปแบบใหม่มาใช้ในงานทางด้านวางแผนและประเมินค่าโดยศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีในประเทศกำลังพัฒนา ที่กำลังเผชิญกับระบบเศรษฐกิจ สังคม และการ

เมืองในปัจจุบัน ซึ่งเทคนิคนี้สามารถช่วยประเมิน และเลือกเทคโนโลยีที่จะนำเข้ามาอย่างเหมาะสม สำหรับประเทศนั้นๆ

EMSHOFF และ SAATY (1982) กล่าวถึง แนวทางในการวางแผนระยะยาวโดยพิจารณาทั้งภายใต้สถานภาพที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน เพื่อที่จะไปสู่สถานภาพที่ต้องการเป็นในอนาคต และสถานภาพที่ต้องการเป็นในอนาคตแล้วพิจารณาย้อนกลับลงมา การพิจารณาจะกระทำซ้ำๆ กันจนกระทั่งทั้งสองกรณีมีความสอดคล้องกัน วิธีการที่กล่าวมาข้างต้นนี้สามารถนำกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์มาประยุกต์ใช้ ช่วยให้การวิเคราะห์ทำได้ง่ายขึ้น

ARBEL (1984) เสนอวิธีการใหม่ในการเลือกระบบไมโครคอมพิวเตอร์โดยที่วิธีการใหม่นี้มีพื้นฐานมาจากการนำกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์มาประยุกต์ใช้ในการจัดรูปแบบโครงสร้าง และวิเคราะห์ปัญหาที่ซับซ้อนนี้

ARBEL (1987) ไดตัดสินใจนำผลิตภัณฑ์ตัวหนึ่งซึ่งเป็นเทคโนโลยีชั้นสูงเข้าสู่ตลาดที่มีการแข่งขันกันทางด้านเทคโนโลยี ซึ่งเป็นการตัดสินใจในขั้นนโยบายหลักของบริษัท เพราะจะมีผลกระทบต่อบริษัทในระยะยาว ทั้งนี้ในการวิเคราะห์เลือกแนวทางในการตัดสิน ได้นำกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์มาประยุกต์ใช้ เพื่อเลือกแนวทางที่เหมาะสม

LIBERATORE (1987) ศึกษาการวิเคราะห์เลือกโครงการ และวิธีในการจัดสรรทรัพยากรในฐานะปัญหาการตัดสินใจพหุเกณฑ์ ภายใต้การวางแผนระยะยาวของบริษัท ในการศึกษาได้ประยุกต์ใช้ กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ สำหรับการพิจารณาตัดสินใจเลือกโครงการ และ การจัดอันดับความสำคัญของทางเลือกในโครงการ ในขณะที่การวิเคราะห์ผลประโยชน์ และต้นทุน นำมาใช้วิเคราะห์การตัดสินใจทางด้านการจัดสรรทรัพยากรในโรงงานอุตสาหกรรม

NAM IN–SUK (1990) นำกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ หาแนวทางเลือกของเทคโนโลยี ในโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลของประเทศเกาหลี รูปแบบการวิเคราะห์จะพิจารณาถึงการประเมินค่าของปัจจัยต่าง ๆ ภายใต้ปัจจัยในระดับที่สูงกว่า ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงแนวทางที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาโรงงานอุตสาหกรรมของประเทศกำลังพัฒนา

เกษมศักดิ์ มิตรเกษม (2536) กล่าวถึง การศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิคกระบวนการกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงาน ช่วยให้ผู้ตัดสินใจสามารถ

แยกแยะความสำคัญของปัจจัย ที่ใช้เป็นเกณฑ์การตัดสินใจ และความเหมาะสมของทำเลที่เป็นแนวทางเลือกภายใต้ปัจจัยหนึ่ง ๆ ได้อย่างเด่นชัด โดยพิจารณาเปรียบเทียบปัจจัย หรือแนวทางเลือกเป็นคู่ๆ นอกจากนี้แล้ว เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ยังสามารถตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูล โดยใช้หลักการของค่าไอเกนมาช่วยในการวิเคราะห์ ที่ทำให้ผลที่ได้เป็นข้อสรุปที่สะท้อนแนวความคิดที่แท้จริงของผู้ตัดสินใจ

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์เป็นเทคนิคที่ใช้การจัดการรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ และวิเคราะห์หาแนวทางเลือกที่เหมาะสมในปัญหาการตัดสินใจที่ซับซ้อน โดยการสร้างรูปแบบปัญหาให้เป็นโครงสร้างลำดับชั้น และนำข้อมูลที่ได้จากความคิดเห็นของผู้ตัดสินใจมาวิเคราะห์หาบทสรุปของแนวทางเลือกที่เหมาะสมการดำเนินการของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ประกอบด้วยหลักการสำคัญสามประการคือ หลักการสร้างรูปแบบปัญหา หลักการใช้ดุลยพินิจเชิงเปรียบเทียบ และหลักการวิเคราะห์ความสำคัญก่อนหลัง นอกจากนี้เพื่อประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ปัญหา กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ได้นำทฤษฎีไอเกนเวคเตอร์ มาช่วยตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจ โดยใช้คุณสมบัติของเมตริกซ์สอดคล้องและเมตริกซ์ส่วนกลับ วิเคราะห์หาค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง ซึ่งเป็นค่าที่ชี้ให้เห็นความสอดคล้องของข้อมูล

จากการนำไมโครคอมพิวเตอร์เข้ามามีส่วนช่วยในการพัฒนากระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ส่งผลให้ กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง และมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ปัญหาการตัดสินใจทางด้านต่าง ๆมากมาย ไม่ว่าจะเป็นการวางแผนระบบขนส่ง การวางแผนการตลาด การวางแผนการดำเนินการของบริษัทและอื่นๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การลงทุนสำหรับการเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์และประหยัดพลังงานสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม คือ ค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการในการเลือกใช้อุปกรณ์ปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งอาจจะต้องมีการลงทุนเลือกใช้อุปกรณ์ที่ช่วยในการควบคุมการทำงานที่ช่วยให้การจัดการระบบในขณะใช้งานง่ายขึ้น หรือเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีคุณภาพดีขึ้นซึ่งมีความน่าเชื่อถือ (Reliability) สูงขึ้น เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการใช้งาน และการบำรุงรักษาในขณะใช้งานให้ต่ำลง ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้อาจมีราคาสูงกว่าระบบทั่วไป โดยที่ผลตอบแทนที่จะได้ในที่นี้ คือการประหยัดพลังงานที่ใช้, ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และ ค่าใช้จ่ายในการจัดการ ในระบบปรับอากาศของค่าไฟฟ้า และค่าจ้างช่าง เป็นต้น

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ จะพิจารณา 2 ส่วน ดังนี้

2.2.1 งบลงทุน

2.2.2 วิธีวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

2.2.1 **งบลงทุน**

งบลงทุน (Capital Budget) หมายถึง กระบวนการวิเคราะห์ และตัดสินใจการลงทุนของโครงการต่างๆ ที่จะให้ผลประโยชน์ตอบแทนในอนาคต โดยมีรายละเอียดของโครงการและแสดงการประมาณกระแสเงินสดรับและจ่ายในอนาคตด้วย

การตัดสินใจลงทุนเป็นการตัดสินใจขั้นพื้นฐานที่มีความสำคัญที่สุดของธุรกิจว่าธุรกิจจะประสบความสำเร็จหรือล้มเหลว เพราะการตัดสินใจดังกล่าวต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมาก จึงเกิดความเสี่ยงทางธุรกิจสูง แต่ผลตอบแทนจะค่อยๆทยอยเข้ามาในอนาคตเป็นกระแสเงินสดรับที่ประมาณได้ในแต่ละปี จะเห็นได้ว่า ความสำเร็จในอนาคตขึ้นอยู่กับการตัดสินใจในปัจจุบัน ตัวอย่างของงบลงทุน เช่น การลงทุนในสินทรัพย์ประเภทเครื่องจักร อุปกรณ์ อาคารโรงงาน การลงทุนจัดหาสินทรัพย์ใหม่ทดแทนสินทรัพย์เก่า การลงทุนในผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ การวิจัยและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่หรือแผนงานใหม่ เป็นต้น

การวิจัยโครงการลงทุน จะมี 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การรวบรวมโครงการลงทุน เป็นโครงการลักษณะใด มีอายุโครงการกี่ปี ผลตอบแทนที่จะได้รับ เงินลงทุนครั้งแรกเป็นจำนวนเท่าใด เป็นต้น
2. การประมาณกระแสเงินสดรับของแต่ละโครงการ
3. การประเมินโครงการลงทุน
4. การตัดสินใจเลือกโครงการที่ให้ผลตอบแทนที่ดีที่สุด
5. ติดตามประเมินผลโครงการที่ได้ตัดสินใจไปแล้ว

การประเมินโครงการลงทุน เป็นขั้นตอนที่ทำต่อจากการประมาณกระแสเงินสดโครงการ การประเมินโครงการลงทุนในส่วนนี้จะอยู่ภายใต้ความเสี่ยงทางธุรกิจที่แน่นอน เครื่องมือใช้ประเมินโครงการมี 5 วิธี ดังนี้

2.2.1.1. อัตราผลตอบแทนถัวเฉลี่ย (Average rate of return)

2.2.1.2. งวดเวลาได้ทุนคืน (Payback period)

2.2.1.3. อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal rate of return)

2.2.1.4. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value)

2.2.1.5. ดัชนีการทำกำไร (Profitability index)

2.2.1.1. **อัตราผลตอบแทนถัวเฉลี่ย** (Average rate of return : ARR)

อัตราผลตอบแทนถัวเฉลี่ย เป็นอัตราส่วนระหว่าง กำไรสุทธิหลังหักภาษีถัวเฉลี่ย กับ เงินลงทุนของโครงการถัวเฉลี่ย

$$\text{อัตราผลตอบแทนถัวเฉลี่ย} = \frac{\text{กำไรสุทธิหลังหักภาษีเฉลี่ยต่อปี}}{\text{เงินลงทุนถัวเฉลี่ย}}$$

$$\text{เงินลงทุนถัวเฉลี่ย} = \frac{\text{(เงินลงทุนเริ่มแรก - มูลค่าซาก)}}{2}$$

เกณฑ์การตัดสินใจ

- กรณีอัตราผลตอบแทนถัวเฉลี่ยที่คำนวณได้ มากกว่าหรือเท่ากับ อัตราผลตอบแทนที่ต้องการจะยอมรับโครงการ
- กรณีอัตราผลตอบแทนถัวเฉลี่ยที่คำนวณได้ ต่ำกว่า อัตราผลตอบแทนที่ต้องการจะปฏิเสธโครงการ

2.2.1.2. **งวดเวลาได้ทุนคืน** (Payback period : PB)

งวดเวลาได้ทุนคืน หมายถึง ระยะเวลาของการได้รับคืนทุนจากเงินสดที่จะได้รับในอนาคตเท่ากับเงินลงทุนเริ่มแรกของโครงการพอดี นั่นคือ หาระยะเวลาของกระแสเงินสดรับ (Cash inflow) เท่ากับกระแสเงินสดจ่าย (Cash outflow) ของโครงการ

เกณฑ์การตัดสินใจ

- พิจารณาว่า โครงการใดให้ผลตอบแทนในรูปเงินสดกลับคืนมา เท่ากับ เงินที่ลงทุนไปได้เร็วกว่า หรือ เท่ากับ ระยะเวลาที่กำหนดไว้ จะตัดสินใจยอมรับโครงการ แต่ถ้าช้ากว่ากำหนดก็จะปฏิเสธโครงการ
- กรณีมีโครงการให้เลือกหลายโครงการ จะพิจารณา เลือกโครงการที่ให้งวดเวลาได้ทุนคืนเร็วที่สุด

การคำนวณงวดเวลาได้ทุนคืน แบ่งเป็น 2 กรณี

1. กรณีเงินสดรับเข้าจากการลงทุนเท่ากันทุกปี

$$\text{งวดเวลาได้ทุนคืน} = \frac{\text{เงินลงทุนเริ่มแรก}}{\text{เงินสดรับสุทธิต่อปี}}$$

2. กรณีเงินสดรับเข้าจากการลงทุนแต่ละปีไม่เท่ากัน การคำนวณหางวดเวลาได้ทุนคืนจะพิจารณาจากยอด เงินสดรับเข้าสะสมให้เท่ากับเงินลงทุนเริ่มแรก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.1.3. **อัตราผลตอบแทนการลงทุน** (Internal rate of return : IRR)

อัตราผลตอบแทนการลงทุน หมายถึง การคำนวณหาอัตราผลตอบแทนของเงินลงทุนที่มีผลทำให้มูลค่าปัจจุบันของเงินสดที่ได้รับในอนาคต เท่ากับเงินลงทุนที่จ่ายในปัจจุบัน นั่นคือ มูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของเงินสดจ่าย โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$C = \sum_{t=1}^{n} \frac{A_t}{(1+r)^t}$$

กำหนดให้

C = เงินลงทุนเริ่มแรก หรือเงินลงทุนที่จ่ายในปัจจุบัน

A_t = เงินสดรับในแต่ละปี

n = อายุโครงการ

t = ระยะเวลาที่ได้รับผลตอบแทนเริ่มตั้งแต่ปีที่ 1 จนถึงปีที่ n

r = อัตราผลตอบแทนการลงทุน

เกณฑ์การตัดสินใจ

- กรณีอัตราผลตอบแทนการลงทุนที่คำนวณได้ มากกว่าหรือเท่ากับ อัตราผลตอบแทนที่ต้องการจะยอมรับโครงการ
- กรณีอัตราผลตอบแทนการลงทุนที่คำนวณได้ น้อยกว่า อัตราผลตอบแทนที่ต้องการจะปฏิเสธโครงการ

2.2.1.4. **มูลค่าปัจจุบันสุทธิ** (Net present value : NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ หมายถึง การหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ โดยการเปรียบเทียบระหว่าง มูลค่าปัจจุบันของเงินสดที่จะได้รับในอนาคต กับเงินลงทุนที่จ่ายในปัจจุบัน

NPV = มูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับ - มูลค่าปัจจุบันของเงินสดจ่าย

$$= \sum_{t=1}^{n} \frac{A_t}{(1+k)^t} - C$$

กำหนดให้

C = เงินลงทุนเริ่มแรก หรือเงินลงทุนที่จ่ายในปัจจุบัน

A_t = เงินสดรับในแต่ละปี

n = อายุโครงการ

t = ระยะเวลาที่ได้รับผลตอบแทนเริ่มตั้งแต่ปีที่ 1 จนถึงปีที่ n

k = อัตราผลตอบแทนที่ต้องการ

เกณฑ์การตัดสินใจ

- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 จะตัดสินใจยอมรับโครงการ
- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ มีค่าน้อยกว่า 0 จะตัดสินใจปฏิเสธโครงการ

2.2.1.5. **ดัชนีการทำกำไร** (Profitability index : PI)

ดัชนีการทำกำไร เป็นอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับกับมูลค่าปัจจุบันของเงินสดจ่ายในโครงการลงทุนนั้น

$$\text{ดัชนีการทำกำไร} = \frac{\text{มูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับ}}{\text{มูลค่าปัจจุบันของเงินสดจ่าย}}$$

$$= \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{A_t}{(1+k)^t}}{C}$$

เกณฑ์การตัดสินใจ

- ดัชนีการทำกำไร มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1 จะตัดสินใจยอมรับโครงการ
- ดัชนีการทำกำไร มีค่าน้อยกว่า 1 จะตัดสินใจปฏิเสธโครงการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การประเมินโครงการลงทุนต้องอาศัยเครื่องมือที่ใช้ประเมินโครงการทั้ง 5 วิธี ดังกล่าวเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ ในกรณีที่มีหลายโครงการให้เลือก ควรจะจัดอันดับโครงการจากเครื่องมือที่ใช้ประเมินโครงการเพื่อให้การตัดสินใจไม่ผิดพลาด และเครื่องมือที่ใช้ประเมินโครงการที่คำนึงถึงมูลค่าปัจจุบันของเงินสดที่ได้รับในอนาคตเป็นเครื่องมือที่ใช้ประเมินโครงการที่ดีที่สุด เมื่อผู้บริหารได้ตัดสินใจดำเนินโครงการใดๆ แล้วจำเป็นต้องวางแผนทางการเงินโดยการจัดทำงบประมาณต่างๆ เพื่อควบคุมและประเมินผลโครงการที่ได้ตัดสินใจไปแล้วด้วย

การลงทุนสำหรับการเลือกใช้ระบบ คือ ค่าใช้จ่ายต่างๆในการเลือกระบบแบบต่างๆ สำหรับติดตั้งในโครงการ

โดยที่จะพิจารณาเป็น 2 ส่วน คือ

1. การลงทุนในการติดตั้งระบบ
2. การประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้งานระบบ

2.2.2. **วิธีวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม**

การประเมินระบบแบบต่างๆ จะใช้วิธีวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เป็นตัวประเมินว่าแต่ละระบบมีศักยภาพเพียงใด ซึ่งวิธีการวิเคราะห์โดยทั่วไป ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return) Net Present Value (NPV) และ Benefit-Cost Ratio (B / C) เป็นต้น

2.2.2.1 **ระยะเวลาคืนทุน** (Pay Back Period ; n)

ระยะเวลาคืนทุน คือ เวลาที่ต้องการเพื่อให้การลงทุนเริ่มต้นได้รับการคืนทุน โดยสามารถแยกพิจารณาได้ 2 ส่วน คือ

1. การลงทุนติดตั้งระบบ
2. การประหยัดเงินค่าใช้จ่ายในการใช้งานระบบ

สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$TC \times CRF = \text{Net Money}$$

$$CRF = [i\{1+i\}^n / ((1+i)^n-1\}]$$

เมื่อ

TC = Total Cost of The System

CRF = Capital Recovery Factor

i = Annual Rate of Interest

n = Pay Back Period

ระยะเวลาคืนทุนหาได้จากการสมมุติค่าอัตราดอกเบี้ย (i) แล้วหาค่าระยะเวลาคืนทุน (n)

2.2.2.2 **อัตราผลตอบแทนการลงทุน** (Internal Rate of Return ; irr)

อัตราผลตอบแทนการลงทุน เป็นอัตราการประเมินผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการลงทุน สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$TC \times CRF = \text{Net Money}$$

$$CRF = [irr\{1+irr\}^n / ((1+irr)^n-1\}]$$

เมื่อ

TC = Total Cost of The System

CRF = Capital Recovery Factor

irr = อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return)

n = ระยะเวลาที่ประเมิน (Life Time)

อัตราผลตอบแทนการลงทุนหาได้โดยการสมมุติค่าระยะเวลาที่ประเมิน (n) แล้วทำการหา ค่าผลตอบแทนการลงทุน (irr)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.2.3 **ค่าเงินต้นเทียบเท่าที่ปีปัจจุบัน** (Net Present Value ; NPV)

ค่าเงินต้นเทียบเท่าที่ปีปัจจุบัน คือ มูลค่าเทียบเท่าของเงินลงทุน และค่าใช้จ่ายที่ประเมินโดยวิธีการเปรียบเทียบเป็นค่าเงินต้นปัจจุบัน (Present Worth) โดยสามารถแยกพิจารณาได้ 2 ส่วน คือ

1. ค่าเงินต้นเทียบเท่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายประจำปี

สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$P = A * SPWF$$

2. ค่าเงินต้นเทียบเท่าปัจจุบันของเงินลงทุนในอนาคต

สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$P = F * PWF$$

เมื่อ

P = Present Sum or Present Worth

A = Annual Payment or Annuity

F = Future Sum

SPWF = Uniform Series Present Worth Factor

PWF = Single Payment Present Worth Factor

ในการตัดสินใจนั้นจะพิจารณาเลือกโครงการต่างๆ ที่เหมาะสมที่สุดซึ่งมีค่าเงินต้นเทียบเท่าที่ปีปัจจุบันของเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายที่ประเมินไว้ในโครงการที่มีค่าน้อยที่สุด

การเปรียบเทียบโครงการหรือแผนการต่างๆ มีหลายลักษณะ ดังนี้

ก. การเปรียบเทียบแผนการต่างๆ โดยค่าเงินต้นเทียบเท่าปัจจุบัน ซึ่งแผนการที่นำมาเปรียบเทียบมีรายละเอียดของค่าใช้จ่ายประจำปีของแต่ละแผนการอยู่ในลักษณะคงที่ และเท่ากันตลอด

ข. การเปรียบเทียบแผนการต่างๆที่มีรายการค่าใช้จ่ายอยู่ในลักษณะไม่สม่ำเสมอ ซึ่งแผนการที่นำมาเปรียบเทียบมีรายละเอียดของค่าใช้จ่ายประจำปีของแต่ละแผนการอยู่ในลักษณะไม่คงที่ หรือคงที่เป็นช่วงๆ ตามระยะเวลา แต่อายุการใช้งานของแต่ละแผนการเท่ากัน

ค. การเปรียบเทียบแผนการซึ่งมีอายุการใช้งานต่างกัน โดยแผนการที่นำมาเปรียบเทียบมีอายุการใช้งานไม่เท่ากัน โดยการคิดค่าเทียบเท่าเป็นเงินต้นที่ปัจจุบันนั้นต้องหาระยะเวลาที่จะทำการเปรียบเทียบ (Study Period) ก่อนคำนวณค่าเงินต้นเทียบเท่าปัจจุบันของแต่ละแผนการ และต้องใช้สมมุติฐานที่ว่าค่าใช้จ่าย และราคามีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาที่พิจารณาด้วย

2.2.2.4 **อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน** (Benefit-Cost Ratio; B/C)

อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน เป็นค่าอัตราส่วนที่ใช้เพื่อการตัดสินใจระหว่างโครงการต่างๆ โดยประเมินโครงการจากอัตราของผลประโยชน์ (Benefit) ที่จะได้รับจากโครงการต่อเงินลงทุน (Cost) สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$R = B / C$$

เมื่อ

R = Benefit - Cost Ratio

B = มูลค่าของผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ (Benefit)

C = มูลค่าของเงินลงทุน (Cost)

ในการตัดสินใจนั้น จะพิจารณาเลือกโครงการต่างๆ ที่มีค่าอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนมากกว่าหนึ่ง หรือผลประโยชน์ที่ได้รับต้องมีค่ามากกว่าเงินที่ลงทุนไป

การเปรียบเทียบเพื่อตัดสินใจเลือกโครงการจากหลายๆโครงการนั้นต้องใช้ค่าอัตราส่วนของผลประโยชน์เพิ่ม (Benefit) ต่อเงินลงทุนเพิ่ม โดยที่โครงการที่นำมาพิจารณาเลือกนั้นต้องมีค่าอัตราส่วนของผลประโยชน์เพิ่ม ต่อเงินลงทุนเพิ่มมากที่สุด และต้องมีค่ามากกว่าหนึ่งด้วย

บทที่ 3
ข้อมูลทางเทคนิค

การเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่มีความเหมาะสม เพื่อการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงานนั้นจะต้องมีการวิเคราะห์ และตัดสินใจภายใต้ปัจจัยด้านการอนุรักษ์พลังงาน ควบคู่กับปัจจัยด้านวิศวกรรมที่มีความเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีของระบบปรับอากาศ จึงจำเป็นต้องทราบข้อมูลทางเทคนิคดังต่อไปนี้

3.1 การอนุรักษ์พลังงาน

3.2 โครงการที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

3.3 ระบบปรับอากาศ (Air-conditioning System)

3.4 การประหยัดพลังงาน และอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ

3.5 บทความทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศและการอนุรักษ์พลังงาน

3.1 <u>การอนุรักษ์พลังงาน</u>

การอนุรักษ์พลังงาน เป็นวัตถุประสงค์หลักภายใต้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ที่กำหนดให้กลุ่มเป้าหมาย คือ อาคารควบคุม และโรงงานควบคุม ต้องจัดเตรียมโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ข้อมูล บุคคลากร แผนงาน เป็นต้น เพื่อนำไปสู่การอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมาย และ กิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานนี้ยังใช้เป็นกรอบ และ แนวทางปฏิบัติในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้ดียิ่งขึ้น

อนุรักษ์พลังงาน หมายความว่า ผลิต และใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัด การอนุรักษ์พลังงาน นอกจากจะลดปริมาณการใช้พลังงานซึ่งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในกิจการแล้ว ยังช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากแหล่งผลิตพลังงานลงด้วย

การดำเนินงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน จะได้รับความช่วยเหลือตามที่กฎหมายกำหนดไว้ ดังนี้

- เงินช่วยเหลือ เงินอุดหนุน สำหรับการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานของอาคารควบคุมและโรงงานควบคุมในเรื่องดังนี้

  - ✧ เงินช่วยเหลือให้เปล่า ไม่เกิน 100,000 บาท สำหรับค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น (หากต้องการ)

  - ✧ เงินอุดหนุน จำนวนร้อยละ 50 ของค่าใช้จ่ายในการจัดทำเป้าหมาย และแผนการอนุรักษ์พลังงาน (รวมค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ และวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียด) แต่ไม่เกิน 500,000 บาท (หากต้องการ)

- เงินช่วยเหลือ ให้เปล่าไม่เกิน 2,000,000 บาท สำหรับเจ้าของอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม ที่ประสงค์จะปรับปรุงการออกแบบก่อสร้างอาคาร และโรงงานที่อยู่ระหว่างการออกแบบหรือก่อสร้าง ทั้งนี้เพื่อให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากกว่ามาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานที่กำหนดไว้

- เงินอุดหนุน สำหรับการลงทุน ตามแผนการอนุรักษ์พลังงานของอาคารควบคุม และโรงงานควบคุม ที่ได้รับความเห็นชอบจาก กรมพัฒนา และส่งเสริมพลังงาน (หากต้องการ)

- สามารถเข้าร่วมการอบรมในหลักสูตรที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายแต่อย่างใด

การดำเนินงานเพื่อการอนุรักษ์ และการประหยัดพลังงาน นั้นต้องพิจารณา และคำนึงถึงส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้

(1) ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงาน

(2) พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงาน

ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงาน ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

1. **ระบบที่ไม่ต้องอาศัยการกระตุ้นจากภายนอก หรือไม่ต้องการใช้พลังงานจากภายนอก** (Non - Energized System) เช่น พื้น ฝ้าเพดาน กำแพง หน้าต่าง หลังคา ตัวอาคาร และสภาพแวดล้อม เป็นต้น

2. **ระบบที่ต้องอาศัยการกระตุ้นจากภายนอก หรือใช้พลังงานจากภายนอกจึงจะทำงาน** (Energized System) เช่น ระบบที่ต้องการจะทำความร้อน ความชื้น แสงสว่าง การปรับอากาศ และระบายอากาศ การขนส่งลำเลียง เป็นต้น

3. **ระบบที่เกี่ยวข้องกับการกระทำของมนุษย์** (Human System) ประกอบด้วย การบำรุงรักษา บุคลากรที่จัดการ และปฏิบัติงานรวมทั้งผู้ใช้งาน

ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงาน แบ่งเป็น 2 ปัจจัยหลัก คือ

(1) รูปร่างลักษณะอาคาร (Building Envelope)

(2) วัสดุประกอบอาคาร

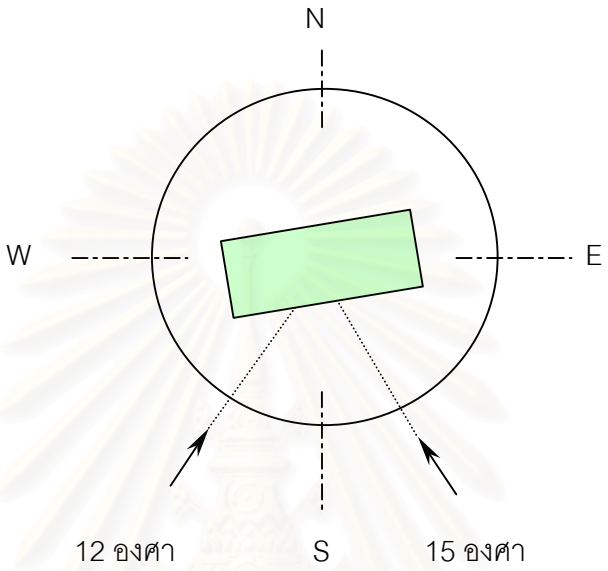
3.1.1.1 รูปร่างลักษณะอาคาร (Building Envelope)

ปัจจัยรูปร่างลักษณะอาคาร นั้นมีองค์ประกอบ ดังนี้

1. **การเลือกที่ตั้งการใช้ข้อมูลเป็นสภาพแวดล้อมรอบตำแหน่งที่ตั้ง** เช่น การอาศัยเงาจากสิ่งแวดล้อม เงาจากตึกข้างเคียงรวมไปถึงการสะท้อนแสงจากอาคารข้างเคียง เป็นต้น

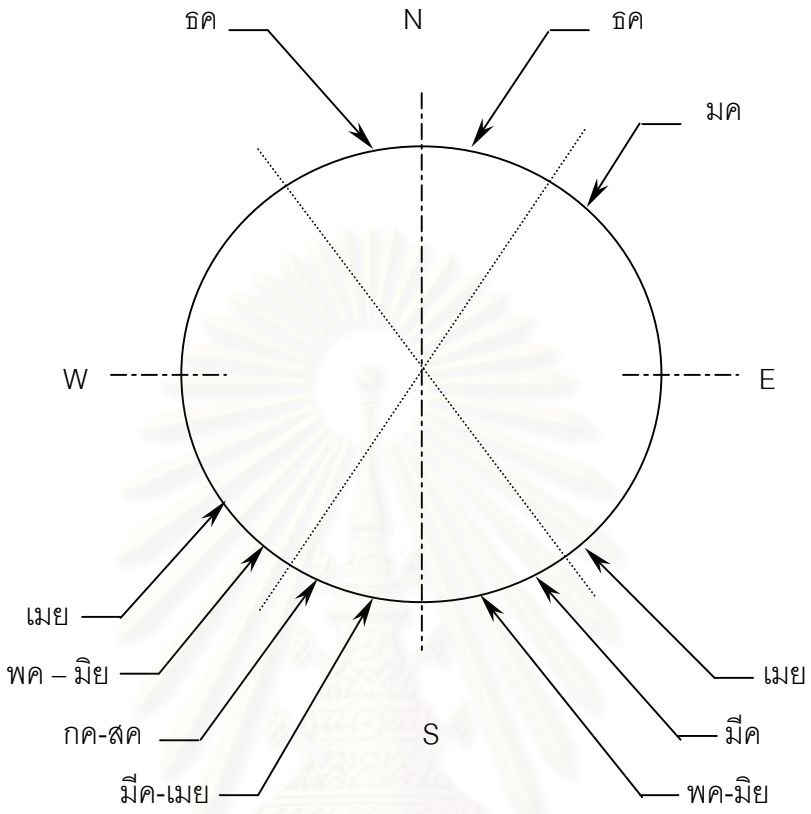
2. **ทิศทางการจัดวางอาคาร ซึ่งมีผลเกี่ยวข้องกับแสงแดดที่จะส่องกระทบอาคาร และลมที่จะปะทะอาคาร** โดยควรหลีกเลี่ยงการหันอาคารไปทางทิศตะวันออก และ

ตะวันตก เพื่อหลีกเลี่ยงการแผ่รังสี (แสงแดด) ซึ่งจะทำให้ความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารสูง ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การวางทิศทางลมอาคารเขตร้อนชื้นในประเทศไทย ยกเว้นชายทะเล, ภูเขา

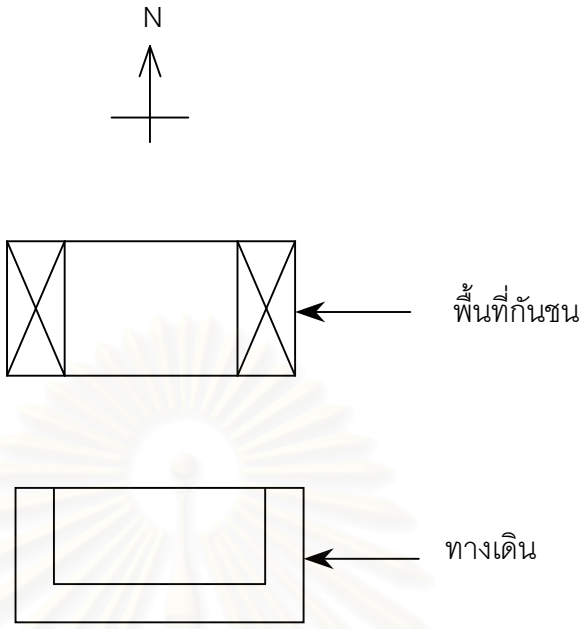
ในแง่ของทิศทางลมนั้น เนื่องจาก ลมช่วยให้เกิดการระบายอากาศ สำหรับอาคารที่ไม่ได้ปรับอากาศ จะมีผลดีในแง่ไม่ใช้พลังงาน แต่สำหรับอาคารที่ปรับอากาศจะมีผลกับอาคาร ซึ่งลมจะทำให้การพาความร้อนเข้าอาคารอันเนื่องจากการรั่วตามช่อง และรอยต่างๆ ของอาคาร การจัดวางอาคารจึงควรคำนึงถึง ทิศทางตามฤดูของแต่ละท้องถิ่น สำหรับกรุงเทพมหานคร จะมีการวางทิศทางของอาคาร ดังรูปที่ 3.2 หากไม่มีปัจจัยอื่นมากระทบ



รูปที่ 3.2 ทิศทางลมสำหรับกรุงเทพฯ

3. **สัดส่วนของรูปร่างอาคาร** หากอาคารมีอัตราส่วนผิวของอาคารต่อพื้นที่น้อย นอกจากจะประหยัดค่าก่อสร้างได้ ความร้อนเข้าอาคารก็จะน้อยกว่ารูปร่างอื่นด้วย

4. **ระยะภายในโดยรอบอาคาร และพื้นที่กันชน** การจัดส่วนที่ไม่ค่อยมีความสำคัญไว้ด้านทิศตะวันออกหรือทิศตะวันตก เพื่อเป็นกันชนทางด้านพลังงาน ซึ่งอาจเป็นห้องเก็บของ ห้องน้ำ ส่วนในการจัดระยะภายในโดยรอบอาคาร (Perimeter Space) อาจจะทำเป็นทางเดินในทิศตะวันออกหรือทิศใต้ ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ระยะภายในโดยรอบอาคาร

5. **ตำแหน่ง Core อาคาร** บริเวณ Core ของอาคารไม่ว่าจะเป็นช่องท่อ ช่องลิฟท์ หรือช่องบันไดหนีไฟ เปรียบเสมือนช่องที่มีค่าความต้านทานความร้อนได้สูง จึงควรจัดไว้ในทิศตะวันตก หรือจัดให้สัมพันธ์กับระยะภายในโดยรอบอาคาร และพื้นที่กันชน (Buffer Zone)

6. **การลดความสูงของชั้นที่มีผลให้ลดปริมาณวัสดุก่อสร้างทุกชนิด** รวมไปถึงท่อน้ำ ขนาดเครื่องทำน้ำเย็นก็จะลดลง ความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารก็ลดลงด้วย

7. **รูปแบบกับความยาวของแนวทางเดินในอาคาร** (Corridor) หรือระยะสัญจร (Circulation) แม้ว่าจะมีผลต่อการคำนวณภาระของเครื่องปรับอากาศไม่มาก แต่หากทางเดินคดเคี้ยวย่อมมีผลต่อความดันสูญเสียของท่อลมที่ต้องเดินตามทางเดินนั้น ทำให้ไม่เป็นการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศนั้น

8. **อัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรจากการทดลอง** พบว่า ในพื้นที่อาคารเท่ากัน อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะประหยัดทั้งพลังงานอุปกรณ์ และค่าก่อสร้างมากที่สุด

9. **รูปร่างอาคารกับการให้แสงธรรมชาติ** โดยที่ แสงธรรมชาติเป็นของที่ได้มาเปล่าๆ จึงมีการคิดจะนำเอาแสงธรรมชาติมาใช้ โดยหวังว่าจะประหยัดพลังงาน แต่ปริมาณแสงธรรมชาติที่ได้รับเมื่อเปรียบเทียบกับภาระความเย็น อันเกิดจากการกระทบของแสงอาทิตย์กับค่าการนำความร้อนที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิจะไม่คุ้มกัน และควรหลีกเลี่ยงการเจาะช่องแสงกลางอาคาร หรือบริเวณ Atrium ที่ทำเป็นหลังคากระจก ควรเปิดแบบ Indirect ดีกว่า

10. **การส่องสว่างกับที่กันแดด** การใช้ที่กันแดด แม้จะทำให้ความเข้มของแสงสว่างบริเวณริมหน้าต่างลดลง แต่ความเข้มในส่วนลึกของอาคารจะลดลงเป็นสัดส่วนน้อยกว่าบริเวณริมหน้าต่างมาก

11. **การจัดรูปแบบทั่วไป** การใช้ระบบ Modular Co-ordination หรือความสอดคล้องกับระบบประสานทางพิกัด และการใช้ระบบ Prefabrication จะทำให้การก่อสร้างสะดวก ง่าย และ รวดเร็ว ไม่ต้องมีการตัดให้เหลือเศษวัสดุก่อสร้าง ซึ่งจะช่วยลดพลังงานอันเนื่องจาก การตัด การผลิต

12. **การแลกเปลี่ยนปริมาณความร้อนของอาคารกับสภาพแวดล้อม** โดยอาศัยการหน่วงความร้อนของดิน ในระยะต่ำกว่าผิวหน้าดินไปเล็กน้อย ซึ่งดินจะคายความเย็นให้อาคารในฤดูร้อน และจะคายความร้อนให้ห้องใต้ดินในฤดูหนาว

13. **การจัดให้มีระบบระบายอากาศใต้หลังคา** โดยการตีฝ้าให้มีระดับในหลังคา หรือเป็นหลังคา 2 ชั้น หรืออาจมีการสเปรย์น้ำบนหลังคาก็สามารถลดความร้อนได้ การใช้ฉนวนใต้พื้นหลังคา หรือการเลือกใช้วัสดุผิวมันที่มีความหนาแน่นสูง เช่น Aluminum เพื่อลดความร้อนอันเนื่องมาจากการแผ่รังสี

14. **การบังแสงภายในและภายนอกอาคาร** ภายในอาคารใช้ม่าน หรือมู่ลี่ และภายนอกอาคารใช้กันสาดแนวตั้งสำหรับทิศเหนือและใต้ ทำกันสาดแนวนอนสำหรับทิศตะวันออกหรือ ตะวันตก หรืออาจใช้วิธีถอยร่นหน้าต่างเข้ามาภายใน

15. **ตำแหน่งห้องเครื่อง** ควรตั้งอยู่ในตำแหน่งที่จะประหยัดพลังงานในการสูบหรือส่งน้ำเย็น ประหยัดค่าท่อน้ำ และฉนวนหุ้มท่อน้ำ และควรอยู่ใกล้เคียงกับห้องเครื่องไฟฟ้า

3.1.1.2 **วัสดุประกอบอาคาร**

ปัจจัยวัสดุประกอบอาคาร เช่น ผนังกระจก ฉนวนกันความร้อน ซึ่งควรพิจารณาดังนี้

1. **ผนังอาคาร** ควรเลือกใช้วัสดุน้ำหนักเบา และมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ ใช้วัสดุ 2 ชั้น และกรุด้วยฉนวนกันความร้อน รวมทั้งการเลือกใช้ผนังสีขาว หรือสีอ่อน

2. **กระจก** ควรใช้แบบ Reflective จะมีประสิทธิภาพดี แต่มีผลกระทบต่ออาคารข้างเคียง จึงควรเลือกค่า Visible Reflective ไม่เกิน 30% และต้องพิจารณาเรื่องการนำความร้อนของกระจก หากใช้กระจกชั้นเดียว

3. **ฉนวนกันความร้อน** ควรเลือกที่มีคุณสมบัติ ดังนี้ มีค่าการนำความร้อนต่ำ มีความหนาแน่นน้อย และน้ำหนักเบา ไม่เก็บความชื้น และมีสภาพการใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง และไม่ติดไฟ หรือไม่ลามไฟ เป็นต้น

3.1.2 **พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.** 2535

ในสภาวะการณ์ปัจจุบัน รูปแบบการใช้พลังงานได้เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเป็นผลให้อัตราการใช้พลังงานต่างๆ เพิ่มมากขึ้นทุกๆ ปี นับเป็นภาระหนักต่อฐานะการเงิน และการลงทุนของประเทศที่จะต้องจัดหาพลังงานมาใช้ให้เพียงพอ และเหมาะสม นอกจากนี้ยังจะต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไปจากการใช้พลังงานเหล่านี้

รัฐบาลได้ตระหนักถึงปัญหาเหล่านี้ จึงได้เริ่มดำเนินการต่าง ๆ อย่างรอบคอบ เช่นมีโครงการประหยัด และอนุรักษ์พลังงานของประเทศขึ้น เริ่มตั้งแต่มีแผนพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 5 เมื่อปี พ.ศ. 2525 โดยมีกรมพัฒนา และส่งเสริมพลังงาน เป็นแกนนำในการปฏิบัติ ทั้งในด้านการใช้มาตรการส่งเสริม และจูงใจตลอดมา เพื่อให้การดำเนินงานตามโครงการมีผลดียิ่งขึ้น จนต่อมาได้มีการตราพระราชบัญญัติ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ขึ้น และประกาศในราชกิจจานุเบกษา เมื่อวันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2535 โดยมีโครงสร้างของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ซึ่งประกอบด้วย พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม และโรงงานควบคุม พร้อมทั้งแสดงกำหนดเวลาที่พระราชกฤษฎีกามี

ผลบังคับใช้นับจากวันที่ประกาศราชกิจจานุเบกษา และกฎกระทรวงสำหรับอาคารควบคุม และโรงงานควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 โครงสร้างพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

หมายเหตุ :

- กรณีที่ประกาศพระราชกฤษฎีกา และกฎกระทรวงวันเดียวกัน กฎกระทรวงจะเริ่มมีผลใช้บังคับพร้อมกับวันที่พระราชกฤษฎีกา มีผลบังคับใช้
- พระราชกฤษฎีกา กำหนดอาคารควบคุม ได้ประกาศในราชกิจจานุเบกษาแล้ว ตั้งแต่วันที่ 14 สิงหาคม พ.ศ. 2538

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภายใต้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 มีส่วนที่กำหนดบทบาทของผู้ที่เกี่ยวข้อง และมาตรการ ดังนี้

(1) ผู้ที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

(2) มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานสำหรับโรงงานควบคุม

3.1.2.1 **ผู้ที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน**

ผู้ที่จะอยู่ภายใต้กฎหมายอนุรักษ์พลังงาน และมีหน้าที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตาม พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 นั้นจะถูกเรียกว่า “ อาคารควบคุม ” หรือ “ โรงงานควบคุม “ โดยเน้นที่อาคาร และโรงงานที่มีการใช้พลังงานในปริมาณมาก และมีศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงาน โดยจะประกาศออกมาเป็นพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม และโรงงานควบคุมมาใช้บังคับ

อาคาร หรือโรงงาน ที่เข้าข่ายเป็นอาคารควบคุม หรือโรงงานควบคุมนั้น จะต้องมีลักษณะการใช้พลังงานอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

1. ได้รับอนุมัติจากผู้จำหน่ายไฟฟ้าให้ใช้เครื่องวัดไฟฟ้า ตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือติดตั้งหม้อแปลงตัวเดียว หรือหลายตัวรวมกันมีขนาดตั้งแต่ 1,175 กิโลโวลท์แอมแปร์ขึ้นไป หรือ
2. มีการใช้พลังงานไฟฟ้า ความร้อนจากไอน้ำ หรือพลังงานสิ้นเปลืองอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือรวมกันตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 31 ธันวาคม ของทุกปีที่ผ่านมา มีปริมาณพลังงานเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้า ตั้งแต่ 20 ล้านเมกะจูลขึ้นไป

พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม หรือโรงงานควบคุมนี้ จะมีผลบังคับใช้เมื่อประกาศในราชกิจจานุเบกษาไปแล้ว 120 วัน อาคาร หรือโรงงานใดที่มีการใช้พลังงานดังกล่าวข้างต้น จะต้องเริ่มดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามที่กฎหมายกำหนดไว้ ในการศึกษานี้จะเกี่ยวข้องกับโรงงาน จึงขอกล่าวถึงพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ..ศ. 2535 เพียงส่วนที่เกี่ยวข้องกับโรงงานเท่านั้น โดยรายละเอียดของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานสำหรับโรงงาน แสดงไว้ในภาคผนวก ก

3.1.2.2 มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานสำหรับโรงงานควบคุม

จากกฎกระทรวงที่ออกตามความใน พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ได้กำหนดค่ามาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุมไว้ 3 หัวข้อ คือ

ก) มาตรฐานการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร

ข) มาตรฐานการใช้ไฟฟ้าส่องสว่างในอาคาร

ค) มาตรฐานการปรับอากาศในอาคาร

- **มาตรฐานการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร**

ค่ามาตรฐานการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารทั้งอาคารเก่าและใหม่ จะแสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 มาตรฐานการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม	อาคารใหม่	อาคารเก่า
หลังคาอาคารมีค่าไม่เกิน (วัตต์ต่อตารางเมตรของหลังคาอาคาร)	25	25
ผนังด้านนอกของอาคารหรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ มีค่าไม่เกิน (วัตต์ต่อตารางเมตรของหลังคาอาคาร)	45	45

หมายเหตุ
1. การคิดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผนังด้านนอกของอาคาร หรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ ให้คำนวณจากค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามขนาดพื้นที่ของผนังด้านนอก แต่ละด้านรวมกัน (Weighted Average) หรือ ส่วนของผนังด้านนอกแต่ละด้านรวมกันของส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ
2. “ อาคารเก่า “ หมายความว่า อาคารที่ได้ก่อสร้างแล้วเสร็จ หรือ กำลังก่อสร้างหรือยังไม่ได้ก่อสร้าง แต่ได้ยื่นขออนุญาตก่อสร้างไว้ก่อน วันที่พระราชกฤษฎีกากำหนดให้อาคารนั้นเป็นอาคารควบคุมตามมาตรา 18 มีผลใช้บังคับ
3. “ อาคารใหม่ “ หมายความว่า อาคารที่ยื่นขออนุญาตก่อสร้างหลังวันที่พระราชกฤษฎีกา กำหนดให้อาคารนั้นเป็น อาคารควบคุมตามมาตรา 18 มีผลใช้บังคับ

- **มาตรฐานการใช้ไฟฟ้าส่องสว่างในอาคาร**

ค่ามาตรฐานการใช้ไฟฟ้าเพื่อการส่องสว่างในอาคาร จะต้องมีค่าไม่เกินค่าตามตารางที่ 3.2 โดยพื้นที่ใช้งานจะไม่คิดรวมพื้นที่จอดรถ และจะต้องให้ได้ระดับความส่องสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทอย่างเพียงพอตามหลัก และวิธีการที่ยอมรับได้ทางวิศวกรรม

ตารางที่ 3.2 มาตรฐานค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดของอาคารประเภทต่าง ๆ

ประเภทอาคาร [1]	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (วัตต์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ใช้งาน)
ก) สำนักงาน โรงแรม สถานศึกษา และ โรงพยาบาล / สถานพักฟื้น	16
ข) ร้านขายของ ซูปเปอร์มาร์เก็ต หรือ ศูนย์การค้า [2]	23

หมายเหตุ [1] อาคารที่มีการใช้งานหลายลักษณะ ให้ใช้ค่าในตารางตามลักษณะพื้นที่ใช้งาน

[2] รวมถึงไฟฟ้าแสงสว่างทั่วไป ที่ใช้ในการโฆษณาเผยแพร่สินค้า ยกเว้นที่ใช้ในตู้กระจกแสดงสินค้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- **มาตรฐานการปรับอากาศในอาคาร**

ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคารจะต้องมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด (Full Load) หรือที่ภาระใช้งานจริง (Actual Load) ไม่เกินกว่าค่าตามตารางที่ 3.3 และ 3.4

ตารางที่ 3.3 มาตรฐานค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น	กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น	
	อาคารใหม่	อาคารเก่า
ก) ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Chiller)		
- ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น	0.75	0.90
- ขนาดเกินกว่า 250 ตันความเย็น ถึง 500 ตันความเย็น	0.70	0.84
- ขนาดเกินกว่า 500 ตันความเย็น	0.67	0.80
ข) ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Chiller)		
- ขนาดไม่เกิน 35 ตันความเย็น	0.98	1.18
- ขนาดเกินกว่า 35 ตันความเย็น	0.91	1.10
ค) เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (Package Unit)	0.88	1.06
ง) ส่วนทำน้ำเย็นแบบสกรู (Screw Chiller)	0.70	0.84

ตารางที่ 3.4 มาตรฐานค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น	กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น	
	อาคารใหม่	อาคารเก่า
ก) ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Chiller)		
- ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น	1.40	1.61
- ขนาดเกินกว่า 250 ตันความเย็น	1.20	1.38
- ขนาดเกินกว่า 500 ตันความเย็น	0.67	0.80
ข) ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Chiller)		
- ขนาดไม่เกิน 50 ตันความเย็น	1.30	1.50
- ขนาดเกินกว่า 50 ตันความเย็น	1.25	1.44
ค) เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (Package Unit)	1.37	1.58
ง) เครื่องทำความเย็นแบบติดหน้าต่าง/แยกส่วน (Window / Split Type)	1.40	1.61

3.2 โครงการที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

โครงการที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ที่รัฐบาล และรัฐวิสาหกิจดำเนินการ ประกอบด้วย

(1) โครงการอาคารสีเขียว (Green Building)

(2) กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

3.2.1 โครงการอาคารสีเขียว (Green Building)

การจัดการ การใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร ที่มุ่งเน้นให้มีการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพสูงสุด ถือได้ว่าเป็นเรื่องใหม่ที่เกิดขึ้นในประเทศไทย โดยโครงการประชาร่วมใจประหยัดไฟฟ้า ได้เปิดตัวโครงการนี้อย่างเป็นทางการในงาน 111 ปี ไฟฟ้าไทย เมื่อวันที่ 20 กันยายน 2538 ใช้ชื่อโครงการนี้ว่า “ โครงการอาคารสีเขียว “ ซึ่งเป็นหนึ่งใน โครงการประชาร่วมใจประหยัดไฟฟ้า ที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้ดำเนินการในโครงการนี้อย่างจริงจังตลอดมา ปัจจุบันมี ผู้ประกอบการอาคารธุรกิจขนาดใหญ่ ได้เล็งเห็นความสำคัญตื่นตัวที่จะมีส่วนช่วยรักษาทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม และได้แสดงความจำนงขอเข้าร่วมโครงการเป็นจำนวนมาก อาทิ อาคารสำนักงาน โรงงาน โรงแรม โรงพยาบาล ศูนย์การค้า คอนโดมิเนียม พักอาศัยขนาดใหญ่ ตลอดจนหน่วยราชการต่างๆ ผู้เข้าร่วมโครงการอาคารสีเขียว นอกจากจะลดรายจ่ายค่ากระแสไฟฟ้า แล้วยังเพิ่มความปลอดภัยในอาคาร และมีส่วนช่วยประหยัดไฟฟ้ารักษาสิ่งแวดล้อมด้วย ประเด็นสำคัญภายใต้โครงการอาคารสีเขียว ประกอบด้วย

(1) การดำเนินการโครงการอาคารสีเขียว

(2) แนวทางการดำเนินการโครงการอาคารสีเขียว

(3) ความร่วมมือระหว่าง กฟผ. และผู้เข้าร่วมโครงการ

(4) ความคุ้มทุนของอุปกรณ์ประหยัดไฟฟ้า

(5) ประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงการอาคารสีเขียว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.1.1 การดำเนินการโครงการอาคารสีเขียว

โครงการอาคารสีเขียว มีการดำเนินการ ดังนี้

1. ใช้อุปกรณ์ประหยัดไฟฟ้า ซึ่งสามารถประหยัดไฟฟ้าได้ถึง 10-40% ประกอบด้วย
   - หลอดไฟฟ้า
   - บัลลาสต์
   - ระบบปรับอากาศ
   - มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

2. จัดให้มี การใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ (Load Management) ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ถึง 5-10%

3. การปรับปรุงระบบการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร

3.2.1.2 แนวทางการดำเนินการโครงการอาคารสีเขียว

โครงการอาคารสีเขียว มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้

- **ภารกิจ กฟผ. ประกอบด้วย**

1. กฟผ. ศึกษาและวิเคราะห์การใช้ไฟฟ้าของอาคารที่ร่วมโครงการ
2. กฟผ. ลงทุนปรับปรุงอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ก่อน
3. ประชาสัมพันธ์ให้ผู้เข้าร่วมโครงการ รวมทั้งจัดกิจกรรม เพื่อเสริมภาพลักษณ์การรักษาสิ่งแวดล้อม

- **ภารกิจ ผู้เข้าร่วมโครงการ คือ** ภาคเอกชนผ่อนชำระคืนเป็นเวลา 36 เดือนโดยไม่มีดอกเบี้ย

3.2.1.3 ความร่วมมือระหว่าง กฟผ. และผู้เข้าร่วมโครงการ

กฟผ. ต้องการความร่วมมือจากผู้เข้าร่วมโครงการ ดังนี้

1. ผู้เข้าร่วมโครงการลดการใช้ไฟฟ้าลง 10% เมื่อกฟผ.ร้องขอไม่เกินปีละ 50 ชั่วโมงโดย แจ้งล่วงหน้า 2 ชั่วโมง
2. ผู้เข้าร่วมโครงการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง เมื่อกฟผ.ร้องขอไม่เกินปีละ 24 ชั่วโมง โดย กฟผ.ออกค่าน้ำมัน

3.2.1.4 ความคุ้มทุนของอุปกรณ์ประหยัดไฟฟ้า

ในการใช้อุปกรณ์ประหยัดไฟฟ้า มีความคุ้มทุน ดังนี้

1. การดำเนินการระยะแรก
   - Load Management System { Save 5-10% , คุ้มทุน 1-3 ปี }
   - Low Loss Magnetic Ballast { Save 40% , คุ้มทุน 3 ปี }
   - Energy Saving Lamp { Save 75% , คุ้มทุน 1-2 ปี }
   - High Efficient Motor { Save 5-10% , คุ้มทุน 3 ปี }
   - Other Measure [Refrigerator,Air Condition] {Save 15-40%,คุ้มทุน 2-3 ปี }

2. การดำเนินการระยะยาว
   - Development for Thermal Storage System { Saving Bill 15-25% }

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการดำเนินการโครงการอาคารสีเขียวมีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการดำเนินงานโครงการอาคารสีเขียว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงการอาคารสีเขียว

โครงการอาคารสีเขียว มีประโยชน์ ดังนี้

1. ต่อการไฟฟ้า

- ลดการสร้างโรงไฟฟ้า
- ลดการใช้ทรัพยากรในการผลิตไฟฟ้า
- ลดปัญหาการดับไฟฟ้าในวงกว้าง ในกรณีฉุกเฉิน
- ลดผลกระทบทางสังคม ในการพัฒนาไฟฟ้าให้เพียงพอต่อการต้องการใช้ของประเทศ

2. ต่อผู้เข้าร่วมโครงการ

- ประหยัดค่าไฟฟ้า โดยไม่ต้องออกเงินทุนก่อน และไม่มีผลต่อ Cash Flow
- เกิดภาพพจน์ที่ดีในด้านความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม
- มีความปลอดภัยในการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น
- สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน 2535

3. ต่อสิ่งแวดล้อม

- เป็นการรักษาสิ่งแวดล้อม
- เป็นการรักษาทรัพยากรของประเทศชาติ
- ก่อให้เกิดความร่วมมือ เสียสละ และรับผิดชอบต่อสังคมไทยร่วมกัน
- สร้างทัศนนิสัยประหยัดไฟให้เกิดขึ้นในสังคมไทย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.2 กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

พรบ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ซึ่งมีผลบังคับใช้เป็นกฎหมายตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน 2535 มีเจตนารมณ์ที่จะส่งเสริมให้เกิดวินัยในการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานและอาคาร โดยใช้มาตรการบังคับควบคู่ไปกับการให้สิ่งจูงใจ กล่าวคือ ได้จัดตั้งกองทุนเพื่อให้การสนับสนุนทางการเงินแก่ผู้ประสงค์ที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน แต่มีบทลงโทษสำหรับโรงงานควบคุม และอาคารควบคุม ที่ละเลยไม่ปฏิบัติตามกฎกระทรวงที่ออกตาม พรบ. บทบาทของภาครัฐบาลก็คือ การสร้าง และการใช้กลไกในการให้การสนับสนุน และส่งเสริมการดำเนินการในการประหยัดพลังงานของผู้ใช้พลังงาน การให้การสนับสนุนจากกองทุน เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน มีกรอบแผนงานการอนุรักษ์พลังงาน แบ่งออกเป็น 3 แผนงานหลัก และ ในแต่ละแผนงานหลัก จะประกอบด้วย โครงการย่อยรวม 10 โครงการ ซึ่งสามารถแยกเป็นกลุ่มตามลักษณะของแผนงาน และหน่วยงานรับผิดชอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ดังนี้

รูปที่ 3.6 แผนงานอนุรักษ์พลังงาน

3.2.2.1 **แผนงานภาคความร่วมมือ**

แผนงานภาคความร่วมมือเป็นแผนงานที่เกี่ยวกับการให้การสนับสนุนและร่วมมือกับหน่วยงานของรัฐและเอกชนที่จะมีผลทำให้

- มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในการผลิตทั้งในด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมในชนบท
- มีการนำพลังงานหมุนเวียนที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาใช้อย่างแพร่หลาย
- เกิดตลาดของสินค้าและบริการที่ช่วยสนับสนุนการอนุรักษ์พลังงาน
- มีการทำการศึกษาวิจัย และพัฒนา เทคโนโลยีด้านพลังงาน และ การนำเอาผลการศึกษา มาใช้ในโรงงาน อาคาร ตลอดจนครัวเรือนด้วย

3.2.2.2 **โครงการพลังงานหมุนเวียน และกิจกรรมการผลิตในชนบท**

การสนับสนุนให้ใช้พลังงานหมุนเวียน ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย และช่วยเหลือกิจกรรมในชนบททั้งภาคเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมในการอนุรักษ์พลังงาน โดยจะเน้นโครงการที่เกี่ยวกับการแนะนำ เผยแพร่ และการถ่ายทอดเทคโนโลยี สำหรับพลังงานหมุนเวียน โครงการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยเทคโนโลยีที่ได้มีการพิสูจน์แล้ว และ โครงการเกี่ยวกับการนำวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูป (เช่น ชานอ้อย แกลบ) หรือ ของเสียจากภาคเกษตรกรรม (เช่น มูลสัตว์) มาใช้เป็นพลังงาน กิจกรรมการผลิตในชนบทในที่นี้ หมายถึงกิจกรรมการผลิต ทั้งด้านเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่า 300 kW และมีสถานที่ตั้งนอกเขตเทศบาล และ สุขาภิบาล

3.2.2.3 **โครงการส่งเสริมธุรกิจด้านการอนุรักษ์พลังงาน**

การเผยแพร่เทคโนโลยี ในการอนุรักษ์พลังงาน การสร้างตลาดให้แก่ เครื่องจักร อุปกรณ์ ที่มีประสิทธิภาพสูง และวัสดุที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งเป็นการสนับสนุนทางอ้อมแก่ผู้ผลิต และผู้จำหน่ายอุปกรณ์เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูง และวัสดุที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงาน โดยจะเน้นเทคโนโลยีที่ยังไม่ได้มีการใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย

3.2.2.4 **โครงการศึกษา วิจัย และพัฒนา**

การสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการศึกษา วิจัย และพัฒนาเทคโนโลยี ในการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งรวมโครงการสาธิตขนาดเล็ก ดังนี้

- การศึกษาเชิงนโยบาย เช่น การศึกษาเกี่ยวกับศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานในกิจกรรมต่างๆ ตลอดจนเทคโนโลยี และกลยุทธ์ที่เหมาะสมที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และกลยุทธ์ในการนำเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนมาใช้ในกิจกรรมการผลิต
- การวิจัย และการพัฒนาเกี่ยวกับเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และพลังงานหมุนเวียน เช่น กรรมวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และอุปกรณ์ เช่น เตาเผา เตาอบ เครื่องอบแห้ง โดยใช้ความร้อน พลังงานแสงอาทิตย์ และระบบผลิตความร้อนรวม เป็นต้น
- การถ่ายทอด และการนำเทคโนโลยีที่ได้มีการรับรองแล้วในประเทศอื่นมาประยุกต์ใช้ในประเทศไทย
- การถ่ายทอดและเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับผลของงานวิจัยโครงการสาธิตขนาดเล็ก การประชุมเชิงปฏิบัติการ การสัมมนา การจัดทำสิ่งพิมพ์ และแผ่นพับ เป็นต้น

การจัดเตรียมข้อเสนอโครงการ มีขั้นตอน ดังนี้

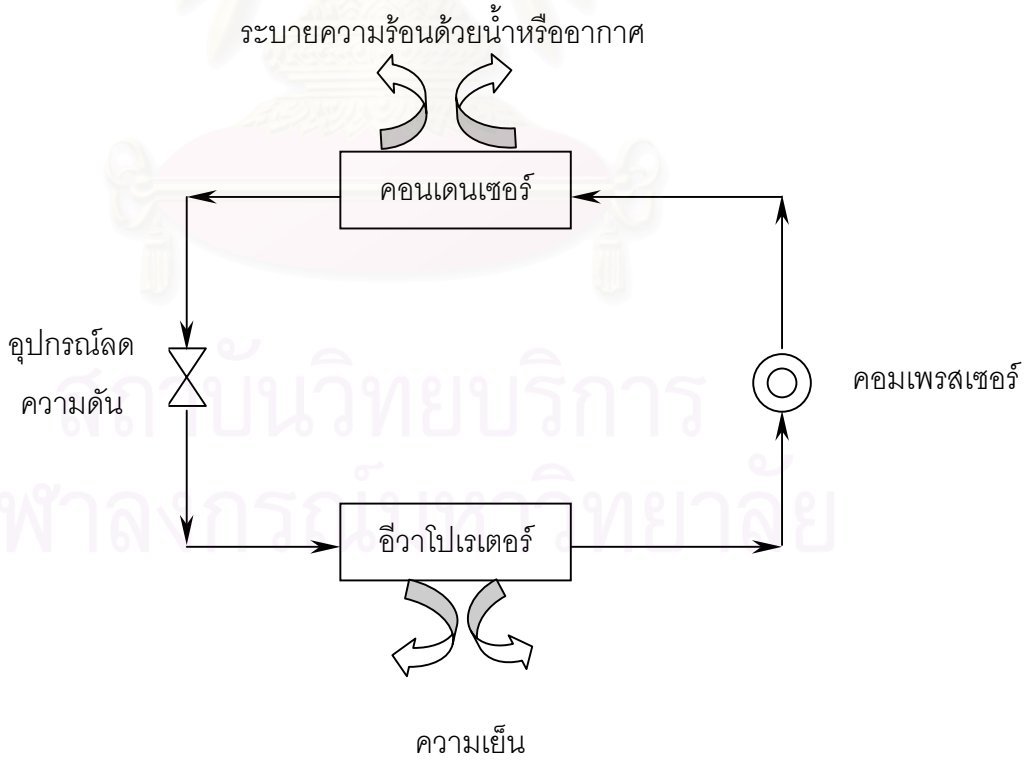
1. กำหนดวัน เวลา และสถานที่ในการยื่นข้อเสนอโครงการ
2. องค์ประกอบหลักของเอกสารข้อเสนอโครงการโดยละเอียด
3. หนังสือนำส่งข้อเสนอโครงการ
4. สรุปผู้บริหาร
5. แบบคำขอรับการสนับสนุน
6. การจัดเตรียมรายละเอียดของข้อเสนอโครงการ
7. เอกสารสนับสนุนอื่นๆ

3.3 ระบบปรับอากาศ (Air-conditioning System)

ในข้อมูลทางเทคนิคของระบบปรับอากาศจะพิจารณา หลักการทำงานของระบบปรับอากาศ หรือ เครื่องปรับอากาศ และ รายละเอียดโดยสรุปของหลักการในส่วนของการแบ่งชนิดเครื่องปรับอากาศ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ชนิด

3.3.1 หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศ หรือเครื่องปรับอากาศ (Air - conditioner) ทุกชนิดมีหลักการทำงานเหมือนกัน คือ ใช้คุณสมบัติในการระเหยของของของเหลว และ ความร้อนแฝงจากการระเหย โดยการใช้วิธีการแลกเปลี่ยนความร้อนกันระหว่างสารทำความเย็นและอากาศ โดยอากาศที่อุณหภูมิสูง จะคายความร้อนให้สารทำความเย็นทำให้อากาศมีอุณหภูมิต่ำลง และเมื่อสารทำความเย็นได้รับความร้อนก็จะระเหยตัวกลายเป็นไอ และถูกควบแน่น เพื่อให้กลายเป็นของเหลว และนำกลับมารับความร้อนจากอากาศใหม่เป็นวัฏจักร ดังรูปที่ 3.7 จะแสดงวัฏจักรการทำความเย็น (Refrigeration cycle) โดยที่สารทำความเย็นจะมีทิศทางการเคลื่อนที่ตามทิศของลูกศร



รูปที่ 3.7 วัฏจักรการทำความเย็น

- คอนเดนเซอร์ หรือ คอยล์ร้อน คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการให้สารทำความเย็นระบายความร้อน เป็นที่ซึ่งสารทำความเย็นควบแน่นเป็นของเหลว คอยล์ร้อนมีทั้งชนิด ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air - cooled) และชนิดที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water - cooled)
- อีวาโปเรเตอร์ คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความเย็น เป็นที่ซึ่งสารทำความเย็นระเหย
- อุปกรณ์ลดความดัน เช่น Thermal Expansion Valve หรือ Capillary Tube
- คอมเพรสเซอร์ เป็นเครื่องขับเคลื่อนสารทำความเย็น และอัด เพื่อให้เกิดการควบแน่น มีทั้งชนิดที่เป็นลูกสูบ (Reciprocating Compressor), แบบโรตารี่ (Rotary Compressor) หรือ ในเครื่องขนาดใหญ่อาจเป็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Compressor) หรือ แบบสกรู (Screw Compressor)

การทำงานของวัฏจักร จะเริ่มจากเมื่อมีสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำ และความดันต่ำอยู่ในสภาวะของเหลว ผ่านเข้าสู่อีวาโปเรเตอร์ สารทำความเย็น จะระเหยตัวกลายสภาพเป็นไอที่อิ่มตัวที่มีอุณหภูมิต่ำ และ ความดันต่ำ แล้วจะเคลื่อนที่ผ่าน คอมเพรสเซอร์ ซึ่งทำหน้าที่ดูด และอัด จนสารทำความเย็นกลายสภาพเป็นไอที่มีอุณหภูมิสูง และความดันสูง เคลื่อนที่เข้าสู่คอนเดนเซอร์ เพื่อถ่ายเทความร้อนออกจนกลายสภาพเป็นของเหลวที่มีความดันสูง และเมื่อผ่านไปจนถึงอุปกรณ์ลดความดันจะทำให้สารทำความเย็นกลายสภาพเป็นของเหลวที่มีอุณหภูมิต่ำ และความดันต่ำอีกครั้งหนึ่งหมุนเวียนเป็นวัฏจักรต่อไป

การทำให้อากาศในบริเวณที่ต้องการปรับอากาศมีอุณหภูมิต่ำลง โดยเปลี่ยนจากอุณหภูมิห้องปกติที่มีอุณหภูมิสูงมาเป็นสภาวะสบายที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ทำได้โดยอากาศที่ร้อนชื้นและสกปรกภายในบริเวณที่ปรับอากาศจะถูกพัดลมดูดผ่านแผ่นกรองอากาศ ซึ่งขวางอยู่ด้านหน้าของอีวาโปเรเตอร์ เพื่อกรองเอาสิ่งสกปรกและฝุ่นละอองออก และ เมื่ออากาศที่ร้อนเคลื่อนที่ผ่านอีวาโปเรเตอร์ อากาศก็จะทำการคายความร้อน ให้กับสารทำความเย็นที่เป็นของเหลว ที่ไหลผ่านอีวาโปเรเตอร์ อากาศก็จะมีอุณหภูมิต่ำลง และถูกพัดลมเป่าออกมา เพื่อทำให้เกิดความเย็นบริเวณที่ปรับอากาศ ซึ่งอากาศที่อุณหภูมิต่ำนี้ก็จะมารับความร้อนภายในบริเวณที่ปรับอากาศ และกลับไปผ่านอีวาโปเรเตอร์ เพื่อทำให้อุณหภูมิต่ำลงเป็นวัฏจักรไป ส่วนสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวที่เคลื่อนที่ผ่านอีวาโปเรเตอร์ เมื่อรับความร้อนจากอากาศก็จะระเหยกลายเป็นไอตามวัฏจักรการทำความเย็นที่ได้กล่าวไว้แล้ว

3.3.2 ชนิดของเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศที่มีใช้กันอยู่ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิดด้วยกัน ดังนี้

(1) เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง
(2) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน
(3) เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจ
(4) เครื่องปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น

เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง (Window type) เป็นเครื่องปรับอากาศชนิดที่มีอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศทุกอย่างรวมไว้ในเครื่องเดียว ใช้ติดบริเวณผนัง หรือหน้าต่างของห้องที่ต้องการปรับอากาศ โดยส่วนที่ทำความเย็นจะอยู่ด้านในบริเวณที่ปรับอากาศ และด้านที่ระบายความร้อนจะอยู่ภายนอก เป็นระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) เป็นเครื่องปรับอากาศที่แยกเอาส่วนอีวาโปเรเตอร์ หรือโดยมากจะเรียกว่า Fan Coil Unit (FCU) และคอนเดนเซอร์ หรือ Condensing Unit (CDU) ออกจากกัน วัตถุประสงค์ก็เพื่อความสะดวกในการติดตั้งใช้งาน เนื่องจากภายในบริเวณที่ปรับอากาศจะมีเฉพาะส่วนที่ทำให้เย็นเท่านั้น แต่ส่วนคอนเดนเซอร์จะอยู่ภายนอก ซึ่งจะมีผลในเรื่องการระบายความร้อนจะดีกว่า และภายในบริเวณที่ปรับอากาศจะเงียบกว่าแบบแรก แต่ระยะการติดตั้ง ไม่ควรวางห่างกันเกิน 15 เมตร เนื่องจากจะมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศชนิดนี้โดยมากจะใช้วิธีระบายความร้อนด้วยอากาศ

เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจ (Packaged unit) เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจ หรือ เครื่องปรับอากาศแบบครบชุดในตัว ยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ตามวิธีการระบายความร้อน คือ

ก. เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Packaged Air - cooled) จะมีโครงสร้างเหมือนกับเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง แต่ขนาดการทำความเย็นจะมากกว่า (3 - 30 ตัน) การส่งลมเย็นมักจะใช้วิธีเดินท่อลม (Duct) การใช้เครื่องปรับอากาศแบบนี้จะให้ความสะดวกกับเจ้าของอาคาร เนื่องจากการใช้งานจะใช้งานเฉพาะบริเวณที่มีผู้ใช้พื้นที่แล้วไม่จำเป็นต้องเดินระบบอื่นๆ ประกอบ แต่มีข้อเสีย คือ ใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 1.4 - 1.7

กิโลวัตต์ / ตันความเย็น (เกชา ,2540) (1 ตันความเย็น เท่ากับ 12,000 บีทียู/ชั่วโมง) ซึ่งนับว่าเป็นเครื่องปรับอากาศที่ใช้ไฟฟ้ามาก ข้อเสียอีกประการ ก็คือ เสียงที่ค่อนข้างดัง เนื่องจากเครื่องปรับอากาศชนิดนี้จะมีคอนเดนเซอร์อยู่ในตัว จึงควรจะมีการติดตั้งไว้ในห้องเครื่อง เพื่อลดระดับของเสียงลงไม่ให้รบกวนกับผู้ที่ทำงานในบริเวณใกล้เคียง

ข. <u>เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ</u> (Packaged Water - cooled) ลักษณะโดยทั่วไปจะเหมือนกับชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ แต่จะใช้น้ำเป็นตัวระบายความร้อนแทนอากาศ ทำให้ประสิทธิภาพสูงกว่าชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ สาเหตุที่ทำให้การระบายความร้อนด้วยน้ำมีประสิทธิภาพสูงกว่าชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ เนื่องจาก อุณหภูมิของน้ำต่ำกว่าอากาศ จึงทำให้การถ่ายเทความร้อนผ่านน้ำมีประสิทธิภาพดีกว่าการถ่ายเทความร้อนผ่านอากาศ โดยทั่วไปเครื่องปรับอากาศแบบนี้ใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 1.2 กิโลวัตต์ / ตันความเย็น (เกชา ,2540) ในการระบายความร้อนด้วยน้ำจะต้องมีกระบวนการนำน้ำที่ใช้ระบายความร้อนกลับมาใช้ใหม่ เพื่อมิให้เป็นการใช้น้ำอย่างสิ้นเปลืองเกินความจำเป็น โดยการใช้อุปกรณ์ที่ทำให้น้ำระบายความร้อนนี้มีอุณหภูมิลดลง อุปกรณ์เหล่านี้จะเรียกว่า หอผึ่งน้ำ (Cooling tower)

หลักการทำงานของหอผึ่งน้ำ ก็คือ เมื่อน้ำที่ทำการระบายความร้อนให้กับระบบปรับอากาศแล้ว ซึ่งมีอุณหภูมิสูง หลังจากผ่านคอนเดนเซอร์จะถูกนำมาที่หอผึ่งน้ำ และนำมาฉีดเพื่อที่จะทำให้สวนทางกับลมที่ถูกเป่าออกมาจากพัดลมของหอผึ่งน้ำ ซึ่งจะทำให้น้ำระเหยตัวเป็นละอองน้ำ และคายความร้อนให้กับลม เมื่อตกลงมาที่อ่างรองรับน้ำ น้ำดังกล่าวจะมีอุณหภูมิลดลงและสามารถนำกลับมาใช้ในกระบวนการระบายความร้อนใหม่อีกครั้ง

การส่งลมเย็นของ เครื่องปรับอากาศแบบนี้ มักจะใช้วิธีเดินท่อลม (Duct) เช่นเดียวกัน

<u>เครื่องปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น</u> (Water Chiller) เครื่องปรับอากาศชนิดนี้ จะใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) มาใช้ โดยแทนที่จะทำความเย็นให้กับอากาศโดยตรง กลับทำความเย็นให้น้ำก่อน และใช้เครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump) ส่งน้ำผ่านท่อส่งน้ำเย็น (Supply Chilled Water Pipe) ไปยังเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit : AHU) ที่ตั้งอยู่ตามส่วนต่างๆ ของอาคาร อากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะถูกพัดลมของ AHU ดูดผ่านส่วนทำความเย็น และกลายเป็นอากาศเย็น และถูกเป่าจ่ายออกมาให้กับบริเวณที่ต้องการจะ

ปรับอากาศ ส่วนน้ำที่ผ่าน AHU กจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น และถูกส่งกลับไปยังเครื่องทำน้ำเย็น โดยท่อน้ำเย็นกลับ (Return Chilled Water Pipe) เพื่อทำให้อุณหภูมิลดลงอีกครั้ง

เครื่องปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ตามวิธีการระบายความร้อน คือ

(1) ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-cooled Water Chiller)

(2) ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-cooled Water Chiller)

ซึ่งการระบายความร้อนก็จะเหมือนแบบแพคเกจ คือ

ถ้าใช้วิธีการระบายความร้อนด้วยอากาศก็จะใช้กับอาคารที่ต้องการการทำความเย็นไม่เกิน 500 ตัน และเป็นบริเวณที่มีน้ำน้อยไม่เพียงพอต่อการใช้งาน

ส่วนแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ จะต้องมี หอผึ่งน้ำ เพื่อนำน้ำกลับไปใช้ใหม่ ประสิทธิภาพจะดีกว่าแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (การใช้ไฟฟ้าน้อยกว่า)

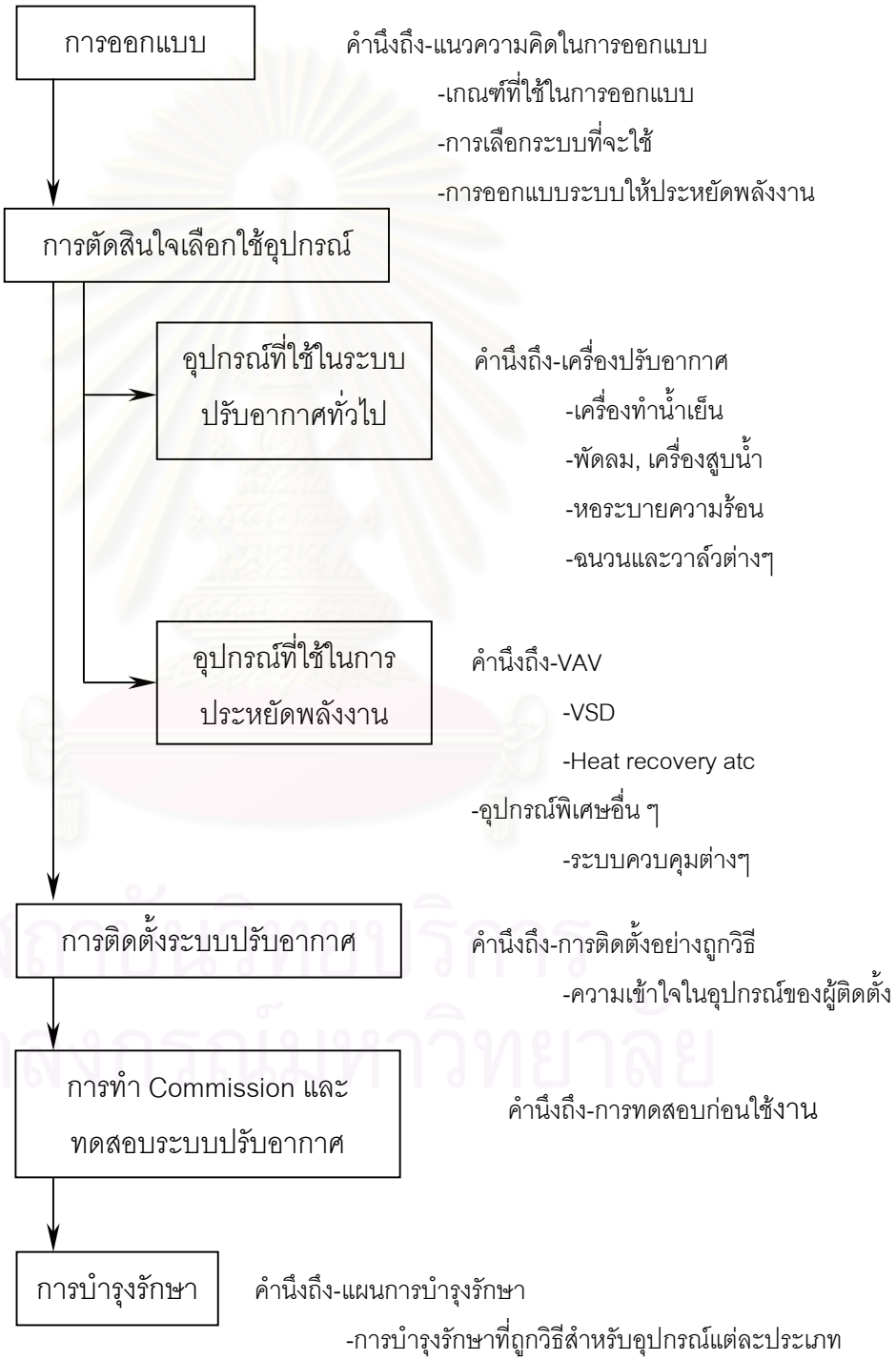
ในตารางที่ 3.5 จะเป็นการสรุปข้อมูลลักษณะการใช้งานของเครื่องปรับอากาศแบบต่างๆ (เกชา ,2540)

ตารางที่ 3.5 สรุปลักษณะการใช้งานของเครื่องปรับอากาศแบบต่างๆ

ลักษณะของเครื่องปรับอากาศ	ขนาด (ตันความเย็น)	ประมาณการใช้ไฟฟ้าโดยทั่วไป (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)
เครื่องแบบหน้าต่าง (Window Type)	0.5 – 3	1.3 – 1.5
เครื่องแบบแยกส่วน (Split Type)	0.75 – 30	1.3 – 1.5
Packaged Air - Cooled	3 – 30	1.3 – 1.5
Packaged Water - Cooled	1 – 50	1.2
Air - Cooled Water Chiller	3 – 10 10 – 500	1.4 – 1.6 1.4 – 1.6 (ประมาณการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งระบบ)
Water - Cooled Water Chiller	500 ขึ้นไป	0.8 – 1.0 (ประมาณการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งระบบ)

3.4 การประหยัดพลังงาน และอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ

การพิจารณาการประหยัดพลังงาน และอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ สามารถแยกตามกระบวนการตั้งแต่เริ่มออกแบบจนถึงขั้นใช้งาน ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 กระบวนการในการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ

จากรูปที่ 3.8 ซึ่งแสดงกระบวนการในการประหยัดพลังงาน และอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ ตั้งแต่เริ่มออกแบบจนถึงขั้นใช้งาน โดยมีกระบวนการหลักๆ คือ

(1) การออกแบบ
(2) การเลือกใช้อุปกรณ์
(3) การติดตั้งระบบปรับอากาศ
(4) การทดสอบก่อนใช้งาน
(5) การบำรุงรักษา

โดยมีรายละเอียดของแต่ละกระบวนการ ซึ่งกล่าวโดยย่อ ดังนี้

- **<u>การออกแบบ</u>** มีปัจจัยที่สำคัญ คือ แนวความคิดในการออกแบบ ซึ่งผู้ออกแบบ และเจ้าของโครงการ มีความเห็นตรงกันตั้งแต่ต้นในเรื่องการออกแบบให้ประหยัดพลังงาน ในขั้นตอนนี้จะเป็นการกำหนดลักษณะ (Characteristic) ของระบบไปจนถึงสิ้นสุดอายุการใช้งานของอาคาร นอกจากจะมีการวางแผนที่จะพัฒนาระบบให้ดีขึ้น โดยการเตรียมการไว้ล่วงหน้า โดยที่การออกแบบนี้จะต้องสอดคล้องกับเกณฑ์ที่ใช้ในการประหยัดพลังงานตามมาตรฐานที่ถูกกำหนดไว้ เมื่อกำหนดแนวความคิดให้ออกแบบได้แล้ว จึงกำหนด หรือเลือกระบบที่จะใช้งาน

- **<u>การเลือกใช้อุปกรณ์</u>** ซึ่งขึ้นกับประสบการณ์ของ ผู้ออกแบบ โดยมีข้อแนะนำเบื้องต้น ดังนี้

1) <u>การเลือกชนิด ,ขนาด และจำนวนเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสม</u> สำหรับการเลือกชนิด , ขนาด และจำนวน ให้เหมาะสมนั้น จะต้องพิจารณาจากวัตถุประสงค์ของการใช้งาน จำนวนคนที่ใช้งานภายใต้พื้นที่ปรับอากาศ และช่วงเวลาที่ใช้งานด้วย เช่น ถ้าเป็นห้องแยกเฉพาะขนาดเล็กก็อาจจะใช้เครื่องแบบหน้าต่าง หรือแบบแยกส่วน แต่ถ้าบริเวณ ใช้งานใหญ่ขึ้น เช่น สำนักงานของบริษัท ก็อาจใช้เครื่องแบบแพคเกจ แต่ถ้าใช้งานรวมทั้งอาคาร หรือส่วนใหญ่ของอาคาร ก็อาจใช้ระบบเครื่องทำน้ำเย็น แต่ถ้าหากหลังเลิกงานยังคงมีพื้นที่บางส่วนที่ต้องการการปรับอากาศต่อไป แต่บริเวณเล็กลงก็อาจใช้เครื่องแบบหน้าต่าง หรือแบบแยกส่วนขนาดเล็กติดเพิ่มสำหรับเฉพาะช่วงเวลาดังกล่าวเท่านั้น ทำให้ไม่จำเป็นต้องเดินระบบใหญ่ทั้งระบบจะทำให้ประหยัดพลังงานไปได้มาก

2) <u>เครื่องปรับอากาศ และ เครื่องทำความเย็น</u> ควรพิจารณาเลือกใช้เครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็น ประสิทธิภาพสูง ควรเลือกชนิดที่มีค่าการกินไฟต่ำ หรือมีค่า EER (Energy Efficiency Ratio) และค่า COP (Coefficiency Of Performance) สูง ซึ่งหมายความว่า เครื่องทำความเย็นได้มากต่อหน่วยการใช้ ไฟฟ้า (วัตต์) ที่เท่าๆ กัน ทั้งนี้ยิ่ง EER / COP สูงขึ้นเท่าไร ราคาก็สูงตามไปด้วย จึงควรเลือกให้เหมาะสมกับงานที่จะใช้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง , แบบแยกส่วน และ แบบแพคเกจ นั้น ประสิทธิภาพของตัวเครื่องจะถูกกำหนดเป็นค่า (Energy Efficiency Ratio : EER) โดยค่า EER จะหมายถึง ค่าความเย็นที่เครื่องปรับอากาศทำได้ 1 ตัน (12,000 บีทียู/ชั่วโมง) ต่อวัตต์ไฟฟ้าที่ใช้ให้กับเครื่อง (วัตต์) ตามสมการที่ (3.1)

$$EER = \frac{\text{บีทียู / ชั่วโมง}}{\text{วัตต์}} \qquad (3.1)$$

ซึ่งหมายความว่า ถ้าเครื่องปรับอากาศ ยิ่งมีค่า EER สูงเท่าไร ก็จะยิ่งประหยัดไฟฟ้ามากขึ้นเท่านั้น เนื่องจากในวัตต์ไฟฟ้าที่ใช้เท่ากันจะทำความเย็นได้มากกว่า ทำให้เครื่องปรับอากาศมีขนาดเล็กลงได้ ดังนั้นการเลือกใช้เครื่องปรับอากาศควรจะพิจารณา จากค่า EER เป็นลำดับแรก

สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) นั้น ประสิทธิภาพของตัวเครื่องจะแสดงด้วยค่า กิโลวัตต์/ตัน ซึ่งหมายถึง ใน 1 ตันความเย็นที่ทำได้จะใช้ไฟฟ้ากี่กิโลวัตต์ ซึ่งในการเลือกใช้ก็ควรพิจารณาเครื่องทำน้ำเย็นที่มีค่า กิโลวัตต์/ตัน ต่ำ เพราะหมายถึง ใน 1 ตันความเย็นที่ทำได้ใช้ไฟฟ้าน้อยกว่าเครื่องปรับอากาศ ที่มีค่า กิโลวัตต์/ตัน สูง

3) <u>เครื่องสูบน้ำ และพัดลม</u> ควรเลือกให้เหมาะกับ ภาระงานที่ใช้ และ เลือกมอเตอร์ให้เหมาะสมกับชุดเครื่องสูบน้ำ และพัดลม และเลือกใช้อยู่ในช่วงงานที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในแผนภาพการเลือกเครื่องสูบน้ำ และพัดลม (Pump / Fan Curve) นั้นๆ

4) <u>หอระบายความร้อน</u> ควรเลือกใช้ชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า กินน้ำน้อยกว่า ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้จาก Catalog ของผู้ผลิต รวมทั้งเลือกใช้มอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงด้วย

5) <u>ฉนวน</u> ควรเลือกโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

6) วาล์วน้ำ และชุดใบปรับสำหรับเปิด-ปิดท่อลม ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับขนาดท่อ และสอดคล้องกับคุณสมบัติของอุปกรณ์นั้นๆ

7) ระบบท่อน้ำ และท่อลม ควรออกแบบระบบให้ท่อตรง หรือมีข้อเลี้ยวน้อย และสั้นที่สุด

สำหรับการพิจารณา ระบบปรับอากาศ โดยอาศัยอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อการประหยัดพลังงาน อาจใช้

ก) ชุดปรับปริมาณลมแบบแปรเปลี่ยนได้ (Variable air volume) เพื่อใช้ปรับปริมาณลมให้เหมาะสมกับสภาพ และภาระในขณะใดๆ

ข) ชุดปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ (Variable speed drive) ติดตั้งที่เครื่องเป่าลมเย็น (พัดลม) และ เครื่องสูบน้ำ เพื่อใช้ในการปรับรอบของมอเตอร์ให้สอดคล้องกับภาระความเย็นที่ต้องการ

ค) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศ (Air to air heat exchanger) ซึ่งช่วยในการลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าอาคารโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศเสียที่นำไปทิ้งกับอากาศภายนอกที่ดูดเข้ามาในอาคาร

ง) อุปกรณ์ควบคุมกำหนดการเริ่มต้นใช้งาน และเลิกใช้งานตามเวลาตามที่ตั้งเอาไว้ ซึ่งทำให้ใช้งานเครื่องโดยไม่ลืมปิดเวลาที่ไม่ใช้งาน

- **การติดตั้งระบบปรับอากาศ** ซึ่งผู้ติดตั้งควรมีความรู้ความเข้าใจในอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งด้วย โดยมีข้อควรพิจารณาทางเทคนิค ดังนี้

1) การติดตั้งท่อลม ต้องไม่มีรูรั่ว การเปลี่ยนขนาดควรเปลี่ยนอย่างค่อยเป็นค่อยไป และการเลี้ยวต่างๆ อาจเสริมแผ่นเลี้ยวโค้งในท่อลม เพื่อช่วยลดความต้านทานการไหล

2) การติดตั้งท่อน้ำ จะมีข้อคิดคล้ายการติดตั้งท่อลม การใช้วาล์วควรเลือกชนิดที่มีความต้านทานการไหลต่ำ อย่างเหมาะสม ถ้าต่ำเกินไปวาล์วจะมีขนาดใหญ่ และราคาแพง

3) การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ควรติดตั้งตามคำแนะนำของผู้ผลิต

- **<u>การทดสอบก่อนใช้งาน</u>** (Commission) ต้องวิธีทดสอบให้เหมาะสมกับความต้องการ และการใช้งานของระบบ

- **<u>การบำรุงรักษา</u>** ต้องมีการกำหนด และวางแผนการบำรุงรักษา ที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์แต่ละชนิด ตามกำหนดเวลา เพื่อยืดอายุการใช้งาน และทำให้อุปกรณ์แต่ละชนิดมีประสิทธิภาพดีตามอายุการใช้งาน โดยมีข้อแนะนำเบื้องต้นสำหรับการบำรุงรักษาส่วนประกอบต่างๆ ของระบบปรับอากาศ ดังต่อไปนี้

ก) ท่อน้ำ และการควบคุม

<u>ตรวจสอบ Moisture-Liquid Indicator</u> ถ้าสีของสารทำความเย็นเปลี่ยน เกิดจากการมีความชื้นในระบบ แสดงว่าเกิดการทำงานผิดปกติ ถ้ามีฟองอากาศในการไหลของสารทำความเย็น แสดงว่า ระบบมีสารทำความเย็นน้อย ให้ตรวจสอบการรั่ว และเติมสารทำความเย็น

<u>ใช้เครื่องมือตรวจสอบการรั่ว</u> เพื่อตรวจว่าสารทำความเย็นและน้ำมันรั่วรอบๆ Shaft, Valve, Flange, relief valve ในคอนเดนเซอร์ และรอยต่อหรือไม่

<u>ตรวจสอบอุปกรณ์ด้วยตาเปล่า</u> เช่น มีรอยน้ำมันรั่วตามพื้นหรือไม่

<u>ตรวจสอบของเหลวที่ไหลออกจาก Strainer</u> ถ้าเย็นกว่า Liquid line ที่เข้า Strainer แสดงว่าเกิดการอุดตัน ถ้าอุดตันมาก จะเกิดน้ำแข็งเกาะบริเวณทางออก Strainer

<u>สังเกตเสียงที่เกิด หาสาเหตุและแก้ไข</u>

<u>ตั้งค่าความดันและอุณหภูมิใช้งานปกติ</u> ตรวจสอบ Guages ทั้งหมด ความดันระบบที่เพิ่มขึ้น อาจมาจากคอนเดนเซอร์สกปรก อุณหภูมิด้าน Discharge สูงอาจเกิดจากวาล์วคอมเพรสเซอร์ชำรุด หรือแตก

<u>ตรวจสอบความตึงและแนวสายพาน</u>

<u>หล่อลื่นลูกปืนมอเตอร์ และส่วนเคลื่อนไหวทั้งหมด</u>

<u>ตรวจสอบฉนวนของ Suction และ Liquid line</u>

ข) คอมเพรสเซอร์

ตรวจสอบการทำงานของคอมเพรสเซอร์ช่วงที่ทำงานไม่ปกติ เช่น เปิด-ปิดบ่อย

สังเกตเสียงคอมเพรสเซอร์ถ้าเสียงดังอาจเกิดจาก Coupling หลวมหรือสั่นเกินไป

ตรวจสอบรอยต่อคอมเพรสเซอร์ทั้งหมด

ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้บ่อยๆ เช่น ความดันน้ำมัน อุณหภูมิ

ค) เครื่องระบายความร้อนด้วยอากาศ

ตั้งสายพาน พัดลม และมอเตอร์ให้เหมาะสม

ตรวจสอบรอยต่อ ท่อทำความเย็นกับคอยล์ระบายความร้อนให้แน่น และซ่อม

ทำความสะอาด คอยล์ระบายความร้อนให้สะอาด เพื่อให้การแลกเปลี่ยนความร้อนดี

ระวังการลัดวงจรของการระบายความร้อน

ง) เครื่องระบายความร้อนด้วยน้ำ

ทำความสะอาด Shell และ Tube โดยการขัดด้วยแปรงและล้างด้วยสารเคมี

จ) เครื่องทำความเย็น

จัดตารางทำความสะอาด

ตรวจสอบว่ามีการอุดตันหรือไม่

ฉ) หอระบายความร้อน

ควบคุมปริมาณความเข้มข้น ของสารแขวนลอย ให้เหมาะสมโดยใช้สารเคมี

ตรวจสอบ Clearance ของ Overflow ให้ระดับน้ำตอนใช้งานเหมาะสม

ตรวจสอบพัดลม โดยการฟังเสียง และการสั่น ตรวจสอบสภาพสายพาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทำตามคำแนะนำในการบำรุงรักษา

ทำความสะอาด เพื่อให้ความดันตกคร่อม ทั้งอากาศและน้ำน้อยที่สุด

ทำความสะอาด Strainer ขาเข้า

ตรวจสอบว่ามีการ Bypass อากาศด้าน Outlet และ Inlet หรือไม่

ตรวจสอบสมรรถนะของ Nozzle และทำความสะอาด

ตรวจสอบประสิทธิผลของชุดบำบัดน้ำ

3.5 บทความทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศและการอนุรักษ์พลังงาน

บทความทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง มีดังนี้

(1) ระบบปรับอากาศกับการอนุรักษ์พลังงาน
(2) การใช้อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์

3.5.1 ระบบปรับอากาศกับการอนุรักษ์พลังงาน (ฉัตรชัย ,2541)

การที่พลังงานเริ่มเป็นสิ่งที่หายาก และมีราคาแพงขึ้นเรื่อยๆ จึงเกิดการรณรงค์ให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานที่เป็นรูปธรรมทั้งจากภาครัฐ และเอกชน ระบบปรับอากาศเป็นระบบหนึ่งที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก ดังจะเห็นได้ว่า อาคาราสำนักงานโดยทั่วไปที่มีระบบปรับอากาศทั้งอาคาร จะใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศประมาณ 50 – 80 % ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะรูปแบบอาคาร ตลอดจนการใช้งานของอาคารนั้นๆ ด้วยเหตุนี้การออกแบบระบบปรับอากาศที่ดี โดยมีการเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสม จึงเป็นส่วนสำคัญในการอนุรักษ์พลังงาน

การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศได้เริ่มขึ้นประมาณต้นทศวรรษที่ 70 ซึ่งในขณะนั้นพลังงานเริ่มหายาก และมีราคาแพง ประกอบกับเริ่มมีแนวโน้มจะเกิด Oil Crisis ในประเทศสหรัฐอเมริกา จึงเริ่มมีการคิดวิธีประหยัดพลังงานในรูปแบบต่างๆ เช่น การใช้ระบบ Variable air volume และมีการทำ Heat reclaim เป็นต้น สำหรับประเทศไทยเริ่มออกแบบระบบ

ปรับอากาศประหยัดพลังงานในปี ค.ศ. 1975 คือ อาคารสำนักงานใหญ่ธนาคาร กรุงเทพ จำกัด ถนนสีลม ซึ่งใช้ระบบ Variable water volume แทน Variable air volume ซึ่งไม่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน นอกจากนี้ยังได้จัดทำ Heat reclaim จาก Exhaust air ซึ่งมีอุณหภูมิ เท่ากับภายในห้องปรับอากาศ โดยใช้ Rotary air to air heat exchanger ทำให้ Fresh air มีอุณหภูมิลดลง ก่อนที่จะนำไปใช้ ซึ่งจากระบบนี้สามารถทำให้ Cooling load ของ Fresh air ลดลงได้ถึง 70 %

เมื่อเราทราบว่า ระบบปรับอากาศ เป็นสาเหตุหนึ่งของการสิ้นเปลืองพลังงาน ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะหาวิธีการต่างๆ ที่สามารถทำให้ระบบปรับอากาศใช้พลังงานน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยวิธีดังกล่าวประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 2 ประการ คือ

(1) การออกแบบ (Design)

(2) การใช้งานและบำรุงรักษา (Operation and Maintenance)

3.5.1.1 การออกแบบ (Design)

การออกแบบแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. การออกแบบทางสถาปัตยกรรม

สถาปนิกควรมีการจัดวางตำแหน่งห้อง การใช้วัสดุ การทำกันสาด ซึ่งมีผลต่อการประหยัดพลังงานทั้งสิ้น เช่น วางตำแหน่งห้องเครื่องปรับอากาศใกล้ Cooling tower เพื่อลดการสูญเสียพลังงาน

2. การออกแบบทางวิศวกรรม

การออกแบบระบบปรับอากาศให้ประหยัดพลังงานมีหลักการที่ต้องคำนึงถึง ดังนี้

- การควบคุมประสิทธิภาพของระบบ (System efficiency)

โดยคำนึงถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบ เช่น ชนิดของ Compressor ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญ ถ้าเป็น Centrifugal compressor จะใช้พลังงานน้อยที่สุด คือ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประมาณ 0.65 – 0.70 kW / TR สำหรับระบบระบบ Water - cooled ที่อุณหภูมิปกติ แต่ถ้าหากเป็น Recipocating compressor จะใช้พลังงานถึง 0.85 - 0.90 kW / TR เป็นต้น

- ควบคุมอัตราการไหลและแรงดัน (Flow rate and pressure)

การควบคุมอัตราการไหล และแรงดันทั้งของน้ำ และของลม (Water side and air side) ให้พอดีกับความต้องการของ Cooling Load ที่เปลี่ยนแปลง จะสามารถประหยัดพลังงานลงได้ส่วนหนึ่ง เช่น ด้าน Water side จะประกอบด้วย Chilled water และ Condensing water ในกรณีที่ใช้ Central plant สำหรับกลุ่มอาคาร หรืออาคารขนาดใหญ่หลังเดียว แต่สามารถแบ่งเป็นโซนๆ ได้ก็ควรแบ่ง Cooling load ออกเป็นหลายๆ โซน โดยแต่ละโซนจะประกอบด้วย กลุ่มของเครื่องสูบน้ำ ซึ่งขนาด และ จำนวนในแต่ละกลุ่มจะมี Capacity เช่น อัตราการไหล และ แรงดันสัมพันธ์กับ Cooling load ในโซนนั้นๆ ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานสูญเปล่าได้ดีกว่า การใช้แบบโซนเดี่ยวทั้งอาคาร

- ควบคุมอุณหภูมิทำการ (Operating temperature)

การเลือกอุณหภูมิทำการของระบบปรับอากาศ นับว่า มีผลต่อการประหยัดพลังงานเป็นอย่างมาก เช่น ใช้อุณหภูมิน้ำเย็นต่ำมาก จะมีผลต่อการทำงานของ Compressor ที่ต้องทำงานที่อุณหภูมิ Suction temperature ต่ำ ทำให้ค่า kW / TR เพิ่มขึ้น หรือ ต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้น 1.5 % เมื่ออุณหภูมิน้ำเย็นลดลงทุกๆ 1 องศาฟาเรนไฮต์

- ควบคุมการถ่ายเทความร้อน (Heat loss and heat gain)

การควบคุมการถ่ายเทความร้อน Heat loss and heat gain ให้ต่ำที่สุด ย่อมเป็นผลโดยตรงต่อการประหยัดพลังงาน ตัวอย่างสาเหตุของ Heat loss เช่น ขนาดความหนาของฉนวนหุ้มท่อน้ำ หรือ ท่อลมหนาไม่พอ ทำให้สูญเสียความร้อนมาก ท่อส่งลมรั่วมาก เป็นต้น โดยการใช้ขนาดความหนาของฉนวน ก็ต้องคำนึงถึงการลงทุน ที่ต้องคุ้มค่าทางเศรษฐกิจด้วย

- ควบคุมการบำรุงรักษา (Operation and maintenance)

ระบบปรับอากาศ ไม่ว่าจะออกแบบมาดีเพียงใด หากปราศจากการใช้งานที่ถูกต้องขาดการบำรุงรักษาที่ดี การออกแบบนั้นก็จะไม่ประสบผลตามต้องการ การบำรุงรักษาที่ดีควรต้องมี Maintenance schedule ปัจจุบัน อาคารที่ทันสมัยจะมีระบบ Building management system ซึ่งมี Function นี้ใน Program อยู่แล้ว

3.5.1.2 **การใช้งานและบำรุงรักษา** (Operation and Maintenance)

การที่ระบบปรับอากาศจะสามารถประหยัดพลังงานตามที่ออกแบบ ผู้ใช้จะต้องรู้จักใช้ และบำรุงรักษา ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ออกแบบกำหนดโดยมีหลักการที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1. ต้องขจัดสาเหตุที่ทำให้อุณหภูมิ Suction และ Discharge เปลี่ยนไป เพราะหากอุณหภูมิเปลี่ยนไปเพียง 1 องศาฟาเรนไฮต์ จะมีผลทำให้ สิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้น 1 - 2 % ตัวอย่างสาเหตุที่มักพบบ่อยๆ เช่น เกิดการอุดตันของ Condenser tube สูญเสีย การระบายความร้อน Condensing temperature สูงขึ้น ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้น
2. ขจัดสาเหตุต่างๆ ที่ทำให้ Pressure drop ในระบบเพิ่มขึ้น เพราะการที่มี Pressure drop เพิ่มขึ้นมีผลทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้น ตัวอย่างสาเหตุที่มักพบบ่อยๆ เช่น Condenser มีตะกรัน ทำให้ Discharge pressure ของ Compressor เพิ่มขึ้น เป็นผลให้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ซึ่งขนาดความหนาของตะกรัน เรียกว่า Fouling factor

สรุปได้ว่า การออกแบบระบบปรับอากาศให้ประหยัดพลังงาน สามารถทำได้หลายวิธี แต่ละวิธีย่อมมีข้อดี ข้อเสียให้ผลมากน้อยต่างกัน ผู้ออกแบบควรจะได้ศึกษาวิเคราะห์ถึงผลที่จะได้เสียก่อน ในทางวิศวกรรมอาจจะเป็นไปได้ แต่ในด้านการค้าอาจจะไม่คุ้มกับการลงทุน และ คงไม่มีเจ้าของอาคาร ผู้ใดต้องการให้อาคารของตนเป็นเพียงห้องทดลองโดยไม่ได้รับผลกำไรคุ้มกับการลงทุน

3.5.2 การใช้อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ (บุญพงษ์ ,2541)

ในระบบปรับอากาศ ที่มีการกระจายลม แบบปริมาตรแปรเปลี่ยน (Variable Air Volume: VAV) มีการเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมปริมาณลมและการใช้พลังงานของมอเตอร์ 3 วิธี คือ

- Discharge Air Damper : DAD

  เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมปริมาณลมที่เหมาะสมกับภาระการทำความเย็น ซึ่งทำงานโดยลดปริมาณลมเย็นลง เมื่ออุณหภูมิในห้องปรับอากาศเย็นจนถึงระดับที่ต้องการ ซึ่งจะทำให้มอเตอร์ขับพัดลม ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลงตามไปด้วย

- Inlet Guide Vane : IGV

  เป็นอุปกรณ์ที่ลดปริมาณลมเย็นในเหมาะสมกับความต้องการของการปรับอากาศ หรือภาระการปรับอากาศ การลดปริมาณลม จะทำให้มอเตอร์ขับพัดลมใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง

- Inverter

  เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ขับพัดลมให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเมื่อภาระการทำความเย็นที่ห้องปรับอากาศลดลง Inverter สามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ได้มากกว่า DAD และ IGV

ตัวอย่างเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบพัดลม เมื่อใช้อุปกรณ์ควบคุมปริมาณลมแบบต่างๆ

- การอนุรักษ์พลังงานของระบบพัดลม ด้วยวิธี แปรเปลี่ยนปริมาณลม สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุม ได้ 3 แบบ คือ DAD , IGV ,and Inverter

- อุปกรณ์ควบคุมทั้ง 3 แบบ มีสัดส่วนการใช้พลังงานในช่วง Part load แตกต่างกันตามตาราง

% ปริมาณที่เปลี่ยนแปลง	สัดส่วนการใช้พลังงาน		
	A	B	C
100	1	1	1
80	0.60	0.70	0.65
60	0.35	0.55	0.60
40	0.25	0.45	0.55
20	0.15	0.35	0.50

<u>หมายเหตุ</u>

A : พัดลมเมื่อใช้ Inverter

B : พัดลมเมื่อใช้ IGV

C : พัดลมเมื่อใช้ DAD

- ตัวอย่างเปรียบเทียบการใช้พลังงานของอุปกรณ์ควบคุมทั้ง 3 แบบ ให้พัดลมมีปริมาณส่งลมที่ 20,000 CFM ใช้มอเตอร์ 11.75 kW มีการใช้ พลังงานไฟฟ้าตามตาราง

ชั่วโมงการใช้ในแต่ละวัน	% ปริมาณลม
1.20	40
4.80	60
3.60	80
2.40	100

มีค่าพลังงานไฟฟ้าของพัดลม ดังตารางต่อไปนี้

%ปริมาณลม	A	B	C	D
100	11.75	11.75	11.75	11.75
80	7.05	8.22	7.63	11.75
60	4.11	6.46	7.05	11.75
40	2.93	5.28	6.46	11.75

<u>หมายเหตุ</u>

A : พัดลมเมื่อใช้ Inverter

B : พัดลมเมื่อใช้ IGV

C : พัดลมเมื่อใช้ DAD

D : พัดลมเมื่อใช้งานแบบปริมาตรคงที่

– เทียบค่าการใช้พลังงานของอุปกรณ์ควบคุมแบบต่าง ๆ และเงินลงทุน

รายละเอียด	A	B	C	D
เงินลงทุน	105,000	41,100	30,000	-
พลังงานไฟฟ้า บาท/ปี	40,300	50,000	51,000	60,800

<u>หมายเหตุ</u>

✧ คิดค่าพลังงานไฟฟ้า 1.75 บาท/kW-Hr

✧ ใช้งาน 12 ชั่วโมงต่อวัน ,300 วันต่อปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในระบบปรับอากาศที่มีระบบน้ำแบบปริมาตรแปรเปลี่ยน (Variable Water Volume : VWV) มีวิธีการควบคุมระบบสูบน้ำ และการใช้พลังงานของมอเตอร์ ดังนี้

- การใช้ Multiple pump

เป็นวิธีที่นิยมใช้ออกแบบระบบปรับอากาศ ซึ่งเป็นวิธีที่ช่วยลดค่าพลังงานของการสูบน้ำ ตัวอย่างเช่น ระบบปรับอากาศต้องสูบน้ำหมุนเวียน 1,000 US.GPM ที่แรงดัน 100 ฟุต ประสิทธิภาพในการสูบน้ำ 70 %

- กรณีใช้เครื่องสูบน้ำ ชุดเดียว 1,000 GPM จะใช้พลังงานไฟฟ้า 36 Hp
- กรณีใช้เครื่องสูบน้ำ 3 เดียว คือ 500 GPM 1 ชุด และ 250 GPM 2 ชุด
  * ถ้าทำงานเต็มภาระการปรับอากาศ จะใช้พลังงานไฟฟ้า 36 Hp
  * ถ้าทำงานที่ภาระการปรับอากาศลดลงไป จนสามารถปิดเครื่องสูบน้ำชุดเล็กได้ทีละชุด จะทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงไปทีละ 9 Hp

ซึ่งการใช้ Multiple pump จะใช้เงินลงทุนของอุปกรณ์ที่น้อยกว่า และยังทำให้สามารถบริหารการใช้พลังงานที่ใช้ได้ดีกว่า

- การใช้ Inverter

เป็นการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งได้ผลดีที่สุดในการประหยัดพลังงาน แต่มีปัญหาที่การใช้เงินลงทุนที่สูงถึง 7,000 - 10,000 บาท/KVA และ ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความดันในระบบท่อน้ำ เพื่อแปลงสัญญาณความดันที่เปลี่ยนแปลงไปลดความถี่ของมอเตอร์ทำให้การใช้พลังงานของมอเตอร์ลดลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
การศึกษาเงื่อนไขสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

สำหรับบทนี้จะเป็นการศึกษาปัจจัยต่างๆ ซึ่งใช้เป็นกฎเกณฑ์เงื่อนไขสำหรับการวิเคราะห์ทางเลือกใช้ ระบบปรับอากาศ โดยเป็นเกณฑ์เงื่อนไขที่เปรียบเทียบในด้านวิศวกรรม การจัดการ และเศรษฐศาสตร์ ที่ต้องพิจารณาในการตัดสินใจเลือก ระบบปรับอากาศ ที่มีความเหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยคำนึงถึงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงาน ตลอดจนการศึกษาระบบการตัดสินใจที่มีในปัจจุบัน ซึ่งจะกล่าวถึงขั้นตอนและวิธีการตัดสินใจ และการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของระบบการตัดสินใจเหล่านั้นด้วย

4.1 <u>การพิจารณาปัจจัยเพื่อใช้เป็นเกณฑ์เงื่อนไขในการตัดสินใจ</u>

ในกระบวนการตัดสินใจสำหรับเรื่องต่างๆ นั้นสามารถกระทำได้หลายวิธีการ และมีปัจจัยต่างๆ ซึ่งเป็นเกณฑ์เงื่อนไขในการตัดสินใจที่ต้องคำนึงถึงมากมาย โดยในการเลือกระบบปรับอากาศที่กำลังศึกษาอยู่นี้จะพิจารณาปัจจัยสำหรับการตัดสินใจด้วยข้อมูลทางเทคนิคด้านการอนุรักษ์และประหยัดพลังงาน และระบบปรับอากาศ

นอกจากการศึกษาข้อมูลทางเทคนิคของการอนุรักษ์และประหยัดพลังงาน และระบบปรับอากาศ แล้วยังได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ประกอบในการศึกษา และวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับกำหนดปัจจัยที่เป็นกฎเกณฑ์เงื่อนไขในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่มีความเหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยเลือกใช้วิธีการรวบรวมข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. การสัมภาษณ์
2. การใช้แบบสอบถาม
3. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากรายงาน และเอกสารต่างๆ

การสัมภาษณ์ เป็นวิธีการที่เป็นลักษณะการติดต่อสื่อสาร 2 ด้าน ซึ่งมีความยืดหยุ่นสูงในการสร้างความเข้าใจระหว่างผู้สัมภาษณ์และผู้ให้สัมภาษณ์ สามารถสังเกตการณ์ประกอบได้ในขณะสัมภาษณ์ ทำให้เก็บรวบรวมข้อมูลได้มาก มีความถูกต้องสูง และได้รับข้อมูลที่ต้องการจากการสัมภาษณ์ได้อย่างครบถ้วน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การใช้แบบสอบถาม ผู้ตอบแบบสอบถามจะมีเวลาในการตอบมากขึ้นจึงสามารถตอบได้อย่างละเอียด และช่วยประหยัดเวลาของผู้รวบรวมข้อมูล นอกจากนี้ยังใช้ตรวจสอบข้อมูลในลักษณะเดียวกันได้เป็นอย่างดี โดยการออกแบบสอบถามแล้วนำไปสำรวจข้อมูลจากผู้ตอบแบบสอบถามหลายๆ แหล่ง

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากรายงาน และเอกสารต่าง ๆ ทำได้โดยการนำเอกสารต่างๆ มาศึกษา และค้นคว้า เพื่อวิเคราะห์ และรวบรวมข้อมูล

จากการศึกษาข้อมูลทางเทคนิคของการอนุรักษ์และประหยัดพลังงาน และระบบปรับอากาศ และการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการสัมภาษณ์ และการเก็บรวบรวมข้อมูลจากรายงาน และเอกสารต่างๆ สามารถกำหนดปัจจัยที่เป็นกฎเกณฑ์เงื่อนไข ซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ดังหัวข้อต่อไปนี้

(1) ด้านวิศวกรรม (Engineering)

(2) ด้านการจัดการ (Management)

(3) ด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics)

(4) ด้านพลังงาน (Energy)

หลังจากกำหนดหัวข้อของปัจจัยที่เป็นกฎเกณฑ์เงื่อนไข ซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมได้แล้วจึงจัดทำแบบสอบถามสำหรับรวบรวมข้อมูลของปัจจัยที่เป็นกฎเกณฑ์เงื่อนไขสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศดังแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ข ขั้นตอนถัดไปก็คือการนำแบบสอบถามนี้ไปสอบถามข้อมูลจากบุคคล 4 กลุ่ม คือ

ก. กลุ่มเจ้าของและผู้บริหารโรงงาน

ข. กลุ่มผู้ดูแลระบบปรับอากาศในโรงงาน

ค. กลุ่มผู้ออกแบบระบบปรับอากาศ

ง. กลุ่มผู้รับเหมาและติดตั้งระบบปรับอากาศ

โดยรวบรวมข้อมูลและแสดงสรุปของผลการสำรวจปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ ไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการสำรวจปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

กลุ่มบุคคลผู้ให้ข้อมูล	ผู้ให้ข้อมูลลำดับที่	ปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ									
		Engineering			Management			Economics		Energy	
		Technical	Efficiecy	Enegy Usage	Management and Control	Maintenance	Management Cost	Initial cost	Operating cost	Energy Conservation	Energy Saving
เจ้าของและผู้บริหารโรงงาน	1	X	X	X	X			X	X	X	X
	2				X	X	X	X	X		X
	3	X	X	X		X	X	X	X	X	
	4	X	X			X	X	X	X		
รวม	4 คน	3	3	2	2	3	3	4	4	2	2
ผู้ดูแลระบบปรับอากาศในโรงงาน	1	X	X		X	X	X	X	X		X
	2	X	X	X	X	X	X	X	X		X
	3	X	X			X	X		X	X	
	4		X	X	X	X	X	X	X	X	X
รวม	4 คน	3	4	2	3	4	4	3	4	2	3
ผู้ออกแบบระบบปรับอากาศ	1	X	X	X	X		X		X	X	X
	2	X	X		X	X	X	X		X	X
	3	X	X	X	X	X		X	X	X	
	4	X	X	X		X	X		X	X	X
	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	6	X	X	X				X	X	X	X
	7	X	X	X	X	X	X		X	X	
	8	X	X	X	X	X		X		X	X
รวม	8 คน	8	8	7	6	6	5	5	6	8	5
ผู้รับเหมาและติดตั้งระบบปรับอากาศ	1	X	X					X	X		X
	2				X	X		X			
	3	X	X		X			X		X	
	4	X		X		X	X	X	X		
รวม	4 คน	3	2	1	2	2	1	4	1	1	1
รวมทุกกลุ่มผู้ให้ข้อมูล	20 คน	17	17	12	13	15	13	16	15	13	11

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากสรุปของผลการสำรวจปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่ได้รวบรวมข้อมูลไว้ในตารางที่ 4.1 นั้นสามารถจะนำผลของข้อมูลนี้มาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของการใช้ปัจจัยได้ ดังตารางสรุปเปอร์เซ็นต์การใช้ปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่ได้รวบรวมข้อมูลจากการสำรวจความเห็น ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สรุปเปอร์เซ็นต์การใช้ปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

กลุ่มบุคคลผู้ให้ข้อมูล	ผู้ให้ข้อมูลลำดับที่	ปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ									
		Engineering			Management			Economics		Energy	
		Technical	Efficiecy	Enegy Usage	Management and Control	Maintenance	Management Cost	Initial cost	Operating cost	Energy Conservation	Energy Saving
เจ้าของและผู้บริหารโรงงาน (คน)	4	3	3	2	2	3	3	4	4	2	2
เจ้าของและผู้บริหารโรงงาน (เปอร์เซ็นต์)	100	75	75	50	50	75	75	100	100	50	50
ผู้ดูแลระบบปรับอากาศในโรงงาน (คน)	4	3	4	2	3	4	4	3	4	2	3
ผู้ดูแลระบบปรับอากาศในโรงงาน (เปอร์เซ็นต์)	100	75	100	50	75	100	100	75	100	50	75
ผู้ออกแบบระบบปรับอากาศ (คน)	8	8	8	7	6	6	5	5	6	8	5
ผู้ออกแบบระบบปรับอากาศ (เปอร์เซ็นต์)	100	100	100	87.5	75	75	62.5	62.5	75	100	62.5
ผู้รับเหมาและติดตั้งระบบปรับอากาศ (คน)	4	3	2	1	2	2	1	4	1	1	1
ผู้รับเหมาและติดตั้งระบบปรับอากาศ (เปอร์เซ็นต์)	100	75	50	25	50	50	50	100	25	25	25
รวมทุกกลุ่มผู้ให้ข้อมูล (คน)	20	17	17	12	13	15	13	16	15	13	11
รวมทุกกลุ่มผู้ให้ข้อมูล (เปอร์เซ็นต์)	100	85	85	60	65	75	65	80	75	65	55

จากการศึกษาข้อมูลทางเทคนิคของการอนุรักษ์และประหยัดพลังงาน และระบบปรับอากาศ และการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น สามารถกำหนดปัจจัยที่เป็นกฎเกณฑ์เงื่อนไข ซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยเงื่อนไขต่างๆ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 **ด้านวิศวกรรม** (Engineering)

ปัจจัยด้านวิศวกรรม เกี่ยวข้องกับข้อมูลย่อย ดังนี้ :-

(ก) เทคนิค (Technical)

(ข) ประสิทธิภาพ (Efficiency)

(ค) การใช้พลังงาน (Energy Usage)

ข้อมูลด้านเทคนิค (Technical) ประกอบด้วย :-

- ระบบความสามารถในการควบคุมสภาวะในโรงงานให้เป็นไปตามสภาวะที่ออกแบบของระบบปรับอากาศ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความดัน และ ระดับความสะอาด เป็นต้น ยกตัวอย่างเช่น
  - ระบบปรับอากาศ สำหรับโรงงานผลิตอุปกรณ์อิเล็คโทรนิคส์ จะมีการออกแบบระบบปรับอากาศที่มีความสามารถควบคุมสภาวะในโรงงานให้เป็นไปตามข้อกำหนด ดังนี้
    - อุณหภูมิ เท่ากับ 23 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส
    - ความชื้น เท่ากับ 50 $\pm$ 5 % RH
    - ความสะอาด เท่ากับ ระดับคลาส 10,000 หรือ 10K
    - ความดัน เท่ากับ ความดันบรรยากาศ $\pm$ 0.5 In.Wg.
- อุปกรณ์หลักในระบบปรับอากาศ เช่น Chiller ควรมีการควบคุมการทำงานที่เป็นระบบอัตโนมัติด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติโดยคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า Building Automation System (BAS)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลด้านประสิทธิภาพ (Efficiency) ประกอบด้วย :-

- ✧ อุปกรณ์หลักในระบบปรับอากาศ เช่น Chiller สามารถปรับการทำงานของอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพสูงตามภาระความร้อนของโรงงาน ยกตัวอย่างเช่น
  - ในช่วงที่โรงงานทำงาน 100% ของกำลังการผลิต ในฤดูร้อนโรงงานจะมีภาระความร้อน 100% ของความสมารถของการทำความเย็นของระบบปรับอากาศด้วย ซึ่ง Chiller ก็จะทำงานที่ 100% ของประสิทธิภาพด้วยเช่นกัน แต่ในฤดูฝน ในวันที่มีฝนตกจะทำให้โรงงานมีภาระความร้อนเหลือเพียง 72% ซึ่ง Chiller ก็จะต้องสามารถปรับลดการทำงานให้ลดลงเป็น 72% ตามไปด้วย เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิภายในโรงงานให้คงที่ตามสภาวะที่ออกแบบไว้
- ✧ อุปกรณ์ในระบบปรับอากาศควรมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน เช่น
  - Chiller มีอายุการใช้งานอย่างน้อย 20 ปี
  - เครื่องปรับอากาศ มีอายุการใช้งานอย่างน้อย 10 ปี

ข้อมูลด้านการใช้พลังงาน (Energy Usage) ประกอบด้วย :-

- ✧ ระบบปรับอากาศที่ใช้พลังงานต่ำ เช่น ระบบปรับอากาศที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะใช้พลังงานในการทำงานน้อยกว่าอุปกรณ์ทั่วไป โดยที่อย่างน้อยอุปกรณ์เหล่านี้ต้องสามารถปรับการใช้พลังงานให้เป็นไปตามข้อกำหนดในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 มาตรฐานค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของการปรับอากาศ

ก. เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ		
ชนิดส่วนทำความเย็น / เครื่องทำความเย็น	อาคารใหม่ (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)	อาคารเก่า (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)
1. ส่วนทำความเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Chiller)		
ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น	0.75	0.90
ขนาด 251 – 500 ตันความเย็น	0.70	0.84
ขนาดเกินกว่า 500 ตันความเย็น	0.67	0.80
2. ส่วนทำความเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Chiller)		
ขนาดไม่เกิน 35 ตันความเย็น	0.97	1.18
ขนาดเกินกว่า 35 ตันความเย็น	0.91	1.10
3. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (Package Unit)	0.88	1.06
4. ส่วนทำความเย็นแบบสกรู (Screw Chiller)	0.70	0.84

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 มาตรฐานค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของการปรับอากาศ (ต่อ)

ข. เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ		
ชนิดส่วนทำความเย็น / เครื่องทำความเย็น	อาคารใหม่ (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)	อาคารเก่า (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)
1. ส่วนทำความเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Chiller)		
ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น	1.40	1.61
ขนาดเกินกว่า 500 ตันความเย็น	1.20	1.38
2. ส่วนทำความเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Chiller)		
ขนาดไม่เกิน 50 ตันความเย็น	1.30	1.50
ขนาดเกินกว่า 50 ตันความเย็น	1.25	1.44
3. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (Package Unit)	1.37	1.58
4. เครื่องทำความเย็นแบบแยกส่วน (Split type)	1.40	1.61

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ระบบปรับอากาศที่ใช้แหล่งพลังงานในการทำงานของอุปกรณ์บางส่วนจากพลังงานที่เหลือใช้ในโรงงาน เช่น การใช้ Absorption Chiller ที่ใช้พลังงานจาก Waste Stream น้ำมันดีเซล หรือก๊าซธรรมชาติ

4.1.2 **ด้านการจัดการ** (Management)

ปัจจัยด้านการจัดการ เกี่ยวข้องกับข้อมูลย่อย ดังนี้ :-

(ก) การจัดการ และการควบคุมดูแลระบบ (Management and Control)
(ข) การซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน (Maintenance)
(ค) ค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบ (Management Cost)

ข้อมูลด้านการจัดการ และการควบคุมดูแลระบบ
(Management and Control) ประกอบด้วย :-

- ควรมีการเลือกใช้อุปกรณ์ที่สามารถจัดการปรับการทำงานระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละช่วงได้ เช่น โรงงานที่มีการทำงานล่วงเวลาบางแผนก ก็ควรมีระบบปรับอากาศที่สามารถแยกทำงานบางส่วน เพื่อใช้เฉพาะในบริเวณที่มีการทำงานด้วย
- ควรมีระบบคอมพิวเตอร์มาช่วย ในการสั่งงาน และควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศ เช่น การกำหนดตารางการเปิด - ปิดระบบล่วงหน้า หรือสั่งเปิด - ปิด อุปกรณ์ เช่น Chiller ได้จากคอมพิวเตอร์ในห้องควบคุมโดยไม่ต้องไปทำด้วยตัวเองที่ห้องเครื่อง

ข้อมูลด้านการซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน (Maintenance) ประกอบด้วย :-

- ระบบปรับอากาศควรซ่อมบำรุงง่าย และ มีระบบสัญญาณเตือนเมื่อมีอุปกรณ์บางตัวทำงานผิดพลาด หรือต้องซ่อมและ/หรือเปลี่ยนชิ้นส่วนของอุปกรณ์นั้น เช่น การติดตั้ง Differential Pressure Sensor สำหรับเตือนเมื่อ Filter อุดตัน

ข้อมูลด้านค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบ (Management cost)
ประกอบด้วย :-

- ระบบปรับอากาศควรมีการจัดการ และกำหนดการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยให้การจัดการระบบสามารถทำได้โดยสะดวก และสามารถลดจำนวนช่างเทคนิคที่ทำหน้าที่ในการจัดการระบบลง ซึ่งจะทำให้ลดค่าใช้จ่ายลงด้วย

4.1.3 **ด้านเศรษฐศาสตร์** (Economics)

ปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ เกี่ยวข้องกับข้อมูลย่อย ดังนี้ :-

(ก) การลงทุนติดตั้งระบบ (Initial cost)
(ข) ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน (Operating cost)

ข้อมูลด้านการลงทุนติดตั้งระบบ (Initial cost) ประกอบด้วย :-

- ระบบปรับอากาศที่เลือกควรมีมูลค่าการลงทุนต่ำ
- หากระบบปรับอากาศที่เลือก มีมูลค่าการลงทุนสูงกว่า ก็ควรมีค่าใช้จ่ายในการใช้งานที่ต่ำกว่า

ข้อมูลด้านค่าใช้จ่ายในการใช้งาน (Operating cost) ประกอบด้วย :-

- ระบบปรับอากาศที่เลือกควรมีค่าใช้จ่ายในส่วนของพลังงานที่ใช้ในการทำงานของระบบต่ำ
- ระบบปรับอากาศที่เลือก ควรมีค่าใช้จ่ายในการควบคุมดูแล และซ่อมบำรุงต่ำ

4.1.4 **ด้านพลังงาน** (Energy)

ปัจจัยด้านพลังงาน เกี่ยวข้องกับข้อมูลย่อย ดังนี้ :-

(ก) การอนุรักษ์พลังงาน (Energy Conservation)
(ข) การประหยัดพลังงาน (Energy Saving)

ข้อมูลด้านการอนุรักษ์พลังงาน (Energy Conservation) ประกอบด้วย :-

- ระบบปรับอากาศ ควรมีการใช้พลังงานในการทำงานเป็นไปตามข้อกำหนดในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เช่น การใช้ Chiller แบบ Screw ที่มีมาตรฐานค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ไม่เกิน 0.7 kW / Ton

ข้อมูลด้านการประหยัดพลังงาน (Energy Saving) ประกอบด้วย :-

- ✧ ระบบปรับอากาศ ควรประกอบด้วยอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานอย่างประหยัด เช่น เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 ประหยัดไฟฟ้า หรือระบบจ่ายลมแบบ VAV

<u>หมายเหตุ</u> : ปัจจัยที่เป็นกฎเกณฑ์เงื่อนไขซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้ กำหนดขึ้นโดยไม่ได้ระบุลำดับความสำคัญ เนื่องจากในการศึกษานี้มีความประสงค์ที่จะให้ผู้ที่ทำหน้าที่พิจารณาตัดสินใจสามารถกำหนดลำดับความสำคัญได้ด้วยตนเองตามความต้องการ

4.1.5 การกำหนดเกณฑ์สำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

ในการตัดสินใจเลือก ระบบปรับอากาศ ที่มีความเหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยคำนึงถึงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงาน จะวิเคราะห์ทางเลือกใช้ ระบบปรับอากาศ ด้วยปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวถึงข้างต้น โดยมีเกณฑ์สำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบด้วยปัจจัยที่เป็นกฎเกณฑ์เงื่อนไขในด้านวิศวกรรม การจัดการ และเศรษฐศาสตร์ โดยพิจารณาข้อมูลที่เกี่ยวข้องในส่วนของแนวทางสำหรับการตัดสินใจเลือกคุณสมบัติ และการใช้งานระบบปรับอากาศ แล้วจึงกำหนดเป็นเกณฑ์สำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

<u>แนวทางสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ</u>

1. พิจารณาถึงความต้องการใช้งานระบบปรับอากาศ ของโรงงานอุตสาหกรรม

2. ศึกษาคุณสมบัติของระบบปรับอากาศสำหรับเป็นทางเลือกในการตัดสินใจ

3. พิจารณาระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ภายใต้กฎเกณฑ์เงื่อนไขสำหรับการวิเคราะห์ทางเลือกใช้ ระบบปรับอากาศ ในด้านวิศวกรรม การจัดการ และเศรษฐศาสตร์

4. วิเคราะห์ และเปรียบเทียบ เพื่อตัดสินใจเลือก ระบบปรับอากาศ ที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

<u>คุณสมบัติของระบบปรับอากาศ และการใช้งาน</u>

ระบบปรับอากาศแบบต่างๆ มีข้อมูลโดยสรุป ดังนี้

ระบบปรับอากาศแบ่งออกเป็น 4 แบบ ได้แก่

1. เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง (Window Type) ซึ่งเหมาะสมสำหรับติดตั้งในห้องขนาดตั้งแต่ 10 ถึง 45 ตารางเมตร เช่น ห้องผู้จัดการ เป็นต้น โดยมีข้อจำกัดที่ห้องปรับอากาศต้องมีผนังติดกับพื้นที่ว่างภายนอก ซึ่งมีการระบายอากาศที่ดีอย่างน้อย 1 ด้าน

2. เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ซึ่งเหมาะสมสำหรับติดตั้งในห้องที่มีขนาดตั้งแต่ 12 ถึง 450 ตารางเมตร เช่น ห้องทำงาน ห้องผู้จัดการ โรงอาหาร เป็นต้น โดยมีข้อจำกัดที่เครื่องปรับอากาศส่วน FCU และ CDU ต้องวางห่างกันไม่เกิน 15เมตร เนื่องจากประสิทธิภาพของเครื่องที่ลดลงตามระยะห่างที่เพิ่มขึ้น

3. เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจ (Package Unit) แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

3.1. เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Package) ซึ่งเหมาะสมสำหรับติดตั้งในห้องที่มีขนาดตั้งแต่ 45 ถึง 450 ตารางเมตร เช่น ห้องทำงาน ส่วนผลิตของโรงงาน โรงอาหาร เป็นต้น โดยมีข้อจำกัดที่เครื่องปรับอากาศต้องวางในสถานที่ซึ่งมีการระบายอากาศดี

3.2. เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-Cooled Package) ซึ่งเหมาะสมสำหรับติดตั้งในห้องที่มีขนาดตั้งแต่ 15 ถึง 750 ตารางเมตร เช่น ห้องทำงาน ส่วนผลิตของโรงงาน โรงอาหาร เป็นต้น โดยมีลักษณะเหมือนเครื่องแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่า เนื่องจากมีการระบายความร้อนด้วยน้ำซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า และสามารถนำน้ำระบายความร้อนกลับมาใช้ใหม่ โดยการลดอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนด้วย หอผึ่งน้ำ

4. เครื่องปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

4.1 เครื่องปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Water Chiller) ซึ่งเหมาะสมสำหรับติดตั้งในห้องที่มีขนาดการทำความเย็นตั้งแต่ 3 ถึง 500 ตันความเย็น โดยจ่ายลมเย็นด้วย AHU และ FCU เช่น ห้องทำงาน ส่วนผลิตของโรงงาน

โรงอาหาร เป็นต้น ซึ่งเหมาะสมสำหรับ โรงงานที่มีน้ำน้อยไม่เพียงพอต่อการใช้งาน สามารถใช้งานกับระบบที่มีขนาดปานกลางถึงใหญ่ และระบบที่ต้องการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งสามารถทำน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 6 C โดยมีข้อจำกัดที่เครื่องปรับอากาศต้องวางในสถานที่ซึ่งมีการระบายอากาศดี

4.2 เครื่องปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-Cooled Water Chiller) โดยมีลักษณะเหมือนเครื่องแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่า เนื่องจากมีการระบายความร้อนด้วยน้ำซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า และสามารถนำน้ำระบายความร้อนกลับมาใช้ใหม่ โดยการลดอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนด้วย หอผึ่งน้ำ ระบบนี้เหมาะสมสำหรับติดตั้งในห้องที่มีขนาดการทำความเย็นตั้งแต่ 20 ถึง 1200 ตันความเย็น โดยจ่ายลมเย็นด้วย AHU และ FCU เช่น ส่วนผลิตของโรงงาน โรงอาหาร เป็นต้น ซึ่งเหมาะสมสำหรับระบบที่มีขนาดปานกลางถึงใหญ่ และระบบที่ต้องการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งสามารถทำน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 6 C

4.3 เครื่องปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็นประเภทแอบซอพชั่น (Absorption Chiller) โดยมีลักษณะทั่วไปเหมือน Chiller แบบอื่นๆ แต่มีกระบวนการทำงานของ Chiller และสารทำความเย็นที่แตกต่างกัน คือ สาร LiBr มีการระบายความร้อนด้วยน้ำ และสามารถนำน้ำระบายความร้อนกลับมาใช้ใหม่ โดยการลดอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนด้วย หอผึ่งน้ำ ระบบนี้เหมาะสมสำหรับติดตั้งในโรงงานที่มีแหล่งพลังงานเหลือใช้ เช่น Waste steam เนื่องจาก Chiller ทำงานโดยใช้แหล่งพลังงานอื่นที่ไม่ใช่ไฟฟ้า เช่น น้ำมัน ไอน้ำ และ แก๊ส ระบบเหมาะสำหรับห้องที่มีขนาดการทำความเย็นตั้งแต่ 200 ถึง 1700 ตันความเย็น โดยจ่ายลมเย็นด้วย AHU และ FCU เช่น ส่วนผลิตของโรงงาน โรงอาหาร เป็นต้น ซึ่งเหมาะสมสำหรับระบบที่มีขนาดปานกลางถึงใหญ่ และระบบที่ต้องการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งสามารถทำน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 6 C

<u>ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมภายใต้กฎเกณฑ์เงื่อนไข</u>

พิจารณาระบบปรับอากาศแบบต่างๆ ภายใต้กฎเกณฑ์เงื่อนไข ด้านวิศวกรรม การจัดการ เศรษฐศาสตร์ และพลังงาน มีข้อมูลโดยสรุปในตารางที่ 4.4 ดังนี้

ตารางที่ 4.4 ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมภายใต้กฎเกณฑ์เงื่อนไข

ระบบปรับอากาศ	ระดับความเหมาะสม ภายใต้กฎเกณฑ์เงื่อนไขด้านต่างๆ			
	วิศวกรรม	การจัดการ	เศรษฐศาสตร์	พลังงาน
Window Type	ปานกลาง	ดี	ปานกลาง	ไม่ดี
Split Type	ดี	ดีมาก	ดี	ปานกลาง
Package Air-Cooled	ดี	ดี	ปานกลาง	ปานกลาง
Package Water-Cooled	ดี	ดีมาก	ปานกลาง	ดี
Air-Cooled Chiller	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	ดี
Water-Cooled Chiller	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก
Absorption Chiller	ดีมาก	ดี	ดี	ดีมาก

เกณฑ์สำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

1. ในการเลือกระบบปรับอากาศ ที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ภายใต้กฎเกณฑ์เงื่อนไขต่างๆ ควรพิจารณาเลือกระบบปรับอากาศตามลำดับความเหมาะสม ดังนี้

ด้านวิศวกรรม

การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขด้านวิศวกรรม มีลำดับความเหมาะสมจากมากไปหาน้อย ดังนี้ Water-Cooled Chiller, Air-Cooled Chiller, Absorption Chiller, Package Water-Cooled, Split Type, Package Air-Cooled, Window Type

ด้านการจัดการ

การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขด้านการจัดการ มีลำดับความเหมาะสมจากมากไปหาน้อย ดังนี้ Water-Cooled Chiller, Air-Cooled Chiller, Split Type, Package Water-Cooled, Package Air-Cooled, Absorption Chiller, Window Type

ด้านเศรษฐศาสตร์

การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขด้านเศรษฐศาสตร์ มีลำดับความเหมาะสมจากมากไปหาน้อย ดังนี้ Water-Cooled Chiller, Air-Cooled Chiller, Split Type, Absorption Chiller, Package Water-Cooled, Package Air-Cooled, Window Type

ด้านพลังงาน

การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขด้านพลังงาน มีลำดับความเหมาะสมจากมากไปหาน้อย ดังนี้ Water-Cooled Chiller, Absorption Chiller, Air-Cooled Chiller, Package Water-Cooled, Split Type, Package Air-Cooled, Window Type

2. ในการเลือกระบบปรับอากาศ ที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ภายใต้กฎเกณฑ์เงื่อนไขต่างๆ โดยคำนึงถึงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงาน ควรพิจารณากฎเกณฑ์เงื่อนไขในการเลือกระบบปรับอากาศตามลำดับความสำคัญจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ด้านวิศวกรรม พลังงาน การจัดการ และเศรษฐศาสตร์

3. เกณฑ์ในการตัดสินใจดังกล่าวข้างต้นนั้นถูกกำหนดขึ้นสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยคำนึงถึงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงาน โดยมีสมมติฐานว่า การใช้งานระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ระบบจะต้องได้รับการออกแบบเพื่อควบคุมให้สภาวะภายในโรงงานมีความเหมาะสมทั้งกับสภาวะของการผลิต และพนักงานที่ทำงานอยู่ภายในโรงงาน นอกจากนั้นระบบยังต้องสามารถทำงานโดยประหยัดพลังงานด้วย โดยการเลือกใช้อุปกรณ์ที่สามารถปรับการทำงานให้โรงงานมีสภาวะตามที่ออกแบบ และประหยัดพลังงาน ดังนั้นการใช้งานระบบปรับอากาศจะไม่ขึ้นกับพฤติกรรมของผู้ใช้งาน เช่น การเปิด-ปิดเครื่อง การปรับหรี่อุณหภูมิ เป็นต้น เนื่องจากระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมมีข้อจำกัดอยู่ว่า ระบบต้องควบคุมสภาวะให้เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิต จึงต้องเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่มีระบบควบคุมที่มีความสามารถในการปรับด้วย

จากรายละเอียดของกฎเกณฑ์เงื่อนไขต่างๆ ซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าวข้างต้น สามารถกำหนดดัชนีที่แสดงถึงผลการใช้ปัจจัยสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ ดังต่อไปนี้

4.1.6 การกำหนดดัชนีที่แสดงถึงผลการใช้ปัจจัยสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

ในการกำหนดดัชนีที่แสดงถึงผลการใช้ปัจจัยสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศนั้น ได้มาจากการพิจารณาข้อมูลของข้อกำหนดต่างๆที่เป็นเงื่อนไขสำหรับการตัดสินใจตลอดจนข้อมูลความต้องการของผู้ตัดสินใจและโรงงาน โดยสามารถสรุปดัชนีเหล่านี้ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ดัชนีที่แสดงถึงผลการใช้ปัจจัยสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

รายละเอียดของเงื่อนไข / ความต้องการ	ดัชนีที่ใช้แสดงถึงผลการใช้ปัจจัยสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศเพื่อบรรลุเงื่อนไขและความต้องการ
1. ความสามารถของการควบคุมสภาวะภายในห้องที่ปรับอากาศ	1.1 ระดับอุณหภูมิในห้อง 1.2 ระดับความชื้นในห้อง
2. ความสามารถในการประหยัด และอนุรักษ์พลังงาน	2.1 ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานในรูป kW / Tonr 2.2 ค่าใช้จ่ายของพลังงานสำหรับการใช้งานระบบ
3. การควบคุม การจัดการระบบ และการซ่อมบำรุงระบบปรับอากาศ	3.1 ค่าใช้จ่ายของการจัดการ และซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน
4. ระบบที่มีมูลค่าเงินลงทุนในการติดตั้งและการใช้งานที่ต่ำ	4.1 ต้นทุนในการติดตั้งระบบ 4.2 ค่าใช้จ่ายในการใช้งานระบบ

4.2 ระบบการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในปัจจุบัน

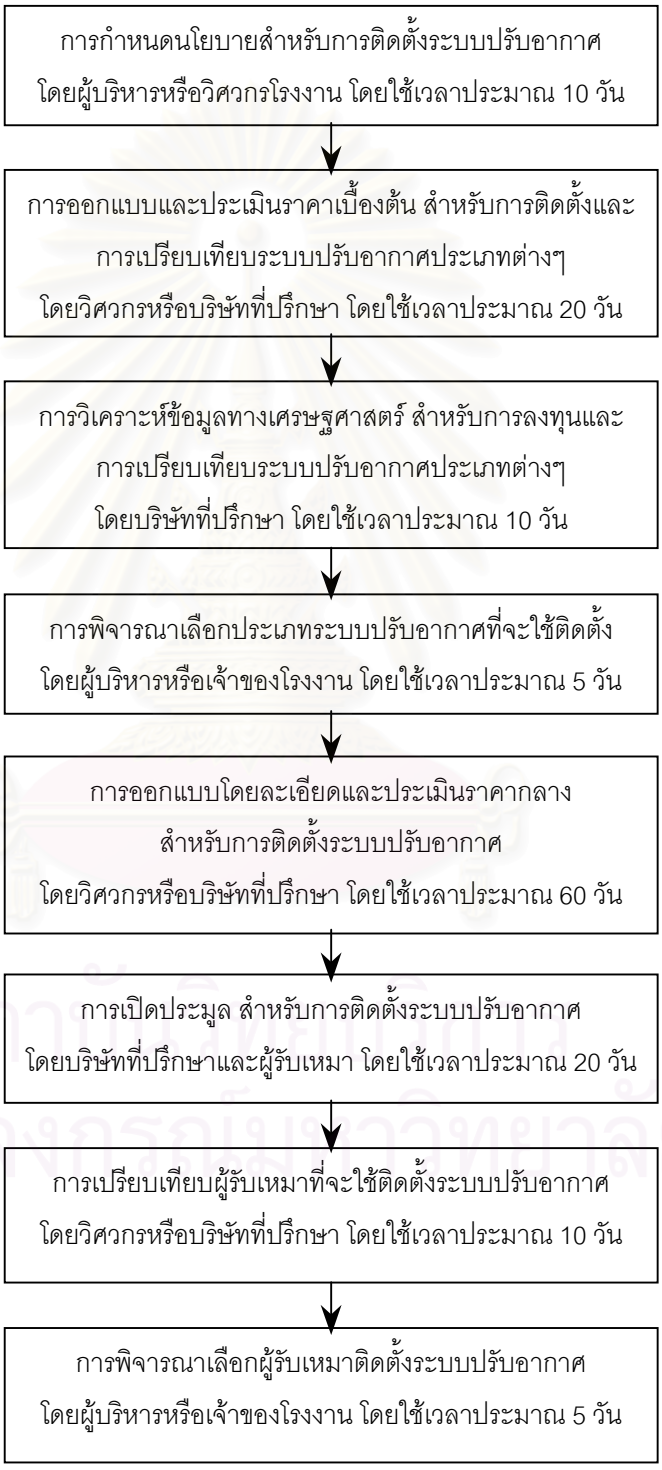
การศึกษาระบบการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่มีใช้อยู่ทั่วไปในปัจจุบันนี้ ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ส่วน ซึ่งประกอบด้วย

(1) ขั้นตอนของกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในปัจจุบัน
(2) รูปแบบการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในปัจจุบัน
(3) ระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ใช้ในการเลือกระบบปรับอากาศในปัจจุบัน
(4) การเปรียบเทียบระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ใช้ในการเลือกระบบปรับอากาศในปัจจุบัน

4.2.1 ขั้นตอนของกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในปัจจุบัน

กระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในปัจจุบัน มักกระทำโดยอาศัยการทำงานร่วมกันของบุคคลหลายกลุ่มในกระบวนการแต่ละขั้นตอน เช่น กระบวนการกำหนดนโยบายและความต้องการสำหรับระบบปรับอากาศ กระบวนการรวบรวมข้อมูลเพื่อจัดเตรียมข้อมูลและเอกสารทางด้านเทคนิค กระบวนการกำหนดคุณสมบัติและความสามารถในการทำงานของระบบ กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการลงทุน กระบวนการพิจารณาข้อมูลจากเอกสารทั้งหลายเพื่อตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสม ตลอดจนกระบวนการ

พิจารณาเลือกผู้รับเหมาติดตั้งระบบปรับอากาศในที่สุด โดยใช้เวลาในการทำงานเหล่านี้ประมาณ 4 ถึง 5 เดือน ซึ่งกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงาน เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน และบุคคลที่เกี่ยวข้องสำหรับการทำงานแต่ละขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนของกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในปัจจุบัน

4.2.2 รูปแบบการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในปัจจุบัน

การตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในปัจจุบัน มักกระทำโดยการพิจารณาปัจจัยด้านการลงทุนติดตั้งระบบเป็นสำคัญ โดยไม่ค่อยมีการคำนึงถึงปัจจัยด้านอื่นๆ เช่น ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน การซ่อมบำรุง และการจัดการ เนื่องจากโรงงานทั่วๆ ไป มักจะไม่มีแผนกวิศวกรรมเพื่อทำหน้าที่ ดูแล และจัดการ ระบบสาธารณูปโภคภายในโรงงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงงานที่กำลังจะสร้างใหม่ มักคำนึงถึงความสำคัญของ กระบวนการผลิต การบริหาร และการตลาด มากกว่าที่จะคำนึงถึง การดูแล และการจัดการ ระบบสาธารณูปโภคภายในโรงงาน ยกเว้นแต่ โรงงานที่มีขนาดใหญ่และมีมาตรฐานสูง หรือโรงงานที่เป็นสาขา หรือการร่วมลงทุนโดยมีการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างชาติหรือโรงงานอื่น ซึ่งจะมีการวางแผนโดยรวมของโรงงานทั้งด้านการวางแผนกระบวนการผลิต การบริหาร การตลาด และการจัดการและดูแลระบบสาธารณูปโภคของโรงงาน โดยมีแผนกวิศวกรรม และซ่อมบำรุงของโรงงานเพื่อทำหน้าที่เหล่านี้

การตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศโดยทั่วๆ ไป มักกระทำโดย ผู้รับเหมา และผู้ออกแบบระบบ เนื่องจากผู้บริหารโรงงานส่วนใหญ่มักพิจารณาการลงทุนก่อสร้าง และติดตั้งระบบต่างๆ ในโรงงานด้วยการวิเคราะห์จากข้อมูลของมูลค่าเงินลงทุนในการก่อสร้างโรงงานที่ผู้รับเหมาเสนอมาเป็นหลัก โดยไม่ได้ศึกษาถึงรายละเอียดของระบบที่ผู้รับเหมาเสนอมาให้พิจารณาว่าเป็นระบบแบบใด การใช้งาน การดูแลรักษา และค่าใช้จ่ายในการทำงานเป็นอย่างไร อาจดูเพียงแค่ว่ามีระบบปรับอากาศอยู่ด้วยหรือไม่เท่านั้น ซึ่งส่วนใหญ่แล้วผู้รับเหมาก็มักเลือกติดตั้งระบบโดยคำนึงถึง มูลค่าเงินที่ต้องลงทุนติดตั้งระบบเป็นหลัก ซึ่งรูปแบบการตัดสินใจในปัจจุบันนี้มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 รูปแบบการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

ลักษณะโรงงาน	ชนิดการก่อสร้าง	ผู้ตัดสินใจ	เกณฑ์ที่พิจารณา
1.โรงงานทั่วๆ ไปซึ่งดำเนินการโดยอิสระและสร้างขึ้นใหม่โดยยังไม่ได้เปิดดำเนินการและยังไม่มีฝ่ายวิศวกรรมและฝ่ายช่างเพื่อทำหน้าที่ในการดูแลระบบสาธารณูปโภคของโรงงาน	1.1 โรงงานจะจ้างบริษัทที่ปรึกษาเพื่อให้ทำการออกแบบของโรงงานแล้วจึงจัดการประมูลเพื่อทำการจ้างผู้รับเหมาให้ทำการก่อสร้างให้ได้ตามแบบแปลนที่บริษัทที่ปรึกษาได้จัดทำไว้	1.1.1 ผู้บริหารโดยการศึกษาข้อมูลที่บริษัทที่ปรึกษาเสนอให้พิจารณา	(1) เงินลงทุน (2)ค่าใช้จ่ายในการใช้งานระบบด้านพลังงานและการซ่อมบำรุงอุปกรณ์
		1.1.2 ผู้ออกแบบโดยเลือกระบบที่เหมาะสมกับลักษณะของการผลิตภายในโรงงานและต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้บริหารโรงงาน	(1)เทคโนโลยีและความสามารถในการทำงานได้ตามข้อกำหนดการออกแบบ (2)ประสิทธิภาพและการประหยัดพลังงาน (3) การดูแลและการซ่อมบำรุง (4) การจัดการในการใช้งาน (5) ราคา (6) สิ่งแวดล้อม
	1.2โรงงานที่สร้างโดยระบบ Turn Key คือการว่าจ้างให้ผู้รับเหมาเข้าทำการก่อสร้างโดยต้องทำการออกแบบด้วย	1.2.1 ผู้บริหารโดยการศึกษาข้อมูลของราคาที่ฝ่ายผู้รับเหมาได้เสนอมาให้พิจารณา	(1) เงินลงทุน (2) กำหนดการส่งมอบงาน
		1.2.2 ผู้รับเหมาโดยคิดราคาระบบแล้วเลือกระบบซึ่งทำให้ได้กำไรสูงสุด	(1) ราคา (2)ความสะดวกรวดเร็วในติดตั้งและส่งมอบงานต่อลูกค้า (3)การดูแล และการซ่อมบำรุง

ตารางที่ 4.6 รูปแบบการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ (ต่อ)

ลักษณะโรงงาน	ชนิดการก่อสร้าง	ผู้ตัดสินใจ	เกณฑ์ที่พิจารณา
1.โรงงานทั่วๆไป (ต่อ)	1.2โรงงานที่สร้างโดยระบบ Turn Key (ต่อ)	1.2.3 ผู้ออกแบบโดยเลือกระบบที่เหมาะสมกับลักษณะของการผลิตภายในโรงงาน และต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้รับเหมา	(1)เทคโนโลยีและความสามารถในการทำงานได้ตามข้อกำหนดในการออกแบบ (2)ประสิทธิภาพและการประหยัดพลังงาน (3) ราคา (4) การดูแลและการซ่อมบำรุง (5) การจัดการในการใช้งาน (6) สิ่งแวดล้อม
2.โรงงานที่มีมาตรฐานสูงที่เป็นสาขาหรือการร่วมทุนกับโรงงานที่มีเทคโนโลยีและมาตรฐานซึ่งมีการถ่ายทอดทางด้านเทคโนโลยี และมีฝ่ายวิศวกรรมและฝ่ายช่างเพื่อทำหน้าที่พิจารณาและกำหนดความต้องการและคุณสมบัติต่างๆของทั้งระบบสาธารณูปโภคของโรงงาน	2.1โรงงานว่าจ้างบริษัทที่ปรึกษาเพื่อทำการออกแบบของโรงงานแล้วจัดการประมูลเพื่อทำการว่าจ้างผู้รับเหมาให้ทำการก่อสร้างได้ตามแบบแปลนที่บริษัทที่ปรึกษาได้จัดทำไว้	2.1.1 ผู้บริหารโดยการศึกษาข้อมูลที่บริษัทที่ปรึกษาหรือฝ่ายวิศวกรรมได้เสนอมาให้พิจารณา	(1) เงินลงทุน (2)ค่าใช้จ่ายในการใช้งานระบบด้านพลังงานและการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ (3) เทคโนโลยี (4) ประสิทธิภาพ

ตารางที่ 4.6 รูปแบบการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ (ต่อ)

ลักษณะโรงงาน	ชนิดการก่อสร้าง	ผู้ตัดสินใจ	เกณฑ์ที่พิจารณา
2. โรงงานที่มีมาตรฐานสูง (ต่อ)	2.1โรงงานว่าจ้างบริษัทที่ปรึกษา (ต่อ)	2.1.2 ฝ่ายวิศวกรรมและผู้ออกแบบโดยทางฝ่ายวิศวกรรมเป็นผู้ที่กำหนดคุณสมบัติของระบบซึ่งต้องสอดคล้องกับกระบวนการผลิตใน โรงงาน และยังได้ร่วมพิจารณากับผู้ออกแบบในการเลือกระบบโดยได้รับความเห็นชอบจากผู้บริหารของโรงงาน	(1)เทคโนโลยีและความสามารถในการทำงานได้ตามข้อกำหนดในการออกแบบ (2)ประสิทธิภาพและการประหยัดพลังงาน (3) การดูแลและการซ่อมบำรุง (4) การจัดการในการใช้งาน (5) ราคา (6) สิ่งแวดล้อม (7)ความเหมาะสมของระบบต่อกระบวนการผลิต (8) Reliability ของระบบ (9)เอกสารอ้างอิงของการใช้งานอุปกรณ์ในอดีต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 รูปแบบการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ (ต่อ)

ลักษณะโรงงาน	ชนิดการก่อสร้าง	ผู้ตัดสินใจ	เกณฑ์ที่พิจารณา
2. โรงงานที่มีมาตรฐานสูง (ต่อ)	2.2โรงงานที่สร้างโดยระบบ Turn Key คือการว่าจ้างให้ผู้รับเหมาทำการก่อสร้างโดยทำการออกแบบระบบที่มีความสามารถในการทำงานตามที่ฝ่ายวิศวกรรมกำหนดไว้ด้วย	2.2.1 ผู้บริหารโดยการศึกษาข้อมูลสรุปของราคาที่ทางฝ่ายผู้รับเหมาเสนอให้พิจารณาและข้อมูลทางเทคนิคจากฝ่ายวิศวกรรม	(1) เงินลงทุน (2)ค่าใช้จ่ายในการใช้งานระบบด้านพลังงานและการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ (3) เทคโนโลยี (4) ประสิทธิภาพ (5) กำหนดการ ส่งมอบงาน
		2.2.2 ผู้รับเหมาโดยคิดราคาระบบแล้วเลือกติดตั้งระบบซึ่งสามารถทำงานได้ตามที่ทางฝ่ายวิศวกรรมกำหนดโดยราคาของระบบทำให้ได้กำไรสูงสุดด้วย	(1) ราคา (2)ความสะดวกรวดเร็วในการติดตั้งและส่งมอบงานต่อลูกค้า (3) การดูแลและการซ่อมบำรุง (4)เทคโนโลยีและความสามารถในการทำงานได้ตามข้อกำหนดของคุณสมบัติของระบบที่เหมาะสมกับการผลิต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 รูปแบบการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ (ต่อ)

ลักษณะโรงงาน	ลักษณะการก่อสร้าง	ผู้ตัดสินใจ	เกณฑ์ที่พิจารณา
2. โรงงานที่มีมาตรฐานสูง (ต่อ)	2.2โรงงานที่สร้างโดยระบบ Turn Key (ต่อ)	2.2.3 ผู้ออกแบบโดยเลือกระบบที่เหมาะสมกับข้อกำหนดที่ฝ่ายวิศวกรรมต้องการและได้รับความเห็นชอบจากผู้รับเหมา	(1) เทคโนโลยีและความสามารถในการทำงานได้ตามข้อกำหนดในการออกแบบ (2) ประสิทธิภาพและการประหยัดพลังงาน (3) ราคา (4) การดูแลและการซ่อมบำรุง (5) การจัดการในการใช้งาน (6) สิ่งแวดล้อม (7) เทคโนโลยีและความสามารถในการทำงานได้ตามข้อกำหนดของคุณสมบัติของระบบที่เหมาะสมกับการผลิต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.3 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ใช้ในการเลือกระบบปรับอากาศในปัจจุบัน

การตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในปัจจุบัน มีระบบการตัดสินใจ และระบบสนับสนุนการตัดสินใจหลายรูปแบบ อันมีรายละเอียดดังนี้

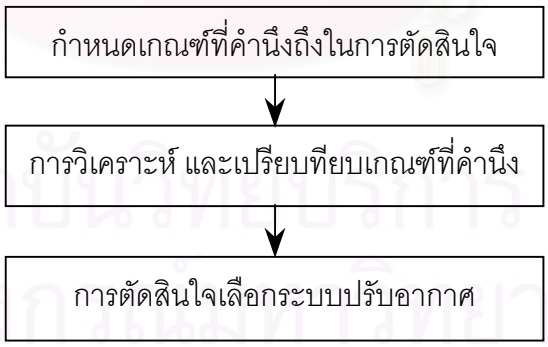
(1) การตัดสินใจโดยการวิเคราะห์และเปรียบเทียบโดยผู้ตัดสินใจคนเดียว

(2) การตัดสินใจโดยกระบวนการประเมินและการตัดสินใจของคณะกรรมการ

(3) การตัดสินใจโดยระบบสนับสนุนการตัดสินใจด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

4.2.3.1 การตัดสินใจโดยการวิเคราะห์และเปรียบเทียบโดยผู้ตัดสินใจคนเดียว

ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานแต่ละแห่ง อาจกระทำโดยผู้บริหารเพียงคนเดียว ซึ่ง คำนึงถึงเกณฑ์ด้านต่างๆ ที่ผู้ตัดสินใจมีความสนใจ และ ต้องการพิจารณา เช่น เกณฑ์ในเชิงเศรษฐศาสตร์ อันได้แก่ การลงทุน และค่าใช้จ่ายในการใช้งาน เป็นต้น เกณฑ์ในเชิงการจัดการ ซึ่งรวมถึง ความเหมาะสมของการจัดการทั้งโรงงาน ที่เกี่ยวข้องกับฝ่ายผลิต ฝ่ายซ่อมบำรุง และฝ่ายการเงิน เกณฑ์ในเชิงวิศวกรรม ได้แก่ เกณฑ์ทางด้าน เทคนิคการควบคุมดูแล และการซ่อมบำรุงขณะใช้งาน โดยขั้นตอนการตัดสินใจมีขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ขั้นตอนการตัดสินใจโดยการวิเคราะห์และเปรียบเทียบโดยผู้ตัดสินใจคนเดียว

โดยตัวอย่างของการตัดสินใจโดยการวิเคราะห์และเปรียบเทียบโดยผู้ตัดสินใจคนเดียว ซึ่งแสดงตัวอย่างที่ผู้ตัดสินใจจะกระทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบเกณฑ์ ดังนี้

ก. การวิเคราะห์และเปรียบเทียบทางเลือกใช้ระบบปรับอากาศโดยใช้เกณฑ์ในเชิงเศรษฐศาสตร์ซึ่งครอบคลุมถึงความเหมาะสมในด้านการลงทุนควบคู่กับค่าใช้จ่ายในขณะใช้งาน

ยกตัวอย่างเช่น การลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศ ซึ่งใช้เครื่องทำน้ำเย็นชนิดประสิทธิภาพสูง (High Performance Chiller) ที่มีค่าการกินไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 0.58 kW ต่อ Ton โดยมีมูลค่าเงินลงทุนในการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นชนิดนี้ สูงกว่าการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นชนิดธรรมดา (Standard Performance Chiller) ที่มีค่าการกินไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 0.67 kW ต่อ Ton ประมาณ 30 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ แต่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายที่ต้องจ่ายค่ากระแสไฟฟ้าได้ถึง 0.09 kW ต่อ Ton ซึ่งสามารถนำมูลค่าของเงินที่ประหยัดได้นี้ไปคำนวณเปรียบเทียบหาระยะเวลาคืนทุนของเงินลงทุนที่ต้องจ่ายเพิ่มในการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นชนิดนี้ได้

ข. การวิเคราะห์ และเปรียบเทียบทางเลือกใช้ระบบปรับอากาศ โดยใช้เกณฑ์ในเชิงการจัดการ ซึ่งครอบคลุมถึงความเหมาะสมในด้านการจัดการโดยรวมของโรงงาน ที่มีความเกี่ยวข้องกับทั้งฝ่ายผลิต ฝ่ายซ่อมบำรุง และฝ่ายการเงิน

ยกตัวอย่างเช่น การลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศ ซึ่งใช้การควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติด้วยระบบคอมพิวเตอร์ (Building Automation System) ซึ่งสามารถควบคุมระบบปรับอากาศภายในโรงงานทั้งบริเวณที่ทำการผลิต และ บริเวณสำนักงานที่เป็นส่วนการบริหารและการจัดการ โดยสามารถควบคุมตั้งแต่การเปิด-ปิดเครื่อง การปรับเร่ง-ลดการทำงานของเครื่อง การโปรแกรมตารางการทำงานของเครื่องแบบอัตโนมัติ เช่น การเปิดเครื่องโดยอัตโนมัติ ทุก ๆ เช้า ณ เวลา 7:00 น. ตลอดจนกำหนดตารางการทำการซ่อมบำรุงเครื่องเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) หรือการส่งสัญญาณเตือนเมื่อระบบขัดข้อง เช่น มีสัญญาณเตือน และไฟแสดงตำแหน่งของเครื่องสูบน้ำเย็นที่ไม่ทำงานบนจอคอมพิวเตอร์ที่ห้องควบคุมของช่างซ่อมบำรุงประจำโรงงาน แล้วช่างค่อยไปดำเนินการแก้ไข ณ จุดนั้น ถือได้ว่าระบบนี้ช่วยประหยัดทั้งด้านการจ้างงานช่างซ่อมบำรุงประจำโรงงาน ซึ่งปกติอาจมีช่าง 10 คน ก็สามารถลดเหลือเพียง 4 ถึง 5 คนก็พอ ส่วนในด้านค่าใช้จ่ายด้านพลังงานก็สามารถลดลงได้ เช่น ปกติเปิดเครื่องน้ำเย็น 3 เครื่องให้ทำงานที่ประสิทธิภาพเครื่องละ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะทำให้มีค่าการกินไฟฟ้าสูงถึง 1.2 kW ต่อ Ton โดยระบบควบคุมอัตโนมัติจะคำนวณโหลดที่ใช้รวม แล้วจัดการควบคุมการเปิดปิดเครื่องใหม่ ซึ่งอาจสั่งเปิด 2 เครื่องให้ทำงานที่ประสิทธิภาพเครื่องละ 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะทำให้มีค่าการกินไฟฟ้าเพียง 0.7 kW ต่อ Ton เนื่องจากเครื่องทำน้ำเย็นจะกินพลังงานไฟฟ้าต่ำ ด้วยการทำงานที่ประสิทธิภาพ 75ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ โดยมีมูลค่าเงินลงทุนในการติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติสูงกว่าระบบธรรมดาประมาณ 30 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ แต่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายที่ต้องจ่ายค่าไฟฟ้า ค่าจ้างช่าง และอายุการใช้งานของอุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้น เป็นต้น และสามารถนำมูลค่าของเงินที่

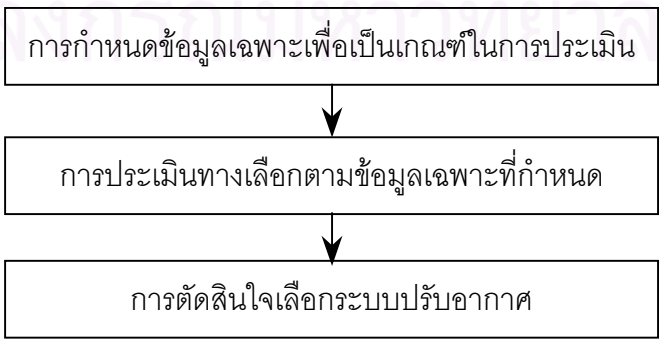
ประหยัดได้นี้ไปคำนวณเปรียบเทียบหาระยะเวลาคืนทุนของเงินลงทุนที่ต้องจ่ายเพิ่มในการติดตั้งระบบนี้ได้

ค. การวิเคราะห์ และ เปรียบเทียบทางเลือกใช้ระบบสาธารณูปโภค โดยใช้เกณฑ์ในเชิงวิศวกรรม ซึ่งครอบคลุมถึง ความเหมาะสมในด้านเทคนิค ควบคู่กับด้านการควบคุมดูแล และซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน

ยกตัวอย่างเช่น การลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศ ซึ่งใช้เครื่องทำน้ำเย็นชนิดแอบซอพชั่น (Absorption Chiller) ที่มีการใช้พลังงานจากไอน้ำ (Steam) แทนการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับโรงงานที่มีไอน้ำเหลือ (Waste Steam) โดยมีมูลค่าเงินลงทุนในการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นชนิดนี้สูงกว่าการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นชนิดใช้ไฟฟ้า (Electric Chiller) ประมาณ 60 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ แต่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายที่ต้องจ่ายค่าไฟฟ้าได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ด้านการบำรุงรักษาก็ง่ายกว่า และยังลดค่าใช้จ่ายในการจัดการในส่วนของไอน้ำเหลือ สามารถนำมูลค่าของเงินที่ประหยัดได้นี้ ไปคำนวณเปรียบเทียบหาระยะเวลาคืนทุนของเงินลงทุนที่ต้องจ่ายเพิ่มในการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นชนิดนี้ได้

4.2.3.2 การตัดสินใจโดยกระบวนการประเมินและการตัดสินใจของคณะกรรมการ

ในการตัดสินใจโดยมีคณะกรรมการเพื่อทำหน้าที่ประเมินและตัดสินใจในการเลือกระบบปรับอากาศนั้นจะต้องมีการกำหนดข้อมูลเฉพาะที่ต้องการซึ่งสร้างขึ้นโดยคณะกรรมการก่อนที่จะทำการประเมินทางเลือกต่างๆ ให้มีข้อมูลที่เป็นไปตามข้อกำหนดของข้อมูลเฉพาะ และราคาของระบบ เพื่อตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสม โดยมีขั้นตอนที่สำคัญดังแสดงในรูปที่ 4.3 ดังนี้



รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการตัดสินใจโดยกระบวนการประเมินและการตัดสินใจของคณะกรรมการ

ในการตัดสินใจโดยกระบวนการประเมินและการตัดสินใจของคณะกรรมการมีตัวอย่างการตัดสินใจ ดังนี้

ตัวอย่างการเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานที่เป็นระบบ Turn Key มีขั้นตอน ดังนี้

กรณีศึกษา : การเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานที่เป็นระบบ Turn Key

โรงงานกรณีศึกษา : โรงงาน ก ซึ่งเป็นโรงงานผลิตเส้นใย Polymer

(เนื่องจากไม่สามารถอ้างอิงถึงชื่อโรงงานในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้จึงใช้ชื่อสมมติว่า โรงงาน ก)

ข้อมูลทั่วไป : การเลือก ระบบปรับอากาศ สำหรับโรงงาน ก ซึ่งมีบริษัทที่ปรึกษาและฝ่ายวิศวกรรม ซึ่งทำหน้าที่กำหนดข้อมูลเฉพาะที่ต้องการ แล้วจัดให้มีการเปิดประมูลที่เป็นระบบ Turn Key ซึ่งผู้รับเหมาต้องเสนอประมูลงานพร้อมทั้งออกแบบระบบที่จะติดตั้งด้วย โดยเป็นระบบที่มีคุณสมบัติตามข้อมูลเฉพาะ หลังจากนั้นคณะกรรมการอันประกอบด้วย ผู้บริหาร และวิศวกรจากบริษัทที่ปรึกษา และฝ่ายวิศวกรรม จะทำการประเมินผู้รับเหมาแต่ละรายเพื่อการตัดสินใจเลือกผู้รับเหมา

ขั้นตอนการดำเนินงาน : การประเมิน และตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงาน ก มีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนการกำหนดข้อมูลเฉพาะ

การเลือก ระบบปรับอากาศ โดยการเปิดประมูลที่เป็นระบบ Turn Key นี้ทางโรงงาน ฝ่ายวิศวกรรม และบริษัทที่ปรึกษา ได้ทำการกำหนดข้อมูลเฉพาะสำหรับโรงงาน ซึ่งประกอบด้วย การออกแบบเบื้องต้น และข้อกำหนดที่ต้องการ โดยเป็นข้อมูลเกี่ยวกับระบบปรับอากาศที่จะใช้สำหรับโรงงาน ก ดังนี้

ก. พื้นที่โรงงาน : 12,000 ตารางเมตร

ข. ผลิตภัณฑ์ : เส้นใย Polymer

ค. ลักษณะอาคาร : คอนกรีตเสริมเหล็ก

ง. พื้นที่ซึ่งมีการปรับอากาศ : ต้องจัดเตรียมระบบปรับอากาศ ดังนี้

อาคารสำนักงาน	500 ตารางเมตร	อุณหภูมิ 23±1	องศาเซลเซียส
อาคารโกดัง	550 ตารางเมตร	อุณหภูมิ 23±1	องศาเซลเซียส
อาคารปั่นเส้นใย	3,800 ตารางเมตร	อุณหภูมิ 22±0.5	องศาเซลเซียส
อาคารโพลีเมอร์	2,400 ตารางเมตร	อุณหภูมิ 23±1	องศาเซลเซียส
อาคารเอนกประสงค์	2,000 ตารางเมตร	อุณหภูมิ 24±2	องศาเซลเซียส

จ. ความต้องพิเศษ : 1. ต้องการระบบปรับอากาศพิเศษสำหรับจ่ายให้แก่ระบบการปั่นเส้นใย โดยมีขนาดการทำความเย็น 2,400,000 Btu / Hr

2. ระบบปรับอากาศส่วนนี้เป็นแบบระบบรวม (Central Air Conditioning System) ซึ่งมีเครื่องทำน้ำเย็นทำงาน 2 ชุด และ สำรอง 1 ชุด

ฉ. กำหนดการ : การเลือกผู้รับเหมารับโดยการเปิดประมูล - มิถุนายน ถึง สิงหาคม 2543

การก่อสร้างโรงงาน - กันยายน 2543 ถึงกุมภาพันธ์ 2544

การติดตั้งเครื่องจักรต่างๆในสายการผลิต - มีนาคม ถึง มิถุนายน 2544

เริ่มเปิดดำเนินการผลิต - กรกฎาคม 2544

จากนั้นได้ส่งจดหมายเชิญผู้รับเหมาร่วมประมูลในโครงการนี้

ขั้นตอนการประเมิน

หลังจากที่ทางผู้รับเหมา ส่งเอกสารการประมูลมาให้คณะกรรมการแล้ว จะทำการประเมินโดยเปรียบเทียบเอกสารของผู้รับเหมากับข้อมูลเฉพาะ โดยการประเมินราคาทั้งในเชิงเทคนิค และเชิงเศรษฐศาสตร์ แล้วปรับให้ผลการประเมินอยู่ในรูปของมูลค่าเงิน เมื่อมีการผิด หรือเบี่ยงเบนจากข้อมูลเฉพาะ ดังเกณฑ์การประเมินต่อไปนี้

ก. การประเมินในเชิงเทคนิค

ข้อมูลทางเทคนิคจะถูกตรวจสอบโดยฝ่ายวิศวกรรม และบริษัทที่ปรึกษา โดยใช้ข้อมูลเฉพาะเป็นพื้นฐาน เพื่อหาสิ่งที่ผิดไปจากข้อมูลเฉพาะ หรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจน แล้วประเมิน

เป็นมูลค่าเงิน เพื่อนำไปรวมกับราคาที่ผู้รับเหมาเสนอมา โดยมูลค่าที่ประเมินนี้จะเป็นมูลค่าที่ผู้ประเมินลงความเห็นว่าเป็นมูลค่าที่ต้องเพิ่มขึ้น เพื่อปรับปรุงให้ได้คุณภาพตามความต้องการในข้อมูลเฉพาะ

ข. การประเมินในเชิงเศรษฐศาสตร์

ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ เงินลงทุน ระยะเวลาการติดตั้ง และ การประกันคุณภาพงาน เป็นต้น จะถูกตรวจสอบ เพื่อหาสิ่งที่ผิดไปจากข้อมูลเฉพาะ หรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจน แล้วประเมินเป็นมูลค่าเงิน เพื่อนำไปรวมกับราคาที่ผู้รับเหมาเสนอมา โดยมูลค่าที่ประเมินนี้จะเป็นมูลค่าที่ผู้ประเมินลงความเห็นว่าเป็นมูลค่าที่ต้องเพิ่มขึ้น เพื่อปรับปรุงให้ได้คุณภาพตามความต้องการที่ระบุในข้อมูลเฉพาะ

จากการประเมินเชิงเทคนิค และเศรษฐศาสตร์ จะมีการคิดราคาเปรียบเทียบขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินเปรียบเทียบระบบที่ผูรับเหมาเสนอมา โดย

สูตรราคาเปรียบเทียบ = A + B + C

โดยที่ A คือ ราคาของระบบที่ผู้รับเหมาเสนอ
B คือ ราคาปรับแต่ง จากการประเมินในเชิงเทคนิค
C คือ ราคาปรับแต่ง จากการประเมินในเชิงเศรษฐศาสตร์

โดยผลการประเมินสามารถรวบรวมเป็นรายละเอียดโดยสรุป ซึ่งเรียงลำดับความสำคัญจากผู้รับเหมาระบบปรับอากาศรายที่มีราคาต่ำสุดไปหาราคาสูงสุด ดังข้อมูลในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 สรุปผลการประเมินเลือกผู้รับเหมาระบบปรับอากาศ

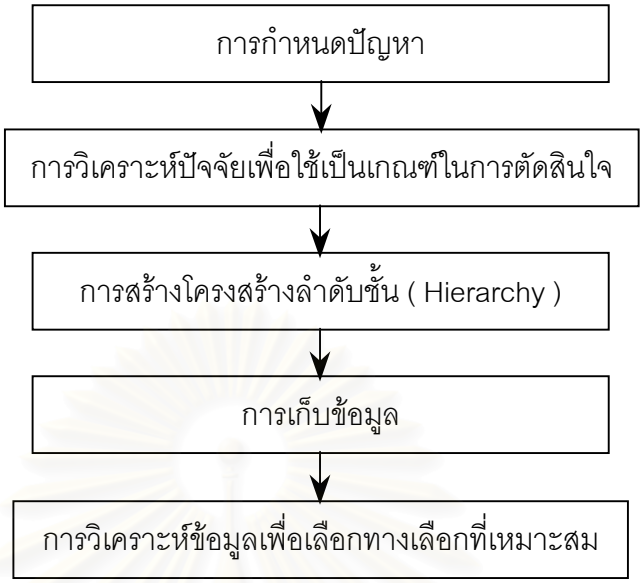
ผู้รับเหมารายที่ / ข้อมูล	1	2	3
ราคาที่เสนอ	21,649,478	26,688,166	31,023,433
มูลค่าเบี่ยงเบนเชิงเทคนิค	680,000	1,140,000	764,000
มูลค่าเบี่ยงเบนเชิงเศรษฐศาสตร์	76,000	68,000	72,000
ราคาเปรียบเทียบ	22,405,478	26,896,166	31,859,433
ราคาแตกต่างจากราคาต่ำสุด	ราคาต่ำที่สุด	4,490,688	9,453,955
ลำดับที่ประเมิน	1	2	3

ขั้นตอนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

ในการตัดสินใจเลือก ระบบปรับอากาศ ที่ผู้รับเหมาเสนอ ทางคณะกรรมการจะเชิญผู้รับเหมารายที่มีราคาต่ำที่สุดเข้ามาเจรจาเพื่อต่อรองราคาก่อน และแจ้งให้มีการปรับปรุงด้านเทคนิคให้เป็นไปตามข้อมูลเฉพาะให้มากที่สุด หรือมีการเพิ่มเติมงานส่วนที่ยังไม่ครบ ถ้าผลการเจรจาเป็นที่น่าพอใจก็จะเลือกผู้รับเหมารายนี้ ถ้าไม่เช่นนั้นก็จะเรียกผู้รับเหมารายที่มีราคาถัดไปมาเจรจาอีกจนได้ผู้รับเหมาตามต้องการ

4.2.3.3 การตัดสินใจ โดยระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นระบบที่ช่วยในการตัดสินใจในกรณีที่ผู้ตัดสินใจคำนึงถึงเกณฑ์ต่างๆ หลายประการซึ่งมีความซับซ้อน และยุ่งยากต่อการวิเคราะห์และ ตัดสินใจ เพื่อทำให้ผู้ตัดสินใจสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ง่ายขึ้น และมีขั้นตอนการดำเนินการที่ไม่ซับซ้อน จึงได้มีการจัดทำระบบสนับสนุนการตัดสินใจโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปด้านการตัดสินใจโดยเฉพาะ คือ โปรแกรม Expert Choice สำหรับช่วยในการสร้างโปรแกรมสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ โดยโปรแกรม Expert Choice นี้เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยเฉพาะสำหรับใช้งานด้านการตัดสินใจ โดยผู้ใช้สามารถออกแบบรูปแบบของการวิเคราะห์สำหรับปัญหาแต่ละอย่างได้โดยการกำหนดปัจจัย และทางเลือกที่ต้องการวิเคราะห์ไว้ในโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมนี้มีกระบวนการวิเคราะห์ตัดสินใจเลือกทางเลือกด้วนหลักการของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchy Process , AHP) โดยหลักการของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์นี้ เป็นวิธีการที่เหมาะสมในการตัดสินใจแก้ปัญหา โดยจะแปลงรูปแบบปัญหาเป็นโครงสร้างลำดับชั้นที่มีความสำคัญเชื่อมโยงกันระหว่างลำดับชั้น และในแต่ละระดับชั้น ประกอบด้วยปัจจัยที่เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ หรือแนวทางเลือกต่างๆ ซึ่งเป็นอิสระต่อกัน ในการประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ 5 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ขั้นตอนการตัดสินใจโดยระบบสนับสนุนการตัดสินใจด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ตัวอย่างการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศโดยระบบสนับสนุนการตัดสินใจด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Expert Choice

กรณีศึกษา : การตัดสินใจเลือกระบบอากาศโดยใช้โปรแกรม Expert Choice

ข้อมูลทั่วไป : การเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงาน ก ซึ่งได้ทำการสอบถามความคิดเห็นของผู้บริหาร และวิศวกร แล้ววิเคราะห์เพื่อตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ ด้วยโปรแกรม Expert Choice

ขั้นตอนการดำเนินการ : กระบวนการตัดสินใจ มีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนการกำหนดปัญหา

1. ปัญหา

เป็นการตัดสินใจเพื่อเลือกระบบปรับอากาศ ที่มีความเหมาะสมสำหรับโรงงาน ก ซึ่งเป็นโรงงานผลิตเส้นใย Polymer เพื่อการอนุรักษ์ และ ประหยัดพลังงาน

2. ทางเลือกในการแก้ปัญหา

การศึกษานี้ ได้กำหนดทางเลือกสำหรับระบบปรับอากาศที่เสนอ เพื่อให้ทำการประเมิน 4 ระบบ ดังต่อไปนี้

1) ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน SAC : Split type air-cooled air conditioner

2) ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ ACC : Air-cooled chiller

3) ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ WCC : Water-cooled chiller

4) ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ ABC : Absorption chiller

ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ

จากการพิจารณากำหนดปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในหัวข้อ 4.1.1 มีปัจจัยที่จะทำการวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ ดังต่อไปนี้

1. ด้านวิศวกรรม (Engineering) ซึ่งประกอบด้วย :-

1.1 เทคนิค (Technical) ได้แก่

- ✧ ระบบสามารถควบคุมสภาวะในโรงงาน เช่น อุณหภูมิ ให้เป็นไปตามสภาวะที่ออกแบบ โดยมีข้อกำหนดของพื้นที่และอุณหภูมิที่ควบคุมในแต่ละอาคาร ดังนี้

  อาคารสำนักงาน 500 ตารางเมตร อุณหภูมิ 23±1 องศาเซลเซียส

  อาคารโกดัง 550 ตารางเมตร อุณหภูมิ 23+1 องศาเซลเซียส

  อาคารปั่นเส้นใย 3,800 ตารางเมตร อุณหภูมิ 22+0.5องศาเซลเซียส

  อาคารโพลีเมอร์ 2,400 ตารางเมตร อุณหภูมิ 23+1 องศาเซลเซียส

  อาคารเอนกประสงค์ 2,000 ตารางเมตร อุณหภูมิ 24±2 องศาเซลเซียส

- ✧ อุปกรณ์หลักในระบบ เช่น Chiller ควรมีการควบคุมการทำงานด้วย Building Automation System (BAS)

1.2 ประสิทธิภาพ (Efficiency) ได้แก่

- ✧ อุปกรณ์หลักในระบบ เช่น Chiller สามารถปรับการทำงานของอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพสูงตามภาระความร้อนของโรงงานเป็นระดับขั้นที่ 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถเครื่อง

1.3 การใช้พลังงาน (Energy Usage) ได้แก่

- ✧ ระบบใช้พลังงานต่ำ โดยการเลือกใช้อุปกรณ์ Chiller ประสิทธิภาพสูงซึ่งจะใช้พลังงานน้อยกว่า 0.6 kW / Ton

2. ด้านการจัดการ (Management) ซึ่งประกอบด้วย :-

2.1 การจัดการ และ การควบคุมดูแลระบบ (Management and Control) ได้แก่

- ✧ การมีระบบคอมพิวเตอร์มาช่วยในการควบคุมการทำงานของระบบ เช่น การกำหนดตารางการเปิด - ปิดระบบล่วงหน้า

2.2 การซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน (Maintenance) ได้แก่

- ✧ ระบบซ่อมบำรุงสะดวก โดยมีระบบสัญญาณเตือน เมื่อมีอุปกรณ์ใดทำงานผิดพลาด หรือต้องซ่อมและ/หรือเปลี่ยนชิ้นส่วน

2.3 ค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบ (Management cost) ได้แก่

- ✧ มีการจัดการ และกำหนดการทำงาน ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยให้การจัดการระบบที่สะดวก และสามารถลดจำนวนช่าง ที่ทำหน้าที่ในการจัดการระบบลง

3. ด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics) ซึ่งประกอบด้วย :-

3.1 การลงทุนติดตั้งระบบ (Initial cost) ได้แก่

- ✧ ระบบควรมีมูลค่าการลงทุนต่ำ
- ✧ หากระบบมีมูลค่าการลงทุนสูงกว่าก็ควรมีค่าใช้จ่ายในการใช้งานที่ต่ำกว่า

3.2 ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน (Operating cost) ได้แก่

- ✧ ระบบควรมีค่าใช้จ่ายในส่วนของพลังงานที่ใช้ในการทำงานของระบบต่ำ
- ✧ ระบบควรมีค่าใช้จ่ายในการควบคุมดูแล และซ่อมบำรุงต่ำ

4. ด้านพลังงาน (Energy) ซึ่งประกอบด้วย :-

4.1 การอนุรักษ์พลังงาน (Energy Conservation) ได้แก่

- ✧ ระบบควรมีการใช้พลังงานตามข้อกำหนดในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เช่น การใช้ Chiller แบบ Centrifugal ขนาด 600 Ton ที่มีมาตรฐานค่าพลังไฟฟ้าไม่เกิน 0.67 kW / Ton

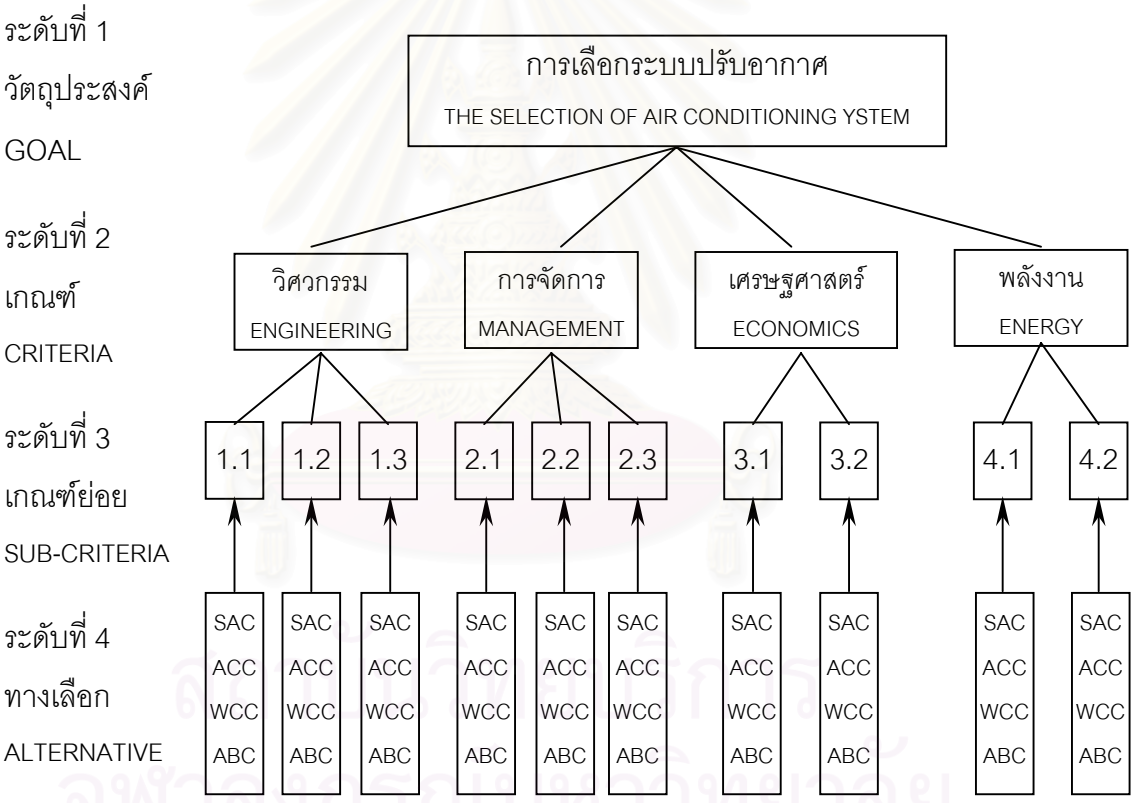
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 การประหยัดพลังงาน (Energy Saving) ได้แก่

- ✧ ระบบควรประกอบด้วยอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานอย่างประหยัด เช่น การใช้เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 5 ประหยัดไฟฟ้า และใช้เครื่องสูบน้ำที่มีมอเตอร์ แบบ Inverter

ขั้นตอนการสร้างโครงสร้างลำดับชั้น (Hierarchy)

ในกระบวนการตัดสินใจสำหรับเรื่องต่างๆ นั้นสามารทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นโดยการนำปัจจัยสำหรับการตัดสินใจที่ได้ทำการศึกษาในขั้นตอนการวิเคราะห์ปัจจัยมาสร้างเป็นแผนภูมิของโครงสร้างลำดับชั้น ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 โครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

<u>หมายเหตุ:</u> รายละอียดและคำอธิบายเพิ่มเติมสำหรับรูปที่ 4.5

1.1 TECHNICAL	1.2 EFFICIENCY	1.3 ENERGY USAGE
2.1 MANAGEMENT AND CONTROL	2.2 MAINTENANCE	2.3 MANAGEMENT COST
3.1 INITIAL COST	3.2 OPERATING COST	
4.1 ENERGY CONSERVATION	4.2 ENERGY SAVING	

โดยทางเลือก(Alternative) ของระบบปรับอากาศที่ใช้ในการประเมิน มี 4 ระบบ ดังต่อไปนี้

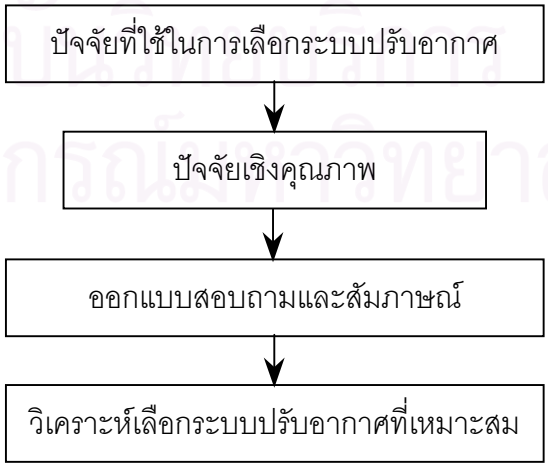
1. ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน SAC : SPLIT TYPE AIR-COOLED AIR CONDITIONER
2. ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ ACC : AIR-COOLED CHILLER
3. ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ WCC : WATER-COOLED CHILLER
4. ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ ABC : ABSORPTION CHILLER

ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

หลังจากการจัดทำโครงสร้างลำดับชั้นในรูปที่ 4.4 แล้วต้องพิจารณาต่อไปอีกว่าในโครงสร้างนั้นมีปัจจัยใดบ้างที่เราต้องทำการเก็บรวมรวบข้อมูล เพื่อที่จะนำมาทำการวิเคราะห์ผลการตัดสินใจในขั้นตอนต่อไป ซึ่งพบว่าปัจจัยที่ต้องทำการเก็บข้อมูล คือ ปัจจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative) อันได้แก่ปัจจัยต่อไปนี้

ด้านวิศวกรรม	ประกอบด้วย	เทคนิค ประสิทธิภาพ และการใช้พลังงาน
ด้านการจัดการ	ประกอบด้วย	การจัดการและการควบคุมดูแลระบบ การซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน และค่าใช้จ่ายในการจัดการ
ด้านเศรษฐศาสตร์	ประกอบด้วย	การลงทุนติดตั้งระบบและค่าใช้จ่ายในการใช้งาน
ด้านพลังงาน	ประกอบด้วย	การอนุรักษ์พลังงาน และการประหยัดพลังงาน

การเก็บข้อมูลจะใช้วิธีการออกแบบสอบถาม และสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยสามารถแสดงขั้นตอนวิธีการเก็บข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 วิธีการเก็บข้อมูลตามชนิดของปัจจัยในการเลือกระบบปรับอากาศ

นอกจากนี้เพื่อที่จะให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง จึงได้ทำการแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการเก็บข้อมูลในด้านน้ำหนัก ของแต่ละปัจจัยหลัก ที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสม ในขั้นตอนนี้ ผู้ตอบคำถาม จะเลือกจากผู้บริหารที่มีความเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ โดยเป็นผู้บริหารของโรงงาน และจากผู้เชี่ยวชาญของบริษัทที่ปรึกษา สำหรับตัวอย่างแบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในขั้นตอนนี้ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข.

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการเก็บข้อมูลในด้านน้ำหนัก ของแต่ละปัจจัยย่อย พร้อมทั้งเปรียบเทียบคุณสมบัติของ ระบบปรับอากาศที่ประเมินแต่ละแบบ ในแต่ละปัจจัย ในโครงสร้างลำดับชั้น เพื่อที่จะนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติโดยรวม เพื่อเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในขั้นตอนต่อไป ในขั้นตอนนี้ผู้ตอบคำถามจะคัดเลือกจากผู้เชี่ยวชาญในระบบปรับอากาศที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องใน การประเมิน เลือก และ ควบคุมดูแล ระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับตัวอย่างแบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในขั้นตอนนี้ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข.เช่นกัน

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการเก็บข้อมูลที่ใช้ในการกำหนดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับบุคลากรสำหรับการจัดการ และควบคุมดูแลระบบปรับอากาศ ในขั้นตอนนี้ ผู้ตอบคำถาม จะเลือกจากผู้บริหารที่มีความเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ โดยเป็นผู้บริหารของโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับตัวอย่างแบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในขั้นตอนนี้ ได้แสดงไว้ใน ภาคผนวก ข. เช่นกัน

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ปัจจัย สำหรับการพิจารณาเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในขั้นตอนนี้จะใช้โปรแกรมที่เขียนขึ้นมาเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ และสามารถแยกขั้นตอนการวิเคราะห์ได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์หาน้ำหนักของแต่ละปัจจัยจากข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ถึงการเปรียบเทียบความสำคัญของแต่ละปัจจัยเป็นคู่ๆแล้วนำมาสร้างเป็นตารางเมตริกซ์เปรียบเทียบเป็นคู่ๆ แล้ววิเคราะห์หาน้ำหนักของแต่ละปัจจัย โดยใช้ทฤษฎีของไอเกนเวคเตอร์ รวมทั้งตรวจสอบอัตราส่วนความสอดคล้อง จะได้ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์หาความสำคัญของระบบปรับอากาศที่ประเมินในแต่ละปัจจัย โดยมีข้อมูลเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ จากข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม และการ

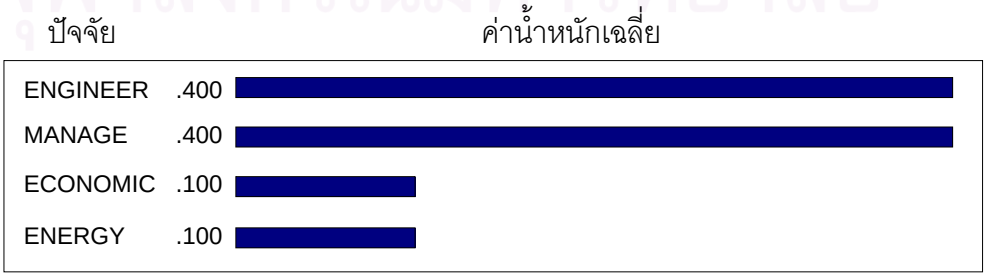
สัมภาษณ์ ถึงการเปรียบเทียบความสำคัญของระบบปรับอากาศแต่ละแบบในแต่ละปัจจัยเป็นคู่ๆ แล้วนำมาสร้างเป็นตารางเมตริกซ์เปรียบเทียบเป็นคู่ๆ แล้ววิเคราะห์หาน้ำหนักโดยใช้ทฤษฎีของไอเกนเวคเตอร์ รวมทั้งตรวจสอบอัตราส่วนความสอดคล้อง จะได้ค่าความสำคัญของระบบปรับอากาศซึ่งเป็นทางเลือกแต่ละแบบ ในแต่ละปัจจัย

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์หาระบบปรับอากาศที่เหมาะสม ในการวิเคราะห์จะทำการหาคะแนนจากผลรวมของผลคูณของความสำคัญของระบบปรับอากาศ และน้ำหนักในปัจจัยนั้นๆ จากระดับล่างสุด จนถึงระดับบนสุดของโครงสร้างลำดับชั้น และสามารถเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสม ได้จากระบบปรับอากาศแบบที่ได้คะแนนสูงสุด

เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการสอบถามและสัมภาษณ์ ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจตลอดจนผู้เชี่ยวชาญในระบบปรับอากาศของโรงงานอุตสาหกรรม และบริษัทที่ปรึกษา ผลลัพธ์ที่ได้จะแตกต่างกันไปตามแนวความคิดของแต่ละท่าน และเพื่อเป็นการสรุปแนวความคิดต่างๆ เข้าด้วยกันจึงใช้ค่าเฉลี่ยของไอเกนเวคเตอร์ (Mean of Eigenvector) มาเป็นผลการตัดสินใจ

<u>การวิเคราะห์หาน้ำหนักของแต่ละปัจจัย</u>

1. **การวิเคราะห์หาน้ำหนักของปัจจัยหลัก** หลังจากที่ได้ทำการเก็บข้อมูลจากผู้บริหารของโรงงาน และจากผู้เชี่ยวชาญของบริษัทที่ปรึกษา โดยแบบสอบถาม เปรียบเทียบความสำคัญของแต่ละปัจจัยหลัก ได้นำข้อมูลไปวิเคราะห์ โดยโปรแกรมสำเร็จรูป Expert Choice Version 9.0 เพื่อหาค่าน้ำหนัก โดยใช้ทฤษฎีของไอเกนเวคเตอร์ รวมทั้งตรวจสอบอัตราส่วนความสอดคล้องแล้วเท่ากับ 0.0 ซึ่งน้อยกว่า 0.1 พบว่า ปัจจัยหลักที่มีความสำคัญในการตัดสินใจอันดับแรก คือ ด้านวิศวกรรม(Engineering) และด้านการจัดการ(Management) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากันเท่ากับ 0.400 โดยที่ปัจจัยหลักที่มีความสำคัญในอันดับรองลงมา คือ ด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics) และ ด้านพลังงาน (Energy) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากัน เท่ากับ 0.100 ดังแสดงในรูปที่ 4.7



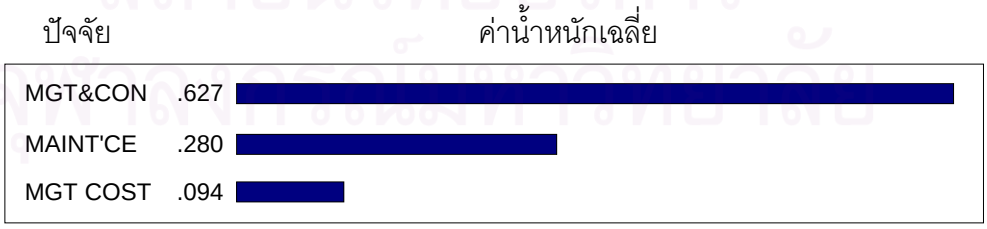
รูปที่ 4.7 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปัจจัยหลัก ที่มีอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.0

2. **การวิเคราะห์หาน้ำหนักของปัจจัยย่อย** จากการเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญในระบบปรับอากาศจากบริษัทที่ปรึกษา เพื่อเปรียบเทียบความสำคัญของแต่ละปัจจัยย่อย และนำข้อมูลไปวิเคราะห์ โดยโปรแกรมสำเร็จรูป Expert Choice Version 9.0 เพื่อหาค่าน้ำหนัก โดยใช้ทฤษฎีของไอเกนเวคเตอร์ รวมทั้งตรวจสอบอัตราส่วนความสอดคล้องแล้วซึ่งน้อยกว่า 0.1 สามารถสรุปค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยย่อย ภายใต้ปัจจัยหลักต่างๆ ได้ดังนี้

✧ ค่าน้ำหนักของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลักด้านวิศวกรรม (Engineering) ซึ่งพบว่า ปัจจัยย่อยที่มีความสำคัญในการตัดสินใจอันดับแรก คือเทคนิค (Technical) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.600 โดยที่ปัจจัยย่อยที่มีความสำคัญในอันดับรองลงมา คือ ประสิทธิภาพ (Efficiency) และการใช้พลังงาน (Energy Usage) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากัน เท่ากับ 0.200 โดยมีอัตราส่วนความสอดคล้องแล้วเท่ากับ 0.0 ซึ่งน้อยกว่า 0.1 ดังแสดงในรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.8 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลักด้านวิศวกรรม
ที่มีอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.0

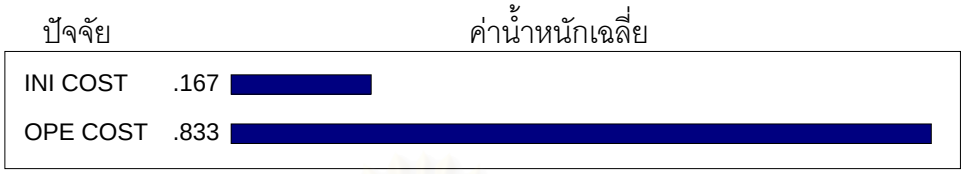
✧ ค่าน้ำหนักของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลักด้านการจัดการ (Management) ซึ่งพบว่า ปัจจัยย่อยที่มีความสำคัญในการตัดสินใจอันดับแรก คือการจัดการ และ การควบคุมดูแลระบบ (Management and Control) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย เท่ากับ 0.627 โดยที่ปัจจัยย่อยที่มี ความสำคัญในอันดับรองลงมา คือ การซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน (Maintenance) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.280 และค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบ (Management cost) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย เท่ากับ 0.094 โดยมีอัตราส่วนความสอดคล้องแล้วเท่ากับ 0.08 ซึ่งน้อยกว่า 0.1 ดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลักด้านการจัดการ
ที่มีอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.08

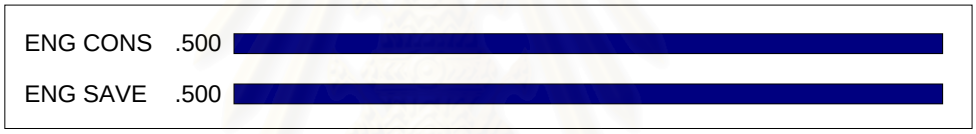
✧ ค่าน้ำหนักของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics) ซึ่งพบว่าปัจจัยย่อยที่มีความสำคัญในการตัดสินใจอันดับแรก คือ ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน (Operating

cost) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.833 โดยที่ปัจจัยย่อยที่มีความสำคัญในอันดับรองลงมา คือ การลงทุนติดตั้งระบบ (Initial cost) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย เท่ากับ 0.167 โดยมีอัตราส่วนความสอดคล้องแล้วเท่ากับ 0.0 ซึ่งน้อยกว่า 0.1 ดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลักด้านเศรษฐศาสตร์ ที่มีอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.0

✧ ค่าน้ำหนักของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยด้านพลังงาน (Energy) ซึ่งพบว่า ปัจจัยย่อยที่มีความสำคัญในการตัดสินใจ คือ การอนุรักษ์พลังงาน (Energy conservation) และการประหยัดพลังงาน (Energy saving) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากัน เท่ากับ 0.500 โดยมีอัตราส่วนความสอดคล้องแล้วเท่ากับ 0.0 ซึ่งน้อยกว่า 0.1 ดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลักด้านพลังงาน ที่มีอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.0

<u>การวิเคราะห์หาความสำคัญของทางเลือกในแต่ละปัจจัย</u>

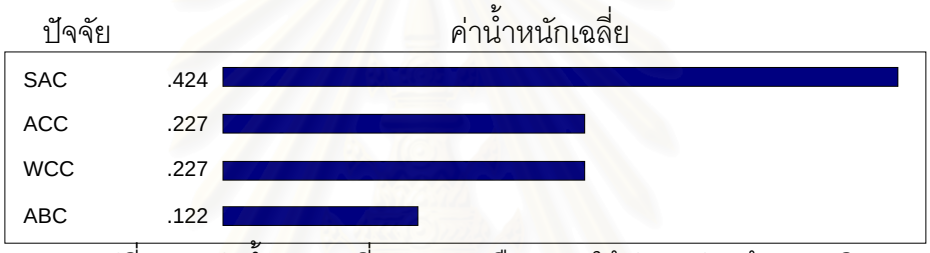
การประเมินนี้มีระบบปรับอากาศที่เสนอเพื่อให้ทำการพิจารณาประเมิน 4 ระบบ คือ

1) ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน SAC : Split type air-cooled air conditioner
2) ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ ACC : Air-cooled chiller
3) ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ WCC : Water-cooled chiller
4) ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ ABC : Absorption chiller

โดยในการวิเคราะห์นี้ จะวิเคราะห์ตามชนิดของปัจจัย ซึ่งในการศึกษานี้เป็นปัจจัยเชิงคุณภาพ ข้อมูลจากปัจจัยนี้ จะได้จากการตอบแบบสอบถามผู้ที่เกี่ยวข้องกับการประเมิน เพื่อเลือกระบบปรับอากาศของโรงงานอุตสาหกรรม จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มูลไปวิเคราะห์โดยโปรแกรมสำเร็จรูป Expert Choice Version 9.0 เพื่อหาค่าน้ำหนักภายใต้ปัจจัย โดยใช้ทฤษฎีของไอเกนเวคเตอร์ พร้อมทั้งตรวจสอบอัตราส่วนความสอดคล้องแล้วซึ่งน้อยกว่า 0.1 สามารถสรุปได้ดังนี้

- การพิจารณาทางเลือกของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลักด้านวิศวกรรม (Engineering)

✧ ค่าน้ำหนักของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านเทคนิค (Technical) ซึ่งพบว่า ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักสูงเป็นอันดับแรก คือ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (SAC : Split type air-cooled air conditioner) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.424 โดยที่ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักสูงเป็นอันดับรองลงมา คือ ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ ACC (Air-cooled chiller) และระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ WCC (Water-cooled chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน เท่ากับ 0.227 และทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักเป็นอันดับสุดท้าย คือ ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ ABC (Absorption chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.122 โดยมีอัตราส่วนความสอดคล้องแล้วเท่ากับ 0.0 ซึ่งน้อยกว่า 0.1 ดังแสดงในรูปที่ 4.12

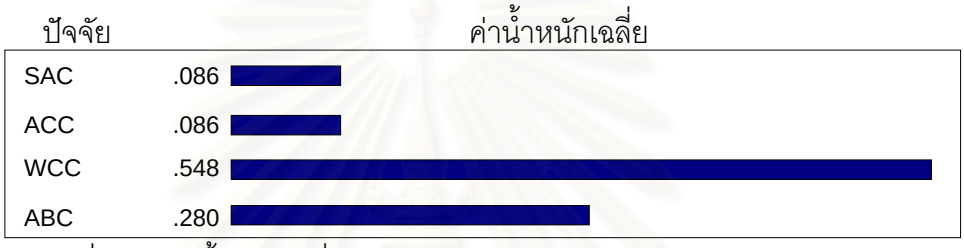


รูปที่ 4.12 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านเทคนิค
ที่มีอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.0

✧ ค่าน้ำหนักของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านประสิทธิภาพ (Efficiency) ซึ่งพบว่า ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักสูงเป็นอันดับแรก คือ ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ ACC (Air-cooled chiller) และระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ WCC (Water-cooled chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน เท่ากับ 0.364 โดยที่ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักสูงเป็นอันดับรองลงมา คือ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (SAC : Split type air-cooled air conditioner) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.206 และทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักเป็นอันดับสุดท้าย คือ ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ ABC (Absorption chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.065 โดยมีอัตราส่วนความสอดคล้องแล้วเท่ากับ 0.01 ซึ่งน้อยกว่า 0.1 ดังแสดงในรูปที่ 4.13

รูปที่ 4.13 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านประสิทธิภาพ
ที่มีอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.01

✧ ค่าน้ำหนักของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านการใช้พลังงาน (Energy Usage) ซึ่งพบว่า ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักสูงเป็นอันดับแรก คือ ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ WCC (Water-cooled chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.548 โดยที่ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักสูงเป็นอันดับรองลงมา คือระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ ABC (Absorption chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.280 และทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักเป็นอันดับสุดท้าย คือ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (SAC : Split type air-cooled air conditioner) และระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ ACC (Air-cooled chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน เท่ากับ 0.086 โดยมีอัตราส่วนความสอดคล้องแล้วเท่ากับ 0.04 ซึ่งน้อยกว่า 0.1 ดังแสดงในรูปที่ 4.14



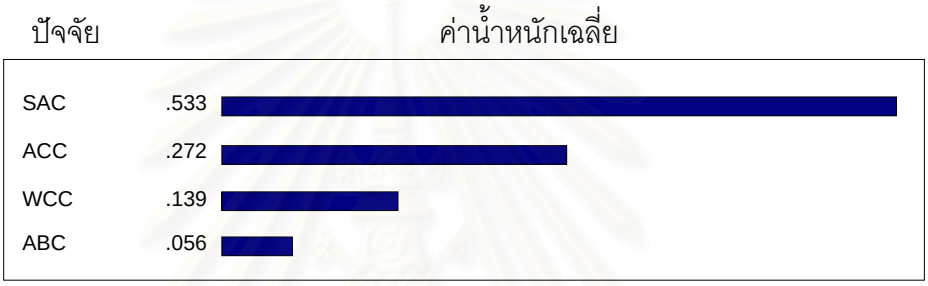
รูปที่ 4.14 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านการใช้พลังงาน
ที่มีอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.04

- การพิจารณาทางเลือกของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลักด้านการจัดการ (Management)

✧ ค่าน้ำหนักของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านการจัดการ และ การควบคุมดูแลระบบ (Management and Control) ซึ่งพบว่า ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักสูงเป็นอันดับแรก คือ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (SAC : Split type air-cooled air conditioner) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.667 โดยที่ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักสูงเป็นอันดับรองลงมา คือ ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ ACC (Air-cooled chiller) และ ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ WCC (Water-cooled chiller) และ ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ ABC (Absorption chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน เท่ากับ 0.111 โดยมีอัตราส่วนความสอดคล้องแล้วเท่ากับ 0.0 ซึ่งน้อยกว่า 0.1 ดังแสดงในรูปที่ 4.15

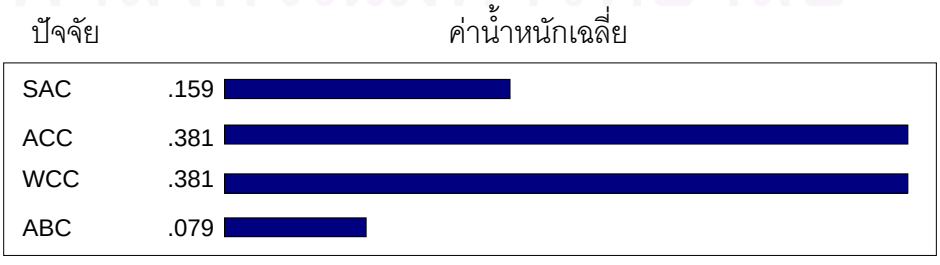
รูปที่ 4.15 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านการจัดการ และควบคุมดูแลระบบ
ที่มีอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.0

✧ ค่าน้ำหนักของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านการซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน (Maintenance) ซึ่งพบว่า ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักสูงเป็นอันดับแรก คือ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (SAC : Split type air-cooled air conditioner) ซึ่งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.533 โดยที่ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักสูงเป็นอันดับรองลงมาตามลำดับ คือ ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ ACC (Air-cooled chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.272 และ ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ WCC (Water-cooled chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.139 และสุดท้าย คือ ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ ABC (Absorption chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.056 โดยมีอัตราส่วนความสอดคล้องแล้วเท่ากับ 0.08 ซึ่งน้อยกว่า 0.1 ดังแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านการซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน **ที่มีอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.08**

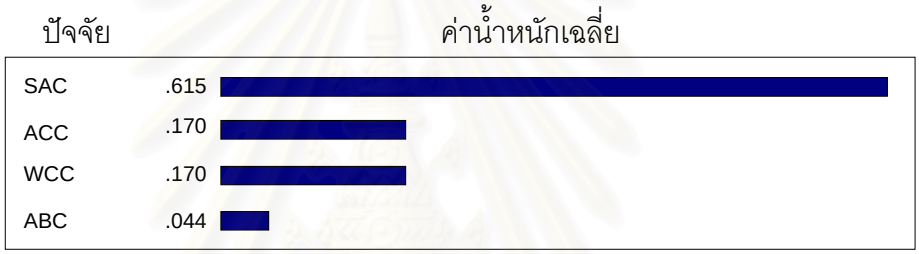
✧ ค่าน้ำหนักของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบ (Management cost) ซึ่งพบว่า ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักสูงเป็นอันดับแรก คือ ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ ACC (Air-cooled chiller) และ ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ WCC (Water-cooled chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน เท่ากับ 0.381 โดยที่ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักสูงเป็นอันดับรองลงมา คือ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (SAC : Split type air-cooled air conditioner) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.159 และทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักเป็นอันดับสุดท้าย คือ ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ ABC (Absorption chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.079 โดยมีอัตราส่วนความสอดคล้องแล้วเท่ากับ 0.03 ซึ่งน้อยกว่า 0.1 ดังแสดงในรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านค่าใช้จ่ายในการจัดการ **ที่มีอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.03**

- การพิจารณาทางเลือกของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลักด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics)

✧ ค่าน้ำหนักของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านการลงทุนติดตั้งระบบ(Initial cost) ซึ่งพบว่า ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักสูงเป็นอันดับแรก คือ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (SAC : Split type air-cooled air conditioner) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.615 โดยที่ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักสูงเป็นอันดับรองลงมา คือ ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ ACC (Air-cooled chiller) และ ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ WCC (Water-cooled chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน เท่ากับ 0.170 และ ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักเป็นอันดับสุดท้าย คือ ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ ABC (Absorption chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.044 โดยมีอัตราส่วนความสอดคล้องแล้วเท่ากับ 0.1 ดังแสดงในรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านการลงทุนติดตั้งระบบ **ที่มีอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.1**

✧ ค่าน้ำหนักของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านค่าใช้จ่ายในการใช้งาน (Operating cost) ซึ่งพบว่า ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักสูงอันดับแรก คือ ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ WCC (Water-cooled chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.443 โดยที่ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักสูงอันดับรองลงมา คือ ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ ACC (Air-cooled chiller) และระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ ABC (Absorption chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน เท่ากับ 0.250 และทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักป็นอันดับสุดท้ายคือระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (SAC : Split type air-cooled air conditioner) ซึ่งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.057 โดยมีอัตราส่วนความสอดคล้องแล้วเท่ากับ 0.01 ซึ่งน้อยกว่า 0.1 ดังแสดงใน รูปที่ 4.19

รูปที่ 4.19 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านค่าใช้จ่ายในการใช้งาน **ที่มีอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.01**

- การพิจารณาทางเลือกของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลักด้านพลังงาน (Energy)

✧ ค่าน้ำหนักของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อย ด้านการอนุรักษ์พลังงาน (Energy conservation) ซึ่งพบว่า ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักสูงอันดับแรก คือ ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ ABC (Absorption chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.574 โดยที่ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักสูงเป็นอันดับรองลงมา คือ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (SAC : Split type air-cooled air conditioner) และ ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ WCC (Water-cooled chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน เท่ากับ 0.176 และ ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มี น้ำหนักเป็นอันดับสุดท้าย คือ ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ ACC(Air-cooled chiller) ซึ่งมี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.075 โดยมีอัตราส่วนความสอดคล้องแล้วเท่ากับ 0.04 ซึ่งน้อยกว่า 0.1 ดังแสดงในรูปที่ 4.20

รูปที่ 4.20 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านการอนุรักษ์พลังงาน
ที่มีอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.04

✧ ค่าน้ำหนักของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านการประหยัดพลังงาน (Energy saving) ซึ่งพบว่า ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักสูงอันดับแรก คือ ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ WCC (Water-cooled chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.548 โดยที่ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักสูงอันดับรองลงมา คือ ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ ABC (Absorption chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.280 และ ทางเลือกระบบปรับอากาศที่มีน้ำหนักเป็นอันดับสุดท้าย คือ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (SAC : Split type air-cooled air conditioner) และ ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ ACC (Air-cooled chiller) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน เท่ากับ 0.086 โดยมีอัตราส่วนความสอดคล้องแล้วเท่ากับ 0.04 ซึ่งน้อยกว่า 0.1 ดังแสดงในรูปที่ 4.21

รูปที่ 4.21 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยด้านการประหยัดพลังงาน
ที่มีอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.04

หมายเหตุ : 1. ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ ปัจจัย และทางเลือกต่างๆ ด้วยหลักการของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์นั้น ค่าความสำคัญที่ได้จากการเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ ในระดับเดียวกัน สามารถนำไปเป็นข้อมูลที่ใช้เป็นเกณฑ์การตัดสินปัญหาได้ก็ต่อเมื่อ ค่าอัตราส่วนความสอดคล้องมีค่าน้อยกว่า 0.1 ซึ่งผลการตรวจสอบอัตราส่วนความสอดคล้อง พบว่า ทุกกรณีมีค่าต่ำกว่า 0.1 ดังนั้นจึงถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้

2. คำอธิบายสำหรับคำที่ใช้ในการวิเคราะห์ แสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 คำอธิบายศัพท์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Expert Choice

Abbreviation	Definition
Goal	THE SELECTION OF A SUITABLE AIR CONDITIONING SYSTEM
SAC	SPLIT TYPE AIR-COOLED AIR CONDITIONER
ACC	AIR-COOLED CHILLER
WCC	WATER-COOLED CHILLER
ABC	ABSORPTION CHILLER
ENGINEER	ENGINEERING
TECHNIC	TECHNICAL
EFF'CY	EFFICIENCY
ENGY USE	ENERGY USAGE
MANAGE	MANAGEMENT
MGT&CON	MANAGEMENT AND CONTROL
MAIN'CE	MAINTENANCE
MGT COST	MANAGEMENT COST
ECONOMIC	ECONOMICS
INI COST	INITIAL COST
OPE COST	OPERATING COST
ENERGY	ENERGY
ENG CON	ENERGY CONSERVATION
ENG SAVE	ENERGY SAVING

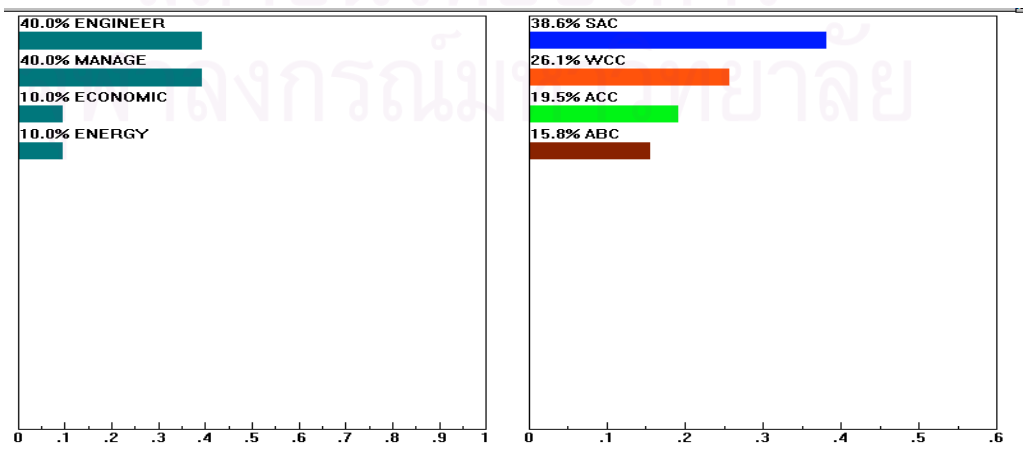
<u>การวิเคราะห์หาระบบปรับอากาศที่เหมาะสม</u>

จากการวิเคราะห์หาระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงานสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ด้วยวิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ โดยโปรแกรมสำเร็จรูป Expert Choice Version 9.0 การเลือกระบบที่เหมาะสม สามารถวิเคราะห์ได้จากผลรวมของผลคูณ ระหว่าง ค่าน้ำหนักของการเลือกภายใต้ปัจจัย และน้ำหนักของปัจจัยนั้น จากปัจจัยระดับสูงสุดลงมาจนถึงระดับต่ำสุด ดังแสดงในรูปที่ 4.22 จะพบว่าปัจจัยหลักเรียงลำดับความสำคัญ ได้ดังต่อไปนี้

อันดับที่ 1	ปัจจัยด้านวิศวกรรมและด้านการจัดการ	มีน้ำหนัก	40.0 %
อันดับที่ 2	ปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์และด้านพลังงาน	มีน้ำหนัก	10.0 %

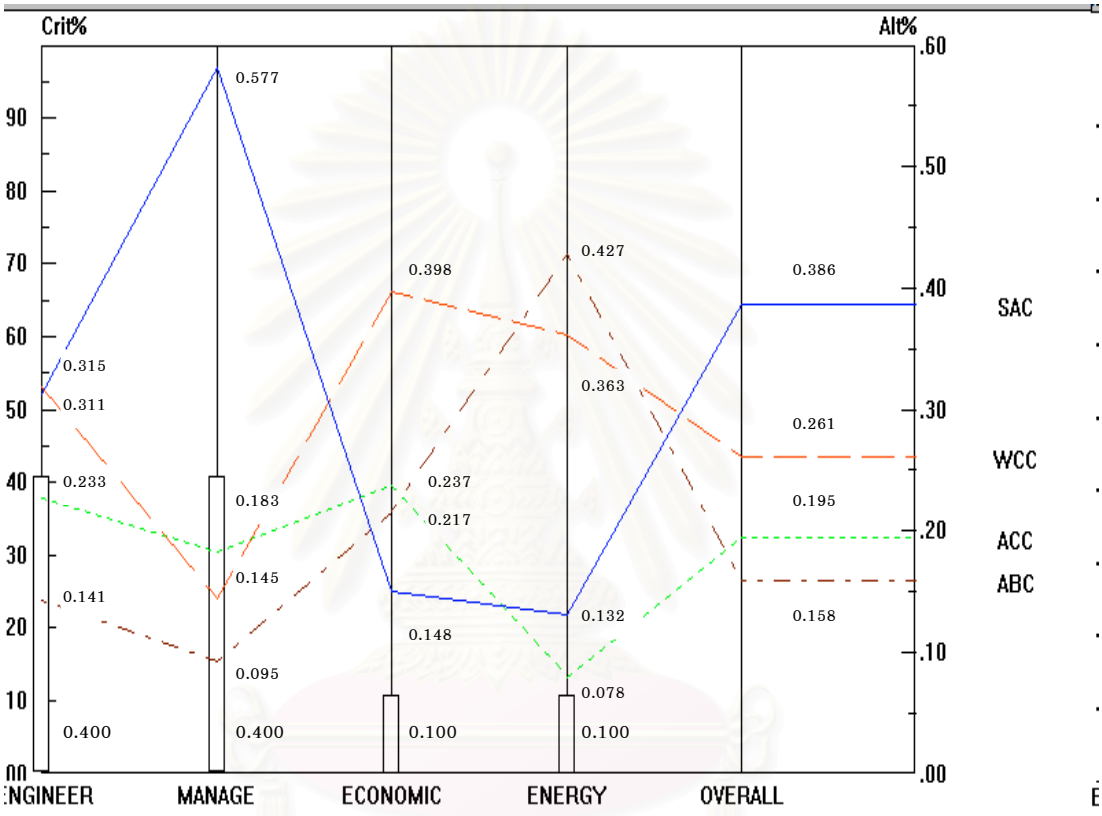
โดยภายใต้น้ำหนักของปัจจัยหลักเหล่านี้ และปัจจัยย่อยดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปว่า ความเหมาะสมของระบบปรับอากาศแต่ละแบบเรียงลำดับตามน้ำหนัก ได้ดังต่อไปนี้

อันดับที่ 1	ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน SAC	มีน้ำหนัก	38.6 %
อันดับที่ 2	ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ ACC	มีน้ำหนัก	26.1 %
อันดับที่ 3	ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ WCC	มีน้ำหนัก	19.5 %
อันดับที่ 4	ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ ABC	มีน้ำหนัก	15.8 %



รูปที่ 4.22 แสดงน้ำหนักของปัจจัยหลัก และน้ำหนักรวมของระบบปรับอากาศแต่ละแบบ

จากน้ำหนักรวมของระบบปรับอากาศแต่ละแบบดังกล่าว สามารถแยกรายละเอียดแจกแจงน้ำหนักของระบบปรับอากาศ ในแต่ละปัจจัยหลัก ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.23 ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.23 แสดงน้ำหนักของระบบปรับอากาศในแต่ละปัจจัยหลัก

✧ น้ำหนักของระบบปรับอากาศแต่ละแบบภายใต้ปัจจัยหลัก ด้านวิศวกรรม (Engineering) จากรูปที่ 4.23 จะเห็นว่า น้ำหนักของระบบปรับอากาศแต่ละแบบเรียงลำดับตามได้ดังต่อไปนี้

อันดับที่ 1	ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ WCC	มีน้ำหนัก	31.5 %
อันดับที่ 2	ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน SAC	มีน้ำหนัก	31.1 %
อันดับที่ 3	ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ ACC	มีน้ำหนัก	23.3 %
อันดับที่ 4	ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ ABC	มีน้ำหนัก	14.1 %

✧ น้ำหนักของระบบปรับอากาศแต่ละแบบภายใต้ปัจจัยด้านการจัดการ (Management) จากรูปที่ 4.23 จะเห็นว่า น้ำหนักของระบบปรับอากาศแต่ละแบบเรียงลำดับตามได้ดังต่อไปนี้

อันดับที่ 1	ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน SAC	มีน้ำหนัก	57.7 %
อันดับที่ 2	ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ ACC	มีน้ำหนัก	18.3 %
อันดับที่ 3	ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ WCC	มีน้ำหนัก	14.5 %
อันดับที่ 4	ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ ABC	มีน้ำหนัก	9.5 %

✧ น้ำหนักของระบบปรับอากาศแต่ละแบบภายใต้ปัจจัย ด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics) จากรูปที่ 4.23 จะเห็นว่า น้ำหนักของระบบปรับอากาศแต่ละแบบเรียงลำดับตามได้ดังต่อไปนี้

อันดับที่ 1	ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ WCC	มีน้ำหนัก	39.8 %
อันดับที่ 2	ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ ACC	มีน้ำหนัก	23.7 %
อันดับที่ 3	ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ ABC	มีน้ำหนัก	21.7 %
อันดับที่ 4	ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน SAC	มีน้ำหนัก	14.8 %

✧ น้ำหนักของระบบปรับอากาศแต่ละแบบภายใต้ปัจจัยด้านพลังงาน (Energy) จากรูปที่ 4.23 จะเห็นว่า น้ำหนักของระบบปรับอากาศแต่ละแบบเรียงลำดับตามได้ดังต่อไปนี้

อันดับที่ 1	ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ ABC	มีน้ำหนัก	42.7 %
อันดับที่ 2	ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ WCC	มีน้ำหนัก	36.3 %
อันดับที่ 3	ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน SAC	มีน้ำหนัก	13.2 %
อันดับที่ 4	ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งใช้ ACC	มีน้ำหนัก	7.8 %

4.2.4 การเปรียบเทียบระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ที่ใช้ในการเลือกระบบปรับอากาศในปัจจุบัน

จากระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่กล่าวถึงในหัวข้อ 4.2.3 นั้นมีข้อดี และข้อเสียของแต่ละระบบดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ใช้ในการเลือกระบบปรับอากาศ

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ	ข้อดี	ข้อเสีย
1.การตัดสินใจโดยการวิเคราะห์และเปรียบเทียบโดยผู้ตัดสินใจคนเดียว	1. ง่าย 2. สะดวก 3. รวดเร็ว 4. การพิจารณาด้านมูลค่าเงินทำได้ทันที	1.ผลการตัดสินใจอาจไม่ใช่ระบบที่ดีที่สุดในการใช้งาน เพราะคำนึงถึงกฎเกณฑ์เฉพาะด้านที่ผู้ตัดสินใจสนใจเท่านั้น 2.ผู้ตัดสินใจต้องมีความรู้ด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ การจัดการ และการเงิน
2.การตัดสินใจโดยกระบวนการประเมินและตัดสินใจของคณะกรรมการ	1. ช่วยลดปัญหาเรื่องความลำเอียงในการตัดสินใจ 2.การตัดสินใจด้วยคณะกรรมการซึ่งประกอบด้วยบุคคลหลายท่านจะทำให้ได้ผลที่ดีกว่าแบบแรก เพราะอาจประกอบด้วยผู้มีความรู้ความชำนาญหลายๆด้าน	1. ล่าช้า 2. การมีผู้ตัดสินใจหลายท่านอาจมีการขัดแย้งกันในด้านความเห็นในการประเมิน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ใช้ในการเลือกระบบปรับอากาศ (ต่อ)

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ	ข้อดี	ข้อเสีย
3.การตัดสินใจโดยระบบสนับสนุนการตัดสินใจด้วยโปรแกรม Computer สำเร็จรูป	1. ง่าย 2. สะดวก 3. รวดเร็ว 4. มีรูปแบบการนำเสนอที่ดี หลากหลาย 5. ถ้ามีผู้ตัดสินใจหลายท่าน โปรแกรมจะประมวลผลจากค่าเฉลี่ยของแต่ละท่าน	1.ไม่มีรูปแบบการพิจารณาที่เป็นมูลค่าเงิน 2.โปรแกรมมีข้อจำกัดของรูปแบบการใช้งานที่ต้องเป็นไปตามลักษณะของโปรแกรม ทำให้ไม่สามารถใช้กับปัญหาบางอย่างที่มีลักษณะไม่ตรงกับโปรแกรม

จากการเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียดังกล่าวข้างต้น พบว่าระบบการสนับสนุนการตัดสินใจยังต้องการการพัฒนาให้มีความหลากหลายต่อปัญหาที่มีความยืดหยุ่นสูงขึ้น จึงทำการสร้างโปรแกรมสำหรับการตัดสินใจในบทที่ 5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
ระบบสนับสนุนการตัดสินใจโดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จัดทำขึ้น

ในการจัดทำระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศโดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จัดทำขึ้นนั้น ควรเป็นระบบที่มีความสามารถในการจัดเตรียมข้อมูลที่ควรทราบในการตัดสินใจ เพื่อช่วยให้ผู้ใช้ที่อาจไม่มีความรู้เรื่องระบบปรับอากาศ หรือรวมทั้งผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญในระบบปรับอากาศ ให้สามารถรับทราบข้อมูลเบื้องต้นจากข้อมูลที่โปรแกรมนำเสนอในรูปแบบของคำแนะนำ และสามารถระบุข้อมูล และความคิดเห็นของผู้ใช้โต้ตอบกับโปรแกรม เพื่อตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในที่สุด โดยที่ผู้ตัดสินใจไม่จำเป็นต้องเป็นผู้มีความชำนาญในการเลือกระบบปรับอากาศ

ในขั้นตอนการจัดทำโปรแกรมสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ จะทำการศึกษาข้อมูล และออกแบบระบบดังต่อไปนี้

1) ปัญหาของระบบการตัดสินใจเลือก ระบบปรับอากาศ สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในปัจจุบัน

2) ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

3) โครงสร้างกระบวนการตัดสินใจของโปรแกรม สำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

4) การออกแบบระบบสำหรับใช้ในการตัดสินใจ เพื่อเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

5) การนำระบบสนับสนุนการตัดสินใจไปใช้งาน โดยใช้โปรแกรมที่ออกแบบเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ เพื่อตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1 ปัญหาของระบบการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

กระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ถือว่าเป็นเรื่องที่ยุ่งยากซับซ้อน เนื่องจากระบบปรับอากาศซึ่งเป็นทางเลือกมีหลายแบบ ได้แก่

1) เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง (Window Type)

2) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)

3) เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจ (Package Unit)

4) เครื่องปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller)

ในการเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานแต่ละแห่งก็ต้องพิจารณาข้อกำหนดที่หลากหลาย เช่น ประเภทของโรงงาน ผลิตภัณฑ์ นโยบายของโรงงาน ซึ่งล้วนมีผลต่อปัจจัยที่คำนึงถึง ตารางที่ 5.1 แสดงตัวอย่างของความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดของโรงงาน และผลกระทบต่อปัจจัยที่คำนึงถึง ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ สำหรับโรงงานผลิตอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 ข้อกำหนดของโรงงานและผลกระทบต่อปัจจัยที่คำนึงถึงในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

ข้อมูล / ข้อกำหนด	ข้อมูลของโรงงาน	ผลกระทบต่อปัจจัย	
		ชนิดปัจจัย	รายละเอียด
1.ประเภทโรงงาน	1.โรงงานที่มีมาตรฐานสูงเพื่อผลิตสินค้าที่มีมาตรฐานสากล 2.โรงงานขนาดใหญ่ โดยมีพื้นที่ประมาณ 20,000 ตารางเมตร	1.วิศวกรรม	1.โรงงานนี้มีขนาดภาระการทำความเย็นประมาณ 1,200 ตัน 2.ระบบปรับอากาศควรมีความสามารถในการทำความเย็นสูง และ ประหยัดพลังงาน ได้แก่ ระบบปรับอากาศแบบที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller)
		2.การจัดการ	1.ระบบปรับอากาศควรมีระบบอัตโนมัติช่วยในการควบคุมการทำงานของระบบ 2.ระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ต้องใช้วิศวกร และ ช่างเทคนิคที่มีความชำนาญในการจัดการด้านการใช้งาน และการดูแลซ่อมบำรุง
		3.เศรษฐศาสตร์	1.ระบบปรับอากาศควรมีมูลค่าเงินของการลงทุน และค่าใช้จ่ายในการใช้งานรวมกันในช่วงเวลาที่พิจารณาไม่สูงซึ่งระบบที่เหมาะสม ได้แก่ ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water–Cooled , Water Chiller)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 ข้อกำหนดของโรงงานและผลกระทบต่อปัจจัยที่คำนึงถึงในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ (ต่อ)

ข้อมูล / ข้อกำหนด	ข้อมูลของโรงงาน	ผลกระทบต่อปัจจัย	
		ชนิดปัจจัย	รายละเอียด
2.ผลิตภัณฑ์	1.อุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์	1.วิศวกรรม 2.การจัดการ	1.โรงงานผลิตอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ต้องควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงงานด้านอุณหภูมิ และความชื้นที่ละเอียดต้องใช้ระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง และต้องมีเทคโนโลยีในการควบคุมการทำงานของระบบสูง
3.นโยบาย	1.การประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน	1.วิศวกรรม	1.ต้องใช้ระบบปรับอากาศแบบที่มีประสิทธิภาพสูงและมีเทคโนโลยีในการควบคุมการทำงานของระบบสูง
		2.การจัดการ	1.ระบบปรับอากาศต้องมีระบบการควบคุมการทำงานให้มีความเหมาะสมกับภาระความร้อนของโรงงาน คือ ไม่หนาว หรือ ร้อนเกินไป ถ้าหนาวก็สามารถหรี่ระบบลงเพื่อประหยัดพลังงาน
		3.เศรษฐศาสตร์	1.เครื่องปรับอากาศประเภทที่มีประสิทธิภาพสูงก็จะมีมูลค่าเงินลงทุนที่สูงด้วย 2.ระบบปรับอากาศประเภทที่มีประสิทธิภาพสูงจะมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 ข้อกำหนดของโรงงานและผลกระทบต่อปัจจัยที่คำนึงถึงในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ (ต่อ)

ข้อมูล / ข้อกำหนด	ข้อมูลของโรงงาน	ผลกระทบต่อปัจจัย	
		ชนิดปัจจัย	รายละเอียด
3.นโยบาย (ต่อ)	2.การควบคุมและการจัดการระบบปรับอากาศด้วยระบบอัตโนมัติและมีความเที่ยงตรง 3.การใช้งานซ่อมแซมดูแลและการบำรุงรักษาที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ	1.วิศวกรรม	1.เครื่องปรับอากาศที่ใช้ต้องสามารถทำงานเชื่อมต่อกับระบบควบคุมอัตโนมัติของโรงงานโดยผ่านระบบควบคุมแบบที่ใช้คอมพิวเตอร์ 2.ระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถแสดงสัญญาณเตือนเมื่อระบบชำรุดหรือทำงานบกพร่องหรือถึงกำหนดเวลาที่ต้องเปลี่ยนและตรวจสอบอุปกรณ์โดยแสดงสัญญาณเตือนพร้อมทั้งระบุบริเวณหรือระบบที่ช่างจะต้องไปตรวจสอบข้อบกพร่องเบื้องต้นได้ทางจอคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมระบบ
		2.การจัดการ	1.ใช้บุคลากรควบคุมระบบที่มีความรู้ค่อนข้างสูงและสามารถควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศโดยการใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติหรือระบบควบคุมที่มีคอมพิวเตอร์ช่วยสั่งงาน 2.ใช้บุคลากรน้อยลงโดยใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยงานบางส่วน
		3.เศรษฐศาสตร์	1.ใช้เงินลงทุนติดตั้งระบบสูงขึ้น 2.ระบบมีค่าใช้จ่ายในส่วนบุคลากรในแผนกช่างควบคุมการทำงานของระบบลดลง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตัวอย่างการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง ข้อกำหนดของโรงงาน และผลกระทบต่อปัจจัยที่คำนึงถึงในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศดังกล่าวไว้ข้างต้นนั้น ในสภาวะการณ์ปัจจุบันนั้นต้องให้ผู้ที่มีความชำนาญและมีความรู้ด้านระบบปรับอากาศมาช่วยพิจารณาข้อมูลและตัดสินใจ หรือนำเสนอข้อมูลให้ผู้มีอำนาจตัดสินใจ ซึ่งนับว่าเป็นขั้นตอนที่ต้องใช้บุคลากรหลายคนและใช้เวลานาน นอกจากนี้ยังมีปัญหาอื่นๆ อีกหลายประการในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในปัจจุบัน ดังแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ปัญหาต่างๆ ของการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

ลำดับที่	รายละเอียดของปัญหา
1	ไม่สามารถสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหารโรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในส่วนของประเภทระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในด้านวิศวกรรม การจัดการ และการอนุรักษ์พลังงาน เนื่องจากโดยปกติแล้วผู้บริหาร จะพิจารณาเฉพาะด้านเศรษฐศาสตร์เท่านั้นว่าใช้เงินลงทุนเท่าไร
2	ระบบปรับอากาศที่เลือกใช้ส่วนมากมักพิจารณาที่ระบบปรับอากาศซึ่งมีมูลค่าเงินลงทุนต่ำที่สุด แต่อาจมีเทคโนโลยี และประสิทธิภาพที่ไม่สูงมาก ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานที่ใช้ และการซ่อมบำรุงที่เพิ่มขึ้น
3	ผู้ตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมนั้นต้องมีความรู้ และ ประสบการณ์ทั้งด้านวิศวกรรม การจัดการ เศรษฐศาสตร์ และการอนุรักษ์พลังงาน ดังนั้นถ้าผู้ที่ไม่มีความรู้เหล่านี้ต้องมาตัดสินใจอาจเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่ไม่เหมาะสม
4	การตัดสินใจของผู้บริหารที่ต้องการพิจารณาข้อมูลทางด้านวิศวกรรม การจัดการ เศรษฐศาสตร์ และ การอนุรักษ์พลังงานนั้นไม่สามารถกระทำโดยผู้บริหารเพียงลำพังได้ แต่ต้องอาศัยบุคลากรหลายคนในการจัดเตรียมข้อมูลด้านต่างๆ มาให้ผู้บริหารพิจารณา ซึ่งต้องใช้เวลานาน และใช้บุคลากรหลายคน
5	ไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์ในเชิงปริมาณ (มูลค่าเงิน) ในโปรแกรมตัดสินใจสำเร็จรูป (โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะอ้างอิงถึงโปรแกรม Expert Choiceเท่านั้น) ซึ่งพิจารณาเฉพาะการเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยของแต่ละทางเลือกตามความคิดเห็นของผู้ตัดสินใจเท่านั้น โดยไม่มีการพิจารณาข้อมูลเชิงปริมาณของมูลค่าเงินลงทุน และค่าใช้จ่ายเลย

ตารางที่5.2 ปัญหาต่างๆ ของการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดของปัญหา
6	ผู้ตัดสินใจต้องเสียเวลาในการจัดทำแบบร่าง และราคาโดยประมาณ แล้วยังต้องคำนวณข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์ในเชิงปริมาณ (มูลค่าเงิน) เพื่อนำมาใช้พิจารณาก่อนทำการเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยของทางเลือกในโปรแกรม Expert Choice
7	โปรแกรมสำหรับช่วยในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในปัจจุบันยังมีความบกพร่องหลายประการ ดังนี้ - ไม่สามารถคำนวณ ภาระการทำความเย็น (Cooling load) - ไม่สามารถประมาณราคาของระบบปรับอากาศแต่ละแบบ - ไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์ในเชิงปริมาณ (มูลค่าเงิน) ว่าใช้เงินลงทุนเท่าไร
8	การตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้โดยคณะผู้บริหารนั้นไม่สามารถทำได้ตามลำพังเนื่องจากโดยทั่วไปผู้บริหารส่วนใหญ่มักไม่ค่อยมีพื้นฐานความรู้ในส่วนของข้อมูลด้านวิศวกรรมของระบบปรับอากาศ และ ปัจจุบันยังไม่มีระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่สร้างเตรียมไว้สำหรับให้ผู้บริหารพิจารณาเลือกระบบปรับอากาศได้ด้วยตนเอง ซึ่งปัจจุบันนี้มักกระทำในลักษณะที่ต้องอาศัยคณะผู้ออกแบบ หรือผู้รับเหมา หรือบริษัทที่ปรึกษาด้านวิศวกรรมเป็นผู้ศึกษา และจัดเตรียมข้อมูลมาให้ผู้บริหารตัดสินใจ ซึ่งต้องใช้บุคลากร ทรัพยากร และเวลาค่อนข้างมาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

ระบบสนับสนุนสำหรับการตัดสินใจนั้น เป็นระบบที่ทำงานประสานกันระหว่างผู้ตัดสินใจ กับ คอมพิวเตอร์ ในการจัดเตรียมและวิเคราะห์ข้อมูล สำหรับประกอบการพิจารณาในการตัดสินใจเรื่องต่างๆ โดยระบบสนับสนุนสำหรับการตัดสินใจที่กล่าวถึงนี้ หมายถึง ระบบกรรมวิธี และการวิเคราะห์ข้อมูลแบบหนึ่ง ซึ่งได้รับการออกแบบขึ้นเพื่อช่วยผู้ตัดสินใจวิเคราะห์และประเมินผลต่างๆ ที่ยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งต้องตัดสินใจโดยพิจารณาหลายปัจจัย และอาจต้องพิจารณาทางเลือกที่หลากหลายด้วย โดยปกติแล้วต้องให้ผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญ ในเรื่องนั้นๆ มาทำการวิเคราะห์ และประเมินผล เพื่อให้ได้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจที่เหมาะสม

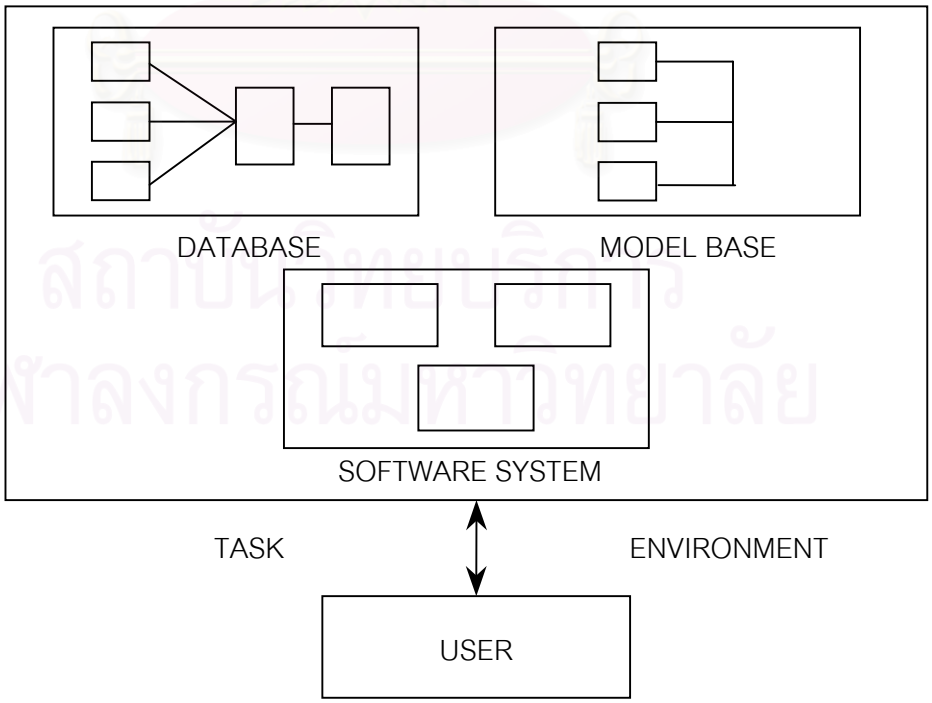
ระบบสนับสนุนสำหรับการตัดสินใจ โดยทั่วไปจะต้องประกอบด้วย ระบบย่อย 3 ระบบที่สัมพันธ์กัน (Leigh and Deherty, 1986) ได้แก่

1) ระบบข้อมูล (Data Subsystem)

2) ระบบแบบจำลอง (Model Subsystem)

3) ระบบหน้าจอสำหรับติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรม (User Interface Subsystem)

โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบย่อยต่างๆ ในลักษณะของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

5.3 โครงสร้างกระบวนการตัดสินใจ และโครงสร้างของโปรแกรมสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการเลือกระบบปรับอากาศ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบเป็นเครื่องมือช่วยนั้น ได้ทำการออกแบบโดยมีโครงสร้างของกระบวนการตัดสินใจ และโครงสร้างของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

5.3.1 โครงสร้างของกระบวนการตัดสินใจ

กระบวนการตัดสินใจที่อาศัยระบบคอมพิวเตอร์ ช่วยในการวิเคราะห์ และประมวลผลในขั้นตอนการพิจารณา มีโครงสร้างซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน (Forgaty et al., 1991) ซึ่งได้แก่

- ส่วนข้อมูลนำเข้า (Input Data)
- ส่วนประมวลผล (Processing)
- ส่วนผลได้ (Output)

สำหรับกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในโปรแกรมที่จะจัดทำขึ้นโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์และประมวลผลจะประกอบด้วยองค์ประกอบ ซึ่งมีรายละเอียดโดยสรุปดังนี้

5.3.1.1 ส่วนข้อมูลนำเข้า (Input Data)

ส่วนข้อมูลนำเข้าซึ่งประกอบด้วยข้อมูลของเงื่อนไขการตัดสินใจ ได้แก่ เงื่อนไขด้านวิศวกรรม การจัดการ และเศรษฐศาสตร์ โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนย่อย คือ

* เงื่อนไขด้านวิศวกรรมจะเป็นข้อมูลสำหรับกำหนดรูปแบบของระบบปรับอากาศ ได้แก่ ประเภทโรงงาน ขนาดโรงงาน ประเภทผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิในห้อง ความดันในห้อง ความชื้นในห้อง ระดับความสะอาด ระดับความเที่ยงตรงของการควบคุมสภาวะภายในห้องที่ปรับอากาศ เช่น ช่วงอุณหภูมิ เป็นต้น

* เงื่อนไขด้านการจัดการ และเศรษฐศาสตร์ จะเป็นข้อมูลเกี่ยวกับข้อกำหนดของโรงงาน ได้แก่ นโยบายด้านการประหยัดและอนุรักษ์พลังงาน นโยบายด้านการควบคุมและการจัดการระบบปรับอากาศในโรงงาน นโยบายด้านการลงทุน นโยบายด้านการใช้งาน การดูแลและซ่อมบำรุง เป็นต้น

5.3.1.2 **ส่วนประมวลผล** (Processing)

ส่วนประมวลผล ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล 3 ส่วนย่อย คือ

* ส่วนการคำนวณ โดยจะเป็นการคำนวณค่าต่างๆ ที่ใช้พิจารณาเลือกระบบปรับอากาศ ได้แก่ การคำนวณปริมาณภาระการทำความเย็น ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสำหรับติดตั้งระบบปรับอากาศแต่ละแบบ ค่าใช้จ่ายในการควบคุมและการจัดการระบบปรับอากาศแต่ละแบบ ค่าใช้จ่ายของพลังงานสำหรับระบบปรับอากาศแต่ละแบบ เปรียบเทียบมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์และการลงทุน และคำนวณน้ำหนักเปรียบเทียบของเกณฑ์เงื่อนไขและระบบปรับอากาศ เป็นต้น

* ฐานข้อมูลที่ต้องการ ได้แก่

- Cooling load database ประกอบด้วย Mechanical engineering database เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอาคาร และ Cooling load estimate database เป็นต้น
- Initial cost database ประกอบด้วย Unit cost of equipment rate เช่น ราคาเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) และ Cost estimate rate เป็นต้น
- Operating cost database ประกอบด้วย Power consumption and Energy cost Maintenance cost และ Management cost เป็นต้น

* เกณฑ์ ที่ต้องพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างระบบปรับอากาศแต่ละแบบ ได้แก่

- เกณฑ์ด้านวิศวกรรม อันได้แก่ เทคนิค ประสิทธิภาพ และ การใช้พลังงาน
- เกณฑ์ด้านการจัดการ อันได้แก่ การจัดการ และควบคุมดูแล การซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน และค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบ เป็นต้น
- เกณฑ์ด้านเศรษฐศาสตร์ อันได้แก่ การลงทุนติดตั้งระบบ และ ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน เป็นต้น
- เกณฑ์ด้านพลังงาน อันได้แก่ การอนุรักษ์ และการประหยัดพลังงาน เป็นต้น

5.3.1.3 **ส่วนผลได้** (Output)

เมื่อได้พิจารณาข้อมูลต่างๆ เรียบร้อยแล้วก็ทำการตัดสินใจเลือกใช้ระบบปรับอากาศแบบใดแบบหนึ่งสำหรับโรงงานได้ ซึ่งจะเป็นผลได้ของโปรแกรมนี้

โดยกระบวนการตัดสินใจมีโครงสร้าง และรายละเอียดของข้อมูลนำเข้า และการประมวลผล ดังแสดงในรูปที่ 5.2

ส่วนข้อมูลนำเข้า (Input Data)

<u>เงื่อนไขของการตัดสินใจ</u>

1. ด้านวิศวกรรม ซึ่งเป็นข้อมูลสำหรับกำหนดรูปแบบระบบปรับอากาศ ดังนี้

<u>ข้อมูลสำหรับกำหนดรูปแบบของระบบปรับอากาศ</u>

- ประเภทโรงงาน
- อุณหภูมิในห้อง
- ความดันในห้อง
- ระดับความเที่ยงตรงของการควบคุมสภาวะภายในห้องที่ปรับอากาศ เช่น อุณหภูมิ
- ประเภทผลิตภัณฑ์
- ความชื้นในห้อง
- ระดับความสะอาด
- ขนาดโรงงาน

2. ด้านการจัดการ และ
3. ด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อกำหนดของโรงงาน ดังนี้

<u>ข้อกำหนดของโรงงาน</u>

- นโยบายด้านการประหยัดและอนุรักษ์พลังงาน
- นโยบายด้านการควบคุมและการจัดการระบบปรับอากาศในโรงงาน
- นโยบายด้านการลงทุน
- นโยบายด้านการใช้งาน ดูแล และบำรุงรักษา

↓

ส่วนประมวลผล (Processing)

<u>ส่วนการคำนวณ</u>

- ปริมาณของภาระการทำความเย็น
- ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสำหรับติดตั้งระบบปรับอากาศแต่ละแบบ
- ค่าใช้จ่ายในการควบคุมและการจัดการระบบปรับอากาศแต่ละแบบ
- ค่าใช้จ่ายของพลังงานสำหรับระบบปรับอากาศแต่ละแบบ
- เปรียบเทียบมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์และการลงทุน
- น้ำหนักเปรียบเทียบของเกณฑ์เงื่อนไข และระบบปรับอากาศ

<u>ฐานข้อมูลที่ต้องการ</u>

- Cooling load database ประกอบด้วย
  * Mechanical engineering database เช่น สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอาคาร
  * Cooling load estimate database
- Initial cost database ประกอบด้วย
  * Unit cost of equipment rate เช่น ราคาเครื่องทำน้ำเย็น(chiller)
  * Cost estimate rate
- Operating cost database ประกอบด้วย
  * Power consumption and Energy cost
  * Maintenance cost
  * Management cost

<u>เกณฑ์เงื่อนไขที่พิจารณาเปรียบเทียบ</u>

- ด้านวิศวกรรม(Engineering)
  *เทคนิค
  *ประสิทธิภาพ
  *การใช้พลังงาน
- ด้านการจัดการ(Management)
  *การจัดการ และควบคุมดูแล
  *การซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน
  *ค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบ
- ด้านเศรษฐศาสตร์(Economics)
  *การลงทุนติดตั้งระบบ
  *ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน
- ด้านพลังงาน(Energy)
  *การอนุรักษ์พลังงาน
  *การประหยัดพลังงาน

↓

ส่วนผลได้ (Output)

- ระบบปรับอากาศที่เลือกใช้

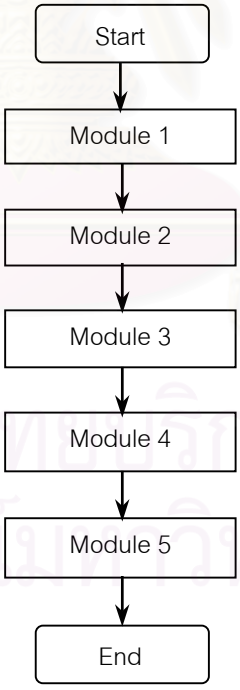
รูปที่ 5.2 โครงสร้างกระบวนการตัดสินใจ

5.3.2 โครงสร้างของโปรแกรมสำหรับการตัดสินใจ

ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบสำหรับเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจนั้น ได้ทำการออกแบบโครงสร้างของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยแบ่งออกเป็น 5 โมดูล คือ

1. โมดูลการกำหนดข้อมูลเงื่อนไขของการตัดสินใจ
2. โมดูลการคำนวณปริมาณภาระการทำความเย็น
3. โมดูลการคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับการลงทุนติดตั้ง และการใช้งานในส่วนของการควบคุม การจัดการ และค่าพลังงานของระบบปรับอากาศแต่ละแบบ
4. โมดูลการคำนวณ และเปรียบเทียบมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ และการลงทุน
5. โมดูลการคำนวณน้ำหนักเปรียบเทียบของเกณฑ์เงื่อนไขและระบบปรับอากาศ

โปรแกรมที่ได้พัฒนาจากโปรแกรม Microsoft Visual Basic Version 6.0 ซึ่งแต่ละโมดูลมีความสัมพันธ์กัน ดังแสดงในรูปที่ 5.3



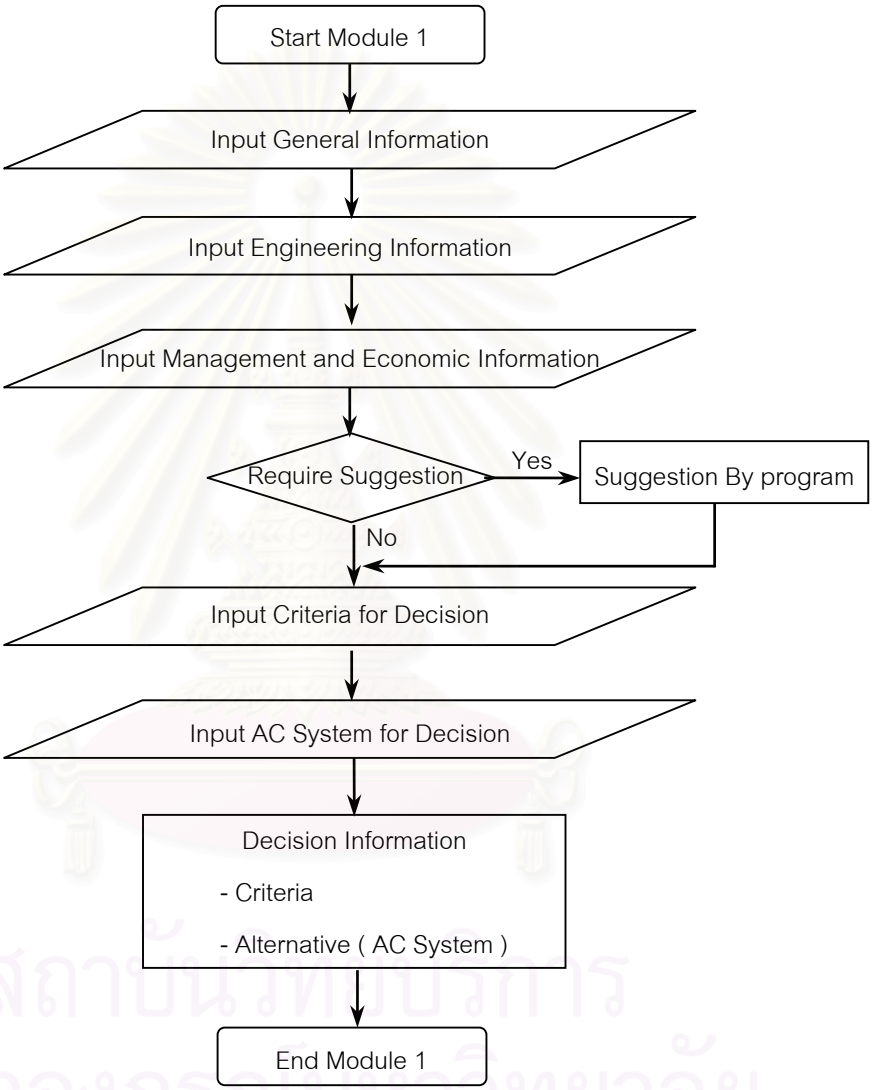
รูปที่ 5.3 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละโมดูล

โดยแต่ละโมดูลมีรายละเอียด ดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.2.1. โมดูลการกำหนดข้อมูลเงื่อนไขของการตัดสินใจ

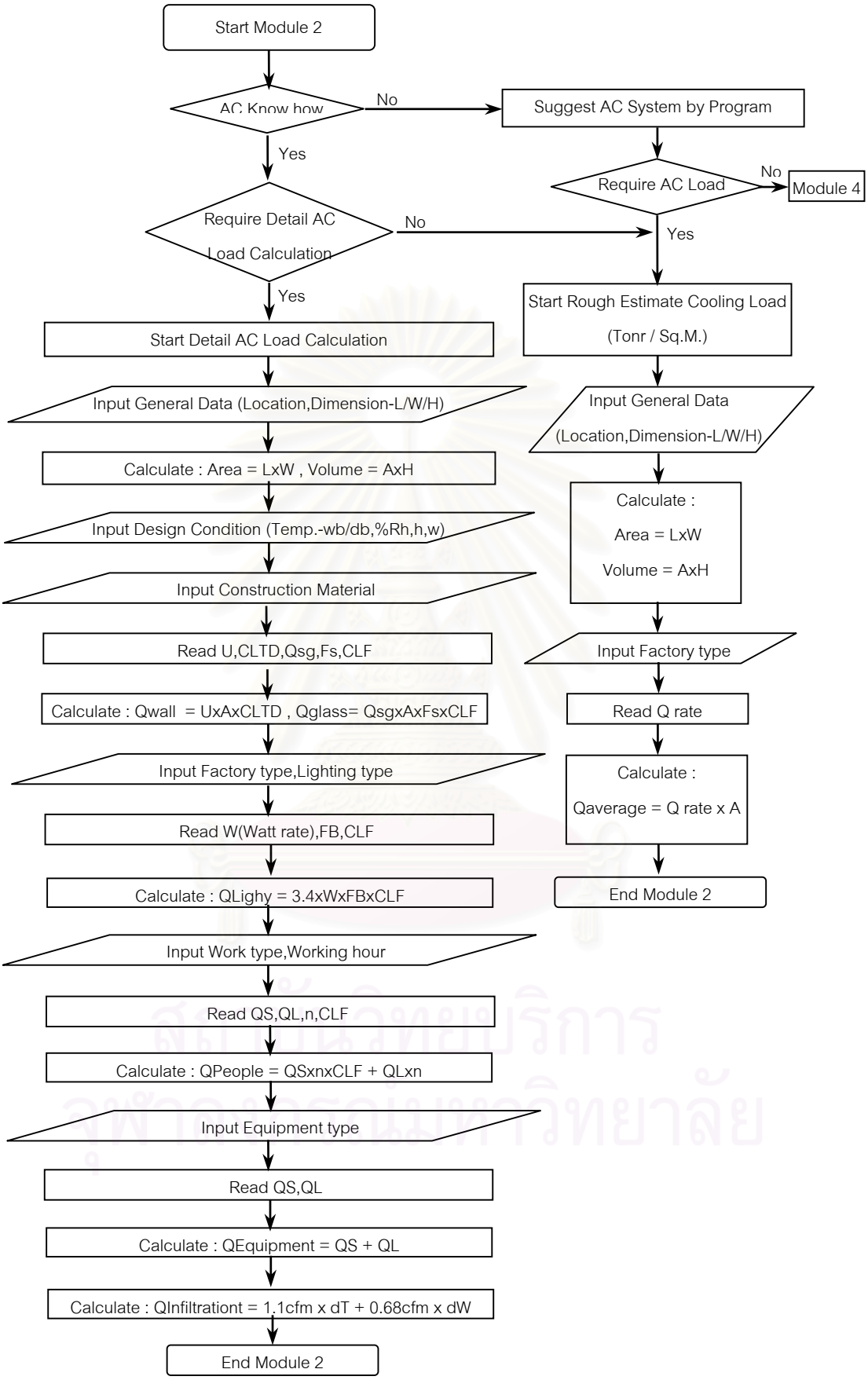
เป็นการป้อนข้อมูลเงื่อนไขสำหรับการเลือกระบบปรับอากาศ ได้แก่ ข้อมูลทั่วๆไปของโรงงาน เช่น ชื่อโครงการ สถานที่ตั้ง เป็นต้น ข้อกำหนดของระบบปรับอากาศ เช่น อุณหภูมิ นโยบายการประหยัดพลังงาน เป็นต้น เกณฑ์เงื่อนไขและประเภทระบบปรับอากาศที่พิจารณา โดยมีโครงสร้างโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 แผนภูมิแสดงโครงสร้างโปรแกรมโมดูล 1

5.3.2.2. โมดูลการคำนวณปริมาณภาระการทำความเย็น

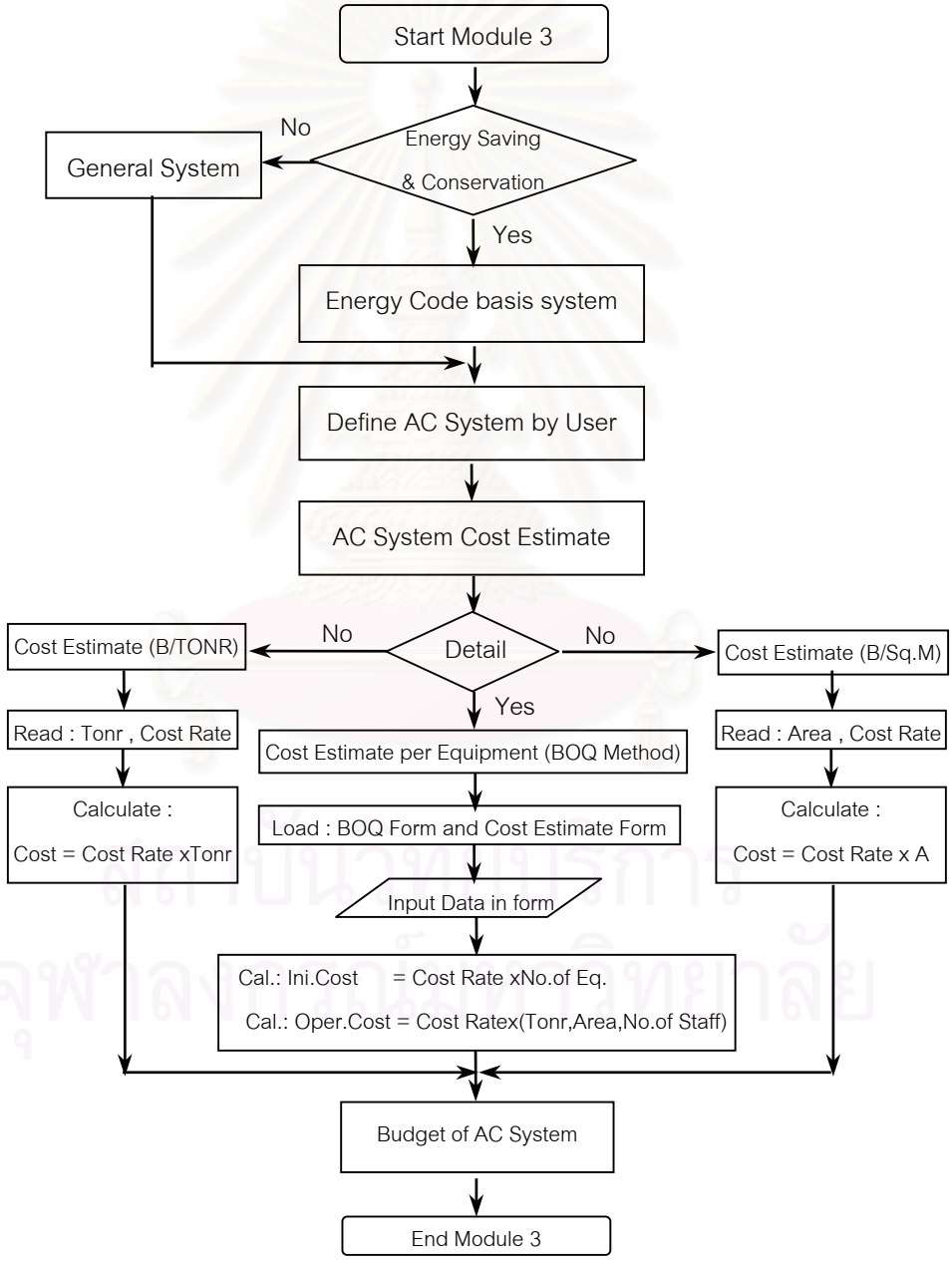
เป็นการคำนวณภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ ซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่ การคำนวณแบบละเอียดด้วยหลักการวิศวกรรมเครื่องกล และการคำนวณแบบประมาณต่อพื้นที่โรงงาน โดยมีโครงสร้างโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 แผนภูมิแสดงโครงสร้างโปรแกรมโมดูล 2

5.3.2.3. โมดูลการคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับการลงทุนติดตั้ง และการใช้งานในส่วนของการควบคุม การจัดการ และค่าพลังงานของระบบปรับอากาศแต่ละแบบ

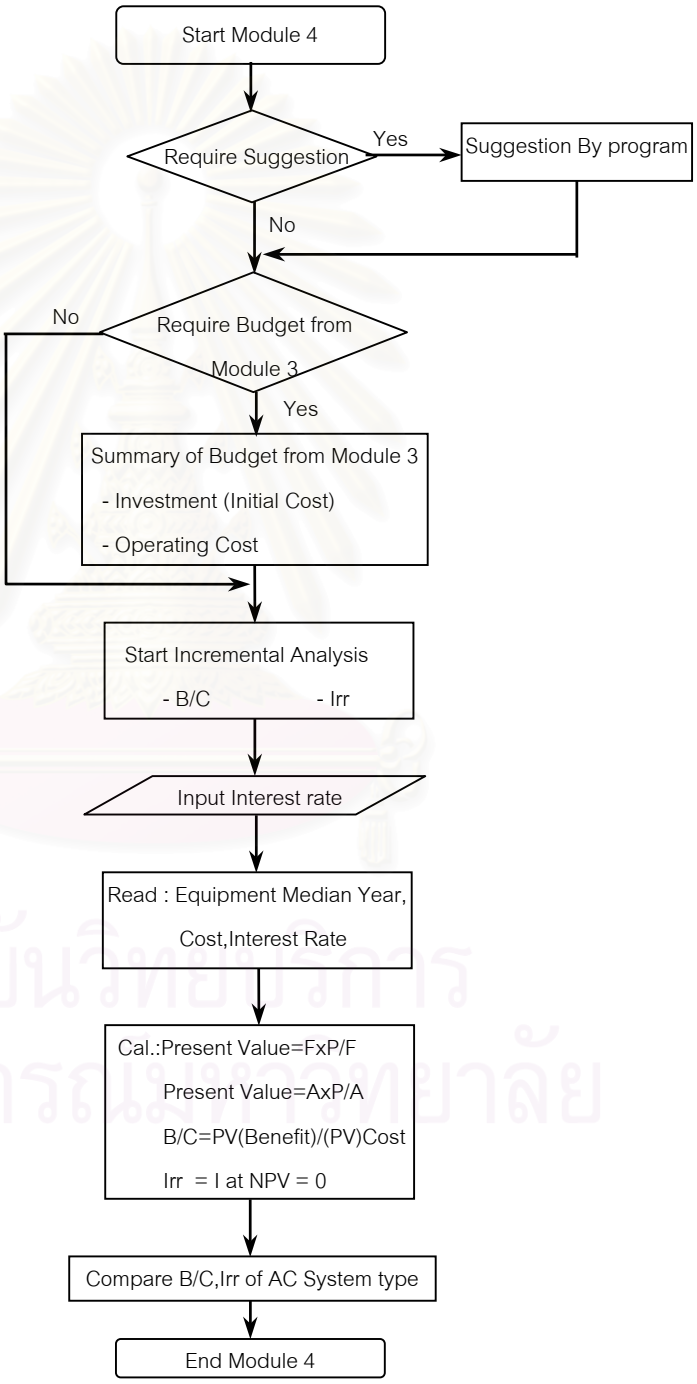
เป็นการคำนวณค่าใช้จ่ายของระบบปรับอากาศ ซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่ มูลค่าเงินลงทุนติดตั้ง ซึ่งแบ่งเป็น 3 แบบย่อย คือ การคำนวณแบบละเอียดตามอุปกรณ์ (BOQ) การคำนวณแบบประมาณต่อขนาดตันความเย็น และการคำนวณแบบประมาณต่อพื้นที่โรงงาน และค่าใช้จ่ายในการใช้งาน ในส่วนของการควบคุม การจัดการ การซ่อมบำรุง และค่าพลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศแต่ละแบบ โดยมีโครงสร้างโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 แผนภูมิแสดงโครงสร้างโปรแกรมโมดูล 3

5.3.2.4. โมดูลการคำนวณ และเปรียบเทียบมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์และการลงทุน

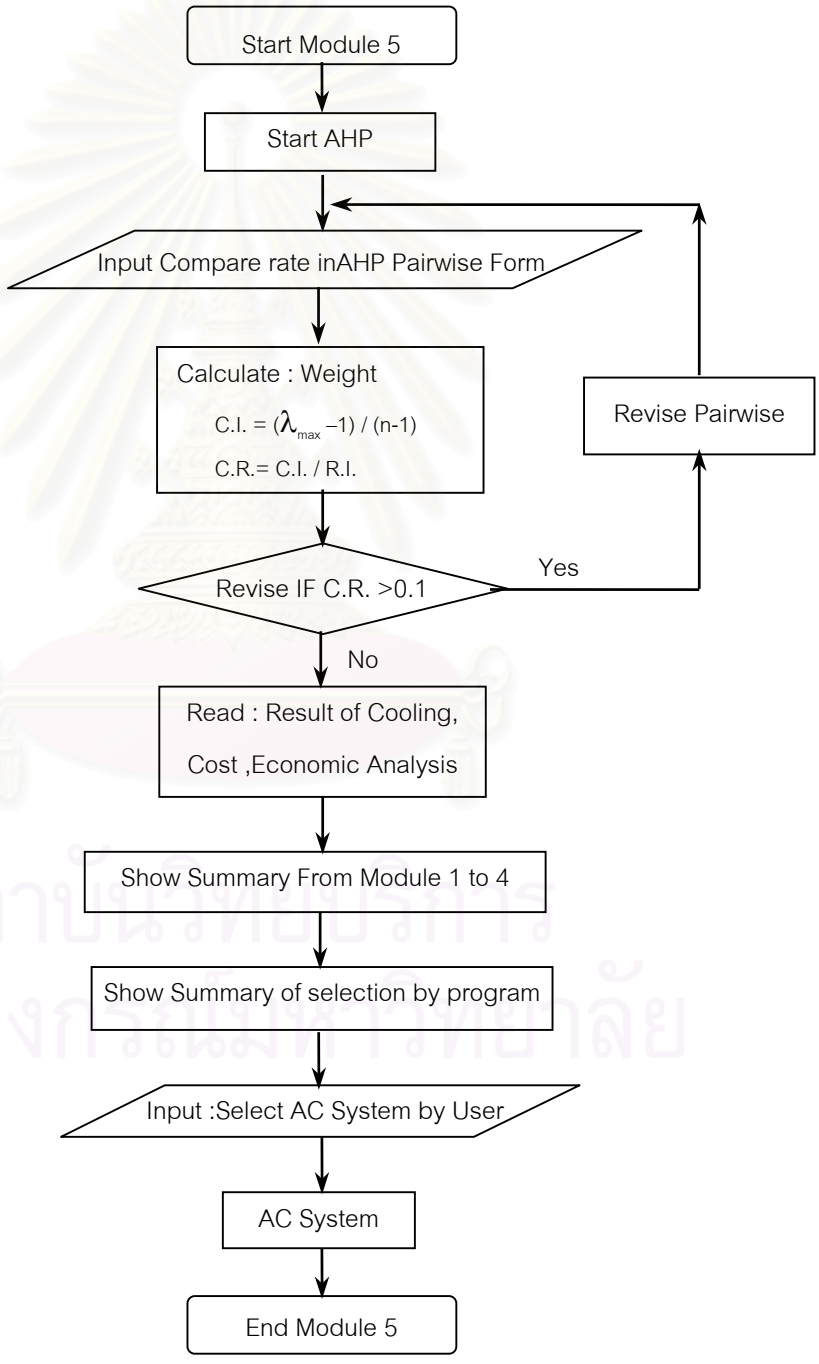
เป็นการคำนวณ และเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์ของมูลค่าเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายของระบบปรับอากาศแต่ละแบบ ซึ่งจะคำนวณข้อมูล 2 ส่วน ได้แก่ B / C Ratio และ IRR โดยมีโครงสร้างโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 แผนภูมิแสดงโครงสร้างโปรแกรมโมดูล 4

5.3.2.5. โมดูลการคำนวณน้ำหนักเปรียบเทียบของเกณฑ์เงื่อนไขและระบบปรับอากาศ

เป็นการป้อนข้อมูลคะแนนที่เปรียบเทียบเกณฑ์เงื่อนไข และระบบปรับอากาศแต่ละแบบภายใต้เกณฑ์เงื่อนไขแบบคู่ (Pairwise) แล้วโปรแกรมจะคำนวณน้ำหนักเปรียบเทียบของระบบปรับอากาศแต่ละแบบ และแสดงผลสรุปของการประมวลผลของโปรแกรมจากทุกโมดูล สำหรับให้ผู้ตัดสินใจพิจารณาก่อนเลือกระบบปรับอากาศ โดยมีโครงสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.8 แผนภูมิแสดงโครงสร้างโปรแกรมโมดูล 5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.4 <u>การออกแบบระบบสำหรับใช้ในการตัดสินใจเพื่อเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม</u>

ในการออกแบบระบบสำหรับใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ เพื่อช่วยในการพิจารณาสำหรับการตัดสินใจนั้น ควรจะต้องออกแบบให้ระบบการตัดสินใจนี้มีลักษณะที่สำคัญ คือ โครงสร้าง และ สภาพแวดล้อมของการพิจารณาไม่ตายตัว หรือไม่คงที่ โดยที่การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างผู้ตัดสินใจกับคอมพิวเตอร์มีลักษณะโต้ตอบกัน (Interactive) ได้แก่ การนำเสนอข้อมูลจากคอมพิวเตอร์สู่ผู้ใช้งาน และการป้อนข้อมูล ข้อกำหนด ความคิดเห็นจากผู้ใช้งานสู่คอมพิวเตอร์

1) การนำเสนอข้อมูลจากคอมพิวเตอร์สู่ผู้ใช้งาน

ในขณะที่ผู้ตัดสินใจใช้โปรแกรม แล้วป้อนข้อมูลประกอบการพิจารณาเข้าสู่คอมพิวเตอร์ แล้วโปรแกรมก็จะมีการถาม-ตอบ หรือเสนอข้อแนะนำ และข้อมูลทางเทคนิคที่เหมาะสมจากฐานข้อมูลในโปรแกรม โดยประสงค์ให้ผู้ใช้ได้ทราบข้อมูลเพื่อเป็นความรู้พื้นฐานประกอบการตัดสินใจสำหรับกรณีผู้ใช้ที่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับระบบปรับอากาศเพียงพอ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับระบบปรับอากาศแบบต่างๆ ค่าสถิติการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแต่ละแบบ เป็นต้น แล้วผู้ใช้โปรแกรมก็จะสามารถเลือกป้อนข้อมูลสู่โปรแกรมได้ด้วยตนเองจากข้อมูลที่ได้รับทราบนี้ก็ได้ ด้วยเหตุนี้โปรแกรมนี้สามารถใช้งานได้ทั้งในกรณีที่ผู้ใช้มีพื้นฐานความรู้ด้านระบบปรับอากาศเพียงพอหรือกรณีผู้ใช้ไม่มีความรู้เหล่านี้ก็ได้

2) การป้อนข้อมูล ข้อกำหนด ความคิดเห็นจากผู้ใช้งานสู่คอมพิวเตอร์

ลักษณะของโปรแกรมจะมี การถาม-ตอบ หรือ รูปแบบที่ให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูล ข้อกำหนด และความเห็นต่างๆ เข้าสู่คอมพิวเตอร์ เพื่อให้โปรแกรมวิเคราะห์ และประมวลผลจากข้อมูลเหล่านี้ เช่น ข้อมูลของข้อกำหนดของระบบปรับอากาศที่ผู้ตัดสินใจต้องการ คือ อุณหภูมิ ความชื้น และความเที่ยงตรงของค่าเหล่านี้ โดยจะกำหนดค่าเป็นช่วง เช่น อุณหภูมิ 23 $\pm$ 1 C ความชื้น 55 $\pm$ 5 % RH เป็นต้น

ระบบควรสามารถทำให้ผู้ตัดสินใจมีสมรรถนะในการตรวจสอบข้อมูลต่างๆ สามารถประเมินผลทางเลือกได้หลายๆ แบบ และผู้ตัดสินใจสามารถปรับแก้ระบบตัดสินใจนี้ให้สามารถเปลี่ยนแปลงสภาพเงื่อนไขและปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจได้

การออกแบบโปรแกรมที่จะจัดทำต้องออกแบบองค์ประกอบที่สำคัญ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1) การออกแบบระบบฐานข้อมูล (Database system)

2) การออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision support system)

3) การออกแบบหน้าจอสำหรับผู้ใช้โปรแกรม (User Interface)

5.4.1 การออกแบบระบบฐานข้อมูล (Database system)

ระบบฐานข้อมูล เป็นระบบที่ออกแบบขึ้นเพื่อช่วยในการรวบรวมข้อมูลให้เป็นระเบียบ และสามารถเรียกใช้ข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว โดยระบบฐานข้อมูล จะประกอบด้วยฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศ ได้แก่ ข้อมูลสำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ ข้อมูลของมูลค่าเงินลงทุนติดตั้งและค่าใช้จ่ายสำหรับการใช้งาน การดูแล ซ่อมบำรุงระบบปรับอากาศแบบต่างๆ นอกจากนี้ยังมีฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อกำหนด และความต้องการที่กฎหมาย พระราชบัญญัติ หรือมาตรฐานสากลระบุให้ระบบปรับอากาศมีความสามารถในการทำงานตามข้อมูลเหล่านี้ ได้แก่ ข้อมูลของข้อกำหนดที่มีอยู่สำหรับใช้ในการพิจารณาเลือกระบบปรับอากาศ ในด้านวิศวกรรม(Engineering) ด้านการจัดการ (Management) ด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic) และด้านพลังงาน (Energy)

การออกแบบระบบฐานข้อมูลของโปรแกรม จะต้องทำการกำหนดความต้องการและคุณลักษณะของข้อมูลเพื่อทำให้ระบบเหมาะสมกับโปรแกรม และช่วยให้เรียกใช้ข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว อันได้แก่ การกำหนดประเภทและรายละเอียดของข้อมูลที่ต้องการ คุณลักษณะของข้อมูลแต่ละประเภท ดัชนีของข้อมูลแต่ละประเภท ตลอดจนความสัมพันธ์ของข้อมูลแต่ละประเภท ซึ่งการออกแบบและกำหนดค่าเหล่านี้ จะกระทำเป็นลำดับขั้นตอน โดยการออกแบบ ฐานข้อมูลของโปรแกรมมีขั้นตอน และรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดประเภทและรายละเอียดของข้อมูลที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดคุณลักษณะของข้อมูลแต่ละประเภท

ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดดัชนีของข้อมูลแต่ละประเภท

ขั้นตอนที่ 4 การกำหนดความสัมพันธ์ของข้อมูลแต่ละประเภท

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดประเภทและรายละเอียดของข้อมูลที่ต้องการ

ประเภทของข้อมูลนี้จะพิจารณาจากการออกแบบ ข้อมูลป้อนเข้า (Input) และผลลัพธ์ที่ต้องการ (Output) ของโปรแกรม โดยข้อมูลป้อนเข้า (Input) จะเป็นข้อมูลของรายละเอียดโรงงาน เช่น ขนาดพื้นที่ อุณหภูมิที่ต้องการ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลป้อนเข้านี้ก็จะถูกโปรแกรมนำไปใช้คำนวณค่าผลลัพธ์ (Output) ต่างๆ ในการประมวลผล (Processing) ของโปรแกรม เช่น ปริมาณภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ซึ่งต้องใช้ฐานข้อมูลสำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Cooling Load Database) ที่อยู่ในโปรแกรม เพื่อนำ Output ที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนต่อไป เช่น มูลค่าเงินลงทุนติดตั้งระบบ ปรับอากาศ (Initial Cost) ซึ่งต้องใช้ฐานข้อมูลมูลค่าเงินสำหรับลงทุนติดตั้งระบบ (Initial Cost Database) มาใช้ในการคำนวณ ตลอดจนคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลอื่นๆ ที่ผู้ตัดสินใจต้องการ และตามความจำเป็นของหลักวิศวกรรมในการพิจารณา จนกระทั่งได้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในที่สุด

ขั้นตอนนี้จะพิจารณากำหนดฐานข้อมูลเป็น 2 ประเภทหลัก คือ ฐานข้อมูลพื้นฐาน (Basic Database) และฐานข้อมูลของข้อกำหนด (Rule Base) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ฐานข้อมูลพื้นฐาน (Basic Database)

ฐานข้อมูลพื้นฐาน เป็นข้อมูลที่รวบรวม และจัดเป็นหมวดหมู่อยู่ในโปรแกรมเพื่อใช้ในการคำนวณ และวิเคราะห์ข้อมูลในการพิจารณา ซึ่งประกอบด้วย

1.ข้อมูลสำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็น (Cooling Load Database)

2.ข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ (A/C System Database)

3.ข้อมูลของมูลค่าเงินสำหรับการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบต่างๆ (Initial Cost Database)

4.ข้อมูลของค่าใช้จ่ายสำหรับการใช้งาน ดูแล และซ่อมบำรุง ระบบปรับอากาศแบบต่างๆ (Operating Cost Database)

1.1) ข้อมูลสำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็น (Cooling Load Database)

ข้อมูลสำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็นแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะของวิธีการคำนวณ คือ ข้อมูลทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล (Mechanical Engineering

Database) สำหรับวิธีการคำนวณภาระการทำความเย็นแบบละเอียดตามหลักวิศวกรรมเครื่องกล (Mechanical Cooling Load Calculation) และข้อมูลการประเมินภาระการทำความเย็น (Cooling Load Estimate Database) สำหรับวิธีการคำนวณภาระการทำความเย็นโดยประมาณ (Estimated Cooling Load)

ก. ข้อมูลทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล (Mechanical Engineering Database)

ในการคำนวณด้วยวิธีการคำนวณภาระการทำความเย็นแบบละเอียดตามหลักวิศวกรรมเครื่องกล จะต้องใช้ฐานข้อมูลทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ค โดยมีประเภทและชนิดข้อมูลดังนี้

- ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอาคาร (U-Value) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.1
- ค่าความต่างอุณหภูมิโหลดความเย็น (CLTD) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.2
- ตัวปรับค่า CLTD สำหรับละติจูดและเดือน (LM) ใช้สำหรับผนังและหลังคา โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.3
- แฟคเตอร์ความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ (qsg) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.4
- แฟคเตอร์เครื่องบังแสง (Fs, Shading Factor) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.5
- แฟคเตอร์โหลดความเย็นสำหรับกระจก (CLFG, Cooling Load Factor) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.6
- ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายใน และภายนอกอาคาร หรือห้องปรับอากาศ (TD หรือ TC) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.7
- แฟคเตอร์บัลลาสท์ (FB) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.8
- ค่าความร้อนสัมผัสที่ได้รับต่อคน (qS) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.9
- ค่าความร้อนแฝงที่ได้รับต่อคน (qL) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.9
- แฟคเตอร์โหลดความเย็น (ความร้อนสัมผัส) สำหรับคน (CLFS) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.10

- ค่าความร้อนสัมผัสที่ได้รับจาก เครื่องมือ และ อุปกรณ์ (QS) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.11
- ค่าความร้อนแฝงที่ได้รับจากเครื่องมือ และ อุปกรณ์ (QL) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.11
- ค่าอัตราของคน ไฟแสงสว่าง และ อากาศเข้าห้อง โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.12
- ค่าสรุปสภาวะอากาศ ภายใน และ ภายนอก ห้องปรับอากาศ โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.13

โดยข้อมูลข้างต้น มีความสัมพันธ์กับ วิธีการคำนวณภาระการทำความเย็น ดังแสดงในตารางที่ 5.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสมการที่ใช้ในวิธีการคำนวณภาระการทำความเย็นตามหลักวิศวกรรมเครื่องกล และฐานข้อมูลทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล

สมการสำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็น	**ฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง**
1. การคำนวณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังด้านนอกอาคาร $Q = UA^* (CLTD)$	1. U-Value 2. CLTD
2. การคำนวณความร้อนถ่ายเทผ่านผนังด้านใน $Q = UA^* (TD)$	1. U-Value 2. TD
3. การคำนวณความร้อนสุทธิ ที่ได้รับจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ผ่านกระจก $Q = q_{sg} * A * F_S (CLF_G)$	1. q_{sg} 2. F_S 3. CLF_G
4. การคำนวณความร้อนสุทธิที่ได้รับจากแสงสว่าง $Q = 3.4\ W * F_B (CLF_L)$	1. F_B (แฟคเตอร์บัลลาสท์) 2. CLF_L = 1 เสมอ
5. การคำนวณความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงที่ได้รับจากคน $Q_S = q_S\ n\ (CLF_S)$ $Q_L = q_L\ n$ $Q = Q_S + Q_L$	1. q_S 2. q_L 3. CLF_S
6. การคำนวณความร้อนที่ได้รับจากเครื่องมือเครื่องใช้ $Q = Q_S + Q_L$	1. Q_S 2. Q_L
7. การคำนวณความร้อนสัมผัสที่ได้รับจากอากาศเข้าห้อง $Q_S = 1.1\ cfm\ (TC)$	1. TC 2. cfm/ft^2
8. การคำนวณความร้อนแฝงที่ได้รับจากอากาศเข้าห้อง $Q_L = 0.68\ cfm\ (W_o - W_i)$	1. cfm/ft^2

หมายเหตุ : Q คือ ปริมาณความร้อน, Btuh

ข. ข้อมูลการประเมินภาระการทำความเย็น

(Cooling Load Estimate Database)

ในการคำนวณ ด้วยวิธีการคำนวณภาระการทำความเย็นโดยประมาณ จะใช้ฐานข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยของปริมาณความร้อนต่อพื้นที่ห้องหรืออาคาร ($Q_{avg.}$) ซึ่งเป็นค่าที่แบ่งตามลักษณะการใช้งานของอาคาร ดังแสดงในตารางที่ ค.14 ในภาคผนวก ค

สำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็นโดยประมาณ จะคำนวณด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$Q = A*(Q_{avg.})$$

โดยที่

Q คือ ปริมาณความร้อน , Btuh

A คือ พื้นที่ ห้อง หรือ อาคาร ที่ทำความเย็น , Sq.Ft.

Q_{avg} คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณความร้อนต่อพื้นที่ห้องหรืออาคาร , Btuh / Sq.Ft.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2) ข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ (A/C System Database)

ข้อมูลของระบบปรับอากาศ จะประกอบด้วย ข้อมูลประเภทระบบปรับอากาศ การใช้งานระบบปรับอากาศแต่ละประเภท และ การอนุรักษ์พลังงานของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ เพื่อเป็นฐานข้อมูลในส่วนของข้อมูลที่โปรแกรมจะนำเสนอเป็นพื้นฐานความรู้แก่ผู้ใช้โปรแกรม

ก. การแบ่งประเภทระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศที่มีใช้กันอยู่ แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1) เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง (Window Type)
2) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)
3) เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจ (Package Unit)
4) เครื่องปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller)

เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง (Window type) จะมีอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศทุกอย่างรวมไว้ในเครื่องเดียว โดยติดตั้งเครื่องบริเวณผนังแล้วให้ส่วนที่ทำความเย็นอยู่ด้านในบริเวณที่ปรับอากาศ และด้านที่ระบายความร้อนจะอยู่ภายนอก และระบายความร้อนด้วยอากาศ เครื่องปรับอากาศประเภทนี้มีความสามารถในการทำความเย็น (Cooling capaciy) ตั้งแต่ 6,000 ถึง 36,000 Btuh

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) จะแยก Fan Coil Unit (FCU) และ Condensing Unit (CDU) ออกจากกัน โดยวาง FCU ไว้ภายในบริเวณที่ปรับอากาศ แต่วาง CDU อยู่ภายนอก โดยระบายความร้อนด้วยอากาศ เครื่องปรับอากาศประเภทนี้มีความสามารถในการทำความเย็น (Cooling capaciy) ตั้งแต่ 9,000 ถึง 360,000 Btuh โดยมี FCU หลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้น ซึ่งมีทั้งรุ่น Free blowและรุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การจ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลม

เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจ (Packaged unit) เป็นเครื่องปรับอากาศแบบมีอุปกรณ์ทุกอย่างรวมไว้ในตัว โดยมี FCU หลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้น ซึ่งมีทั้งรุ่น Free blow และรุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การจ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลม

โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามวิธีการระบายความร้อน คือ

1) เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจ ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ
2) เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจ ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

- <u>เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ</u> (Packaged Air-cooled) จะมีโครงสร้างเหมือนกับเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง แต่มีขนาดการทำความเย็นตั้งแต่ 36,000 ถึง 360,000 Btuh

- <u>เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ</u> (Packaged Water-cooled) ลักษณะโดยทั่วไปจะเหมือนกับชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ แต่จะใช้น้ำเป็นตัวระบายความร้อนแทนอากาศ โดยมีขนาดการทำความเย็นตั้งแต่ 12,000 ถึง 600,000 Btuh ในการระบายความร้อนด้วยน้ำจะต้องมีกระบวนการนำน้ำที่ใช้ระบายความร้อนกลับมาใช้ใหม่โดยการใช้อุปกรณ์ที่ทำให้น้ำระบายความร้อนนี้มีอุณหภูมิลดลง คือ หอผึ่งน้ำ (Cooling tower)

<u>เครื่องปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น</u> (Water Chiller) เครื่องปรับอากาศชนิดนี้จะใช้สารทำความเย็นทำความเย็นให้น้ำก่อนด้วย Chiller แทนที่จะทำความเย็นให้กับอากาศโดยตรง แล้วส่งน้ำเย็นไปยังเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit : AHU) เพื่อทำให้อากาศเย็น และจ่ายไปยังบริเวณที่ปรับอากาศ โดยมี AHU หลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้น ซึ่งมีทั้งรุ่น Free blow และรุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การจ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลม เช่นกัน

เครื่องทำน้ำเย็น แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1) เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ
2) เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ
3) เครื่องทำน้ำเย็นแบบแอบซอพชั่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-cooled Water Chiller) จะใช้สารทำความเย็นในกลุ่ม R-134a, R-123 ในการทำความเย็นให้น้ำ โดยมีขนาดการทำความเย็นตั้งแต่ 3 ถึง 500 ตันความเย็น และทำงานควบคู่กับ AHU

- เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-cooled Water Chiller) จะใช้สารทำความเย็นในกลุ่ม R-134a, R-123 ในการทำความเย็นให้น้ำเช่นกัน โดยมีขนาดการทำความเย็นตั้งแต่ 20 ถึง 1200 ตันความเย็น และทำงานควบคู่กับ AHU เช่นกัน ในการระบายความร้อนด้วยน้ำจะต้องมีกระบวนการนำน้ำที่ใช้ระบายความร้อนกลับมาใช้ใหม่โดยการใช้อุปกรณ์ที่ทำให้น้ำระบายความร้อนนี้มีอุณหภูมิลดลง คือ หอผึ่งน้ำ (Cooling tower)

- เครื่องทำน้ำเย็นแบบแอบซอพชั่น (Absorption Chiller) จะใช้สารทำความเย็นในกลุ่มเกลือ LiBr ในการทำความเย็นให้น้ำ และเป็นเครื่องทำน้ำเย็นที่มีหลักการทำงานที่ต่างจาก 2 ชนิดข้างต้น ซึ่งทำงานโดยใช้แหล่งพลังงานอื่นที่ไม่ใช่ไฟฟ้า เช่น ไอน้ำ ก๊าซ และน้ำมัน ซึ่งสร้างพลังงานด้วย Generator ที่ติดอยู่ในเครื่อง โดยมีขนาดการทำความเย็นตั้งแต่ 200 ถึง 1,700 ตันความเย็น และทำงานควบคู่กับ AHU เช่นกัน

ข. <u>การใช้งานระบบปรับอากาศแต่ละประเภท</u>

เนื่องจากระบบปรับอากาศที่หลายประเภทดังกล่าวไว้ในหัวข้อที่แล้ว จึงทำให้เป็นเรื่องยากสำหรับผู้ที่ไม่มีความชำนาญ และพื้นฐานความรู้เรื่องระบบปรับอากาศในการเลือกใช้งานระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับโรงงาน ดังนั้นจึงได้จัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับการใช้งานระบบปรับอากาศแต่ละประเภท พร้อมทั้งแสดงข้อมูลของอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า และความสามารถในการทำความเย็น ดังแสดงในตารางสรุปการประยุกต์ใช้งานระบบปรับอากาศแต่ละประเภท ในตารางที่ 5.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.4 การประยุกต์ใช้งานระบบปรับอากาศแต่ละประเภท

ประเภท ระบบปรับอากาศ	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (kW / Tonr)	ความสามารถในการทำความเย็น (Tonr)	การประยุกต์ใช้งาน	ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
แบบหน้าต่าง (WINDOW TYPE)	1.3 – 1.5	0.5 – 2	1.เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 10 ถึง 45 ตารางเมตร	ห้องปรับอากาศต้องมีผนังติดกับพื้นที่ว่างภายนอกซึ่งมีการระบายอากาศที่ดีอย่างน้อย 1 ด้าน
แบบแยกส่วน (SPLIT TYPE)	1.3 – 1.5	0.75 – 8 5 – 30 1 – 3 1 – 5	1.แบบตั้งพื้นรุ่น Free Blow ซึ่งเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 12 ถึง 120 ตารางเมตร 2.แบบตั้งพื้นรุ่นต่อท่อลมเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 60 ถึง 450 ตารางเมตร 3.แบบแขวนใต้ฝ้าเหมาะกับห้องพื้นที่ 15 ถึง 45 ตารางเมตร 4.แบบซ่อนเหนือฝ้าแล้วต่อท่อลมเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 15 ถึง 75 ตารางเมตร	ไม่ควรติดตั้ง FCU และ CDU ให้อยู่ห่างกันเกินกว่า 15 เมตร เนื่องจากจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเครื่องที่ลดลงตามระยะห่างที่เพิ่มขึ้น
PACKAGED AIR-COOLED	1.4 – 1.7	3 – 8 5 – 30	1.แบบตั้งพื้นรุ่น Free Blow เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 45 ถึง 120 ตารางเมตร 2.แบบตั้งพื้นรุ่นต่อท่อลมเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 60 ถึง 450 ตารางเมตร	1.ต้องมีที่วางเครื่องซึ่งมีการระบายอากาศที่ดี 2.มีข้อเสีย คือ เสียงดัง เนื่องจากเครื่องประเภทนี้จะมีคอนเดนเซอร์อยู่ในตัว
PACKAGED WATER – COOLED	1.2	1 – 8 5 – 50 1 – 5	1.แบบตั้งพื้นรุ่น Free Blow เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 15 ถึง 120 ตารางเมตร 2.แบบตั้งพื้นรุ่นต่อท่อลมเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 60 ถึง 750 ตารางเมตร 3.แบบซ่อนเหนือฝ้าแล้วต่อท่อลมเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 15 ถึง 75 ตารางเมตร	1.ลักษณะโดยทั่วไปเหมือนเครื่องแบบ Air-cooled แต่เครื่องมีประสิทธิภาพสูงกว่าเพราะมีระบบการระบายความร้อนด้วยน้ำซึ่งมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 2.นำน้ำระบายความร้อนกลับมาใช้ด้วยการลดอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนโดยใช้ Cooling tower

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.4 การประยุกต์ใช้งานระบบปรับอากาศแต่ละประเภท (ต่อ)

ประเภท ระบบปรับอากาศ	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (kW / Tonr)	ความสามารถในการทำความเย็น (Tonr)	การประยุกต์ใช้งาน	ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
AIR-COOLED WATER CHILLER	1.4 – 1.6 (ประมาณการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งระบบ)	3 – 500	1.เหมาะกับบริเวณที่มีน้ำน้อยไม่เพียงพอต่อการใช้งาน 2.เหมาะกับระบบที่มีขนาดปานกลาง ถึง ใหญ่ 3.เหมาะกับระบบที่ต้องการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 6 ℃	ต้องมีที่วางเครื่องซึ่งมีการระบายอากาศที่ดี
WATER-COOLED WATER CHILLER	0.8 – 1.0 (ประมาณการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งระบบ)	20 – 1200	1.เหมาะกับระบบที่มีขนาดปานกลาง ถึง ใหญ่ 2.เหมาะกับระบบที่ต้องการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 6 ℃	1.ลักษณะโดยทั่วไปเหมือนเครื่องแบบ Air-cooled แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเพราะระบายความร้อนด้วยน้ำซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า 2.นำน้ำระบายความร้อนกลับมาใช้ด้วยการลดอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนโดยใช้ Cooling tower
ABSORPTION CHILLER	0.1 (ประมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับปั๊มส่งจ่ายน้ำทั้งระบบโดยไม่รวม CHILLER)	200 – 1700	1.เหมาะกับระบบที่มีขนาดปานกลาง ถึง ใหญ่ 2.เหมาะกับระบบที่ต้องการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 6 ℃ 3.เหมาะกับโรงงานที่มีแหล่งพลังงานเหลือใช้ เช่น ไอน้ำ 4.เหมาะกับโรงงานที่มีแหล่งพลังงานอื่นที่ราคาต่ำกว่าไฟฟ้า เช่น แก๊ส น้ำมัน	1.ลักษณะโดยทั่วไปของน้ำเย็นที่ผลิตได้เหมือน Chiller แบบอื่นๆ แต่มีกระบวนการทำงานของเครื่อง และสารทำความเย็นที่ใช้ในระบบ (LiBr) ซึ่งแตกต่างกัน

ค. การอนุรักษ์พลังงานของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ

การพิจารณาระบบปรับอากาศแต่ละแบบโดยคำนึงถึงการอนุรักษ์พลังงานนั้น ต้องศึกษาความสอดคล้องของการอนุรักษ์พลังงานร่วมกับเงื่อนไขต่างๆ ด้านวิศวกรรม การจัดการ และเศรษฐศาสตร์ ของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ ซึ่งสามารถพิจารณาตามกระบวนการตั้งแต่เริ่มออกแบบจนถึงขั้นใช้งาน ได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. การออกแบบ
2. การเลือกใช้อุปกรณ์
3. การติดตั้งระบบ
4. การทดสอบระบบ
5. การใช้งานและบำรุงรักษา

1.การออกแบบ

มีปัจจัยที่สำคัญ คือ แนวความคิดในการออกแบบ ซึ่งผู้ออกแบบและเจ้าของโครงการควรมีความเห็นตรงกันตั้งแต่ต้นในเรื่องการออกแบบให้ประหยัดพลังงานแล้วทำการกำหนดลักษณะของระบบที่จะใช้งานไปจนถึงสิ้นสุดอายุการใช้งานของอาคารซึ่งจะต้องสอดคล้องกับเกณฑ์ที่ใช้ในการประหยัดพลังงานตามกฎหมายแล้วจึงเลือกระบบที่จะใช้งาน

การออกแบบแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

ก. การออกแบบทางสถาปัตยกรรม สถาปนิกควรจัดวางตำแหน่งห้อง และการใช้วัสดุ ซึ่งช่วยประหยัดพลังงาน เช่น วางตำแหน่งห้องเครื่องปรับอากาศใกล้ Cooling tower เพื่อลดการสูญเสียพลังงาน

ข. การออกแบบทางวิศวกรรม การออกแบบระบบปรับอากาศให้ประหยัดพลังงานมีหลักการที่ต้องคำนึงถึง ดังนี้

- ประสิทธิภาพของระบบ (System efficiency)

โดยคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ ของอุปกรณ์ เช่น ชนิดของ Compressor ถ้าเป็น Centrifugal compressor จะใช้พลังงานน้อยกว่า คือ ประมาณ 0.67-.070 kW/TR สำหรับระบบระบบ Water-cooled ที่อุณหภูมิปกติ แต่ถ้าหากเป็น Reciprocating compressor จะใช้พลังงานถึง 0.85-0.90 kW/TR เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ควบคุมอัตราการไหลและแรงดัน (Flow rate and pressure)

การควบคุมอัตราการไหลและแรงดันทั้งของน้ำและของลมให้พอดีกับ Cooling Load จะสามารถประหยัดพลังงานลงได้ เช่น การใช้ Plant รวมสำหรับขนาดใหญ่หลังเดียวแต่สามารถแบ่งเป็นโซนๆ ได้ก็ควรแบ่ง Cooling load ออกเป็นหลายๆ โซน โดยแต่ละโซนจะประกอบด้วยกลุ่มของเครื่องสูบน้ำ ซึ่งจะมี อัตราการไหล และแรงดันสัมพันธ์กับ Cooling load ในโซนนั้นๆ ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานสูญเปล่าได้ดีกว่า การใช้แบบโซนเดี่ยวทั้งอาคาร

- ควบคุมอุณหภูมิทำการ (Operating temperature)

การเลือกอุณหภูมิทำการของระบบปรับอากาศมีผลต่อการประหยัดพลังงาน เช่น การใช้อุณหภูมิน้ำเย็นต่ำทำให้ต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้น โดยที่พลังงานจะเพิ่มขึ้นประมาณ 1 ถึง 2 % เมื่ออุณหภูมิน้ำเย็นลดลงทุกๆ 1 องศาฟาเรนไฮต์

- ควบคุมการถ่ายเทความร้อน (Heat loss and heat gain)

การควบคุมการถ่ายเทความร้อนให้ต่ำจะทำให้ประหยัดพลังงาน โดย Heat loss มีสาเหตุหลายประการ เช่น ความหนาของฉนวนหุ้มท่อหนาไม่พอทำให้สูญเสียความร้อนมาก นอกจากนี้การใช้ความหนาของฉนวนก็ต้องคำนึงถึงการลงทุนที่ต้องคุ้มค่าทางเศรษฐกิจด้วย

- ควบคุมการบำรุงรักษา (Operation and maintenance)

การที่ระบบทำงานไม่ได้ตามที่ออกแบบอาจเป็นจาก การใช้งานที่ไม่ถูกต้อง และการขาดการบำรุงรักษาระบบที่ดี ดังนั้นควรจัดให้มีการบำรุงรักษาระบบที่ดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.**<u>การเลือกใช้อุปกรณ์</u>**

โดยมีหลักในการพิจารณาเบื้องต้นแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบปรับอากาศทั่วไป

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการประหยัดพลังงาน

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบปรับอากาศทั่วไป

ก. การเลือกชนิด ,ขนาด และจำนวนเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสม โดยพิจารณาจากวัตถุประสงค์ของการใช้งาน จำนวนคนภายในพื้นที่ปรับอากาศ และช่วงเวลาที่ใช้งาน เช่น ถ้าเป็นห้องแยกเฉพาะขนาดเล็กก็อาจจะใช้เครื่องแบบหน้าต่าง หรือแบบแยกส่วน แต่ถ้าบริเวณใหญ่ขึ้น เช่น สำนักงานของบริษัทก็อาจใช้เครื่องแบบแพคเกจ แต่ถ้าใช้งานรวมทั้งอาคารหรือส่วนใหญ่ของอาคารก็อาจใช้ระบบเครื่องทำน้ำเย็น แต่ถ้าหลังเลิกงานยังคงมีพื้นที่บางส่วนที่ต้องการการปรับอากาศต่อไป แต่บริเวณเล็กลงก็อาจใช้เครื่องแบบหน้าต่าง หรือแบบแยกส่วนขนาดเล็ก ติดเพิ่มสำหรับเฉพาะช่วงเวลาดังกล่าวเท่านั้น ทำให้ไม่จำเป็นต้องเดินระบบใหญ่ทั้งระบบจะทำให้ประหยัดพลังงานไปได้มาก

ข. เครื่องปรับอากาศ และเครื่องทำความเย็น ควรพิจารณาเลือกใช้เครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็นประสิทธิภาพสูง ควรเลือกชนิดที่มีค่าการกินไฟต่ำ หรือมีค่า EER (Energy Efficiency Ratio) และค่า COP (Coefficiency Of Performance) สูง ซึ่งหมายความว่า เครื่องทำความเย็นได้มากต่อหน่วยการใช้ ไฟฟ้า (วัตต์) ที่เท่าๆ กัน ทั้งนี้ยิ่ง EER / COP สูงขึ้นเท่าไร ราคาก็สูงตามไปด้วย จึงควรเลือกให้เหมาะสมกับงานที่จะใช้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง , แบบแยกส่วน และ แบบแพคเกจ นั้น ประสิทธิภาพของตัวเครื่องจะถูกกำหนดเป็นค่า EER ถ้าค่า EER สูงเท่าไรก็จะยิ่งประหยัดไฟฟ้ามากขึ้นเท่านั้น ดังนั้นการเลือกใช้เครื่องปรับอากาศควรจะพิจารณาจากค่า EER เป็นลำดับแรก

- สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) นั้น ประสิทธิภาพของตัวเครื่องจะแสดงด้วยค่า กิโลวัตต์ต่อตัน ซึ่งในการเลือกใช้ก็ควรพิจารณาเครื่องทำน้ำเย็นที่มีค่ากิโลวัตต์ต่อตัน ต่ำ

ค. เครื่องสูบน้ำ และพัดลม ควรเลือกให้เหมาะกับภาระงานที่ใช้ และเลือกมอเตอร์ให้เหมาะสมกับชุดเครื่องสูบน้ำ และพัดลม และเลือกใช้อยู่ในช่วงงานที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในแผนภาพการเลือกเครื่องสูบน้ำ และพัดลม (Pump/Fan Curve) นั้นๆ

ง. หอระบายความร้อน ควรเลือกใช้ชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า กินน้ำน้อยกว่า รวมทั้งเลือกใช้มอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงด้วย

จ. ฉนวน ควรเลือกโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

ฉ. <u>วาล์วน้ำ และชุดใบปรับสำหรับเปิด-ปิดท่อลม</u> ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับขนาดท่อ และสอดคล้องกับคุณสมบัติของอุปกรณ์นั้นๆ

ช. <u>ระบบท่อน้ำ และท่อลม</u> ควรออกแบบระบบให้ท่อตรง และสั้นที่สุด

2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการประหยัดพลังงาน

การใช้อุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อการประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศ อาจใช้

ก <u>ชุดปรับปริมาณลมแบบปริมาตรแปรเปลี่ยน</u> (Variable Air Volume: VAV) เพื่อใช้ปรับปริมาณลมให้เหมาะสมกับสภาพและภาระในขณะใดๆ มีการเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมปริมาณลมและการใช้พลังงานของมอเตอร์ 3 วิธี คือ

- Discharge Air Damper : DAD เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมปริมาณลมที่เหมาะสมกับภาระการทำความเย็น ซึ่งทำงานโดยลดปริมาณลมเย็นลงเมื่ออุณหภูมิในห้องปรับอากาศเย็นจนถึงระดับที่ต้องการ ซึ่งจะทำให้มอเตอร์ขับพัดลม ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลงตามไปด้วย

- Inlet Guide Vane : IGV เป็นอุปกรณ์ที่ลดปริมาณลมเย็นในเหมาะสมกับความต้องการของการปรับอากาศการลดปริมาณลมจะทำให้มอเตอร์ขับพัดลม ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง

- Inverter เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ขับพัดลมให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเมื่อภาระการทำความเย็นที่ห้องปรับอากาศลดลง Inverter สามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ได้มากกว่า DAD และ IGV

ข <u>ชุดปรับปริมาณน้ำ</u> ในระบบปรับอากาศที่มีระบบน้ำแบบปริมาตรแปรเปลี่ยน (Variable Water Volume : VWV) มีการควบคุมระบบสูบน้ำและการใช้พลังงานของมอเตอร์ดังนี้

- การใช้ Multiple pump เป็นวิธีที่นิยมใช้ออกแบบระบบปรับอากาศ ซึ่งเป็นวิธีที่ช่วยลดค่าพลังงานของการสูบน้ำ เช่น ระบบปรับอากาศต้องสูบน้ำหมุนเวียน 1,000 US.GPM ที่แรงดัน 100 ฟุต ประสิทธิภาพในการสูบน้ำ 70 %

- กรณีใช้เครื่องสูบน้ำ ชุดเดียว 1,000 GPM จะใช้พลังงานไฟฟ้า 36 Hp

- กรณีใช้เครื่องสูบน้ำ 3 เดียว คือ 500 GPM 1 ชุด และ 250 GPM 2 ชุด

ถ้าทำงานเต็มภาระการปรับอากาศ จะใช้พลังงานไฟฟ้า 36 Hp ถ้าทำงานที่ภาระการปรับอากาศลดลงไป จนสามารถปิดเครื่องสูบน้ำชุดเล็กได้ทีละชุด จะทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงไปทีละ 9 Hp ซึ่งการใช้ Multiple pump จะใช้เงินลงทุนของอุปกรณ์ที่น้อยกว่า และยังทำให้สามารถบริหาร การใช้พลังงานที่ใช้ได้ดีกว่า

- การใช้ Inverter เป็นการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งได้ผลดีที่สุดในการประหยัดพลังงาน แต่มีปัญหาที่การใช้เงินลงทุนที่สูงถึง 7,000-10,000 บาท/KVA และ ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความดันในระบบท่อน้ำ เพื่อแปลงสัญญาณความดันที่เปลี่ยนแปลงไปลดความถี่ของมอเตอร์ทำให้การใช้พลังงานของมอเตอร์ลดลง

ค เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศ (Air to air heat exchanger) ซึ่งช่วยในการลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าอาคาร โดยการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศที่นำไปทิ้งกับอากาศภายนอกที่ดูดเข้ามาในอาคาร

ง) อุปกรณ์ควบคุมกำหนดการเริ่มต้นใช้งาน และเลิกใช้งานตามเวลาตามที่ตั้งไว้ ซึ่งทำให้ใช้งานเครื่องโดยไม่ลืมปิดเวลาที่ไม่ใช้งาน

3. การติดตั้งระบบปรับอากาศ

มีข้อควรพิจารณาทางเทคนิค ดังนี้

ก.การติดตั้งท่อลม ต้องไม่มีรูรั่ว การเปลี่ยนขนาดอย่างค่อยเป็นค่อยไป และการเลี้ยวต่างๆ อาจเสริมแผ่นเลี้ยวโค้งในท่อลม เพื่อช่วยลดความต้านทานการไหล

ข การติดตั้งท่อน้ำ ควรเลือกใช้วาล์วชนิดที่มีความต้านทานการไหลต่ำ อย่างเหมาะสม ถ้าต่ำเกินไปวาล์วจะมีขนาดใหญ่ และราคาแพง

ค การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ควรติดตั้งตามคำแนะนำของผู้ผลิต

4. การทดสอบก่อนใช้งาน

ต้องใช้วิธีทดสอบให้เหมาะสมกับการใช้งานของระบบ

5. **<u>การใช้งานและบำรุงรักษา</u>**

การที่ระบบปรับอากาศจะประหยัดพลังงานตามที่ออกแบบได้ ผู้ใช้จะต้องรู้จักใช้และบำรุงรักษา ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ออกแบบกำหนดโดยมีหลักการที่สำคัญ 2 ประการ คือ

5.1 ขจัดสาเหตุที่ทำให้อุณหภูมิ Suction และ Discharge เปลี่ยนไป ซึ่งสาเหตุที่พบบ่อยๆ เช่น เกิดการอุดตันของ Condenser tube ทำให้ Condensing temperature สูงขึ้น ซึ่งสิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้น

5.2 ขจัดสาเหตุที่ทำให้ Pressure drop ในระบบเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้น สาเหตุที่พบบ่อยๆ เช่น Condenser มีตะกรัน ทำให้ Discharge pressure ของ Compressor เพิ่มขึ้น เป็นผลให้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

การบำรุงรักษา ต้องมีการกำหนดวางแผนการบำรุงรักษาที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์แต่ละชนิด ตามกำหนดเวลา เพื่อยืดอายุการใช้งาน และทำให้อุปกรณ์แต่ละชนิดมีประสิทธิภาพดีตามอายุการใช้งาน โดยมีข้อแนะนำเบื้องต้น ดังนี้

ก) <u>ท่อน้ำ และการควบคุม</u>

ควรตรวจสอบ ต่อไปนี้

1. ตรวจสอบ Moisture-Liquid Indicator

2. ใช้เครื่องมือตรวจสอบการรั่ว

3. ตรวจสอบอุปกรณ์ด้วยตาเปล่า เช่นมีรอยน้ำมันรั่วตามพื้นหรือไม่

4. ตรวจสอบของเหลวที่ไหลออกจาก Strainer

5. สังเกตเสียงที่เกิด หาสาเหตุและแก้ไข

6. ตั้งค่าความดันและอุณหภูมิใช้งานปกติ และตรวจสอบ Guages ต่างๆ

7. ตรวจสอบความตึงและแนวสายพาน

8. หล่อลื่นลูกปืนมอเตอร์ และส่วนเคลื่อนไหวทั้งหมด

9.ตรวจสอบฉนวนของ Suction และ Liquid line

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข) <u>คอมเพรสเซอร์</u>

ควรตรวจสอบ ต่อไปนี้

1. ตรวจสอบการทำงานของคอมเพรสเซอร์ช่วงที่ทำงานไม่ปกติ

2. สังเกตเสียงคอมเพรสเซอร์

3. ตรวจสอบรอยต่อคอมเพรสเซอร์ทั้งหมด

4. ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้บ่อยๆ เช่น ความดันน้ำมัน อุณหภูมิ

ค) <u>เครื่องระบายความร้อนด้วยอากาศ</u>

ควรตรวจสอบ ต่อไปนี้

1. ตั้งสายพานพัดลม และมอเตอร์ให้เหมาะสม

2. ตรวจสอบรอยต่อท่อทำความเย็นกับคอยล์ระบายความร้อน

3. ทำความสะอาดคอยล์ระบายความร้อนให้สะอาด

4. ระวังการลัดวงจรของการระบายความร้อน

ง) <u>เครื่องระบายความร้อนด้วยน้ำ</u>

ควรตรวจสอบ ทำความสะอาด Shell และ Tube

จ) <u>เครื่องทำความเย็น</u>

ควรตรวจสอบ ต่อไปนี้

1. จัดตารางทำความสะอาด

2. ตรวจสอบว่ามีการอุดตันหรือไม่

สำนักวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฉ) หอระบายความร้อน

ควรตรวจสอบ ต่อไปนี้

1. ควบคุมปริมาณความเข้มข้นของสารแขวนลอยให้เหมาะสม

2. ตรวจสอบ Clearance ของ Overflow ให้ระดับน้ำตอนใช้งานเหมาะสม

3. ตรวจสอบพัดลม โดยการฟังเสียง และการสั่น ตรวจสอบสภาพสายพาน

4. ทำตามคำแนะนำในการบำรุงรักษา

5. ทำความสะอาด เพื่อให้ความดันตกคร่อม ทั้งอากาศและน้ำน้อยที่สุด

6. ทำความสะอาด Strainer ขาเข้า

7. ตรวจสอบว่ามีการ Bypass อากาศด้าน Outlet และ Inlet หรือไม่

8. ตรวจสอบสมรรถนะของ Nozzle และทำความสะอาด

9. ตรวจสอบประสิทธิผลของชุดบำบัดน้ำ

จากข้อมูลเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานของระบบปรับอากาศข้างต้น จะรวบรวมสรุปข้อมูลของระบบปรับอากาศ โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ ข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบทั่วไป ดังตารางที่ 5.5 และข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงาน ดังตารางที่ 5.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.5 ข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบทั่วไป

ประเภท ระบบปรับอากาศ	System Description	Main Equipment	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (kW / Tonr)	การประยุกต์ใช้งาน
แบบหน้าต่าง (WINDOW TYPE)	อุปกรณ์ในระบบปรับอากาศทุกอย่างรวมไว้ในเครื่องเดียว โดยติดตั้งเครื่องบริเวณผนังแล้วให้ส่วนที่ทำความเย็นอยู่ด้านในบริเวณที่ปรับอากาศ และด้านที่ระบายความร้อนจะอยู่ภายนอก ซึ่งสามารถระบายความร้อนด้วยอากาศได้ดี	1.เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง	1.3 – 1.5	1.เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 10 ถึง 45 ตารางเมตร
แบบแยกส่วน (SPLIT TYPE)	แยกอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศออกเป็น 2 ส่วน คือ Fan Coil Unit (FCU) และ Condensing Unit (CDU) โดยวาง FCU ไว้ภายในหรือใกล้เคียงบริเวณที่ปรับอากาศ แต่วาง CDU อยู่ภายนอกที่ปรับอากาศ โดยเป็นบริเวณซึ่งสามารถระบายความร้อนด้วยอากาศได้ดี FCU มีหลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้น ซึ่งมีทั้งรุ่น Free blowและรุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การจ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลม	1. Fan Coil Unit (FCU) 2. Condensing Unit (CDU)	1.3 – 1.5	1.แบบตั้งพื้น รุ่น Free Blowเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 12 ถึง 120 ตารางเมตร 2.แบบตั้งพื้น รุ่นต่อท่อลม เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 60 ถึง 450 ตารางเมตร 3.แบบแขวนใต้ฝ้า เหมาะกับห้องพื้นที่ 15 ถึง 45 ตารางเมตร 4.แบบซ่อนเหนือฝ้าแล้วต่อท่อลมเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 15 ถึง 75 ตารางเมตร
PACKAGED AIR-COOLED	อุปกรณ์ทุกอย่างในระบบปรับอากาศถูกรวมไว้ในเครื่องเดียว โดยติดตั้งเครื่องให้ส่วนที่ทำความเย็นอยู่ด้านในหรือใกล้เคียงบริเวณที่ปรับอากาศ และด้านที่ระบายความร้อนอยู่ภายนอก และระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยมี FCU หลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้น ซึ่งมีทั้งรุ่น Free blowและ รุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การจ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลม	1. เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ	1.4 – 1.7	1.แบบตั้งพื้น รุ่น Free Blowเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 45 ถึง 120 ตารางเมตร 2.แบบตั้งพื้น รุ่นต่อท่อลม เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 60 ถึง 450 ตารางเมตร
PACKAGED WATER COOLED	อุปกรณ์ทุกอย่างในระบบปรับอากาศถูกรวมไว้ในเครื่องเดียว โดยติดตั้งเครื่องให้ส่วนที่ทำความเย็นอยู่ด้านในหรือใกล้เคียงบริเวณที่ปรับอากาศ และด้านที่ระบายความร้อนจะระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยมี FCU หลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้น ซึ่งมีทั้งรุ่น Free blowและ รุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การจ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลม	1. เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ 2. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) 3.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำระบายความร้อน	1.2	1.แบบตั้งพื้น รุ่น Free Blowเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 15 ถึง 120 ตารางเมตร 2.แบบตั้งพื้น รุ่นต่อท่อลม เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 60 ถึง 750 ตารางเมตร 3.แบบซ่อนเหนือฝ้าแล้วต่อท่อลมเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 15 ถึง 75 ตารางเมตร

ตารางที่ 5.5 ข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบทั่วไป (ต่อ)

ประเภท ระบบปรับอากาศ	System Description	Main Equipment	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (kW / Tonr)	การประยุกต์ใช้งาน
AIR-COOLED WATER CHILLER	ระบบปรับอากาศชนิดนี้จะใช้สารทำความเย็นในกลุ่ม R-134a และ R-123 มาทำความเย็นให้น้ำก่อนด้วย Chiller แทนที่จะทำความเย็นให้กับอากาศโดยตรง แล้วส่งน้ำเย็นไปยังเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit : AHU) เพื่อทำให้อากาศเย็นและจ่ายไปยังบริเวณที่ปรับอากาศ โดยมี AHU หลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้นซึ่งมีทั้งรุ่น Free blowและรุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การ จ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลมซึ่ง Chillerจะระบายความร้อนด้วยอากาศ	1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ 2.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำเย็น	1.4 – 1.6 (ประมาณการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งระบบ)	1.เหมาะกับบริเวณที่มีน้ำน้อยไม่เพียงพอต่อการใช้งาน 2.เหมาะกับระบบที่มีขนาดปานกลาง ถึง ใหญ่ 3.เหมาะกับระบบที่ต้องการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 6 °C
WATER-COOLED WATER CHILLER	ระบบปรับอากาศชนิดนี้จะใช้สารทำความเย็นในกลุ่ม R-134a และ R-123 มาทำความเย็นให้น้ำก่อนด้วย Chiller แทนที่จะทำความเย็นให้กับอากาศโดยตรง แล้วส่งน้ำเย็นไปยังเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit : AHU) เพื่อทำให้อากาศเย็นและจ่ายไปยังบริเวณที่ปรับอากาศ โดยมี AHU หลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้นซึ่งมีทั้งรุ่น Free blowและรุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การ จ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลมซึ่ง Chillerจะระบายความร้อนด้วยน้ำ	1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ 2.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำเย็น 3. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) 4.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำระบายความร้อน	0.8 – 1.0 (ประมาณการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งระบบ)	1.เหมาะกับระบบที่มีขนาดปานกลาง ถึง ใหญ่ 2.เหมาะกับระบบที่ต้องการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 6 °C

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.6 ข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงาน

ประเภท ระบบปรับอากาศ	System Description	Main Equipment	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (kW / Tonr)	การประยุกต์ใช้งาน
แบบหน้าต่าง (WINDOW TYPE)	อุปกรณ์ในระบบปรับอากาศทุกอย่างรวมไว้ในเครื่องเดียว โดยติดตั้งเครื่องบริเวณผนังแล้วให้ส่วนที่ทำความเย็นอยู่ด้านในบริเวณที่ปรับอากาศ และด้านที่ระบายความร้อนจะอยู่ภายนอก ซึ่งสามารถระบายความร้อนด้วยอากาศได้ดี	1.เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง	1.4	1.เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 10 ถึง 45 ตารางเมตร
แบบแยกส่วน (SPLIT TYPE)	แยกอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศออกเป็น 2 ส่วน คือ Fan Coil Unit (FCU) และ Condensing Unit (CDU) โดยวาง FCU ไว้ภายในหรือใกล้เคียงบริเวณที่ปรับอากาศ แต่วาง CDU อยู่ภายนอกที่ปรับอากาศ โดยเป็นบริเวณซึ่งสามารถระบายความร้อนด้วยอากาศได้ดี FCU มีหลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้น ซึ่งมีทั้งรุ่น Free blow และรุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การจ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลม	1. Fan Coil Unit (FCU) 2. Condensing Unit (CDU)	1.4	1.แบบตั้งพื้น รุ่น Free Blowเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 12 ถึง 120 ตารางเมตร 2.แบบตั้งพื้น รุ่นต่อท่อลม เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 60 ถึง 450 ตารางเมตร 3.แบบแขวนใต้ฝ้า เหมาะกับห้องพื้นที่ 15 ถึง 45 ตารางเมตร 4.แบบซ่อนเหนือฝ้าแล้วต่อท่อลมเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 15 ถึง 75 ตารางเมตร
PACKAGED AIR-COOLED	อุปกรณ์ทุกอย่างในระบบปรับอากาศถูกรวมไว้ในเครื่องเดียว โดยติดตั้งเครื่องให้ส่วนที่ทำความเย็นอยู่ด้านในหรือใกล้เคียงบริเวณที่ปรับอากาศ และด้านที่ระบายความร้อนอยู่ภายนอก และระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยมี FCU หลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้น ซึ่งมีทั้งรุ่น Free blowและ รุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การจ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลม	1. เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ	1.37	1.แบบตั้งพื้น รุ่น Free Blowเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 45 ถึง 120 ตารางเมตร 2.แบบตั้งพื้น รุ่นต่อท่อลม เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 60 ถึง 450 ตารางเมตร
PACKAGED WATER COOLED	อุปกรณ์ทุกอย่างในระบบปรับอากาศถูกรวมไว้ในเครื่องเดียว โดยติดตั้งเครื่องให้ส่วนที่ทำความเย็นอยู่ด้านในหรือใกล้เคียงบริเวณที่ปรับอากาศ และด้านที่ระบายความร้อนจะระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยมี FCU หลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้น ซึ่งมีทั้งรุ่น Free blowและ รุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การจ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลม	1. เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ 2. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) 3.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำระบายความร้อน	0.88	1.แบบตั้งพื้น รุ่น Free Blowเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 15 ถึง 120 ตารางเมตร 2.แบบตั้งพื้น รุ่นต่อท่อลม เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 60 ถึง 750 ตารางเมตร 3.แบบซ่อนเหนือฝ้าแล้วต่อท่อลมเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 15 ถึง 75 ตารางเมตร

ตารางที่ 5.6 ข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงาน (ต่อ)

ประเภท ระบบปรับอากาศ	System Description	Main Equipment	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (kW / Tonr)	การประยุกต์ใช้งาน
AIR-COOLED WATER CHILLER	ระบบปรับอากาศชนิดนี้จะใช้สารทำความเย็นในกลุ่ม R-134a และ R-123 มาทำความเย็นให้น้ำก่อนด้วย Chiller แทนที่จะทำความเย็นให้กับอากาศโดยตรง แล้วส่งน้ำเย็นไปยังเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit : AHU) เพื่อทำให้อากาศเย็นและจ่ายไปยังบริเวณที่ปรับอากาศ AHU มีหลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้น ซึ่งมีทั้งรุ่น Free blowและรุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การจ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลมซึ่ง Chillerจะระบายความร้อนด้วยอากาศ	1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยแยกตามประเภท Chiller ดังนี้ 1.1.1Centrifugal Chiller < 250 Tonr 1.1.2Centrifugal Chiller > 250 Tonr 1.2.1Reciprocating Chiller < 50 Tonr 1.2.2Reciprocating Chiller > 50 Tonr 2.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำเย็น	(การใช้ไฟฟ้ารวมทั้งระบบประมาณ 1.4 – 1.6) 1.40 1.20 1.30 1.25	1.เหมาะกับบริเวณที่มีน้ำน้อยไม่เพียงพอต่อการใช้งาน 2.เหมาะกับระบบที่มีขนาดปานกลาง ถึง ใหญ่ 3.เหมาะกับระบบที่ต้องการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 6 °C
WATER-COOLED WATER CHILLER	ระบบปรับอากาศชนิดนี้จะใช้สารทำความเย็นในกลุ่ม R-134a และ R-123 มาทำความเย็นให้น้ำก่อนด้วย Chiller แทนที่จะทำความเย็นให้กับอากาศโดยตรง แล้วส่งน้ำเย็นไปยังเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit : AHU) เพื่อทำให้อากาศเย็นและจ่ายไปยังบริเวณที่ปรับอากาศ โดยมี AHU หลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้น ซึ่งมีทั้งรุ่น Free blowและรุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การจ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลม ซึ่ง Chillerจะระบายความร้อนด้วยน้ำ	1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยแยกตามประเภท Chiller ดังนี้ 1.1.1Centrifugal Chiller < 250 Tonr 1.1.2Centrifugal Chiller 250<x< 500 Tonr 1.1.3Centrifugal Chiller > 500 Tonr 1.2.1Reciprocating Chiller < 35 Tonr 1.2.2Reciprocating Chiller > 35 Tonr 1.3 Screw Chiller 2.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำเย็น 3. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) 4.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำระบายความร้อน	(การใช้ไฟฟ้ารวมทั้งระบบประมาณ 0.8 – 1.0) 0.75 0.70 0.67 0.98 0.91 0.7	1.เหมาะกับระบบที่มีขนาดปานกลาง ถึง ใหญ่ 2.เหมาะกับระบบที่ต้องการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 6 °C
ABSORPTION CHILLER	ระบบปรับอากาศชนิดนี้ใช้สารทำความเย็นในกลุ่มเกลือ LiBr ในการทำความเย็นให้น้ำ และเป็นเครื่องทำน้ำเย็นที่มีหลักการทำงานที่ต่างจาก 2 ชนิดข้างต้นซึ่งทำงานโดยใช้แหล่งพลังงานอื่นที่ไม่ใช่ไฟฟ้า เช่น ไอน้ำ ก๊าซ และน้ำมัน ซึ่งสร้างพลังงานด้วย Generator ที่ติดอยู่ในตัวเครื่อง	1. เครื่องทำน้ำเย็นแบบแอบซอพชั่น (Absorption Chiller) ซึ่งระบาย ความร้อนด้วยน้ำ 2.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำเย็น 3. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) 4.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำระบายความร้อน	0.1 (kW/Ton) (การใช้ไฟฟ้าโดยประมาณทั้งระบบโดยไม่รวมChiller) และ 3.68 (Litre/Ton) (การใช้น้ำมันของChiller)	1.เหมาะกับระบบที่มีขนาดปานกลาง ถึง ใหญ่ 2.เหมาะกับระบบที่ต้องการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 6 °C 3.เหมาะกับโรงงานที่มีแหล่งพลังงานเหลือใช้ เช่น ไอน้ำ 4.เหมาะกับโรงงานที่มีแหล่งพลังงานอื่นที่ราคาต่ำกว่าไฟฟ้า เช่น แก๊ส น้ำมัน

1.3) ข้อมูลของมูลค่าเงินสำหรับการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบต่างๆ (Initial Cost Database)

การเลือกระบบปรับอากาศแบบต่างๆ มาติดตั้งในโรงงานนั้น ขั้นตอนแรก ก็คือ การเลือกใช้ระบบที่มีความสามารถในการทำความเย็นได้ตามที่ต้องการ แล้วขั้นตอนต่อมา ก็คือ การพิจารณามูลค่าเงินลงทุนในการติดตั้งระบบปรับอากาศ ซึ่งเป็นเรื่องที่ยุ่งยากเช่นกัน เนื่องจาก ระบบปรับอากาศมีหลายประเภท และมีผู้ผลิต และผู้จำหน่ายที่หลากหลาย ดังนั้นจึงได้จัดทำ ระบบฐานข้อมูลของมูลค่าเงินสำหรับการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศ โดยแบ่งเป็น 2 แบบ ตามวิธีการคำนวณหามูลค่าเงินในการติดตั้งระบบ คือ

- Unit cost of equipment rate
- Estimated cost rate

ก. Unit cost of equipment rate

Unit cost of equipment rate ซึ่งใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับวิธีการคำนวณหามูลค่าเงินแบบละเอียด (BOQ method) โดยการคำนวณจะทำเป็นตารางซึ่งมีรูปแบบดังแสดงในตารางสำหรับการหามูลค่าเงินแบบละเอียด (BOQ) ในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ตารางสำหรับการหามูลค่าเงินแบบละเอียด (BOQ)

Item	Description	Unit	Quantity	Unit cost rate (THB)		Total amout (THB)
				Material	Labour	
1 2 3 4		Lot Set Lot Set				
	Total					

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการคำนวณด้วยวิธีการคำนวณหามูลค่าเงินแบบละเอียด (BOQ method) จะต้องใช้ฐานข้อมูล Unit cost of equipment rate ดังนี้

- ค่า Unit cost rate of Material (THB) จะต้องใช้ฐานข้อมูลของมูลค่าเงิน ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลของมูลค่าเงินสำหรับลงทุนซื้อวัสดุ (Material cost) แต่ละประเภท ดังนี้

  - ค่า Unit cost rate of main equipment (THB) โดยแสดงค่าในตารางที่ ง.1
  - ค่า Unit cost rate of piping work (THB) โดยแสดงค่าในตารางที่ ง.2
  - ค่า Unit cost rate of valve and piping accessories (THB) โดยแสดงค่าในตารางที่ ง.3
  - ค่า Unit cost rate of ductwork (THB) โดยแสดงค่าในตารางที่ ง.4
  - ค่า Unit cost rate of grille and diffuser (THB) โดยแสดงค่าในตารางที่ ง.5

- ค่า Unit cost rate of Labour (THB) จะต้องใช้ฐานข้อมูลของมูลค่าเงิน ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลของมูลค่าเงินสำหรับค่าแรงงาน (Labour cost) ในการติดตั้งวัสดุแต่ละประเภท ดังนี้

  - ค่า Unit cost rate of labour for main equipment installation (THB) โดยแสดงค่าในตารางที่ ง.6
  - ค่า Unit cost rate of labour for piping work installation (THB) โดยแสดงค่าในตารางที่ ง.7
  - ค่า Unit cost rate of labour for valve and piping accessories installation (THB)โดยแสดงค่าในตารางที่ ง.8
  - ค่า Unit cost rate of labour for ductwork installation (THB) โดยแสดงค่าในตารางที่ ง.9
  - ค่า Unit cost rate of labour for grille and diffuser installation (THB) โดยแสดงค่าในตารางที่ ง.10

ข. Estimated cost rate

Estimated cost rate จะใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับวิธีการคำนวณหามูลค่าเงินแบบประมาณ ซึ่งแยกออกเป็น 2 ประเภท คือ การประมาณราคาแบบมูลค่าต่อตันความเย็น (Cost estimate , B/TONR , method) และการประมาณราคาแบบมูลค่าต่อพื้นที่อาคาร (Cost estimate , B/Sq.M. , method)

- การประมาณราคาแบบมูลค่าต่อตันความเย็น (Cost estimate , B/TONR , method)

การประมาณราคาแบบมูลค่าต่อตันความเย็น (B/TONR) นั้น การคำนวณจะแสดงผลเป็นลักษณะตาราง ซึ่งมีรูปแบบดังแสดงในตารางสำหรับการหามูลค่าเงินแบบประมาณต่อตันความเย็น (Cost estimate B/TONR) ในตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 ตารางสำหรับการหามูลค่าเงินแบบประมาณต่อตันความเย็น (Cost estimate B/TONR)

Item	Description	Cooling Load (TONR)	Estimated cost rate (THB/TONR)	Total amout (THB)
1 2 3 4				
	Total			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการคำนวณด้วยวิธีการคำนวณหามูลค่าเงินแบบประมาณต่อตันความเย็น (Cost estimate , B/TONR , method) นี้จะต้องใช้ฐานข้อมูล Estimated cost rate (THB/TONR) โดยแสดงค่าในตารางที่ ง.11 ในภาคผนวก ง

- การประมาณราคาแบบมูลค่าต่อพื้นที่อาคาร (Cost estimate , B/Sq.M., method)

การประมาณราคาแบบมูลค่าต่อพื้นที่อาคาร (Cost estimate ,B/Sq.M., method) นั้นการคำนวณ จะแสดงผลในลักษณะตาราง ซึ่งมีรูปแบบดังแสดงในตารางสำหรับการหามูลค่าเงินแบบประมาณต่อพื้นที่อาคาร (Cost estimate B/Sq.M.) ในตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 ตารางสำหรับการหามูลค่าเงินแบบประมาณต่อพื้นที่อาคาร (Cost estimate B/Sq.M.)

Item	Description	Building area (Sq.M.)	Estimated cost rate (THB/Sq.M.)	Total amout (THB)
1 2 3 4				
	Total			

ในการคำนวณด้วยวิธีการคำนวณหามูลค่าเงินแบบประมาณต่อพื้นที่อาคาร (Cost estimate , B/Sq.M., method) จะต้องใช้ฐานข้อมูล Estimated cost rate (THB/Sq.M.) โดยแสดงค่าในตารางที่ ง.12 ในภาคผนวก ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4) <u>ข้อมูลของค่าใช้จ่ายสำหรับการใช้งาน ดูแล และซ่อมบำรุง ระบบปรับอากาศแบบต่างๆ (Operating Cost Database)</u>

ข้อมูลของค่าใช้จ่ายสำหรับการใช้งาน ดูแลและซ่อมบำรุง จะจัดทำเป็นฐานข้อมูลสำหรับการใช้งานระบบปรับอากาศแต่ละแบบในด้านต่างๆ เช่น ค่าพลังงานที่ใช้ในการเดินระบบ ค่าซ่อมบำรุง ค่าจัดการระบบ โดยมีการแบ่งประเภทฐานข้อมูล ดังนี้

- ค่าพลังงานที่ใช้ในการเดินระบบ (Power cost) สำหรับการใช้งานระบบปรับอากาศแต่ละแบบ ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล ดังนี้

  - ✧ Power consumption rate (kW/Ton) โดยแสดงค่าในตารางที่ ง.13
  - ✧ Energy cost rate (THB) โดยแสดงค่าในตารางที่ ง.14

โดยมูลค่าของค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสำหรับการใช้งานจะคำนวณเป็นค่าโดยประมาณต่อขนาดตันความเย็นของระบบ ซึ่งคำนวณจากสูตรดังนี้

Power consumption = Power consumption rate x Cooling Load

Power cost = Power consumption x Energy cost rate

- ค่าซ่อมบำรุง (Maintenance cost rate , THB/Ton/Month) สำหรับการใช้งานระบบปรับอากาศแต่ละแบบ โดยคิดเป็นค่าประมาณต่อเดือน โดยแสดงค่าในตารางที่ ง.15 ในภาคผนวก ง
- ค่าจัดการระบบ (Management cost) สำหรับการจัดการระบบปรับอากาศแต่ละแบบ ซึ่งครอบคลุมถึง การควบคุมการใช้งานระบบด้วย โดยแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล ดังนี้

  - ✧ Man power (Person) and salary rate (THB/Month) ของวิศวกร และช่างเทคนิค โดยแสดงค่าในตารางที่ ง.16

โดยมูลค่าของค่าใช้จ่ายด้านแรงงานสำหรับจัดการและควบคุมการใช้งานระบบจะคำนวณเป็นค่าโดยประมาณต่อเดือน ซึ่งคำนวณจากสูตรดังนี้

Management cost = Man power x Salary rate

✧ Eqipment cost rate (THB/Ton/Month) โดยแสดงค่าในตารางที่ ง.17

2) ฐานข้อมูลของข้อกำหนด (Rule Base)

ฐานข้อมูลของข้อกำหนด ประกอบด้วย ข้อมูลของข้อกำหนดที่เป็นเงื่อนไขสำหรับการตัดสินใจได้แก่ เงื่อนไขด้านวิศวกรรม การจัดการ และเศรษฐศาสตร์ ซึ่งจะถูกกำหนดขึ้นโดยผู้ตัดสินใจ และโรงงาน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ กลุ่มเงื่อนไขด้านวิศวกรรม และกลุ่มเงื่อนไขด้านการจัดการ และเศรษฐศาสตร์

1. กลุ่มเงื่อนไขด้านวิศวกรรม

เงื่อนไขด้านวิศวกรรม ซึ่งเป็นข้อมูลสำหรับกำหนดรูปแบบระบบปรับอากาศ ดังนี้

- ประเภทโรงงาน
- ขนาดโรงงาน
- ประเภทผลิตภัณฑ์
- อุณหภูมิในห้อง
- ความชื้นในห้อง
- ความดันในห้อง
- ระดับความสะอาด
- ระดับความเที่ยงตรงของการควบคุมสภาวะภายในห้องที่ปรับอากาศ เช่น อุณหภูมิ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. กลุ่มเงื่อนไขด้านการจัดการ และด้านเศรษฐศาสตร์

เงื่อนไขด้านการจัดการ และด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อกำหนดของโรงงาน ดังนี้

- นโยบายด้านการประหยัด และอนุรักษ์พลังงาน
- นโยบายด้านการควบคุม และการจัดการระบบสาธารณูปโภคในโรงงาน
- นโยบายด้านการลงทุน
- นโยบายด้านการใช้งาน ดูแล และบำรุงรักษา

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดคุณลักษณะของข้อมูลแต่ละประเภท

คุณลักษณะของข้อมูลแต่ละประเภทนี้จะกำหนดควบคู่กับชนิดของฐานข้อมูลที่จัดทำ ซึ่งแสดงรายชื่อ และคุณลักษณะของข้อมูลในตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 รายชื่อ และคุณลักษณะของข้อมูล

รายชื่อ	คุณลักษณะ
ฐานข้อมูล	
1. ฐานข้อมูลพื้นฐาน (Basic Database)	
1.1. ข้อมูลสำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็น (Cooling Load Database)	Number
1.2. ข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ (A/C System Database)	Text
1.3. ข้อมูลของมูลค่าเงินสำหรับการลงทุน ติดตั้งระบบปรับอากาศแบบต่างๆ (Initial Cost Database)	Number
1.4. ข้อมูลของค่าใช้จ่ายสำหรับ การใช้งาน ดูแล และ ซ่อมบำรุงระบบปรับอากาศแบบต่างๆ (Operating Cost Database)	Number
2. ฐานข้อมูลของข้อกำหนด (Rule Base)	
2.1. กลุ่มเงื่อนไขด้านวิศวกรรม	Number and Text
2.2. กลุ่มเงื่อนไขด้านการจัดการ และด้านเศรษฐศาสตร์	Number and Text

ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดดัชนีของข้อมูลแต่ละประเภท

ข้อมูลแต่ละประเภท บางตัว หรือ หลายตัวประกอบกัน จะต้องมีค่าที่เป็นเอกลักษณ์เพื่อจะนำมาแยกแยะ หรือระบุข้อมูล ให้ตรงกับความต้องการได้ โดยกำหนดเป็นเลขดัชนี และดัชนีอ้างอิง เช่น ข้อมูลของค่าพลังงานที่ใช้ในการเดินระบบ (Power cost) สำหรับการใช้งานระบบปรับอากาศแต่ละแบบก็จะมีเลขดัชนี เพื่อใช้ในการอ้างอิง ถ้าเราทราบค่าของเลขดัชนีนี้ก็จะสามารถทราบค่าของข้อมูลของค่าพลังงานนี้ได้ ซึ่งดัชนีเหล่านี้จะกำหนดควบคู่กับฐานข้อมูลที่จัดทำ ซึ่งแสดงรายในภาคผนวก ค. ง. จ. และ ฉ.

ขั้นตอนที่ 4 การกำหนดความสัมพันธ์ของข้อมูลแต่ละประเภท

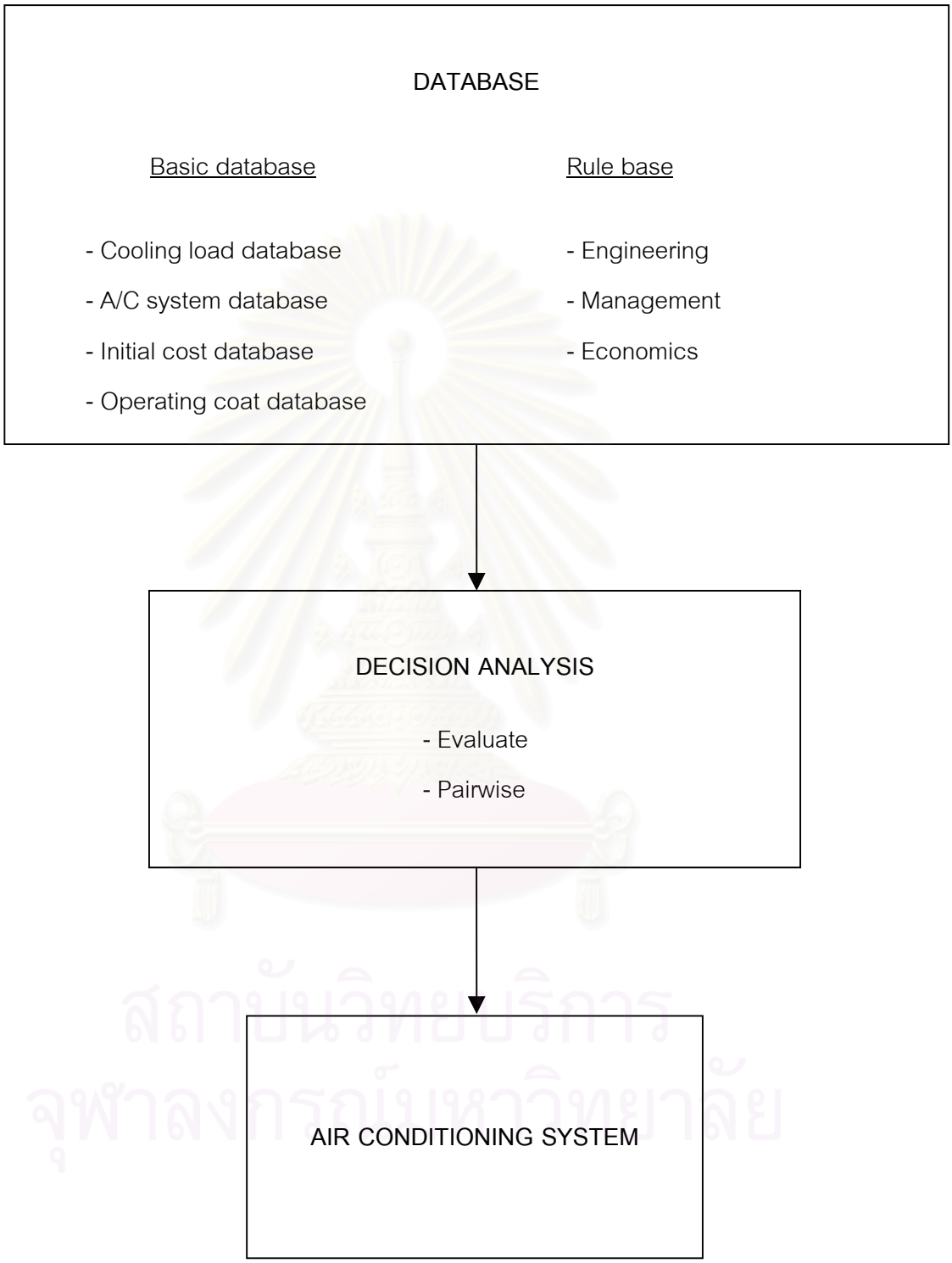
เมื่อได้รายละเอียดของข้อมูลแต่ละประเภทเรียบร้อยแล้ว ก็จะพิจารณากำหนดความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแต่ละประเภท โดยส่วนของฐานข้อมูลหลัก และข้อมูลย่อยต่างๆ ของฐานข้อมูลพื้นฐาน (Basic database) และฐานข้อมูลของข้อกำหนด (Rule Base) โดยจะมีความสัมพันธ์กับ Input และ Output ดังแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Input, Basic database , Rule base และ Output ในตารางที่ 5.11 และมีการจัดการฐานข้อมูลของโปรแกรมดังแสดงในรูปที่ 5.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง Input, Basic database, Rule baseและ Output

Description	Input	Basic Database	Rule Base	Output
1.การคำนวณภาระการทำความเย็น 2.การเลือกอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ	ข้อมูลของโรงงาน - ประเภทโรงงาน - ขนาดโรงงาน - ประเภทผลิตภัณฑ์ - อุณหภูมิในห้อง - ความชื้นในห้อง - ความดันในห้อง - ระดับความสะอาด - ระดับความเที่ยงตรงของการควบคุมสภาวะภายในห้อง	1.ข้อมูลสำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็น (Cooling Load Database) 2.ข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ (A/C System Database)	- นโยบายด้านการประหยัด และอนุรักษ์พลังงาน - นโยบายด้านการควบคุม และการจัดการระบบสาธารณูปโภคในโรงงาน - นโยบายด้านการใช้งาน ดูแล และบำรุงรักษา	ระบบปรับอากาศ
3.การตัดสินใจพิจารณาลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศ 4.การจัดการระบบ	- งบประมาณ - นโยบาย	1.ข้อมูลของมูลค่าเงินสำหรับการ ลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศ (Initial Cost Database) 2.ข้อมูลของค่าใช้จ่ายสำหรับการใช้งาน ดูแล และซ่อมบำรุงระบบปรับอากาศ (Operating Cost Database)	- นโยบายด้านการประหยัด และอนุรักษ์พลังงาน - นโยบายด้านการควบคุมและการจัดการระบบสาธารณูปโภคในโรงงาน - นโยบายด้านการลงทุน - นโยบายด้านการใช้งาน ดูแล และบำรุงรักษา	- ระบบปรับอากาศ - เงินลงทุน - ทีมช่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.9 ระบบจัดการฐานข้อมูลในการเลือกระบบปรับอากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.4.2 การออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision support system)

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจนี้จัดทำขึ้น เพื่อช่วยในการพิจารณาข้อมูลทางด้านวิศวกรรม การจัดการ เศรษฐศาสตร์ และ พลังงาน ของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ สำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสม สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

โดยที่ระบบนี้ได้สร้างขึ้นในลักษณะของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมกับผู้ใช้งานที่หลากหลาย ซึ่งจะมีรายละเอียดของขั้นตอนการติดต่อระหว่างผู้ตัดสินใจกับโปรแกรมที่ปรับให้เหมาะสมกับผู้ใช้งาน ดังนี้

1) ผู้ใช้งาน แยกเป็น

- ผู้มีความรู้เรื่องระบบปรับอากาศ โดยทราบรายละเอียดทางด้านวิศวกรรมของระบบปรับอากาศโดยละเอียด เช่น ทราบวิธีการคำนวณ Cooling Load แบบละเอียด, ทราบข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ

- ผู้มีความรู้เรื่องระบบปรับอากาศคร่าวๆ เช่น ทราบว่าระบบปรับอากาศมีแบบใดบ้าง, ทราบวิธีการคำนวณ Cooling Load แบบคร่าวๆ

- ผู้มีความรู้เรื่องระบบปรับอากาศน้อยหรือไม่มีความรู้ ได้แก่ ผู้ที่วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เป็นหลัก โดยมีความรู้ด้านวิศวกรรมน้อย หรือ ไม่มี

2) ระดับความละเอียดของการวิเคราะห์ข้อมูล แยกเป็น

- ละเอียดมาก เช่น คำนวณ Cooling Load แบบละเอียด, คิดมูลค่าเงินแบบละเอียด (BOQ)

- ละเอียดปานกลาง เช่น คำนวณ Cooling Load แบบประมาณต่อพื้นที่, คิดมูลค่าเงินแบบประมาณต่อขนาดตันความเย็น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- <u>ละเอียดน้อย</u> เช่น คำนวณมูลค่าเงินแบบประมาณต่อพื้นที่, คำนวณ Cooling Load แบบประมาณต่อพื้นที่

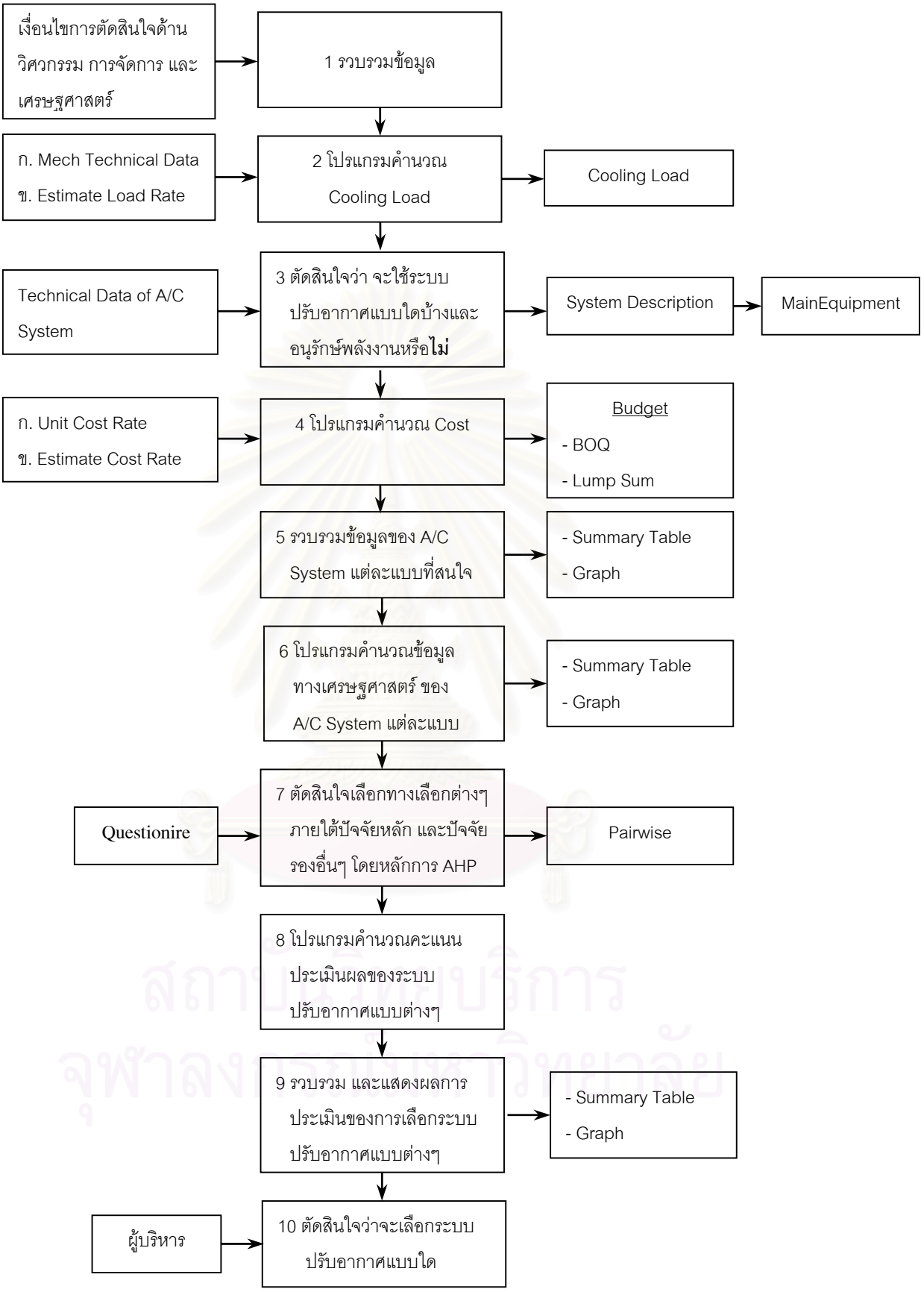
3) <u>ระดับการสื่อสารหรือแสดงข้อมูลของโปรแกรมต่อ User</u>

- โปรแกรมสามารถแสดงข้อมูลทางเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และ พลังงาน เพื่อแนะนำ หรือเสนอแนะข้อมูลประกอบการตัดสินใจของ User

- โปรแกรมมีส่วนรับข้อมูลจาก User ให้ Input ข้อมูลสำหรับการตัดสินใจเพื่อให้โปรแกรมช่วยวิเคราะห์

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจนี้มีขั้นตอนการตัดสินใจของโปรแกรมที่ได้จัดทำขึ้นสำหรับช่วยในการพิจารณาตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สะดวก และเหมาะสมกับผู้ใช้งานที่ต้องการพิจารณาและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือกลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศสำหรับโรงงาน โดยที่ผู้ตัดสินใจสามารถวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ด้านวิศวกรรมการจัดการ เศรษฐศาสตร์ และ พลังงาน ได้โดยไม่จำเป็นต้องเสียเวลา และค่าใช้จ่ายในการจ้างให้ผู้ชำนาญในแต่ละด้านมาช่วยวิเคราะห์และสรุปข้อมูลก่อนที่จะตัดสินใจ ซึ่งมีรายละเอียดของขั้นตอนการตัดสินใจในการเลือกระบบปรับอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 5.10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.10 ขั้นตอนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

ขั้นตอนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ ของระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ได้จัดทำขึ้นในลักษณะของโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ มีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. รวบรวมข้อมูล
2. โปรแกรมคำนวณ Cooling load
3. ตัดสินใจว่า จะใช้ระบบปรับอากาศแบบใดบ้าง และต้องการอนุรักษ์พลังงานหรือไม่
4. โปรแกรมคำนวณ Cost
5. รวบรวมข้อมูลของ A/C System แต่ละแบบที่สนใจ
6. โปรแกรมคำนวณข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ของ A/C System แต่ละแบบ
7. ตัดสินใจแต่ละทางเลือกภายใต้ปัจจัยหลักและปัจจัยรองอื่นๆ โดยหลักการ AHP
8. โปรแกรมคำนวณคะแนน ประเมินผลของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ
9. รวบรวมและแสดงผลการประเมินของการเลือกระบบปรับอากาศแบบต่างๆ
10. ตัดสินใจว่า จะเลือกระบบปรับอากาศแบบใด

โดยขั้นตอนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

1. <u>รวบรวมข้อมูล</u>

การรวบรวมข้อมูล เป็นการสื่อสารระหว่างโปรแกรม และผู้ใช้งานหรือผู้ตัดสินใจ (User) ในลักษณะของการถาม-ตอบ (Questionnaire) การกรอกข้อมูลในตาราง และ การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของคำแนะนำ และ การเสนอแนะข้อมูลความรู้ต่างๆ (Suggestion) เพื่อให้โปรแกรมสามารถรวบรวมข้อมูล และความต้องการของผู้ใช้งาน หรือผู้ตัดสินใจเกี่ยวกับเงื่อนไขของการตัดสินใจ ด้านวิศวกรรม การจัดการ และเศรษฐศาสตร์ ซึ่งจะใช้เป็นกฎเกณฑ์ เงื่อนไข และองค์ประกอบที่จะใช้ในการตัดสินใจในขั้นตอนต่อไป

2. <u>โปรแกรมคำนวณ Cooling</u> load

การคำนวณ Cooling load จะเป็นการหาค่าของปริมาณภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ สำหรับโรงงานที่กำลังตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศอยู่ โดยผู้ใช้งาน หรือผู้ตัดสินใจ สามารถเลือกคำนวณได้ 2 วิธี คือ

- การคำนวณภาระการทำความเย็นแบบละเอียด (Cooling load calculation)
- การคำนวณภาระการทำความเย็นแบบประมาณ (Rough estimate load)

ก. การคำนวณภาระการทำความเย็นแบบละเอียด (Cooling load calculation)

การคำนวณภาระการทำความเย็นแบบละเอียด เหมาะสำหรับผู้ใช้งานที่มีความชำนาญในเทคนิคด้านวิศวกรรมของระบบปรับอากาศที่เกี่ยวกับการป้อนข้อมูลในโปรแกรมคำนวณ โดยในขั้นตอนนี้โปรแกรมจะใช้ฐานข้อมูล Mechanical Engineering Database ในตารางที่ ค.1 ถึง ค.13 ในภาคผนวก ค เพื่อทำการประมวลผลหา Cooling load

ข. การคำนวณภาระการทำความเย็นแบบประมาณ (Rough estimate load)

การคำนวณภาระการทำความเย็นแบบประมาณเหมาะสำหรับผู้ใช้งานที่ต้องการความรวดเร็ว และไม่มีความชำนาญในเทคนิคด้านวิศวกรรมของระบบปรับอากาศ โดยในขั้นตอนนี้โปรแกรมจะใช้ฐานข้อมูล Cooling Load Estimate Database ในตารางที่ ค.14 ใน ภาคผนวก ค เพื่อทำการประมวลผลหา Cooling load

3. <u>ตัดสินใจว่าจะใช้ระบบปรับอากาศแบบใดบ้างและต้องการอนุรักษ์พลังงานหรือไม่</u>

ผู้ตัดสินใจ จะต้องกำหนดความต้องการว่า ต้องการพิจารณาเลือกใช้ระบบปรับอากาศแบบใดบ้าง และระบุว่าต้องการอนุรักษ์พลังงานในการใช้งานระบบปรับอากาศหรือไม่ เพื่อให้โปรแกรมทราบความต้องการของผู้ตัดสินใจ ในขั้นตอนนี้จะใช้ฐานข้อมูล A/C system Database เพื่อให้โปรแกรมทำการถาม-ตอบ (Questionnaire) และ การนำเสนอข้อมูล-แนะนำ (Suggestion) แก่ผู้ใช้งาน ซึ่งคำแนะนำ และ ข้อมูลเหล่านี้ จะเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจที่ผู้ตัดสินใจจะระบุความต้องการในกรณีที่ผู้ใช้งานไม่มีความชำนาญในเทคนิคด้านวิศวกรรมของระบบปรับอากาศ โปรแกรมจะประมวลผล แล้วแสดงผลเป็นข้อมูลสรุปของระบบที่พิจารณาเลือกใช้ ซึ่งอาจมีมากกว่า 1 แบบ อันประกอบด้วย รายละเอียดโดยสรุปของระบบ (System description) และแสดงรายการอุปกรณ์หลักของระบบ (Main equipment) เช่น Chiller และ Pump เป็นต้น โปรแกรมไม่ได้แสดงรายการของอุปกรณ์ย่อยเนื่องจากโปรแกรมนี้เป็นการประเมินข้อมูลโดยไม่มีการจัดทำแบบแปลน ดังนั้นจึงไม่สามารถระบุรายละเอียดของอุปกรณ์ย่อย เช่น ท่อลม ท่อน้ำ และ วาล์ว เป็นต้น

4. <u>โปรแกรมคำนวณ Cost</u>

หลังจากทราบระบบที่จะพิจารณาเลือกใช้จากการใช้โปรแกรมในขั้นตอนก่อนหน้านี้แล้ว ก็ต้องประเมินหามูลค่าเงินที่จะลงทุนในการติดตั้งระบบ ซึ่งสามารถเลือกคำนวณได้ 2 วิธี คือ

- การคำนวณหามูลค่าเงินแบบละเอียด (Cost estimate BOQ method)
- การคำนวณราคาแบบประมาณ (Rough cost estimate)

ก. การคำนวณหามูลค่าเงินแบบละเอียด (Cost estimate BOQ method)

การคำนวณราคาของอุปกรณ์แต่ละตัว ซึ่งในโปรแกรมนี้จะคำนวณแบบละเอียดเฉพาะอุปกรณ์หลักของระบบ (Main equipment) เช่น Chiller และ Pump เป็นต้น และคำนวณแบบประเมินสำหรับอุปกรณ์ย่อย เช่น ท่อลม ท่อน้ำ และ วาล์ว เป็นต้น ในขั้นตอนนี้จะใช้ฐานข้อมูล Unit cost of equipment rate ในตารางที่ ง.1 ถึง ง.10 และตารางที่ ง.13 ถึง ง.17 ใน ภาคผนวก ง

ข. การคำนวณราคาแบบประมาณ (Rough cost estimate)

การคำนวณราคาแบบประมาณ จะคำนวณราคาแบบประเมินของอุปกรณ์ทั้งระบบโดยการคำนวณแบบประมาณจะแยกเป็น 2 แบบ คือ

- การประมาณราคาแบบ มูลค่าต่อตันความเย็น (B/TONR)
  ซึ่งกรณีนี้ต้องทราบ ข้อมูลของปริมาณภาระการทำความเย็น

- การประมาณราคาแบบ มูลค่าต่อพื้นที่อาคารที่ต้องการทำความเย็น (B/Sq.M.)
  ซึ่งกรณีนี้ต้องทราบ ข้อมูลของพื้นที่ซึ่งต้องการทำความเย็น

ในขั้นตอนนี้จะใช้ฐานข้อมูล Estimate cost rate จากตารางที่ ง.11 ถึง ง.12 และตารางที่ ง.13 ถึง ง.17 ใน ภาคผนวก ง

5. <u>รวบรวมข้อมูลของ A/C System แต่ละแบบที่สนใจ</u>

หลังจากคำนวณหา Cooling load และประเมินราคาของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ แล้ว ก็จะรวบรวมข้อมูลของระบบปรับอากาศแต่ละแบบที่สนใจจะเลือกใช้ โดยรวบรวมและสรุปข้อมูลในรูปแบบของตารางสรุป (Summary table) เพื่อทำให้สามารถพิจารณาเปรียบเทียบระบบปรับอากาศแต่ละแบบได้ง่าย และสะดวก

6. <u>โปรแกรมคำนวณข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ของ A/C System แต่ละแบบ</u>

หลังจากรวบรวมข้อมูลของระบบปรับอากาศแต่ละแบบที่สนใจจะเลือกใช้แล้ว ก็จะต้องคำนวณข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อหาระบบปรับอากาศที่เหมาะสมที่ควรเลือกโดย

คำนวณและเปรียบเทียบมูลค่าเงินลงทุนสำหรับติดตั้งระบบ และมูลค่าของค่าใช้จ่ายในการใช้งานระบบและวิเคราะห์หา Irr และ B/C โดยรวบรวมและสรุปข้อมูลที่คำนวณได้ในรูปแบบของตารางสรุป (Summary table) เพื่อนำไปใช้พิจารณาเปรียบเทียบระบบปรับอากาศแต่ละแบบในขั้นตอนถัดไป

7. ตัดสินใจแต่ละทางเลือกภายใต้ปัจจัยหลักและปัจจัยรองอื่นๆ โดยหลักการ AHP

ผู้ตัดสินใจจะกำหนดความต้องการว่า ต้องการพิจารณาเลือกใช้ระบบปรับอากาศภายใต้ปัจจัยใดบ้าง โดยโปรแกรมทำการถาม-ตอบ (Questionnaire) เพื่อรวบรวมข้อมูล และความคิดเห็นจากผู้ตัดสินใจ

8. โปรแกรมคำนวณคะแนน ประเมินผลของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ

โปรแกรมจะทำการถาม-ตอบ (Questionnaire) เพื่อรวบรวมข้อมูล และการระบุความสำคัญของแต่ละปัจจัยจากผู้ตัดสินใจ แล้วทำการคำนวณคะแนน ประเมินผลของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบหาทางเลือกโดยใช้หลักการ AHP

9. รวบรวมและแสดงผลการประเมินของการเลือกระบบปรับอากาศแบบต่างๆ

หลังจากคำนวณคะแนน ประเมินผลของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ แล้วก็จะรวบรวมข้อมูลของระบบปรับอากาศแต่ละแบบและสรุปข้อมูลในรูปแบบของตารางสรุป (Summary table) เพื่อทำให้สามารถพิจารณาเปรียบเทียบระบบปรับอากาศแต่ละแบบได้ง่ายและสะดวก

10. ตัดสินใจว่า จะเลือกระบบปรับอากาศแบบใด

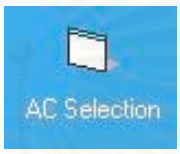
ผู้ตัดสินใจ จะตัดสินใจเลือกใช้ระบบปรับอากาศ โดยพิจารณาจากผลสรุปข้อมูลของระบบปรับอากาศแต่ละแบบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.4.3 การออกแบบหน้าจอสำหรับผู้ใช้โปรแกรม (User Interface)

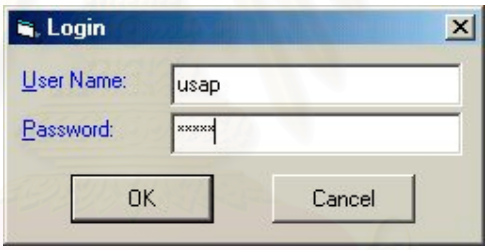
การพัฒนาและออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับช่วยในการตัดสินใจ ซึ่งผ่านการ Compile เรียบร้อยแล้ว และสามารถนำไปใช้งานได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการแบบ Window 98 ชื่อ AC Selection.exe ซึ่งมีหน้าจอสำหรับการใช้โปรแกรม ดังนี้

- จากหน้าจอคอมพิวเตอร์จะมี Icon AC Selection เพื่อดับเบิ้ลคลิกแล้ว Login เข้าสู่โปรแกรมสนับสนุนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ ดังรูปที่ 5.11



รูปที่ 5.11 หน้าจอ Icon AC Selection สำหรับ Login เข้าสู่โปรแกรม

- จากหน้าจอคอมพิวเตอร์ เมื่อดับเบิ้ลคลิกที่ Icon AC Selection ก็จะ Login เข้าสู่โปรแกรมสนับสนุนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ โดยมีหน้าจอดังรูปที่ 5.12



รูปที่ 5.12 หน้าจอ Login เข้าสู่โปรแกรมสนับสนุนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

- ภายหลังการใส่ User Name และ Password ที่ถูกต้องก็จะเข้าสู่หน้าจอหลักเพื่อคำนวณข้อมูลสำหรับใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ ดังรูปที่ 5.13

รูปที่ 5.13 หน้าจอเริ่มเข้าสู่การทำงานสำหรับโปรแกรมการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

1) การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมในส่วนการนำเข้าข้อมูล

ในส่วนของการนำเข้าข้อมูลสำหรับโปรแกรมนี้ ข้อมูลที่นำเข้าสู่ระบบจะได้มาจากผู้ใช้งาน และฐานข้อมูลพื้นฐานของโปรแกรม โดยข้อมูลแต่ละส่วนจะมีรายละเอียด ดังนี้

1) ข้อมูลที่มาจากผู้ใช้งาน ที่ได้จากการป้อนข้อมูลสู่โปรแกรมผ่านหน้าจอที่มีการติดต่อกับผู้ใช้งานในลักษณะของการ ถาม-ตอบ ในขณะใช้งานโปรแกรม

2) ฐานข้อมูลพื้นฐานของโปรแกรม ที่ได้จากการป้อนข้อมูลในไฟล์ฐานข้อมูลของโปรแกรมที่เป็นไฟล์ประเภท Microsoft Access

2) การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมในส่วนการประมวลผลและการนำเสนอข้อมูล

ในส่วนของการประมวลผลและการนำเสนอข้อมูลนี้ เป็นส่วนที่จะนำข้อมูลต่างๆ ที่ได้มีการจัดเก็บไว้ในรูปของฐานข้อมูล มาดำเนินการประมวลผล เช่น การคำนวณค่าตัวเลข เป็นต้น และการนำเสนอข้อมูลต่อผู้ใช้งาน ในลักษณะต่างๆ เช่น ตารางสรุป และ กราฟ เป็นต้น

โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นสำหรับการประมวลผลและการนำเสนอข้อมูลนี้ถูกพัฒนาขึ้นจากโปรแกรม Microsoft Visual Basic Version 6.0 เนื่องจากโปรแกรมดังกล่าวมีคุณสมบัติที่ผู้เขียนโปรแกรมสามารถสร้างหน้าจอที่ใช้สำหรับติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) ในรูปแบบ Windows ได้ง่ายและรวดเร็ว รวมทั้งสามารถเขียนโปรแกรมย่อย (Sub Program) สำหรับเหตุการณ์ที่เกิดบน User Interface ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้เมื่อพิจารณาในด้านของผู้ใช้งานนั้น โปรแกรมในรูปแบบ Windows ช่วยให้เข้าใจได้ง่ายและใช้งานได้อย่างรวดเร็ว

สำหรับหลักการของการพัฒนาโปรแกรมนั้น ประกอบด้วยการพัฒนา 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นการพัฒนา User Interface ในการโต้ตอบกับผู้ใช้งาน ซึ่งทำโดยการออกแบบหน้าจอกราฟฟิกสำหรับติดต่อกับผู้ใช้ (Graphical User Interface : GUI) และการกำหนดค่าของคุณลักษณะ (Property) สำหรับองค์ประกอบต่างๆ บนหน้าจอ และส่วนที่ 2 เป็นการพัฒนาโปรแกรมย่อยสำหรับเหตุการณ์ที่เกิดบน User Interface สำหรับองค์ประกอบต่างๆ บนหน้าจอที่ได้ออกแบบไว้ในส่วนที่ 1

3) แนวทางการใช้งานโปรแกรม และ การนำเสนอข้อมูล

กำหนดให้แนวทางในการใช้งานโปรแกรม และ การนำเสนอข้อมูล ประกอบด้วย

1) การใช้งานโปรแกรม มีการกำหนดให้มีรหัสผ่านเป็นการเฉพาะสำหรับผู้ใช้โดยเฉพาะ โดยที่รหัสผ่านนี้จะถูกกำหนดขึ้นเป็นการเฉพาะสำหรับโปรแกรม

2) หน้าจอหลักของระบบการทำงาน ประกอบด้วย เมนูหลักที่อ้างอิงตามองค์ประกอบที่ใช้ในการเลือกระบบปรับอากาศ ได้แก่ Decision system สำหรับการวิเคราะห์ตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศของโครงการ

4) โครงสร้างของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการเลือกใช้ระบบปรับอากาศนี้ใช้ชื่อว่า AC_Selection.exe โดยโปรแกรมดังกล่าวนี้ประกอบด้วย หน้าจอ (User Interface) รวมทั้งสิ้น 68 หน้าจอ โดยแต่ละหน้าจอ จะถูกเก็บไว้ด้วยไฟล์ข้อมูล (File) ที่มีนามสกุลเป็น xx.Frm ซึ่งจะแบ่งหน้าจอออกเป็น 4 กลุ่มตามประเภทการวิเคราะห์ข้อมูล คือ กลุ่ม General Information กลุ่ม Decision Analysis กลุ่ม AC System and Budget Calculation และกลุ่ม Economic Analysis โดยมีรายละเอียด ดังนี้

<u>กลุ่ม General Information</u> โดยแต่ละหน้าจอมีรายละเอียด ดังนี้

1) FrmLogin.Frm : เป็นหน้าจอสำหรับรับชื่อผู้ใช้ และ Password เพื่อตรวจสอบเทียบกับค่าที่ตั้งเอาไว้ว่าเป็นผู้ใช้ที่กำหนดไว้หรือไม่ เพราะถ้าไม่ใช่ผู้ที่กำหนดกจะไม่สามารถใช้โปรแกรมนี้ได้

2) FrmWelcome.Frm : เป็นหน้าจอของการเริ่มเข้าสู่ระบบการทำงานของโปรแกรม

3) FrmInformation.Frm (Tab1) : เป็นหน้าจอสำหรับกรอกข้อมูลในส่วนของ General Information ของโครงการ

4) FrmInformation.Frm (Tab2) : เป็นหน้าจอสำหรับกรอกข้อมูลในส่วนของ Engineering Information ของโครงการ

5) FrmInformation.Frm (Tab3) : เป็นหน้าจอสำหรับกรอกข้อมูลส่วน Management and Economic Information ของโครงการ

6) FrmNote3.Frm : เป็นหน้าจอสำหรับ Note ที่ใช้ร่วมกับการกรอกข้อมูลในส่วน Engineering Information ของโครงการ

<u>กลุ่ม Decision Analysis</u> โดยแต่ละหน้าจอมีรายละเอียด ดังนี้

7) Msg-Require Suggestion : เป็นหน้าจอแรก สำหรับการเริ่มเข้าสู่การใช้โปรแกรมในส่วน Decision Analysis โดยสอบถามผู้ใช้โปรแกรมว่า ต้องการคำแนะนำในการกำหนด Criteria ของการตัดสินใจของแต่ละโครงการหรือไม่ ถ้าตอบว่า ต้องการ ก็จะแสดงรายละเอียดของหน้าจอ FrmDCriteria.frm ถ้าตอบว่าไม่ต้องการ ก็จะไม่แสดงรายละเอียดหน้าจอนี้แต่ข้ามไป FrmDASystem.Frm

8) FrmDCriteria.Frm : เป็นหน้าจอของคำแนะนำในการกำหนด Criteria ของการตัดสินใจของแต่ละโครงการ

9) FrmDASystem.Frm : เป็นหน้าจอสำหรับกำหนด Criteria ของการตัดสินใจของแต่ละโครงการ

10) Msg-Select the policy : เป็นหน้าจอ สำหรับกำหนด Policy ของระบบปรับอากาศของแต่ละโครงการว่าเป็น General AC Sysem หรือ Energy Code Basis AC System

11) FrmACSystem.Frm : เป็นหน้าจอสำหรับกำหนดระบบปรับอากาศที่เป็นทางเลือกของการตัดสินใจของแต่ละโครงการ

12) Msg-DecisionAnalysis_AHP : เป็นหน้าจอแรก สำหรับการคำนวณ และวิเคราะห์ข้อมูลในส่วน Decision Analysis ด้วยหลักการ AHP

13) FrmCPairwise.Frm : หลังจากได้ข้อมูลของ Decision Support Information ซึ่งเป็นสรุปจากผลจากการคำนวณในส่วนของการคำนวณความสามารถในการทำความเย็น และมูลค่าเงินลงทุน จาก

หน้าจอ FrmCAL1.Frm และส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์จากหน้าจอ FrmECON7.Frm แล้วก็จะเริ่มการทำงานในส่วนการตัดสินใจด้วยหน้าจอของแบบฟอร์มสำหรับให้ผู้ใช้โปรแกรมกรอกคะแนนที่เปรียบเทียบระหว่าง Criteria แต่ละคู่

14) FrmNote1.Frm : เป็นหน้าจอสำหรับ Note ที่อธิบายรายละเอียดของ Comparison Scale ของการเปรียบเทียบ ซึ่งใช้ร่วมกับการกรอกข้อมูลในแบบฟอร์มส่วน Criteria

15) FrmAPairwise.Frm : เป็นหน้าจอของแบบฟอร์ม สำหรับให้ผู้ใช้โปรแกรมกรอกคะแนนเปรียบเทียบระหว่าง Alternative แต่ละคู่ภายใต้แต่ละ Criteria โดยแบบฟอร์มนี้จะมีจำนวน เท่ากับจำนวนของ Criteria

16) FrmNote2.Frm : เป็นหน้าจอสำหรับ Note ที่อธิบายรายละเอียดของ Comparison Scale ของการเปรียบเทียบ ซึ่งใช้ร่วมกับการกรอกข้อมูลในแบบฟอร์มส่วน Alternative

17) FrmPairwiseC.Frm : เป็นหน้าจอของ ตารางสรุปผลการให้คะแนนที่เปรียบเทียบระหว่าง Criteria แต่ละคู่

18) FrmPairwiseA.Frm : เป็นหน้าจอของ ตารางสรุปผลการให้คะแนนที่เปรียบเทียบระหว่าง Alternative แต่ละคู่ภายใต้แต่ละ Criteria โดยตารางนี้จะมีจำนวนเท่ากับจำนวนของ Criteria

19) FrmWeightC1.Frm : เป็นหน้าจอของตารางสรุปผลการคำนวณน้ำหนักของแต่ละ Criteria จากคะแนนที่เปรียบเทียบระหว่าง Criteria แต่ละคู่

20) FrmWeightC2.Frm : เป็นหน้าจอของ ตารางสรุปน้ำหนักของแต่ละ Criteria พร้อมแสดงผลการคำนวณหาค่า CR ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ตรวจสอบว่า ข้อมูลที่ได้รับมีความน่าเชื่อถือหรือไม่

21) FrmNote4.Frm : เป็นหน้าจอสำหรับ Note ที่อธิบายรายละเอียดของค่า RI ซึ่งใช้ร่วมกับการคำนวณหาค่า CR ในส่วน Criteria

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

22) FrmWeightA1.Frm : เป็นหน้าจอของ ตารางสรุปผลการคำนวณน้ำหนักของแต่ละ Alternative ภายใต้แต่ละ Criteria จากคะแนนที่เปรียบเทียบระหว่าง Alternative แต่ละคู่ภายใต้แต่ละ Criteria โดยตารางนี้จะมีจำนวนเท่ากับจำนวนของ Criteria

23) FrmWeightA2.Frm : เป็นหน้าจอของ ตารางสรุปน้ำหนักของแต่ละ Alternative ภายใต้แต่ละ Criteria พร้อมแสดงผลการคำนวณหาค่า CR ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ตรวจสอบว่า ข้อมูลที่ได้รับมีความน่าเชื่อถือหรือไม่ โดยตารางนี้จะมีจำนวนเท่ากับจำนวนของ Criteria

24) FrmNote5.Frm : เป็นหน้าจอสำหรับ Note ที่อธิบายรายละเอียดของค่า RI ซึ่งใช้ร่วมกับการคำนวณหาค่า CR ในส่วน Alternative

25) FrmWeightW1.Frm : เป็นหน้าจอของ ตารางสรุปผลการคำนวณน้ำหนักรวมของแต่ละ Alternative ซึ่งคำนวณจากคะแนนรวมที่ได้จากผลการคำนวณคะแนนซึ่งเปรียบเทียบระหว่าง Alternative ภายใต้ทุก Criteria

26) FrmWeightW2.Frm : เป็นหน้าจอตารางสรุปน้ำหนักรวมของแต่ละ Alternative

27) FrmACSystemSum.Frm : เป็นหน้าจอของ ตารางสรุปซึ่งเปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักความสามารถในการทำความเย็น มูลค่าเงินลงทุน และผลของการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ทางเศรษฐศาสตร์ ของแต่ละ Alternative และมีส่วนของการยืนยันการตัดสินใจด้วยการเลือกระบบปรับอากาศโดยผู้ใช้โปรแกรม

28) FrmExit.Frm : เป็นหน้าจอของการยืนยันการออกจากการใช้งานโปรแกรมหลังจากการเลือกปุ่มที่จะออกจากโปรแกรม

<u>กลุ่ม AC System and Budget Calculation</u> โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

<u>ส่วน AC System Calculation</u> โดยแต่ละหน้าจอมีรายละเอียดดังนี้

29) FrmCoolingLoad.Frm : เป็นหน้าจอสำหรับสอบถามผู้ใช้โปรแกรมว่ามีความรู้ในทางเทคนิคของระบบปรับอากาศหรือไม่ ถ้าตอบว่า ไม่มี ก็จะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดงหน้าจอโดยสรุปทางเทคนิคของระบบปรับอากาศ ถ้าตอบว่า มี ก็จะแสดงหน้าจอสำหรับสอบถามผู้ใช้โปรแกรมว่า มีความรู้ในการคำนวณความสามารถในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศด้วยวิธีคำนวณแบบละเอียดทางวิศวกรรมเครื่องกลหรือไม่ ถ้าตอบว่า มี ก็จะไปคำนวณความสามารถในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศด้วยวิธีคำนวณแบบละเอียดทางวิศวกรรมเครื่องกล ถ้าตอบว่า ไม่มี ก็จะไปคำนวณความสามารถในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศด้วยวิธีคำนวณแบบประมาณ

30) FrmACSytem_General.Frm : เป็นหน้าจอแรก สำหรับการคำนวณความสามารถในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศด้วยวิธีคำนวณแบบละเอียดทางวิศวกรรมเครื่องกล โดยเป็นหน้าจอสำหรับกรอกข้อมูลทั่วๆ ไปของโครงการ

31) FrmACSytem_Criteria.Frm : เป็นหน้าจอสำหรับกำหนด Criteria ของระบบปรับอากาศ

32) FrmMaterial_Properties.Frm : เป็นหน้าจอสำหรับ กำหนดรายละเอียดของวัสดุที่ใช้สำหรับอาคารที่จะติดตั้งระบบปรับอากาศ

33) FrmCalCoolingLoad.Frm (Tab1) : เป็นหน้าจอสำหรับ คำนวณความสามารถในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ ด้วยวิธีคำนวณแบบละเอียดทางวิศวกรรมเครื่องกล ในส่วน Wall and Roof Heat Gain ของ Transmission and Solar Heat Gain ของอาคาร

34) FrmCalCoolingLoad.Frm (Tab2) : เป็นหน้าจอสำหรับ คำนวณความสามารถในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ ด้วยวิธีคำนวณแบบละเอียดทางวิศวกรรมเครื่องกล ในส่วน Glass ของ Transmission and Solar Heat Gain ของอาคาร

35) FrmCalHeat.Frm : เป็นหน้าจอสำหรับ คำนวณความสามารถในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศด้วยวิธีคำนวณแบบละเอียดทางวิศวกรรมเครื่องกล ในส่วน Internal Heat Gain ของอาคาร

36) FrmSummaryOfHeatGain.Frm : เป็นหน้าจอสำหรับสรุปข้อมูลความสามารถในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศของอาคาร จากการคำนวณด้วยวิธีคำนวณแบบละเอียดทางวิศวกรรมเครื่องกล

37) FrmRoughCoolingLoad.Frm : เป็นหน้าจอสำหรับ การคำนวณความสามารถในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศด้วยวิธีคำนวณแบบประมาณของอาคาร

<u>ส่วน Budget Calculation</u> โดยแต่ละหน้าจอมีรายละเอียดดังนี้

38) Msg-System Selected : เป็นหน้าจอสำหรับ แจ้งผู้ใช้โปรแกรมว่า ข้อมูลของระบบปรับอากาศที่จะเลือกสำหรับโครงการนี้เป็นแบบที่คำนึงถึงการประหยัดและอนุรักษ์พลังงานหรือไม่

39) FrmDACSystem.Frm (Energy code AC system) : เป็นหน้าจอสำหรับแสดงข้อมูลโดยสรุปทางเทคนิคของระบบปรับอากาศที่สอดคล้องกับโครงการประหยัด และ อนุรักษ์พลังงาน

40) FrmDACSystem.Frm (General AC system) : เป็นหน้าจอสำหรับแสดงข้อมูลโดยสรุปทางเทคนิคของระบบปรับอากาศโดยทั่วๆ ไป

41) Msg-Select Initial Cost : เป็นหน้าจอแรกสำหรับการคำนวณ Budget โดยจะให้ผู้ใช้โปรแกรมเลือกว่า ต้องการประเมิน Initial Cost ของระบบปรับอากาศด้วย วิธีการคำนวณแบบละเอียด หรือจะคำนวณ Initial Cost ของระบบปรับอากาศแบบประมาณ

42) FrmACSCE1.Frm (Window Type) : เป็นหน้าจอ สำหรับการคำนวณ Initial Cost ของระบบปรับอากาศด้วย วิธีคำนวณแบบละเอียดสำหรับระบบปรับอากาศแบบ Window Type

43) FrmACSCE1.Frm (Split Type) : เป็นหน้าจอ สำหรับการคำนวณ Initial Cost ของระบบปรับอากาศด้วย วิธีคำนวณแบบละเอียดสำหรับระบบปรับอากาศแบบ Split Type

44) FrmACSCE1.Frm (Package-Air) : เป็นหน้าจอ สำหรับการคำนวณ Initial Cost ของระบบปรับอากาศด้วย วิธีคำนวณแบบละเอียดสำหรับระบบปรับอากาศแบบ Package Air-Cooled

45) FrmACSCE1.Frm (Package-Water) : เป็นหน้าจอ สำหรับการคำนวณ Initial Cost ของระบบปรับอากาศด้วย วิธีคำนวณแบบละเอียดสำหรับระบบปรับอากาศแบบ Package Water-Cooled

46) FrmACSCE1.Frm (Air-Chiller) : เป็นหน้าจอ สำหรับการคำนวณ Initial Cost ของระบบปรับอากาศด้วย วิธีคำนวณแบบละเอียดสำหรับระบบปรับอากาศแบบ Air-Cooled Water Chiller

47) FrmACSCE1.Frm (Water-Chiler) : เป็นหน้าจอ สำหรับการคำนวณ Initial Cost ของระบบปรับอากาศด้วย วิธีคำนวณแบบละเอียดสำหรับระบบปรับอากาศแบบ Water-Cooled Water Chiller

48) FrmACSCE1.Frm (Absorption-Chiller) : เป็นหน้าจอ สำหรับการคำนวณ Initial Cost ของระบบปรับอากาศด้วย วิธีคำนวณแบบละเอียดสำหรับระบบปรับอากาศแบบ Absorption Chiller

49) FrmACSCE2.Frm (AC Initial Summary) : เป็นหน้าจอ สำหรับสรุปผลการคำนวณ Initial Cost ของระบบปรับอากาศด้วยวิธีคำนวณแบบละเอียดสำหรับระบบปรับอากาศทุกแบบ

50) Msg-Initial Cost Method : เป็นหน้าจอแรกสำหรับการคำนวณ Budget โดยวิธีการคำนวณ Initial Cost ของระบบปรับอากาศแบบประมาณ ซึ่งจะให้ผู้ใช้โปรแกรมเลือกว่า ต้องการประเมิน Initial Cost ของระบบปรับอากาศด้วยวิธีใดระหว่าง การประเมินแบบ THB/Tonr และ THB/Sq.M.

51) FrmACSCE3.Frm (Ini.Cost Estimate_Tonr) : เป็นหน้าจอ สำหรับให้ผู้ใช้โปรแกรมเลือกว่า ต้องการใช้วิธีการคำนวณ Initial Cost ของระบบปรับอากาศ ด้วยวิธีคำนวณโดยประมาณแบบ THB/Tonr

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

52) FrmACSCE3.Frm (Ini.Cost Estimate_SqM) : เป็นหน้าจอ สำหรับให้ผู้ใช้โปรแกรมเลือกว่า ต้องการใช้วิธีการคำนวณ Initial Cost ของระบบปรับอากาศ ด้วยวิธีคำนวณโดยประมาณแบบ THB/Sq.M

53) FrmACSCE4.Frm (OperatingPower) : เป็นหน้าจอสำหรับการคำนวณ Operating Cost ของระบบปรับอากาศ ในส่วนของ Cost of power สำหรับระบบปรับอากาศทุกแบบ

54) FrmACSCE5.Frm (OperatingMaintenance) : เป็นหน้าจอสำหรับการคำนวณ Operating Cost ของระบบปรับอากาศ ในส่วนของ Maintenance Cost สำหรับระบบปรับอากาศทุกแบบ

55) FrmACSCE6.Frm (OperatingManagement) : เป็นหน้าจอสำหรับการคำนวณ Operating Cost ของระบบปรับอากาศ ในส่วนของ Management Cost สำหรับระบบปรับอากาศทุกแบบ

56) Msg-SumACSystemAndBudget : เป็นหน้าจอสำหรับการแจ้งให้ผู้ใช้งานทราบว่าต่อไปจะเป็นการสรุปผลการคำนวณ Budget โดยวิธีการคำนวณส่วน AC System and Budget

57) FrmCAL1.Frm : เป็นหน้าจอสำหรับสรุปผลการคำนวณ Decision Support Information ในส่วนของการคำนวณความสามารถในการทำความเย็น และมูลค่าเงินลงทุน

<u>กลุ่ม Economic Analysis</u> โดยแต่ละหน้าจอมีรายละเอียด ดังนี้

58) Massage-StartEconAnalysis : เป็นหน้าจอสำหรับ Economic Analysis โดยจะสอบถามผู้ใช้โปรแกรมว่า ต้องการคำแนะนำสำหรับการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์หรือไม่ ถ้าตอบว่า ต้องการ ก็จะแสดงคำแนะนำ ถ้าตอบว่า ไม่ต้องการ ก็จะไปทำ Economic Analysis ของระบบปรับอากาศแต่ละแบบ

59) FrmEcon01.Frm(Tab1) : เป็นหน้าจอ สำหรับแสดงคำแนะนำสำหรับ Economic Analysis ในส่วนของ Benefit / Cost Ratio

60) FrmEcon01.Frm(Tab2) : เป็นหน้าจอ สำหรับแสดงคำแนะนำสำหรับ Economic Analysis ในส่วนของ IRR

61) Massage-BudgetForAnalysis: เป็นหน้าจอสำหรับการแจ้งให้ผู้ใช้งานทราบว่าต่อไปจะเป็นการสรุปข้อมูล Budget สำหรับการวิเคราะห์ที่ได้โดยวิธีการคำนวณส่วน AC System and Budget

62) FrmEcon02.Frm : เป็นหน้าจอ สำหรับให้ผู้ใช้โปรแกรม ดูสรุปของข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ Initial และ Operating Cost ของระบบปรับอากาศ จากการคำนวณ Budget

63) FrmEcon1.Frm : เป็นหน้าจอ สำหรับระบุ Economic Analysis Method

64) FrmEcon2.Frm : เป็นหน้าจอแรก สำหรับการคำนวณข้อมูล Economic Analysis โดยแสดงสรุปของ AC System Budget ซึ่งประกอบด้วย Initial และ Operating Cost และข้อมูลของ Equipment Service Life ของระบบปรับอากาศแต่ละแบบ

65) FrmEcon4.Frm : เป็นหน้าจอ สำหรับระบุ อัตราดอกเบี้ย ที่ใช้ในการคำนวณข้อมูล Economic Analysis

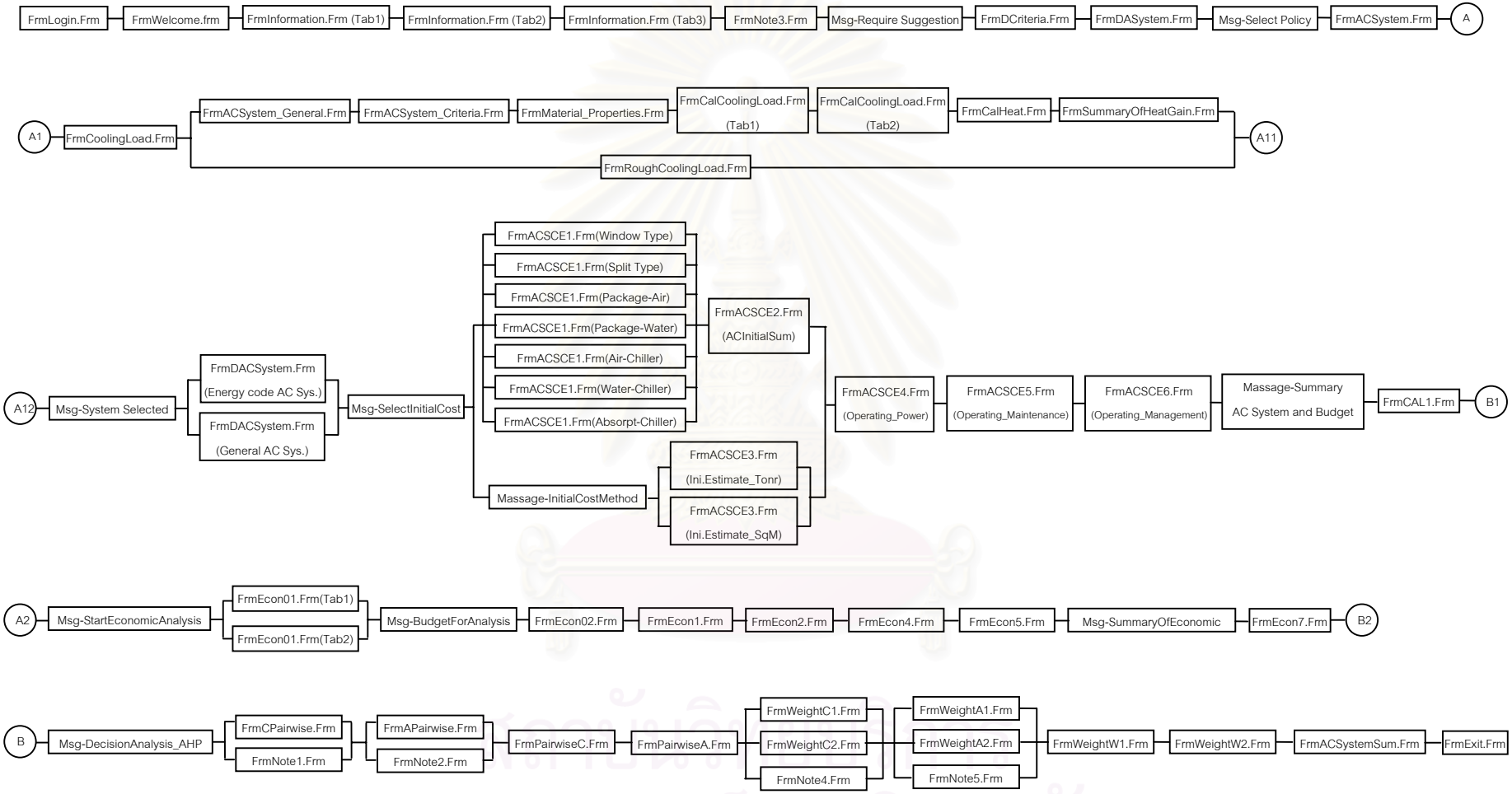
66) FrmEcon5.Frm : เป็นหน้าจอ สำหรับการคำนวณข้อมูลส่วน Economic ด้วยวิธี Incremental Analysis ของระบบปรับอากาศซึ่งจะคำนวณเปรียบเทียบทีละคู่

67) Msg-SummaryOfEconomic : เป็นหน้าจอ สำหรับแจ้งให้ผู้ใช้ทราบว่า จะแสดงสรุปข้อมูลที่ได้จากการคำนวณข้อมูล Economic Analysis ของระบบปรับอากาศทุกแบบในหน้าจอต่อไป

68) FrmEcon7.Frm : เป็นหน้าจอสำหรับสรุปผลการคำนวณ Decision Support Information ในส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์

โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน้าจอ ที่กล่าวมาทั้งหมดได้ดังรูปที่ 5.14

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

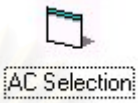


รูปที่ 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างหน้าจอ ในโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

5) การใช้งานของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

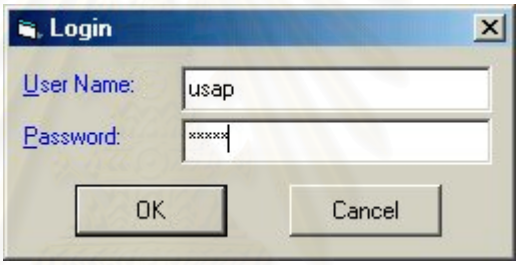
โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เพื่อใช้ในการเลือกใช้ระบบปรับอากาศนี้ มีการใช้งานซึ่งอธิบายโดยสรุปได้ดังนี้

- โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เริ่มต้นการใช้งานโดยการดับเบิ้ลคลิ๊กที่ Icon ชื่อว่า AC_Selection ซึ่งอยู่บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 5.15



รูปที่ 5.15 หน้าจอคอมพิวเตอร์ก่อนการเริ่มเข้าสู่การทำงานของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

- เมื่อดับเบิ้ลคลิ๊กที่ Icon ชื่อว่า AC_Selection จะเป็นการเริ่มเข้าสู่โปรแกรม โดยเป็นหน้าจอเพื่อ Login เข้าสู่การทำงานของโปรแกรม ดังรูปที่ 5.16

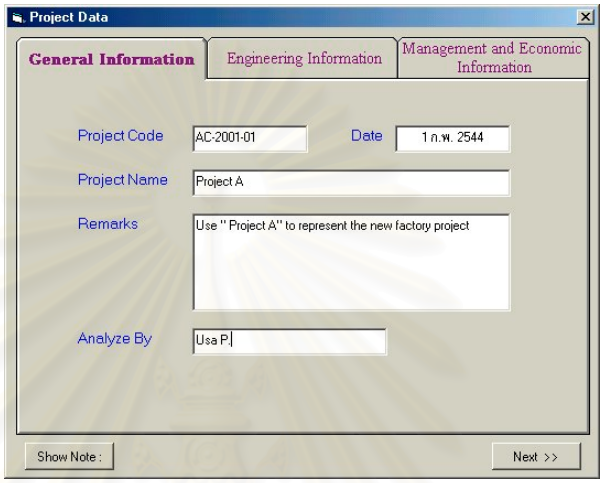


รูปที่ 5.16 หน้าจอแสดงการทำงานของฟอร์ม FrmLogin.frm

- หลังจากใส่ชื่อ User Name และ Password ที่ถูกต้อง ก็จะเข้าสู่หน้าจอหลักสำหรับโปรแกรม ซึ่งเป็นหน้าจอ ดังรูปที่ 5.17

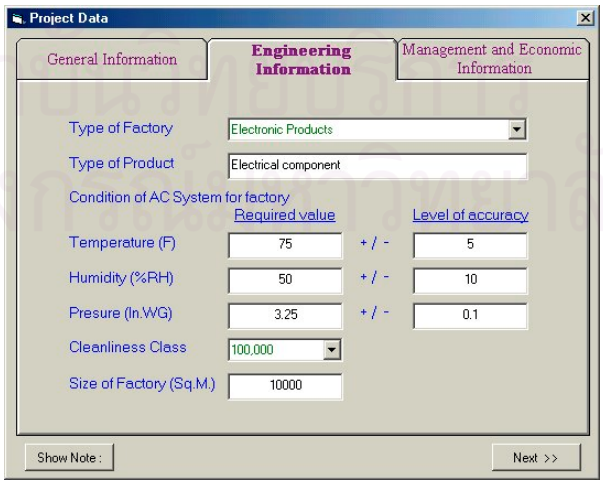
รูปที่ 5.17 หน้าจอแสดงการทำงานของฟอร์ม FrmWelcome.frm

- หลังจากคลิ๊กปุ่ม OK ที่หน้าจอหลักของโปรแกรมแล้วก็จะเริ่มทำงานในโปรแกรม โดยปรากฏหน้าจอของฟอร์ม FrmInformation.frm ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วน General Information ส่วน Engineering Information และส่วน Management and Economic Information โดยที่การเลือกส่วน General Information มีหน้าจอ ดังรูปที่ 5.18

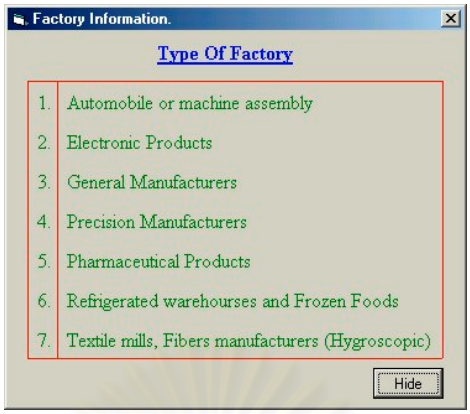


รูปที่ 5.18 หน้าจอแสดงการทำงานของฟอร์ม FrmInformation.frm ส่วน General Information

- จากหน้าจอของฟอร์ม FrmInformation.frm เลือกทำงานในส่วน Engineering Information มีหน้าจอ ดังรูปที่ 5.19 และในหน้าจอนี้มีส่วนที่ผู้ใช้ต้องเลือกประเภทของโรงงาน (Type of Factory) ซึ่งผู้ใช้สามารถคลิ๊กที่ปุ่ม Show Note เพื่อพิจารณารายละเอียดก่อนเลือก โดยมีหน้าจอของ Note ดังรูปที่ 5.20

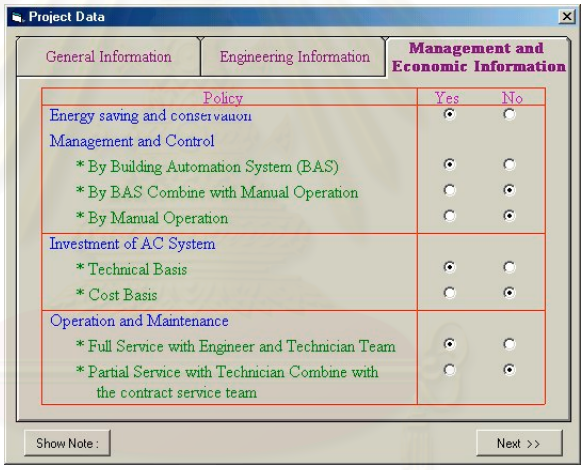


รูปที่ 5.19 หน้าจอแสดงฟอร์ม FrmInformation.frm ส่วน Engineering Information



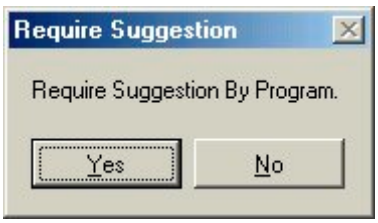
รูปที่ 5.20 หน้าจอแสดงฟอร์ม FrmNote3.frm ของ Factory Information

- จากหน้าจอของฟอร์ม FrmInformation.frm เลือกทำงานในส่วน Management and Economic Information มีหน้าจอ ดังรูปที่ 5.21



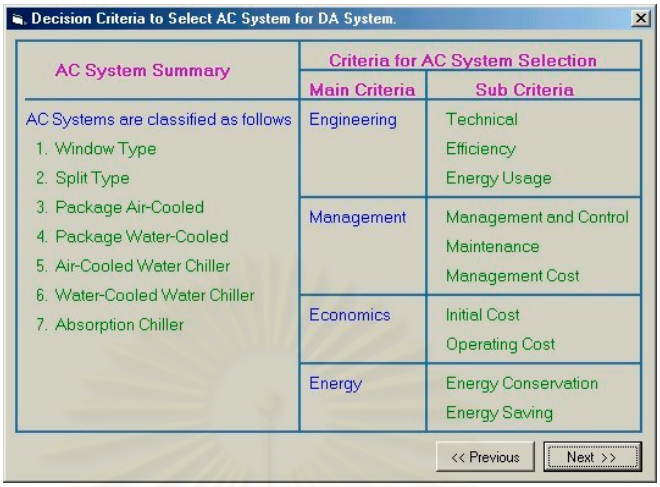
รูปที่ 5.21 หน้าจอของ FrmInformation.frm ส่วน Management and Economic Information

- ถ้าเลือก Next จากหน้าจอ FrmInformation.frm จะปรากฏหน้าจอ Massage-Require Suggestion ดังรูปที่ 5.22



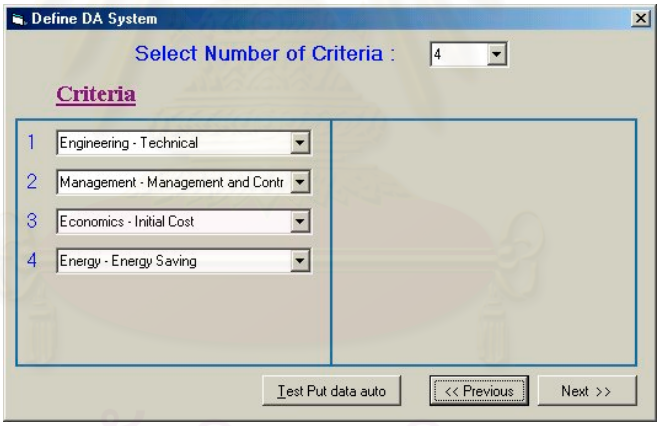
รูปที่ 5.22 หน้าจอ Massage-Require Suggestion

- ถ้าเลือก Yes จะปรากฏหน้าจอของฟอร์ม FrmDCriteria.frm ดังรูปที่ 5.23



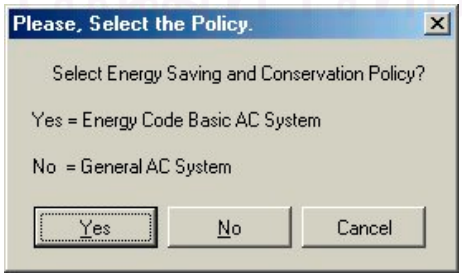
รูปที่ 5.23 หน้าจอของ FrmDCriteria.frm

- ถ้าเลือก Next จากรูปที่ 5.23 หรือ No จากรูปที่ 5.22 จะปรากฏหน้าจอของฟอร์ม FrmDASystem.frm ดังรูปที่ 5.24



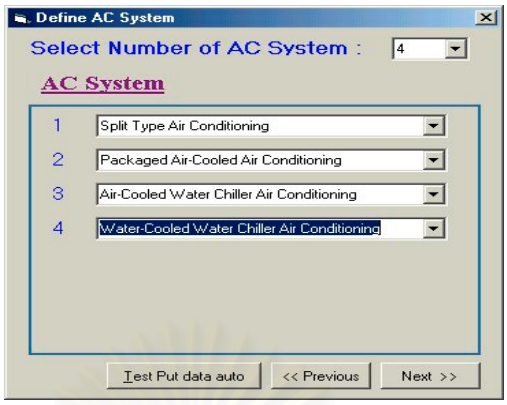
รูปที่ 5.24 หน้าจอของ FrmDaSystem.frm

- เลือก Next จากรูปที่ 5.24 จะปรากฏหน้าจอ Massage-Select Policy ดังรูป 5.25



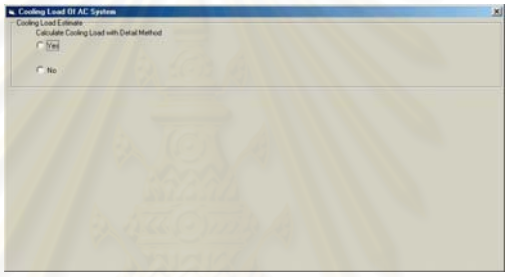
รูปที่ 5.25 หน้าจอของ Massage-Select Policy

- เลือก Yes จากรูปที่ 5.25 จะปรากฏหน้าจอของ FrmACSystem.frm ดังรูป 5.26



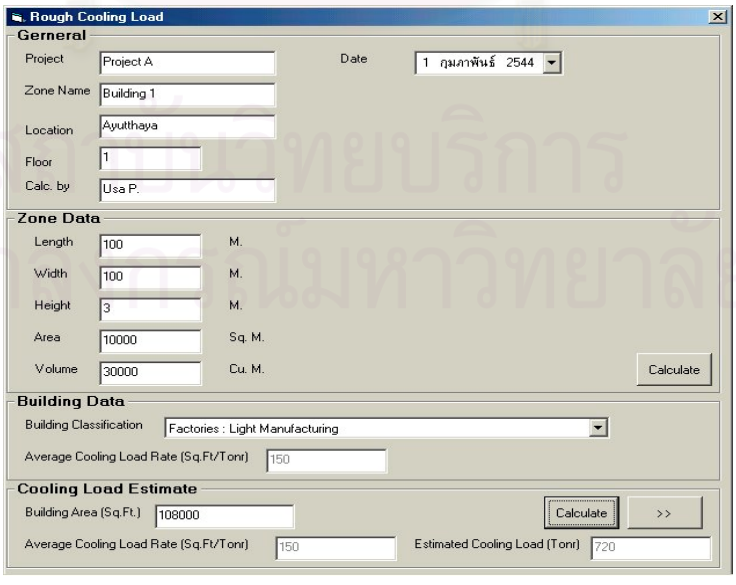
รูปที่ 5.26 หน้าจอของ FrmACSystem.frm

- เลือก Next จากรูปที่ 5.26 จะปรากฏหน้าจอของ FrmCoolingLoad.frm ดังรูป 5.27



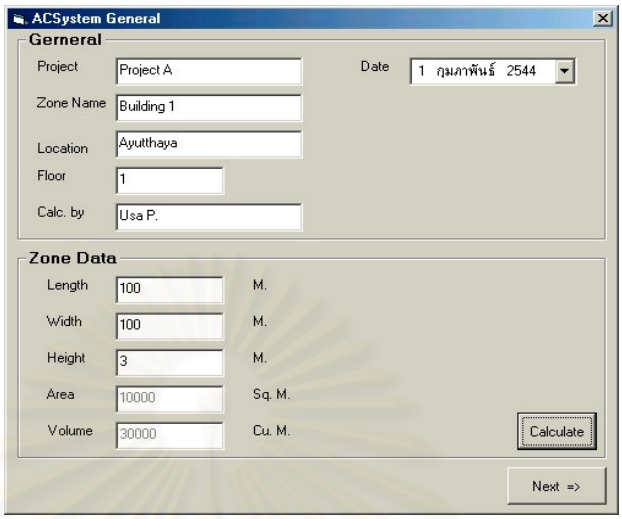
รูปที่ 5.27 หน้าจอของ FrmCoolingLoad.frm

- เลือกคำนวณ Cooling Load แบบประมาณ จากรูปที่ 5.27 จะปรากฏหน้าจอของ FrmRoughCoolingLoad.frm ดังรูป 5.28



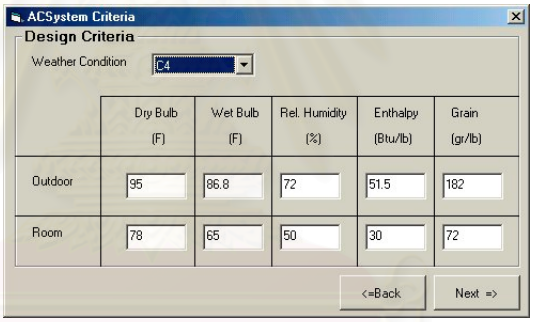
รูปที่ 5.28 หน้าจอของ FrmRoughCoolingLoad.frm

- เลือกคำนวณ Cooling Load แบบละเอียด จากรูปที่ 5.27 จะปรากฏหน้าจอของ FrmACSystem_General.frm ดังรูป 5.29



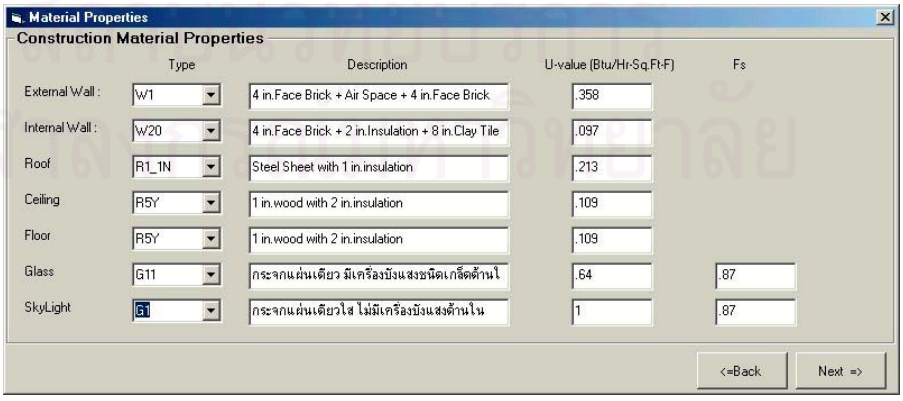
รูปที่ 5.29 หน้าจอของ FrmACSystem_General.frm

- เลือก AC System Criteria จากหน้าจอ FrmACSystem_Criteria.frm ดังรูป 5.30



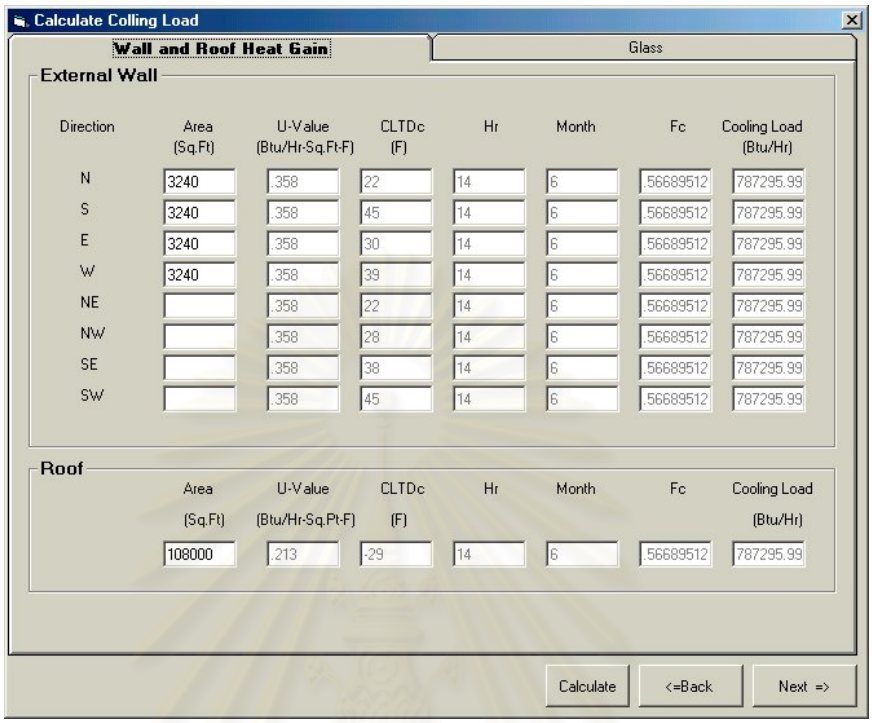
รูปที่ 5.30 หน้าจอของ FrmACSystem_Criteria.frm

- กำหนด Building Material จากหน้าจอ FrmMaterial_Properties.frm ดังรูป 5.31

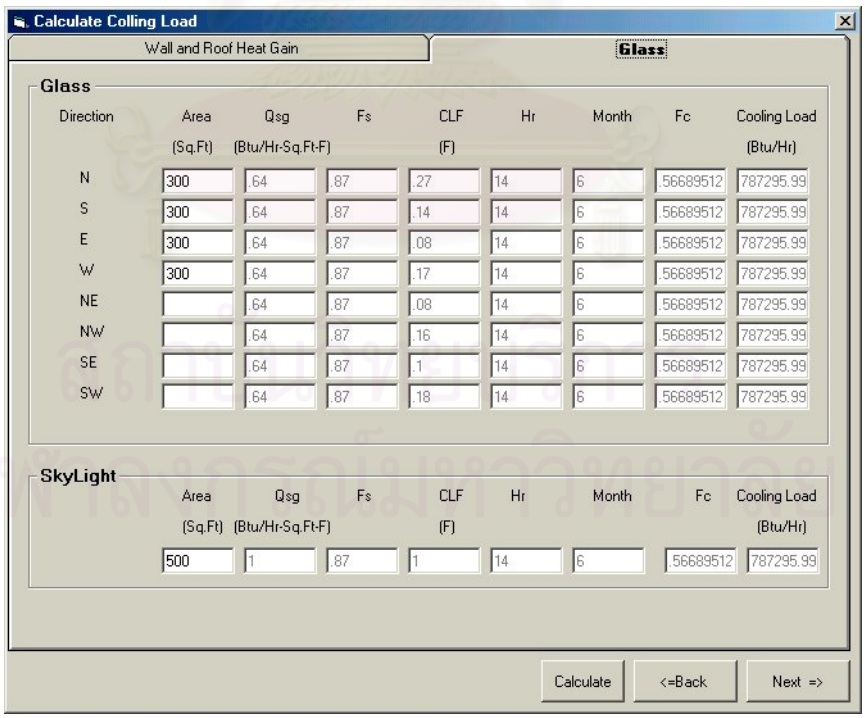


รูปที่ 5.31 หน้าจอของ FrmMaterial_Properties.frm

- คำนวณCooling Load แบบละเอียดส่วนผนังจากหน้าจอ FrmCalCoolingLoad.frm และ ส่วนกระจกจากหน้าจอของ FrmCalCoolingLoad.frm ดังรูป 5.32

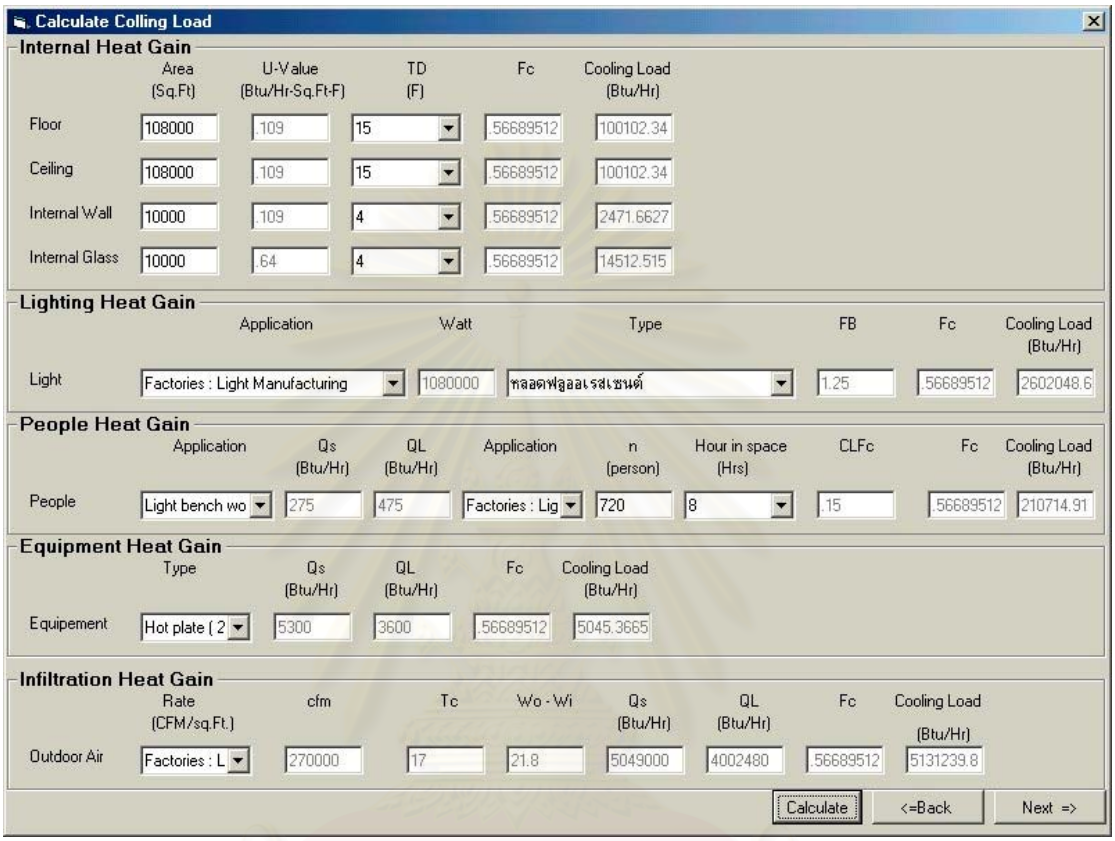


รูปที่ 5.32 หน้าจอของ FrmCalCoolingLoad.frm Tab1



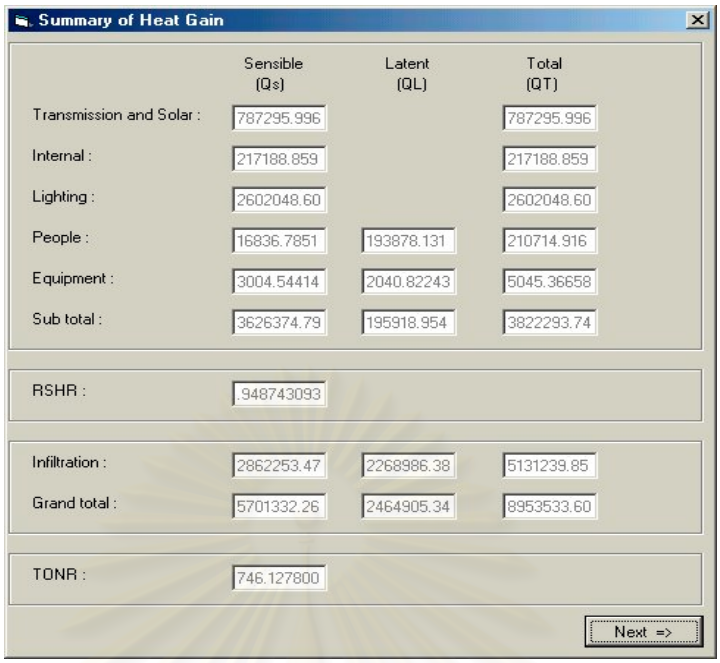
รูปที่ 5.32 หน้าจอของ FrmCalCoolingLoad.frm Tab 2

- คำนวณ Cooling Load ส่วนผนังภายใน ไฟฟ้า คน และอุปกรณ์ต่างๆ จากหน้าจอของ FrmCalHeat.frm ดังรูป 5.33



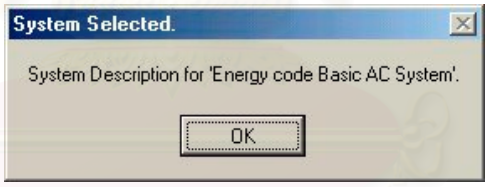
รูปที่ 5.33 หน้าจอของ FrmCalHeat.frm

- สรุปผลการคำนวณ Cooling Load แบบละเอียด จากหน้าจอของ FrmSummaryOfHeatGain.frm ดังรูป 5.34

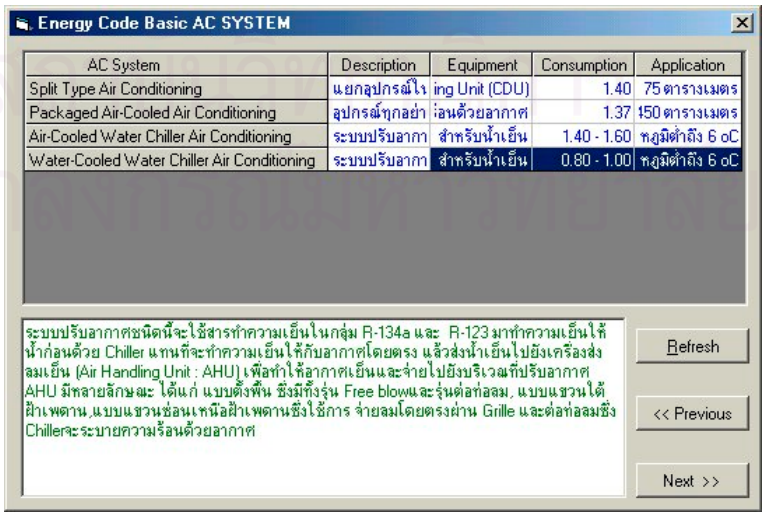


รูปที่ 5.34 หน้าจอของ FrmSummaryOfHeatGain.frm

- หลังจากคำนวณ Cooling Load เสร็จแล้ว จะเริ่มคำนวณ Budget ซึ่งเริ่มจากหน้าจอของ Massage-System Selected ดังรูป 5.35 แล้วแสดงข้อมูลของอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศที่พิจารณา ด้วยฟอร์ม FrmDACSystem.frm ดังรูปที่ 5.36

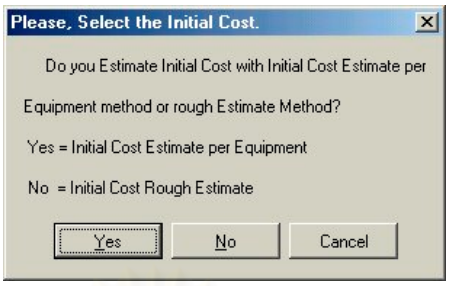


รูปที่ 5.35 หน้าจอของ Massage-System Selected



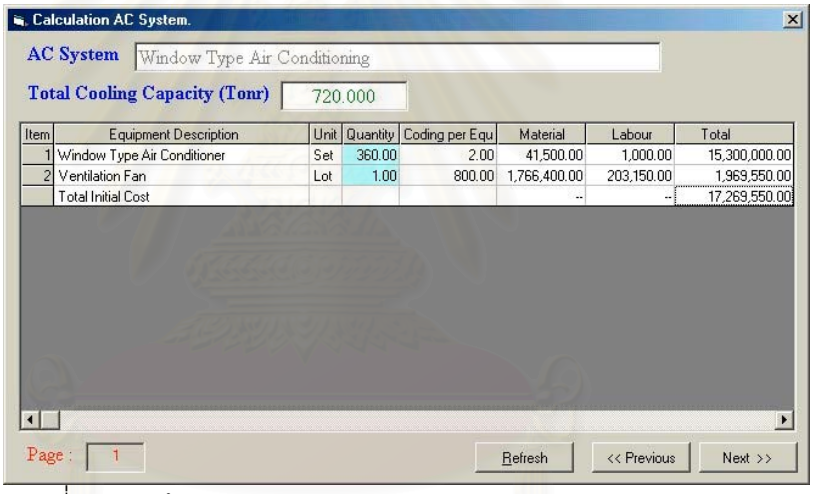
รูปที่ 5.36 หน้าจอของ FrmDACSystem.frm

- เลือกวิธีคำนวณ Budget ส่วน Initial Cost จากหน้าจอของ Massage-Select Initial Cost ดังรูป 5.37



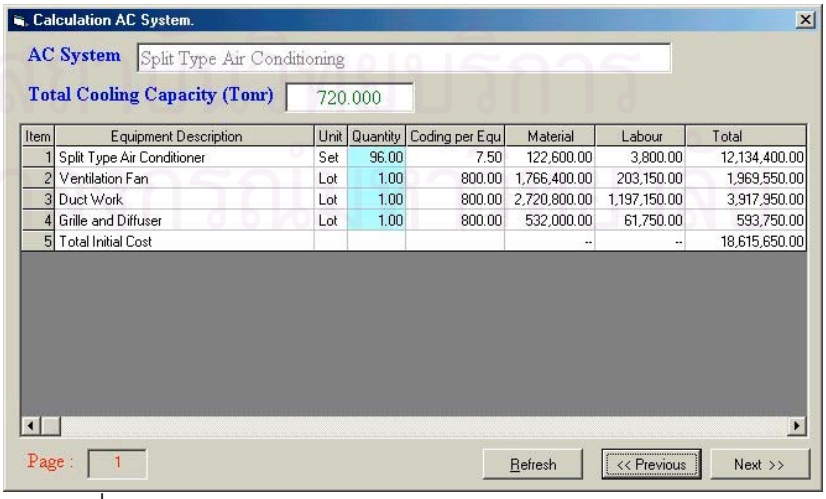
รูปที่ 5.37 หน้าจอของ Massage-Select Initial Cost

- เลือกคำนวณ Initial Cost แบบละเอียดโดยคำนวณจากอุปกรณ์ โดยเลือก Yes จากหน้าจอของ Massage-Select Initial Cost เพื่อคำนวณ Budget ด้วยตารางใน FrmACSCE1.frm ซึ่งแบ่งออกเป็น 7 ตารางย่อยตามประเภทของระบบปรับอากาศ ดังรูป 5.38 ถึง 5.44



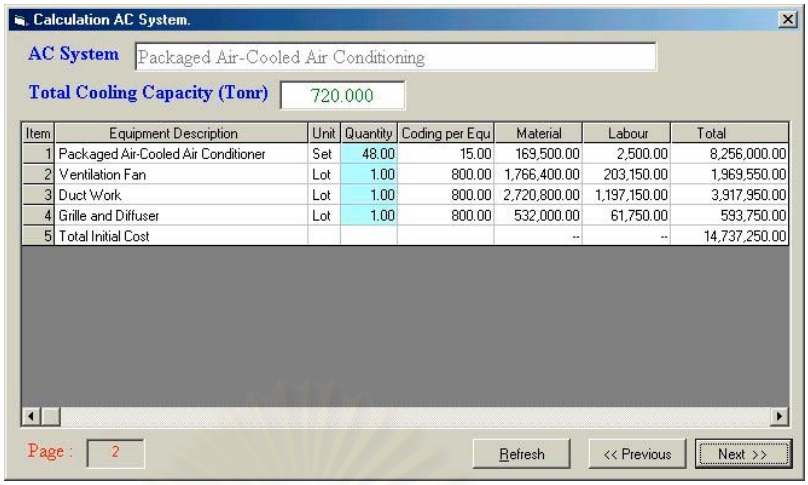
Item	Equipment Description	Unit	Quantity	Coding per Equ	Material	Labour	Total
1	Window Type Air Conditioner	Set	360.00	2.00	41,500.00	1,000.00	15,300,000.00
2	Ventilation Fan	Lot	1.00	800.00	1,766,400.00	203,150.00	1,969,550.00
	Total Initial Cost				--	--	17,269,550.00

รูปที่ 5.38 หน้าจอของ FrmACSCE.frm (Window Type AC)

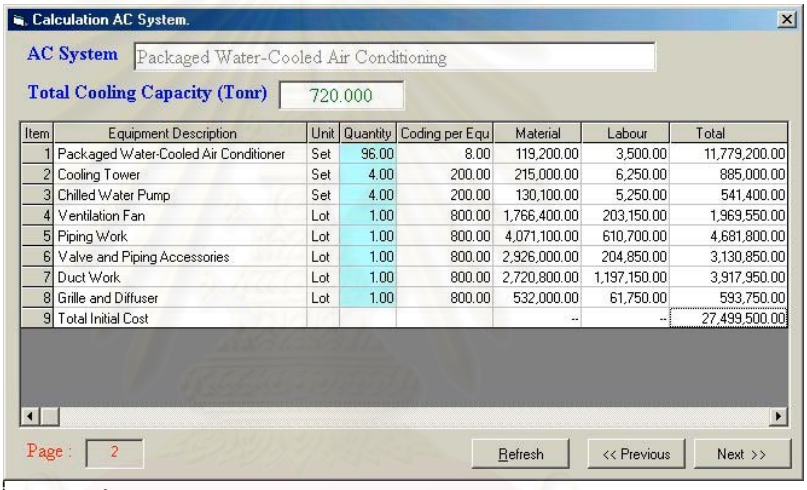


Item	Equipment Description	Unit	Quantity	Coding per Equ	Material	Labour	Total
1	Split Type Air Conditioner	Set	96.00	7.50	122,600.00	3,800.00	12,134,400.00
2	Ventilation Fan	Lot	1.00	800.00	1,766,400.00	203,150.00	1,969,550.00
3	Duct Work	Lot	1.00	800.00	2,720,800.00	1,197,150.00	3,917,950.00
4	Grille and Diffuser	Lot	1.00	800.00	532,000.00	61,750.00	593,750.00
5	Total Initial Cost				--	--	18,615,650.00

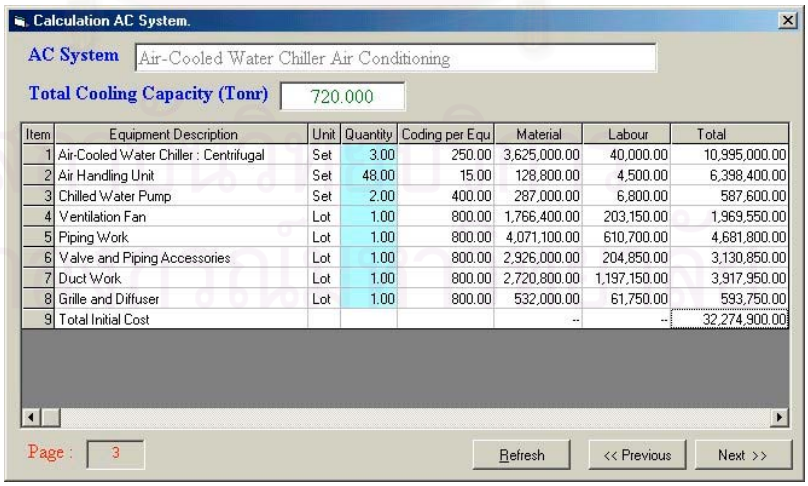
รูปที่ 5.39 หน้าจอของ FrmACSCE.frm (Split Type AC)



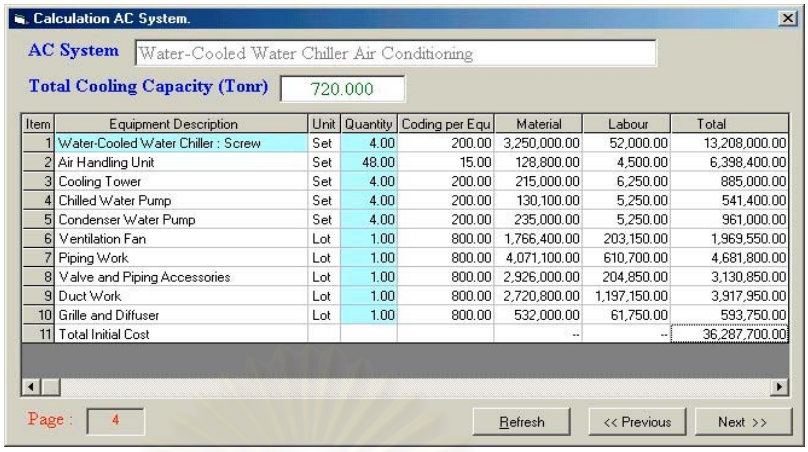
รูปที่ 5.40 หน้าจอของ FrmACSCE.frm (Package Air-Cooled AC)



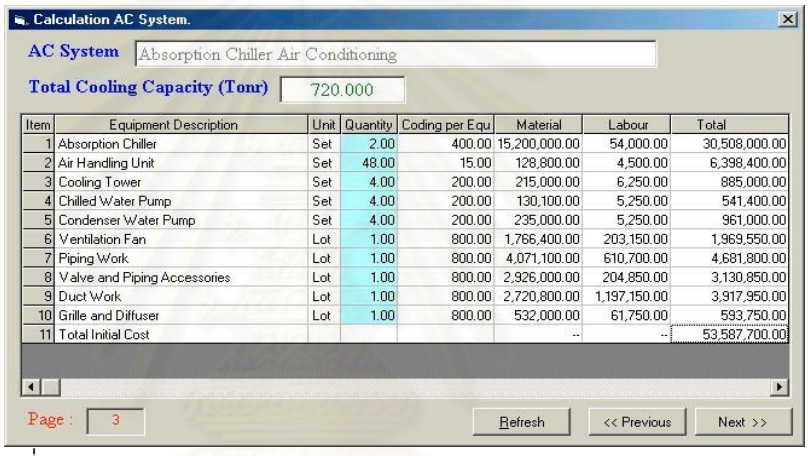
รูปที่ 5.41 หน้าจอของ FrmACSCE.frm (Package Water-Cooled AC)



รูปที่ 5.42 หน้าจอของ FrmACSCE.frm (Air-Cooled Chiller AC)

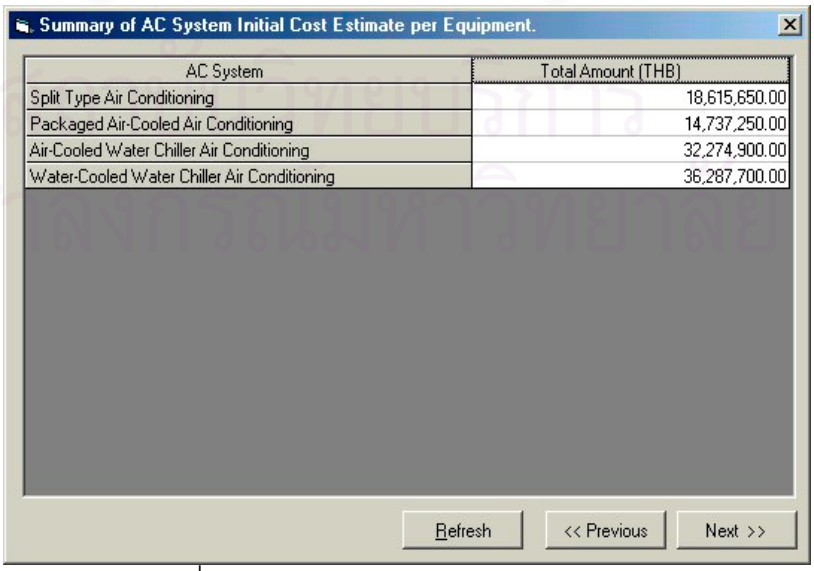


รูปที่ 5.43 หน้าจอของ FrmACSCE.frm (Water-Cooled Chiller AC)



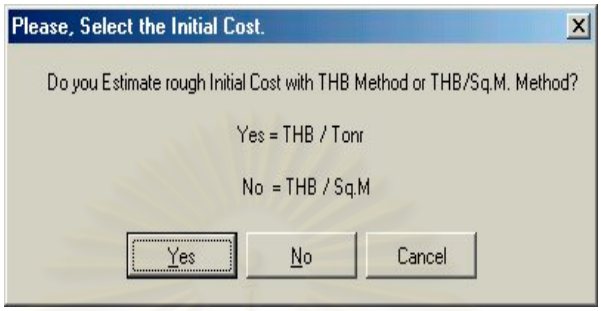
รูปที่ 5.44 หน้าจอของ FrmACSCE.frm (Absorption Chiller AC)

- แสดงสรุปผลการคำนวณ Initial Cost แบบละเอียดตามอุปกรณ์ จากหน้าจอของ FrmACSCE2.frm ดังรูป 5.45



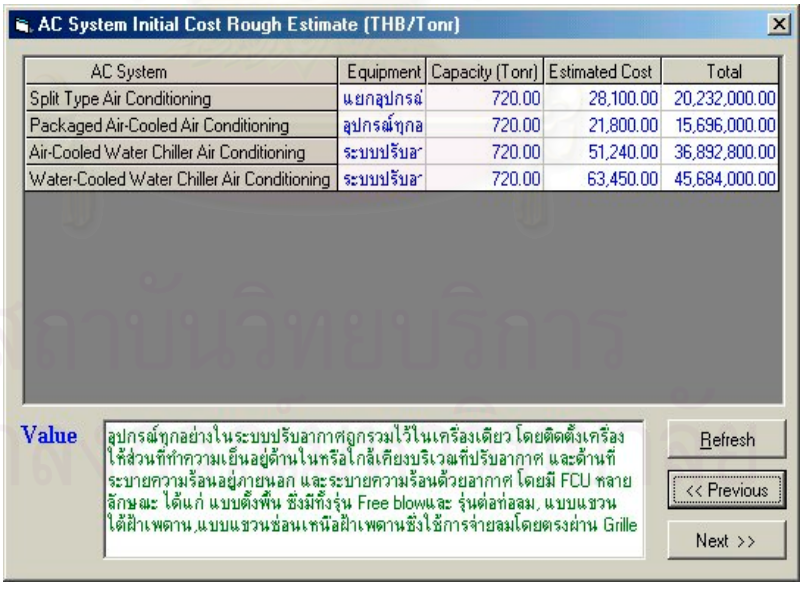
รูปที่ 5.45 หน้าจอของ FrmACSCE2.frm

- ถ้าเลือกคำนวณ Initial Cost แบบประมาณโดยเลือก No จากหน้าจอของ Massage-Select Initial Cost แล้วจะปรากฏหน้าจอ Massage-Initial Cost Method เพื่อเลือกวิธีการคำนวณแบบประมาณว่า เป็นแบบประมาณต่อ Tonr ความเย็น หรือแบบประมาณต่อพื้นที่ ดังรูป 5.46



รูปที่ 5.46 หน้าจอของ Massage-Initial Cost Method

- เลือกวิธีการคำนวณ Initial Cost แบบประมาณต่อ Tonr ความเย็น โดยเลือก Yes ซึ่งจะเข้าสู่การคำนวณด้วยหน้าจอของ FrmACSCE3.frm Tab1 ดังรูป 5.47

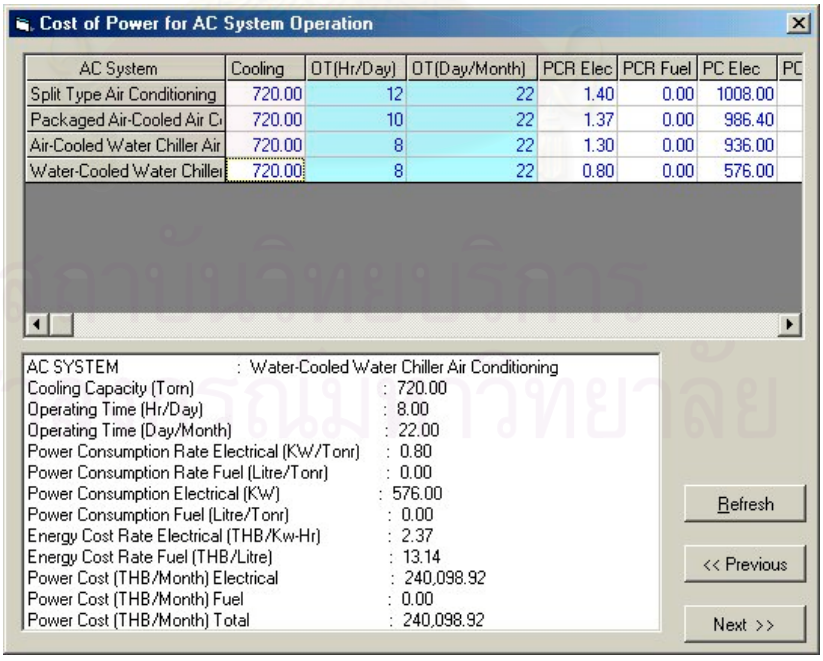


รูปที่ 5.47 หน้าจอของ FrmACSCE3.frm (Tab1)

- เลือกวิธีการคำนวณ Intial Cost แบบประมาณต่อพื้นที่ โดยเลือก No ซึ่งจะเข้าสู่การคำนวณด้วยหน้าจอของ FrmACSCE3.frm Tab2 ดังรูป 5.48

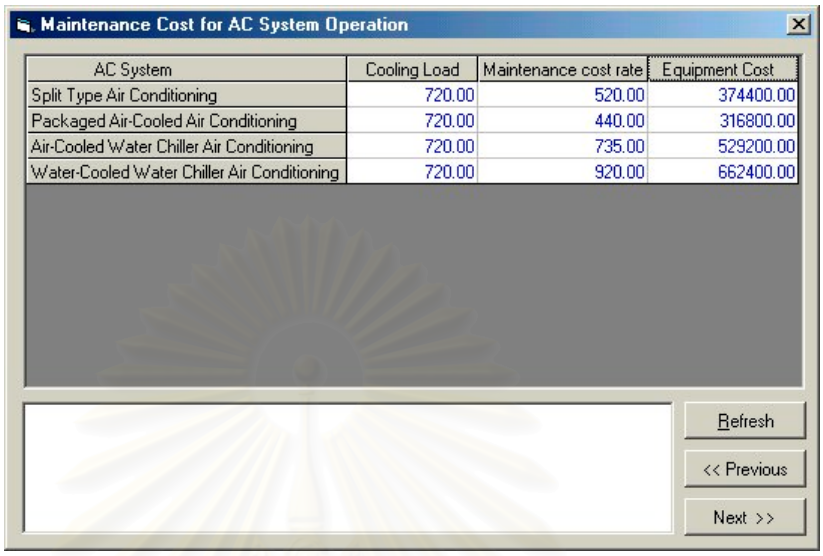
รูปที่ 5.48 หน้าจอของ FrmACSCE3.frm Tab2

- คำนวณ Operating Cost ส่วนของ Power Cost ของการใช้งานจากหน้าจอของ FrmACSCE4.frm ดังรูป 5.49



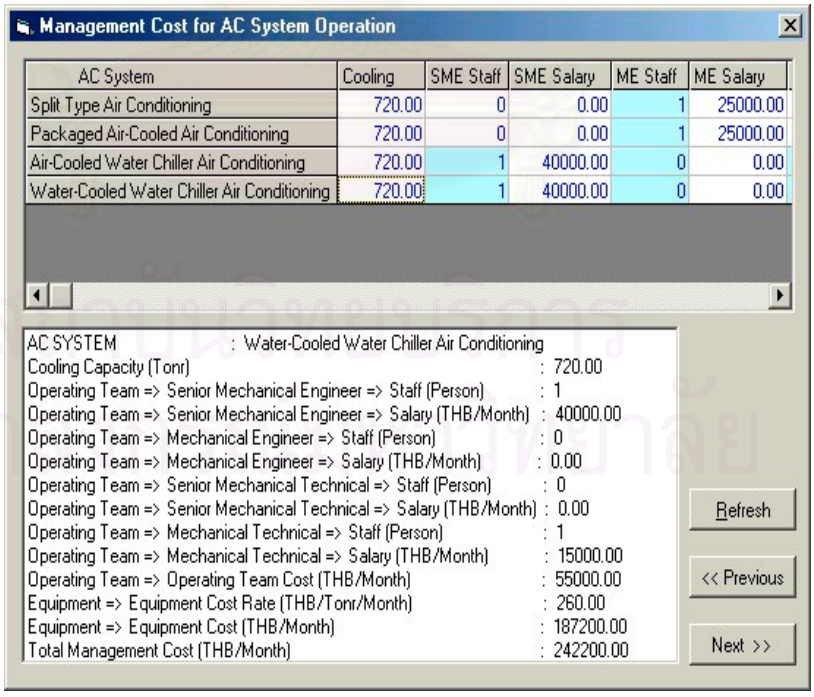
รูปที่ 5.49 หน้าจอของ FrmACSCE4.frm

- คำนวณ Operating Cost ส่วนของ Maintenance Cost ของการใช้งานจากหน้าจอของ FrmACSCE5.frm ดังรูป 5.50



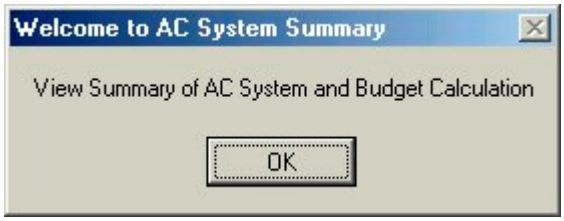
รูปที่ 5.50 หน้าจอของ FrmACSCE5.frm

- คำนวณ Operating Cost ส่วนของ Management Cost ของการใช้งานจากหน้าจอของ FrmACSCE6.frm ดังรูป 5.51



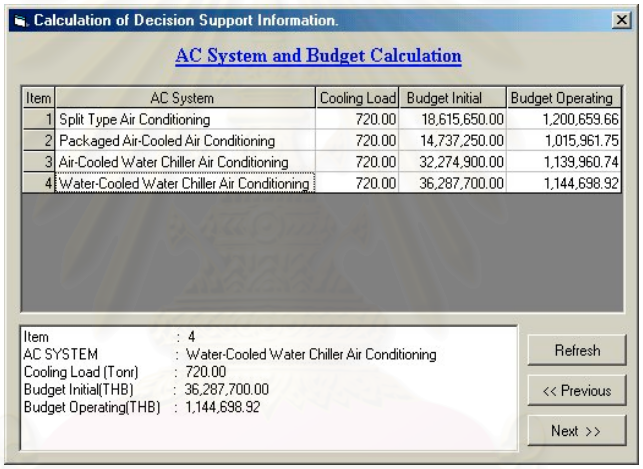
รูปที่ 5.51 หน้าจอของ FrmACSCE6.frm

- หลังจากคำนวณ Budget แล้วจะให้ผู้ใช้โปรแกรมยืนยันให้แสดงสรุปจากหน้าจอของ Massage-Summary AC system and Budget ดังรูป 5.52



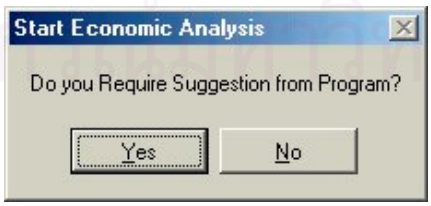
รูปที่ 5.52 หน้าจอของ Massage-Summary AC System and Budget

- แสดงสรุปผลการคำนวณ Cooling Load และ Budget ทั้งส่วน Initial Cost และ Operating Cost จากหน้าจอของ FrmCal1.frm ดังรูป 5.53



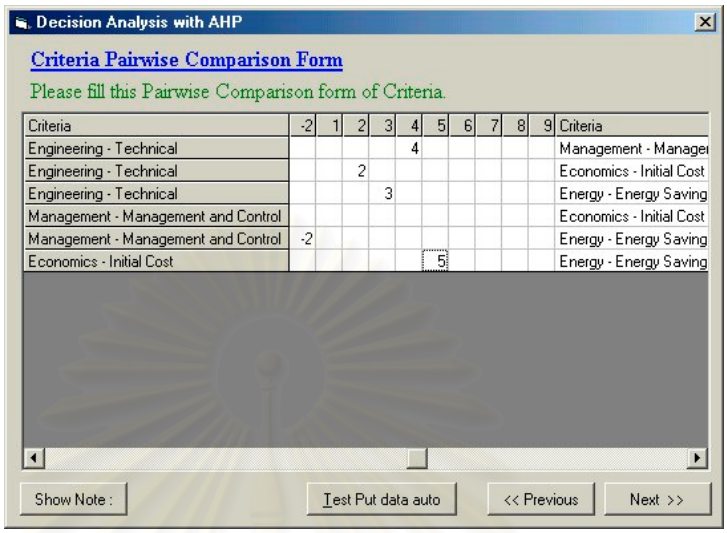
รูปที่ 5.53 หน้าจอของ FrmCal1.frm

- หลังจากคำนวณ Cooling Load และ Budget เสร็จแล้ว จะเริ่มคำนวณส่วน Economic Analysis ซึ่งเริ่มจากหน้าจอของ Massage-Start Economic Analysis ดังรูป 5.54



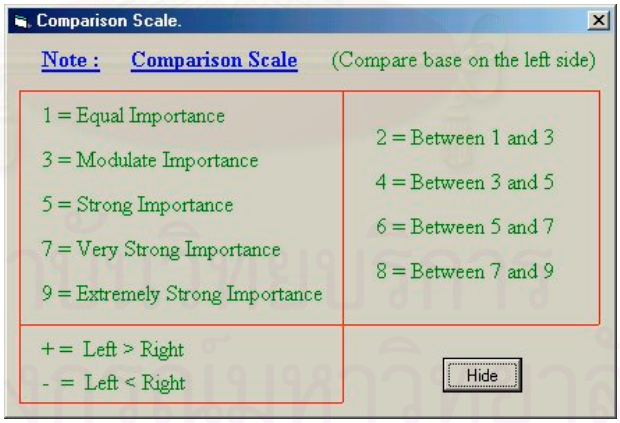
รูปที่ 5.54 หน้าจอของ Massage-Start Economic analysis

- เริ่มการวิเคราะห์ตัดสินใจตามหลักการ AHP ด้วยการเปรียบเทียบให้คะแนนแบบ Pair wise ของ Criteria ในแบบฟอร์มของหน้าจอ FrmCPairwise.frm ดังรูป 5.55



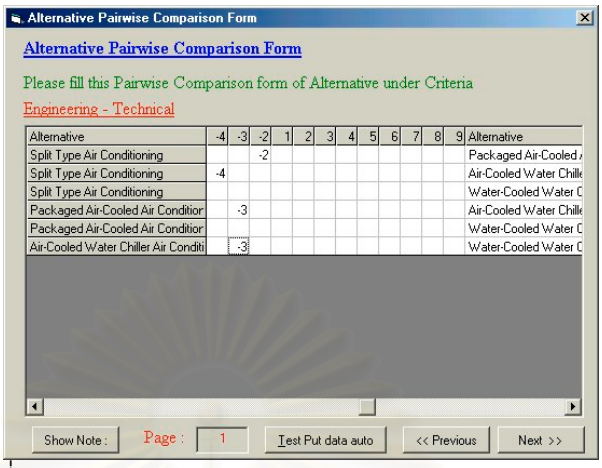
รูปที่ 5.55 หน้าจอของ FrmCPairwise.frm

- ในการเปรียบเทียบให้คะแนนแบบ Pair wise ในแบบฟอร์มมีเกณฑ์ในการให้คะแนนดังแสดงในหน้าจอ FrmNote1.frm ดังรูป 5.56

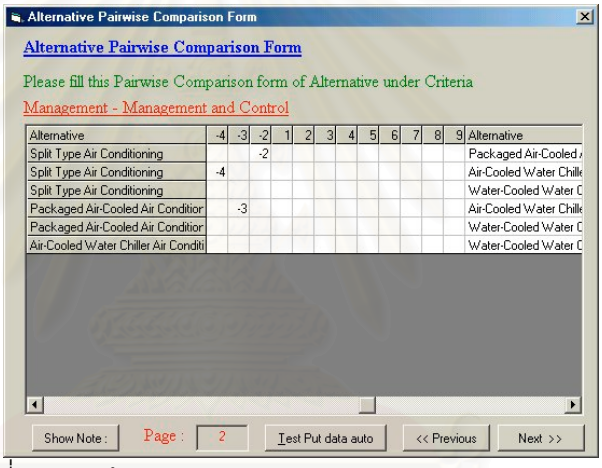


รูปที่ 5.56 หน้าจอของ FrmNote1.frm

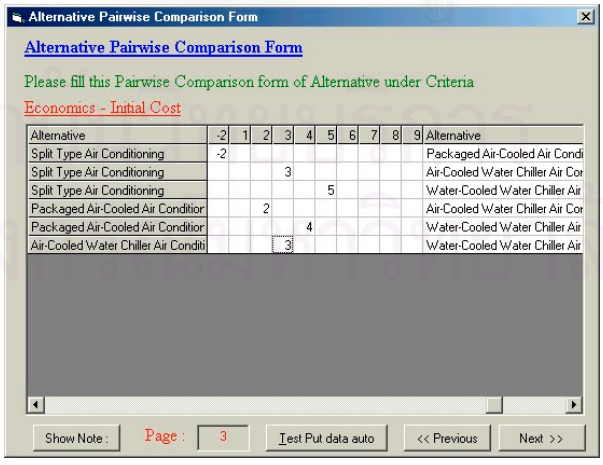
- การเปรียบเทียบให้คะแนนแบบ Pair wise ของ Alternative (AC System) ภายใต้ Criteria แต่ละตัว ในแบบฟอร์มของหน้าจอ FrmAPairwise.frm ดังรูป 5.57



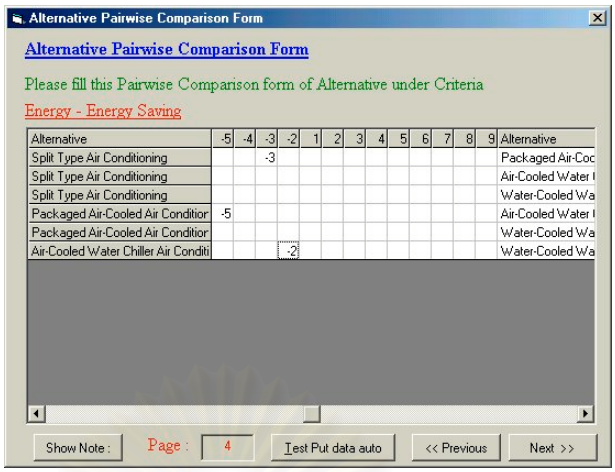
รูปที่ 5.57 หน้าจอของ FrmAPairwise.frm (Criteria1)



รูปที่ 5.58 หน้าจอของ FrmAPairwise.frm (Criteria2)

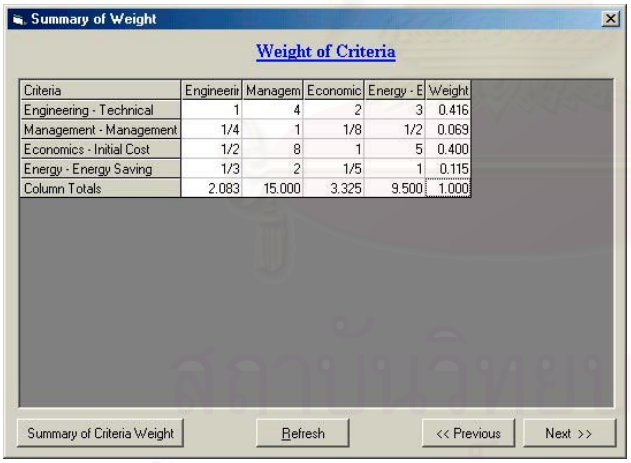


รูปที่ 5.59 หน้าจอของ FrmAPairwise.frm (Criteria3)

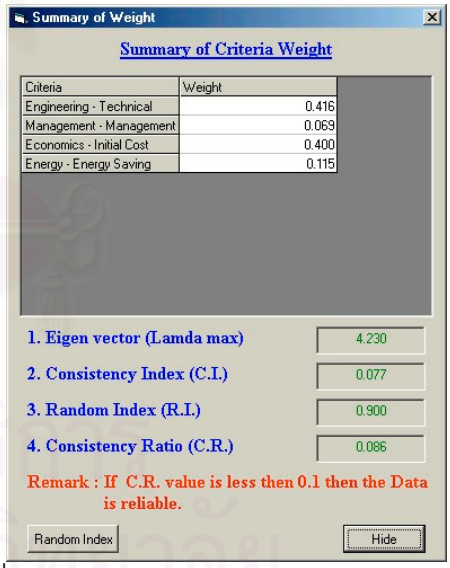


รูปที่ 5.60 หน้าจอของ FrmAPairwise.frm (Criteria4)

- นำคะแนนจากการเปรียบเทียบให้คะแนนแบบ Pair wise ของ Criteria ในแบบฟอร์มของหน้าจอ FrmCPairwise.frm มาคำนวณหาน้ำหนักของแต่ละ Criteria ดังแสดงในหน้าจอ FrmWeightC1.frm ดังรูป 5.61 และการคำนวณหาค่า CR เพื่อพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล ดังแสดงในหน้าจอ FrmWeightC2.frm ดังรูป 5.62

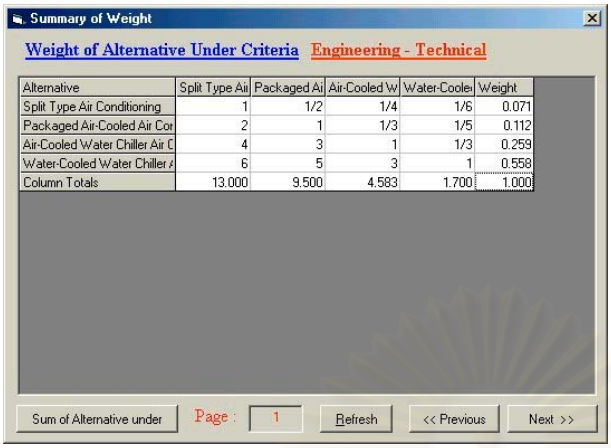


รูปที่ 5.61 หน้าจอของ FrmWeightC1.frm

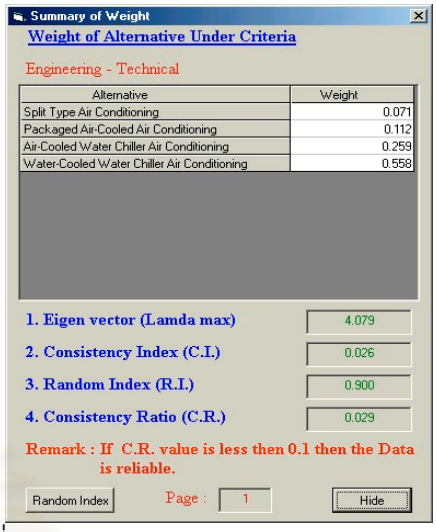


รูปที่ 5.62 หน้าจอของ FrmWeightC2.frm

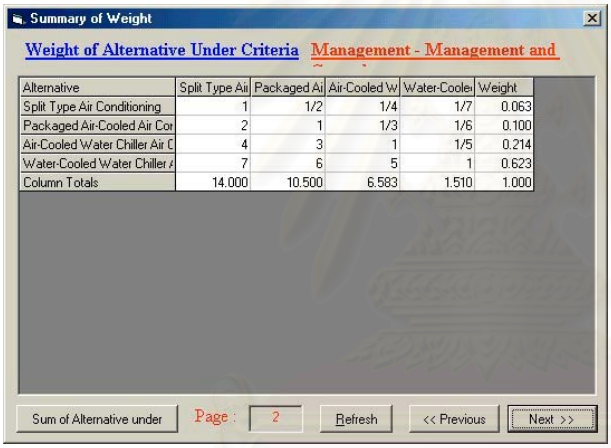
แล้วนำคะแนนจากการเปรียบเทียบให้คะแนนแบบ Pair wise ของ Alternative ในแบบฟอร์มของหน้าจอ FrmAPairwise.frm มาคำนวณหาน้ำหนักของแต่ละ Alternative ภายใต้แต่ละ Criteria ดังแสดงในหน้าจอ FrmWeightA1.frm ดังรูป 5.63 , 5.65 , 5.67 , และ 6.59 แล้วทำการคำนวณหาค่า Lamda, IR, และ CR เพื่อพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลดังแสดงในหน้าจอ FrmWeightA2.frm ดังรูป 5.64 , 5.66 , 5.68 , และ 5.70



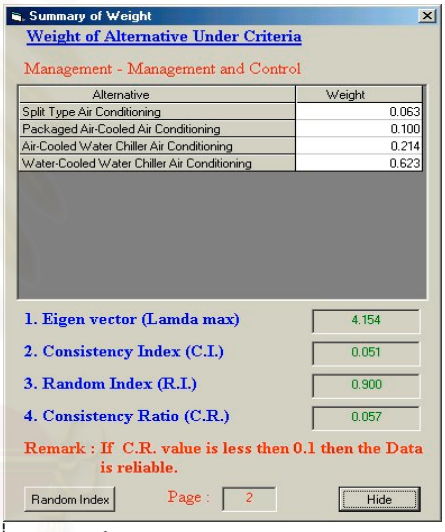
รูปที่ 5.63 หน้าจอของ FrmWeightA1.frm



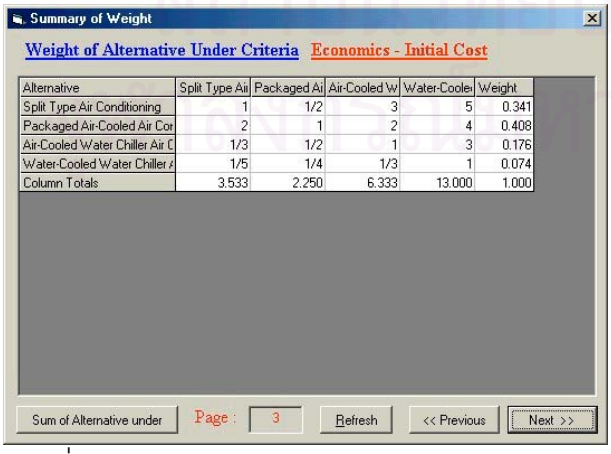
รูปที่ 5.64 หน้าจอของ FrmWeightA2.frm



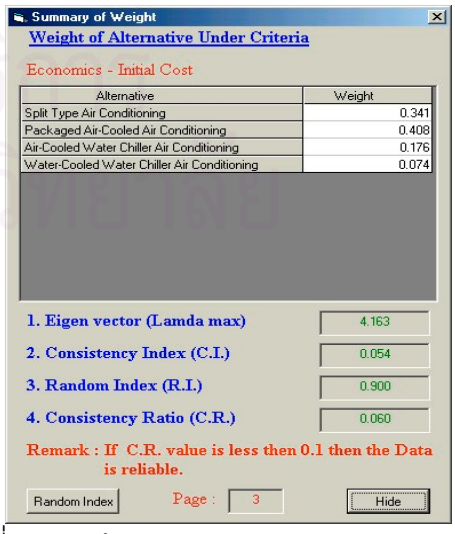
รูปที่ 5.65 หน้าจอของ FrmWeightA1.frm



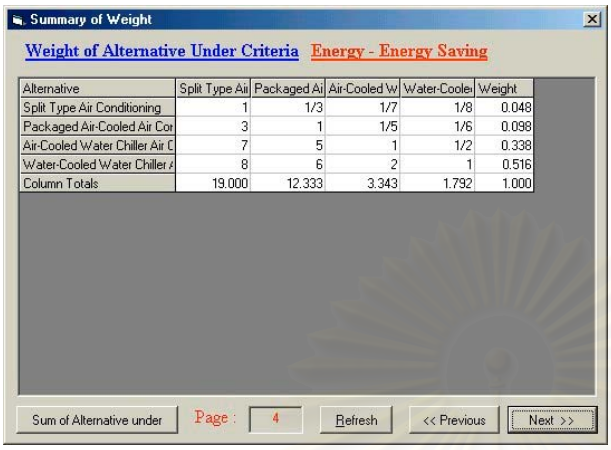
รูปที่ 5.66 หน้าจอของ FrmWeightA2.frm



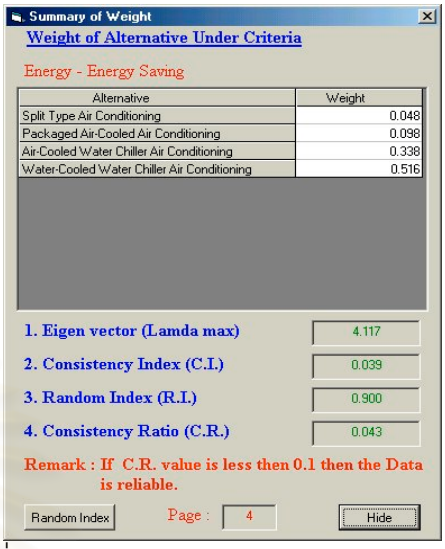
รูปที่ 5.67 หน้าจอของ FrmWeightA1.frm



รูปที่ 5.68 หน้าจอของ FrmWeightA2.frm

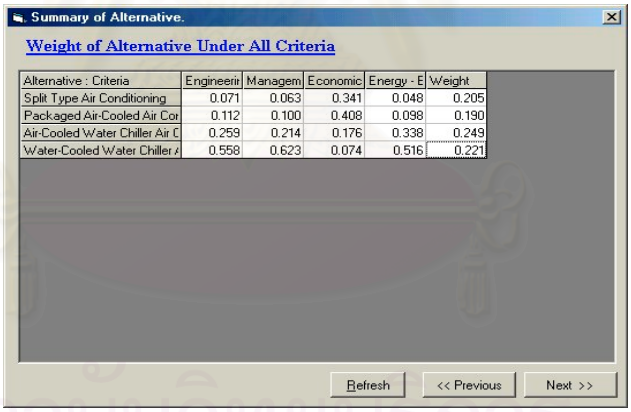


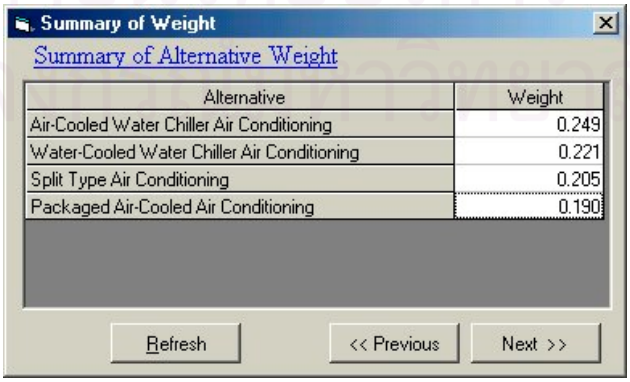
รูปที่ 5.69 หน้าจอของ FrmWeightA1.frm



รูปที่ 5.70 หน้าจอของ FrmWeightA2.frm

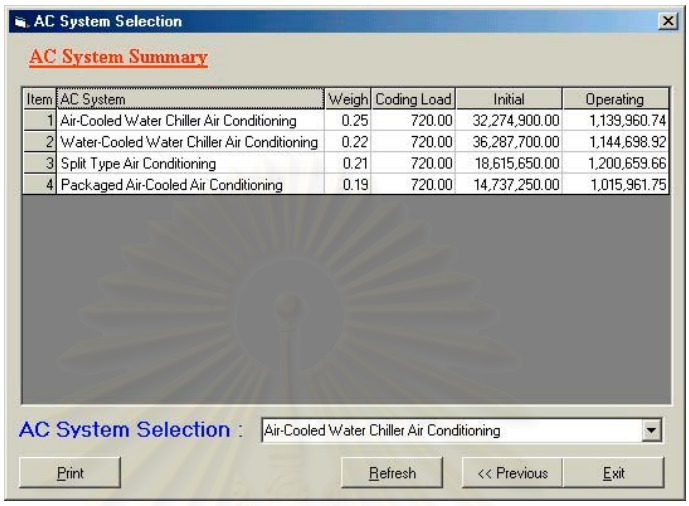
- คำนวณคะแนนน้ำหนักรวมของ Alternative ภายใต้ทุก Criteria ดังแสดงในหน้าจอ FrmWeightW1.frm ดังรูป 5.71





รูปที่ 5.71 หน้าจอของ FrmWeightW1.frm

- แสดงสรุปผลการวิเคราะห์หา Cooling Load , Budget ส่วน Initial Cost และ Operating Cost ,และคะแนนน้ำหนักสรุปของ AC System แต่ละระบบ รวมทั้งแสดงระบบที่ได้รับเลือกจากการใช้โปรแกรม ดังแสดงในหน้าจอ FrmACSystmSum.frm ดังรูป 5.72



รูปที่ 5.72 หน้าจอของ FrmACSystemSum.frm

- เมื่อต้องการจบการทำงานของโปรแกรม ให้คลิ๊กที่ปุ่ม Exit แล้วจะปรากฏหน้าจอ FrmExit.frm ดังรูป 5.73

รูปที่ 5.73 หน้าจอของ FrmExit.frm

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.5 การนำระบบสนับสนุนการตัดสินใจไปใช้งานโดยใช้โปรแกรมที่ออกแบบเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงาน

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือก ระบบปรับอากาศ ที่จัดทำขึ้น ประกอบด้วยขั้นตอนของกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ โดยมีโปรแกรมที่ออกแบบพัฒนาขึ้นเป็นเครื่องมือช่วยในการประมวลผล ซึ่งกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศมีขั้นตอน ดังนี้

1. รวบรวมข้อมูล

2. โปรแกรมคำนวณ Cooling load

3. ตัดสินใจว่า จะใช้ระบบปรับอากาศแบบใดบ้าง และต้องการอนุรักษ์พลังงานหรือไม่

4. โปรแกรมคำนวณ Cost

5. รวบรวมข้อมูลของ A/C System แต่ละแบบที่สนใจ

6. โปรแกรมคำนวณข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ของ A/C System แต่ละแบบ

7. ตัดสินใจแต่ละทางเลือกภายใต้ปัจจัยหลักและปัจจัยรองอื่นๆ โดยหลักการ AHP

8. โปรแกรมคำนวณคะแนน ประเมินผลของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ

9. รวบรวมและแสดงผลการประเมินของการเลือกระบบปรับอากาศแบบต่างๆ

10. ตัดสินใจว่า จะเลือกระบบปรับอากาศแบบใด

โปรแกรมที่ออกแบบ และพัฒนาขึ้นสำหรับใช้เป็นระบบสนับสนุนในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยโปรแกรม ประกอบด้วย ส่วนของการคำนวณภาระการทำความเย็น ส่วนการประมาณมูลค่าเงินในการลงทุนติดตั้ง และค่าใช้จ่ายในการใช้งานระบบปรับอากาศ ส่วนของการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ และส่วนของคำนวณคะแนนประเมินผลของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์การตัดสินใจตามหลักการของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ภายใต้ปัจจัยต่างๆ ที่ผู้ตัดสินใจคำนึงถึงในการเลือกใช้ระบบปรับอากาศ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมก็จะเป็นระบบปรับอากาศที่

มีคุณสมบัติในการทำงานเหมาะสมตามที่ผู้ใช้โปรแกรมต้องการ ซึ่งการหาผลลัพธ์เหล่านี้ในกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่ใช้อยู่ในปัจจุบันต้องกระทำโดยอาศัยการทำงานร่วมกันของบุคคลหลายกลุ่มสำหรับการพิจารณา และรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมนี้ ดังนั้นจึงใช้โปรแกรมที่ออกแบบขึ้นนี้มาเป็นเครื่องมือช่วยในการพิจารณาข้อมูลแทนการทำงานด้วยบุคคลหลายกลุ่มตามวิธีการเดิมเพื่อใช้ในตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสม

การใช้งานระบบสนับสนุนการตัดสินใจโดยนำโปรแกรมที่จัดทำขึ้นไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีการศึกษา และ ดำเนินการ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ที่ประกอบด้วย

1. การทดสอบระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ และโปรแกรมที่ออกแบบ
2. ขั้นตอนของกระบวนการตัดสินใจเลือก ระบบปรับอากาศ โดยใช้โปรแกรมที่ออกแบบเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์
3. เปรียบเทียบระหว่างระบบการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศโดยใช้โปรแกรมที่ออกแบบเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ และระบบการตัดสินใจที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน
4. การทดลองนำโปรแกรมที่ออกแบบไปใช้งานจริงโดยใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์เพื่อเลือกระบบปรับอากาศ

5.5.1 การทดสอบระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศและโปรแกรมที่ออกแบบ

การทดสอบระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศและโปรแกรมที่ออกแบบ โดยทดสอบการทำงานของโปรแกรม และนำข้อมูลของโครงการในอดีต มาวิเคราะห์และประมวลผลด้วยระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศและโปรแกรมที่ออกแบบ เพื่อให้ได้ผลจากการวิเคราะห์ ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลของภาระการทำความเย็น มูลค่าเงินในการลงทุนติดตั้ง และค่าใช้จ่ายในการใช้งาน ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ และคะแนนประเมินระบบปรับอากาศซึ่งวิเคราะห์ตามหลักการของ AHP ภายใต้ปัจจัยที่ผู้ตัดสินใจคำนึงถึงในการเลือกใช้

ระบบปรับอากาศ แล้วพิจารณาเปรียบเทียบความถูกต้องของผลการวิเคราะห์ และข้อมูลที่ได้รับจากการเลือกระบบปรับอากาศด้วย ระบบสนับสนุนการตัดสินใจแบบเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศและโปรแกรมที่ออกแบบ หากเปรียบเทียบแล้วปรากฏว่า ผลการวิเคราะห์ และข้อมูลที่ได้จากระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศและโปรแกรมที่ออกแบบ ยังไม่ถูกต้องก็จะตรวจสอบหาจุดบกพร่อง และแก้ไขจนกว่าจะได้ผลที่ถูกต้องในที่สุด

จากการเปรียบเทียบ ผลการวิเคราะห์ และข้อมูล ที่ได้รับจากการเลือกระบบปรับอากาศด้วย ระบบสนับสนุนการตัดสินใจแบบเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศและโปรแกรมที่ออกแบบ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 ตารางเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์และข้อมูลที่ได้ จากการเลือกระบบปรับอากาศด้วย ระบบสนับสนุนการตัดสินใจแบบเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศและโปรแกรมที่ออกแบบ

สิ่งที่พิจารณา		ข้อมูลจากระบบสนับสนุนการตัดสินใจแบบเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน	ข้อมูลจากระบบสนับสนุนการตัดสินใจและโปรแกรมที่ออกแบบ	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
กระบวนการ	ผลการวิเคราะห์และข้อมูล			
การคำนวณขนาดการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ	ข้อมูลของภาระการทำความเย็น	878 Tonr	894 Tonr	1.8
การคำนวณงบประมาณ	มูลค่าเงินในการลงทุนติดตั้ง และค่าใช้จ่ายในการใช้งาน	23,857,200	23,500,000	1.52
การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	ไม่มี	มี	-
การเปรียบเทียบระบบปรับอากาศแบบต่างๆ	คะแนนประเมินระบบปรับอากาศซึ่งวิเคราะห์ตามหลักการของ AHP	-	-	เท่ากัน
การเลือกระบบปรับอากาศ	ระยะเวลาในการวิเคราะห์	ประมาณ 5 เดือน	ประมาณ 4 เดือน	20

จากตารางที่แสดงจะเห็นได้ว่า ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศและโปรแกรมที่ออกแบบ มีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลที่หลากหลายกว่าการเลือกระบบปรับอากาศด้วยระบบสนับสนุนการตัดสินใจแบบเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน นอกจากนี้โปรแกรมที่ออกแบบยังช่วยลดเวลาในการพิจารณาข้อมูลในกระบวนการตัดสินใจโดยที่ผลการวิเคราะห์และข้อมูลที่ได้รับก็มีความถูกต้องด้วย

5.5.2 ขั้นตอนของกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ โดยใช้โปรแกรมที่ออกแบบเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์

โปรแกรมที่จัดทำขึ้นนี้จะใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยโปรแกรมมีคุณสมบัติในการทำงานดังกล่าวไว้ข้างต้น คือ คำนวณภาระการทำความเย็น ประมาณมูลค่าเงินในการลงทุนติดตั้งและค่าใช้จ่ายในการใช้งานระบบปรับอากาศ วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ และวิเคราะห์ตัดสินใจตามหลักการ AHP จนได้ผลลัพธ์เป็นระบบปรับอากาศที่เหมาะสมตามที่ผู้ใช้โปรแกรมต้องการแล้วจึงใช้วิธีการขั้นตอนที่เหลือเช่นเดียวกับวิธีการที่ทำอยู่ในปัจจุบัน คือ การให้บริษัทที่ปรึกษาคำนวณและจัดทำแบบแปลนโดยละเอียด ทำการประมูล และพิจารณาเลือกผู้รับเหมาติดตั้งระบบปรับอากาศ โดยวิธีนี้จะใช้เวลาในการทำงานประมาณ 3 ถึง 4 เดือน ซึ่งใช้เวลาลดลงจากวิธีการที่กระทำอยู่ในปัจจุบันประมาณ 1 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วนับว่าใช้เวลาและ แรงงานลดลง หากนำมาคิดเทียบเป็นค่าใช้จ่ายก็นับว่ามีมูลค่าต่ำลงเช่นกัน โดยกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่ใช้โปรแกรมที่จัดทำขึ้นมาช่วยในขั้นตอนการวิเคราะห์ความเป็นไปได้เบื้องต้นจนกระทั่งได้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมนี้ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนการทำงาน ซึ่งมีรายละเอียดของเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน และบุคคลที่เกี่ยวข้องสำหรับการทำงานแต่ละขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 5.74

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.74 ขั้นตอนของกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ
โดยใช้โปรแกรมที่จัดทำขึ้นเป็นเครื่องมือช่วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.5.3 เปรียบเทียบระหว่างระบบการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศโดยใช้โปรแกรมที่ออกแบบเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์และระบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

จากระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่กระทำกันในปัจจุบัน ดังรายละเอียดที่กล่าวไว้แล้วในบทที่ 4 ซึ่งมี 3 รูปแบบ คือ

(1) การตัดสินใจโดยการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบโดยผู้ตัดสินใจคนเดียว

(2) การตัดสินใจโดยกระบวนการประเมิน และการตัดสินใจของคณะกรรมการ

(3) การตัดสินใจโดยระบบสนับสนุนการตัดสินใจด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ระบบการตัดสินใจทั้ง 3 รูปแบบนี้ จะเป็นการพิจารณาเลือกระบบปรับอากาศ โดยมีขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดโดยสรุป ดังนี้

(1) การกำหนด นโยบาย เกณฑ์ และ เงื่อนไข ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

(2) การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และ ประเมิน ทางเลือกของระบบปรับอากาศประเภทต่างๆ

(3) การพิจารณา ตัดสินใจ เลือกระบบปรับอากาศ

เปรียบเทียบระบบการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบัน และระบบการตัดสินใจโดยใช้โปรแกรมที่ออกแบบเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งมีข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 5.13

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.13 การเปรียบเทียบระหว่างระบบการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบัน และระบบการตัดสินใจโดยใช้โปรแกรมที่ออกแบบเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์

ขั้นตอนการตัดสินใจ	ระบบการตัดสินใจที่ใช้ในปัจจุบัน			ระบบการตัดสินใจโดยใช้โปรแกรมที่ออกแบบเป็น เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์
	ผู้ตัดสินใจคนเดียว	การตัดสินใจของคณะกรรมการ	ระบบสนับสนุนการตัดสินใจด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป	
การกำหนด นโยบาย เกณฑ์ และเงื่อนไข ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ	1.การตัดสินใจคำนึงถึงกฎเกณฑ์เฉพาะด้านที่ผู้ตัดสินใจสนใจเท่านั้น เช่น เทคนิค การจัดการ เศรษฐศาสตร์	1.การตัดสินใจคำนึงถึงกฎเกณฑ์เฉพาะด้านที่คณะกรรมการสนใจ 2. ไม่มีรูปแบบการพิจารณามูลค่าเงินและภาระการทำความเย็น	1.ไม่มีรูปแบบการพิจารณามูลค่าเงินและภาระการทำความเย็น 2.มีรูปแบบการพิจารณาให้คะแนนทางเลือกและปัจจัย	1.มีรูปแบบการพิจารณาให้คะแนนทางเลือกและปัจจัย
การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น วิเคราะห์เปรียบเทียบและประเมินทางเลือกของระบบปรับอากาศประเภทต่างๆ	1.ผู้ตัดสินใจต้องมีความรู้ด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ การจัดการ และการเงินเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล 2.ให้ผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์ข้อมูล	1.การตัดสินใจด้วยคณะกรรมการซึ่งประกอบด้วยบุคคลหลายท่านจะทำให้ได้ผลที่ดีกว่าแบบแรกเพราะอาจประกอบด้วย ผู้มีความรู้ความชำนาญหลายๆด้าน	1.โปรแกรมมีข้อจำกัดของรูปแบบการใช้งานที่ต้องเป็นไปตามลักษณะของโปรแกรม ทำให้ไม่สามารถใช้กับปัญหาบางอย่างที่มีลักษณะไม่ตรงกับโปรแกรม	1.โปรแกรมมีรูปแบบการพิจารณา มูลค่าเงินและภาระการทำความเย็นมีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์
การพิจารณา ตัดสินใจ เลือกระบบปรับอากาศ	1. ตัดสินใจเลือกระบบที่ผู้ตัดสินใจสนใจ	1. การมีผู้ตัดสินใจหลายท่าน อาจมีการขัดแย้งกันในด้านความเห็นในการประเมินแต่ลดปัญหาเรื่องความลำเอียง 2.ตัดสินใจเลือกระบบที่มีคะแนนประเมินสูงสุด	1. มีรูปแบบการนำเสนอที่ดีและหลากหลาย 2. ถ้ามีผู้ตัดสินใจหลายท่าน โปรแกรมจะประมวลผลจากค่าเฉลี่ยของแต่ละท่าน	1. โปรแกรมจะประมวลผลหาน้ำหนักของทางลือกจากคะแนนที่ให้ 2.ผู้ตัดสินใจพิจารณาผลจากโปรแกรมที่มีคะแนนประเมินก่อนตัดสินใจเลือกระบบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับการพิจารณาและรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสม ตลอดจนการพิจารณาเลือกผู้รับเหมาติดตั้งระบบปรับอากาศด้วยของกระบวนการในปัจจุบันซึ่งต้องกระทำโดยอาศัยการทำงานร่วมกันของบุคคลหลายกลุ่มในแต่ละขั้นตอน ต้องใช้เวลาในการทำงานเหล่านี้ประมาณ 4 ถึง 5 เดือน ซึ่งนับว่าใช้เวลา และแรงงานค่อนข้างมาก หากนำมาคิดเป็นค่าใช้จ่ายก็นับว่ามีมูลค่าสูงเช่นเดียวกัน โดยกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ประกอบด้วย 7 ขั้นตอนการทำงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5.14 ดังนี้

ตารางที่ 5.14 กระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ขั้นตอนที่	รายละเอียด	ผู้ดำเนินการ	ระยะเวลาที่ใช้โดยประมาณ (วัน)
1	การกำหนดนโยบายสำหรับการติดตั้งระบบปรับอากาศ	ผู้บริหาร หรือ วิศวกรโรงงาน	10
2	การออกแบบและประเมินราคาเบื้องต้น สำหรับการติดตั้งและการเปรียบเทียบระบบปรับอากาศประเภทต่างๆ	วิศวกร หรือ บริษัทที่ปรึกษา	20
3	การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับการลงทุนและการเปรียบเทียบระบบปรับอากาศประเภทต่างๆ	บริษัทที่ปรึกษา	10
4	การพิจารณาเลือกประเภทระบบปรับอากาศที่จะใช้ติดตั้ง	ผู้บริหาร หรือ เจ้าของโรงงาน	5
5	การออกแบบโดยละเอียดและประเมินราคากลาง สำหรับการติดตั้งระบบปรับอากาศ	วิศวกร หรือ บริษัทที่ปรึกษา	60
6	การเปิดประมูล สำหรับการติดตั้งระบบปรับอากาศ	บริษัทที่ปรึกษา และ ผู้รับเหมา	20
7	การเปรียบเทียบผู้รับเหมาที่จะใช้ติดตั้งระบบปรับอากาศ	วิศวกร หรือ บริษัทที่ปรึกษา	10
8	การพิจารณาเลือกผู้รับเหมาติดตั้งระบบปรับอากาศ	ผู้บริหาร หรือ เจ้าของโรงงาน	5

สำหรับกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่ใช้โปรแกรมที่จัดทำขึ้นเป็นเครื่องมือสำหรับการประมวลผล และวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนต่างๆ คือ การคำนวณภาระการทำความเย็น และกำหนดอุปกรณ์หลักของระบบ การประเมินราคาเบื้องต้นสำหรับการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบต่างๆ การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ การเปรียบเทียบระบบปรับอากาศประเภทต่างๆ ด้วยหลักการ AHP แล้วจึงนำข้อมูลสรุปที่ได้ไปให้ผู้บริหารพิจารณาและตัดสินใจเลือกประเภทระบบปรับอากาศที่เหมาะสมที่จะติดตั้ง ส่วนขั้นตอนการจัดทำแบบแปลนโดยละเอียด และการเลือกผู้รับเหมายังคงใช้วิธีการเดิม ซึ่งวิธีการของระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่จัดทำขึ้นโดยใช้โปรแกรมที่จัดทำขึ้นเป็นเครื่องมือช่วยนี้จะใช้เวลาประมาณ 3 ถึง 4 เดือนซึ่งลดลงจากวิธีการเดิมประมาณ 1 เดือน โดยกระบวนการใหม่นี้ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนการทำงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5.15 ดังนี้

ตารางที่ 5.15 กระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศโดยใช้โปรแกรมที่จัดทำเป็นเครื่องมือ

ขั้นตอนที่	รายละเอียด	ผู้ดำเนินการ	ระยะเวลาที่ใช้โดยประมาณ (วัน)
1	การกำหนดนโยบายสำหรับการติดตั้งระบบปรับอากาศ	ผู้บริหาร หรือ วิศวกรโรงงาน	10
2	การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม โดยพิจารณาข้อมูลดังนี้ - การคำนวณภาระการทำความเย็น และ กำหนดอุปกรณ์หลักของระบบ - การประเมินราคาเบื้องต้นสำหรับการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบต่างๆ - การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ ของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ - การเปรียบเทียบระบบปรับอากาศประเภทต่างๆ ด้วยหลักการ AHP - การพิจารณาเลือกประเภทระบบปรับอากาศที่จะติดตั้ง	ผู้บริหาร หรือ วิศวกรโรงงาน	5
3	การออกแบบโดยละเอียดและประเมินราคากลาง สำหรับการติดตั้งระบบปรับอากาศ	วิศวกร หรือ บริษัทที่ปรึกษา	60
4	การเปิดประมูล สำหรับการติดตั้งระบบปรับอากาศ	บริษัทที่ปรึกษา และ ผู้รับเหมา	20
5	การเปรียบเทียบผู้รับเหมาที่จะใช้ติดตั้งระบบปรับอากาศ	วิศวกร หรือ บริษัทที่ปรึกษา	10
6	การพิจารณาเลือกผู้รับเหมาติดตั้งระบบปรับอากาศ	ผู้บริหาร หรือ เจ้าของโรงงาน	5

5.5.4 การทดลองนำโปรแกรมที่ออกแบบไปใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์เพื่อเลือกระบบปรับอากาศ

ทดลองนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบ ไปทดลองใช้งานจริงในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ โดยนำโปรแกรมนี้ไปใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลในการคำนวณภาระการทำความเย็น การประมาณมูลค่าการลงทุนติดตั้ง และค่าใช้จ่ายในการใช้งานระบบปรับอากาศ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ และการวิเคราะห์ตัดสินใจตามหลักการ AHP จนได้ผลลัพธ์เป็นระบบปรับอากาศที่เหมาะสมตามที่ผู้ใช้โปรแกรมต้องการ โดยนำโปรแกรมไปทดลองใช้งานพร้อมทั้งจัดทำแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ที่ใช้โปรแกรม เพื่อรวบรวมเป็นข้อมูลสำหรับวัดผลโปรแกรม แล้วยังสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาและปรับปรุงโปรแกรม โดยที่แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ที่ใช้โปรแกรมนี้แสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ข และการนำโปรแกรมไปทดลองใช้งานนี้จะไปทดลองและสอบถามข้อมูลจากบุคคล 4 กลุ่ม คือ

ก. กลุ่มผู้บริหารโรงงาน

ข. กลุ่มผู้ดูแลระบบปรับอากาศในโรงงาน

ค. กลุ่มผู้ออกแบบระบบปรับอากาศ

ง. กลุ่มผู้รับเหมาและติดตั้งระบบปรับอากาศ

โดยรวบรวมข้อมูล และแสดงสรุปของผลการทดลองใช้โปรแกรมในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ ไว้ในตารางที่ 5.16

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.16 สรุปผลการทดลองใช้โปรแกรมในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

กลุ่มบุคคลผู้ทดลอง	ผู้ทดลองลำดับที่	ผลการใช้โปรแกรมในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ									
		เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล			ความง่าย และสะดวกในการใช้งาน			ผลการวิเคราะห์ข้อมูล		ท่านจะนำไปใช้อีกหรือไม่	
		มาก	ปานกลาง	น้อย	มาก	ปานกลาง	น้อย	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	ใช้	ไม่ใช้
ผู้บริหารโรงงาน	1		X			X		X		X	
	2			X	X			X		X	
รวม	2 คน		1	1	1	1		2		2	
ผู้ดูแลระบบปรับอากาศในโรงงาน	1		X		X			X		X	
	2			X	X			X			X
	3		X			X		X		X	
รวม	3 คน		2	1	2	1		3		2	1
ผู้ออกแบบระบบปรับอากาศ	1			X	X			X		X	
	2			X		X		X			X
	3			X	X			X		X	
	4			X	X			X		X	
	5		X		X			X		X	
	6	X			X			X		X	
	7		X			X		X			X
	8	X					X		X		X
	9		X		X			X		X	
	10		X		X			X			X
	11			X		X		X		X	
	12			X	X			X		X	
รวม	12คน	2	4	6	8	3	1	11	1	8	4
ผู้รับเหมาและติดตั้งระบบปรับอากาศ	1		X				X		X		X
	2	X				X		X			X
	3		X		X			X		X	
รวม	3 คน	1	2		1	1	1	2	1	1	2
รวมทุกกลุ่มผู้ให้ข้อมูล	20 คน	3	9	8	12	6	2	18	2	13	7

จากสรุปของผลการสำรวจปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่ได้รวบรวมข้อมูลไว้ในตารางที่ 5.16 สามารถจะนำผลของข้อมูลนี้มาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ดังตารางสรุปเปอร์เซ็นต์ผลการการใช้งานโปรแกรมที่จัดทำขึ้นสำหรบใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่ได้รวบรวมข้อมูลจากการสำรวจความเห็น ดังแสดงในตารางที่ 5.17

ตารางที่ 5.17 สรุปเปอร์เซ็นต์ผลการทดลองใช้โปรแกรมในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

กลุ่มบุคคลผู้ทดลอง	ผู้ทดลอง	ผลการใช้โปรแกรมในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ									
		เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล			ความง่าย และสะดวกในการใช้งาน			ผลการวิเคราะห์ข้อมูล		ท่านจะนำไปใช้อีกหรือไม่	
		มาก	ปานกลาง	น้อย	มาก	ปานกลาง	น้อย	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	ใช้	ไม่ใช้
ผู้บริหารโรงงาน (คน)	2		1	1	1	1		2		2	
ผู้บริหารโรงงาน (เปอร์เซ็นต์)	100		50	50	50	50		100		100	
ผู้ดูแลระบบปรับอากาศในโรงงาน (คน)	3		2	1	2	1		3		2	1
ผู้ดูแลระบบปรับอากาศในโรงงาน (เปอร์เซ็นต์)	100		67	33	67	33		100		67	33
ผู้ออกแบบระบบปรับอากาศ (คน)	12	2	4	6	8	3	1	11	1	8	4
ผู้ออกแบบระบบปรับอากาศ (เปอร์เซ็นต์)	100	17	33	50	67	25	8	92	8	67	33
ผู้รับเหมาและติดตั้งระบบปรับอากาศ (คน)	3	1	2		1	1	1	2	1	1	2
ผู้รับเหมาและติดตั้งระบบปรับอากาศ (เปอร์เซ็นต์)	100	33	67		33	33	33	67	33	33	67
รวมทุกกลุ่มผู้ให้ข้อมูล (คน)	20	3	9	8	12	6	2	18	2	13	7
รวมทุกกลุ่มผู้ให้ข้อมูล (เปอร์เซ็นต์)	100	15	45	40	60	30	10	90	10	65	35

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักที่จะศึกษาเกณฑ์ในการวิเคราะห์ทางเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงวิศวกรรม การจัดการ และเศรษฐศาสตร์ สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อนำไปสู่การอนุรักษ์พลังงาน และการลดค่าใช้จ่าย นอกจากนี้ยังได้ออกแบบกระบวนการวิเคราะห์ทางเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสม ระบบสนับสนุนการตัดสินใจและโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ช่วยให้ผู้ตัดสินใจสามารถพิจารณาความเป็นไปได้ในการเลือกใช้ระบบปรับอากาศได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้ โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมแทนการให้บริษัทที่ปรึกษา และ ผู้เชี่ยวชาญมาทำการศึกษาข้อมูลเหล่านี้

6.1 <u>สรุปผลการวิจัย</u>

การศึกษาวิจัยนี้ ประกอบด้วย การดำเนินการศึกษาปัจจัยต่างๆ เพื่อกำหนดเป็นเกณฑ์เงื่อนไขในการตัดสินใจ และ การออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น สำหรับการเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงวิศวกรรม การจัดการ และเศรษฐศาสตร์ สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

การศึกษาเกณฑ์ในการวิเคราะห์ทางเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงวิศวกรรม การจัดการ และเศรษฐศาสตร์ สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อนำไปสู่การอนุรักษ์พลังงาน และการลดค่าใช้จ่าย มีปัจจัยซึ่งเป็นเกณฑ์เงื่อนไขสำหรับการตัดสินใจ คือ เกณฑ์ด้านวิศวกรรม ด้านการจัดการ ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านพลังงาน

6.1.1 ปัจจัยที่เป็นเกณฑ์เงื่อนไขในการตัดสินใจ

ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศสามารถกระทำได้หลายวิธีการและมีปัจจัยซึ่งเป็นเกณฑ์เงื่อนไขในการตัดสินใจที่ต้องคำนึงถึงมากมาย ด้วยเหตุนี้ทำให้จำเป็นต้องมีการศึกษาเพื่อหาปัจจัยที่เป็นเกณฑ์สำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่มีความเหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งการศึกษาปัจจัยนี้จะช่วยให้ผู้ตัดสินใจโดยทั่วไปที่ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบปรับอากาศ สามารถตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศได้ระบบที่มีคุณสมบัติเหมาะสม โดยในการศึกษาใช้วิธีการรวบรวมข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. การสัมภาษณ์

2. การใช้แบบสอบถาม

3. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากรายงาน และเอกสารต่างๆ

จากการศึกษาข้อมูลทางเทคนิคของการอนุรักษ์และประหยัดพลังงาน และระบบปรับอากาศ และการเก็บรวบรวมข้อมูล สามารถกำหนดปัจจัยที่เป็นกฎเกณฑ์เงื่อนไข ซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ดังหัวข้อต่อไปนี้

(1) ด้านวิศวกรรม (Engineering)

(2) ด้านการจัดการ (Management)

(3) ด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics)

(4) ด้านพลังงาน (Energy)

6.1.1.1 **ด้านวิศวกรรม** (Engineering)

ปัจจัยด้านวิศวกรรม เกี่ยวข้องกับข้อมูลย่อย ดังนี้ :-

(ก) เทคนิค (Technical) โดยควรเป็น ระบบปรับอากาศ ที่สามารถควบคุมสภาวะในโรงงาน ให้เป็นไปตามสภาวะที่ออกแบบ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความดัน และระดับความสะอาด เป็นต้น และอุปกรณ์หลักในระบบปรับอากาศควรมีการควบคุมการทำงานที่เป็นระบบอัตโนมัติด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติโดยอาศัยคอมพิวเตอร์ (Building Automation System ,BAS)

(ข) ประสิทธิภาพ(Efficiency)โดยระบบปรับอากาศควรประกอบด้วยอุปกรณ์หลักที่สามารถปรับการทำงานของอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพสูงตามภาระความร้อนของโรงงาน เช่น โรงงานทำงานด้วยกำลังการผลิต 100% ในฤดูร้อน จะมีภาระความร้อน 100% ของความสามารถของการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ ซึ่ง Chiller จะทำงานด้วยประสิทธิภาพ 100% แต่ในวันที่มีฝนตก จะทำให้โรงงานมีภาระความร้อนเหลือเพียง 72% ซึ่ง Chiller จะปรับลดการทำงานให้เป็น 72% ด้วย เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิภายในโรงงานให้คงที่ตามสภาวะที่ออกแบบไว้ นอกจากนี้อุปกรณ์ในระบบปรับอากาศควรมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน เช่น Chiller มีอายุการใช้งานอย่างน้อย 20 ปี และเครื่องปรับอากาศมีอายุการใช้งานอย่างน้อย 10 ปี

(ค) การใช้พลังงาน (Energy Usage) โดยเป็นระบบปรับอากาศที่ใช้พลังงานต่ำซึ่งอย่างน้อยต้องสามารถปรับการใช้พลังงานตามข้อกำหนดในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน หรือเป็นระบบปรับอากาศที่ใช้แหล่งพลังงานในการทำงานของอุปกรณ์บางส่วนจากพลังงานที่เหลือใช้ในโรงงาน เช่น การใช้ Absorption Chiller ที่ใช้พลังงานจาก Waste Stream น้ำมันดีเซล หรือก๊าซธรรมชาติ

6.1.1.2 **ด้านการจัดการ** (Management)

ปัจจัยด้านการจัดการ เกี่ยวข้องกับข้อมูลย่อย ดังนี้ :-

(ก) การจัดการ และการควบคุมดูแลระบบ (Management and Control) โดยควรเลือกใช้อุปกรณ์ที่สามารถปรับการทำงานระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งานแต่ละช่วงได้ เช่น โรงงานที่มีการทำงานล่วงเวลาบางแผนกควรมีระบบปรับอากาศที่สามารถทำงานบางส่วนเพื่อเปิดใช้เฉพาะบริเวณที่มีการทำงาน และควรมีระบบคอมพิวเตอร์ช่วยสั่งงาน และควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศ เช่น การกำหนดตารางการเปิด–ปิด ล่วงหน้า หรือ การสั่งเปิด–ปิดอุปกรณ์ เช่น Chiller ได้จากคอมพิวเตอร์ในห้องควบคุมโดยไม่ต้องไปทำด้วยตัวเองที่ห้องเครื่อง

(ข) การซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน (Maintenance) โดยระบบปรับอากาศควรซ่อมบำรุงง่าย และมีระบบเตือนเมื่อมีอุปกรณ์บางตัวทำงานผิดพลาด หรือต้องซ่อมและ/หรือเปลี่ยนชิ้นส่วนของอุปกรณ์นั้น เช่น การติดตั้ง Differential Pressure Sensor สำหรับเตือนเมื่อ Filter อุดตัน

(ค) ค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบ (Management Cost) โดยระบบปรับอากาศควรมีการจัดการ และกำหนดการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยให้สามารถจัดการระบบได้โดยสะดวก และสามารถลดจำนวนช่างเทคนิคที่จัดการระบบลง ซึ่งจะทำให้ลดค่าใช้จ่ายลงด้วย

6.1.1.3 **ด้านเศรษฐศาสตร์** (Economics)

ปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ เกี่ยวข้องกับข้อมูลย่อย ดังนี้ :-

(ก) การลงทุนติดตั้งระบบ (Initial cost) โดยระบบปรับอากาศที่เลือกควรมีมูลค่าการลงทุนต่ำ และหากระบบปรับอากาศมีมูลค่าการลงทุนสูงก็ควรมีค่าใช้จ่ายในการ ใช้งานที่ต่ำ

(ข) ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน (Operating cost) โดยระบบปรับอากาศที่เลือกควรมีค่าใช้จ่ายในส่วนของพลังงานที่ใช้ในการทำงานของระบบต่ำ และควรมีค่าใช้จ่ายในการควบคุมดูแล และซ่อมบำรุงต่ำ

6.1.1.4 **ด้านพลังงาน** (Energy)

ปัจจัยด้านพลังงาน เกี่ยวข้องกับข้อมูลย่อย ดังนี้ :-

(ก) การอนุรักษ์พลังงาน (Energy Conservation) โดยระบบปรับอากาศควรมีการใช้พลังงานในการทำงานเป็นไปตามข้อกำหนดในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานเช่น การใช้ Chiller แบบ Screw ที่มีมาตรฐานค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 0.7 kW/Ton

(ข) การประหยัดพลังงาน (Energy Saving) โดยระบบปรับอากาศ ควรประกอบด้วยอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานอย่างประหยัด เช่น ระบบจ่ายลมแบบ VAV

ปัจจัยที่เป็นกฎเกณฑ์เงื่อนไขซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้ กำหนดขึ้นโดยไม่ได้ระบุลำดับความสำคัญ เนื่องจากในการศึกษานี้มีความประสงค์ที่จะให้ผู้ที่ทำหน้าที่พิจารณาตัดสินใจสามารถกำหนดลำดับความสำคัญได้ด้วยตนเองตามความต้องการ

6.1.1.5 การกำหนดเกณฑ์สำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยพิจารณาระบบปรับอากาศ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 แบบ ได้แก่

1. เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง (Window Type)
2. เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)
3. เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจ (Package Unit) แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Package) และระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-Cooled Package)
4. เครื่องปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Water Chiller) ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-Cooled Water Chiller) และเครื่องทำน้ำเย็นประเภทแอบซอพชั่น (Absorption Chiller)

เกณฑ์สำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

การวิเคราะห์ทางเลือกใช้ระบบปรับอากาศ โดยคำนึงถึงการอนุรักษ์และประหยัดพลังงาน มีเกณฑ์สำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศซึ่งเป็นการเปรียบเทียบด้วยปัจจัยที่เป็นกฎเกณฑ์เงื่อนไขในด้านวิศวกรรม การจัดการ เศรษฐศาสตร์ และพลังงาน ดังนี้

1. การเลือกระบบปรับอากาศภายใต้กฎเกณฑ์เงื่อนไข ควรพิจารณาเลือกตามลำดับ ดังนี้

<u>ด้านวิศวกรรม</u> : การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมมีลำดับความเหมาะสมจากมากไปหาน้อย ดังนี้ Water-Cooled Chiller, Air-Cooled Chiller, Absorption Chiller, Package Water-Cooled, Split Type, Package Air-Cooled, Window Type

<u>ด้านการจัดการ</u> : การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมมีลำดับความเหมาะสมจากมากไปหาน้อย ดังนี้ Water-Cooled Chiller, Air-Cooled Chiller, Split Type, Package Water-Cooled, Package Air-Cooled, Absorption Chiller, Window Type

<u>ด้านเศรษฐศาสตร์</u> : การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมมีลำดับความเหมาะสมจากมากไปหาน้อย ดังนี้ Water-Cooled Chiller, Air-Cooled Chiller, Split Type, Absorption Chiller, Package Water-Cooled, Package Air-Cooled, Window Type

ด้านพลังงาน : การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมมีลำดับความเหมาะสมจากมากไปหาน้อย ดังนี้ Water-Cooled Chiller, Absorption Chiller, Air-Cooled Chiller, Package Water-Cooled, Split Type, Package Air-Cooled, Window Type

2. ในการเลือกระบบปรับอากาศ ที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมภายใต้กฎเกณฑ์เงื่อนไขต่างๆ โดยคำนึงถึงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงาน ควรพิจารณากฎเกณฑ์เงื่อนไขในการเลือกระบบปรับอากาศตามลำดับความสำคัญจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ด้านวิศวกรรม ด้านพลังงาน ด้านการจัดการ และด้านเศรษฐศาสตร์

3. เกณฑ์ในการตัดสินใจดังกล่าวข้างต้นนั้นถูกกำหนดขึ้นสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยคำนึงถึงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงาน โดยมีสมมติฐานว่า การใช้งานระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ระบบจะต้องได้รับการออกแบบเพื่อควบคุมให้สภาวะภายในโรงงานมีความเหมาะสมทั้งกับสภาวะของการผลิต และพนักงานที่ทำงานอยู่ภายในโรงงาน นอกจากนั้นระบบยังต้องสามารถทำงานโดยประหยัดพลังงาน โดยการเลือกใช้อุปกรณ์ที่สามารถปรับการทำงานให้โรงงานมีสภาวะตามที่ออกแบบ และประหยัดพลังงาน ดังนั้นการใช้งานระบบปรับอากาศจะไม่ขึ้นกับพฤติกรรมของผู้ใช้งาน

6.1.1.6 การกำหนดดัชนีที่แสดงถึงผลการใช้ปัจจัยสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

ในการใช้ปัจจัยสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่ศึกษานั้นมีดัชนีโดยสรุปดังแสดงในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ดัชนีที่แสดงถึงผลการใช้ปัจจัยสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

รายละเอียดของเงื่อนไข / ความต้องการ	ดัชนีที่ใช้แสดงถึงผลการใช้ปัจจัยสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศเพื่อบรรลุเงื่อนไขและความต้องการ
1.ความสามารถของการควบคุมสภาวะภายในห้องที่ปรับอากาศ	1.1 ระดับอุณหภูมิในห้อง 1.2 ระดับความชื้นในห้อง
2.ความสามารถในการประหยัด และอนุรักษ์พลังงาน	2.1 ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานในรูป kW / Tonr 2.2 ค่าใช้จ่ายของพลังงานสำหรับการใช้งานระบบ
3.การควบคุม การจัดการระบบ และการซ่อมบำรุงระบบปรับอากาศ	3.1 ค่าใช้จ่ายของการจัดการ และซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน
4.ระบบที่มีมูลค่าเงินลงทุนในการติดตั้ง และการใช้งานที่ต่ำ	4.1 ต้นทุนในการติดตั้งระบบ 4.2 ค่าใช้จ่ายในการใช้งานระบบ

6.1.2 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจและโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ช่วยให้ผู้ตัดสินใจสามารถพิจารณาความเป็นไปได้ในการเลือกใช้ระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างสะดวกรวดเร็ว และยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมแทนการให้บริษัทที่ปรึกษามาทำการศึกษาข้อมูลเหล่านี้

การวิเคราะห์เลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมด้วยระบบสนับสนุนการตัดสินใจโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย ขั้นตอนของกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ ดังนี้

1. รวบรวมข้อมูล
2. โปรแกรมคำนวณ Cooling load
3. ตัดสินใจว่า จะใช้ระบบปรับอากาศแบบใดบ้าง และต้องการอนุรักษ์พลังงานหรือไม่
4. โปรแกรมคำนวณ Cost
5. รวบรวมข้อมูลของ A/C System แต่ละแบบที่สนใจ
6. โปรแกรมคำนวณข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ของ A/C System แต่ละแบบ
7. ตัดสินใจแต่ละทางเลือกภายใต้ปัจจัยหลักและปัจจัยรองอื่นๆ โดยหลักการ AHP
8. โปรแกรมคำนวณคะแนน ประเมินผลของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ
9. รวบรวมและแสดงผลการประเมินของการเลือกระบบปรับอากาศแบบต่างๆ
10. ตัดสินใจว่า จะเลือกระบบปรับอากาศแบบใด

โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีการประมวลผล และคำนวณ 4 ส่วน ประกอบด้วย

1. ส่วนของการคำนวณภาระการทำความเย็น
2. ส่วนการประมาณมูลค่าเงินในการลงทุนติดตั้ง และค่าใช้จ่ายในการใช้งานระบบปรับอากาศ
3. ส่วนของการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์
4. ส่วนของคำนวณคะแนนประเมินผลของ ระบบปรับอากาศแบบต่างๆ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์การตัดสินใจตามหลักการของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) ภายใต้ปัจจัยต่างๆ ที่ผู้ตัดสินใจคำนึงถึงในการเลือกใช้ระบบปรับอากาศ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมก็จะเป็นระบบปรับอากาศที่มีคุณสมบัติในการทำงานเหมาะสมตามที่ผู้ใช้โปรแกรมต้องการ

การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการเลือกระบบปรับอากาศ

1. ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม คือ Microsoft Visual Basic 6.0 โดยใช้ Form และ Command มาตรฐาน
2. ใช้ Microsoft Access 97 สำหรับจัดทำระบบฐานข้อมูล โดยใช้เป็นตารางรวบรวมฐานข้อมูลของข้อมูลในการคำนวณ Cooling Load และ ราคาของระบบปรับอากาศ และข้อมูลดอกเบี้ย
3. ใช้ SQL Command สำหรับการจัดการระบบฐานข้อมูลโดยใช้ในการเลือก ค้นหาและระบุข้อมูล
4. การออกแบบ ประกอบด้วย
   - ออกแบบควบคุมการสั่งงานเป็นแบบ Step by step
   - การ Lock และ Handle ข้อมูลตามขอบเขตของฐานข้อมูลตามจริงเพื่อป้องกัน Error จากการป้อนข้อมูลผิดพลาด
   - การออกแบบระบบความปลอดภัยของโปรแกรม (Login,Password)

คุณสมบัติของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

1. สามารถคำนวณข้อมูลที่ใช้ในการเลือกระบบปรับอากาศในขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้ ได้แก่ ภาระการทำความเย็น การประเมินราคาเบื้องต้น การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์
2. สามารถวิเคราะห์ตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศภายใต้ปัจจัยที่หลากหลาย โดยไม่มีความลำเอียง โดยการวิเคราะห์ด้วยกระบวนการ AHP และแสดงสรุปผลเป็นคะแนนเปรียบเทียบ ซึ่งช่วยให้นำมาใช้พิจารณาตัดสินใจได้โดยสะดวก
3. ผู้ตัดสินใจสามารถตัดสินใจด้วยปัจจัย และทางเลือกที่หลากหลาย
4. สามารถใช้งานโดยผู้ใช้งานที่มี/ไม่มีความเชี่ยวชาญในระบบปรับอากาศ

6.2 ข้อเสนอแนะ

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ และโปรแกรมในส่วนของการตัดสินใจจัดทำขึ้นโดยอาศัยหลักการ กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ซึ่งเหมาะสมต่อการวิเคราะห์ปัญหาที่ซับซ้อนที่ประกอบด้วยเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจที่หลากหลาย และมีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลจึงเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานในการตัดสินใจด้านอื่นๆได้

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์เป็นวิธีการซึ่งเหมาะสมต่อการวิเคราะห์ปัญหาที่ซับซ้อน และมีประสิทธิภาพในการตัดสินใจต่างๆ แต่ยังมีข้อควรระวัง คือ การสรุปตัวแปรหรือปัจจัยและทางเลือกรวมถึงข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม ควรได้รับมาจากบุคคลผู้มีความรู้ความเข้าใจกับปัญหา เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความน่าเชื่อถือ

จากการศึกษา และกำหนดปัจจัยที่เป็นกฎเกณฑ์เงื่อนไขการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม หากต้องการลดเวลาในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีลักษณะใกล้เคียงกันในการเลือกระบบปรับอากาศ สามารถรวมปัจจัยเป็น 2 หัวข้อ ดังนี้

(1) ด้านเทคนิควิศวกรรม (Engineering Technical)

(2) ด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics)

ด้านเทคนิควิศวกรรม (Engineering Technical)

ปัจจัยด้านเทคนิควิศวกรรม เกี่ยวข้องกับข้อมูลย่อย ดังนี้ :-

(ก) เทคนิค (Technical)

(ข) ประสิทธิภาพ (Efficiency)

(ค) การจัดการ และการควบคุมดูแลระบบ (Management and Control)

(ง) การซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน (Maintenance)

(จ) การอนุรักษ์พลังงาน (Energy Conservation)

(ฉ) การประหยัดพลังงาน (Energy Saving)

ด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics)

ปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ เกี่ยวข้องกับข้อมูลย่อย ดังนี้ :-

(ก) การลงทุนติดตั้งระบบ (Initial cost)

(ข) ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน (Operating cost)

การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้ วิเคราะห์และคำนวณเฉพาะภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแต่ละประเภท โดยไม่ได้ศึกษาวิจัยถึงการคำนวณค่า OTTV และ RTTV ของโรงงาน ซึ่งเป็นวิธีการที่ต้องใช้เวลาในการศึกษาวิเคราะห์มาก เนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลาในการทำวิจัย ดังนั้นท่านผู้สนใจสามารถทำการศึกษาเพิ่มเติมในกรณีนี้ เพื่อปรับปรุงการเลือกระบบปรับอากาศให้ดีขึ้น

การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้พิจารณาเปรียบเทียบภายใต้สมมุติฐานว่า ระบบปรับอากาศแต่ละประเภทที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดนั้นมีมาตรฐานเท่าเทียมกันทุกยี่ห้อ โดยอ้างอิงกับมาตรฐาน มอก. ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และ American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) ดังนั้นการเลือกระบบปรับอากาศจึงระบุเฉพาะประเภทของระบบปรับอากาศ โดยไม่ได้อ้างอิงถึง

มาตรฐาน หรือยี่ห้อของอุปกรณ์ แต่เนื่องจากในท้องตลาดมีเครื่องปรับอากาศจำหน่ายอยู่หลายยี่ห้อ และมีคุณภาพ และมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันในแต่ละยี่ห้อ แม้ว่าจะเป็นเครื่องปรับอากาศประเภทเดียวกันก็ตาม ซึ่งถ้าเลือกใช้อุปกรณ์ยี่ห้อที่มีคุณภาพ และมาตรฐานต่ำย่อมส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบต่ำ อันเป็นเหตุให้ระบบปรับอากาศประเภทที่เลือกทำงานได้ไม่เหมาะสมตามที่ต้องการ ด้วยเหตุผลที่สภาวะของตลาดการค้าในปัจจุบันซึ่งมีการแข่งขันกันโดยเสรีทำให้เทคโนโลยีเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์แต่ละยี่ห้อถูกปิดเป็นความลับ เนื่องจากเหตุผลด้านการแข่งขันกันในตลาดเสรี และประกอบกับกระบวนการในการพิจารณาคุณภาพ และมาตรฐานของผลิตภัณฑ์เครื่องปรับอากาศเป็นเทคโนโลยีที่ต้องการความชำนาญโดยเฉพาะทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล เช่น การพิจารณาการทำงานของระบบทำความเย็นด้วยวิธีกระบวนการคอยล์โดยอาศัยไซดครเมตริกชาร์ท (Coil proceess analysis with phycrometric chart) เป็นวิธีการที่ยุ่งยากซับซ้อน และต้องใช้เวลาในการศึกษาวิเคราะห์มาก และเนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลาในการทำวิจัย จึงทำให้ในการศึกษาวิจัยนี้ยังมิได้ทำการศึกษา และวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์แต่ละยี่ห้อ ดังนั้นท่านผู้สนใจสามารถทำการศึกษาเพิ่มเติมในกรณีดังกล่าวข้างต้นนี้เพื่อปรับปรุงการเลือกระบบปรับอากาศให้ดีขึ้น

ในการพิจารณาถึงระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในการวิจัยนี้ เป็นการศึกษาวิจัยเฉพาะขั้นตอนการเลือกประเภทระบบปรับอาศที่เหมาะสมเท่านั้น โดยไม่ได้พิจารณาต่อไปจนถึงขั้นตอนการติดตั้ง เนื่องจากในการศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการศึกษาเกณฑ์ในการวิเคราะห์ทางเลือกระบบปรับอากาศ ประกอบกับระยะเวลาในการศึกษาวิจัยนี้มีระยะที่จำกัด และการศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนการติดตั้งเป็นเทคโนโลยีเฉพาะทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล ซึ่งต้องการเวลาในการศึกษาค่อนข้างมาก เช่น การศึกษาเรื่องวิธีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ และอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน เพื่อให้ระบบปรับอากาศทำงานได้อย่างเหมาะสมและถูกต้องตามข้อกำหนดของสภาวะภายในห้องปรับอากาศที่โรงงานต้องการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. วัลภา จรูญธรรม . 2541 . การประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงาน และพัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
2. สักพันธ์ โพธิวิทย์ . 2541 . การออกแบบและแก้ไขปรับปรุงระบบไฟฟ้าในอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน . วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
3. สุกิจ อังสุวรรณ . 2539 . การตัดสินใจเลือกผู้เข้าประมูลระบบควบคุมในโรงไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยด้วยวิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
4. ภารณี ดีเจริญกุล . 2539 . การพัฒนาหลักปฏิบัติการที่เหมาะสมสำหรับการคัดเลือกวิธีบำบัดตะกอนของโรงงานผลิตน้ำบางเขน . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. เปี่ยมศักดิ์ ไพบูลย์ . 2536 . การจัดการและการใช้พลังงาน อย่างประหยัดภายในอาคารชุมสายโทรศัพท์สุรวงศ์ . วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
6. ชาติ ฤทธิ์หิรัญ . 2539 . แผนการจัดการพลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารสำนักงาน . วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
7. สุดสาคร นุ้ยดี. 2538 . การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงาน และ ลดความต้องการพลังงานสูงสุดในโรงงานปลาทูน่ากระป๋อง .วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงาน และพัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
8. ชุติมา กิจสุวรรณวงศ์ .2532.การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ระบบเก็บความเย็นในรูปน้ำแข็งสำหรับการปรับอากาศในอาคารสำนักงาน.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและพัสดุสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
9. อำนาจ แสงอินทร์ . 2530 . การประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมปั่นด้าย . วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและพัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

10. สิรางค์ กลั่นคำสอน . 2540 . การพัฒนา ซอฟต์แวร์สำหรับ ระบบการจัดการคลังพัสดุ . วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
11. สกนธ์ คล่องบุญจิต และคณะ . 2542 . การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการเลือกทำเลที่ตั้งของกิจการ . โครงงาน สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
12. นิสรา บุญสุข และคณะ.2542 . ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการสั่งซื้อชิ้นส่วน :กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องยนต์ดีเซล . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
13. พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน .สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
14. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานสำหรับเจ้าของอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม . สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
15. โครงการอาคารสีเขียว . การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
16. สภาพการผลิตพลังงานในประเทศไทย : ไฟฟ้า และการสร้างเขื่อน . วารสารอาษา . กันยายน 2539 . สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์
17. ฉัตรชัย ภมรสูต . 2541 . ระบบปรับอากาศ กับการอนุรักษ์พลังงาน . วารสารวิสัยทัศน์งานวิศวกรรมปรับอากาศในอนาคต . บริษัท เอ็มแอนด์อี จำกัด
18. บุญพงษ์ กิจวัฒนาชัย .2541. การใช้อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์.วารสารวิสัยทัศน์งานวิศวกรรมปรับอากาศในอนาคต . บริษัท เอ็มแอนด์อี จำกัด
19. เกชา ธีระโกเมน . 2540 . ความรู้เบื้องต้นวิศวกรรมงานระบบ . กรุงเทพมหานคร . บริษัท เอ็มแอนด์อี จำกัด
20. กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และจำลอง ครูอุตสาหะ . 2543 . Visual Basic 6 ฉบับโปรแกรมเมอร์ . กรุงเทพมหานคร . บริษัท ดวงกมลสมัย จำกัด

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานสำหรับโรงงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานสำหรับโรงงาน

หมวดที่ 1 การอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน

มาตรา 7 การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ การดำเนินการอย่างใด อย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

(1) การปรับปรุงประสิทธิภาพของการเผาไหม้เชื้อเพลิง

(2) การป้องกันการสูญเสียพลังงาน

(3) การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่

(4) การเปลี่ยนไปใช้พลังงานอีกประเภทหนึ่ง

(5) การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าด้วยวิธีปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าการลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของระบบการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับภาระและวิธีการอื่น ๆ

(6) การใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงตลอดจนระบบควบคุมการทำงานและวัสดุที่ช่วยในการประหยัดพลังงาน

(7) การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

มาตรา 8 การกำหนดโรงงานประเภทใด ขนาด ปริมาณการใช้พลังงาน หรือวิธีการใช้พลังงานอย่างใดให้เป็นโรงงานควบคุม ให้ตราเป็นพระราชกฤษฎีกา

พระราชกฤษฎีกาตามวรรคหนึ่งให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนด 120 วันนับแต่วันประกาศในในราชกิจจานุเบกษา

เจ้าของโรงงานควบคุมแห่งใดใช้พลังงานต่ำกว่าขนาดหรือปริมาณที่กำหนดในพระราชกฤษฎีกาตามวรรคหนึ่งและจะใช้พลังงานในระดับดังกล่าวต่อไปเป็นเวลาติดต่อกันไม่น้อยกว่า 6 เดือน เจ้าของโรงงานควบคุมแห่งนั้นอาจแจ้งรายละเอียดพร้อมด้วยเหตุผล และมีคำขอให้อธิบดีผ่อนผันการที่ต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้ตลอดเวลาดังกล่าวได้ในกรณีที่มีคำขอดังกล่าว ให้อธิบดีพิจารณาผ่อนผัน หรือไม่ผ่อนผันและมีหนังสือแจ้งผลให้เจ้าของโรงงานควบคุมทราบโดยเร็ว

มาตรา 9 เจ้าของโรงงานควบคุมต้องอนุรักษ์พลังงาน ตรวจสอบ และวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงานของตนให้เป็นไปตามมาตรฐานหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวงที่รัฐมนตรีออกโดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

มาตรา 10 ในกรณีที่มีเหตุอันสมควร อธิบดีมีอำนาจออกคำสั่งให้เจ้าของโรงงานควบคุมรายใดแจ้งข้อเท็จจริงเกี่ยวกับการใช้พลังงานเพื่อตรวจสอบให้การเอนุรักษ์พลังงานเป็นไปตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา 9 และให้เจ้าของโรงงานควบคุมรายนั้นปฏิบัติตามภายใน 30 วันนับแต่วันที่ได้รับคำสั่งนั้น

มาตรา 11 นอกจากที่บัญญัติไว้แล้วในมาตรา10 ให้เจ้าของโรงงานควบคุมมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

(1) จัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานซึ่งมีคุณสมบัติตามมาตรา 13 อย่างน้อย 1 คน ประจำที่โรงงานควบคุมแต่ละแห่ง

(2) ส่งข้อมูลเกี่ยวกับการผลิต การใช้พลังงาน และการอนุรักษ์พลังงานให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ตามแบบและระยะเวลาที่กำหนดในกฎกระทรวง

(3) จัดให้มีการบันทึกข้อมูลการใช้พลังงาน การติดตั้ง หรือเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีผลต่อการใช้พลังงาน และการอนุรักษ์พลังงาน ทั้งนี้ตามหลักเกณฑ์ และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวง

(4) กำหนดเป้าหมาย และแผนอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุม และส่งให้แก่กรมพัฒนา และส่งเสริมพลังงานตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และระยะเวลาที่กำหนดในกฎกระทรวง

(5) ตรวจสอบ และวิเคราะห์ การปฏิบัติตาม เป้าหมายและแผน การอนุรักษ์พลังงาน ทั้งนี้ตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และระยะเวลา ที่กำหนดในกฎกระทรวง

กฎกระทรวงตามมาตรานี้ให้รัฐมนตรีออกโดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

มาตรา 12 เจ้าของโรงงานควบคุมต้องจัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานแจ้งให้อธิบดีทราบภายใน 180 วันนับแต่วันที่พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุมตามมาตรา 8 ใช้บังคับ ในกรณีที่เป็นโรงงานควบคุมก่อนวันที่พระราชกฤษฎีกาที่ออกตามมาตรา 8 ใช้บังคับ หรือนับแต่วันที่เป็นโรงงานควบคุม ในกรณีที่เป็นโรงงานควบคุมในหรือหลังวันที่พระราชกฤษฎีกาที่ออกตามมาตรา 8 ใช้บังคับ

มาตรา 13 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานต้องมีคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

(1) เป็นผู้ได้รับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงและมีประสบการณ์การทำงานในโรงงานอย่างน้อย 3 ปี โดยมีผลงานด้านการอนุรักษ์พลังงานตามการรับรองของเจ้าของโรงงานควบคุม

(2) เป็นผู้ได้รับปริญญาทางวิศวกรรมศาสตร์ หรือทางวิทยาศาสตร์ โดยมีผลงานด้านการอนุรักษ์พลังงานตามการรับรองของเจ้าของโรงงานควบคุม

(3) เป็นผู้สำเร็จการฝึกอบรมด้านการอนุรักษ์พลังงาน หรือการฝึกอบรมที่มีวัตถุประสงค์คล้ายคลึงกันที่ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการพลังงานจัดขึ้นหรือให้ความเห็นชอบ

การรับรองของเจ้าของโรงงานควบคุมตาม (1) และ (2) ให้เป็นไปตามแบบที่อธิบดีกำหนด

มาตรา 14 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน มีหน้าที่ ดังต่อไปนี้

(1) บำรุงรักษาและตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานเป็นระยะ

(2) ปรับปรุงวิธีการใช้พลังงานให้เป็นไปตามหลักการอนุรักษ์พลังงาน

(3) รับรองข้อมูลที่เจ้าของโรงงานควบคุมส่งให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานตามมาตรา 11 (2)

(4) ควบคุมดูแลการบันทึกข้อมูลตามมาตรา 11 (3) เพื่อให้พนักงาน เจ้าหน้าที่ตรวจสอบได้และรับรองความถูกต้องของการบันทึกดังกล่าว

(5) ช่วยเจ้าของโรงงานควบคุมในการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุมตามมาตรา 11 (4)

(6) รับรองผลการตรวจสอบหรือวิเคราะห์ตามมาตรา 11 (5)

(7) ช่วยเจ้าของโรงงานควบคุมปฏิบัติตามคำแนะนำของอธิบดีตามมาตรา 16

มาตรา 15 เจ้าของโรงงานควบคุมต้องเก็บรักษาบันทึกข้อมูลตามมาตรา 11 (3) ไว้ประจำ ณ โรงงานควบคุมเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 5 ปี เพื่อประโยชน์ในการใช้งาน และในการตรวจสอบของพนักงานเจ้าหน้าที่

มาตรา 16 เป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานตามมาตรา 11 (4) ที่เจ้าของโรงงานควบคุมต้องส่งให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ให้มีรายละเอียดแสดงถึงแผนการดำเนินการของโรงงานควบคุมที่จะให้การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานบรรลุสู่มาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา 9

ถ้าอธิบดีเห็นว่าเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานดังกล่าวไม่ถูกต้อง ให้อธิบดีมีหน้าที่ให้คำแนะนำเพื่อให้เจ้าของโรงงานควบคุมแก้ไขให้ถูกต้องตามวรรค 1 รวมทั้งติดตาม และเร่งรัดให้เจ้าของโรงงานควบคุมดำเนินการอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานที่ได้แก้ไขแล้ว

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามเพื่อรวบรวมข้อมูลที่จะใช้วิเคราะห์สำหรับวิทยานิพนธ์

เรื่อง การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์และ ประหยัดพลังงานสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>แบบสอบถาม</u>

สำหรับวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต

เรื่อง (ภาษาไทย) การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงานสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

(ภาษาอังกฤษ) SELECTION THE OF A SUITABLE AIR CONDITIONING SYSTEM BASED ON ENERGY CONSERVATION AND SAVING FOR THE FACTORY .

จัดทำโดย

นางสาว อุษา แพนพันธ์อ้วน

วัตถุประสงค์ : เพื่อรวบรวมข้อมูลของปัจจัยที่จะกำหนดเป็นกฎเกณฑ์เงื่อนไขสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสม สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ. ดร. วันชัย ริจิรวนิช
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ. สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำนำ

ในการสำรวจข้อมูลนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อรวบรวมข้อมูลของปัจจัยที่จะกำหนดเป็นกฎเกณฑ์เงื่อนไขสำหรับการตัดสินใจเลือก ระบบปรับอากาศที่เหมาะสม สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

โดยข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมจากแบบสอบถามนี้จะถูกเก็บเป็นความลับ และจะไม่นำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นใด นอกจากการใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เท่านั้น

แบบสอบถามนี้ ประกอบด้วย 16 คำถาม ผู้ตอบแบบสอบถามกรุณาอ่านแบบสอบถามโดยละเอียด แล้วเลือกคำตอบที่เหมาะสมสำหรับแต่ละคำถาม

ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงที่ท่านกรุณาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามฉบับนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>แบบสอบถาม</u>

การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และ
ประหยัดพลังงาน สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการสัมภาษณ์ และการเก็บรวบรวมข้อมูลจากรายงาน และเอกสารต่างๆ ร่วมกับการศึกษาข้อมูลทางเทคนิคของการอนุรักษ์และประหยัดพลังงาน และทฤษฎีระบบปรับอากาศ สามารถกำหนดปัจจัยที่เป็นกฎเกณฑ์เงื่อนไข ซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ดังหัวข้อต่อไปนี้

(1) ด้านวิศวกรรม (Engineering)

(2) ด้านการจัดการ (Management)

(3) ด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics)

(4) ด้านพลังงาน (Energy)

จากการศึกษาทฤษฎีระบบปรับอากาศควบคู่กับข้อมูลทางเทคนิคของการอนุรักษ์และประหยัดพลังงาน และการรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากรายงาน และเอกสารต่างๆ สามารถกำหนดกฎเกณฑ์เงื่อนไขต่างๆ ภายใต้ปัจจัยแต่ละหัวข้อ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ด้านวิศวกรรม (Engineering) ซึ่งเกี่ยวข้องกับข้อมูลด้านต่างๆ ดังนี้ :-

(ก) เทคนิค (Technical) ได้แก่ ระบบความสามารถในการควบคุมสภาวะในโรงงานให้เป็นไปตามสภาวะที่ออกแบบของระบบปรับอากาศ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น

(ข) ประสิทธิภาพ (Efficiency) ได้แก่ อุปกรณ์หลักในระบบปรับอากาศ เช่น Chiller สามารถปรับการทำงานของอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพสูงตามภาระความร้อนของโรงงาน

(ค) การใช้พลังงาน (Energy Usage) ได้แก่ ระบบปรับอากาศที่ใช้พลังงานต่ำ เช่น ระบบที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงซึ่งจะใช้พลังงานน้อยกว่าอุปกรณ์ทั่วไป

2. ด้านการจัดการ (Management) ซึ่งเกี่ยวข้องกับข้อมูลด้านต่างๆ ดังนี้ :-

(ก) การจัดการ และการควบคุมดูแลระบบ (Management and Control) ได้แก่ การเลือกใช้อุปกรณ์ที่สามารถจัดการปรับการทำงานระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละช่วงได้ เช่น โรงงานที่มีการทำงานล่วงเวลาบางแผนก

(ข) การซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน (Maintenance) ได้แก่ ระบบปรับอากาศควรซ่อมบำรุงง่าย และมีระบบเตือนเมื่อมีอุปกรณ์บางตัวทำงานผิดพลาด หรือต้องซ่อม และ/หรือเปลี่ยนอุปกรณ์นั้น เช่น การติดตั้ง Differential Pressure Sensor สำหรับเตือนเมื่อ Filter อุดตัน

(ค) ค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบ (Management Cost) ได้แก่ ระบบปรับอากาศควรมีการจัดการ และกำหนดการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยให้การจัดการระบบสามารถทำได้โดยสะดวก และสามารถลดจำนวนช่างลง ซึ่งจะทำให้ลดค่าใช้จ่ายลงด้วย

3. ด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics) ซึ่งเกี่ยวข้องกับข้อมูลด้านต่างๆ ดังนี้ :-

(ก) การลงทุนติดตั้งระบบ (Initial cost) ได้แก่ ระบบปรับอากาศที่เลือกควรมีมูลค่าการลงทุนต่ำ

(ข) ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน (Operating cost) ได้แก่ ระบบปรับอากาศที่เลือกควรมีค่าใช้จ่ายในส่วนของพลังงานที่ใช้ในการทำงานของระบบต่ำ

4. ด้านพลังงาน (Energy) ซึ่งเกี่ยวข้องกับข้อมูลด้านต่างๆ ดังนี้ :-

(ก) การอนุรักษ์พลังงาน (Energy Conservation) ได้แก่ ระบบปรับอากาศควรมีการใช้พลังงานในการทำงานเป็นไปตามข้อกำหนดในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เช่น การใช้ Chiller แบบ Screw ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า ไม่เกิน 0.7 kW / Ton

(ข) การประหยัดพลังงาน (Energy Saving) ได้แก่ ระบบปรับอากาศควรประกอบด้วยอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานอย่างประหยัด เช่น เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 ประหยัดไฟฟ้า หรือระบบจ่ายลมแบบปริมาตรแปรผัน (VAV) เป็นต้น

<u>กรุณาตอบแบบสอบถามต่อไปนี้</u>

1) กรุณาระบุว่า ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม ควรจัดอยู่ในกลุ่มบุคคลประเภทใด หากมีการแบ่งกลุ่มบุคคลออกเป็น 4 กลุ่ม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ก) กลุ่มเจ้าของและผู้บริหารโรงงาน ข) กลุ่มผู้ดูแลระบบปรับอากาศในโรงงาน

ค) กลุ่มผู้ออกแบบระบบปรับอากาศ ง) กลุ่มผู้รับเหมาและติดตั้งระบบปรับอากาศ

2) ในการเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสม สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ท่านคำนึงถึงกฎเกณฑ์เงื่อนไขใดบ้าง (สามารถตอบมากกว่า 1 ข้อ หรือตอบทุกข้อก็ได้ โดยขึ้นอยู่กับข้อเท็จจริงของการใช้เงื่อนไขในการตัดสินใจ)

ก) เงื่อนไขด้านวิศวกรรม (Engineering) กรุณาตอบคำถามข้อ 3 ถึง 6

ข) เงื่อนไขด้านการจัดการ (Management) กรุณาตอบคำถามข้อ 3 ถึง 10

ค) เงื่อนไขด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics) กรุณาตอบคำถามข้อ 11 ถึง 13

ง) เงื่อนไขด้านพลังงาน (Energy) กรุณาตอบคำถามข้อ 14 ถึง 16

<u>คำถามสำหรับเงื่อนไขด้านวิศวกรรม (Engineering) (ข้อ 3 ถึง 6)</u>

3) ท่านคำนึงถึง ข้อมูลย่อยด้าน เทคนิค หรือไม่ ?

ก) ใช่ ข) ไม่ใช่

ถ้าตอบว่า ใช่ กรุณาให้เหตุผล .....

.....

4) ท่านคำนึงถึง ข้อมูลย่อยด้าน ประสิทธิภาพ หรือไม่ ?

ก) ใช่ ข) ไม่ใช่

ถ้าตอบว่า ใช่ กรุณาให้เหตุผล .....

.....

5) ท่านคำนึงถึง ข้อมูลย่อยด้าน การใช้พลังงาน หรือไม่ ?

ก) ใช่ ข) ไม่ใช่

ถ้าตอบว่า ใช่ กรุณาให้เหตุผล .....

.....

6) ท่านคำนึงถึง ข้อมูลย่อยด้านอื่น หรือไม่ ?

ก) ใช่ ข) ไม่ใช่

ถ้าตอบว่า ใช่ กรุณาระบุ ข้อมูล และให้เหตุผล .....

.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำถามสำหรับเงื่อนไขด้านการจัดการ (Management) (ข้อ 7 ถึง 10)

7) ท่านคำนึงถึง ข้อมูลย่อยด้าน การจัดการ และการควบคุมดูแล หรือไม่ ?

ก) ใช่ ข) ไม่ใช่

ถ้าตอบว่า ใช่ กรุณาให้เหตุผล .....

.....

8) ท่านคำนึงถึง ข้อมูลย่อยด้าน การซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน หรือไม่ ?

ก) ใช่ ข) ไม่ใช่

ถ้าตอบว่า ใช่ กรุณาให้เหตุผล .....

.....

9) ท่านคำนึงถึง ข้อมูลย่อยด้าน ค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบ หรือไม่ ?

ก) ใช่ ข) ไม่ใช่

ถ้าตอบว่า ใช่ กรุณาให้เหตุผล .....

.....

10) ท่านคำนึงถึง ข้อมูลย่อยด้านอื่น หรือไม่ ?

ก) ใช่ ข) ไม่ใช่

ถ้าตอบว่า ใช่ กรุณาระบุ ข้อมูล และให้เหตุผล .....

.....

คำถามสำหรับเงื่อนไขด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics) (ข้อ 11 ถึง 13)

11) ท่านคำนึงถึง ข้อมูลย่อยด้าน การลงทุนติดตั้งระบบ หรือไม่ ?

ก) ใช่ ข) ไม่ใช่

ถ้าตอบว่า ใช่ กรุณาให้เหตุผล .....

.....

12) ท่านคำนึงถึง ข้อมูลย่อยด้าน ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน หรือไม่ ?

ก) ใช่ ข) ไม่ใช่

ถ้าตอบว่า ใช่ กรุณาให้เหตุผล .....

.....

13) ท่านคำนึงถึง ข้อมูลย่อยด้านอื่น หรือไม่ ?

ก) ใช่ ข) ไม่ใช่

ถ้าตอบว่า ใช่ กรุณาระบุ ข้อมูล และให้เหตุผล .....

.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>คำถามสำหรับเงื่อนไขด้านพลังงาน (Energy) (ข้อ 14 ถึง 16)</u>

14) ท่านคำนึงถึง ข้อมูลย่อยด้าน การอนุรักษ์พลังงาน หรือไม่ ?

ก) ใช่ ข) ไม่ใช่

ถ้าตอบว่า ใช่ กรุณาให้เหตุผล .....

.....

15) ท่านคำนึงถึง ข้อมูลย่อยด้าน การประหยัดพลังงาน หรือไม่ ?

ก) ใช่ ข) ไม่ใช่

ถ้าตอบว่า ใช่ กรุณาให้เหตุผล .....

.....

16) ท่านคำนึงถึง ข้อมูลย่อยด้านอื่น หรือไม่ ?

ก) ใช่ ข) ไม่ใช่

ถ้าตอบว่า ใช่ กรุณาระบุ ข้อมูล และให้เหตุผล .....

.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>แบบสอบถาม</u>

สำหรับวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต

เรื่อง (ภาษาไทย) การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงานสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

(ภาษาอังกฤษ) SELECTION THE OF A SUITABLE AIR CONDITIONING SYSTEM BASED ON ENERGY CONSERVATION AND SAVING FOR THE FACTORY .

จัดทำโดย

นางสาว อุษา แพนพันธ์อ้วน

วัตถุประสงค์ : เพื่อรวบรวมข้อมูลที่จะใช้วิเคราะห์สำหรับการประเมินระบบปรับอากาศ
เพื่อกำหนดน้ำหนักของปัจจัยหลักซึ่งใช้ในการเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ. ดร. วันชัย ริจิรวนิช
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ. สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำนำ

ในการสำรวจข้อมูลนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อรวบรวมข้อมูลที่จะใช้ในการกำหนดน้ำหนักของปัจจัยหลักในการเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงานสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

โดยข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมจากแบบสอบถามนี้จะถูกเก็บเป็นความลับ และจะไม่นำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นใด นอกจากการใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เท่านั้น

แบบสอบถามนี้ ประกอบด้วย 7 คำถาม ผู้ตอบแบบสอบถามกรุณาอ่านแบบสอบถามโดยละเอียด แล้วเลือกคำตอบที่เหมาะสมสำหรับแต่ละคำถาม

ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงที่ท่านกรุณาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามฉบับนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>แบบสอบถาม</u>

การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และ
ประหยัดพลังงาน สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

การเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงาน สำหรับติดตั้งในโรงงานแต่ละแห่ง ต้องมีการวิเคราะห์ และตัดสินใจภายใต้ปัจจัยหลัก ดังต่อไปนี้

1. ด้านวิศวกรรม (Engineering) ซึ่งเกี่ยวข้องกับด้าน :-
   - ✧ เทคนิค
   - ✧ ประสิทธิภาพ
   - ✧ การใช้พลังงาน
2. ด้านการจัดการ (Management) ซึ่งเกี่ยวข้องกับด้าน :-
   - ✧ การจัดการ และ การควบคุมดูแลระบบ
   - ✧ การซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน
   - ✧ ค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบ
3. ด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics) ซึ่งเกี่ยวข้องกับด้าน :-
   - ✧ การลงทุนติดตั้งระบบ
   - ✧ ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน
4. ด้านพลังงาน (Energy) ซึ่งเกี่ยวข้องกับด้าน :-
   - ✧ การอนุรักษ์พลังงาน
   - ✧ การประหยัดพลังงาน

<u>หมายเหตุ</u>

1. การกำหนดลำดับสำคัญ ของปัจจัยหลักต่างๆ มีหลักเกณฑ์ดังนี้ ลำดับที่ 1 คือ ปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุด และ ลำดับที่ 4 คือ ปัจจัยที่มีความสำคัญน้อยที่สุด ถ้าหากปัจจัยมีความสำคัญเท่ากัน ก็จะกำหนดเป็นลำดับเดียวกัน
2. การเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัย มีหลักเกณฑ์ดังนี้

	สำคัญมากกว่าอย่างยิ่ง Extremely Importance	สำคัญมากกว่าอย่างเด่นชัดมาก Very Strong Importance	สำคัญมากกว่าอย่างเด่นชัด Strong Importance	สำคัญมากกว่าพอประมาณ Modulate Importance	สำคัญเท่ากัน Equal Importance
ระดับ	9	8	7	6	5	4	3	2	1

<u>กรุณาตอบแบบสอบถามต่อไปนี้</u>

1) จากปัจจัยหลัก 4 ประการสำหรับการเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงานสำหรับติดตั้งในโรงงาน ดังกล่าวข้างต้น

ตามความคิดเห็นของท่านนั้นท่านคิดว่า ปัจจัยหลักใดมีความสำคัญมากกว่ากัน กรุณาระบุลำดับตามความสำคัญ

ลำดับที่		(1)	(2)	(3)	(4)
ด้านวิศวกรรม	(Engineering)	( )	( )	( )	( )
ด้านการจัดการ	(Management)	( )	( )	( )	( )
ด้านเศรษฐศาสตร์	(Economics)	( )	( )	( )	( )
ด้านพลังงาน	(Energy)	( )	( )	( )	( )

2) การเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยหลักที่มีความสำคัญลำดับที่ 1 กับ 2

ตามความคิดเห็นของท่าน กรุณาระบุว่า จากผลข้อ 1 ปัจจัยหลักที่มีความสำคัญลำดับที่ 1 นั้นมีระดับความสำคัญอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยที่มีความสำคัญลำดับที่ 2 ?

ระดับ 9 8 7 6 5 4 3 2 1

ลำดับที่ 1 ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ลำดับที่ 2

3) การเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยหลักที่มีความสำคัญลำดับที่ 1 กับ 3

ตามความคิดเห็นของท่าน กรุณาระบุว่า จากผลข้อ 1 ปัจจัยหลักที่มีความสำคัญลำดับที่ 1 นั้นมีระดับความสำคัญอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยที่มีความสำคัญลำดับที่ 3 ?

ระดับ 9 8 7 6 5 4 3 2 1

ลำดับที่ 1 ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ลำดับที่ 3

4) การเปรียบเทียบความสำคัญ ระหว่างปัจจัยหลักที่มีความสำคัญลำดับที่ 1 กับ 4

ตามความคิดเห็นของท่าน กรุณาระบุว่า จากผลข้อ 1 ปัจจัยหลักที่มีความสำคัญลำดับที่ 1 นั้นมีระดับความสำคัญอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยที่มีความสำคัญลำดับที่ 4 ?

ระดับ 9 8 7 6 5 4 3 2 1

ลำดับที่ 1 ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ลำดับที่ 4

5) การเปรียบเทียบความสำคัญ ระหว่างปัจจัยหลักที่มีความสำคัญลำดับที่ 2 กับ 3

ตามความคิดเห็นของท่าน กรุณาระบุว่า จากผลข้อ 1 ปัจจัยหลักที่มีความสำคัญลำดับที่ 2 นั้นมีระดับความสำคัญอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยที่มีความสำคัญลำดับที่ 3 ?

ระดับ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3

6) การเปรียบเทียบความสำคัญ ระหว่างปัจจัยหลักที่มีความสำคัญลำดับที่ 2 กับ 4

ตามความคิดเห็นของท่าน กรุณาระบุว่า จากผลข้อ 1 ปัจจัยหลักที่มีความสำคัญลำดับที่ 2 นั้นมีระดับความสำคัญอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยที่มีความสำคัญลำดับที่ 4 ?

ระดับ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4

7) การเปรียบเทียบความสำคัญ ระหว่างปัจจัยหลักที่มีความสำคัญลำดับที่ 3 กับ 4

ตามความคิดเห็นของท่าน กรุณาระบุว่า จากผลข้อ 1 ปัจจัยหลักที่มีความสำคัญลำดับที่ 3 นั้นมีระดับความสำคัญอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยที่มีความสำคัญลำดับที่ 4 ?

ระดับ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
ลำดับที่ 3	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>แบบสอบถาม</u>

สำหรับวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต

เรื่อง (ภาษาไทย) การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงานสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

(ภาษาอังกฤษ) THE SELECTION OF A SUITABLE AIR CONDITIONING SYSTEM BASED ON ENERGY CONSERVATION AND SAVING FOR THE FACTORY .

จัดทำโดย

นางสาว อุษา แพนพันธ์อ้วน

วัตถุประสงค์ : เพื่อรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่จะใช้วิเคราะห์ สำหรับการประเมินระบบปรับอากาศ เพื่อกำหนดน้ำหนักของปัจจัยย่อย และการเปรียบเทียบทางเลือกในแต่ละปัจจัยหลัก ที่ใช้ในการเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ. ดร. วันชัย ริจิรวนิช
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ. สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>คำนำ</u>

ในการสำรวจข้อมูลนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อรวบรวมข้อมูลที่จะใช้ในการกำหนดน้ำหนักของปัจจัยย่อยทั้งหมด และการเปรียบเทียบทางเลือกในแต่ละปัจจัยหลัก ที่ใช้ในการเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงานสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

โดยข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมจากแบบสอบถามนี้จะถูกเก็บเป็นความลับ และจะไม่นำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นใด นอกจากการใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เท่านั้น

แบบสอบถามนี้ ประกอบด้วย 28 คำถาม ผู้ตอบแบบสอบถามกรุณาอ่านแบบสอบถามโดยละเอียด แล้วเลือกคำตอบที่เหมาะสมสำหรับแต่ละคำถาม

ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงที่ท่านกรุณาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามฉบับนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>แบบสอบถาม</u>

การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และ
ประหยัดพลังงาน สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

การเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงาน สำหรับติดตั้งในโรงงานแต่ละแห่ง ต้องมีการวิเคราะห์ และตัดสินใจภายใต้ปัจจัยหลัก และปัจจัยย่อย ดังต่อไปนี้

1. ด้านวิศวกรรม (Engineering) ซึ่งเกี่ยวข้องกับด้าน :-
   1.1 เทคนิค (Technical) ประกอบด้วย :-
      - ✧ ระบบสามารถควบคุมสภาวะในโรงงาน เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ให้เป็นไปตามสภาวะที่ออกแบบ
      - ✧ อุปกรณ์หลักในระบบ เช่น Chiller ควรมีการควบคุมการทำงานด้วย Expert system programming เช่น Automation , Emergency operation guidance

   1.2 ประสิทธิภาพ (Efficiency) ประกอบด้วย :-
      - ✧ อุปกรณ์หลักในระบบ เช่น Chiller สามารถปรับการทำงานของอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพสูงตามภาระความร้อนของโรงงาน
      - ✧ อุปกรณ์ในระบบควรมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

   1.3 การใช้พลังงาน (Energy Usage)ประกอบด้วย :-
      - ✧ ระบบที่ใช้พลังงานต่ำ เช่น การเลือกใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงซึ่งจะใช้พลังงานน้อยกว่าอุปกรณ์ทั่วไป
      - ✧ ระบบที่ใช้แหล่งพลังงานในการทำงานของอุปกรณ์บางส่วนจากพลังงานที่เหลือใช้ในโรงงาน เช่น การใช้ Absorption Chiller ที่ใช้พลังงานจาก Waste Stream

2. ด้านการจัดการ (Management) ซึ่งเกี่ยวข้องกับด้าน :-
   2.1 การจัดการ และการควบคุมดูแลระบบ (Management and Control) ประกอบด้วย :-
      - ✧ ควรมีการเลือกใช้อุปกรณ์ที่สามารถจัดการปรับการทำงานระบบให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละช่วงได้ เช่น โรงงานที่ทำงานล่วงเวลาบางแผนก ควรมีระบบปรับอากาศที่สามารถทำงานบางส่วนเพื่อใช้เฉพาะในบริเวณที่มีการทำงานด้วย
      - ✧ ควรมีระบบคอมพิวเตอร์มาช่วยในการควบคุมการทำงานของระบบ เช่น การกำหนดตารางการเปิด-ปิดระบบล่วงหน้า

2.2 การซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน (Maintenance) ประกอบด้วย :-

- ✧ ระบบควรซ่อมบำรุงง่าย และมีระบบสัญญาณเตือนเมื่อมีอุปกรณ์ใดทำงานผิดพลาด หรือต้องซ่อมและ/หรือเปลี่ยนชิ้นส่วน

2.3 ค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบ (Management cost) ประกอบด้วย :-

- ✧ ระบบควรมีการจัดการและกำหนดการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยให้การจัดการระบบที่สะดวก และสามารถลดจำนวนช่างที่ทำหน้าที่ในการจัดการระบบลง ซึ่งจะทำให้ลดค่าใช้จ่ายลงด้วย

3. ด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics) ซึ่งเกี่ยวข้องกับด้าน :-

3.1 การลงทุนติดตั้งระบบ (Initial cost) ประกอบด้วย :-

- ✧ ระบบควรมีมูลค่าการลงทุนต่ำ
- ✧ หากระบบมีมูลค่าการลงทุนสูงกว่าก็ควรมีค่าใช้จ่ายในการใช้งานที่ต่ำกว่าลง

3.2 ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน (Operating cost) ประกอบด้วย :-

- ✧ ระบบควรมีค่าใช้จ่ายในส่วนของพลังงานที่ใช้ในการทำงานของระบบต่ำ
- ✧ ระบบควรมีค่าใช้จ่ายในการควบคุมดูแล และซ่อมบำรุงต่ำ

4. ด้านพลังงาน (Energy) ซึ่งเกี่ยวข้องกับด้าน :-

4.1 การอนุรักษ์พลังงาน (Energy conservation) ประกอบด้วย :-

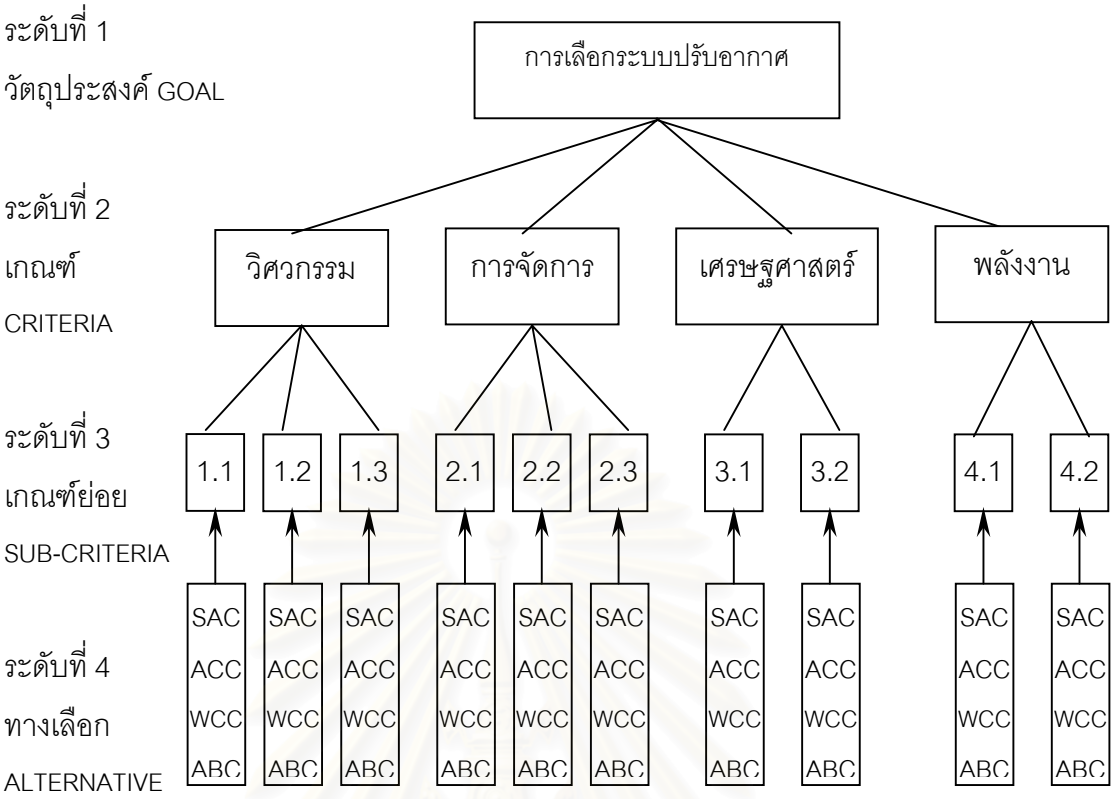
- ✧ ระบบควรมีการใช้พลังงานตามข้อกำหนดในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เช่น การใช้ Chiller ที่มีค่าพลังไฟฟ้าไม่เกิน 0.7 kW/Ton

4.2 การประหยัดพลังงาน (Energy saving) ประกอบด้วย :-

- ✧ ระบบควรประกอบด้วยอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานอย่างประหยัด เช่น การใช้เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 5 ประหยัดไฟฟ้า

ระบบปรับอากาศที่เสนอ เพื่อให้ประเมิน มี 4 ระบบ ดังต่อไปนี้

1. ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน SAC : Split type air-cooled air conditioner
2. ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ ACC : Air-cooled chiller
3. ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ WCC : Water-cooled chiller
4. ระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งใช้ ABC : Absorption chiller



<u>รายละเอียดเพิ่มเติม</u>

1.1 Technical
1.2 Efficiency
1.3 Energy Usage
2.1 Management and Control
2.2 Maintenance
2.3 Management cost
3.1 Initial cost
3.2 Operating cost
4.1 Energy conservation
4.2 Energy saving

<u>รูปที่ 1</u> รูปแบบการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

<u>หมายเหตุ</u>

1. การกำหนดลำดับสำคัญ ของปัจจัยหลักต่างๆ มีหลักเกณฑ์ดังนี้ ลำดับที่ 1 คือ ปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุด และ ลำดับที่ 4 คือ ปัจจัยที่มีความสำคัญน้อยที่สุด ถ้าหากปัจจัยมีความสำคัญเท่ากัน ก็จะกำหนดเป็นลำดับเดียวกัน

2. การเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัย มีหลักเกณฑ์ดังนี้

	สำคัญมากกว่าอย่างยิ่ง Extremely Importance		สำคัญมากกว่าอย่างเด่นชัดมาก Very Strong Importance		สำคัญมากกว่าอย่างเด่นชัด Strong Importance		สำคัญมากกว่าพอประมาณ Modulate Importance		สำคัญเท่ากัน Equal Importance
ระดับ	9	8	7	6	5	4	3	2	1

<u>กรุณาตอบแบบสอบถามต่อไปนี้</u>

<u>ส่วนที่ 1</u> **การกำหนดน้ำหนักของปัจจัยย่อย**

✧ **น้ำหนักของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลัก "วิศวกรรม** (Engineering)"

1.1) จากปัจจัยหลักด้านวิศวกรรม (Engineering) สำหรับการเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์และประหยัดพลังงานสำหรับติดตั้งในโรงงานประกอบด้วย3ปัจจัยย่อย คือ 1.เทคนิค (Technical) 2.ประสิทธิภาพ (Efficiency) และ 3.การใช้พลังงาน (Energy Usage)

ตามความคิดเห็นของท่านนั้น ท่านคิดว่า ปัจจัยย่อยใดมีความสำคัญมากกว่ากัน กรุณาระบุลำดับตามความสำคัญ

		ลำดับที่	(1)	(2)	(3)
เทคนิค	(Technical)		( )	( )	( )
ประสิทธิภาพ	(Efficiency)		( )	( )	( )
การใช้พลังงาน	(Energy Usage)		( )	( )	( )

1.2) การเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยย่อยโดยใช้หลักการเปรียบเทียบในแต่ละคู่ (Pair-wise Comparison) ซึ่งจะเปรียบเทียบปัจจัยย่อยที่มีความสำคัญลำดับที่ 1 กับ 2 ตามลำดับทีละคู่ จนครบถึงลำดับที่ 3

ตามความคิดเห็นของท่าน กรุณาระบุว่า จากผลข้อ 1.1 ปัจจัยย่อยแต่ละคู่มีความสำคัญอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบปัจจัยหนึ่งกับอีกปัจจัยที่มีความสำคัญตามลำดับ ?

ระดับ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 2
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

✧ น้ำหนักของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลัก “การจัดการ (Management)”

1.3) จากปัจจัยหลักด้านการจัดการ(Management) สำหรับการเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์และประหยัดพลังงานสำหรับติดตั้งในโรงงานประกอบด้วย3ปัจจัยย่อย คือ 1.การจัดการ และ การควบคุมดูแลระบบ (Management and Control) 2.การซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน (Maintenance) และ 3.ค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบ (Management cost)

ตามความคิดเห็นของท่านนั้น ท่านคิดว่า ปัจจัยย่อยใดมีความสำคัญมากกว่ากัน กรุณาระบุลำดับตามความสำคัญ

ลำดับที่	(1)	(2)	(3)
การจัดการและการควบคุมดูแล (Management and Control)	( )	( )	( )
การซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน (Maintenance)	( )	( )	( )
ค่าใช้จ่ายในการจัดการ (Management cost)	( )	( )	( )

1.4) การเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยย่อยโดยใช้หลักการเปรียบเทียบในแต่ละคู่ (Pair-wise Comparison) ซึ่งจะเปรียบเทียบปัจจัยย่อยที่มีความสำคัญลำดับที่ 1 กับ 2 ตามลำดับทีละคู่ จนครบถึงลำดับที่ 3

ตามความคิดเห็นของท่าน กรุณาระบุว่า จากผลข้อ 1.3 ปัจจัยย่อยแต่ละคู่มีความสำคัญอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบปัจจัยหนึ่งกับอีกปัจจัยที่มีความสำคัญตามลำดับ ?

ระดับ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 2
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3

✧ น้ำหนักของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลัก “เศรษฐศาสตร์ (Economics)”

1.5) จากปัจจัยหลักด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics) สำหรับการเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์และประหยัดพลังงานสำหรับติดตั้งในโรงงาน ประกอบด้วย 2 ปัจจัยย่อย คือ 1.การลงทุนติดตั้งระบบ(Initial cost) และ 2.ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน(Operating cost)

ตามความคิดเห็นของท่านนั้น ท่านคิดว่า ปัจจัยย่อยใดมีความสำคัญมากกว่ากัน กรุณาระบุลำดับตามความสำคัญ

ลำดับที่	(1)	(2)
การลงทุนติดตั้งระบบ (Initial cost)	( )	( )
ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน (Operating cost)	( )	( )

1.6) การเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยย่อยโดยใช้หลักการเปรียบเทียบในแต่ละคู่ (Pair-wise Comparison) ซึ่งจะเปรียบเทียบปัจจัยที่มีความสำคัญลำดับที่ 1 กับ 2

ตามความคิดเห็นของท่าน กรุณาระบุว่า จากผลข้อ 1.5 ปัจจัยย่อยที่มีความสำคัญลำดับที่ 1 นั้นมีระดับความสำคัญอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยที่มีความสำคัญลำดับที่ 2 ?

ระดับ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 2

✧ น้ำหนักของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลัก “พลังงาน (Energy)”

1.7) จากปัจจัยหลักด้านพลังงาน (Energy) สำหรับการเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์และประหยัดพลังงานสำหรับติดตั้งในโรงงานประกอบด้วย2ปัจจัยย่อย คือ 1.การอนุรักษ์พลังงาน(Energy conservation) และ 2.การประหยัดพลังงาน(Energy saving)

ตามความคิดเห็นของท่านนั้น ท่านคิดว่า ปัจจัยย่อยใดมีความสำคัญมากกว่ากัน กรุณาระบุลำดับตามความสำคัญ

ลำดับที่		(1)	(2)
การอนุรักษ์พลังงาน	(Energy conservation)	( )	( )
การประหยัดพลังงาน	(Energy saving)	( )	( )

1.8) การเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยย่อยโดยใช้หลักการเปรียบเทียบในแต่ละคู่ (Pair-wise Comparison) ซึ่งจะเปรียบเทียบปัจจัยที่มีความสำคัญลำดับที่ 1 กับ 2

ตามความคิดเห็นของท่าน กรุณาระบุว่า จากผลข้อ 1.7 ปัจจัยย่อยที่มีความสำคัญลำดับที่ 1 นั้นมีระดับความสำคัญอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยที่มีความสำคัญลำดับที่ 2 ?

ระดับ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ส่วนที่ 2</u> **การเปรียบเทียบทางเลือกกับแต่ละปัจจัย**

✧ **การเปรียบเทียบทางเลือกสำหรับปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลัก “ วิศวกรรม (Engineering) ”**

2.1) ตามความคิดเห็นของท่านนั้น ท่านคิดว่า ระบบปรับอากาศที่เสนอเพื่อให้ประเมินนั้น ระบบใดมีปัจจัยย่อย “เทคนิค (Technical)” ที่ดีหรือเหมาะสมมากกว่ากัน กรุณาระบุลำดับตามความเหมาะสม

ลำดับที่		(1)	(2)	(3)	(4)
SAC	: Split type air-cooled air conditioner	( )	( )	( )	( )
ACC	: Air-cooled chiller	( )	( )	( )	( )
WCC	: Water-cooled chiller	( )	( )	( )	( )
ABC	: Absorption chiller	( )	( )	( )	( )

2.2) การเปรียบเทียบระบบที่ประเมินโดยใช้หลักการเปรียบเทียบในแต่ละคู่ (Pair-wise Comparison) ซึ่งจะเปรียบเทียบปัจจัยย่อยความสำคัญลำดับที่ 1 กับ 2 ตามลำดับทีละคู่ จนถึง 4

ตามความคิดเห็นของท่าน กรุณาระบุว่า จากผลข้อ 2.1 ระบบที่ประเมินแต่ละคู่มีความเหมาะสม อย่างไรเมื่อเปรียบเทียบระบบหนึ่งกับอีกระบบที่มีความเหมาะสมตามลำดับ ?

ระดับ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 2
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4
ลำดับที่ 3	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4

2.3) ตามความคิดเห็นของท่านนั้น ท่านคิดว่า ระบบปรับอากาศที่เสนอเพื่อให้ประเมินนั้น ระบบใดมีปัจจัยย่อย “ประสิทธิภาพ (Efficiency)” ที่ดีหรือเหมาะสมมากกว่ากัน กรุณาระบุลำดับตามความเหมาะสม

ลำดับที่		(1)	(2)	(3)	(4)
SAC	: Split type air-cooled air conditioner	( )	( )	( )	( )
ACC	: Air-cooled chiller	( )	( )	( )	( )
WCC	: Water-cooled chiller	( )	( )	( )	( )
ABC	: Absorption chiller	( )	( )	( )	( )

2.4) การเปรียบเทียบระบบที่ประเมินโดยใช้หลักการเปรียบเทียบในแต่ละคู่ (Pair-wise Comparison) ซึ่งจะเปรียบเทียบระบบที่เหมาะสมลำดับที่ 1 กับ 2 ตามลำดับทีละคู่ จนถึง 4

ตามความคิดเห็นของท่าน กรุณาระบุว่า จากผลข้อ 2.3 ระบบที่ประเมินแต่ละคู่มีความเหมาะสม อย่างไรเมื่อเปรียบเทียบระบบหนึ่งกับอีกระบบที่มีความเหมาะสมตามลำดับ ?

ระดับ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 2
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4
ลำดับที่ 3	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4

2.5) ตามความคิดเห็นของท่านนั้น ท่านคิดว่า ระบบปรับอากาศที่เสนอเพื่อให้ประเมินนั้น ระบบใดมีปัจจัยย่อย “การใช้พลังงาน (Energy Usage)” ที่ดีหรือเหมาะสมมากกว่ากัน กรุณาระบุลำดับตามความเหมาะสม

ลำดับที่		(1)	(2)	(3)	(4)
SAC	: Split type air-cooled air conditioner	( )	( )	( )	( )
ACC	: Air-cooled chiller	( )	( )	( )	( )
WCC	: Water-cooled chiller	( )	( )	( )	( )
ABC	: Absorption chiller	( )	( )	( )	( )

2.6) การเปรียบเทียบระบบที่ประเมินโดยใช้หลักการเปรียบเทียบในแต่ละคู่ (Pair-wise Comparison) ซึ่งจะเปรียบเทียบระบบที่เหมาะสมลำดับที่ 1 กับ 2 ตามลำดับทีละคู่ จนถึง 4

ตามความคิดเห็นของท่าน กรุณาระบุว่า จากผลข้อ 2.5 ระบบที่ประเมินแต่ละคู่มีความเหมาะสม อย่างไรเมื่อเปรียบเทียบระบบหนึ่งกับอีกระบบที่มีความเหมาะสมตามลำดับ ?

ระดับ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 2
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4
ลำดับที่ 3	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4

✧ **การเปรียบเทียบทางเลือกสำหรับปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลัก “ การจัดการ (Management) ”**

2.7) ตามความคิดเห็นของท่านนั้น ท่านคิดว่า ระบบปรับอากาศที่เสนอให้ประเมินระบบใดมีปัจจัยย่อย “การจัดการ และการควบคุมดูแลระบบ (Management and Control)” ที่เหมาะสมมากกว่ากัน กรุณาระบุลำดับตามความเหมาะสม

	ลำดับที่	(1)	(2)	(3)	(4)
SAC	: Split type air-cooled air conditioner	( )	( )	( )	( )
ACC	: Air-cooled chiller	( )	( )	( )	( )
WCC	: Water-cooled chiller	( )	( )	( )	( )
ABC	: Absorption chiller	( )	( )	( )	( )

2.8) การเปรียบเทียบระบบที่ประเมินโดยใช้หลักการเปรียบเทียบในแต่ละคู่ (Pair-wise Comparison) ซึ่งจะเปรียบเทียบระบบที่เหมาะสมลำดับที่ 1 กับ 2 ตามลำดับทีละคู่ จนถึง 4

ตามความคิดเห็นของท่าน กรุณาระบุว่า จากผลข้อ 2.7 ระบบที่ประเมินแต่ละคู่มีความเหมาะสม อย่างไรเมื่อเปรียบเทียบระบบหนึ่งกับอีกระบบที่มีความเหมาะสมตามลำดับ ?

ระดับ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 2
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4
ลำดับที่ 3	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4

2.9) ตามความคิดเห็นของท่านนั้นท่านคิดว่า ระบบปรับอากาศที่เสนอเพื่อให้ประเมินนั้นระบบใดมีปัจจัยย่อย “การซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน (Maintenance)” ที่ดีหรือเหมาะสมมากกว่ากัน กรุณาระบุลำดับตามความเหมาะสม

	ลำดับที่	(1)	(2)	(3)	(4)
SAC	: Split type air-cooled air conditioner	( )	( )	( )	( )
ACC	: Air-cooled chiller	( )	( )	( )	( )
WCC	: Water-cooled chiller	( )	( )	( )	( )
ABC	: Absorption chiller	( )	( )	( )	( )

2.10) การเปรียบเทียบระบบที่ประเมินโดยใช้หลักการเปรียบเทียบในแต่ละคู่ (Pair-wise Comparison) ซึ่งจะเปรียบเทียบระบบที่เหมาะสมลำดับที่ 1 กับ 2 ตามลำดับทีละคู่ จนถึง 4

ตามความคิดเห็นของท่าน กรุณาระบุว่า จากผลข้อ 2.9 ระบบที่ประเมินแต่ละคู่มีความเหมาะสม อย่างไรเมื่อเปรียบเทียบระบบหนึ่งกับอีกระบบที่มีความเหมาะสมตามลำดับ ?

ระดับ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 2
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4
ลำดับที่ 3	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4

2.11) ตามความคิดเห็นของท่านนั้นท่านคิดว่า ระบบปรับอากาศที่เสนอเพื่อให้ประเมินนั้น ระบบใดมีปัจจัยย่อย “ค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบ(Management cost)” ที่เหมาะสมมากกว่ากัน กรุณาระบุลำดับตามความเหมาะสม

ลำดับที่		(1)	(2)	(3)	(4)
SAC	: Split type air-cooled air conditioner	( )	( )	( )	( )
ACC	: Air-cooled chiller	( )	( )	( )	( )
WCC	: Water-cooled chiller	( )	( )	( )	( )
ABC	: Absorption chiller	( )	( )	( )	( )

2.12) การเปรียบเทียบระบบที่ประเมินโดยใช้หลักการเปรียบเทียบในแต่ละคู่ (Pair-wise Comparison) ซึ่งจะเปรียบเทียบระบบที่เหมาะสมลำดับที่ 1 กับ 2 ตามลำดับทีละคู่ จนถึง 4

ตามความคิดเห็นของท่าน กรุณาระบุว่า จากผลข้อ 2.11 ระบบที่ประเมินแต่ละคู่มีความเหมาะสม อย่างไรเมื่อเปรียบเทียบระบบหนึ่งกับอีกระบบที่มีความเหมาะสมตามลำดับ ?

ระดับ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 2
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4
ลำดับที่ 3	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4

✧ **การเปรียบเทียบทางเลือกสำหรับปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลัก**
" เศรษฐศาสตร์ (Economics) "

2.13) ตามความคิดเห็นของท่านนั้นท่านคิดว่า ระบบปรับอากาศที่เสนอเพื่อให้ประเมินนั้น ระบบใดมีปัจจัยย่อย "การลงทุนติดตั้งระบบ (Initial cost)" ที่ดีหรือเหมาะสมมากกว่ากัน กรุณาระบุลำดับตามความเหมาะสม

ลำดับที่		(1)	(2)	(3)	(4)
SAC	: Split type air-cooled air conditioner	( )	( )	( )	( )
ACC	: Air-cooled chiller	( )	( )	( )	( )
WCC	: Water-cooled chiller	( )	( )	( )	( )
ABC	: Absorption chiller	( )	( )	( )	( )

2.14) การเปรียบเทียบระบบที่ประเมินโดยใช้หลักการเปรียบเทียบในแต่ละคู่ (Pair-wise Comparison) ซึ่งจะเปรียบเทียบระบบที่เหมาะสมลำดับที่ 1 กับ 2 ตามลำดับทีละคู่ จนถึง 4

ตามความคิดเห็นของท่าน กรุณาระบุว่า จากผลข้อ 2.13 ระบบที่ประเมินแต่ละคู่มีความเหมาะสม อย่างไรเมื่อเปรียบเทียบระบบหนึ่งกับอีกระบบที่มีความเหมาะสมตามลำดับ ?

ระดับ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 2
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4
ลำดับที่ 3	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4

2.15) ตามความคิดเห็นของท่านนั้นท่านคิดว่า ระบบปรับอากาศที่เสนอเพื่อให้ประเมินนั้น ระบบใดมีปัจจัยย่อย "ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน (Operating cost)" ที่ดีหรือเหมาะสมมากกว่ากัน กรุณาระบุลำดับตามความเหมาะสม

ลำดับที่		(1)	(2)	(3)	(4)
SAC	: Split type air-cooled air conditioner	( )	( )	( )	( )
ACC	: Air-cooled chiller	( )	( )	( )	( )
WCC	: Water-cooled chiller	( )	( )	( )	( )
ABC	: Absorption chiller	( )	( )	( )	( )

2.16) การเปรียบเทียบระบบที่ประเมินโดยใช้หลักการเปรียบเทียบในแต่ละคู่ (Pair-wise Comparison) ซึ่งจะเปรียบเทียบระบบที่เหมาะสมลำดับที่ 1 กับ 2 ตามลำดับทีละคู่ จนถึง 4

ตามความคิดเห็นของท่าน กรุณาระบุว่า จากผลข้อ 2.15 ระบบที่ประเมินแต่ละคู่มีความเหมาะสม อย่างไรเมื่อเปรียบเทียบระบบหนึ่งกับอีกระบบที่มีความเหมาะสมตามลำดับ ?

ระดับ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 2
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4
ลำดับที่ 3	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4

- **การเปรียบเทียบทางเลือกสำหรับปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลัก “ พลังงาน (Energy) ”**

2.17) ตามความคิดเห็นของท่านนั้นท่านคิดว่า ระบบปรับอากาศที่เสนอเพื่อให้ประเมินนั้น ระบบใดมีปัจจัยย่อย “การอนุรักษ์พลังงาน (Energy conservation)” ที่เหมาะสมมากกว่ากัน กรุณาระบุลำดับตามความเหมาะสม

ลำดับที่		(1)	(2)	(3)	(4)
SAC	: Split type air-cooled air conditioner	( )	( )	( )	( )
ACC	: Air-cooled chiller	( )	( )	( )	( )
WCC	: Water-cooled chiller	( )	( )	( )	( )
ABC	: Absorption chiller	( )	( )	( )	( )

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.18) การเปรียบเทียบระบบที่ประเมินโดยใช้หลักการเปรียบเทียบในแต่ละคู่ (Pair-wise Comparison) ซึ่งจะเปรียบเทียบระบบที่เหมาะสมลำดับที่ 1 กับ 2 ตามลำดับทีละคู่ จนถึง 4

ตามความคิดเห็นของท่าน กรุณาระบุว่า จากผลข้อ 2.17 ระบบที่ประเมินแต่ละคู่มีความเหมาะสม อย่างไรเมื่อเปรียบเทียบระบบหนึ่งกับอีกระบบที่มีความเหมาะสมตามลำดับ ?

ระดับ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 2
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4
ลำดับที่ 3	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4

2.19) ตามความคิดเห็นของท่านนั้นท่านคิดว่า ระบบปรับอากาศที่เสนอเพื่อให้ประเมินนั้น ระบบใดมีปัจจัยย่อย “การประหยัดพลังงาน (Energy saving)” ที่ดีหรือเหมาะสมมากกว่ากัน กรุณาระบุลำดับตามความเหมาะสม

ลำดับที่		(1)	(2)	(3)	(4)
SAC	: Split type air-cooled air conditioner	( )	( )	( )	( )
ACC	: Air-cooled chiller	( )	( )	( )	( )
WCC	: Water-cooled chiller	( )	( )	( )	( )
ABC	: Absorption chiller	( )	( )	( )	( )

2.20) การเปรียบเทียบระบบที่ประเมินโดยใช้หลักการเปรียบเทียบในแต่ละคู่ (Pair-wise Comparison) ซึ่งจะเปรียบเทียบระบบที่เหมาะสมลำดับที่ 1 กับ 2 ตามลำดับทีละคู่ จนถึง 4

ตามความคิดเห็นของท่าน กรุณาระบุว่า จากผลข้อ 2.19 ระบบที่ประเมินแต่ละคู่มีความเหมาะสม อย่างไรเมื่อเปรียบเทียบระบบหนึ่งกับอีกระบบที่มีความเหมาะสมตามลำดับ ?

ระดับ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 2
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 1	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 3
ลำดับที่ 2	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4
ลำดับที่ 3	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	ลำดับที่ 4

<u>แบบสอบถาม</u>

สำหรับวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต

เรื่อง (ภาษาไทย) การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงานสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

(ภาษาอังกฤษ) THE SELECTION OF A SUITABLE AIR CONDITIONING SYSTEM BASED ON ENERGY CONSERVATION AND SAVING FOR THE FACTORY .

จัดทำโดย

นางสาว อุษา แพนพันธ์อ้วน

วัตถุประสงค์ : เพื่อรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่จะใช้วิเคราะห์สำหรับการประเมินระบบปรับอากาศเพื่อกำหนดค่าใช้จ่ายสำหรับการจัดการและควบคุมดูแลระบบปรับอากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ. ดร. วันชัย ริจิรวนิช
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ. สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>คำนำ</u>

ในการสำรวจข้อมูลนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อรวบรวมข้อมูลที่จะใช้ในการกำหนดค่าใช้จ่ายสำหรับการจัดการ และควบคุมดูแลระบบปรับอากาศ ที่ใช้ในการเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงานสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

โดยข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมจากแบบสอบถามนี้จะถูกเก็บเป็นความลับ และจะไม่นำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นใด นอกจากการใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เท่านั้น

แบบสอบถามนี้ ประกอบด้วย 2 คำถาม ผู้ตอบแบบสอบถามกรุณาอ่านแบบสอบถามโดยละเอียด แล้วเลือกคำตอบที่เหมาะสมสำหรับแต่ละคำถาม

ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงที่ท่านกรุณาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามฉบับนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>แบบสอบถาม</u>

การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และ
ประหยัดพลังงาน สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

การเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงาน สำหรับติดตั้งในโรงงานแต่ละแห่ง ต้องมีการวิเคราะห์ และตัดสินใจ โดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายสำหรับการจัดการ และควบคุมดูแลระบบปรับอากาศด้วย โดยทั่วไปในแต่ละโรงงานจะมีแผนกวิศวกรรม หรือแผนกซ่อมบำรุง ทำหน้าที่เหล่านี้

<u>กรุณาตอบแบบสอบถามต่อไปนี้</u>

การจัดการ และควบคุมดูแลระบบปรับอากาศ

1) โรงงานของท่านมีแผนกใดทำหน้าที่ด้านการจัดการ และควบคุมดูแล สำหรับระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในโรงงาน

กรุณาระบุแผนกที่มีในโรงงานของท่าน หรือหากโรงงานของท่านไม่มีการกำหนดแผนกที่ทำหน้าที่นี้ กรุณาระบุแผนกที่ควรจัดให้มีตามความคิดเห็นของท่าน

( ) แผนกวิศวกรรม

( ) แผนกซ่อมบำรุง

( ) แผนกอื่น โปรดระบุ……

2) โรงงานของท่านมีพนักงานในแผนกที่ทำหน้าที่ด้านการจัดการ และควบคุมดูแลระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในโรงงานกี่คน โดยมีตำแหน่งใดบ้าง และมีคุณวุฒิอย่างไร

กรุณาระบุข้อมูลที่มีในโรงงานของท่าน หรือหากโรงงานของท่านไม่มีการกำหนดกรุณาระบุข้อมูลที่ควรจัดให้มีตามความคิดเห็นของท่าน

( ) ผู้จัดการ : วุฒิ ( ) ปริญญาตรี ……คน ( ) ปริญญาโทหรือสูงกว่า ……คน

( ) วิศวกร : วุฒิ ( ) ปริญญาตรี ……คน ( ) ปริญญาโทหรือสูงกว่า ……คน

( ) ช่าง : วุฒิ ( ) ปวช. ……..…คน ( ) ปวส.หรือสูงกว่า ……..คน

( ) อื่น โปรดระบุ …… : วุฒิ…….. จำนวน……คน

<u>แบบสอบถาม</u>

สำหรับวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต

เรื่อง (ภาษาไทย) การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงานสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

(ภาษาอังกฤษ) THE SELECTION OF A SUITABLE AIR CONDITIONING SYSTEM BASED ON ENERGY CONSERVATION AND SAVING FOR THE FACTORY .

จัดทำโดย

นางสาว อุษา แพนพันธ์อ้วน

วัตถุประสงค์ : เพื่อรวบรวมความคิดเห็นของผู้ทดลองใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในการวิจัยนี้

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ. ดร. วันชัย ริจิรวนิช

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ. สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>คำนำ</u>

ในการสำรวจข้อมูลนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อรวบรวมความคิดเห็นของผู้ทดลองใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในการวิจัยนี้ ที่ใช้ในการเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์และประหยัดพลังงานสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

โดยข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมจากแบบสอบถามนี้จะถูกเก็บเป็นความลับ และจะไม่นำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นใด นอกจากการใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เท่านั้น

แบบสอบถามนี้ ประกอบด้วย 6 คำถาม ผู้ตอบแบบสอบถามกรุณาอ่านแบบสอบถามโดยละเอียด แล้วเลือกคำตอบที่เหมาะสมสำหรับแต่ละคำถาม

ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงที่ท่านกรุณาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามฉบับนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>แบบสอบถาม</u>

การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และ
ประหยัดพลังงาน สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือก ระบบปรับอากาศ ที่จัดทำขึ้น สำหรับการตัดสินใจเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงาน ประกอบด้วย ขั้นตอนของกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ โดยมีโปรแกรมที่ออกแบบพัฒนาขึ้นเป็นเครื่องมือช่วยในการประมวลผล ซึ่งกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศมีขั้นตอน ดังนี้

1. รวบรวมข้อมูล
2. โปรแกรมคำนวณ Cooling load
3. ตัดสินใจว่า จะใช้ระบบปรับอากาศแบบใดบ้าง และต้องการอนุรักษ์พลังงานหรือไม่
4. โปรแกรมคำนวณ Cost
5. รวบรวมข้อมูลของ A/C System แต่ละแบบที่สนใจ
6. โปรแกรมคำนวณข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ของ A/C System แต่ละแบบ
7. ตัดสินใจแต่ละทางเลือกภายใต้ปัจจัยหลักและปัจจัยรองอื่นๆ โดยหลักการ AHP
8. โปรแกรมคำนวณคะแนน ประเมินผลของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ
9. รวบรวมและแสดงผลการประเมินของการเลือกระบบปรับอากาศแบบต่างๆ
10. ตัดสินใจว่า จะเลือกระบบปรับอากาศแบบใด

โครงสร้างของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ชื่อว่า AC Selection.exe โดยโปรแกรมนี้ ประกอบด้วย หน้าจอ (User Interface) รวมทั้งสิ้น 68 หน้าจอ โดยแต่ละหน้าจอ จะถูกเก็บไว้ด้วยไฟล์ข้อมูล (File) ที่มีนามสกุลเป็น xx.Frm ซึ่งจะแบ่งหน้าจอออกเป็น 4 กลุ่มตามประเภทการวิเคราะห์ข้อมูล คือ กลุ่ม General Information กลุ่ม Decision Analysis กลุ่ม AC System and Budget Calculation และกลุ่ม Economic Analysis

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยโปรแกรม ประกอบด้วยส่วนของการคำนวณภาระการทำความเย็น ส่วนการประมาณมูลค่าเงินในการลงทุนติดตั้ง และ

ค่าใช้จ่ายในการใช้งานระบบปรับอากาศ ส่วนของการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ และส่วนของคำนวณคะแนน ประเมินผลของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์การตัดสินใจตามหลักการของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ภายใต้ปัจจัยต่างๆ ที่ผู้ตัดสินใจคำนึงถึงในการเลือกใช้ระบบปรับอากาศ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมก็จะเป็นระบบปรับอากาศที่มีคุณสมบัติในการทำงานเหมาะสมตามที่ผู้ใช้โปรแกรมต้องการ ซึ่งการหาผลลัพธ์เหล่านี้ในกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่ใช้อยู่ในปัจจุบันต้องกระทำโดยอาศัยการทำงานร่วมกันของบุคคลหลายกลุ่มสำหรับการพิจารณา และรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมนี้ ดังนั้นจึงใช้โปรแกรมที่ออกแบบขึ้นนี้มาเป็นเครื่องมือช่วยในการพิจารณาข้อมูลแทนการทำงานด้วยบุคคลหลายกลุ่มตามวิธีการเดิมเพื่อใช้ในตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสม

การทดลองใช้โปรแกรมเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์เพื่อเลือกระบบปรับอากาศ

ทดลองนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบ ไปทดลองใช้งานจริงในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ โดยนำโปรแกรมนี้ไปใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลในการคำนวณภาระการทำความเย็น การประมาณมูลค่าการลงทุนติดตั้ง และค่าใช้จ่ายในการใช้งานระบบปรับอากาศ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ และการวิเคราะห์ตัดสินใจตามหลักการ AHP จนได้ผลลัพธ์เป็นระบบปรับอากาศที่เหมาะสมตามที่ผู้ใช้โปรแกรมต้องการ โดยนำโปรแกรมไปทดลองใช้งานพร้อมทั้งจัดทำแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ที่ใช้โปรแกรม เพื่อรวบรวมเป็นข้อมูลสำหรับวัดผลโปรแกรม ดังต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>กรุณาตอบแบบสอบถามต่อไปนี้</u>

1) กรุณาระบุว่า ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม ควรจัดอยู่ในกลุ่มบุคคลประเภทใด หากมีการแบ่งกลุ่มบุคคลออกเป็น 4 กลุ่ม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ก) กลุ่มเจ้าของและผู้บริหารโรงงาน ข) กลุ่มผู้ดูแลระบบปรับอากาศในโรงงาน

ค) กลุ่มผู้ออกแบบระบบปรับอากาศ ง) กลุ่มผู้รับเหมาและติดตั้งระบบปรับอากาศ

2) ในปัจจุบันนี้ การตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศขององค์กรที่ท่านสังกัดอยู่นั้นใช้วิธีการตัดสินใจแบบใด ? (สามารถตอบมากกว่า 1 ข้อได้ โดยขึ้นอยู่กับข้อเท็จจริงของการตัดสินใจ)

ก) การตัดสินใจโดยผู้ตัดสินใจคนเดียว

ข) การตัดสินใจโดยคณะกรรมการ

ค) การตัดสินใจโดยวิธีการอื่น กรุณาระบุ .....

3) ตามวิธีการตัดสินใจที่ท่านใช้ดังที่ระบุในแบบสอบถามข้อ 2 กรุณากรอกข้อมูลเกี่ยวกับผู้ตัดสินใจ และระยะเวลาที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในองค์กรของท่าน

ลำดับที่	ขั้นตอนของกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ	ผู้ตัดสินใจ	ระยะเวลาที่ใช้ (วัน)
1	การกำหนดนโยบายสำหรับการติดตั้งระบบปรับอากาศ		
2	การออกแบบและประเมินราคาเบื้องต้น สำหรับการติดตั้งและการเปรียบเทียบระบบปรับอากาศประเภทต่างๆ		
3	การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับการลงทุนและการเปรียบเทียบระบบปรับอากาศประเภทต่างๆ		
4	การพิจารณาเลือกประเภทระบบปรับอากาศที่จะใช้ติดตั้ง		
5	การออกแบบโดยละเอียดและประเมินราคากลางสำหรับการติดตั้งระบบปรับอากาศ		
6	การเปิดประมูล สำหรับการติดตั้งระบบปรับอากาศ		
7	การเปรียบเทียบผู้รับเหมาที่จะใช้ติดตั้งระบบปรับอากาศ		
8	การพิจารณาเลือกผู้รับเหมาติดตั้งระบบปรับอากาศ		

<u>หมายเหตุ</u> :

เพื่อความเหมาะสมในการจัดกลุ่มข้อมูล กรุณากรอกข้อมูลส่วนผู้ตัดสินใจ ตามกลุ่มต่อไปนี้

1. ผู้บริหารหรือวิศวกรโรงงาน
2. วิศวกรหรือบริษัทที่ปรึกษา
3. ผู้บริหารหรือเจ้าของโรงงาน
4. บริษัทที่ปรึกษา
5. บริษัทที่ปรึกษาและผู้รับเหมา

4) จากวิธีการตัดสินใจเลือก ระบบปรับอากาศ ซึ่งองค์กรที่ท่านสังกัดอยู่ใช้ในปัจจุบันในแบบสอบถามข้อที่ 2 และ 3 นั้นหากมีระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนของกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศลำดับที่ 2 ถึง 4 ซึ่งเป็นขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้เท่านั้น ท่านสนใจที่จะทดลองใช้หรือไม่ ?

ก) สนใจ กรุณาทดลองใช้โปรแกรม และตอบคำถามข้อถัดไป

ข) ไม่สนใจ จบการสอบถามข้อมูล

5) ตามวิธีการตัดสินใจที่ท่านได้ทดลองใช้งาน ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ จากแบบสอบถามข้อ 4 นั้น กรุณากรอกข้อมูลเกี่ยวกับ ผู้ตัดสินใจ และระยะเวลาที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศสำหรับองค์กรของท่าน

ลำดับที่	ขั้นตอนของกระบวนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ	ผู้ตัดสินใจ	ระยะเวลาที่ใช้ (วัน)
1	การกำหนดนโยบายสำหรับการติดตั้งระบบปรับอากาศ		
2	การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม โดยพิจารณาข้อมูลดังนี้ - การคำนวณภาระการทำความเย็น และ กำหนดอุปกรณ์หลักของระบบ - การประเมินราคาเบื้องต้นสำหรับการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบต่างๆ - การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ ของระบบปรับอากาศแบบต่างๆ - การเปรียบเทียบระบบปรับอากาศประเภทต่างๆ ด้วยหลักการ AHP - การพิจารณาเลือกประเภทระบบปรับอากาศที่จะติดตั้ง		
3	การออกแบบโดยละเอียดและประเมินราคากลาง สำหรับการติดตั้งระบบปรับอากาศ		
4	การเปิดประมูล สำหรับการติดตั้งระบบปรับอากาศ		
5	การเปรียบเทียบผู้รับเหมาที่จะใช้ติดตั้งระบบปรับอากาศ		
6	การพิจารณาเลือกผู้รับเหมาติดตั้งระบบปรับอากาศ		

<u>หมายเหตุ</u> :

เพื่อความเหมาะสมในการจัดกลุ่มข้อมูล กรุณากรอกข้อมูลส่วนผู้ตัดสินใจ ตามกลุ่มต่อไปนี้

1. ผู้บริหารหรือวิศวกรโรงงาน
2. วิศวกรหรือบริษัทที่ปรึกษา
3. ผู้บริหารหรือเจ้าของโรงงาน
4. บริษัทที่ปรึกษา
5. บริษัทที่ปรึกษาและผู้รับเหมา

6) หลังจากการเลือก ระบบปรับอากาศ ตามวิธีการตัดสินใจที่ท่านทดลองใช้งานในแบบสอบถามข้อ 4 แล้ว กรุณาตอบแบบสอบถามการประเมินผลของการทดลองใช้งานระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลใน ขั้นตอนของการศึกษาความเป็นไปได้เท่านั้น

ลำดับที่	สิ่งที่พิจารณา	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
		มาก	ปานกลาง	น้อย	
1	ระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล				
2	ความง่าย และสะดวกในการใช้งาน				
ลำดับที่	สิ่งที่พิจารณา	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
		ถูกต้อง	แก้ไขบางส่วน	ไม่ถูกต้อง	
3	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล				
3.1	- การคำนวณภาระการทำความเย็น				
3.2	- การคำนวณมูลค่าเงินลงทุน				
3.3	- การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์				
3.4	- การวิเคราะห์ด้วยหลักการ AHP				
ลำดับที่	สิ่งที่พิจารณา	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
		ใช้	ไม่แน่ใจ	ไม่ใช้	
4	ท่านจะนำระบบนี้ไปใช้งานอีกหรือไม่				

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ข้อมูลอ้างอิงสำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก. ข้อมูลทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล (Mechanical Engineering Database)

ในการคำนวณด้วยวิธีการคำนวณภาระการทำความเย็นแบบละเอียดตามหลักวิศวกรรมเครื่องกล จะต้องใช้ฐานข้อมูล ดังนี้

- ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอาคาร (U-Value) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.1
- ค่าความต่างอุณหภูมิโหลดความเย็น (CLTD) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.2
- ตัวปรับค่า CLTD สำหรับละติจูดและเดือน (LM) ใช้สำหรับผนังและหลังคา โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.3
- แฟคเตอร์ความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ (q_{sg}) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.4
- แฟคเตอร์เครื่องบังแสง (Fs, Shading Factor) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.5
- แฟคเตอร์โหลดความเย็นสำหรับกระจก (CLF_G, Cooling Load Factor) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.6
- ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายใน และภายนอกอาคาร หรือห้องปรับอากาศ (TD หรือ TC) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.7
- แฟคเตอร์บัลลาสท์ (F_B) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.8
- ค่าความร้อนสัมผัสที่ได้รับต่อคน (q_S) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.9
- ค่าความร้อนแฝงที่ได้รับต่อคน (q_L) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.9
- แฟคเตอร์โหลดความเย็น (ความร้อนสัมผัส) สำหรับคน (CLF_S) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.10
- ค่าความร้อนสัมผัสที่ได้รับจากเครื่องมือและอุปกรณ์ (Q_S) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.11
- ค่าความร้อนแฝงที่ได้รับจากเครื่องมือและอุปกรณ์ (Q_L) โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.11
- ค่าอัตราของคน ไฟแสงสว่าง และอากาศเข้าห้อง โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.12
- ค่าสรุปสภาวะอากาศภายในและภายนอกห้องปรับอากาศ โดยแสดงค่าในตารางที่ ค.13

ตารางที่ ค.1 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอาคาร (U-Value)

U-Value สำหรับหลังคา

Index	Construction Detail	Weight Lb/Sq.Ft	U-Value Btu/Hr.-Sq.Ft-F
R1	Steel Sheet with 1 in.insulation	7	0.213
	Or Steel Sheet with 2 in.insulation	8	0.124
R2	1 in.wood with 1 in.insulation	8	0.170
R3	4 in.Low weight concrete	18	0.213
R4	2 in.High weight concrete with 1 in.insulation	29	0.206
	Or 2 in.High weight concrete with 2 in.insulation	29	0.122
R5	1 in.wood with 2 in.insulation	19	0.109
R6	6 in.Low weight concrete	24	0.158
R7	2.5 in.wood with 1 in.insulation	13	0.130
R8	8 in.Low weight concrete	31	0.126
R9	4 in.High weight concrete with 1 in.insulation	52	0.200
	Or 4 in.High weight concrete with 2 in.insulation	52	0.120
R10	2.5 in.wood with 2 in.insulation	13	0.093
R11	Roof terrace system	75	0.106
R12	6 in.High weight concrete with 1 in.insulation	75	0.192
	Or 6 in.High weight concrete with 2 in.insulation	75	0.117
R13	4 in.wood with 1 in.insulation	17	0.106
	Or 4 in.wood with 2 in.insulation	18	0.078

ตารางที่ ค.1 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอาคาร (U-Value) (ต่อ)

U-Value สำหรับผนัง

Index	Group	Construction Detail	Weight Lb/Sq.Ft	U-Value Btu/Hr.-Sq.Ft-F
W1	C	4 in.Face Brick + Air Space + 4 in.Face Brick	83	0.358
W2	D	4 in.Face Brick + 4 in.Common Brick	90	0.415
W3	C	4 in.Face Brick + 1 in.Insulation or Air Space + 4 in.Common Brick	90	0.301
W4	B	4 in.Face Brick + 2 in.Insulation + 4 in.Common Brick	88	0.111
W5	B	4 in.Face Brick + 8 in.Common Brick	130	0.302
W6	A	4 in.Face Brick + Insulation or Air Space + 8 in.Common Brick	130	0.243
W7	C	4 in.Face Brick + Air Space + 2 in. High weight concrete	94	0.350
W8	B	4 in.Face Brick + 2 in.Insulation + 4 in. High weight concrete	97	0.116
W9	A	4 in.Face Brick + Insulation or Air Space + 8 in.or more High weight concrete	190	0.112
W10	E	4 in.Face Brick + 4 in. High or Low weight concrete Block	62	0.319
W11	D	4 in.Face Brick + Insulation or Air Space + 4 in. High or Low weight concrete Block	62	0.246
W12	D	4 in.Face Brick + 8 in. High or Low weight concrete Block	70	0.274
W13	C	4 in.Face Brick + 1 in.Insulation or Air Space + 6 or 8 in. High or Low weight concrete Block	89	0.275
W14	B	4 in.Face Brick + 2 in.Insulation + 8 in. High or Low weight concrete Block	89	0.107
W15	D	4 in.Face Brick + 4 in.Clay Tile	71	0.381

ตารางที่ ค.1 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอาคาร (U-Value) (ต่อ)

U-Value สำหรับผนัง (ต่อ)

Index	Group	Construction Detail	Weight Lb/Sq.Ft	U-Value Btu/Hr.-Sq.Ft-F
W16	D	4 in.Face Brick + Air Space + 4 in.Clay Tile	71	0.281
W17	C	4 in.Face Brick + Insulation + 4 in.Clay Tile	71	0.169
W18	C	4 in.Face Brick + 8 in.Clay Tile	96	0.275
W19	B	4 in.Face Brick + Air Space or 1 in.Insulation + 8 in.Clay Tile	96	0.221
W20	A	4 in.Face Brick + 2 in.Insulation + 8 in.Clay Tile	97	0.097
W21	E	High weight concrete wall + 4 in.Concrete	63	0.585
W22	D	High weight concrete wall + 4 in.Concrete + 1 or 2 in.Insulation	63	0.200
W23	C	High weight concrete wall + 2 in.Insulation + 4 in.Concrete	63	0.119
W24	C	High weight concrete wall + 8 in.Concrete	109	0.490
W25	B	High weight concrete wall + 8 in.Concrete + 1 or 2 in.Insulation	110	0.187
W26	A	High weight concrete wall + 2 in.Insulation + 8 in.Concrete	110	0.115
W27	B	High weight concrete wall + 12 in.Concrete	156	0.421
W28	A	High weight concrete wall + 12 in.Concrete + Insulation	156	0.113
W29	F	High or Low weight oncrete block + 4 in.Block + Air Space or Insulation	36	0.263
W30	E	High or Low weight oncrete block + 2 in.Insulation + 4 in.Block	37	0.114

ตารางที่ ค.1 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอาคาร (U-Value) (ต่อ)

U-Value สำหรับผนัง (ต่อ)

Index	Group	Construction Detail	Weight Lb/Sq.Ft	U-Value Btu/Hr.-Sq.Ft-F
W31	E	High or Low weight oncrete block + 8 in.Block	57	0.402
W32	D	High or Low weight oncrete block + 8 in.Block + Air Space or Insulation	57	0.173
W33	F	Clay Tile + 4 in.Tile	39	0.419
W34	F	Clay Tile + 4 in.Tile + Air Space	39	0.303
W35	E	Clay Tile + 4 in.Tile + 1 in.Insulation	39	0.175
W36	D	Clay Tile + 2 in.Insulation + 4 in.Tile	40	0.110
W37	D	Clay Tile + 8 in.Tile	63	0.296
W38	C	Clay Tile + 8 in.Tile + Air Space or 1 in.Insulation	63	0.231
W39	B	Clay Tile + 2 in.Insulation + 8 in.Tile	63	0.099
W40	G	Metal Curtain Wall with / without Air Space + 1,2 or 3 in.Insulation	6	0.230
W41	G	Frame Wall + 1,2 or 3 in.Insulation	16	0.178

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.1 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอาคาร (U-Value)

U-Value สำหรับกระจก

Index	Construction Detail	ความหนา Inch. ต่อแผ่น	U-Value Btu/Hr.-Sq.Ft-F
G1	กระจกแผ่นเดียวใส ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	3/32 to 1/4	1.00
G2	กระจกแผ่นเดียวใส ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	1/4 to 1/2	0.94
G3	กระจกแผ่นเดียวใส ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	3/8	0.90
G4	กระจกแผ่นเดียวใส ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	1/2	0.87
G5	กระจกแผ่นเดียวใสพิมพ์ลาย ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	1/8 to 9/32	0.83
G6	กระจกแผ่นเดียวดูดความร้อน ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	3/16 to 1/4	0.69
G7	กระจกแผ่นเดียวสี ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	1/8 to 7/32	0.69
G8	กระจกแผ่นเดียวดูดความร้อน ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	3/8	0.60
G9	กระจกแผ่นเดียวใสพิมพ์ลาย ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	1/2	0.53
G10	กระจกแผ่นเดียวเคลือบสะท้อนแสงไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	-	0.60
G11	กระจกแผ่นเดียว มีเครื่องบังแสงชนิดเกล็ดด้านใน	3/32 to1/2	0.64
G12	กระจกฉนวนสองชั้น(ด้านนอกและด้านในใส)ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	3/32 , 1/8	0.88
G13	กระจกฉนวนสองชั้น(ด้านนอกและด้านในใส)ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	1/4	0.81
G14	กระจกฉนวนสองชั้น(ด้านนอกและด้านในใส) มีเครื่องบังแสงชนิดเกล็ดด้านใน	-	0.60
G15	กระจกฉนวนสองชั้น (ด้านนอกดูดความร้อนและด้านในใส) ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	1/4	0.55
G16	กระจกฉนวนสองชั้น (ด้านนอกดูดความร้อนและด้านในใส) มีเครื่องบังแสงชนิดเกล็ดด้านใน	-	0.40
G17	กระจกฉนวนสองชั้นเคลือบสะท้อนแสง ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	-	0.40
G18	กระจกฉนวนสองชั้นเคลือบสะท้อนแสงมีเครื่องบังแสงชนิดเกล็ดด้านใน	-	0.34
G19	กระจกฉนวนสามชั้น(ด้านนอกและด้านในใส) ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	1/4	0.71
G20	กระจกฉนวนสามชั้น(ด้านนอกและด้านในใส)ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	1/8	0.80

ตารางที่ ค.2 ค่าความต่างอุณหภูมิโหลดความเย็น (CLTD)

CLTD สำหรับหลังคา กรณีไม่มีเพดานแขวน

Index	CLTD (F)																							
	เวลาดวงอาทิตย์ (Solar Time) , Hr.																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
R1	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3
R2	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9
R3	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13
R4	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17
R5	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7
R6	23	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28
R7	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34
R8	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40
R9	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30
R10	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35
R11	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37
R12	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34
R13	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40

ตารางที่ ค.2 ค่าความต่างอุณหภูมิโหลดความเย็น (CLTD) (ต่อ)

CLTD สำหรับหลังคา กรณีมีเพดานแขวน

Index	CLTD (F)																							
	เวลาดวงอาทิตย์ (Solar Time) , Hr.																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
R1	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5
R2	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	8	55	60	62	61	58	51	44	37	30	25
R3	19	14	10	7	4	2	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24
R4	28	25	23	20	17	15	13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47	46	44	41	38	35	32
R5	25	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57	56	52	46	40	34	29
R6	32	28	23	19	16	13	10	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52	54	54	51	47	42	37
R7	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37
R8	39	36	33	29	26	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	45	44	42
R9	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	38	38	38	37	36	34	33
R10	35	33	30	28	26	24	22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37
R11	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	33	32
R12	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	33	32	31
R13	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36

ตารางที่ ค.2 ค่าความต่างอุณหภูมิโหลดความเย็น (CLTD) (ต่อ)

CLTD สำหรับผนังโดนแสง

CLTD (F)																								
Wall Group	Direction	เวลาดวงอาทิตย์ (Solar Time) , Hr.																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A	N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14
A	NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20
A	E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25
A	SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24
A	S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20
A	SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25
A	W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26
A	NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21
B	N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	9	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15
B	NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20
B	E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24
B	SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24
B	S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21
B	SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	28
B	W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	30
B	NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	23

ตารางที่ ค.2 ค่าความต่างอุณหภูมิโหลดความเย็น (CLTD) (ต่อ)

CLTD สำหรับผนังโดนแสง (ต่อ)

CLTD (F)																								
Wall Group	Direction	เวลาดวงอาทิตย์ (Solar Time) , Hr.																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
C	N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	16
C	NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	23	22	21	20
C	E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24
C	SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24
C	S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	22
C	SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31
C	W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	36	33
C	NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	27	26
D	N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	19	18	16
D	NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18
D	E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22
D	SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22
D	S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22
D	SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31
D	W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34
D	NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27

ตารางที่ ค.2 ค่าความต่างอุณหภูมิโหลดความเย็น (CLTD) (ต่อ)

CLTD สำหรับผนังโดนแสง (ต่อ)

CLTD (F)																									
Wall Group	Direction	เวลาดวงอาทิตย์ (Solar Time) , Hr.																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
E	N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14
E	NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15
E	E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17
E	SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17
E	S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17
E	SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26
E	W	25	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29
E	NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24
F	N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11
F	NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11
F	E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12
F	SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12
F	S	10	8	6	4	3	2	1	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12
F	SW	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18
F	W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21
F	NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18

ตารางที่ ค.2 ค่าความต่างอุณหภูมิโหลดความเย็น (CLTD) (ต่อ)

CLTD สำหรับผนังโดนแสง (ต่อ)

CLTD (F)																								
Wall Group	Direction	เวลาดวงอาทิตย์ (Solar Time) , Hr.																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
G	N	3	2	1	0	-1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5
G	NE	3	2	1	0	-1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5
G	E	4	2	1	0	-1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6
G	SE	4	2	1	0	-1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6
G	S	4	2	1	0	-1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5
G	SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8
G	W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8
G	NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7

ตารางที่ ค.2 ค่าความต่างอุณหภูมิโหลดความเย็น (CLTD) (ต่อ)

CLTD สำหรับการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจก

	เวลาดวงอาทิตย์ (Solar Time) , Hr.																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
CLTD (F)	2	1	0	-1	-1	-1	-1	1	3	5	8	10	13	14	15	15	14	13	11	9	7	5	4	3

ตารางที่ ค.3 ตัวปรับค่า CLTD สำหรับละติจูดและเดือน (LM) ใช้สำหรับผนังและหลังคา

ละติจูดเหนือ

LM											
ละติจูด	เดือน	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HOR (ROOF)
13 44'N	Dec	-4	-6	-8	-8	-4	-1	4	9	13	-8
13 44'N	Jan / Nov	-4	-6	-7	-6	-4	-1	4	8	12	-6
13 44'N	Feb / Oct	-3	-5	-4	-4	-2	0	2	4	6	-3
13 44'N	Mar / Sep	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	-1	-1	-1
13 44'N	Apr / Aug	0	0	0	-1	-1	-3	-4	-6	-6	0
13 44'N	May / Jul	5	4	3	0	-1	-4	-6	-8	-7	0
13 44'N	Jun	7	4	4	1	-1	-4	-6	-8	-7	0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.4 แฟคเตอร์ความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ (q_{sg}) สำหรับกระจก (Btu/Hr.-Sq.Ft.)

ละติจูดเหนือ

		q_{sg} (Btu/Hr.-Sq.Ft.)									
ละติจูด	เดือน	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HOR (ROOF)
13 44'N	Jan	31	31	59	151	214	245	249	218	191	255
13 44'N	Feb	34	34	101	183	233	248	230	183	144	281
13 44'N	Mar	36	56	144	208	240	234	194	131	83	294
13 44'N	Apr	40	104	175	218	227	202	146	71	43	290
13 44'N	May	56	136	192	219	214	176	111	23	41	281
13 44'N	Jun	71	146	196	217	206	154	95	41	41	276
13 44'N	Jul	59	136	189	215	209	171	107	43	42	276
13 44'N	Aug	42	105	171	211	219	194	139	68	446	282
13 44'N	Sep	38	54	138	199	228	223	187	128	83	285
13 44'N	Oct	34	34	99	177	225	231	223	178	140	275
13 44'N	Nov	31	31	59	149	210	241	245	215	188	253
13 44'N	Dec	30	30	44	137	203	242	253	228	205	242

ตารางที่ ค.5 แฟคเตอร์เครื่องบังแสง (Fs, Shading Factor)

Fs สำหรับกระจก

Index	Construction Detail	Fs
G1	กระจกแผ่นเดียวใส ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	0.87
G2	กระจกแผ่นเดียวใส ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	0.80
G3	กระจกแผ่นเดียวใส ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	0.72
G4	กระจกแผ่นเดียวใส ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	0.67
G5	กระจกแผ่นเดียวใสพิมพ์ลาย ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	0.87
G6	กระจกแผ่นเดียวดูดความร้อน ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	0.46
G7	กระจกแผ่นเดียวสี ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	0.59
G8	กระจกแผ่นเดียวดูดความร้อน ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	0.34
G9	กระจกแผ่นเดียวใสพิมพ์ลาย ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	0.24
G10	กระจกแผ่นเดียวเคลือบสะท้อนแสงไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	0.50
G11	กระจกแผ่นเดียว มีเครื่องบังแสงชนิดเกล็ดด้านใน	0.87
G12	กระจกฉนวนสองชั้น(ด้านนอกและด้านในใส)ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	0.71
G13	กระจกฉนวนสองชั้น(ด้านนอกและด้านในใส)ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	0.61
G14	กระจกฉนวนสองชั้น(ด้านนอกและด้านในใส) มีเครื่องบังแสงชนิดเกล็ดด้านใน	0.87
G15	กระจกฉนวนสองชั้น(ด้านนอกดูดความร้อนและด้านในใส) ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	0.36
G16	กระจกฉนวนสองชั้น(ด้านนอกดูดความร้อนและด้านในใส) มีเครื่องบังแสงชนิดเกล็ดด้านใน	0.50
G17	กระจกฉนวนสองชั้นเคลือบสะท้อนแสง ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	0.50
G18	กระจกฉนวนสองชั้นเคลือบสะท้อนแสง มีเครื่องบังแสงชนิดเกล็ดด้านใน	0.50
G19	กระจกฉนวนสามชั้น(ด้านนอกและด้านในใส)ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	0.50
G20	กระจกฉนวนสามชั้น(ด้านนอกและด้านในใส)ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน	0.50

ตารางที่ ค.6 แฟคเตอร์โหลดความเย็นสำหรับกระจก (CLF_G, Cooling Load Factor)

CLF_G สำหรับผนังกระจกที่ไม่มีเครื่องบังแสงด้านใน (รวมทั้งกระจกสะท้อนและดูดความร้อน)

Direction	Building Material	CLF_G เวลาดวงอาทิตย์ (Solar Time) , Hr.																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.52	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
NE	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
E	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.45	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08
SE	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.55	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
S	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14
SW	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
W	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
NW	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.53	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
HOR (ROOF)	M	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.16	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.55	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.18

หมายเหตุ M = โครงสร้างขนาดกลาง : ผนังคอนกรีตด้านนอกหนา 4 นิ้ว, แสลบพื้นคอนกรีตหนา 4 นิ้ว, วัสดุหนักประมาณ 70 ปอนด์ต่อพื้นที่พื้น 1 ตารางฟุต

ตารางที่ ค.6 แฟคเตอร์โหลดความเย็นสำหรับกระจก (CLF_G, Cooling Load Factor) (ต่อ)

CLF_G สำหรับผนังกระจกที่มีเครื่องบังแสงด้านใน (รวมทั้งกระจกสะท้อนและดูดความร้อน)

Direction	Building Material	CLF_G เวลาดวงอาทิตย์ (Solar Time) , Hr.																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	M	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.80	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.09
NE	M	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
E	M	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.80	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
SE	M	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.30	0.56	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
S	M	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.22	0.38	0.58	0.75	0.83	0.80	0.68	0.50	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
SW	M	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
W	M	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NW	M	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.82	0.69	0.16	0.12	0.09	0.08	0.07	0.06
HOR (ROOF)	M	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06

หมายเหตุ M = โครงสร้างขนาดกลาง : ผนังคอนกรีตด้านนอกหนา 4 นิ้ว, แสลบพื้นคอนกรีตหนา 4 นิ้ว, วัสดุหนักประมาณ 70 ปอนด์ต่อพื้นที่พื้น 1 ตารางฟุต

ตารางที่ 5.7 ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร หรือห้องปรับอากาศ (TD หรือ TC)

Index	ฤดูกาล	อุณหภูมิอากาศนอกห้อง[1] (F dB)	อุณหภูมิอากาศนอกห้อง[2] (F dB)	TDหรือTC (F)
S1	ร้อน	95	78	16
S2	หนาว	82	78	4
S3	ค่าที่แนะนำให้ใช้สำหรับกรณีทั่วไป			15-20

หมายเหตุ : 1. อุณหภูมิอากาศนอกห้อง มาจาก Table 3B : Cooling and Dehumidification Design Condition – World Locations, Chapter 26, 1997 ASHRAE Fundamental Handbook

2. กรณีการปรับอากาศเพื่อความสบาย (Comfort recommended) จะออกแบบให้มีอุณหภูมิภายในบริเวณห้องปรับอากาศเท่ากับ 78 F, การปรับอากาศ, ผศ. สุรพล พฤกษพานิช

ตารางที่ 5.8 ค่าแฟคเตอร์บัลลาสท์ (F_B) สำหรับหลอดไฟแสงสว่าง

Index	ชนิดหลอดไฟ	F_B
L1	หลอดฟลูออเรสเซนต์	1.25
L2	หลอดไฟธรรมดา	1.00

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.9 ค่าความร้อนสัมผัส (q_s) และค่าความร้อนแฝง (q_l) ที่ได้รับต่อคน

Index	Activity	Place	Total Heat (Btu/Hr)		Sensible Heat (Btu/Hr)	Latent Heat (Btu/Hr)
			Adult Male	Adjusted,M/F[1]		
P1	Seated at theatre	Theatre , Matinee	390	330	225	105
P2	Seated at theatre, night	Theatre , night	390	350	245	105
P3	Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	450	400	245	155
P4	Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	475	450	250	200
P5	Standing, light work; walking	Department store ; retail store	550	450	250	200
P6	Walking,Standing	Drug store , bank	550	500	250	250
P7	Sedenary work	Restaurant[2]	490	550	275	275
P8	Light bench work	Factory	800	750	275	475
P9	Moderate dancing	Dance hall	900	850	305	545
P10	Walking 3 mph ; Light machine work	Factory	1000	1000	375	625
P11	Bowling[3]	Bowling alley	1500	1450	580	870
P12	Heavy work	Factory	1500	1450	580	870
P13	Heavy machine work ; lifting	Factory	16500	1600	635	965
P14	Athletics	Gymnasium	2000	1800	710	1090

หมายเหตุ 1 Adjusted,M/F ถือว่ามีเปอร์เซ็นต์ผู้ชาย ผู้หญิง และเด็กอยู่ในสถานที่นั้นตามปกติ และถือว่าผู้หญิงคายความร้อนเท่ากับ 85% ของผู้ชาย และเด็กคายความร้อนเท่ากับ 75% ของผู้ชาย

2 Adjusted,M/F สำหรับ Restaurant ได้รวมค่าความร้อนจากอาหาร 60 Btu/Hr ต่อคนไว้ด้วยแล้ว (Sensible heat 30 Btu/Hr, Latent heat 30 Btu/Hr)

3 สำหรับ Bowling ถือว่ามีคนกำลังโยนโบว์ลิ่งอยู่ 1 คนต่อเลน สำหรับคนที่เหลือถือว่ากำลังนั่ง (400 Btu/Hr) หรือกำลังเดินช้าๆ (550 Btu/Hr)

ตารางที่ ค.10 แฟคเตอร์โหลดความเย็น (ความร้อนสัมผัส) สำหรับคน (CLF_S)

Index	Total Hours in space	CLF_S Hours after Each Entry Into Space																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
H1	2	0.49	0.58	0.17	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
H2	4	0.49	0.59	0.66	0.71	0.27	0.21	0.16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
H3	6	0.50	0.60	0.67	0.72	0.76	0.79	0.34	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
H4	8	0.51	0.61	0.67	0.72	0.76	0.80	0.82	0.84	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04
H5	10	0.53	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.42	0.34	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
H6	12	0.55	0.64	0.70	0.75	0.79	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.45	0.36	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
H7	14	0.58	0.66	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.47	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11
H8	16	0.62	0.70	0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.49	0.39	0.33	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16
H9	18	0.66	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.50	0.40	0.33	0.28	0.24	0.21

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.11 ค่าความร้อนสัมผัส (Q_s) และค่าความร้อนแฝง (Q_L) ที่ได้รับจากเครื่องมือและอุปกรณ์ (Btu/Hr)

ความร้อนที่ได้รับจากเครื่องมือเครื่องใช้

Rate of heat gain (Btu/Hr)													
Index	Appliance	Electric				Gas				Steam			
		No Hood Required			Hood Required	No Hood Required			Hood Required	No Hood Required			Hood Required
		Sensible	Latent	Total	Sensible	Sensible	Latent	Total	Sensible	Sensible	Latent	Total	Sensible
E1	Broiler-Griddle 6.5 cu.ft					11700	6300	18000	3600				
E2	Coffee brewer / warmer	770	230	1000	340	1750	750	2500	500				
E3	Coffee urn 3 gallon	2550	850	3400	1000	3500	1500	5000	1000	2180	1120	3300	1000
E4	Coffee urn 5 gallon	3850	1250	5100	1600	5250	2250	7500	1500	3300	1700	5000	1600
E5	Deep fat fryer 15# fat	2800	6600	9400	3000	7500	7500	15000	3000				
E6	Deep fat fryer 21# fat	4100	9600	13700	4300								
E7	Dry food warmer per sqft.top	320	80	400	130	560	140	700	140				
E8	Griddle, frying per sq.ft.top	3000	1600	4600	1500	4900	2600	7500	1500				
E9	Hot plate (2 heating units)					5300	3600	8900	2800				
E10	Short order stove per burner					3200	1800	5000	1000				
E11	Toaster 360 slices per hour	1960	1740	3700	1200	3600	2400	6000	1200				
E12	Toaster Pop-up (4 Slices)	2230	1970	4200	1300								
E13	Hair dryer : Blower type	2300	400	2700									
E14	Vending machine			1200									

ตารางที่ ค.11 ค่าความร้อนสัมผัส (Q_s) และค่าความร้อนแฝง (Q_l) ที่ได้รับจากเครื่องมือและอุปกรณ์ (Btu/Hr) (ต่อ)

ความร้อนที่คายจากอุปกรณ์ที่มอเตอร์ขับเคลื่อน

Index	Motor Rated Horse Power	Motor Type	Norminal rpm	Full Load Motor Eff,%	Location of Motor and Driven Equipment with respect to AC space		
					A	B	C
M1	0.05	Shaded pole	1500	35	360	130	240
M2	0.08	Shaded pole	1500	35	580	200	380
M3	0.125	Shaded pole	1500	35	900	320	590
M4	0.16	Shaded pole	1500	35	1160	400	760
M5	0.25	Split phase	1750	54	1180	640	540
M6	0.33	Split phase	1750	56	1500	840	660
M7	0.50	Split phase	1750	60	2120	1270	850
M8	0.75	3-Phase	1750	72	2650	1900	740
M9	1	3-Phase	1750	75	3390	2550	850
M10	1.5	3-Phase	1750	77	4960	3820	1140
M11	2	3-Phase	1750	79	6440	5090	1350
M12	3	3-Phase	1750	81	9430	7640	1790
M13	5	3-Phase	1750	82	15500	12700	2790
M14	7.5	3-Phase	1750	84	22700	19100	3640

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเหตุ

Location of Motor and Driven Equipment with respect to AC space

A = Motor in, Driven Equipment in

B = Motor out, Driven Equipment in

C = Motor in, Driven Equipment out

ตารางที่ ค.11 ค่าความร้อนสัมผัส (Q_s) และค่าความร้อนแฝง (Q_l) ที่ได้รับจากเครื่องมือและอุปกรณ์ (Btu/Hr) (ต่อ)

ความร้อนที่คายจากอุปกรณ์ที่มอเตอร์ขับเคลื่อน (ต่อ)

Index	Motor Rated Horse Power	Motor Type	Norminal rpm	Full Load Motor Eff,%	Location of Motor and Driven Equipment with respect to AC space		
					A	B	C
M15	10	3-Phase	1750	85	29900	24500	4490
M16	15	3-Phase	1750	86	44400	38200	6210
M17	20	3-Phase	1750	87	58500	50900	7610
M18	25	3-Phase	1750	88	72300	63600	8680
M19	30	3-Phase	1750	89	85700	76300	9440
M20	40	3-Phase	1750	89	114000	102000	12600
M21	50	3-Phase	1750	89	143000	127000	15700
M22	60	3-Phase3	1750	89	172000	153000	18900
M23	75	3-Phase3	1750	90	212000	191000	21200
M24	100	3-Phase	1750	90	283000	255000	28300
M25	125	3-Phase	1750	90	353000	318000	35300
M26	150	3-Phase	1750	91	420000	382000	37800
M27	200	3-Phase	1750	91	569000	509000	50300
M28	250	3-Phase	1750	91	699000	636000	62900

หมายเหตุ

Location of Motor and Driven Equipment with respect to AC space

A = Motor in, Driven Equipment in

B = Motor out, Driven Equipment in

C = Motor in, Driven Equipment out

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.12 ค่าอัตราของคน ไฟแสงสว่าง และอากาศเข้าห้อง

Index	Classifications	Average Rate				
		Occupancy	Lights	Air Quantities		
				East-South-West	North	Internal
		(Sq.Ft./Person)	(Watts/Sq.Ft.)	(CFM/Sq.Ft.)	(CFM/Sq.Ft.)	(CFM/Sq.Ft.)
T1	Apartment, High Rise	175	2	1.2	0.8	-
T2	Auditoriums, Churches, Theatres	11	2	-	-	2
T3	Educational Facilities, Schools, Colleges, Universities	25	4	1.6	1.3	1.2
T4	Factories : Assembly Areas	35	4.5	-	-	3.6
T5	Factories : Light Manufacturing	150	10	-	-	2.5
T6	Factories : Heavy Manufacturing	250	45	-	-	4
T7	Hospital : Patient Rooms	50	1.5	0.55	0.5	-
T8	Hospital : Public Areas	80	1.5	1.25	1.1	1
T9	Hotels, Motels, Dormitories	150	2	1.4	1.2	-
T10	Libraries and Museums	60	1.5	1.6	1.1	1
T11	Offices Buildings	110	6	0.5	0.5	1.1
T12	Private Office	125	5.8	0.5	0.5	-
T13	Stenographic Department	85	7.5	-	-	1.3

ตารางที่ ค.12 ค่าอัตราของคน ไฟแสงสว่าง และอากาศเข้าห้อง (ต่อ)

Index	Classifications	Average Rate				
		Occupancy	Lights	Air Quantities		
				East-South-West	North	Internal
		(Sq.Ft./Person)	(Watts/Sq.Ft.)	(CFM/Sq.Ft.)	(CFM/Sq.Ft.)	(CFM/Sq.Ft.)
T14	Residential : Large	400	2	1.2	0.8	-
T15	Residential : Medium	360	1.5	1.1	0.7	-
T16	Restaurants : Large	15	1.7	2.4	1.6	1.1
T17	Restaurants ; Medium	-	-	2	1.4	1
T18	Shopping Center, Department Store and Specialty shops : Beauty and Barber Shops	40	5	2.6	1.7	1.3
T19	Shopping Center, Department Store and Specialty shops : Department Stores : Basement	25	3	-	-	1
T20	Shopping Center, Department Store and Specialty shops : Department Stores : Main Floors	25	6	-	-	1.4
T21	Shopping Center, Department Store and Specialty shops : Department stores : Upper Floors	55	2.5	-	-	1

ตารางที่ ค.12 ค่าอัตราของคน ไฟแสงสว่าง และอากาศเข้าห้อง (ต่อ)

Index	Classifications	Average Rate				
		Occupancy	Lights	Air Quantities		
				East-South-West	North	Internal
		(Sq.Ft./Person)	(Watts/Sq.Ft.)	(CFM/Sq.Ft.)	(CFM/Sq.Ft.)	(CFM/Sq.Ft.)
T22	Shopping Center, Department Store and Specialty shops : Dress Shops	40	2	1.2	1	0.8
T23	Shopping Center, Department Store and Specialty shops : Drug Stores	23	2	2.3	1.4	1
T24	Shopping Center, Department Store and Specialty shops : 5c and 10c Stores	25	3	1.4	1.2	0.9
T25	Shopping Center, Department Store and Specialty shops : Hat Shops	43	2	1.3	1	0.8
T26	Shopping Center, Department Store and Specialty shops : Shoe Stores	30	2	1.6	1.4	1
T27	Shopping Center, Department Store and Specialty shops : Malls	75	1.5	-	-	1.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.13 ค่าสรุปสภาวะอากาศภายในและภายนอกห้องปรับอากาศ

Index	Out Door Condition					In Door Condition				
	Temperature		Humidity	Enthalpy	Grain	Temperature		Humidity	Enthalpy	Grain
	To (F db)	To (F wb)	% RH	ho (Btu/lb_{da})	wo (lb/lb_{da})	Ti (F db)	Ti (F wb)	% RH	hi (Btu/lb_{da})	wi(lb/lb_{da})
C1	90	84.5	80	49	173	77	64	50	29.4	70
C2	90	84.5	80	49	173	79	65.7	50	30.6	74
C3	90	84.5	80	49	173	81	63	36	28.5	58
C4	95	86.8	72	51.5	182	78	65	50	30	72
C5	95	86.8	72	51.5	182	80	66.5	50	31.2	77
C6	95	86.8	72	51.5	182	82	65	40	29.9	66
C7	100	89.2	65	54.7	194	79	70	65	34	96.5
C8	100	89.2	65	54.7	194	81	67.3	50	32	80
C9	100	89.2	65	54.7	194	83	66	41	30.8	69.5
C10	105	90.5	58	56.6	200	80	71	65	35	100.5
C11	105	90.5	58	56.6	200	82	68.2	50	32.7	82.5
C12	105	90.5	58	56.6	200	84	67	42	31.6	73

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.14 ค่าเฉลี่ยของปริมาณความร้อนต่อพื้นที่ห้องหรืออาคาร ($Q_{avg.}$)

Index	Classifications	Average Rate Cooling Load (Sq.Ft./ Tonr)
T1	Apartment, High Rise	400
T2	Auditoriums, Churches, Theatres	250
T3	Educational Facilities, Schools, Colleges, Universities	185
T4	Factories : Assembly Areas	150
T5	Factories : Light Manufacturing	150
T6	Factories : Heavy Manufacturing	80
T7	Hospital : Patient Rooms	220
T8	Hospital : Public Areas	140
T9	Hotels, Motels, Dormitories	300
T10	Libraries and Museums	280
T11	Offices Buildings	280
T12	Private Office	280
T13	Stenographic Department	280
T14	Residential : Large	500
T15	Residential : Medium	550
T16	Restaurants : Large	100
T17	Restaurants ; Medium	120
T18	Shopping Center, Department Store and Specialty shops : Beauty and Barber Shops	160
T19	Shopping Center, Department Store and Specialty shops : Department Stores : Basement	285
T20	Shopping Center, Department Store and Specialty shops : Department Stores : Main Floors	245
T21	Shopping Center, Department Store and Specialty shops : Department stores : Upper Floors	340

ตารางที่ ค.14 ค่าเฉลี่ยของปริมาณความร้อนต่อพื้นที่ห้องหรืออาคาร ($Q_{avg.}$) (ต่อ)

Index	Classifications	Average Rate
		Cooling Load (Sq.Ft./ Tonr)
T22	Shopping Center, Department Store and Specialty shops : Dress Shops	280
T23	Shopping Center, Department Store and Specialty shops : Drug Stores	135
T24	Shopping Center, Department Store and Specialty shops : 5c and 10c Stores	220
T25	Shopping Center, Department Store and Specialty shops : Hat Shops	270
T26	Shopping Center, Department Store and Specialty shops : Shoe Stores	220
T27	Shopping Center, Department Store and Specialty shops : Malls	230
T28	Refrigeration for Central Heating and Cooling Plant : Urban Districts	380
T29	Refrigeration for Central Heating and Cooling Plant : College Campuses	320
T30	Refrigeration for Central Heating and Cooling Plant : Commercial Centers	265
T31	Refrigeration for Central Heating and Cooling Plant : Residential Centers	500

ตารางที่ ค.15 สรุปข้อมูลระบบปรับอากาศแต่ละประเภท

Index	ประเภทระบบปรับอากาศ	ความสามารถในการทำความเย็น (Tonr)	การประยุกต์ใช้งาน	ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
A1	แบบหน้าต่าง (WINDOW TYPE)	0.5 - 2	1.เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 10 ถึง 45 ตารางเมตร	ห้องปรับอากาศต้องมีผนังติดกับพื้นที่ว่างภายนอกซึ่งมีการระบายอากาศที่ดีอย่างน้อย 1 ด้าน
A2	แบบแยกส่วน (SPLIT TYPE)	0.75 - 8 5 - 30 1 - 3 1 - 5	1.แบบตั้งพื้น รุ่น Free Blowเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 12 ถึง 120 ตารางเมตร 2.แบบตั้งพื้น รุ่นต่อท่อลม เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 60 ถึง 450 ตารางเมตร 3.แบบแขวนใต้ฝ้า เหมาะกับห้องพื้นที่ 15ถึง45 ตารางเมตร 4.แบบซ่อนเหนือฝ้าแล้วต่อท่อลมเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 15 ถึง 75 ตารางเมตร	ไม่ควรติดตั้ง FCU และ CDU ห่างกันเกิน 15 เมตร เนื่องจากมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องที่ลดลงตามระยะห่างที่เพิ่มขึ้น
A3	PACKAGED AIR-COOLED	3 - 8 5 - 30	1.แบบตั้งพื้น รุ่น Free Blowเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 45 ถึง 120 ตารางเมตร 2.แบบตั้งพื้น รุ่นต่อท่อลม เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 60 ถึง 450 ตารางเมตร	1.ต้องมีที่วางเครื่องซึ่งมีการระบายอากาศที่ดี 2.มีข้อเสียคือเสียงดังเนื่องจากมีคอนเดนเซอร์อยู่ในตัว
A4	PACKAGED WATER COOLED	1 - 8 5 - 50 1 - 5	1.แบบตั้งพื้น รุ่น Free Blowเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 15 ถึง 120 ตารางเมตร 2.แบบตั้งพื้น รุ่นต่อท่อลม เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 60 ถึง 750 ตารางเมตร 3.แบบซ่อนเหนือฝ้าแล้วต่อท่อลมเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 15 ถึง 75 ตารางเมตร	1.ลักษณะโดยทั่วไปเหมือนแบบ Air-cooled แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเพราะระบายความร้อนด้วยน้ำซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า 2.นำน้ำระบายความร้อนกลับมาใช้โดยลดอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนด้วย Cooling tower
A5	AIR-COOLED WATER CHILLER	3 - 500	1.เหมาะกับบริเวณที่มีน้ำน้อยไม่เพียงพอต่อการใช้งาน 2.เหมาะกับระบบที่มีขนาดปานกลาง ถึง ใหญ่ 3.เหมาะกับระบบที่ต้องการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 6 °C	ต้องมีที่วางเครื่องซึ่งมีการระบายอากาศที่ดี
A6	WATER-COOLED WATER CHILLER	20 - 1200	1.เหมาะกับระบบที่มีขนาดปานกลาง ถึง ใหญ่ 2.เหมาะกับระบบที่ต้องการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 6 °C	1.ลักษณะโดยทั่วไปเหมือนแบบ Air-cooled แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเพราะระบายความร้อนด้วยน้ำซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า 2.นำน้ำระบายความร้อนกลับมาใช้โดยลดอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนด้วย Cooling tower
A7	ABSORPTION CHILLER	200 - 1700	1.เหมาะกับระบบที่มีขนาดปานกลาง ถึง ใหญ่ 2.เหมาะกับระบบที่ต้องการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 6 °C 3.เหมาะกับโรงงานที่มีแหล่งพลังงานเหลือใช้ เช่น ไอน้ำ 4.เหมาะกับโรงงานที่มีแหล่งพลังงานอื่นที่ราคาต่ำกว่าไฟฟ้า เช่น แก๊ส น้ำมัน	ลักษณะโดยทั่วไปของน้ำเย็นที่ผลิตได้เหมือน Chiller แบบ อื่นๆ แต่มีกระบวนการทำงานของเครื่อง และสารทำความเย็นที่ใช้ (LiBr) ซึ่งแตกต่างกัน

ตารางที่ ค.16 ข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบทั่วไป

Index	ประเภทระบบปรับอากาศ	System Description	Main Equipment	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (kW / Tonr)	การประยุกต์ใช้งาน
B1	แบบหน้าต่าง (WINDOW TYPE)	อุปกรณ์ในระบบปรับอากาศทุกอย่างรวมไว้ในเครื่องเดียว โดยติดตั้งเครื่องบริเวณผนังแล้วให้ส่วนที่ทำความเย็นอยู่ด้านในบริเวณที่ปรับอากาศ และด้านที่ระบายความร้อนจะอยู่ภายนอก ซึ่งสามารถระบายความร้อนด้วยอากาศได้ดี	1.เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง	1.3 – 1.5	1.เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 10 ถึง 45 ตารางเมตร
B2	แบบแยกส่วน (SPLIT TYPE)	แยกอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศออกเป็น 2 ส่วน คือ Fan Coil Unit (FCU) และ Condensing Unit (CDU) โดยวาง FCU ไว้ภายในหรือใกล้เคียงบริเวณที่ปรับอากาศ แต่วาง CDU อยู่ภายนอกที่ปรับอากาศ โดยเป็นบริเวณซึ่งสามารถระบายความร้อนด้วยอากาศได้ดี FCU มีหลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้น ซึ่งมีทั้งรุ่น Free blowและรุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การจ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลม	1. Fan Coil Unit (FCU) 2. Condensing Unit (CDU)	1.3 – 1.5	1.แบบตั้งพื้น รุ่น Free Blowเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 12 ถึง 120 ตารางเมตร 2.แบบตั้งพื้น รุ่นต่อท่อลม เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 60 ถึง 450 ตารางเมตร 3.แบบแขวนใต้ฝ้า เหมาะกับห้องพื้นที่ 15 ถึง 45 ตารางเมตร 4.แบบซ่อนเหนือฝ้าแล้วต่อท่อลมเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 15 ถึง 75 ตารางเมตร
B3	PACKAGED AIR-COOLED	อุปกรณ์ทุกอย่างในระบบปรับอากาศถูกรวมไว้ในเครื่องเดียว โดยติดตั้งเครื่องให้ส่วนที่ทำความเย็นอยู่ด้านในหรือใกล้เคียงบริเวณที่ปรับอากาศ และด้านที่ระบายความร้อนอยู่ภายนอก และระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยมี FCU หลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้น ซึ่งมีทั้งรุ่น Free blowและ รุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การจ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลม	1. เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ	1.4 – 1.7	1.แบบตั้งพื้น รุ่น Free Blowเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 45 ถึง 120 ตารางเมตร 2.แบบตั้งพื้น รุ่นต่อท่อลม เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 60 ถึง 450 ตารางเมตร
B4	PACKAGED WATER COOLED	อุปกรณ์ทุกอย่างในระบบปรับอากาศถูกรวมไว้ในเครื่องเดียว โดยติดตั้งเครื่องให้ส่วนที่ทำความเย็นอยู่ด้านในหรือใกล้เคียงบริเวณที่ปรับอากาศ และด้านที่ระบายความร้อนจะระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยมี FCU หลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้น ซึ่งมีทั้งรุ่น Free blowและ รุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การจ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลม	1. เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ 2. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) 3.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำระบายความร้อน	1.2	1.แบบตั้งพื้น รุ่น Free Blowเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 15 ถึง 120 ตารางเมตร 2.แบบตั้งพื้น รุ่นต่อท่อลม เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 60 ถึง 750 ตารางเมตร 3.แบบซ่อนเหนือฝ้าแล้วต่อท่อลมเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 15 ถึง 75 ตารางเมตร

ตารางที่ ค.16 ข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบทั่วไป (ต่อ)

Index	ประเภท ระบบปรับอากาศ	System Description	Main Equipment	อัตราการใช้ พลังงานไฟฟ้า (kW / Tonr)	การประยุกต์ใช้งาน
B5	AIR-COOLED WATER CHILLER	ระบบปรับอากาศชนิดนี้จะใช้สารทำความเย็นในกลุ่ม R-134a และ R-123 มาทำความเย็นให้น้ำก่อนด้วย Chiller แทนที่จะทำความเย็นให้กับอากาศโดยตรง แล้วส่งน้ำเย็นไปยังเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit : AHU) เพื่อทำให้อากาศเย็นและจ่ายไปยังบริเวณที่ปรับอากาศ โดยมี AHU หลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้น ซึ่งมีทั้งรุ่น Free blowและรุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การ จ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลมซึ่ง Chillerจะระบายความร้อนด้วยอากาศ	1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ 2.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำเย็น	1.4 – 1.6 (ประมาณการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งระบบ)	1.เหมาะกับบริเวณที่มีน้ำน้อยไม่เพียงพอต่อการใช้งาน 2.เหมาะกับระบบที่มีขนาดปานกลาง ถึง ใหญ่ 3.เหมาะกับระบบที่ต้องการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 6 °C
B6	WATER-COOLED WATER CHILLER	ระบบปรับอากาศชนิดนี้จะใช้สารทำความเย็นในกลุ่ม R-134a และ R-123 มาทำความเย็นให้น้ำก่อนด้วย Chiller แทนที่จะทำความเย็นให้กับอากาศโดยตรง แล้วส่งน้ำเย็นไปยังเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit : AHU) เพื่อทำให้อากาศเย็นและจ่ายไปยังบริเวณที่ปรับอากาศ โดยมี AHU หลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้น ซึ่งมีทั้งรุ่น Free blowและรุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การ จ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลมซึ่ง Chillerจะระบายความร้อนด้วยน้ำ	1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ 2.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำเย็น 3. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) 4.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำระบายความร้อน	0.8 – 1.0 (ประมาณการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งระบบ)	1.เหมาะกับระบบที่มีขนาดปานกลาง ถึง ใหญ่ 2.เหมาะกับระบบที่ต้องการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 6 °C

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.17 ข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงาน

Index	ประเภทระบบปรับอากาศ	System Description	Main Equipment	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (kW / Tonr)	การประยุกต์ใช้งาน
D1	แบบหน้าต่าง (WINDOW TYPE)	อุปกรณ์ในระบบปรับอากาศทุกอย่างรวมไว้ในเครื่องเดียว โดยติดตั้งเครื่องบริเวณผนังแล้วให้ส่วนที่ทำความเย็นอยู่ด้านในบริเวณที่ปรับอากาศ และด้านที่ระบายความร้อนจะอยู่ภายนอก ซึ่งสามารถระบายความร้อนด้วยอากาศได้ดี	1.เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง	1.4	1.เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 10 ถึง 45 ตารางเมตร
D2	แบบแยกส่วน (SPLIT TYPE)	แยกอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศออกเป็น 2 ส่วน คือ Fan Coil Unit (FCU) และ Condensing Unit (CDU) โดยวาง FCU ไว้ภายในหรือใกล้เคียงบริเวณที่ปรับอากาศ แต่วาง CDU อยู่ภายนอกที่ปรับอากาศ โดยเป็นบริเวณซึ่งสามารถระบายความร้อนด้วยอากาศได้ดี FCU มีหลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้น ซึ่งมีทั้งรุ่น Free blow และรุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดาน ซึ่งใช้การจ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลม	1. Fan Coil Unit (FCU) 2. Condensing Unit (CDU)	1.4	1.แบบตั้งพื้น รุ่น Free Blowเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 12 ถึง 120 ตารางเมตร 2.แบบตั้งพื้น รุ่นต่อท่อลม เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 60 ถึง 450 ตารางเมตร 3.แบบแขวนใต้ฝ้า เหมาะกับห้องพื้นที่ 15 ถึง 45 ตารางเมตร 4.แบบซ่อนเหนือฝ้าแล้วต่อท่อลมเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 15 ถึง 75 ตารางเมตร
D3	PACKAGED AIR-COOLED	อุปกรณ์ทุกอย่างในระบบปรับอากาศถูกรวมไว้ในเครื่องเดียว โดยติดตั้งเครื่องให้ส่วนที่ทำความเย็นอยู่ด้านในหรือใกล้เคียงบริเวณที่ปรับอากาศ และด้านที่ระบายความร้อนอยู่ภายนอก และระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยมี FCU หลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้น ซึ่งมีทั้งรุ่น Free blowและ รุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน, แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การจ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลม	1. เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ	1.37	1.แบบตั้งพื้น รุ่น Free Blowเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 45 ถึง 120 ตารางเมตร 2.แบบตั้งพื้น รุ่นต่อท่อลม เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 60 ถึง 450 ตารางเมตร
D4	PACKAGED WATER COOLED	อุปกรณ์ทุกอย่างในระบบปรับอากาศถูกรวมไว้ในเครื่องเดียว โดยติดตั้งเครื่องให้ส่วนที่ทำความเย็นอยู่ด้านในหรือใกล้เคียงบริเวณที่ปรับอากาศ และด้านที่ระบายความร้อนจะระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยมี FCU หลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้น ซึ่งมีทั้งรุ่น Free blow และ รุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การจ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลม	1. เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ 2. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) 3.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำระบายความร้อน	0.88	1.แบบตั้งพื้น รุ่น Free Blowเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 15 ถึง 120 ตารางเมตร 2.แบบตั้งพื้น รุ่นต่อท่อลม เหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 60 ถึง 750 ตารางเมตร 3.แบบซ่อนเหนือฝ้าแล้วต่อท่อลมเหมาะกับห้องที่มีพื้นที่ 15 ถึง 75 ตารางเมตร

ตารางที่ ค.17 ข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงาน (ต่อ)

Index	ประเภทระบบปรับอากาศ	System Description	Main Equipment	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (kW / Tonr)	การประยุกต์ใช้งาน
D5	AIR-COOLED WATER CHILLER	ระบบปรับอากาศชนิดนี้จะใช้สารทำความเย็นในกลุ่ม R-134a และ R-123 มาทำความเย็นให้น้ำก่อนด้วย Chiller แทนที่จะทำความเย็นให้กับอากาศโดยตรง แล้วส่งน้ำเย็นไปยังเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit : AHU) เพื่อทำให้อากาศเย็นและจ่ายไปยังบริเวณที่ปรับอากาศ AHU มีหลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้นซึ่งมีทั้งรุ่น Free blowและรุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน, แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การ จ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลมซึ่ง Chillerจะระบายความร้อนด้วยอากาศ	1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยแยกตามประเภท Chiller ดังนี้ 1.1.1Centrifugal Chiller < 250 Tonr 1.1.2Centrifugal Chiller > 250 Tonr 1.2.1Reciprocating Chiller < 50 Tonr 1.2.2Reciprocating Chiller > 50 Tonr 2.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำเย็น	(การใช้ไฟฟ้ารวมทั้งระบบประมาณ 1.4 – 1.6) 1.40 1.20 1.30 1.25	1.เหมาะกับบริเวณที่มีน้ำน้อยไม่เพียงพอต่อการใช้งาน 2.เหมาะกับระบบที่มีขนาดปานกลาง ถึง ใหญ่ 3.เหมาะกับระบบที่ต้องการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 6 °C
D6	WATER-COOLED WATER CHILLER	ระบบปรับอากาศชนิดนี้จะใช้สารทำความเย็นในกลุ่ม R-134a และ R-123 มาทำความเย็นให้น้ำก่อนด้วย Chiller แทนที่จะทำความเย็นให้กับอากาศโดยตรง แล้วส่งน้ำเย็นไปยังเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit : AHU) เพื่อทำให้อากาศเย็นและจ่ายไปยังบริเวณที่ปรับอากาศ โดยมี AHU หลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้น ซึ่งมีทั้งรุ่น Free blowและรุ่นต่อท่อลม, แบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน,แบบแขวนซ่อนเหนือฝ้าเพดานซึ่งใช้การ จ่ายลมโดยตรงผ่าน Grille และต่อท่อลม ซึ่ง Chillerจะระบายความร้อนด้วยน้ำ	1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยแยกตามประเภท Chiller ดังนี้ 1.1.1Centrifugal Chiller < 250 Tonr 1.1.2Centrifugal Chiller 250<x< 500 Tonr 1.1.3Centrifugal Chiller > 500 Tonr 1.2.1Reciprocating Chiller < 35 Tonr 1.2.2Reciprocating Chiller > 35 Tonr 1.3 Screw Chiller 2.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำเย็น 3. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) 4.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำระบายความร้อน	(การใช้ไฟฟ้ารวมทั้งระบบประมาณ 0.8 – 1.0) 0.75 0.70 0.67 0.98 0.91 0.7	1.เหมาะกับระบบที่มีขนาดปานกลาง ถึง ใหญ่ 2.เหมาะกับระบบที่ต้องการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 6 °C
D7	ABSORPTION CHILLER	ระบบปรับอากาศชนิดนี้ใช้สารทำความเย็นในกลุ่มเกลือ LiBr ในการทำความเย็นให้น้ำ และเป็นเครื่องทำน้ำเย็นที่มีหลักการทำงาน ที่ต่างจาก 2 ชนิดข้างต้น ซึ่งทำงานโดยใช้แหล่งพลังงานอื่นที่ไม่ใช่ไฟฟ้า เช่น ไอน้ำ ก๊าซ และน้ำมัน ซึ่งสร้างพลังงานด้วย Generator ที่ติดอยู่ในตัวเครื่อง	1. เครื่องทำน้ำเย็นแบบแอบซอพชั่น (Absorption Chiller) ซึ่งระบาย ความร้อนด้วยน้ำ 2.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำเย็น 3. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) 4.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำระบายความร้อน	0.1 (kW/Ton) (การใช้ไฟฟ้าโดยประมาณสำหรับทั้งระบบโดยไม่รวมChiller) และ 3.68 (Litre/Ton) (การใช้น้ำมันของChiller)	1.เหมาะกับระบบที่มีขนาดปานกลาง ถึง ใหญ่ 2.เหมาะกับระบบที่ต้องการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 6 °C 3.เหมาะกับโรงงานที่มีแหล่งพลังงานเหลือใช้ เช่น ไอน้ำ 4.เหมาะกับโรงงานที่มีแหล่งพลังงานอื่นที่ราคาต่ำกว่าไฟฟ้า เช่น แก๊ส น้ำมัน

ภาคผนวก ง

ข้อมูลอ้างอิงสำหรับการคำนวณมูลค่าเงิน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 ค่า Unit cost rate of main equipment (THB)

1. Window Type Air Conditioning System

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Material
WA1	Window Type Air Conditioner : 0.5 Tonr	Set	20,400
WA2	Window Type Air Conditioner : 0.75 Tonr	Set	23,700
WA3	Window Type Air Conditioner : 1.0 Tonr	Set	27,100
WA4	Window Type Air Conditioner : 1.4 Tonr	Set	31,550
WA5	Window Type Air Conditioner : 1.5 Tonr	Set	33,800
WA6	Window Type Air Conditioner : 1.7 Tonr	Set	37,500
WA7	Window Type Air Conditioner : 2.0 Tonr	Set	41,500

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 ค่า Unit cost rate of main equipment (THB) (ต่อ)

2. Split Type Air Conditioning System

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Material
SA1	Split Type Air Conditioner : 0.75 Tonr	Set	30,400
SA2	Split Type Air Conditioner : 1.0 Tonr	Set	38,350
SA3	Split Type Air Conditioner : 1.5 Tonr	Set	42,350
SA4	Split Type Air Conditioner : 2.0 Tonr	Set	45,800
SA5	Split Type Air Conditioner : 2.2 Tonr	Set	48,400
SA6	Split Type Air Conditioner : 2.5 Tonr	Set	58,800
SA7	Split Type Air Conditioner : 3.0 Tonr	Set	65,000
SA8	Split Type Air Conditioner : 3.4 Tonr	Set	70,700
SA9	Split Type Air Conditioner : 4.0 Tonr	Set	85,300
SA10	Split Type Air Conditioner : 4.7 Tonr	Set	90,500
SA11	Split Type Air Conditioner : 5.0 Tonr	Set	92,800
SA12	Split Type Air Conditioner : 6.0 Tonr	Set	108,500
SA13	Split Type Air Conditioner : 6.5 Tonr	Set	112,800
SA14	Split Type Air Conditioner : 7.5 Tonr	Set	122,600
SA15	Split Type Air Conditioner : 8.0 Tonr	Set	123,900
SA16	Split Type Air Conditioner : 10.0 Tonr	Set	142,500
SA17	Split Type Air Conditioner : 12.0 Tonr	Set	153,800
SA18	Split Type Air Conditioner : 15.0 Tonr	Set	173,200
SA19	Split Type Air Conditioner : 18.0 Tonr	Set	186,900
SA20	Split Type Air Conditioner : 20.0 Tonr	Set	191,100
SA21	Split Type Air Conditioner : 25.0 Tonr	Set	214,600
SA22	Split Type Air Conditioner : 30.0 Tonr	Set	231,700

ตารางที่ ง.1 ค่า Unit cost rate of main equipment (THB) (ต่อ)

3. Packaged Air-Cooled Air Conditioning System

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Material
PA1	Packaged Air-Cooled Air Conditioner : 3.0 Tonr	Set	49,800
PA2	Packaged Air-Cooled Air Conditioner : 5.0 Tonr	Set	76,300
PA3	Packaged Air-Cooled Air Conditioner : 8.0 Tonr	Set	104,900
PA4	Packaged Air-Cooled Air Conditioner : 10.0 Tonr	Set	132,400
PA5	Packaged Air-Cooled Air Conditioner : 15.0 Tonr	Set	169,500
PA6	Packaged Air-Cooled Air Conditioner : 20.0 Tonr	Set	194,300
PA7	Packaged Air-Cooled Air Conditioner : 25.0 Tonr	Set	212,800
PA8	Packaged Air-Cooled Air Conditioner : 30.0 Tonr	Set	224,500

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 ค่า Unit cost rate of main equipment (THB) (ต่อ)

4. Packaged Water-Cooled Air Conditioning System

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Material
PW1	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 1.0 Tonr	Set	27,400
PW2	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 1.5 Tonr	Set	34,500
PW3	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 2.0 Tonr	Set	38,250
PW4	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 2.5 Tonr	Set	41,300
PW5	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 3.0 Tonr	Set	44,800
PW6	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 4.0 Tonr	Set	68,600
PW7	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 5.0 Tonr	Set	94,400
PW8	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 8.0 Tonr	Set	119,200
PW9	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 10.0 Tonr	Set	152,500
PW10	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 15.0 Tonr	Set	174,800
PW11	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 20.0 Tonr	Set	191,500
PW12	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 25.0 Tonr	Set	202,100
PW13	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 30.0 Tonr	Set	224,800

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 ค่า Unit cost rate of main equipment (THB) (ต่อ)

5. Air-Cooled Water Chiller Air Conditioning System

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Material
AC1	Air-Cooled Water Chiller : Centrifugal 200 Tonr	Set	2,900,000
AC2	Air-Cooled Water Chiller : Centrifugal 250 Tonr	Set	3,625,000
AC3	Air-Cooled Water Chiller : Centrifugal 300 Tonr	Set	4,350,000
AC4	Air-Cooled Water Chiller : Centrifugal 400 Tonr	Set	5,800,000
AC5	Air-Cooled Water Chiller : Centrifugal 500 Tonr	Set	7,250,000
AC6	Air-Cooled Water Chiller : Reciprocating 30 Tonr	Set	480,000
AC7	Air-Cooled Water Chiller : Reciprocating 50 Tonr	Set	800,000
AC8	Air-Cooled Water Chiller : Reciprocating 100 Tonr	Set	1,600,000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 ค่า Unit cost rate of main equipment (THB) (ต่อ)

6. Water-Cooled Water Chiller Air Conditioning System

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Material
WC1	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 200 Tonr	Set	2,700,000
WC2	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 250 Tonr	Set	3,375,000
WC3	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 300 Tonr	Set	4,050,000
WC4	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 400 Tonr	Set	5,400,000
WC5	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 500 Tonr	Set	6,750,000
WC6	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 600 Tonr	Set	8,100,000
WC7	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 700 Tonr	Set	9,450,000
WC8	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 800 Tonr	Set	4,350,000
WC9	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 900 Tonr	Set	10,800,000
WC10	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 1000 Tonr	Set	13,500,000
WC11	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 1200 Tonr	Set	16,200,000
WC12	Water-Cooled Water Chiller : Reciprocating 20 Tonr	Set	310,000
WC13	Water-Cooled Water Chiller : Reciprocating 50 Tonr	Set	775,000
WC14	Water-Cooled Water Chiller : Reciprocating 100 Tonr	Set	1,550,000
WC15	Water-Cooled Water Chiller : Reciprocating 200 Tonr	Set	3,100,000
WC16	Water-Cooled Water Chiller : Reciprocating 300 Tonr	Set	4,650,000
WC17	Water-Cooled Water Chiller : Screw 100 Tonr	Set	1,650,000
WC18	Water-Cooled Water Chiller : Screw 200 Tonr	Set	3,250,000
WC19	Water-Cooled Water Chiller : Screw 300 Tonr	Set	4,850,000
WC20	Water-Cooled Water Chiller : Screw 400 Tonr	Set	7,250,000

ตารางที่ ง.1 ค่า Unit cost rate of main equipment (THB) (ต่อ)

7. Absorption Chiller Air Conditioning System

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Material
AB1	Absorption Chiller : 200 Tonr	Set	7,600,000
AB2	Absorption Chiller : 400 Tonr	Set	15,200,000
AB3	Absorption Chiller : 600 Tonr	Set	22,800,000
AB4	Absorption Chiller : 800 Tonr	Set	30,400,000
AB5	Absorption Chiller : 1000 Tonr	Set	38,000,000
AB6	Absorption Chiller : 1200 Tonr	Set	46,500,000
AB7	Absorption Chiller : 1400 Tonr	Set	53,200,000
AB8	Absorption Chiller : 1600 Tonr	Set	60,800,000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 ค่า Unit cost rate of main equipment (THB) (ต่อ)

8. Air Handling Unit

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Material
AHU1	Air Handling Unit : 1.0 Tonr	Set	25,400
AHU2	Air Handling Unit : 1.5 Tonr	Set	28,350
AHU3	Air Handling Unit : 2.0 Tonr	Set	32,250
AHU4	Air Handling Unit : 2.5 Tonr	Set	35,800
AHU5	Air Handling Unit : 3.0 Tonr	Set	39,400
AHU6	Air Handling Unit : 4.0 Tonr	Set	47,500
AHU7	Air Handling Unit : 5.0 Tonr	Set	55,000
AHU8	Air Handling Unit : 6.0 Tonr	Set	64,500
AHU9	Air Handling Unit : 7.5 Tonr	Set	82,300
AHU10	Air Handling Unit : 8.0 Tonr	Set	87,600
AHU11	Air Handling Unit : 10.0 Tonr	Set	102,500
AHU12	Air Handling Unit : 12.0 Tonr	Set	114,500
AHU13	Air Handling Unit : 15.0 Tonr	Set	128,800
AHU14	Air Handling Unit : 18.0 Tonr	Set	145,600
AHU15	Air Handling Unit : 20.0 Tonr	Set	153,800
AHU16	Air Handling Unit : 25.0 Tonr	Set	162,500
AHU17	Air Handling Unit : 30.0 Tonr	Set	157,750

ตารางที่ ง.1 ค่า Unit cost rate of main equipment (THB) (ต่อ)

9. Cooling Tower

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Material
CT1	Cross Flow Type Cooling Tower : 100 Tonr	Set	110,000
CT2	Cross Flow Type Cooling Tower : 200 Tonr	Set	215,000
CT3	Cross Flow Type Cooling Tower : 300 Tonr	Set	320,000
CT4	Cross Flow Type Cooling Tower : 400 Tonr	Set	425,000
CT5	Cross Flow Type Cooling Tower : 500 Tonr	Set	537,500
CT6	Cross Flow Type Cooling Tower : 600 Tonr	Set	645,000
CT7	Cross Flow Type Cooling Tower : 700 Tonr	Set	750,000
CT8	Cross Flow Type Cooling Tower : 800 Tonr	Set	875,000
CT9	Cross Flow Type Cooling Tower : 900 Tonr	Set	980,000
CT10	Cross Flow Type Cooling Tower : 1000 Tonr	Set	1,050,000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 ค่า Unit cost rate of main equipment (THB) (ต่อ)

10. Water Pump

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Material
CHP1	Chilled Water Pump 240 GPM for Chiller 100 Tonr	Set	62,000
CHP2	Chilled Water Pump 480 GPM for Chiller 200 Tonr	Set	130,100
CHP3	Chilled Water Pump 720 GPM for Chiller 300 Tonr	Set	205,000
CHP4	Chilled Water Pump 960 GPM for Chiller 400 Tonr	Set	287,000
CHP5	Chilled Water Pump 1200 GPM for Chiller 500 Tonr	Set	376,700
CHP6	Chilled Water Pump 1440 GPM for Chiller 600 Tonr	Set	474,650
COP1	Condenser Water Pump 300 GPM for Chiller 100 Tonr	Set	112,000
COP2	Condenser Water Pump 600 GPM for Chiller 200 Tonr	Set	235,000
COP3	Condenser Water Pump 900 GPM for Chiller 300 Tonr	Set	370,200
COP4	Condenser Water Pump 1200 GPM for Chiller 400 Tonr	Set	518,300
COP5	Condenser Water Pump 1500 GPM for Chiller 500 Tonr	Set	680,400
COP6	Condenser Water Pump 1800 GPM for Chiller 600 Tonr	Set	857,150

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 ค่า Unit cost rate of main equipment (THB) (ต่อ)

11. Ventilation Fan

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Material
F1	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 100 Tonr	Lot	282,100
F2	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 200 Tonr	Lot	541,600
F3	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 300 Tonr	Lot	779,900
F4	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 400 Tonr	Lot	998,300
F5	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 500 Tonr	Lot	1,197,900
F6	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 600 Tonr	Lot	1,380,000
F7	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 800 Tonr	Lot	1,766,400
F8	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 1000 Tonr	Lot	2,543,700
F9	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 1200 Tonr	Lot	2,930,300
F10	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 1400 Tonr	Lot	3,316,100
F11	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 1600 Tonr	Lot	3,676,150
F12	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 1800 Tonr	Lot	4,011,600
F13	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 2000 Tonr	Lot	4,368,200
F14	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 2200 Tonr	Lot	4,708,900
F15	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 2400 Tonr	Lot	5,034,200
F16	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 2600 Tonr	Lot	5,399,200
F17	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 2800 Tonr	Lot	5,756,400
F18	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 3000 Tonr	Lot	6,105,900
F19	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 3500 Tonr	Lot	7,052,300
F20	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 4000 Tonr	Lot	8,059,800
F21	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 4500 Tonr	Lot	9,067,200
F22	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 5000 Tonr	Lot	10,074,700

ตารางที่ ง.2 ค่า Unit cost rate of piping work (THB)

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Material
K1	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 100 Tonr	Lot	692,300
K2	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 200 Tonr	Lot	1,315,300
K3	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 300 Tonr	Lot	1,874,350
K4	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 400 Tonr	Lot	2,374,150
K5	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 500 Tonr	Lot	2,819,300
K6	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 600 Tonr	Lot	3,214,000
K7	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 800 Tonr	Lot	4,071,100
K8	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 1000 Tonr	Lot	4,834,400
K9	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 1200 Tonr	Lot	5,540,200
K10	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 1400 Tonr	Lot	6,172,700
K11	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 1600 Tonr	Lot	6,772,400
K12	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 1800 Tonr	Lot	7,314,150
K13	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 2000 Tonr	Lot	7,801,800
K14	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 2200 Tonr	Lot	8,281,600
K15	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 2400 Tonr	Lot	8,718,250
K16	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 2600 Tonr	Lot	9,114,200
K17	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 2800 Tonr	Lot	9,520,800
K18	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 3000 Tonr	Lot	9,894,900
K19	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 3500 Tonr	Lot	11,255,400
K20	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 4000 Tonr	Lot	12,606,000
K21	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 4500 Tonr	Lot	13,969,000
K22	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 5000 Tonr	Lot	15,366,000

ตารางที่ ง.3 ค่า Unit cost rate of valve and piping accessories (THB)

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Material
V1	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 100 Tonr	Lot	497,600
V2	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 200 Tonr	Lot	945,400
V3	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 300 Tonr	Lot	1,347,150
V4	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 400 Tonr	Lot	1,706,400
V5	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 500 Tonr	Lot	2,026,300
V6	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 600 Tonr	Lot	2,310,000
V7	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 800 Tonr	Lot	2,926,000
V8	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 1000 Tonr	Lot	3,474,700
V9	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 1200 Tonr	Lot	3,981,900
V10	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 1400 Tonr	Lot	4,436,550
V11	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 1600 Tonr	Lot	4,867,500
V12	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 1800 Tonr	Lot	5,256,900
V13	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 2000 Tonr	Lot	5,607,400
V14	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 2200 Tonr	Lot	5,952,200
V15	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 2400 Tonr	Lot	6,266,000
V16	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 2600 Tonr	Lot	6,550,650
V17	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 2800 Tonr	Lot	6,842,900
V18	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 3000 Tonr	Lot	7,111,750
V19	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 3500 Tonr	Lot	8,089,600
V20	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 4000 Tonr	Lot	9,060,350
V21	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 4500 Tonr	Lot	10,040,000
V22	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 5000 Tonr	Lot	11,044,000

ตารางที่ ง.4 ค่า Unit cost rate of ductwork (THB)

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Material
Q1	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 100 Tonr	Lot	462,700
Q2	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 200 Tonr	Lot	879,100
Q3	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 300 Tonr	Lot	1,252,700
Q4	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 400 Tonr	Lot	1,586,700
Q5	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 500 Tonr	Lot	1,884,200
Q6	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 600 Tonr	Lot	2,148,000
Q7	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 800 Tonr	Lot	2,720,800
Q8	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 1000 Tonr	Lot	3,231,000
Q9	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 1200 Tonr	Lot	3,702,700
Q10	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 1400 Tonr	Lot	4,125,400
Q11	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 1600 Tonr	Lot	4,526,150
Q12	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 1800 Tonr	Lot	4,888,250
Q13	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 2000 Tonr	Lot	5,214,100
Q14	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 2200 Tonr	Lot	5,534,800
Q15	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 2400 Tonr	Lot	5,826,600
Q16	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 2600 Tonr	Lot	6,091,250
Q17	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 2800 Tonr	Lot	6,363,000
Q18	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 3000 Tonr	Lot	6,613,000
Q19	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 3500 Tonr	Lot	7,522,300
Q20	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 4000 Tonr	Lot	8,424,950
Q21	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 4500 Tonr	Lot	9,335,900
Q22	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 5000 Tonr	Lot	10,269,475

ตารางที่ ง.5 ค่า Unit cost rate of grille and diffuser (THB)

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Material
N1	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 100 Tonr	Lot	90,500
N2	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 200 Tonr	Lot	171,900
N3	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 300 Tonr	Lot	244,950
N4	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 400 Tonr	Lot	310,250
N5	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 500 Tonr	Lot	368,450
N6	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 600 Tonr	Lot	420,000
N7	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 800 Tonr	Lot	532,000
N8	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 1000 Tonr	Lot	631,750
N9	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 1200 Tonr	Lot	724,000
N10	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 1400 Tonr	Lot	806,650
N11	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 1600 Tonr	Lot	885,000
N12	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 1800 Tonr	Lot	955,800
N13	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 2000 Tonr	Lot	1,019,550
N14	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 2200 Tonr	Lot	1,082,250
N15	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 2400 Tonr	Lot	1,139,300
N16	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 2600 Tonr	Lot	1,191,025
N17	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 2800 Tonr	Lot	1,244,175
N18	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 3000 Tonr	Lot	1,293,050
N19	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 3500 Tonr	Lot	1,470,850
N20	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 4000 Tonr	Lot	1,647,350
N21	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 4500 Tonr	Lot	1,825,500
N22	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 5000 Tonr	Lot	2,008,000

ตารางที่ ง.6 ค่า Unit cost rate of labour for main equipment installation (THB)

1. Window Type Air Conditioning System

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Labour
WA1	Window Type Air Conditioner : 0.5 Tonr	Set	1,000
WA2	Window Type Air Conditioner : 0.75 Tonr	Set	1,000
WA3	Window Type Air Conditioner : 1.0 Tonr	Set	1,000
WA4	Window Type Air Conditioner : 1.4 Tonr	Set	1,000
WA5	Window Type Air Conditioner : 1.5 Tonr	Set	1,000
WA6	Window Type Air Conditioner : 1.7 Tonr	Set	1,000
WA7	Window Type Air Conditioner : 2.0 Tonr	Set	1,000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.6 ค่า Unit cost rate of labour for main equipment installation (THB) (ต่อ)

2. Split Type Air Conditioning System

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Labour
SA1	Split Type Air Conditioner : 0.75 Tonr	Set	1,875
SA2	Split Type Air Conditioner : 1.0 Tonr	Set	1,875
SA3	Split Type Air Conditioner : 1.5 Tonr	Set	2,250
SA4	Split Type Air Conditioner : 2.0 Tonr	Set	2,250
SA5	Split Type Air Conditioner : 2.2 Tonr	Set	2,600
SA6	Split Type Air Conditioner : 2.5 Tonr	Set	2,600
SA7	Split Type Air Conditioner : 3.0 Tonr	Set	3,150
SA8	Split Type Air Conditioner : 3.4 Tonr	Set	3,150
SA9	Split Type Air Conditioner : 4.0 Tonr	Set	3,350
SA10	Split Type Air Conditioner : 4.7 Tonr	Set	3,350
SA11	Split Type Air Conditioner : 5.0 Tonr	Set	3,350
SA12	Split Type Air Conditioner : 6.0 Tonr	Set	3,800
SA13	Split Type Air Conditioner : 6.5 Tonr	Set	3,800
SA14	Split Type Air Conditioner : 7.5 Tonr	Set	3,800
SA15	Split Type Air Conditioner : 8.0 Tonr	Set	3,800
SA16	Split Type Air Conditioner : 10.0 Tonr	Set	4,500
SA17	Split Type Air Conditioner : 12.0 Tonr	Set	4,500
SA18	Split Type Air Conditioner : 15.0 Tonr	Set	4,500
SA19	Split Type Air Conditioner : 18.0 Tonr	Set	5,500
SA20	Split Type Air Conditioner : 20.0 Tonr	Set	5,500
SA21	Split Type Air Conditioner : 25.0 Tonr	Set	6,500
SA22	Split Type Air Conditioner : 30.0 Tonr	Set	6,500

ตารางที่ ง.6 ค่า Unit cost rate of labour for main equipment installation (THB) (ต่อ)

3. Packaged Air-Cooled Air Conditioning System

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Labour
PA1	Packaged Air-Cooled Air Conditioner : 3.0 Tonr	Set	1,500
PA2	Packaged Air-Cooled Air Conditioner : 5.0 Tonr	Set	1,500
PA3	Packaged Air-Cooled Air Conditioner : 8.0 Tonr	Set	2,000
PA4	Packaged Air-Cooled Air Conditioner : 10.0 Tonr	Set	2,000
PA5	Packaged Air-Cooled Air Conditioner : 15.0 Tonr	Set	2,500
PA6	Packaged Air-Cooled Air Conditioner : 20.0 Tonr	Set	3,000
PA7	Packaged Air-Cooled Air Conditioner : 25.0 Tonr	Set	3,600
PA8	Packaged Air-Cooled Air Conditioner : 30.0 Tonr	Set	4,200

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.6 ค่า Unit cost rate of labour for main equipment installation (THB) (ต่อ)

4. Packaged Water-Cooled Air Conditioning System

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Labour
PW1	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 1.0 Tonr	Set	1,875
PW2	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 1.5 Tonr	Set	1,875
PW3	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 2.0 Tonr	Set	2,250
PW4	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 2.5 Tonr	Set	2,250
PW5	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 3.0 Tonr	Set	2,500
PW6	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 4.0 Tonr	Set	2,500
PW7	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 5.0 Tonr	Set	3,000
PW8	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 8.0 Tonr	Set	3,500
PW9	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 10.0 Tonr	Set	3,500
PW10	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 15.0 Tonr	Set	4,000
PW11	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 20.0 Tonr	Set	4,500
PW12	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 25.0 Tonr	Set	5,000
PW13	Packaged Water-Cooled Air Conditioner : 30.0 Tonr	Set	5,500

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.6 ค่า Unit cost rate of labour for main equipment installation (THB) (ต่อ)

5. Air-Cooled Water Chiller Air Conditioning System

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Labour
AC1	Air-Cooled Water Chiller : Centrifugal 200 Tonr	Set	32,000
AC2	Air-Cooled Water Chiller : Centrifugal 250 Tonr	Set	40,000
AC3	Air-Cooled Water Chiller : Centrifugal 300 Tonr	Set	48,000
AC4	Air-Cooled Water Chiller : Centrifugal 400 Tonr	Set	64,000
AC5	Air-Cooled Water Chiller : Centrifugal 500 Tonr	Set	80,000
AC6	Air-Cooled Water Chiller : Reciprocating 30 Tonr	Set	15,000
AC7	Air-Cooled Water Chiller : Reciprocating 50 Tonr	Set	25,000
AC8	Air-Cooled Water Chiller : Reciprocating 100 Tonr	Set	37,500

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.6 ค่า Unit cost rate of labour for main equipment installation (THB) (ต่อ)

6. Water-Cooled Water Chiller Air Conditioning System

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Labour
WC1	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 200 Tonr	Set	35,000
WC2	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 250 Tonr	Set	43,750
WC3	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 300 Tonr	Set	52,500
WC4	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 400 Tonr	Set	63,000
WC5	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 500 Tonr	Set	75,600
WC6	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 600 Tonr	Set	83,150
WC7	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 700 Tonr	Set	91,500
WC8	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 800 Tonr	Set	100,600
WC9	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 900 Tonr	Set	110,750
WC10	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 1000 Tonr	Set	121,750
WC11	Water-Cooled Water Chiller : Centrifugal 1200 Tonr	Set	140,200
WC12	Water-Cooled Water Chiller : Reciprocating 20 Tonr	Set	25,000
WC13	Water-Cooled Water Chiller : Reciprocating 50 Tonr	Set	40,000
WC14	Water-Cooled Water Chiller : Reciprocating 100 Tonr	Set	62,500
WC15	Water-Cooled Water Chiller : Reciprocating 200 Tonr	Set	75,000
WC16	Water-Cooled Water Chiller : Reciprocating 300 Tonr	Set	86,000
WC17	Water-Cooled Water Chiller : Screw 100 Tonr	Set	26,000
WC18	Water-Cooled Water Chiller : Screw 200 Tonr	Set	52,000
WC19	Water-Cooled Water Chiller : Screw 300 Tonr	Set	78,000
WC20	Water-Cooled Water Chiller : Screw 400 Tonr	Set	97,500

ตารางที่ ง.6 ค่า Unit cost rate of labour for main equipment installation (THB) (ต่อ)

7. Absorption Chiller Air Conditioning System

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Labour
AB1	Absorption Chiller : 200 Tonr	Set	45,000
AB2	Absorption Chiller : 400 Tonr	Set	54,000
AB3	Absorption Chiller : 600 Tonr	Set	64,800
AB4	Absorption Chiller : 800 Tonr	Set	77,600
AB5	Absorption Chiller : 1000 Tonr	Set	85,500
AB6	Absorption Chiller : 1200 Tonr	Set	102,700
AB7	Absorption Chiller : 1400 Tonr	Set	123,200
AB8	Absorption Chiller : 1600 Tonr	Set	147,800

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.6 ค่า Unit cost rate of labour for main equipment installation (THB) (ต่อ)

8. Air Handling Unit

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Labour
AHU1	Air Handling Unit : 1.0 Tonr	Set	1,500
AHU2	Air Handling Unit : 1.5 Tonr	Set	1,875
AHU3	Air Handling Unit : 2.0 Tonr	Set	2,250
AHU4	Air Handling Unit : 2.5 Tonr	Set	2,600
AHU5	Air Handling Unit : 3.0 Tonr	Set	3,150
AHU6	Air Handling Unit : 4.0 Tonr	Set	3,350
AHU7	Air Handling Unit : 5.0 Tonr	Set	3,350
AHU8	Air Handling Unit : 6.0 Tonr	Set	3,500
AHU9	Air Handling Unit : 7.5 Tonr	Set	3,800
AHU10	Air Handling Unit : 8.0 Tonr	Set	3,800
AHU11	Air Handling Unit : 10.0 Tonr	Set	4,250
AHU12	Air Handling Unit : 12.0 Tonr	Set	4,250
AHU13	Air Handling Unit : 15.0 Tonr	Set	4,500
AHU14	Air Handling Unit : 18.0 Tonr	Set	5,000
AHU15	Air Handling Unit : 20.0 Tonr	Set	5,250
AHU16	Air Handling Unit : 25.0 Tonr	Set	5,500
AHU17	Air Handling Unit : 30.0 Tonr	Set	5,750

ตารางที่ ง.6 ค่า Unit cost rate of labour for main equipment installation (THB) (ต่อ)

9. Cooling Tower

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Labour
CT1	Cross Flow Type Cooling Tower : 100 Tonr	Set	5,000
CT2	Cross Flow Type Cooling Tower : 200 Tonr	Set	6,250
CT3	Cross Flow Type Cooling Tower : 300 Tonr	Set	7,300
CT4	Cross Flow Type Cooling Tower : 400 Tonr	Set	8,650
CT5	Cross Flow Type Cooling Tower : 500 Tonr	Set	9,800
CT6	Cross Flow Type Cooling Tower : 600 Tonr	Set	11,100
CT7	Cross Flow Type Cooling Tower : 700 Tonr	Set	12,250
CT8	Cross Flow Type Cooling Tower : 800 Tonr	Set	13,500
CT9	Cross Flow Type Cooling Tower : 900 Tonr	Set	14,750
CT10	Cross Flow Type Cooling Tower : 1000 Tonr	Set	16,000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.6 ค่า Unit cost rate of labour for main equipment installation (THB) (ต่อ)

10. Water Pump

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Labour
CHP1	Chilled Water Pump 240 GPM for Chiller 100 Tonr	Set	4,500
CHP2	Chilled Water Pump 480 GPM for Chiller 200 Tonr	Set	5,250
CHP3	Chilled Water Pump 720 GPM for Chiller 300 Tonr	Set	6,000
CHP4	Chilled Water Pump 960 GPM for Chiller 400 Tonr	Set	6,800
CHP5	Chilled Water Pump 1200 GPM for Chiller 500 Tonr	Set	7,600
CHP6	Chilled Water Pump 1440 GPM for Chiller 600 Tonr	Set	8,400
COP1	Condenser Water Pump 300 GPM for Chiller 100 Tonr	Set	4,500
COP2	Condenser Water Pump 600 GPM for Chiller 200 Tonr	Set	5,250
COP3	Condenser Water Pump 900 GPM for Chiller 300 Tonr	Set	6,000
COP4	Condenser Water Pump 1200 GPM for Chiller 400 Tonr	Set	6,800
COP5	Condenser Water Pump 1500 GPM for Chiller 500 Tonr	Set	7,600
COP6	Condenser Water Pump 1800 GPM for Chiller 600 Tonr	Set	8,400

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.6 ค่า Unit cost rate of labour for main equipment installation (THB) (ต่อ)

10. Ventilation Fan

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Labour
F1	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 100 Tonr	Lot	34,000
F2	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 200 Tonr	Lot	65,000
F3	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 300 Tonr	Lot	93,600
F4	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 400 Tonr	Lot	119,800
F5	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 500 Tonr	Lot	143,750
F6	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 600 Tonr	Lot	165,600
F7	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 800 Tonr	Lot	203,150
F8	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 1000 Tonr	Lot	292,500
F9	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 1200 Tonr	Lot	322,600
F10	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 1400 Tonr	Lot	364,800
F11	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 1600 Tonr	Lot	404,400
F12	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 1800 Tonr	Lot	441,300
F13	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 2000 Tonr	Lot	480,500
F14	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 2200 Tonr	Lot	470,900
F15	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 2400 Tonr	Lot	503,400
F16	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 2600 Tonr	Lot	540,000
F17	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 2800 Tonr	Lot	575,600
F18	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 3000 Tonr	Lot	606,500
F19	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 3500 Tonr	Lot	670,000
F20	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 4000 Tonr	Lot	765,700
F21	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 4500 Tonr	Lot	816,000
F22	Ventilation Fan Lump-sum for Cooling Load 5000 Tonr	Lot	906,700

ตารางที่ ง.7 ค่า Unit cost rate of labour for piping work installation (THB)

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Labour
K1	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 100 Tonr	Lot	103,850
K2	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 200 Tonr	Lot	197,300
K3	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 300 Tonr	Lot	281,200
K4	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 400 Tonr	Lot	356,150
K5	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 500 Tonr	Lot	422,900
K6	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 600 Tonr	Lot	482,100
K7	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 800 Tonr	Lot	610,700
K8	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 1000 Tonr	Lot	725,200
K9	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 1200 Tonr	Lot	831,050
K10	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 1400 Tonr	Lot	925,900
K11	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 1600 Tonr	Lot	1,015,900
K12	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 1800 Tonr	Lot	1,097,200
K13	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 2000 Tonr	Lot	1,170,300
K14	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 2200 Tonr	Lot	1,242,250
K15	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 2400 Tonr	Lot	1,307,750
K16	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 2600 Tonr	Lot	1,367,150
K17	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 2800 Tonr	Lot	1,428,150
K18	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 3000 Tonr	Lot	1,484,250
K19	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 3500 Tonr	Lot	1,688,300
K20	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 4000 Tonr	Lot	1,890,900
K21	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 4500 Tonr	Lot	2,095,400
K22	Piping Work Lump-sum for Cooling Load 5000 Tonr	Lot	2,304,900

ตารางที่ ง.8 ค่า Unit cost rate of labour for valve and piping accessories installation (THB)

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Labour
V1	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 100 Tonr	Lot	34,850
V2	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 200 Tonr	Lot	66,175
V3	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 300 Tonr	Lot	94,300
V4	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 400 Tonr	Lot	119,450
V5	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 500 Tonr	Lot	141,850
V6	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 600 Tonr	Lot	161,700
V7	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 800 Tonr	Lot	204,850
V8	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 1000 Tonr	Lot	243,250
V9	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 1200 Tonr	Lot	278,750
V10	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 1400 Tonr	Lot	310,600
V11	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 1600 Tonr	Lot	340,725
V12	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 1800 Tonr	Lot	368,000
V13	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 2000 Tonr	Lot	392,500
V14	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 2200 Tonr	Lot	416,700
V15	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 2400 Tonr	Lot	438,650
V16	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 2600 Tonr	Lot	458,550
V17	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 2800 Tonr	Lot	479,000
V18	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 3000 Tonr	Lot	497,850
V19	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 3500 Tonr	Lot	566,300
V20	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 4000 Tonr	Lot	634,250
V21	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 4500 Tonr	Lot	702,800
V22	Valve and Acc. Lump-sum for Cooling Load 5000 Tonr	Lot	773,100

ตารางที่ ง.9 ค่า Unit cost rate of labour for ductwork installation (THB)

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Labour
Q1	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 100 Tonr	Lot	203,600
Q2	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 200 Tonr	Lot	386,800
Q3	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 300 Tonr	Lot	551,200
Q4	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 400 Tonr	Lot	698,150
Q5	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 500 Tonr	Lot	829,050
Q6	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 600 Tonr	Lot	945,100
Q7	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 800 Tonr	Lot	1,197,150
Q8	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 1000 Tonr	Lot	1,421,600
Q9	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 1200 Tonr	Lot	1,629,200
Q10	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 1400 Tonr	Lot	1,815,200
Q11	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 1600 Tonr	Lot	1,991,500
Q12	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 1800 Tonr	Lot	2,150,800
Q13	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 2000 Tonr	Lot	2,294,200
Q14	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 2200 Tonr	Lot	2,435,300
Q15	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 2400 Tonr	Lot	2,563,700
Q16	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 2600 Tonr	Lot	2,680,150
Q17	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 2800 Tonr	Lot	2,799,750
Q18	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 3000 Tonr	Lot	2,909,700
Q19	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 3500 Tonr	Lot	3,309,800
Q20	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 4000 Tonr	Lot	3,706,795
Q21	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 4500 Tonr	Lot	4,107,800
Q22	Duct Work Lump-sum for Cooling Load 5000 Tonr	Lot	4,518,575

ตารางที่ ง.10 ค่า Unit cost rate of labour for grille and diffuser installation (THB)

Index	Equipment Description	Unit	Unit Price (THB) Labour
N1	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 100 Tonr	Lot	10,500
N2	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 200 Tonr	Lot	20,000
N3	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 300 Tonr	Lot	28,450
N4	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 400 Tonr	Lot	36,000
N5	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 500 Tonr	Lot	42,750
N6	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 600 Tonr	Lot	48,750
N7	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 800 Tonr	Lot	61,750
N8	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 1000 Tonr	Lot	73,300
N9	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 1200 Tonr	Lot	84,000
N10	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 1400 Tonr	Lot	93,600
N11	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 1600 Tonr	Lot	102,660
N12	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 1800 Tonr	Lot	110,900
N13	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 2000 Tonr	Lot	118,300
N14	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 2200 Tonr	Lot	125,550
N15	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 2400 Tonr	Lot	132,200
N16	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 2600 Tonr	Lot	138,200
N17	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 2800 Tonr	Lot	144,350
N18	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 3000 Tonr	Lot	150,000
N19	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 3500 Tonr	Lot	170,650
N20	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 4000 Tonr	Lot	191,100
N21	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 4500 Tonr	Lot	211,800
N22	Grille-Diffuser Lump-sum for Cooling Load 5000 Tonr	Lot	232,950

ตารางที่ ง.11 ค่า Estimated cost rate (THB/TONR) สำหรับการประมาณราคาแบบมูลค่าต่อตันความเย็น

Index	ประเภทระบบปรับอากาศ	Main Equipment	Estimated Cost Rate (THB/TONR)
X1	แบบหน้าต่าง (WINDOW TYPE)	1.เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง	30,400
X2	แบบแยกส่วน (SPLIT TYPE)	1. Fan Coil Unit (FCU) 2. Condensing Unit (CDU)	28,100
X3	PACKAGED AIR-COOLED	1. เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ	21,800
X4	PACKAGED WATER-COOLED	1. เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ 2. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) 3.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำระบายความร้อน	45,050
X5	AIR-COOLED WATER CHILLER	1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ 2.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำเย็น	51,240
X6	WATER-COOLED WATER CHILLER	1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ 2.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำเย็น 3. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) 4.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำระบายความร้อน	63,450
X7	ABSORPTION CHILLER	1. เครื่องทำน้ำเย็นแบบแอบซอพชั่น (Absorption Chiller) ซึ่งระบาย ความร้อนด้วยน้ำ 2.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำเย็น 3. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) 4.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำระบายความร้อน	89,410

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.12 ค่า Estimated cost rate (THB/Sq.M.) สำหรับการประมาณราคาแบบมูลค่าต่อพื้นที่อาคาร

Index	ประเภทระบบปรับอากาศ	Main Equipment	Estimated Cost Rate (THB/Sq.M)
Y1	แบบหน้าต่าง (WINDOW TYPE)	1.เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง	2,030
Y2	แบบแยกส่วน (SPLIT TYPE)	1. Fan Coil Unit (FCU) 2. Condensing Unit (CDU)	1,875
Y3	PACKAGED AIR-COOLED	1. เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ	1,500
Y4	PACKAGED WATER-COOLED	1. เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ 2. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) 3.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำระบายความร้อน	3,010
Y5	AIR-COOLED WATER CHILLER	1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ 2.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำเย็น	3,420
Y6	WATER-COOLED WATER CHILLER	1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ 2.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำเย็น 3. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) 4.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำระบายความร้อน	4,230
Y7	ABSORPTION CHILLER	1. เครื่องทำน้ำเย็นแบบแอบซอพชั่น (Absorption Chiller) ซึ่งระบาย ความร้อนด้วยน้ำ 2.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำเย็น 3. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) 4.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำระบายความร้อน	5,960

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.13 Power consumption rate (kW/Ton)

Index	ประเภทระบบปรับอากาศ	Main Equipment	Power consumption	
			General System	Energy Conversation
PC1	แบบหน้าต่าง (WINDOW TYPE)	1.เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง	1.3 – 1.5 (kW/Ton)	1.4 (kW/Ton)
PC2	แบบแยกส่วน (SPLIT TYPE)	1. Fan Coil Unit (FCU) 2. Condensing Unit (CDU)	1.3 – 1.5 (kW/Ton)	1.4 (kW/Ton)
PC3	PACKAGED AIR-COOLED	1. เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ	1.4 – 1.7 (kW/Ton)	1.37 (kW/Ton)
PC4	PACKAGED WATER-COOLED	1. เครื่องปรับอากาศแบบแพคเกจที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ 2. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) 3.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำระบายความร้อน	1.2 (kW/Ton)	0.88 (kW/Ton)
PC5	AIR-COOLED WATER CHILLER	1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยแยกตามประเภท Chiller ดังนี้ 1.1.1Centrifugal Chiller < 250 Tonr 1.1.2Centrifugal Chiller > 250 Tonr 1.2.1Reciprocating Chiller < 50 Tonr 1.2.2Reciprocating Chiller > 50 Tonr 2.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำเย็น	1.4 – 1.6(kW/Ton) (การใช้ไฟฟ้าโดยประมาณรวมทั้งระบบ)	(การใช้ไฟฟ้ารวมทั้งระบบประมาณ1.4–1.6 (KW/TON)) 1.40 (kW/Ton) 1.20 (kW/Ton) 1.30 (kW/Ton) 1.25 (kW/Ton)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.13 Power consumption (kW/Ton) (ต่อ)

Index	ประเภทระบบปรับอากาศ	Main Equipment	Power consumption	
			General System	Energy Conversation
PC6	WATER-COOLED WATER CHILLER	1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยแยกตามประเภท Chiller ดังนี้ 1.1.1Centrifugal Chiller < 250 Tonr 1.1.2Centrifugal Chiller 250<x< 500 Tonr 1.1.3Centrifugal Chiller > 500 Tonr 1.2.1Reciprocating Chiller < 35 Tonr 1.2.2Reciprocating Chiller > 35 Tonr 1.3 Screw Chiller 2.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำเย็น 3. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) 4.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำระบายความร้อน	0.8 – 1.0 (kW/Ton) (ประมาณการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งระบบ)	(การใช้ไฟฟ้ารวมทั้งระบบ ประมาณ 0.8–1.0 (KW/TON)) 0.75 (kW/Ton) 0.70 (kW/Ton) 0.67 (kW/Ton) 0.98 (kW/Ton) 0.91 (kW/Ton) 0.7 (kW/Ton)
PC7	ABSORPTION CHILLER	1. เครื่องทำน้ำเย็นแบบแอบซอพชั่น (Absorption Chiller) ซึ่งระบาย ความร้อนด้วยน้ำ 2.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำเย็น 3. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) 4.ปั๊มน้ำ สำหรับน้ำระบายความร้อน	0.1 (kW/Ton) (การใช้ไฟฟ้าโดยประมาณสำหรับทั้งระบบโดยไม่รวมChiller) และ 3.68 (Litre/Ton) (การใช้น้ำมันของ Chiller)	0.1 (kW/Ton) (การใช้ไฟฟ้าโดยประมาณสำหรับทั้งระบบโดยไม่รวมChiller) และ 3.68 (Litre/Ton) (การใช้น้ำมันของ Chiller)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.14 Energy cost rate (THB)

1. **ค่าไฟฟ้าขายปลีก** (ประกาศใช้ตั้งแต่ ตุลาคม 2543 เป็นต้นไป)

(รวม Ft = 64.52 สตางค์/หน่วย)

Index	ประเภทอัตราค่าไฟฟ้า	อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท/หน่วย)
EP1	บ้านอยู่อาศัย	2.2818
EP2	กิจการขนาดเล็ก	2.7725
EP3	กิจการขนาดกลาง- แรงดันต่ำ : ต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	2.3684
EP4	กิจการขนาดกลาง- แรงดันกลางและสูง : 12-69 กิโลโวลต์ ขึ้นไป	2.2944
EP5	กิจการขนาดใหญ่- แรงดันต่ำ : ต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	2.3029
EP6	กิจการขนาดใหญ่- แรงดันกลาง : 12-24 กิโลโวลต์	2.0808
EP7	กิจการขนาดใหญ่- แรงดันสูง : 69 กิโลโวลต์ ขึ้นไป	1.8479

2. **ค่าน้ำมันขายปลีก**

(ประกาศใช้ตั้งแต่ 26 ธันวาคม 2543 เป็นต้นไป)

Index	ประเภทน้ำมัน	อัตราราคาน้ำมัน (บาท/ลิตร)
FP1	ดีเซล HSD	13.14
FP2	ดีเซล LSD	12.55

หมายเหตุ กลุ่มผู้ใช้ไฟแต่ละประเภท แบ่งออกเป็นดังนี้

(1) ประเภทบ้านอยู่อาศัย

สำหรับการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องรวมทั้งวัด สำนักสงฆ์ และ สถานประกอบศาสนกิจของทุกศาสนา โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว โดยแบ่งกลุ่มผู้ใช้ไฟออกเป็นผู้ใช้ไฟบ้านอยู่อาศัยขนาดเล็ก ได้แก่ ผู้ที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วย/เดือน และผู้ใช้ไฟบ้านอยู่อาศัยขนาดใหญ่ที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วย/เดือน

(2) ประเภทกิจการขนาดเล็ก

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับบ้านอยู่อาศัย อุตสาหกรรม ส่วนราชการที่มีลักษณะเป็นอุตสาหกรรม รัฐวิสาหกิจ หรืออื่นๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

(3) ประเภทกิจการขนาดกลาง

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม และหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 30-1,999 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

(4) ประเภทกิจการขนาดใหญ่

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการ และ หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ 250,000 หน่วย/เดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.15 ค่าซ่อมบำรุง (Maintenance cost rate) สำหรับการใช้งานระบบปรับอากาศแต่ละแบบ (THB/Ton/Month)

Index	ประเภทระบบปรับอากาศ	Maintenance Cost Rate (THB/Ton/Month)
MR1	แบบหน้าต่าง (WINDOW TYPE)	400
MR2	แบบแยกส่วน (SPLIT TYPE)	520
MR3	PACKAGED AIR-COOLED	440
MR4	PACKAGED WATER-COOLED	610
MR5	AIR-COOLED WATER CHILLER	735
MR6	WATER-COOLED WATER CHILLER	920
MR7	ABSORPTION CHILLER	1,040

หมายเหตุ

ค่าซ่อมบำรุงสำหรับการใช้งานระบบปรับอากาศแต่ละแบบนี้เป็นค่าเฉลี่ยที่คิดรวมทั้งค่าวัสดุ และค่าแรงงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.16 Man power (Person) and salary rate (THB/Month) ของวิศวกร และช่างเทคนิค สำหรับการจัดการระบบปรับอากาศแต่ละแบบ

Index	ประเภทระบบปรับอากาศ	เจ้าหน้าที่			
		ตำแหน่ง	ประสบการณ์ (ปี)	เงินเดือน (THB/Month)	จำนวน (คน)
MT1	แบบหน้าต่าง (WINDOW TYPE)	วิศวกรเครื่องกล	1-3	25,000	1
		ช่างเทคนิค ปวส.เครื่องกล	1-3	15,000	1-3
MT2	แบบแยกส่วน (SPLIT TYPE)	วิศวกรเครื่องกล	1-3	25,000	1
		ช่างเทคนิค ปวส.เครื่องกล	1-3	15,000	1-3
MT3	PACKAGED AIR-COOLED	วิศวกรเครื่องกล	1-3	25,000	1
		ช่างเทคนิค ปวส.เครื่องกล	1-3	15,000	1-3
MT4	PACKAGED WATER-COOLED	วิศวกรเครื่องกล	1-3	25,000	1-2
		ช่างเทคนิคอาวุโส เครื่องกล	5-7	20,000	1
		ช่างเทคนิค ปวส.เครื่องกล	1-3	15,000	1-3
MT5	AIR-COOLED WATER CHILLER	วิศวกรเครื่องกลอาวุโส	5-10	40,000	1
		วิศวกรเครื่องกล	1-3	25,000	1-3
		ช่างเทคนิคอาวุโส เครื่องกล	5-10	25,000	1
		ช่างเทคนิค ปวส.เครื่องกล	1-3	15,000	1-3
MT6	WATER-COOLED WATER CHILLER	วิศวกรเครื่องกลอาวุโส	5-10	40,000	1
		วิศวกรเครื่องกล	1-3	25,000	1-3
		ช่างเทคนิคอาวุโส เครื่องกล	5-10	25,000	1-2
		ช่างเทคนิค ปวส.เครื่องกล	1-3	15,000	1-5
MT7	ABSORPTION CHILLER	วิศวกรเครื่องกลอาวุโส	5-10	40,000	1
		วิศวกรเครื่องกล	1-3	25,000	1-3
		ช่างเทคนิคอาวุโส เครื่องกล	5-10	25,000	1-2
		ช่างเทคนิค ปวส.เครื่องกล	1-3	15,000	1-5

ตารางที่ ง.17 Eqipment cost rate สำหรับการจัดการระบบปรับอากาศแต่ละแบบ (THB/Ton/Month)

Index	ประเภทระบบปรับอากาศ	Maintenance Cost Rate (THB/Ton/Month)
ME1	แบบหน้าต่าง (WINDOW TYPE)	150
ME2	แบบแยกส่วน (SPLIT TYPE)	175
ME3	PACKAGED AIR-COOLED	160
ME4	PACKAGED WATER-COOLED	180
ME5	AIR-COOLED WATER CHILLER	230
ME6	WATER-COOLED WATER CHILLER	260
ME7	ABSORPTION CHILLER	460

หมายเหตุ

ค่าอุปกรณ์สำหรับการจัดการระบบปรับอากาศแต่ละแบบ นี้เป็นค่าเฉลี่ยที่คิดรวมทั้งค่าวัสดุในการสั่งงาน และการควบคุมระบบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

ข้อมูลอ้างอิงสำหรับโปรแกรมในส่วนของการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง จ.1 การแบ่งประเภทโรงงาน

Index	Type of Factory
FAC 1	Automobile or Machine Assembly
FAC 2	Electronic Products
FAC 3	General Manufacturers
FAC 4	Precision Manufacturers
FAC 5	Pharmaceutical Products
FAC 6	Refrigerated Warehouses and Frozen Foods
FAC 7	Textile Mills , Fibers Manufacturers (Hygroscopic)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง จ.2 Decision Criteria to select AC System for DA System

AC System Summary	Criteria for AC System Selection	
	Main Criteria	Sub Criteria
AC Systems are classified as follows :	1. Engineering	1.1 Technical
		1.2 Efficiency
1. Window Type		1.3 Energy Usage
2. Split Type	2. Management	2.1 Management and Control
3. Package Air – Cooled		2.2 Maintenance
4. Package Water – Cooled		2.3 Management Cost
5. Air – Cooled Water Chiller	3. Economics	3.1 Initial Cost
6. Water – Cooled Water Chiller		3.2 Operating Cost
7. Absorption Chiller	4. Energy	4.1 Energy Conservation
		4.2 Energy Saving

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง จ.3 ค่า Random Index ของ Matrix n x n

n	Random Index (R. I.)
1	0
2	0
3	0.58
4	0.9
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41
9	1.45
10	1.49
11	1.51
12	1.48
13	1.56
14	1.57
15	1.59

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

ข้อมูลอ้างอิงสำหรับโปรแกรมในส่วนของการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ฉ.1 Equipment Service Life

Index	Equipment Type	Median (Year)
SWT	Window Type Air Conditioner	10
SPT	Split Type Air Conditioner	10
SPA	Package Air-Cooled	10
SPW	Package Water-Cooled	10
SAC	Air-Cooled Water Chiller	20
SWC	Water-Cooled Water Chiller	20
SAB	Absorption Chiller	20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ฉ.2 ข้อมูลดอกเบี้ย (i (%)nterest rate)

อัตราดอกเบี้ย i (%)	บีที่ N	แฟคเตอร์ P / F	แฟคเตอร์ P / A	อัตราดอกเบี้ย i (%)	บีที่ N	แฟคเตอร์ P / F	แฟคเตอร์ P / A	อัตราดอกเบี้ย i (%)	บีที่ N	แฟคเตอร์ P / F	แฟคเตอร์ P / A
0.25	1	0.9975	0.9975	0.50	1	0.9950	0.9950	0.75	1	0.9926	0.9926
0.25	2	0.9950	1.9925	0.50	2	0.9901	1.9851	0.75	2	0.9852	1.9777
0.25	3	0.9925	2.9851	0.50	3	0.9851	2.9702	0.75	3	0.9778	2.9556
0.25	4	0.9901	3.9751	0.50	4	0.9802	3.9505	0.75	4	0.9706	3.9261
0.25	5	0.9876	4.9627	0.50	5	0.9754	4.9259	0.75	5	0.9633	4.8894
0.25	6	0.9851	5.9478	0.50	6	0.9705	5.8964	0.75	6	0.9562	5.8456
0.25	7	0.9827	6.9305	0.50	7	0.9657	6.8621	0.75	7	0.9490	6.7946
0.25	8	0.9802	7.9107	0.50	8	0.9609	7.8230	0.75	8	0.9420	7.7366
0.25	9	0.9778	8.8885	0.50	9	0.9561	8.7791	0.75	9	0.9350	8.6716
0.25	10	0.9753	9.8639	0.50	10	0.9513	9.7304	0.75	10	0.9280	9.5996
0.25	11	0.9729	10.8368	0.50	11	0.9466	10.6770	0.75	11	0.9211	10.5207
0.25	12	0.9705	11.8073	0.50	12	0.9419	11.6189	0.75	12	0.9142	11.4349
0.25	13	0.9681	12.7753	0.50	13	0.9372	12.5562	0.75	13	0.9074	12.3423
0.25	14	0.9656	13.7410	0.50	14	0.9326	13.4887	0.75	14	0.9007	13.2430
0.25	15	0.9632	14.7042	0.50	15	0.9279	14.4166	0.75	15	0.8940	14.1370
0.25	16	0.9608	15.6650	0.50	16	0.9233	15.3399	0.75	16	0.8873	15.0243
0.25	17	0.9584	16.6235	0.50	17	0.9187	16.2586	0.75	17	0.8807	15.9050
0.25	18	0.9561	17.5795	0.50	18	0.9141	17.1728	0.75	18	0.8742	16.7792
0.25	19	0.9537	18.5332	0.50	19	0.9096	18.0824	0.75	19	0.8676	17.6468
0.25	20	0.9513	19.4845	0.50	20	0.9051	18.9874	0.75	20	0.8612	18.5080
0.25	21	0.9489	20.4334	0.50	21	0.9006	19.8880	0.75	21	0.8548	19.3628
0.25	22	0.9466	21.3800	0.50	22	0.8961	20.7841	0.75	22	0.8484	20.2112
0.25	23	0.9442	22.3241	0.50	23	0.8916	21.6757	0.75	23	0.8421	21.0533
0.25	24	0.9418	23.2660	0.50	24	0.8872	22.5629	0.75	24	0.8358	21.8891
0.25	25	0.9395	24.2055	0.50	25	0.8828	23.4456	0.75	25	0.8296	22.7188
0.25	26	0.9371	25.1426	0.50	26	0.8784	24.3240	0.75	26	0.8234	23.5422
0.25	27	0.9348	26.0774	0.50	27	0.8740	25.1980	0.75	27	0.8173	24.3595
0.25	28	0.9325	27.0099	0.50	28	0.8697	26.0677	0.75	28	0.8112	25.1707
0.25	29	0.9301	27.9400	0.50	29	0.8653	26.9330	0.75	29	0.8052	25.9759
0.25	30	0.9278	28.8679	0.50	30	0.8610	27.7941	0.75	30	0.7992	26.7751
1.00	1	0.9901	0.9901	1.25	1	0.9877	0.9877	1.50	1	0.9852	0.9852
1.00	2	0.9803	1.9704	1.25	2	0.9755	1.9631	1.50	2	0.9707	1.9559
1.00	3	0.9706	2.9410	1.25	3	0.9634	2.9265	1.50	3	0.9563	2.9122
1.00	4	0.9610	3.9020	1.25	4	0.9515	3.8781	1.50	4	0.9422	3.8544
1.00	5	0.9515	4.8534	1.25	5	0.9398	4.8178	1.50	5	0.9283	4.7826
1.00	6	0.9420	5.7955	1.25	6	0.9282	5.7460	1.50	6	0.9145	5.6972
1.00	7	0.9327	6.7282	1.25	7	0.9167	6.6627	1.50	7	0.9010	6.5982
1.00	8	0.9235	7.6517	1.25	8	0.9054	7.5681	1.50	8	0.8877	7.4859
1.00	9	0.9143	8.5660	1.25	9	0.8942	8.4623	1.50	9	0.8746	8.3605
1.00	10	0.9053	9.4713	1.25	10	0.8832	9.3455	1.50	10	0.8617	9.2222
1.00	11	0.8963	10.3676	1.25	11	0.8723	10.2178	1.50	11	0.8489	10.0711
1.00	12	0.8874	11.2551	1.25	12	0.8615	11.0793	1.50	12	0.8364	10.9075
1.00	13	0.8787	12.1337	1.25	13	0.8509	11.9302	1.50	13	0.8240	11.7315
1.00	14	0.8700	13.0037	1.25	14	0.8404	12.7706	1.50	14	0.8118	12.5434
1.00	15	0.8613	13.8651	1.25	15	0.8300	13.6005	1.50	15	0.7999	13.3432
1.00	16	0.8528	14.7179	1.25	16	0.8197	14.4203	1.50	16	0.7880	14.1313
1.00	17	0.8444	15.5623	1.25	17	0.8096	15.2299	1.50	17	0.7764	14.9076
1.00	18	0.8360	16.3983	1.25	18	0.7996	16.0295	1.50	18	0.7649	15.6726
1.00	19	0.8277	17.2260	1.25	19	0.7898	16.8193	1.50	19	0.7536	16.4262
1.00	20	0.8195	18.0456	1.25	20	0.7800	17.5993	1.50	20	0.7425	17.1686
1.00	21	0.8114	18.8570	1.25	21	0.7704	18.3697	1.50	21	0.7315	17.9001
1.00	22	0.8034	19.6604	1.25	22	0.7609	19.1306	1.50	22	0.7207	18.6208
1.00	23	0.7954	20.4558	1.25	23	0.7515	19.8820	1.50	23	0.7100	19.3309
1.00	24	0.7876	21.2434	1.25	24	0.7422	20.6242	1.50	24	0.6995	20.0304
1.00	25	0.7798	22.0232	1.25	25	0.7330	21.3573	1.50	25	0.6892	20.7196
1.00	26	0.7720	22.7952	1.25	26	0.7240	22.0813	1.50	26	0.6790	21.3986
1.00	27	0.7644	23.5596	1.25	27	0.7150	22.7963	1.50	27	0.6690	22.0676
1.00	28	0.7568	24.3164	1.25	28	0.7062	23.5025	1.50	28	0.6591	22.7267
1.00	29	0.7493	25.0658	1.25	29	0.6975	24.2000	1.50	29	0.6494	23.3761
1.00	30	0.7419	25.8077	1.25	30	0.6889	24.8889	1.50	30	0.6398	24.0158

ตาราง ฉ.2 ข้อมูลดอกเบี้ย (i (%)nterest rate) (ต่อ)

อัตราดอกเบี้ย i (%)	บีที่ N	แฟคเตอร์ P / F	แฟคเตอร์ P / A	อัตราดอกเบี้ย i (%)	บีที่ N	แฟคเตอร์ P / F	แฟคเตอร์ P / A	อัตราดอกเบี้ย i (%)	บีที่ N	แฟคเตอร์ P / F	แฟคเตอร์ P / A
1.75	1	0.9828	0.9828	2.00	1	0.9804	0.9804	2.50	1	0.9756	0.9756
1.75	2	0.9659	1.9487	2.00	2	0.9612	1.9416	2.50	2	0.9518	1.9274
1.75	3	0.9493	2.8980	2.00	3	0.9423	2.8839	2.50	3	0.9286	2.8560
1.75	4	0.9330	3.8309	2.00	4	0.9238	3.8077	2.50	4	0.9060	3.7620
1.75	5	0.9169	4.7479	2.00	5	0.9057	4.7135	2.50	5	0.8839	4.6458
1.75	6	0.9011	5.6490	2.00	6	0.8880	5.6014	2.50	6	0.8623	5.5081
1.75	7	0.8856	6.5346	2.00	7	0.8706	6.4720	2.50	7	0.8413	6.3494
1.75	8	0.8704	7.4051	2.00	8	0.8535	7.3255	2.50	8	0.8207	7.1701
1.75	9	0.8554	8.2605	2.00	9	0.8368	8.1622	2.50	9	0.8007	7.9709
1.75	10	0.8407	9.1012	2.00	10	0.8203	8.9826	2.50	10	0.7812	8.7521
1.75	11	0.8263	9.9275	2.00	11	0.8043	9.7868	2.50	11	0.7621	9.5142
1.75	12	0.8121	10.7395	2.00	12	0.7885	10.5753	2.50	12	0.7436	10.2578
1.75	13	0.7981	11.5376	2.00	13	0.7730	11.3484	2.50	13	0.7254	10.9832
1.75	14	0.7844	12.3220	2.00	14	0.7579	12.1062	2.50	14	0.7077	11.6909
1.75	15	0.7709	13.0929	2.00	15	0.7430	12.8493	2.50	15	0.6905	12.3814
1.75	16	0.7576	13.8505	2.00	16	0.7284	13.5777	2.50	16	0.6736	13.0550
1.75	17	0.7446	14.5951	2.00	17	0.7142	14.2919	2.50	17	0.6572	13.7122
1.75	18	0.7318	15.3269	2.00	18	0.7002	14.9920	2.50	18	0.6412	14.3534
1.75	19	0.7192	16.0461	2.00	19	0.6864	15.6785	2.50	19	0.6255	14.9789
1.75	20	0.7068	16.7529	2.00	20	0.6730	16.3514	2.50	20	0.6103	15.5892
1.75	21	0.6947	17.4475	2.00	21	0.6598	17.0112	2.50	21	0.5954	16.1845
1.75	22	0.6827	18.1303	2.00	22	0.6468	17.6580	2.50	22	0.5809	16.7654
1.75	23	0.6710	18.8012	2.00	23	0.6342	18.2922	2.50	23	0.5667	17.3321
1.75	24	0.6594	19.4607	2.00	24	0.6217	18.9139	2.50	24	0.5529	17.8850
1.75	25	0.6481	20.1088	2.00	25	0.6095	19.5235	2.50	25	0.5394	18.4244
1.75	26	0.6369	20.7457	2.00	26	0.5976	20.1210	2.50	26	0.5262	18.9506
1.75	27	0.6260	21.3717	2.00	27	0.5859	20.7069	2.50	27	0.5134	19.4640
1.75	28	0.6152	21.9870	2.00	28	0.5744	21.2813	2.50	28	0.5009	19.9649
1.75	29	0.6046	22.5916	2.00	29	0.5631	21.8444	2.50	29	0.4887	20.4535
1.75	30	0.5942	23.1858	2.00	30	0.5521	22.3965	2.50	30	0.4767	20.9303
3.00	1	0.9709	0.9709	3.50	1	0.9662	0.9662	4.00	1	0.9615	0.9615
3.00	2	0.9426	1.9135	3.50	2	0.9335	1.8997	4.00	2	0.9246	1.8861
3.00	3	0.9151	2.8286	3.50	3	0.9019	2.8016	4.00	3	0.8890	2.7751
3.00	4	0.8885	3.7171	3.50	4	0.8714	3.6731	4.00	4	0.8548	3.6299
3.00	5	0.8626	4.5797	3.50	5	0.8420	4.5151	4.00	5	0.8219	4.4518
3.00	6	0.8375	5.4172	3.50	6	0.8135	5.3286	4.00	6	0.7903	5.2421
3.00	7	0.8131	6.2303	3.50	7	0.7860	6.1145	4.00	7	0.7599	6.0021
3.00	8	0.7894	7.0197	3.50	8	0.7594	6.8740	4.00	8	0.7307	6.7327
3.00	9	0.7664	7.7861	3.50	9	0.7337	7.6077	4.00	9	0.7026	7.4353
3.00	10	0.7441	8.5302	3.50	10	0.7089	8.3166	4.00	10	0.6756	8.1109
3.00	11	0.7224	9.2526	3.50	11	0.6849	9.0016	4.00	11	0.6496	8.7605
3.00	12	0.7014	9.9540	3.50	12	0.6618	9.6633	4.00	12	0.6246	9.3851
3.00	13	0.6810	10.6350	3.50	13	0.6394	10.3027	4.00	13	0.6006	9.9856
3.00	14	0.6611	11.2961	3.50	14	0.6178	10.9205	4.00	14	0.5775	10.5631
3.00	15	0.6419	11.9379	3.50	15	0.5969	11.5174	4.00	15	0.5553	11.1184
3.00	16	0.6232	12.5611	3.50	16	0.5767	12.0941	4.00	16	0.5339	11.6523
3.00	17	0.6050	13.1661	3.50	17	0.5572	12.6513	4.00	17	0.5134	12.1657
3.00	18	0.5874	13.7535	3.50	18	0.5384	13.1897	4.00	18	0.4936	12.6593
3.00	19	0.5703	14.3238	3.50	19	0.5202	13.7098	4.00	19	0.4746	13.1339
3.00	20	0.5537	14.8775	3.50	20	0.5026	14.2124	4.00	20	0.4564	13.5903
3.00	21	0.5375	15.4150	3.50	21	0.4856	14.6980	4.00	21	0.4388	14.0292
3.00	22	0.5219	15.9369	3.50	22	0.4692	15.1671	4.00	22	0.4220	14.4511
3.00	23	0.5067	16.4436	3.50	23	0.4533	15.6204	4.00	23	0.4057	14.8568
3.00	24	0.4919	16.9355	3.50	24	0.4380	16.0584	4.00	24	0.3901	15.2470
3.00	25	0.4776	17.4131	3.50	25	0.4231	16.4815	4.00	25	0.3751	15.6221
3.00	26	0.4637	17.8768	3.50	26	0.4088	16.8904	4.00	26	0.3607	15.9828
3.00	27	0.4502	18.3270	3.50	27	0.3950	17.2854	4.00	27	0.3468	16.3296
3.00	28	0.4371	18.7641	3.50	28	0.3817	17.6670	4.00	28	0.3335	16.6631
3.00	29	0.4243	19.1885	3.50	29	0.3687	18.0358	4.00	29	0.3207	16.9837
3.00	30	0.4120	19.6004	3.50	30	0.3563	18.3920	4.00	30	0.3083	17.2920

ตาราง ฉ.2 ข้อมูลดอกเบี้ย (i (%)nterest rate) (ต่อ)

อัตราดอกเบี้ย i (%)	บีที่ N	แฟคเตอร์ P / F	แฟคเตอร์ P / A	อัตราดอกเบี้ย i (%)	บีที่ N	แฟคเตอร์ P / F	แฟคเตอร์ P / A	อัตราดอกเบี้ย i (%)	บีที่ N	แฟคเตอร์ P / F	แฟคเตอร์ P / A
4.50	1	0.9569	0.9569	5.00	1	0.9524	0.9524	6.00	1	0.9434	0.9434
4.50	2	0.9157	1.8727	5.00	2	0.9070	1.8594	6.00	2	0.8900	1.8334
4.50	3	0.8763	2.7490	5.00	3	0.8638	2.7232	6.00	3	0.8396	2.6730
4.50	4	0.8386	3.5875	5.00	4	0.8227	3.5460	6.00	4	0.7921	3.4651
4.50	5	0.8025	4.3900	5.00	5	0.7835	4.3295	6.00	5	0.7473	4.2124
4.50	6	0.7679	5.1579	5.00	6	0.7462	5.0757	6.00	6	0.7050	4.9173
4.50	7	0.7348	5.8927	5.00	7	0.7107	5.7864	6.00	7	0.6651	5.5824
4.50	8	0.7032	6.5959	5.00	8	0.6768	6.4632	6.00	8	0.6274	6.2098
4.50	9	0.6729	7.2688	5.00	9	0.6446	7.1078	6.00	9	0.5919	6.8017
4.50	10	0.6439	7.9127	5.00	10	0.6139	7.7217	6.00	10	0.5584	7.3601
4.50	11	0.6162	8.5289	5.00	11	0.5847	8.3064	6.00	11	0.5268	7.8869
4.50	12	0.5897	9.1186	5.00	12	0.5568	8.8633	6.00	12	0.4970	8.3838
4.50	13	0.5643	9.6829	5.00	13	0.5303	9.3936	6.00	13	0.4688	8.8527
4.50	14	0.5400	10.2228	5.00	14	0.5051	9.8986	6.00	14	0.4423	9.2950
4.50	15	0.5167	10.7395	5.00	15	0.4810	10.3797	6.00	15	0.4173	9.7122
4.50	16	0.4945	11.2340	5.00	16	0.4581	10.8378	6.00	16	0.3936	10.1059
4.50	17	0.4732	11.7072	5.00	17	0.4363	11.2741	6.00	17	0.3714	10.4773
4.50	18	0.4528	12.1600	5.00	18	0.4155	11.6896	6.00	18	0.3503	10.8276
4.50	19	0.4333	12.5933	5.00	19	0.3957	12.0853	6.00	19	0.3305	11.1581
4.50	20	0.4146	13.0079	5.00	20	0.3769	12.4622	6.00	20	0.3118	11.4699
4.50	21	0.3968	13.4047	5.00	21	0.3589	12.8212	6.00	21	0.2942	11.7641
4.50	22	0.3797	13.7844	5.00	22	0.3418	13.1630	6.00	22	0.2775	12.0416
4.50	23	0.3634	14.1478	5.00	23	0.3256	13.4886	6.00	23	0.2618	12.3034
4.50	24	0.3477	14.4955	5.00	24	0.3101	13.7986	6.00	24	0.2470	12.5504
4.50	25	0.3327	14.8282	5.00	25	0.2953	14.0939	6.00	25	0.2330	12.7834
4.50	26	0.3184	15.1466	5.00	26	0.2812	14.3752	6.00	26	0.2198	13.0032
4.50	27	0.3047	15.4513	5.00	27	0.2678	14.6430	6.00	27	0.2074	13.2105
4.50	28	0.2916	15.7429	5.00	28	0.2551	14.8981	6.00	28	0.1956	13.4062
4.50	29	0.2790	16.0219	5.00	29	0.2429	15.1411	6.00	29	0.1846	13.5907
4.50	30	0.2670	16.2889	5.00	30	0.2314	15.3725	6.00	30	0.1741	13.7648
7.00	1	0.9346	0.9346	8.00	1	0.9259	0.9259	9.00	1	0.9174	0.9174
7.00	2	0.8734	1.8080	8.00	2	0.8573	1.7833	9.00	2	0.8417	1.7591
7.00	3	0.8163	2.6243	8.00	3	0.7938	2.5771	9.00	3	0.7722	2.5313
7.00	4	0.7629	3.3872	8.00	4	0.7350	3.3121	9.00	4	0.7084	3.2397
7.00	5	0.7130	4.1002	8.00	5	0.6806	3.9927	9.00	5	0.6499	3.8897
7.00	6	0.6663	4.7665	8.00	6	0.6302	4.6229	9.00	6	0.5963	4.4859
7.00	7	0.6227	5.3893	8.00	7	0.5835	5.2064	9.00	7	0.5470	5.0330
7.00	8	0.5820	5.9713	8.00	8	0.5403	5.7466	9.00	8	0.5019	5.5348
7.00	9	0.5439	6.5152	8.00	9	0.5002	6.2469	9.00	9	0.4604	5.9952
7.00	10	0.5083	7.0236	8.00	10	0.4632	6.7101	9.00	10	0.4224	6.4177
7.00	11	0.4751	7.4987	8.00	11	0.4289	7.1390	9.00	11	0.3875	6.8052
7.00	12	0.4440	7.9427	8.00	12	0.3971	7.5361	9.00	12	0.3555	7.1607
7.00	13	0.4150	8.3577	8.00	13	0.3677	7.9038	9.00	13	0.3262	7.4869
7.00	14	0.3878	8.7455	8.00	14	0.3405	8.2442	9.00	14	0.2992	7.7862
7.00	15	0.3624	9.1079	8.00	15	0.3152	8.5595	9.00	15	0.2745	8.0607
7.00	16	0.3387	9.4466	8.00	16	0.2919	8.8514	9.00	16	0.2519	8.3126
7.00	17	0.3166	9.7632	8.00	17	0.2703	9.1216	9.00	17	0.2311	8.5436
7.00	18	0.2959	10.0591	8.00	18	0.2502	9.3719	9.00	18	0.2120	8.7556
7.00	19	0.2765	10.3356	8.00	19	0.2317	9.6036	9.00	19	0.1945	8.9501
7.00	20	0.2584	10.5940	8.00	20	0.2145	9.8181	9.00	20	0.1784	9.1285
7.00	21	0.2415	10.8355	8.00	21	0.1987	10.0168	9.00	21	0.1637	9.2922
7.00	22	0.2257	11.0612	8.00	22	0.1839	10.2007	9.00	22	0.1502	9.4424
7.00	23	0.2109	11.2722	8.00	23	0.1703	10.3711	9.00	23	0.1378	9.5802
7.00	24	0.1971	11.4693	8.00	24	0.1577	10.5288	9.00	24	0.1264	9.7066
7.00	25	0.1842	11.6536	8.00	25	0.1460	10.6748	9.00	25	0.1160	9.8226
7.00	26	0.1722	11.8258	8.00	26	0.1352	10.8100	9.00	26	0.1064	9.9290
7.00	27	0.1609	11.9867	8.00	27	0.1252	10.9352	9.00	27	0.0976	10.0266
7.00	28	0.1504	12.1371	8.00	28	0.1159	11.0511	9.00	28	0.0895	10.1161
7.00	29	0.1406	12.2777	8.00	29	0.1073	11.1584	9.00	29	0.0822	10.1983
7.00	30	0.1314	12.4090	8.00	30	0.0994	11.2578	9.00	30	0.0754	10.2737

ตาราง ฉ.2 ข้อมูลดอกเบี้ย (i (%)nterest rate) (ต่อ)

อัตราดอกเบี้ย i (%)	บีที่ N	แฟคเตอร์ P / F	แฟคเตอร์ P / A	อัตราดอกเบี้ย i (%)	บีที่ N	แฟคเตอร์ P / F	แฟคเตอร์ P / A	อัตราดอกเบี้ย i (%)	บีที่ N	แฟคเตอร์ P / F	แฟคเตอร์ P / A
10.00	1	0.9091	0.9091	11.00	1	0.9009	0.9009	12.00	1	0.8929	0.8929
10.00	2	0.8264	1.7355	11.00	2	0.8116	1.7125	12.00	2	0.7972	1.6901
10.00	3	0.7513	2.4869	11.00	3	0.7312	2.4437	12.00	3	0.7118	2.4018
10.00	4	0.6830	3.1699	11.00	4	0.6587	3.1024	12.00	4	0.6355	3.0373
10.00	5	0.6209	3.7908	11.00	5	0.5935	3.6959	12.00	5	0.5674	3.6048
10.00	6	0.5645	4.3553	11.00	6	0.5346	4.2305	12.00	6	0.5066	4.1114
10.00	7	0.5132	4.8684	11.00	7	0.4817	4.7122	12.00	7	0.4523	4.5638
10.00	8	0.4665	5.3349	11.00	8	0.4339	5.1461	12.00	8	0.4039	4.9676
10.00	9	0.4241	5.7590	11.00	9	0.3909	5.5370	12.00	9	0.3606	5.3282
10.00	10	0.3855	6.1446	11.00	10	0.3522	5.8892	12.00	10	0.3220	5.6502
10.00	11	0.3505	6.4951	11.00	11	0.3173	6.2065	12.00	11	0.2875	5.9377
10.00	12	0.3186	6.8137	11.00	12	0.2858	6.4924	12.00	12	0.2567	6.1944
10.00	13	0.2897	7.1034	11.00	13	0.2575	6.7499	12.00	13	0.2292	6.4235
10.00	14	0.2633	7.3667	11.00	14	0.2320	6.9819	12.00	14	0.2046	6.6282
10.00	15	0.2394	7.6061	11.00	15	0.2090	7.1909	12.00	15	0.1827	6.8109
10.00	16	0.2176	7.8237	11.00	16	0.1883	7.3792	12.00	16	0.1631	6.9740
10.00	17	0.1978	8.0216	11.00	17	0.1696	7.5488	12.00	17	0.1456	7.1196
10.00	18	0.1799	8.2014	11.00	18	0.1528	7.7016	12.00	18	0.1300	7.2497
10.00	19	0.1635	8.3649	11.00	19	0.1377	7.8393	12.00	19	0.1161	7.3658
10.00	20	0.1486	8.5136	11.00	20	0.1240	7.9633	12.00	20	0.1037	7.4694
10.00	21	0.1351	8.6487	11.00	21	0.1117	8.0751	12.00	21	0.0926	7.5620
10.00	22	0.1228	8.7715	11.00	22	0.1007	8.1757	12.00	22	0.0826	7.6446
10.00	23	0.1117	8.8832	11.00	23	0.0907	8.2664	12.00	23	0.0738	7.7184
10.00	24	0.1015	8.9847	11.00	24	0.0817	8.3481	12.00	24	0.0659	7.7843
10.00	25	0.0923	9.0770	11.00	25	0.0736	8.4217	12.00	25	0.0588	7.8431
10.00	26	0.0839	9.1609	11.00	26	0.0663	8.4881	12.00	26	0.0525	7.8957
10.00	27	0.0763	9.2372	11.00	27	0.0597	8.5478	12.00	27	0.0469	7.9426
10.00	28	0.0693	9.3066	11.00	28	0.0538	8.6016	12.00	28	0.0419	7.9844
10.00	29	0.0630	9.3696	11.00	29	0.0485	8.6501	12.00	29	0.0374	8.0218
10.00	30	0.0573	9.4269	11.00	30	0.0437	8.6938	12.00	30	0.0334	8.0552
13.00	1	0.8850	0.8850	14.00	1	0.8772	0.8772	15.00	1	0.8696	0.8696
13.00	2	0.7831	1.6681	14.00	2	0.7695	1.6467	15.00	2	0.7561	1.6257
13.00	3	0.6931	2.3612	14.00	3	0.6750	2.3216	15.00	3	0.6575	2.2832
13.00	4	0.6133	2.9745	14.00	4	0.5921	2.9137	15.00	4	0.5718	2.8550
13.00	5	0.5428	3.5172	14.00	5	0.5194	3.4331	15.00	5	0.4972	3.3522
13.00	6	0.4803	3.9975	14.00	6	0.4556	3.8887	15.00	6	0.4323	3.7845
13.00	7	0.4251	4.4226	14.00	7	0.3996	4.2883	15.00	7	0.3759	4.1604
13.00	8	0.3762	4.7988	14.00	8	0.3506	4.6389	15.00	8	0.3269	4.4873
13.00	9	0.3329	5.1317	14.00	9	0.3075	4.9464	15.00	9	0.2843	4.7716
13.00	10	0.2946	5.4262	14.00	10	0.2697	5.2161	15.00	10	0.2472	5.0188
13.00	11	0.2607	5.6869	14.00	11	0.2366	5.4527	15.00	11	0.2149	5.2337
13.00	12	0.2307	5.9176	14.00	12	0.2076	5.6603	15.00	12	0.1869	5.4206
13.00	13	0.2042	6.1218	14.00	13	0.1821	5.8424	15.00	13	0.1625	5.5831
13.00	14	0.1807	6.3025	14.00	14	0.1597	6.0021	15.00	14	0.1413	5.7245
13.00	15	0.1599	6.4624	14.00	15	0.1401	6.1422	15.00	15	0.1229	5.8474
13.00	16	0.1415	6.6039	14.00	16	0.1229	6.2651	15.00	16	0.1069	5.9542
13.00	17	0.1252	6.7291	14.00	17	0.1078	6.3729	15.00	17	0.0929	6.0472
13.00	18	0.1108	6.8399	14.00	18	0.0946	6.4674	15.00	18	0.0808	6.1280
13.00	19	0.0981	6.9380	14.00	19	0.0829	6.5504	15.00	19	0.0703	6.1982
13.00	20	0.0868	7.0248	14.00	20	0.0728	6.6231	15.00	20	0.0611	6.2593
13.00	21	0.0768	7.1016	14.00	21	0.0638	6.6870	15.00	21	0.0531	6.3125
13.00	22	0.0680	7.1695	14.00	22	0.0560	6.7429	15.00	22	0.0462	6.3587
13.00	23	0.0601	7.2297	14.00	23	0.0491	6.7921	15.00	23	0.0402	6.3988
13.00	24	0.0532	7.2829	14.00	24	0.0431	6.8351	15.00	24	0.0349	6.4338
13.00	25	0.0471	7.3300	14.00	25	0.0378	6.8729	15.00	25	0.0304	6.4641
13.00	26	0.0417	7.3717	14.00	26	0.0331	6.9061	15.00	26	0.0264	6.4906
13.00	27	0.0369	7.4086	14.00	27	0.0291	6.9352	15.00	27	0.0230	6.5135
13.00	28	0.0326	7.4412	14.00	28	0.0255	6.9607	15.00	28	0.0200	6.5335
13.00	29	0.0289	7.4701	14.00	29	0.0224	6.9830	15.00	29	0.0174	6.5509
13.00	30	0.0256	7.4957	14.00	30	0.0196	7.0027	15.00	30	0.0151	6.5660

ตาราง ฉ.2 ข้อมูลดอกเบี้ย (i (%)nterest rate) (ต่อ)

อัตราดอกเบี้ย	บีที่	แฟคเตอร์	
i (%)	N	P / F	P / A
16.00	1	0.8621	0.8621
16.00	2	0.7432	1.6052
16.00	3	0.6407	2.2459
16.00	4	0.5523	2.7982
16.00	5	0.4761	3.2743
16.00	6	0.4104	3.6847
16.00	7	0.3538	4.0386
16.00	8	0.3050	4.3436
16.00	9	0.2630	4.6065
16.00	10	0.2267	4.8332
16.00	11	0.1954	5.0286
16.00	12	0.1685	5.1971
16.00	13	0.1452	5.3423
16.00	14	0.1252	5.4675
16.00	15	0.1079	5.5755
16.00	16	0.0930	5.6685
16.00	17	0.0802	5.7487
16.00	18	0.0691	5.8178
16.00	19	0.0596	5.8775
16.00	20	0.0514	5.9288
16.00	21	0.0443	5.9731
16.00	22	0.0382	6.0113
16.00	23	0.0329	6.0442
16.00	24	0.0284	6.0726
16.00	25	0.0245	6.0971
16.00	26	0.0211	6.1182
16.00	27	0.0182	6.1364
16.00	28	0.0157	6.1520
16.00	29	0.0135	6.1656
16.00	30	0.0116	6.1772
25.00	1	0.8000	0.8000
25.00	2	0.6400	1.4400
25.00	3	0.5120	1.9520
25.00	4	0.4096	2.3616
25.00	5	0.3277	2.6893
25.00	6	0.2621	2.9514
25.00	7	0.2097	3.1611
25.00	8	0.1678	3.3289
25.00	9	0.1342	3.4631
25.00	10	0.1074	3.5705
25.00	11	0.0859	3.6564
25.00	12	0.0687	3.7251
25.00	13	0.0550	3.7801
25.00	14	0.0440	3.8241
25.00	15	0.0352	3.8593
25.00	16	0.0281	3.8874
25.00	17	0.0225	3.9099
25.00	18	0.0180	3.9279
25.00	19	0.0144	3.9424
25.00	20	0.0115	3.9539
25.00	21	0.0092	3.9631
25.00	22	0.0074	3.9705
25.00	23	0.0059	3.9764
25.00	24	0.0047	3.9811
25.00	25	0.0038	3.9849
25.00	26	0.0030	3.9879
25.00	27	0.0024	3.9903
25.00	28	0.0019	3.9923
25.00	29	0.0015	3.9938
25.00	30	0.0012	3.9950

อัตราดอกเบี้ย	บีที่	แฟคเตอร์	
i (%)	N	P / F	P / A
18.00	1	0.8475	0.8475
18.00	2	0.7182	1.5656
18.00	3	0.6086	2.1743
18.00	4	0.5158	2.6901
18.00	5	0.4371	3.1272
18.00	6	0.3704	3.4976
18.00	7	0.3139	3.8115
18.00	8	0.2660	4.0776
18.00	9	0.2255	4.3030
18.00	10	0.1911	4.4941
18.00	11	0.1619	4.6560
18.00	12	0.1372	4.7932
18.00	13	0.1163	4.9095
18.00	14	0.0985	5.0081
18.00	15	0.0835	5.0916
18.00	16	0.0708	5.1624
18.00	17	0.0600	5.2223
18.00	18	0.0508	5.2732
18.00	19	0.0431	5.3162
18.00	20	0.0365	5.3527
18.00	21	0.0309	5.3837
18.00	22	0.0262	5.4099
18.00	23	0.0222	5.4321
18.00	24	0.0188	5.4509
18.00	25	0.0160	5.4669
18.00	26	0.0135	5.4804
18.00	27	0.0115	5.4919
18.00	28	0.0097	5.5016
18.00	29	0.0082	5.5098
18.00	30	0.0070	5.5168
30.00	1	0.7692	0.7692
30.00	2	0.5917	1.3609
30.00	3	0.4552	1.8161
30.00	4	0.3501	2.1662
30.00	5	0.2693	2.4356
30.00	6	0.2072	2.6427
30.00	7	0.1594	2.8021
30.00	8	0.1226	2.9247
30.00	9	0.0943	3.0190
30.00	10	0.0725	3.0915
30.00	11	0.0558	3.1473
30.00	12	0.0429	3.1903
30.00	13	0.0330	3.2233
30.00	14	0.0254	3.2487
30.00	15	0.0195	3.2682
30.00	16	0.0150	3.2832
30.00	17	0.0116	3.2948
30.00	18	0.0089	3.3037
30.00	19	0.0068	3.3105
30.00	20	0.0053	3.3158
30.00	21	0.0040	3.3198
30.00	22	0.0031	3.3230
30.00	23	0.0024	3.3254
30.00	24	0.0018	3.3272
30.00	25	0.0014	3.3286
30.00	26	0.0011	3.3297
30.00	27	0.0008	3.3305
30.00	28	0.0006	3.3312
30.00	29	0.0005	3.3317
30.00	30	0.0004	3.3321

อัตราดอกเบี้ย	บีที่	แฟคเตอร์	
i (%)	N	P / F	P / A
20.00	1	0.8333	0.8333
20.00	2	0.6944	1.5278
20.00	3	0.5787	2.1065
20.00	4	0.4823	2.5887
20.00	5	0.4019	2.9906
20.00	6	0.3349	3.3255
20.00	7	0.2791	3.6046
20.00	8	0.2326	3.8372
20.00	9	0.1938	4.0310
20.00	10	0.1615	4.1925
20.00	11	0.1346	4.3271
20.00	12	0.1122	4.4392
20.00	13	0.0935	4.5327
20.00	14	0.0779	4.6106
20.00	15	0.0649	4.6755
20.00	16	0.0541	4.7296
20.00	17	0.0451	4.7746
20.00	18	0.0376	4.8122
20.00	19	0.0313	4.8435
20.00	20	0.0261	4.8696
20.00	21	0.0217	4.8913
20.00	22	0.0181	4.9094
20.00	23	0.0151	4.9245
20.00	24	0.0126	4.9371
20.00	25	0.0105	4.9476
20.00	26	0.0087	4.9563
20.00	27	0.0073	4.9636
20.00	28	0.0061	4.9697
20.00	29	0.0051	4.9747
20.00	30	0.0042	4.9789
35.00	1	0.7407	0.7407
35.00	2	0.5487	1.2894
35.00	3	0.4064	1.6959
35.00	4	0.3011	1.9969
35.00	5	0.2230	2.2200
35.00	6	0.1652	2.3852
35.00	7	0.1224	2.5075
35.00	8	0.0906	2.5982
35.00	9	0.0671	2.6653
35.00	10	0.0497	2.7150
35.00	11	0.0368	2.7519
35.00	12	0.0273	2.7792
35.00	13	0.0202	2.7994
35.00	14	0.0150	2.8144
35.00	15	0.0111	2.8255
35.00	16	0.0082	2.8337
35.00	17	0.0061	2.8398
35.00	18	0.0045	2.8443
35.00	19	0.0033	2.8476
35.00	20	0.0025	2.8501
35.00	21	0.0018	2.8519
35.00	22	0.0014	2.8533
35.00	23	0.0010	2.8543
35.00	24	0.0007	2.8550
35.00	25	0.0006	2.8556
35.00	26	0.0004	2.8560
35.00	27	0.0003	2.8563
35.00	28	0.0002	2.8565
35.00	29	0.0002	2.8567
35.00	30	0.0001	2.8568

ตาราง ฉ.2 ข้อมูลดอกเบี้ย (i (%)nterest rate) (ต่อ)

อัตราดอกเบี้ย i (%)	บีที่ N	แฟคเตอร์ P / F	แฟคเตอร์ P / A	อัตราดอกเบี้ย i (%)	บีที่ N	แฟคเตอร์ P / F	แฟคเตอร์ P / A
40.00	1	0.7143	0.7143	45.00	1	0.6897	0.6897
40.00	2	0.5102	1.2245	45.00	2	0.4756	1.1653
40.00	3	0.3644	1.5889	45.00	3	0.3280	1.4933
40.00	4	0.2603	1.8492	45.00	4	0.2262	1.7195
40.00	5	0.1859	2.0352	45.00	5	0.1560	1.8755
40.00	6	0.1328	2.1680	45.00	6	0.1076	1.9831
40.00	7	0.0949	2.2628	45.00	7	0.0742	2.0573
40.00	8	0.0678	2.3306	45.00	8	0.0512	2.1085
40.00	9	0.0484	2.3790	45.00	9	0.0353	2.1438
40.00	10	0.0346	2.4136	45.00	10	0.0243	2.1681
40.00	11	0.0247	2.4383	45.00	11	0.0168	2.1849
40.00	12	0.0176	2.4559	45.00	12	0.0116	2.1965
40.00	13	0.0126	2.4685	45.00	13	0.0080	2.2045
40.00	14	0.0090	2.4775	45.00	14	0.0055	2.2100
40.00	15	0.0064	2.4839	45.00	15	0.0038	2.2138
40.00	16	0.0046	2.4885	45.00	16	0.0026	2.2164
40.00	17	0.0033	2.4918	45.00	17	0.0018	2.2182
40.00	18	0.0023	2.4941	45.00	18	0.0012	2.2195
40.00	19	0.0017	2.4958	45.00	19	0.0009	2.2203
40.00	20	0.0012	2.4970	45.00	20	0.0006	2.2209
40.00	21	0.0009	2.4979	45.00	21	0.0004	2.2213
40.00	22	0.0006	2.4985	45.00	22	0.0003	2.2216
40.00	23	0.0004	2.4989	45.00	23	0.0002	2.2218
40.00	24	0.0003	2.4992	45.00	24	0.0001	2.2219
40.00	25	0.0002	2.4994	45.00	25	0.0001	2.2220
40.00	26	0.0002	2.4996	45.00	26	0.0001	2.2221
40.00	27	0.0001	2.4997	45.00	27	0.0000	2.2221
40.00	28	0.0001	2.4998	45.00	28	0.0000	2.2222
40.00	29	0.0001	2.4999	45.00	29	0.0000	2.2222
40.00	30	0.0000	2.4999	45.00	30	0.0000	2.2222
50.00	1	0.6667	0.6667	60.00	1	0.6250	0.6250
50.00	2	0.4444	1.1111	60.00	2	0.3906	1.0156
50.00	3	0.2963	1.4074	60.00	3	0.2441	1.2598
50.00	4	0.1975	1.6049	60.00	4	0.1526	1.4124
50.00	5	0.1317	1.7366	60.00	5	0.0954	1.5077
50.00	6	0.0878	1.8244	60.00	6	0.0596	1.5673
50.00	7	0.0585	1.8829	60.00	7	0.0373	1.6046
50.00	8	0.0390	1.9220	60.00	8	0.0233	1.6279
50.00	9	0.0260	1.9480	60.00	9	0.0146	1.6424
50.00	10	0.0173	1.9653	60.00	10	0.0091	1.6515
50.00	11	0.0116	1.9769	60.00	11	0.0057	1.6572
50.00	12	0.0077	1.9846	60.00	12	0.0036	1.6607
50.00	13	0.0051	1.9897	60.00	13	0.0022	1.6630
50.00	14	0.0034	1.9931	60.00	14	0.0014	1.6644
50.00	15	0.0023	1.9954	60.00	15	0.0009	1.6652
50.00	16	0.0015	1.9970	60.00	16	0.0005	1.6658
50.00	17	0.0010	1.9980	60.00	17	0.0003	1.6661
50.00	18	0.0007	1.9986	60.00	18	0.0002	1.6663
50.00	19	0.0005	1.9991	60.00	19	0.0001	1.6664
50.00	20	0.0003	1.9994	60.00	20	0.0001	1.6665
50.00	21	0.0002	1.9996	60.00	21	0.0001	1.6666
50.00	22	0.0001	1.9997	60.00	22	0.0000	1.6666
50.00	23	0.0001	1.9998	60.00	23	0.0000	1.6666
50.00	24	0.0001	1.9999	60.00	24	0.0000	1.6666
50.00	25	0.0000	1.9999	60.00	25	0.0000	1.6667
50.00	26	0.0000	1.9999	60.00	26	0.0000	1.6667
50.00	27	0.0000	2.0000	60.00	27	0.0000	1.6667
50.00	28	0.0000	2.0000	60.00	28	0.0000	1.6667
50.00	29	0.0000	2.0000	60.00	29	0.0000	1.6667
50.00	30	0.0000	2.0000	60.00	30	0.0000	1.6667

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอุษา แพนพันธ์อ้วน เกิดเมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2514 ที่จังหวัดสุพรรณบุรี สำเร็จการศึกษา ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2536 และเข้าศึกษาในระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2541

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย