

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม
เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่

SUPPLEMENTARY COMPUTER-ASSISTED INSTRUCTION
ON AIR CONDITIONING AND VENTILATION

ปิทิพัฒน์ บุญยสิทธิ์วิกุล

PITIPHAT BUNYASITWIKUL

จัดทำขึ้นเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

KMITL-2007-ED-M-231-049

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม
เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่

SUPPLEMENTARY COMPUTER-ASSISTED INSTRUCTION
ON AIR CONDITIONING AND VENTILATION



ปิติพัฒน์ บุญยสิทธิ์วิกุล

PITIPHAT BUNYASITWIKUL

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 76738
วัน,เดือน,ปี..... - 6 S.A. 2550

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

KMITL-2007-ED-M-231- 049

**SUPPLEMENTARY COMPUTER-ASSISTED INSTRUCTION
ON AIR CONDITIONER AND VENTILATION**

PITIPHAT BUNYASITWIKUL

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION
IN ELECTRICAL COMMUNICATIONS ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATION STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2007

KMITL-2007-ED-M-231- 049

COPYRIGHT 2007

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศ สำหรับอาคาร
ขนาดใหญ่
Supplementary Computer-Assisted Instruction on Air Conditioning
and Ventilation

ชื่อนักศึกษา นายปิติพัฒน์ บุญยสิทธิ์วิกุล

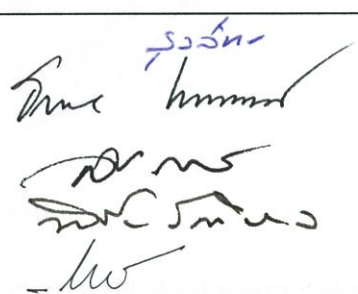
รหัสประจำตัว 47065453

ปริญญา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.สุรสิทธิ์	ราตรี	
ผศ.ดร.ธีระพล	เทพหัสดิน ณ อยุธยา	
ดร.สมชาย	หมั่นสายญาติ	
รศ.ว่าที่ ร.ท.พิชัย	สดภิบาล	
รศ.วรรณ	อาจอุทธิ	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 26 กันยายน 2550 เวลา 17.00 น. เป็นต้นไป
สถานที่สอบ ณ ห้องสมาคมศิษย์เก่าบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม


บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว
(รศ.ดร.จารุวัตร เจริญสุข)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

หัวข้อวิทยานิพนธ์	บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบ ปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่
นักศึกษา	นายปิติพัฒน์ บุญยสิทธิ์วิกุล
รหัสประจำตัว	47065453
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
พ.ศ.	2550
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ สร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม วิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ โดยตั้งสมมติฐานไว้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมที่สร้าง ในด้านเนื้อหาและด้านสื่อมีคุณภาพอยู่ในระดับ 3.50 ขึ้นไป และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 แผนกวิชาช่างไฟฟ้า โรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออก(อี.เทค)ที่กำลังเรียนวิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ จำนวน 45 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ เนื้อหาประกอบด้วย ซิลเลอร์วอเตอร์และคลุ่ลิ่งวอเตอร์ซึ่งคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในเกณฑ์ดีมาก (มีค่าเฉลี่ยรวม 4.63 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56) คุณภาพด้านสื่ออยู่ในเกณฑ์ดี (มีค่าเฉลี่ยรวม 4.24 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.42) และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเฉลี่ย 82.15/85.51

ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 สามารถใช้เป็นสื่อการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

Thesis Title	Supplementary Computer-Assisted Instruction on Air Conditioner and Ventilation
Student	Mr. Pitiphat Bunyasitwikul
Student ID.	47065453
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electrical Communications Engineering
Year	2007
Thesis Advisor	Assist. Prof. Dr.Threraphon Thaphasadid Na Ayuthya
Thesis Co-Advisor	Dr. Somchai Maunsaiyat

ABSTRACT

The purposes of this study were to develop the Supplementary Computer-Assisted Instruction covering the Air Conditioning and Ventilation sections in the Refrigeration and Air Conditioning course and to evaluate its efficiency in a vocational school setting. The overall objective of the Supplementary Computer-Assisted Instruction study was to attain its standard of content and media production which were not less than 3.5 in a range of 0-5 with an efficiency level of 80/80.

The subjects participating in this study were 45 third - year technical students majoring in Electrical Power and enrolled in the Refrigeration and Air Conditioning course in the Vocational Certificate at Eastern College of Technology (E.TECH), Chonburi province.

The instrument used in this study was the Supplementary Computer-Assisted Instruction for Air Conditioning and Ventilation comprising of the chiller water and cooling water.

After implementation of the Supplementary Computer-Assisted Instruction on the Air Conditioning and Ventilation , it was found that the outcomes correlated positively to the anticipated levels of 3.5 and 80/80 respectively.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำข้อเสนอแนะให้กำลังใจ ช่วยตรวจวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่าง สมบูรณ์ ผู้วิจัยซาบซึ้งในความเมตตากรุณาของท่านอาจารย์ทั้งสอง ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. สุรสิทธิ์ ราตรี ประธานคณะกรรมการและคณะกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ทุกท่าน คณาจารย์คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ ประสาทความรู้ คุณธรรม จริยธรรม ตลอดจนให้ข้อคิดต่างๆ อันก่อให้เกิดประโยชน์ใน การศึกษา และเป็นแนวทางในการจัดทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายที่ได้ กำหนดไว้

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิดังรายนามต่อไปนี้ อาจารย์ทรงชัย จันทร์ประเสริฐ อาจารย์ รุ่งพงศ์ ฉลาณวัฒน์ อาจารย์โกสิน สวานานนท์ อาจารย์ยุทธนา สุวรรณลักษณ์ อาจารย์สุค เขต หนุรอด คุณชัยยุทธ์ จงศิริ ที่ได้กรุณาสละเวลาในการประเมินคุณภาพเนื้อหาและสื่อของ บทเรียนและได้ให้ข้อเสนอแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ใน การวิจัยให้มีคุณภาพ

ขอขอบคุณอาจารย์สันติ บุญนาค อาจารย์ประพาส ไพโรเหลียงดี และบุคคลที่ผู้วิจัยไม่ได้ กล่าวถึงไว้ในที่นี้ ที่ให้การสนับสนุนตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ จนผลงานวิจัยสำเร็จ ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณแม่หงษ์ สุวิจารณ์ ผู้ที่เป็นที่เคารพอย่างสูงของข้าพเจ้า นางรัตตินันท์ บุญยสิทธิ์วิกุล ภรรยา และนางสาวภัทรานิษฐ์ บุญยสิทธิ์วิกุล ลูกสาว ที่เป็นกำลังใจให้ความ สนับสนุนอย่างดีที่สุดเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่เป็นผลจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอบอบแต่ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ ทุกคน ครู-อาจารย์ ทุกท่าน ด้วยความเคารพอย่างสูง

นาบปีติพัฒน์ บุญยสิทธิ์วิกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานในการวิจัย	2
1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.6 คำนิยามคำศัพท์เฉพาะ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 หลักสูตรวิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ	6
2.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	8
2.3 เนื้อหาระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่	38
2.4 การหาคุณภาพและประสิทธิภาพ	50
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	53
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	57
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	57
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	57
3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	58
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล	63
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย	64

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	67
4.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่	67
4.2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่	70
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	74
5.1 สรุปผลการวิจัย	74
5.2 อภิปรายผล	75
5.3 ข้อเสนอแนะ	76
บรรณานุกรม	78
ภาคผนวก	81
ภาคผนวก ก หนังสือราชการ	82
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา	91
- ลักษณะรายวิชา	92
- แผนการสอน	94
ภาคผนวก ค รูปแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	97
- รูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	98
- แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา	104
- แบบประเมินคุณภาพด้านสื่อคอมพิวเตอร์	105
- แบบทดสอบ	109
- แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน	119
- คู่มือการใช้งาน	121
ประวัติผู้เขียน	125

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แผนการสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่	7
2.2 ตารางแสดงค่าดัชนี ODP และ GWP ของสารทำความเย็น	10
2.3 ตารางแสดงปริมาณน้ำมันของเกียร์	32
2.4 การตรวจสอบ Cooling Tower	33
2.5 ตารางตรวจสอบสาเหตุและการแก้ไขข้อขัดข้อง	34
4.1 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความคิดเห็นของ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา	67
4.2 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความคิดเห็นของ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อ	68
4.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง เครื่องปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่	70
4.4 ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง เครื่องปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่	73
ข-1 การแบ่งหน่วยการเรียนรู้	93
ข-2 แผนการสอน	94
ข-3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างระบบปรับอากาศ แบบ Split Type กับ Water Chiller ในมุมมองการใช้งานของสถาปนิก	96

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 เครื่องทำน้ำเย็น แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ	11
2.2 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ	12
2.3 เครื่องทำน้ำเย็นและเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน	12
2.4 แสดงคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ	13
2.5 แสดงชุดคอมเพรสเซอร์แบบโรตารี	14
2.6 คอมเพรสเซอร์แบบสกูโรครด	15
2.7 คอมเพรสเซอร์แบบสกู	15
2.8 แสดงคอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่ง	16
2.9 โครงสร้างส่วนประกอบเครื่องทำความเย็นแบบหอยโข่ง	19
2.10 เครื่องควบคุมเครื่องทำความเย็น	21
2.11 Spring Vibration Isolator	21
2.12 หอระบายความร้อน	24
2.13 ปล่องระบายลมร้อนของหอระบายความร้อน	25
2.14 หอระบายความร้อนระหว่างการติดตั้ง	25
2.15 ก. แบบที่มีรูปเป็นถึงวงกลม	26
2.15 ข. แบบที่มีรูปเป็นทรงสี่เหลี่ยม	26
2.16 พัดลมของหอระบายความร้อน	26
2.17 ก. กูลิ่งทาวเวอร์	27
2.17 ข. ส่วนประกอบของกูลิ่งทาวเวอร์	27
3.1 แสดงขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม	60
ค-1 หน้าหลักของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	98
ค-2 หน้าเมนูบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องประเภทของระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่	98
ค-3 หน้าเมนูของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องชนิดของคอมเพรสเซอร์	99
ค-4 หน้าเมนูของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องขอบเขตและหลักการการทำงานของซิลเลอร์	99
ค-5 หน้าเมนูของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องส่วนสำคัญต่างๆ	100
ค-6 หน้าเมนูของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องหลักการการทำงานของซิลเลอร์	100

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ค-7 หน้าเมนูของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องเครื่องควบคุมการทำงาน	101
ค-8 หน้าเมนูของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องข้อขัดข้อง สาเหตุและ วิธีแก้ไข	101
ค-9 หน้าเมนูของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องศัพท์วิทยาการ	102
ค-10 หน้าเมนูของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องส่วนประกอบของซิลเลอร์	102
ค-11 หน้าเมนูหลักของแบบทดสอบ	103
ค-12 หน้าเมนูเลือกการแสดงข้อสอบ	103

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเรียนการสอนวิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ รหัสรายวิชา 2104-2117 พุทธศักราช 2545 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กระทรวงศึกษาธิการ สาขา งานไฟฟ้ากำลัง นักเรียนจะต้องใช้เวลาในการเรียนรู้ทั้งทฤษฎีและปฏิบัติรวมกันทั้งหมด 6 คาบ/สัปดาห์ โดยแบ่งการเรียนทฤษฎี 1 คาบและปฏิบัติ 5 คาบ ตลอดภาคการศึกษาเรียนทั้งหมด 20 สัปดาห์ หลักสูตรวิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ เนื้อหารายวิชากำหนดให้ศึกษาและปฏิบัติ เรื่องเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ ถ้าศึกษาหลักสูตรวิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ ก็ จะเห็นว่าเนื้อหาของหลักสูตรไม่สอดคล้องกับการเจริญทางด้านอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจของ ประเทศ ผู้วิจัยพบว่าสถานประกอบการขนาดใหญ่ใช้ระบบปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่มี ประสิทธิภาพสูงและประหยัดพลังงาน และต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญตรวจสอบและดูแลทุกวัน ผู้วิจัยศึกษาคูราวละเอียดหลักสูตรพบว่าหลักสูตรไม่ได้กล่าวถึงระบบปรับอากาศสำหรับอาคาร ขนาดใหญ่ซึ่งมีการใช้มากในโรงงานอุตสาหกรรม สถานประกอบการ ห้างสรรพสินค้า โรงภาพยนตร์ โรงแรม โรงพยาบาล

ปัจจุบันการศึกษาเป็นกระบวนการที่ช่วยให้คนได้พัฒนาตนเองในด้านต่างๆ การพัฒนา ศักยภาพของคนจะต้องนำหน้าการพัฒนาประเทศ เพื่อให้การศึกษาเป็นตัวนำการพัฒนาประเทศ ด้านต่างๆ จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการศึกษา และบูรณาการตามความเหมาะสม เพื่อให้มีคุณภาพที่ทำให้ผู้สำเร็จการศึกษาสามารถไปพัฒนาประเทศ ผู้วิจัยจึงศึกษาวิธีการที่จำทำให้ นักเรียนสามารถเรียนรู้เพิ่มเติมโดยไม่กระทบกับการเรียนในรายวิชาหลัก และใช้เวลาว่างให้เป็น ประโยชน์ หรืออาจารย์ที่ปรึกษานำไปใช้เสริมความรู้ให้กับนักเรียนในคาบโฮมรูมทำให้นักเรียนมี ความรู้และในทางตรงทำให้นักเรียนมีความใกล้ชิดกับอาจารย์ ตลอดจนผู้ที่มีความสนใจหรือ หน่วยงานที่มีความสนใจก็สามารถนำไปศึกษาได้ด้วยตัวเอง แนวคิดการปฏิรูปการศึกษาที่การ เรียนรู้ไม่จำกัดอยู่เฉพาะในห้องเรียนและอาจารย์ การเรียนการสอนแบบเดิมก็จะลดน้อยลง ความสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนก็จะเปลี่ยนแปลงไปเกิดการเรียนรู้รูปแบบใหม่ จึงจะพูดได้ว่าการ พัฒนาศักยภาพของคนจะต้องนำหน้าการพัฒนาประเทศ

จากความสำคัญของการเรียนการสอนประเภททเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้เข้ามา มีบทบาทอย่างมากในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้วิจัยต้องการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนเสริม วิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ ในเรื่องเกี่ยวกับระบบปรับอากาศสำหรับ

อาคารขนาดใหญ่ เพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาที่ตรงกับความต้องการของสถานประกอบการ ให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนได้ตลอดเวลา และสามารถจะแสดงหรือกระทำซ้ำได้หลายๆ ครั้ง สามารถแสดงส่วนที่ต้องการนั้นได้โดยใช้เทคนิคการถ่ายวิดีโอ โดยเฉพาะในขั้นตอนการล้างระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ให้นักเรียนได้เห็น ซึ่งไม่สามารถศึกษาได้เองในห้องเรียนแต่บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมทำได้ และเป็นการจัดการศึกษาที่เน้นที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้

การพัฒนาการเรียนรู้อินเทอร์เน็ตใช้กระบวนการสอนที่เป็นการถ่ายทอดความรู้จากครูแต่ฝ่ายเดียว แต่เป็นการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลายและเกิดได้ตลอดเวลา ทุกสถานที่ ในสังคมยุคปัจจุบัน มีความจำเป็นที่ต้องแสวงหาความรู้ตลอดเวลา ซึ่งเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาการศึกษาอย่างมาก ทำให้การพัฒนาประสิทธิภาพการเรียนการสอนต้องมีการพัฒนาตาม ซึ่งอาจารย์ก็มีส่วนสำคัญในการที่จะพัฒนาสื่อการสอนให้ทันต่อยุคสมัย ตลอดจนมีหน้าที่ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิด และสามารถแสดงศักยภาพความสามารถในการเรียนออกมา การสร้างสื่อการสอนที่ดีจะเป็นการพัฒนาศักยภาพทั้งผู้สอนและผู้เรียน

สำหรับเนื้อหาที่ผู้วิจัยได้นำมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมนั้น ผู้วิจัยเลือกระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่มีขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องสูงกว่า 5 ตันความเย็น หรือ 60.000 บีทียูต่อชั่วโมงขึ้นไป ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน เพราะประหยัดพลังงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ที่มีคุณภาพ
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่

1.3 สมมติฐานในการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมที่สร้างขึ้น เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ในด้านเนื้อหาและด้านสื่อคอมพิวเตอร์มีคุณภาพอยู่ในระดับ 3.50 ขึ้นไป จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ
2. ประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมเรื่องระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ที่สร้างสามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 (E1/E2)

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมเรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ผู้วิจัยได้นำกระบวนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของไพโรจน์ ตรีรัตนากุล ไพบุลย์ เกียรติโกมล (2541 : 14-18)

ในลักษณะของการสอน (Instruction) เนื้อหาแบบ Interactive Multi Media Computer Assisted Instruction : IMMCAI โดยเริ่มจากหัวข้อเรื่องเป้าหมายที่กำหนดวัตถุประสงค์และกลุ่มเป้าหมายผู้ใช้บทเรียน ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาบทเรียนรูปแบบใดเริ่มจากหัวข้อเรื่อง เป้าหมายที่กำหนด วัตถุประสงค์และกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ การพัฒนาควรจะดำเนินได้เป็น 5 ขั้นตอน คือ

1. การวิเคราะห์เนื้อหา (Analysis)
2. การออกแบบบทเรียน (Design)
3. การพัฒนาบทเรียน (Development)
4. การนำเสนอบทเรียนบทคอมพิวเตอร์ (Implementation)
5. การประเมินผล (Evaluation)

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการทำวิจัย เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขางานไฟฟ้า ชั้นปีที่ 3 โรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออก(อี.เทค) ที่กำลังศึกษาวิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ จำนวน 156 คน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขางานไฟฟ้า ชั้นปีที่ 3 โรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) ที่กำลังศึกษา วิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 45 คน

1.5.2 ตัวแปรที่ศึกษา คือ

1. คุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่
2. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมเรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่

1.5.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ ประกอบด้วยส่วนทำงาน 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

ส่วนที่ 1 ซิลเลอร์วอเตอร์ คือ ส่วนทำความเย็น

- 1.1 หน้าที่และหลักการทำงานของซิลเลอร์วอเตอร์
- 1.2 คอมเพรสเซอร์
- 1.3 อีวาโปเรเตอร์
- 1.4 คอนเดนเซอร์
- 1.5 ส่วนประกอบของซิลเลอร์วอเตอร์
- 1.6 เครื่องควบคุมการทำงานซิลเลอร์วอเตอร์
- 1.7 การบำรุงรักษาซิลเลอร์วอเตอร์

ส่วนที่ 2 कुลลิ่งทาวเวอร์หรือ หอระบายความร้อน

- 2.1 หน้าที่และหลักการทำงานของคูลลิ่งทาวเวอร์
- 2.2 โครงสร้างและส่วนประกอบของคูลลิ่งทาวเวอร์
- 2.3 การตรวจสอบคูลลิ่งทาวเวอร์
- 2.4 การบำรุงรักษาคูลลิ่งทาวเวอร์

1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะ

1. ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ หมายถึง ระบบปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ
2. คูลลิ่งทาวเวอร์ หมายถึง หอระบายความร้อนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ
3. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม หมายถึง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ เรื่อง เครื่องปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ที่สร้างขึ้นด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป โดยให้ผู้เรียนได้ศึกษาหาความรู้แบบปฏิสัมพันธ์ ผู้เรียนจะมีการโต้ตอบกับบทเรียนจากข้อมูลที่ผู้เรียนป้อนเข้าโปรแกรมและผู้เรียนสามารถทำซ้ำได้อีก
4. ผู้เรียน หมายถึง ผู้ลงทะเบียนเรียนวิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ โรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อ.เทค) จังหวัดชลบุรี
5. คุณภาพของบทเรียน หมายถึง ผลที่ได้จากการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมของผู้ทรงคุณวุฒิจากแบบประเมินคุณภาพ
6. ผู้ทรงคุณวุฒิ

6.1 ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา หมายถึง ผู้ที่มีความรู้ประสบการณ์ และมีความเชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเรื่อง เครื่องปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่

6.2 ผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อคอมพิวเตอร์ หมายถึง ผู้ที่มีความรู้และมีความเชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์

7. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้ทดสอบการเรียนรู้ระหว่างเรียนแต่ละหน่วยและหลังเรียนครบทุกหน่วย ของนักเรียนที่เรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่

8. ประสิทธิภาพ หมายถึง การทดสอบหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม โดยนำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างเรียนแต่ละหน่วย และหลังการเรียนครบทุกหน่วย ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 (E1/E2)

80 ตัวแรก หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายบทแต่ละบทเรียน ระหว่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่

80 ตัวหลัง หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจากเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ครบทุกหน่วย

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทำงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษารวบรวมเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องดังกล่าว โดยมีหัวข้อสำคัญดังนี้

- 2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขางานไฟฟ้า
- 2.2 ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่
- 2.3 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม
- 2.4 การหาคุณภาพและประสิทธิภาพ
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรวิชา เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ

โครงสร้างหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กระทรวงศึกษาธิการ สาขางานไฟฟ้ากำลัง รหัสรายวิชา 2104-2117 3 (6) เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ

จุดประสงค์รายวิชา

1. เพื่อให้มีความเข้าใจ วงจรควบคุมเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศทางกลและทางไฟฟ้า
2. เพื่อให้มีความสามารถเลือกขนาดตรวจซ่อม และบำรุงรักษาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ
3. เพื่อให้มีทัศนียภาพในการทำงานด้วยความประณีตรอบคอบและปลอดภัย มีความตระหนักถึงคุณภาพของงาน และมีจริยธรรมในการสรุปผลและการรายงานผล

มาตรฐานรายวิชา

1. เข้าใจหลักการควบคุมเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ
2. กำหนดขนาดเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ
3. ติดตั้งเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ
4. ตรวจสอบ บำรุงรักษาเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติหลักการการทำงานของวงจรควบคุมเครื่องทำความเย็น และเครื่องปรับอากาศ ตรวจสอบข้อบกพร่องแก้ไขวงจรทางกลและทางไฟฟ้า การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

การประมาณการโหลดความร้อน การเลือกขนาดเครื่องปรับอากาศ บำรุงรักษาระบบปรับอากาศ (ดูรายละเอียดแผนการสอนจริงที่ภาคผนวก ข ตาราง ข-1 หน้า 113)

จากการศึกษารายวิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ ผู้วิจัยพบว่าในรายวิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ หลักสูตรไม่ได้กล่าวถึงเนื้อหาของระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ดังนั้นเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากยิ่งขึ้น ควรเสริมเนื้อหาเรื่องระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ในการเรียนการสอนให้กับนักเรียน โดยไม่ให้มีผลกระทบกับการเรียนรายวิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ โดยจัดการสอนเสริมให้กับนักเรียนระดับชั้น ปวช.3 แผนกช่างไฟฟ้าในเวลาว่างหรือคาบโฮมรูม โดยมีรายละเอียดของเนื้อหาของการสอนเสริม ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แผนการสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่

เนื้อหา	วัตถุประสงค์ทั่วไป
1. ซิลเลอร์ 1.1 หลักการทำงานของซิลเลอร์ 1.2 ส่วนประกอบที่สำคัญของซิลเลอร์ 1.3 การควบคุมการทำงานซิลเลอร์ 1.4 คอมเพรสเซอร์ 1.5 อีวาโปเรเตอร์ 1.6 คอนเดนเซอร์ 1.7 การบำรุงรักษาซิลเลอร์	1. อธิบายความหมายของซิลเลอร์ 1.1 อธิบายหลักการทำงานของซิลเลอร์ 1.2 อธิบายส่วนประกอบต่างๆ ของซิลเลอร์ 1.3 อธิบายการควบคุมการทำงานซิลเลอร์ 1.4 อธิบายหลักการทำงานของคอมเพรสเซอร์ 1.5 อธิบายหลักการทำงานของอีวาโปเรเตอร์ 1.6 อธิบายหลักการทำงานของคอนเดนเซอร์ 1.7 อธิบายขั้นตอนการบำรุงรักษาซิลเลอร์
2. กูลิ่ง 2.1 หลักการทำงานของกูลิ่ง 2.2 ส่วนประกอบของกูลิ่ง 2.3 การตรวจสอบกูลิ่ง 2.4 การบำรุงรักษาของกูลิ่ง	2. อธิบายความหมายของกูลิ่ง 2.1 อธิบายหลักการทำงานของกูลิ่ง 2.2 อธิบายหน้าที่ของส่วนประกอบของกูลิ่ง 2.3 อธิบายขั้นตอนการตรวจสอบของกูลิ่ง 2.4 อธิบายขั้นตอนการบำรุงรักษาของกูลิ่ง

2.2 ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่

ขอบเขตเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ มีขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องเกินกว่า 17,600 วัตต์ (60,051 บีทียูต่อชั่วโมง) ขึ้นไป

หลักการการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

ความมุ่งหมายของระบบความเย็น คือ รักษาอุณหภูมิของสิ่งที่ต้องการทำความเย็นระบบทำความเย็นที่ใช้งานจริงทุกระบบจะทำการรักษาอุณหภูมิให้ต่ำ โดยการนำเอาความร้อนออกจากสิ่งที่ต้องการทำให้เย็นโดยอาศัยสารตัวกลาง (น้ำยา) เป็นพาหะนำความร้อนออก

1. หลักการทำความเย็นโดยเพิ่มอุณหภูมิของสารตัวกลาง ขบวนการดังกล่าวโดยผ่านน้ำยาที่มีอุณหภูมิต่ำมาสัมผัสกับสิ่งที่ต้องการทำความเย็น เช่นการนำอากาศเย็นเข้ามาในบ้านเพื่อรับเอาความร้อนออก

2. หลักการทำความเย็นโดยสารตัวกลางเปลี่ยนสถานะ ขณะที่สารตัวกลางเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว หรือจากของเหลวกลายเป็นไอจะดูดความร้อนเข้าสู่ตัวตัวเองจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความร้อนแฝง

3. หลักการทำความเย็นโดยให้ของเหลวขยายตัว คุณสมบัติประจำตัวของเหลวข้อหนึ่งคือ ถ้าของเหลวมีการขยายตัว (ปริมาณเพิ่มขึ้น) จะทำให้อุณหภูมิลดลงทำให้ของเหลวกลายเป็นไอ จะทำให้อุณหภูมิจึงของเหลวนั้นลดลงอย่างมาก

4. หลักการทำความเย็นโดยทำให้แก๊สขยายตัว ขณะที่ไอซิลแก๊สมีการขยายตัวตามขบวนการที่มีการไหลสม่ำเสมอจะทำให้อุณหภูมิจึงของแก๊สลดลง ซึ่งหลักการดังกล่าวนี้ใช้เป็นพื้นฐานของการทำความเย็น ด้วยอากาศหมุนวนระบบทำความเย็นแบบวัฏจักรอากาศซึ่งมากในระบบทำความเย็นของเครื่องบินและระบบทำความเย็นด้วยไอน้ำ

5. หลักการทำความเย็นโดยขบวนการทางแม่เหล็ก สสารสามารถแบ่งออกได้เป็นสองชนิดตามคุณลักษณะการเป็นแม่เหล็ก คือ สสารที่ไม่ถูกดูดโดยแม่เหล็กเรียกว่า ไออะแม็กเนติก และสสารที่ถูกดูดโดยแม่เหล็กเรียกว่าพาราแม็กเนติก เกลือพาราแม็กเนติก เช่น กาโคลิเนียมซัลเฟต มีคุณสมบัติ ที่ใช้อุณหภูมิต่ำเมื่อเกลียดังกล่าวถูกหล่อเย็นให้มีอุณหภูมิต่ำมากๆ การเคลื่อนไหวของโมเลกุลจะเกือบไม่เกิดขึ้นเลย เมื่อนำเกลือที่มีอุณหภูมิต่ำเข้าไปในสนามแม่เหล็ก โมเลกุลจะเกิดเรียงตัวแต่เมื่อนำเอาสนามแม่เหล็กออก โมเลกุลในเกลือจะกั๊กตัวเพื่อสลับอำนาจแม่เหล็กจึงทำให้อุณหภูมิจึงของเกลือลดลงได้อีก

6. หลักการทำความเย็นโดยการทางไฟฟ้า หลักการของเทอร์โมคัปเปิ้ล คือ ถ้าเชื่อมต่อขั้วทั้งสองของโลหะสองชนิดต่างกัน เข้าด้วยกันจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลในโลหะทั้งสองเรียกว่า

Peltier effect จะทำให้ขั้วต่อโลหะข้างหนึ่งมีอุณหภูมิสูงขึ้น และอีกข้างหนึ่งมีอุณหภูมิต่ำลง วิธีการดังกล่าวนี้นำมาเป็นหลักการของระบบทำความเย็นแบบเทอร์โมสแตติกส์

เครื่องปรับอากาศทุกชนิดมีหลักการทำงานเหมือนกัน คือใช้คุณสมบัติในการระเหยของของเหลว และความร้อนแฝงจากการระเหยนี้ เช่น น้ำเมื่อระเหยกลายเป็นไอ ตัวเองก็จะเย็นลง เนื่องจากได้ใช้ความร้อนแฝงไปในการระเหยความเย็นลักษณะนี้ ก็คือความเย็นที่เราสามารถนำมาใช้ในการปรับอากาศน้ำก็เป็นสารทำความเย็น โดยเรียกว่า R-718 แต่เนื่องจากน้ำมีคุณสมบัติในการระเหยช้าเกินไป ไม่สามารถนำมาใช้เป็นสารทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพได้โดยตรง มีการนำน้ำมาใช้เป็นสารทำความเย็น ในเครื่องทำความเย็นที่เรียกว่า Absorption แต่ต้องเพิ่มส่วนผสมของสารเคมี เช่น ลิเทียมโบรไมด์ การทำงานของเครื่องแบบ Absorption อาศัยความร้อนจากไอน้ำ หรือความร้อนที่เหลือจากขบวนการผลิตในอุตสาหกรรม

นักเคมีจึงได้คิดค้นหาสารทำความเย็นตัวใหม่ที่ระเหยได้เร็ว และมีค่าความร้อนแฝงมาก จะให้ความเย็นมากๆ ในเวลาที่สั้นลง ในที่สุดก็พบว่าสารที่ประกอบด้วย คาร์บอน ฟลูออรีน คลอรีนและไฮโดรเจน เป็นหลักมีคุณสมบัติที่ว่ามี จึงได้มีการสังเคราะห์สารทำความเย็นออกมาที่ชาวบ้านเรียกว่าน้ำยาแอร์ หรือ สารทำความเย็น (Refrigerant) หรือบางคนเรียกว่า ฟรีออน (Freon) มีชื่อเรียกต่างๆ กันตามองค์ประกอบที่ต่างกัน เช่น R-11, R-12, R-22, R-502 โดย R-11, R-12 มีใช้อยู่ในเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ R-12 ใช้ในเครื่องปรับอากาศติดรถยนต์ ส่วน R-22 ใช้ในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กและ R-502 ใช้ในเครื่องเย็นปัจจุบันมีการพบว่าสารเหล่านี้ก่อให้เกิดปัญหากับโอโซนในชั้นบรรยากาศ ซึ่งห่อหุ้มโลกนี้ให้พ้นจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตเป็นช่องโหว่ทางขั้วโลก จึงมีข้อตกลงระหว่างประเทศที่เรียกว่า Montreal Protocol เพื่อจำกัดปริมาณการใช้สารนี้ โดยเฉพาะสารที่มีองค์ประกอบของคลอรีน (Cl) ฟลูออรีน (F) และ คาร์บอน (C) หรือที่เรียกกันว่า CFC เนื่องจากสารตัวนี้สามารถตกค้างอยู่ในชั้นบรรยากาศได้ยาวนาน ในขณะที่เดียวกันก็จะทำลายโอโซนไปได้เรื่อยๆ นอกจากนี้ยังกล่าวกันว่าทำให้แสงอาทิตย์ที่เข้ามาถึงโลกสะท้อนกลับออกไปสู่นอกโลกได้น้อยลง ทำให้บรรยากาศของโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นการกำหนดค่าความสามารถในการทำลายโอโซน เรียกว่า ODP (Ozone Depletion Potential) และความสามารถในการทำให้โลกร้อนขึ้น เรียกว่า GWP (Global Warming Potential)

สาร CFC ที่จะต้องถูกกำจัดให้หมดไปได้แก่ R-11, R-12 และ R-502 เป็นต้น ส่วน R-22 เป็นพวกที่มีองค์ประกอบของไฮโดรเจน (H) เป็นหลักด้วยจึงอยู่ในพวกที่เรียกว่า HCFC ซึ่งมีค่า ODP และ GWP ต่ำกว่าและเนื่องจากใช้อยู่กับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กที่มีจำนวนมหาศาล จึงยังคงให้ใช้อยู่อีกต่อไปอีกระยะหนึ่ง หรือไม่เกินปี ค.ศ. 2030 และมีแนวโน้มว่าอาจถูกกำจัดไปเร็วกว่านี้ จากเรื่อง CFC นี้ทำให้เกิดปฏิวัติในวงการปรับอากาศขนาดใหญ่กล่าวคือ ผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศต้องวิจัยและออกแบบเครื่องปรับอากาศใหม่ เพื่อให้เหมาะสมกับสารทำความเย็นใหม่ที่ไม่ใช่ CFC

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงค่าดัชนี ODP และ GWP ของสารทำความเย็น

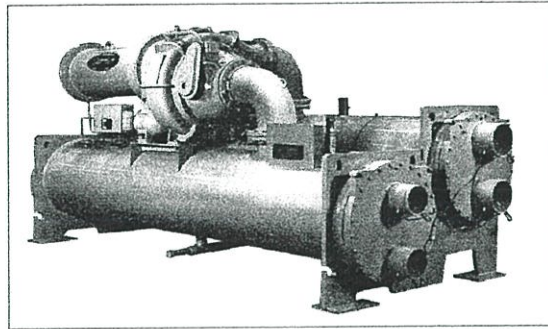
ตารางแสดงค่าดัชนี ODP และ GWP ของสารทำความเย็น						
	R-11 (CFC-11)	R-12 (CFC-12)	R-22 (HCFC-22)	R-502 (CFC-502)	R-123 (HCFC- 123)	R-134a (HFC- 134a)
ODP	1.0	1.0	0.05	0.23	0.02	0.0
GWP	1.0	2.8	0.34	3.75	0.02	0.26

สารทำความเย็นนี้ ไม่สามารถนำไปใช้กับเครื่องปรับอากาศที่มีอยู่เดิมได้โดยตรง เนื่องจากปัญหาการกัดกร่อน ปัญหาน้ำมันหล่อลื่นในระบบ และประสิทธิภาพการทำงานที่ลดลง เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่อาจนำมาปรับปรุง (Retrofit) ได้แต่ก็มีค่าใช้จ่ายสูง ส่วนเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก คงต้องใช้จนหมดสภาพและในอนาคตอันใกล้ก็คงจะมีเครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่ใช้สารทำความเย็น R-134a มาแทนที่แอมโมเนีย หรือ R-717 ก็เป็นสารทำความเย็นที่ใช้ได้และนิยมใช้ในโรงงานผลิตอาหารแช่แข็ง โรงน้ำแข็งขนาดกลางและขนาดใหญ่ แต่มักจะเป็นห่วงกันเรื่องความปลอดภัย จากการรั่วของสารแอมโมเนีย หรือการที่อาจเกิดโอกาสระเบิดของแอมโมเนียได้จึงยังไม่แพร่หลาย ถึงสารแอมโมเนียจะไม่ใช้สาร CFC ก็ตาม โดยส่วนมากจะเป็นสารทำความเย็นผสม หรือ Blended Refrigerant มีชื่อทางการค้าว่า SUVA เพื่อทดแทน R-11, R-12, R-22, R-502 สารทำความเย็นบางตัวสามารถใช้กับอุปกรณ์เครื่องปรับอากาศเดิมได้ แต่สารทำความเย็นบางตัวจะต้องออกแบบเครื่องใหม่เลย สาเหตุที่ต้องออกแบบใหม่เพราะหากใช้เครื่องเดิมกับสารทำความเย็นทดแทนเหล่านี้ มักจะมีความสามารถในการทำความเย็นลดลง หรือประสิทธิภาพลดลงนอกจากนี้ในการพิจารณาเลือกใช้สารทำความเย็นยังมีมาตรฐานกำหนดเกี่ยวกับอันตรายเมื่อหายใจเอาสารนี้เข้าไปเมื่อเกิดการรั่วของสารนี้ด้วย

การทำความเย็นของระบบปรับอากาศ จะอาศัยหลักการระเหยของสารทำความเย็นและเนื่องจากสารทำความเย็นมีราคาแพง ประกอบกับการให้ระเหยทิ้งไปจะทำให้เกิดผลกับสภาพแวดล้อม เมื่อสารทำความเย็นระเหยและทำความเย็นแล้ว จึงต้องนำไปควบแน่นเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ หลักการควบแน่นอาศัยการเพิ่มความดันให้กับไอระเหยหรืออัดไอ (Press) โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า คอมเพรสเซอร์ (Compressor) จนไอระเหยนั้นกลายเป็นของเหลวอีกครั้งหนึ่ง ในขณะที่อัดนี้ไอระเหยก็จะคายความร้อนออกมาด้วย เราก็ต้องมีวิธีการในการระบายความร้อนนี้ออกไปโดยอาจจะใช้อากาศ (Air-cooled) หรือ น้ำ (Water-cooled) ในการระบายความร้อนก็ได้เมื่อสารทำความเย็นกลายเป็นของเหลวแล้ว การทำให้ของเหลวระเหยเพื่อทำความเย็นอีกครั้งจะอาศัยการลดความดันลง โดยผ่านอุปกรณ์ลดความดันสำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก มักจะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า วาล์วลดความดัน (Thermal Expansion Valve) หรือบางทีการใช้ขวดท่อทองแดงเล็กๆ

(Capillary Tube) ที่ให้ค่าแรงเสียดทานที่พอเหมาะ ก็ใช้ในการปรับลดความดันนี้ได้ดีซึ่งสามารถแสดงด้วยวงจรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) ดังนี้

ระบบปรับอากาศที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) โครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็นก็เหมือนกับเครื่องปรับอากาศทุกชนิด คือ มีวงจรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) เหมือนเดิม เพียงแต่แทนที่อีวาโปเรเตอร์ จะทำความเย็นให้อากาศโดยตรงก็กลับไปทำความเย็นให้กับน้ำก่อน เมื่อน้ำเย็นแล้วจึงใช้น้ำเป็นตัวกลางถ่ายเทความร้อนต่อไป สาเหตุที่ต้องใช้น้ำเป็นตัวกลางถ่ายเทความร้อนนี้เนื่องจากน้ำสามารถสูบน้ำไปได้ไกลๆ โดยไม่มีปัญหาจะรั่วบ้างก็ไม่เป็นไร และการควบคุมปริมาณน้ำก็ทำได้ง่าย ซึ่งก็จะมีผลทำให้การควบคุมอุณหภูมิทำได้ง่ายและแม่นยำขึ้นการที่ไม่มีคอมเพรสเซอร์อยู่กับ FCU หรือ AHU เหมือน กับเครื่อง Packaged Unit ก็ทำให้ไม่มีปัญหาเสียงดังรบกวนจากคอมเพรสเซอร์

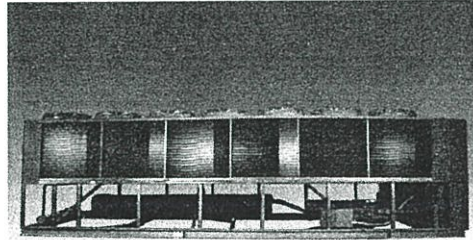


ภาพที่ 2.1 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

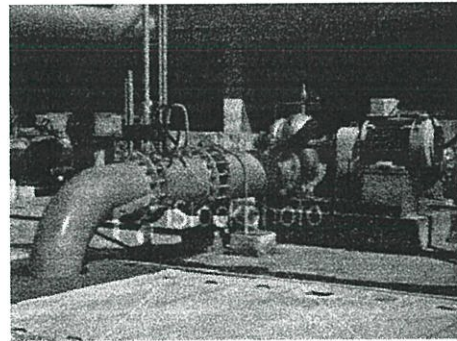
Air Cooled Water Chiller ก็คือเครื่องทำน้ำเย็นที่อาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศ ลักษณะของงานที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบนี้ จะเป็นลักษณะของงานที่มีความต้องการความเย็นไม่มากนัก (มักจะไม่เกิน 500 ตันความเย็น) ซึ่งต้องการความสะดวกในการติดตั้ง และต้องการลดภาระการดูแลรักษา หรือจะใช้ในโครงการที่ขาดน้ำ หรือไม่มีน้ำที่มีคุณภาพพอจะมาใช้ระบายความร้อนของเครื่องได้ อย่างไรก็ตามเครื่องที่ระบายความร้อนด้วยอากาศก็ย่อมที่จะกินไฟมากกว่า เครื่องที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ น้ำเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็นจะถูกเครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump) จ่ายเข้าสู่ระบบไปยัง FCU และ AHU โดยอุณหภูมิน้ำเย็นนี้จะอยู่ที่ประมาณ 7°C เมื่อใช้งานผ่าน FCU หรือ AHU แล้ว จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็นประมาณ 12°C ก็จะถูกส่งกลับมายังเครื่องทำน้ำเย็นอีกครั้งหนึ่งระบบส่งน้ำเย็นนี้อาศัยท่อน้ำเย็น (Chilled Water Pipe) มีทั้งท่อส่งน้ำเย็น (Supply Chilled Water Pipe) และท่อน้ำเย็นกลับ (Return Chilled Water Pipe) ซึ่งจะต้องหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันน้ำเกาะท่อ (Condensation) เนื่องจากความเย็นของท่อจะทำให้ความชื้นที่อยู่ในอากาศมาเกาะเป็นหยดน้ำที่ท่อคอมเพรสเซอร์ที่ใช้มักจะเป็นคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ หากมีขนาดใหญ่หน่อยก็อาจจะมีชนิดที่เป็นสกรู ส่วนชนิดที่เป็นหอยโข่งจะมีใช้เฉพาะเครื่องขนาดใหญ่จริงๆ

Water Cooled Water Chiller ในกรณีที่โครงการมีขนาดใหญ่และมีความต้องการความเย็นมากมักจะนิยมใช้เครื่องทำน้ำเย็นชนิดนี้ เพราะจะมีเครื่องทำน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพสูงให้เลือกใช้ (0.62 - 0.75 กิโลวัตต์/ตัน) ทำให้ได้ระบบปรับอากาศที่กินไฟน้อยกว่าเครื่องแบบอื่นๆ อย่างไรก็ตามการเลือกใช้ระบบนี้จะต้องมีหอระบายความร้อน และจะต้องมั่นใจว่ามีน้ำเพียงพอมีคุณภาพเหมาะสมกับการนำมาเติมที่หอระบายความร้อน

ลักษณะโครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็นก็ยังคงเหมือนกับเครื่องแบบ Air-cooled เพียงแต่แทนที่จะระบายความร้อนด้วยอากาศ ก็กลายเป็นการระบายความร้อนด้วยน้ำเท่านั้นเองระบบท่อน้ำระบายความร้อน หรือที่เรียกว่า Condenser Water จะประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Pump) ทำหน้าที่สูบน้ำเพื่อมาระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็น คอมเพรสเซอร์จะมีทั้งชนิดลูกสูบ สกรู และแบบหอยโข่ง



ภาพที่ 2.2 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

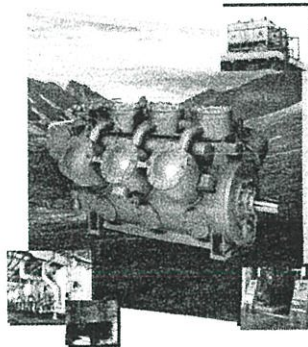


ภาพที่ 2.3 เครื่องทำน้ำเย็นและเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน

คอมเพรสเซอร์ (Compressor) มีหน้าที่ดูดอัดแก๊สที่ได้จากน้ำยาที่กลายเป็นไอในอิวาโปรเตอร์ ให้มีความดันสูงขึ้นซึ่งขณะเดียวกันอุณหภูมิของแก๊สจะสูงขึ้นด้วย เมื่อได้แก๊สความดันสูงแล้วจึงจะให้ผ่านไปยังคอนเดนเซอร์เพื่อระบายความร้อนออก และทำให้แก๊สเหล่านี้กลั่นตัวเป็นน้ำยาเหลวอีกครั้งหนึ่ง การอัดแก๊สดังกล่าวจะอัดจนกระทั่งอุณหภูมิของแก๊สสูงกว่าอุณหภูมิของสารตัวกลางที่ใช้หล่อเย็นคอนเดนเซอร์ ชนิดของคอมเพรสเซอร์ มี 5 แบบ ดังนี้

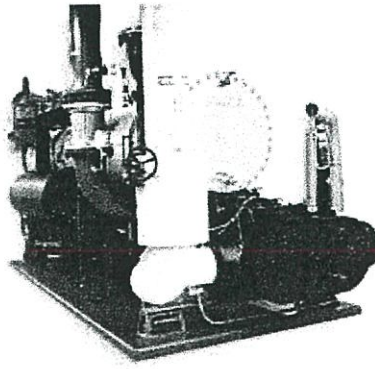
1. แบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor)
2. แบบโรตารี (Rotary Compressor)
3. แบบก้นหอย (Scroll Compressor)
4. แบบสกรู (Screw Compressor)
5. แบบหอยโข่ง (Centrifugal Compressor)

คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor) มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับเครื่องยนต์ในรถยนต์ โดยใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนการทำงานของลูกสูบให้ดูดสารทำความเย็นจากอีวาโปเรเตอร์และส่งไปยังคอนเดนเซอร์ คอมเพรสเซอร์แบบนี้เป็นแบบที่ใช้มาตั้งแต่เครื่องปรับอากาศรุ่นแรก หากมีโครงสร้างที่มีชุดลูกสูบและมอเตอร์อยู่ภายในกระป๋องเดียวกันซึ่งเชื่อมปิดสนิทเรียกว่า Sealed Hermetic Compressor หากมีโครงสร้างที่สามารถเปิดฝาสูบออกได้เรียกว่า Semi Hermetic Compressor ซึ่งแบบหลังนี้มักจะใช้ขนาดแรงม้าตั้งแต่ 5 แรงม้าขึ้นไป มีรุ่นที่เป็นรุ่นปกติและรุ่นที่ประหยัดไฟ (Hi-Eff.) และรุ่นตั้งแต่ 10 แรงม้าขึ้นไปมักจะมีอุปกรณ์ลดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ลงได้โดยการยกลิ้นของลูกสูบขึ้น ที่เรียกว่า Unloader เพื่อช่วยประหยัดไฟเมื่อภาวะต่ำลง



ภาพที่ 2.4 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ

คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี (Rotary Compressor) คล้ายๆ กับแบบลูกสูบโดยจะมีเฉพาะที่เป็น Sealed Hermetic แต่การสูบน้ำหรืออัดสารทำความเย็นใช้คอมเพรสเซอร์แบบโรตารีแทนลูกสูบคอมเพรสเซอร์แบบโรตารีนี้นิยมใช้กับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก เนื่องจากเงียบและมีการสิ้นเปลืองน้อยและมักจะกินไฟน้อยกว่าแบบลูกสูบ เนื่องจากประกอบด้วยชิ้นส่วนจำนวนน้อยกว่าการพัฒนาของคอมเพรสเซอร์แบบนี้ถือว่าการพัฒนาต่อจากแบบลูกสูบและโรตารี คอมเพรสเซอร์รุ่นใหม่ี่เรียกว่า Scroll Compressor กำลังขยายการผลิตครอบคลุมแรงม้าขนาดต่างๆ มากขึ้น โรตารีคอมเพรสเซอร์แบบเดิมมักจะมีขนาดไม่เกิน 3 แรงม้า แต่ Scroll Compressor รุ่นใหม่ๆ จะมีขนาดถึง 5 แรงม้า และอาจจะใหญ่กว่านี้ในอนาคต



ภาพที่ 2.5 คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี

คอมเพรสเซอร์แบบสโครล (Scroll Compressor) มีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรที่สูงมาก (เกือบ 100%) ซึ่งจะมีผลให้ผู้ใช้สามารถใช้คอมเพรสเซอร์ที่มีปริมาตรการอัดที่เล็กลงเมื่อเทียบกับคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ

คุณลักษณะของเสียงที่โดดเด่นของคอมเพรสเซอร์แบบสโครล คือ เสียงเงียบเมื่อเทียบกับคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ ไม่เพียงแต่การที่มีเสียงเงียบลงเท่านั้นแต่ยังคงลดระดับของเสียง ณ ช่วงความถี่ต่ำซึ่งเป็นช่วงที่ทำความรำคาญให้กับผู้คน และเป็นช่วงที่ยากที่สุดในการแยกเสียง คุณภาพเสียงจะพบว่าระดับเสียงสูงสุด ของคอมเพรสเซอร์แบบสโครลที่ความถี่ 160 Hz ถึง 400 Hz ต่ำกว่าระดับเสียงของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบที่ความถี่ 250 Hz เช่นเดียวกับคลื่นความถี่ที่สูงระหว่าง 1000 Hz ถึง 4000 Hz คอมเพรสเซอร์แบบสโครลก็จะมีระดับเสียงต่ำในช่วงคลื่นความถี่สูงนี้ด้วย ในแง่ของกำลังเสียงนั้นคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบขนาด 5 แรงม้า จะมีกำลังเสียงประมาณ 75 เดซิเบล (dBA) ในขณะที่คอมเพรสเซอร์แบบสโครลจะมีประมาณ 70 เดซิเบล (dBA) คอมเพรสเซอร์ขนาดแรงม้าอื่นๆ ก็จะมีคุณสมบัติของเสียงคล้ายๆ กัน การที่คอมเพรสเซอร์แบบสโครลมีระดับเสียงต่ำนั้นเนื่องมาจากลักษณะของการออกแบบคอมเพรสเซอร์ ขบวนการอัดที่ต่อเนื่องและราบเรียบโดยปราศจากการเกิดการกระแทก เนื่องจากสโครลไม่มีวาล์วจึงไม่มีเสียงวาล์วเกิดขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างคอนเดนเซอร์กับคอมเพรสเซอร์แบบสโครลเป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพและการทำงานที่ราบรื่นของวงจรเครื่องทำความเย็น

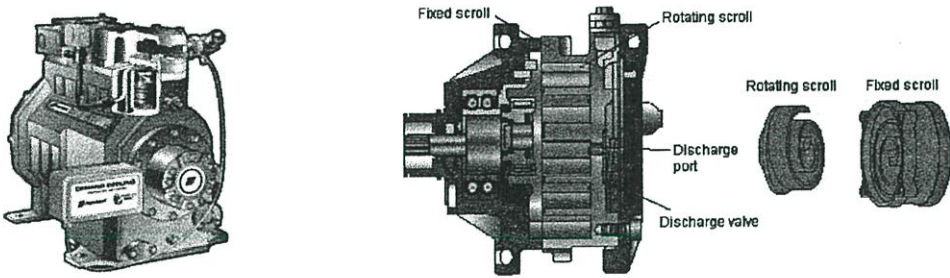
คุณลักษณะสองข้อที่สำคัญจำเป็นจะต้องพิจารณา ดังนี้

1. คอมเพรสเซอร์แบบสโครลจะให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสูงกว่า สามารถจะอัดก๊าซในปริมาณที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ เมื่อมีปริมาณการทำความเย็นที่เท่ากัน

2. อุณหภูมิของก๊าซทางส่งจากคอมเพรสเซอร์สโครล จะต่ำกว่าคอมเพรสเซอร์ลูกสูบ เนื่องมาจากการที่มีซูเปอร์ฮีตที่เพิ่มขึ้นมาน้อย ซึ่งเกิดขึ้นภายในของก๊าซทางดูดและจะมีผลต่อเนื้อให้มีแรงดันคอนเดนซิ่งต่ำ คุณลักษณะสองอย่างนี้ทำให้สามารถจะลดขนาดคอนเดนเซอร์ได้เมื่อใช้คอมเพรสเซอร์แบบสโครล โดยปราศจากการมีผลกระทบต่อความสามารถการทำความ

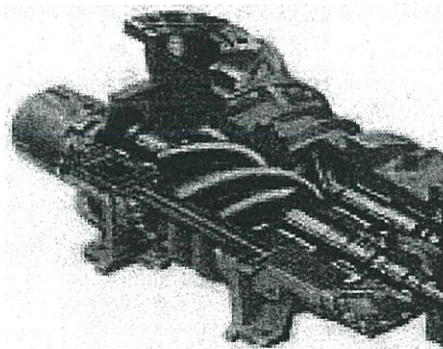
เย็นและเหตุนี้จึงนำไปสู่การลดต้นทุนของระบบ และลดพื้นที่ในการติดตั้งคอมเพรสเซอร์และคอนเดนเซอร์

การทำงานแบบฮีตปั๊ม คอมเพรสเซอร์แบบสโครลิ่งจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบลูกสูบ เมื่อถูกใช้งานในแบบฮีตปั๊ม อย่างไรก็ตามปริมาณความร้อนที่ส่งถ่ายออกไปจะลดลงเมื่ออุณหภูมิจากแหล่งต้นทางลดลง (อากาศ/อากาศ หรือ อากาศ/น้ำ)



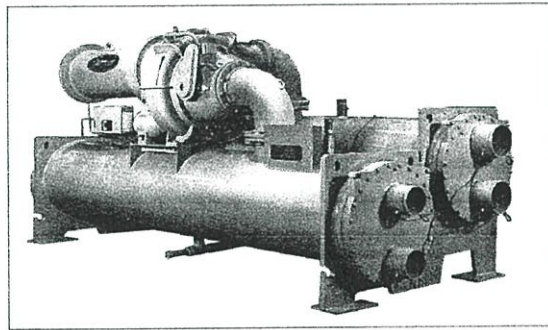
ภาพที่ 2.6 คอมเพรสเซอร์แบบสโครลิ่ง

คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw Compressor) มักจะใช้กับเครื่องที่มีแรงม้ามากๆ ขนาดเล็กก็จะอยู่ในช่วง 50 แรงม้าขึ้นไป เดิมใช้กันมากในระบบห้องเย็นเนื่องจากสามารถใช้งานที่อุณหภูมิต่ำได้ดี มีความคงทนสูงแต่มีราคาแพง หลังจากที่มีเรื่อง CFC ทำให้คอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่งมีปัญหาและมีการใช้สารทำความเย็น ที่มีความดันการทำงานสูงกว่าความดันบรรยากาศ (High Pressure Refrigerant เช่น R-22, R-134a) แทนการใช้การทำความเย็นที่มีความดันการทำงานต่ำกว่าความดันบรรยากาศ (Low Pressure Refrigerant เช่น R-11, R-12) ทำให้มีผู้หันมาใช้สกรูคอมเพรสเซอร์กันมากขึ้น เมื่อมีการผลิตมากขึ้นราคาจึงถูกลงกว่าเดิมและมีการนำสกรูคอมเพรสเซอร์มาใช้ในเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) มากขึ้นสามารถปรับลดภาระการทำงานของคอมเพรสเซอร์โดยอาศัยลิ้นเลื่อน (Sliding Valve) เพื่อควบคุมปริมาณสารทำความเย็นเข้าคอมเพรสเซอร์ได้ การทำงานมักจะทำงานที่ความเร็วรอบ 2900 รอบ/นาที



ภาพที่ 2.7 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู

คอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่ง (Centrifugal Compressor) มักจะใช้กับเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) ขนาดใหญ่ เนื่องจากเป็นคอมเพรสเซอร์ที่สามารถขับเคลื่อนปริมาณสารทำความเย็นได้มากและมีประสิทธิภาพสูง และหลังจากที่มีปัญหาเรื่อง CFC ไม่นานผู้ผลิตเครื่องทำน้ำเย็นขนาดใหญ่ก็ได้ลงทุนออกแบบและพัฒนาคอมเพรสเซอร์แบบนี้ขึ้นมาใหม่ ให้สามารถใช้กับสารทำความเย็นใหม่ที่ไม่ใช่ CFC การปรับลดภาระการทำงานของคอมเพรสเซอร์ อาศัย Inlet Vane ซึ่งเป็นลิ้นที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ เพื่อควบคุมปริมาณสารทำความเย็นเข้าคอมเพรสเซอร์ และช่วยประหยัดพลังงาน เมื่อภาระของเครื่องลดลงการทำงานของใบพัดจะทำงานที่ความเร็วรอบสูงถึง 8000-10000 รอบ/นาที จึงต้องมีการตรึงของมอเตอร์ หากโครงสร้างเป็นชนิดที่มีมอเตอร์อยู่ในเรือนเดียวกัน เรียกว่า Hermetic ซึ่งมักจะนิยมโครงสร้างแบบนี้หรือในบางกรณีหรือกรณีที่เครื่องมีขนาดใหญ่หรือใช้มอเตอร์ที่ใช้แรงดัน ไฟฟ้าสูงขึ้น หรือมอเตอร์พิเศษหรือใช้เครื่องยนต์ขับเคลื่อนให้มอเตอร์อยู่นอกเรือน ซึ่งเรียกว่า Open Type บางรุ่นอาจจะออกแบบให้มีใบพัดทำงานต่อกันหลายชุดเรียกว่า Multi-Stage โดยประกอบกับชุดระบาย ความร้อนระหว่างชุดใบพัด (Intercooler) ก็จะทำให้ได้คอมเพรสเซอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง และอาจจะทำงานที่ความเร็วรอบลดลงได้



ภาพที่ 2.8 คอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่ง

อีวาโปเรเตอร์ หมายถึง อุปกรณ์ที่น้ำยาเกิดการระเหยขึ้นภายใน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิดเปียกและชนิดแห้ง

อีวาโปเรเตอร์ชนิดเปียก หมายถึง อีวาโปเรเตอร์ซึ่งอยู่ภายในบรรจุด้วยน้ำยาที่ยังเป็นของเหลวอยู่เต็ม ระดับของน้ำยาภายในอีวาโปเรเตอร์ควบคุมด้วยลูกกลอยหรืออุปกรณ์ควบคุมอื่นๆ บางแบบน้ำยาที่ระเหยกลายเป็นไอ จะถูกคอมเพรสเซอร์ดูดออกไปทางด้านบนของอีวาโปเรเตอร์ จุดเด่นของอีวาโปเรเตอร์ชนิดเปียกคือ ผิวด้านในจะหล่อเลี้ยงด้วยน้ำยาตลอดเวลาทำให้การถ่ายเทความร้อนเป็นไปอย่างดี

อีวาโปเรเตอร์ชนิดแห้ง มีความแตกต่างจากชนิดเปียกในลักษณะของน้ำยาที่เข้าสู่อีวาโปเรเตอร์ ในอีวาโปเรเตอร์ชนิดแห้งน้ำยาจะเข้ามาโดยผ่านลิ้นลดความดัน ทำให้น้ำยากลายเป็นละอองในปริมาณที่เหมาะสมกับการใช้งานคือ ถ้าภาระการถ่ายเทความร้อนมากลิ้นลดความดันจะปล่อยน้ำยาเข้ามา และถ้าภาระการถ่ายเทความร้อนลดลงลิ้นลดความดันจะลดปริมาณน้ำยา

ระบบละลายน้ำแข็งของอีวาโปเรเตอร์ อีวาโปเรเตอร์จำนวนมากใช้งานที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ ในลักษณะงานดังกล่าวโอกาสที่ความชื้นในบรรยากาศ หรือในห้องเย็นที่จบรวมตัวกันเป็นน้ำแข็งเกาะอยู่ตามอีวาโปเรเตอร์จะมีมากที่สุด

การละลายน้ำแข็งของอีวาโปเรเตอร์มีอยู่ด้วยกัน 5 วิธี

1. ระบบละลายน้ำแข็งด้วยไอน้ำยา
2. ระบบละลายน้ำแข็งด้วยน้ำอุ่น
3. ระบบละลายน้ำแข็งด้วยฮีทเตอร์ไฟฟ้า
4. ระบบละลายน้ำแข็งด้วยอากาศร้อน
5. ระบบละลายน้ำแข็งด้วยการกลับทางไหลของน้ำยา

คอนเดนเซอร์มีหน้าที่คือ รับน้ำยาที่สภาพเป็นซูเปอร์ฮีทมาจากรวมเพรสเซอร์ทำการหล่อเย็นให้น้ำยากลายเป็นของเหลว คอนเดนเซอร์เมื่อแบ่งตามลักษณะการหล่อเย็นจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ คอนเดนเซอร์หล่อเย็นด้วยน้ำและคอนเดนเซอร์หล่อเย็นด้วยอากาศ

คอนเดนเซอร์หล่อเย็นด้วยน้ำ หมายถึง คอนเดนเซอร์ที่ใช้น้ำเป็นสารหล่อเย็นโดยปกติใช้กับระบบทำความเย็นขนาดใหญ่ รูปร่างลักษณะของคอนเดนเซอร์หล่อเย็นด้วยน้ำแตกต่างกันหลายอย่าง

คอนเดนเซอร์หล่อเย็นด้วยน้ำชนิดท่อขดและถัง ประกอบด้วยท่อทองแดงขดเป็นวง อยู่ภายในถังน้ำหล่อเย็นไหลผ่านภายในท่อขด และไอน้ำยาจากคอมเพรสเซอร์ถูกอัดเข้ามาภายในถังเพื่อให้กลั่นตัวที่ผิวด้านนอกของท่อขดซึ่งหล่อเย็นด้วยน้ำ ในการออกแบบสร้างส่วนใหญ่จะออกแบบถังเก็บน้ำยาที่ได้จากการกลั่นตัวของไอน้ำยาไปด้วย ในตัวคอนเดนเซอร์แบบนี้มีข้อดีที่ราคาผลิตต่ำแต่บำรุงรักษายาก

คอนเดนเซอร์หล่อเย็นด้วยน้ำชนิดท่อสองชั้น ประกอบด้วยท่อที่มีขนาดต่างกันสองท่อสวมกันอยู่โดยมีจุดศูนย์กลางร่วมกันท่อเล็กซึ่งเป็นท่อชั้น ในเป็นท่อสำหรับน้ำหล่อเย็นส่วนท่อใหญ่เป็นท่อสำหรับไอน้ำยา

คอนเดนเซอร์หล่อเย็นด้วยน้ำชนิดท่อขดสองชั้น เป็นคอนเดนเซอร์ที่ใช้หลักการเดียวกันกับคอนเดนเซอร์ชนิดท่อขดสองชั้นแต่มีการปรับปรุงให้ดีขึ้น

คอนเดนเซอร์หล่อเย็นด้วยอากาศ นิยมใช้กับเครื่องปรับอากาศขนาดไม่เกิน 50 ตันเพราะ

1. อากาศซึ่งใช้เป็นสารหล่อเย็นสามารถหาได้ทุกที่
2. ค่าใช้จ่ายในการลงทุนครั้งแรกต่ำ
3. ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ

แต่มีข้อเสียคือ

1. ปริมาณที่ใช้หล่อเย็นมากมีผลต่อเสียงรบกวน

2. ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องสูง

3. ขณะที่ระบบทำความเย็นทำงานไม่เต็มที่ แต่คอนเดนเซอร์ยังคงต้องทำงานเต็มที่อยู่ตลอดเวลา เพราะการลดปริมาณลมลงทำได้ยาก

4. การเริ่มเดินเครื่องลำบากเมื่ออุณหภูมิของอากาศภายนอกอาคารต่ำ

คอนเดนเซอร์หล่อเย็นด้วยอากาศชนิดพัดลมใบพัด ประกอบด้วยท่อน้ำยาและพัดลมแบบใบพัดติดตั้งอยู่ด้านบนของคอนเดนเซอร์ พัดลมนี้ทำหน้าที่ดูดอากาศผ่านท่อน้ำยาของคอนเดนเซอร์การใช้งานเหมาะที่จะใช้ติดตั้งอยู่ภายนอกอาคาร

คอนเดนเซอร์หล่อเย็นด้วยอากาศชนิดพัดลมกังหัน เป็นคอนเดนเซอร์ที่ใช้งานเมื่อต้องการติดตั้งพัดลมในอาคาร ทั้งนี้เพราะเสียงที่เกิดจากพัดลมมีน้อยและสามารถต่อท่อลมได้สะดวก

ท่อน้ำยาและอุปกรณ์ วัสดุที่ใช้ทำท่อน้ำยาจะขึ้นอยู่กับขนาดของท่อ ลักษณะการติดตั้งน้ำยาที่ใช้ ราคาของวัสดุและค่าแรงงานในการผลิต วัสดุที่นิยมใช้ทำคือ เหล็กเหนียว เหล็กอ่อน ทองแดงและทองเหลืองวัสดุดังกล่าวเหล่านี้ใช้ได้กับน้ำยาต่างๆ ไป ยกเว้นท่อทองแดงไม่สามารถใช้กับน้ำยาแอมโมเนีย ท่อทองแดงมีข้อดีคือน้ำหนักเบา มีความต้านทานการกัดกร่อนสูง ติดตั้งได้สะดวกกว่าท่อเหล็ก

อุปกรณ์กรองน้ำยา ตัวกรองน้ำยาจะประกอบด้วยไส้กรองเป็นตะแกรงละเอียดทำด้วยบรอนซ์ หรือ monel สามารถถอดออกเพื่อทำความสะอาดได้ง่าย โดยไม่ต้องถอดท่อน้ำยาใดๆ ตัวกรองน้ำยาดังกล่าวนี้ควรจะมีการติดตั้งวาล์วปิดน้ำยาสองตัว ก่อนถึงกรองน้ำยาหนึ่งตัวและหลังสิ้นสุดความดันอีกหนึ่งตัว

อุปกรณ์ดักความชื้น อุปกรณ์ดักความชื้นบางครั้งจะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองน้ำยาไปด้วยในตัวในระบบบายพาสนี้ อุปกรณ์ดักความชื้นสามารถติดตั้ง หรือถอดออกได้โดยไม่กระทบกระเทือนต่อการทำงาน ประสิทธิภาพของระบบขณะเดียวกันเมื่อไม่ต้องการใช้ก็สามารถปิดได้

อุปกรณ์แยกน้ำมัน น้ำมันหล่อลื่นในระบบทำความเย็นทำหน้าที่หล่อลื่นคอมเพรสเซอร์ แต่ในขณะที่คอมเพรสเซอร์อัดไอน้ำยาจะมีละอองน้ำมันติดออกไปกับน้ำยาด้วย ถ้าไม่มีการดักน้ำมันหล่อลื่นจะทำให้ปริมาณน้ำมันที่ใช้หล่อลื่นคอมเพรสเซอร์มีไม่เพียงพอ

คุณสมบัติทั่วไปของเครื่องทำความเย็นแบบหอยโข่ง

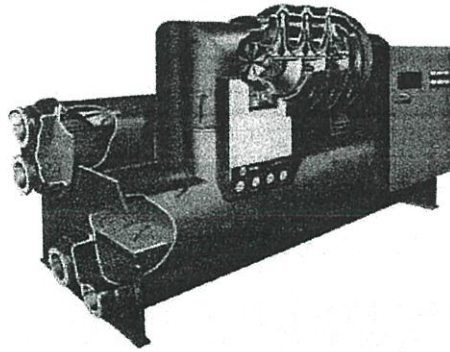
1. เครื่องทำความเย็นแบบหอยโข่งเป็นรุ่นที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ มีชุดอุปกรณ์ทำความเย็น (Cooler) ชุดอุปกรณ์ระบายความร้อน (Condenser) และอุปกรณ์อัดสารทำความเย็น (Compressor) อยู่ในแท่นเครื่องเดียวกัน โดยสามารถแยกประกอบชิ้นส่วนแต่ละชุดได้โดยไม่ต้องใช้วิธีตัด หรือเชื่อมการทำงานในระบบใช้สารทำความเย็น HCFC-123 หรือ HFC-134a เป็นสารเก็บและคลายความร้อนในระบบทำความเย็น (Refrigerant system) แท่นนี้คอมเพรสเซอร์ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งใช้กับกระแสไฟฟ้าที่มีแรงดัน 380 Volt 3 Phase 50 Hz เครื่อง

ทำความเย็นและชุดอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ต้องประกอบเข้าด้วยกันจนเรียบร้อยสำเร็จรูปจาก โรงงานผู้ผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกาตามมาตรฐาน ANSI/ASHRAE/ARI ปีล่าสุด

2. เครื่องทำความเย็นต้องผ่านการทดสอบการทำงานของระบบควบคุม และการติดตั้ง สายไฟอย่างถูกต้องและปลอดภัยโดยอุปกรณ์ต่างๆสามารถทำงานได้ถูกต้องและครบถ้วน

3. เครื่องทำความเย็นจะต้องสามารถทำงานภายใต้ภาระความเย็น(Partial Load capacity) ในช่วง 20 % จนถึง 100 % ได้โดยไม่เกิดความผิดปกติของเครื่องทำความเย็น (Surge) โดยที่ผู้เสนอ ราคาจะต้องแนบข้อมูลทางด้านเทคนิคที่ประกอบด้วย ความสามารถในการทำความเย็นที่สภาวะ ต่างๆ ตั้งแต่ 20 % ถึง 100 % เป็นลำดับที่ละ 10 % ที่อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์แบบ Constant Condenser Water Temperature โดยไม่เกิดการ Surge กับตัวเครื่อง โดยให้ส่งมาพร้อม ลงหนังสือเสนอราคาด้วย

4. เครื่องทำความเย็นทุกชุดจะต้องได้รับการทดสอบการทำงานที่สภาวะ Full Load และ Unload 20 % ที่อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์แบบ Constant Condense Water Temperature ตาม ARI Standard 550/590 จากโรงงานผู้ผลิตและต้องส่ง Certified Test Report มาให้ผู้รับจ้างก่อน ส่งมอบเครื่องทำความเย็นเมื่อติดตั้งเสร็จแล้วต้องทดสอบเดินเครื่องให้ได้ตาม Certified Test Report ด้วยเครื่องทำความเย็นและอุปกรณ์ (Chiller Equipment)



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างส่วนประกอบเครื่องทำความเย็นแบบหอยโข่ง

1. คอมเพรสเซอร์ (Compressor) เป็นแบบ Hermetic Centrifugal Type ใช้สารทำความ เย็น HCFC-123 หรือ HFC-134a ขับเคลื่อนโดยตรงด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (Direct Drive) หรือมีชุด เพื่องทครอบเป็นแบบ Helical Gear มอเตอร์ของคอมเพรสเซอร์เป็นแบบ Hermetic Seal มีชุด ควบคุมปริมาณไอสารความเย็นที่สามารถปรับได้ ตามภาระความเย็นของเครื่องอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นแบบ Modulating Variable Inlet Guide Vanes

2. ชุด Impeller จะต้องผ่านการปรับความสมดุลแบบสถิตย์ (Statically Balancing) และแบบพลวัต (Dynamically Balancing) การทดสอบการหมุนใช้วิธี Over speed test โดยไม่ เกิดการสั่นสะเทือนเกินมาตรฐานของโรงงานผู้ผลิต ชุด Impeller จะต้องได้รับการออกแบบและ

สร้างขึ้นด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยและเป็นที่ยอมรับว่าสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถป้องกันชุด Compressor ไม่ให้เกิดอาการผิดปกติ (Surge) ในสภาวะการทำงานที่มีภาระความเย็นต่ำ (Part Load)

3. มอเตอร์คอมเพรสเซอร์มอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อนเครื่องทำความเย็นเป็นแบบ Hermetic Seal Low Slip Squirrel Cage Induction Type การระบายความร้อนของชุดคอมมอเตอร์เป็นแบบอาศัยสารทำความเย็นวิ่งผ่าน (Hermetic or Semi hermetic Compressor) สามารถใช้กับระบบจ่ายกระแสไฟฟ้า 380 โวลต์ 3 เฟส 50 เฮิร์ตซ์ ขนาดกำลังแรงม้าของมอเตอร์จะต้องมีกำลังขับเพียงพอกับความต้องการกำลังแรงม้าสูงสุดของชุด Compressor ในขณะที่เครื่องจักรทำงานที่ Full load มีอุปกรณ์หรือระบบป้องกันความเสียหายต่างๆ จากสาเหตุต่างๆ เช่น อุณหภูมิภายในของชุดคอมสูงเกินพิกัด

4. ระบบหล่อลื่นสำหรับคอมเพรสเซอร์ (Lubrication system) ทำหน้าที่ส่งน้ำมันหล่อลื่นด้วยแรงดัน เพื่อหล่อลื่นและระบายความร้อนให้กับชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักร เช่น เพื่องส่งกำลังแกนเพลลาและแบร์ริง ชิ้นส่วนของระบบหล่อลื่นประกอบด้วยปั้มน้ำมันสำหรับหล่อลื่นมอเตอร์ ใส้กรองน้ำมันหล่อลื่น (Oil Filter) แบบถอดใส่เปลี่ยนได้โดยไม่ต้องถ่าย Refrigerant ออกจากชุดอุปกรณ์ของเครื่องทำความเย็น ชุดระบายความร้อนน้ำมันหล่อลื่น (Refrigerant-cooled oil cooler) Oil sump heater, Oil temperature sensor, Oil pressure sensor และอื่นๆ

5. Cooler and Condenser เป็นแบบ Shell and Tube ประกอบด้วยท่อทองแดงไร้ตะเข็บชนิดประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูง ตัวถังเหล็กกล้า แผ่นเหล็กกล้ายึดท่อ (Steel tube sheet) ฝาครอบท่อน้ำเข้า-ออก เหล็กกล้า (Steel Water Boxes Cover) หัวต่อท่อน้ำเข้า-ออก (Water Nozzle) Shell ต้องทนต่อความดันใช้งาน (Working Pressure) ได้ไม่น้อยกว่า 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ขนาดและจำนวนท่อ (Tubes) ภายในชุดจะต้องเพียงพอและเหมาะสมในการถ่ายเทปริมาณความร้อนให้กับสารทำความเย็น หรือน้ำตามมาตรฐานโรงงานผู้ผลิตท่อน้ำเข้า และออกจาก Evaporator และ Condenser จะต้องอยู่ด้านเดียวกันหมด เป็นแบบ Marine Type เพื่อสามารถถอดเปิดส่วนหัว-ท้าย ของ Heat exchanger ได้สะดวกในการล้าง และบำรุงรักษาอุปกรณ์ชิ้นส่วนภายใน โดยไม่ต้องถอดท่อออก Valve พิเศษ สำหรับการกักเก็บน้ำยาในตัวเครื่อง เพื่อลดระยะเวลาและ การสูญเสียน้ำยาในการซ่อมบำรุงชุด Evaporator ท่อ Suction ชิ้นส่วนอุปกรณ์อื่นๆ ที่จำเป็นต้องป้องกันความชื้นจับตัวควบแน่นที่ผิว จะต้องหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อนชนิด Close cell Insulation ขนาดความหนาไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว โดยตลอด ระบบควบคุมความเย็น (Refrigerant Control) เป็นแบบ Float type Metering Valve หรือแบบ Thermal Expansion valve หรือแบบ Electronic Expansion valve หรือแบบ Multiple Orifice Purge Unit เครื่องทำความเย็นที่ใช้สารทำความเย็น HCFC จะต้อง มี Purge Unit ไว้เพื่อกำจัดอากาศหรือ Non-Condensable Gas ออกจากระบบน้ำยาจะต้องประกอบด้วย Air or Water Cooled Motor Driven Dry Compression Condensing Unit Oil Separator หรือ

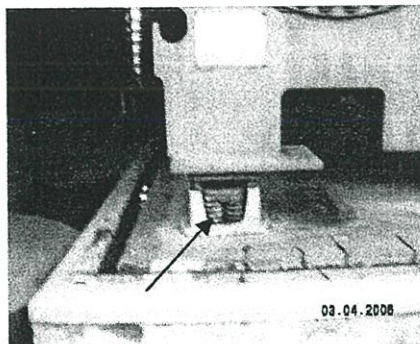
อาจจะเป็นชนิด Self-Condensing Thermal Type ที่มีระบบท่อและเครื่องมือวัดและเครื่องควบคุมพร้อมเสร็จอุปกรณ์ได้แก่อากาศนี้ จะต้องถูกออกแบบมากับเครื่องทำความเย็นและมีลักษณะการทำงานแบบอัตโนมัติ แผงชุดเริ่มเดินเครื่อง (Starter panel) แผงชุดเริ่มเดินเครื่องเป็นแบบติดตั้งอิสระแยกจากเครื่องทำความเย็น (Free standing unit) ตัวแผงและอุปกรณ์ที่ติดตั้งจะต้องมีความปลอดภัยตามมาตรฐาน NEC.NEMA หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่ามีอุปกรณ์ของชุดเริ่มเดินเครื่องคอมเพรสเซอร์ (Compressor Starter) ต้องสามารถเข้ากับระบบจ่ายกระแส ไฟฟ้า 380 โวลต์ 3 เฟส 50 เฮิร์ตซ์ ชุด Starter ของเครื่องทำความเย็นขนาดไม่เกิน 400 ตันความเย็นเป็นแบบ Wye-Delta Closed Transition ถ้าเครื่องทำความเย็นขนาดเกิน 400 ตันความเย็น ให้ใช้แบบ Auto-Transformer Closed Transition มีอุปกรณ์เริ่มเดินเครื่อง (Starter) และอุปกรณ์ป้องกัน Over Load สำหรับเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ติดตั้งกับเครื่องทำความเย็น เช่น Oil Pump อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยมีอุปกรณ์หรือระบบที่สามารถป้องกันกันเสียหายของมอเตอร์ Compressor และตรวจวัดค่าทางไฟฟ้า

6. มีระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าให้อุปกรณ์ย่อยอื่นๆ เช่น Oil Pump Oil Heaters



ภาพที่ 2.10 เครื่องควบคุมเครื่องทำความเย็น

7. แผงควบคุมเครื่องทำความเย็น เป็นแผงควบคุมแบบ Microprocessor ที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ชุดแผงควบคุมจอแสดงผลเป็นกด การเดินสายทั้งหมดตามมาตรฐานผู้ผลิตอุปกรณ์จะต้องประกอบและติดตั้งครบถ้วนสำเร็จจากโรงงาน Monitoring ต้องแสดงได้อย่างน้อย 2 ภาษา คือ อังกฤษ ไทย



ภาพที่ 2.11 สปริงกันกระเทือน

8. อุปกรณ์ป้องกันการสั่นสะเทือนเป็นแบบ Spring Vibration Isolator มีค่าการยุบตัว (Static Deflection) ไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว การขนส่งหรือเคลื่อนย้ายเครื่องจะต้องมีชุดอุปกรณ์ป้องกันตัวเครื่องไม่ให้เกิดความเสียหายแตกหักเสื่อมชำรุด เกิดสนิมกัดกร่อนและอื่นๆ ที่ได้อธิบายในคู่มือแนะนำจากผู้ผลิต

9. เครื่องทำความเย็นจะต้องบรรจุน้ำมันหล่อลื่น และสารความเย็นหรือสารไนโตรเจน เพื่อรักษาความดันภายในระบบไว้ก่อนการติดตั้ง

10. ตัวเครื่องทำความเย็นต้องมีแผ่นป้ายแสดงสมรรถนะของเครื่อง Model หมายเลขเครื่อง (Name plate) และชนิดของสารทำความเย็น

หอระบายความร้อน (Cooling Tower)

1. ขอบเขตของหอระบายความร้อนขนาดใหญ่ ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากน้ำ ใช้กับเครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยน้ำการทำงานก็คือ นำน้ำที่ใช่แล้วกลับมาใช้อีกโดยให้น้ำผ่านเครื่องควบแน่นลงในหอหล่อเย็น แล้วเติมน้ำประปาทดแทนน้ำส่วนที่ระเหยไป ภายในหอหล่อเย็นจะมีอากาศจากบรรยากาศไหลผ่านน้ำร้อนที่ฉีกลงมาในถังเพื่อให้เย็น

2. คุณลักษณะเฉพาะ ความสามารถของคูลลิ่งทาวเวอร์กำหนดเป็นมาตรฐานหน่วยเป็นตัน 1 ตัน = 3900 Kcal/hr ณ อุณหภูมิกระเปาะเปียก 27°C หรือความสามารถที่ระบายความร้อนที่ 37°C เป็น 32°C อัตราการไหล 13 ลิตร/นาที อุณหภูมิกระเปาะเปียก 27°C ความสามารถของคูลลิ่งทาวเวอร์เปลี่ยนไป

2.1 ช่วงอุณหภูมิระบายความร้อนเท่ากับความแตกต่าง ระหว่างน้ำร้อนกับน้ำเย็นคูลลิ่งทาวเวอร์รุ่นเดียวกันที่มีอัตราการไหลของน้ำเท่ากัน ช่วงอุณหภูมิระบายความร้อนสูงจะทำให้คูลลิ่งทาวเวอร์มีความสามารถระบายความร้อนได้มากกว่า

2.2 อุณหภูมิกระเปาะเปียก ถ้าอุณหภูมิกระเปาะเปียกสูงความสามารถของคูลลิ่งทาวเวอร์จะน้อยลง

2.3 อุณหภูมิแตกต่างระหว่างอุณหภูมิเย็นกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก คูลลิ่งทาวเวอร์ จะมีความสามารถต่ำลงในกรณีที่อุณหภูมิน้ำเย็นกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกใกล้เคียงกัน

2.4 อัตราการไหลของน้ำ อัตราการไหลของน้ำที่พอเหมาะควรจะใกล้เคียงกับอัตราการไหลที่กำหนดในแคตตาล็อก ถ้าน้ำไหลมากหรือน้อยเกินไปจะมีผลต่อความสามารถในการระบายความร้อนของน้ำ น้ำไหลมากเกินไปทำให้ทำจ่ายน้ำหมุนเร็วเกินไปการสูญเสียสูงและทำให้อากาศไหลได้น้อยลง น้ำไหลน้อยเกินไปทำจ่ายน้ำอาจจะไม่หมุนหรือหมุนได้ช้าการจ่ายน้ำบนฟิลเตอร์ไม่ทันถึงจึงทำให้เสียอากาศไปเปล่าประโยชน์

3. หลักการทำงานของหอระบายความร้อน อาศัยหลักการระเหยของน้ำที่จะทำให้น้ำเย็นลงโดยการนำน้ำที่ร้อนหลังจากผ่านคอนเดนเซอร์ ซึ่งจะมีอุณหภูมิประมาณ 38°C มาฉีดเพื่อให้สวนทางกับลมที่เกิดจากความกดของพัดลมของหอระบายความร้อน ขั้นตอนนี้จะทำให้น้ำระเหยและระบายความร้อนให้กับลมเมื่อตกลงมาที่อ่างรับน้ำ ก็จะมีอุณหภูมิลดเหลือประมาณ 32°C สามารถนำกลับไปใช้ในการระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ได้ใหม่น้ำบางส่วน (ประมาณ 2 - 3 %) ของปริมาณน้ำหมุนเวียนทั้งหมดจะสูญเสียไป เนื่องจากการระเหยบ้างโดยพัดลมเป่าไปบ้าง ล้นบ้าง จึงต้องมีการเติมน้ำเข้ามาชดเชย ซึ่งเพียงแค่ชดเชยเท่านั้น ก็มักจะประมาณเท่ากับการใช้น้ำในอาคารสำหรับส่วนห้องน้ำของอาคารทั้งหมด

การระบายความร้อนด้วยน้ำ มีประสิทธิภาพสูงกว่าการระบายความร้อนด้วยอากาศ เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำที่ต่ำกว่าอากาศ และการถ่ายเทความร้อนผ่านน้ำจะมีประสิทธิภาพดีกว่า การถ่ายเทผ่านอากาศอย่างไรก็ตาม การใช้ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ ทำให้ต้องมีระบบท่อน้ำระบายความร้อน (Condenser Water System) เพิ่มขึ้นอีก 1 ระบบ ต้องใช้น้ำมากขึ้นและยังต้องการดูแลระบบน้ำนี้เพิ่มขึ้น เพราะน้ำจะแห้งไม่ได้ ต้องเดินหอระบายความร้อน ต้องเติมสารเคมี เพื่อป้องกันการเกิดตะกรัน และตะไคร่น้ำ และต้องรักษาทำความสะอาดคอนเดนเซอร์ และหอระบายความร้อนด้วย นอกจากนี้ขนาดถังน้ำสำรองใต้ดินก็จะมีขนาดใหญ่ขึ้นอีกเท่าตัว เพื่อสำรองน้ำใช้ในการเติมหอระบายความร้อนสถานที่ตั้งหอระบายความร้อนก็มีความสำคัญ เพราะละอองน้ำจากหอระบายความร้อนทำให้เกิดความชื้น หากมากระทบกับอาคารก็จะมีละอองคราบน้ำที่ ละอองน้ำจากหอระบายความร้อน หากโดนกระจกหรืออาคารจะทำให้สกปรกยากต่อการทำความสะอาด และถ้าย้อนกลับมาเข้าทางช่องอากาศบริสุทธิ์ ก็จะทำให้ภายในอาคารมีความชื้นสูง อาจมีเชื้อรา และยังสามารถได้รับแบคทีเรียที่เรียกว่า Legionella ซึ่งมีผลทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจได้

หอระบายความร้อนมักจะมีขนาดใหญ่ และต้องการการระบายอากาศที่ดีจึงจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ในการออกแบบสถาปัตยกรรม จึงจะต้องพิจารณาดำแหน่งของหอระบายความร้อนตั้งแต่เริ่มแรก จึงจะสามารถทำให้เกิดความกลมกลืนกับอาคาร และไม่น่าเกลียด เมื่อมองจากภายนอกอาคารหากติดตั้งไว้ใกล้กับพื้นที่ที่ไม่ต้องการเสียงรบกวนหรือการสัมผัสเพื่อนรบกวน เช่น ห้องประชุม สำนักงานผู้บริหาร อพาร์ทเมนต์ ห้องออกอากาศ ฯลฯ จะต้องพิจารณาดำเนินการลดความสั่นสะเทือน และจะต้องกำหนดให้ผู้ผลิตหอระบายความร้อนเลือก ใช้พัดลมที่มีระดับเสียงต่ำ

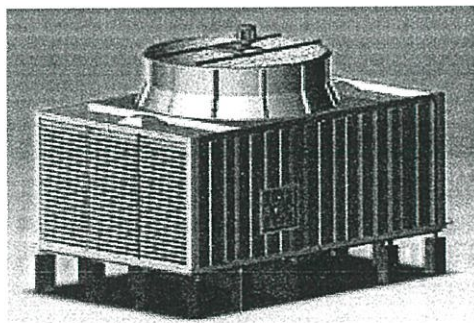
ในบริเวณที่มีความวิกฤตเรื่องความดังของเสียง เช่น โรงแรม โรงพยาบาล จะต้องพิจารณาว่าเสียงของหอระบายความร้อนจะรบกวนหรือไม่ หากรบกวนก็จะต้องใช้รุ่นที่เรียกว่า Low Noise หรือติดตั้งกล่องเก็บเสียงเพิ่มเติม

การลดการสั่นสะเทือนจากหอระบายความร้อน เป็นเรื่องยากเหมือนกันเพราะพัดลมอันเป็นต้นกำเนิดของการสั่นสะเทือนมักจะเดินที่รอบต่ำ (ประมาณ 600 รอบ/นาที) จึงกำจัดการ

ต้นสะเทือนยากกว่าอุปกรณ์อื่นเช่น เครื่องสูบน้ำ ซึ่งจะเดินที่รอบสูงกว่า (ประมาณ 1,450 รอบ/นาที หรือ 2,900 รอบ/นาที) หากใช้สปริงที่มีการยุบตัวมาก ทำให้ยากต่อการควบคุมการแกว่งของ ใบพัดลมที่อาจจะไปตีกับตัวถังได้ การติดตั้งสปริงมักติดตั้งที่ชุดตัวพัดลมเลย จะไม่นำสปริงไปรองรับหมาะบายความร้อนทั้งตัว เนื่องจากมีน้ำหนักมาก และยุ่งยากส่วนการลดเสียงจะใช้วิธีเลือก พัดลมที่มีระดับเสียงต่ำ หากระดับเสียงยังสูงเกินไปอีก (โดยทั่วไปไม่ควรจะเกิน 60 เดซิเบล-เอ) อาจจะต้องติดตั้งกล่องเก็บเสียงเพิ่มเข้าไปเครื่องปรับอากาศ มักจะอาศัยการส่งลมโดยใช้ระบบท่อ ลมเช่นกัน เนื่องจากต้องการให้ได้การกระจายลมที่ดี และป้องกันเสียงจากคอมเพรสเซอร์ที่มีอยู่ใน เครื่องที่มีเสียงดัง การส่งลมโดยทั่วไปจะเป็นแบบปริมาณลมคงที่ (Constant Air Volume, CAV) ซึ่ง หากลมหมุนเวียนผ่านคอยล์เย็นต่ำเกินไป จะเกิดอาการหิมะจับที่คอยล์ (Freezing) ได้ ดังนั้น ปริมาณลมหมุนเวียนของเครื่องปรับอากาศ โดยทั่วไปจึงเป็นแบบคงที่ แต่เครื่องรุ่นใหม่ ได้มีการ พัฒนานำระบบการควบคุม โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ ในการควบคุมระบบน้ำยาและ คอมเพรสเซอร์ ทำให้สามารถจะใช้กับระบบการส่งลมแบบแปรเปลี่ยน (Variable Air Volume, VAV) ได้ด้วย แต่ราคาแพงขึ้น และยังมีผลคืออยู่เพียงไม่กี่ยี่ห้อ

ในกรณีที่เราใช้การระบายความร้อนสำหรับเครื่องทำความเย็น เป็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled) ไม่ว่าจะเป็นเครื่อง Pakaged Water Cooled Air-conditioner หรือ Water Cooled Chilled ก็จะต้องมีระบบท่อน้ำระบายความร้อนนี้

ระบบนี้จะประกอบด้วยหอรบายความร้อน (Cooling Tower) ท่อน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Piping) และเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Pump) โดยเครื่องสูบน้ำระบายความร้อนจะทำหน้าที่ขับเคลื่อนน้ำระบายความร้อนผ่านคอนเดนเซอร์ ของเครื่องทำ

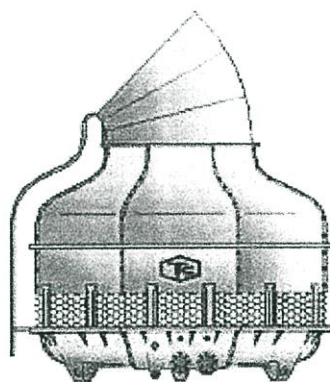


ภาพที่ 2.12 หอระบายความร้อน (Cooling Tower)

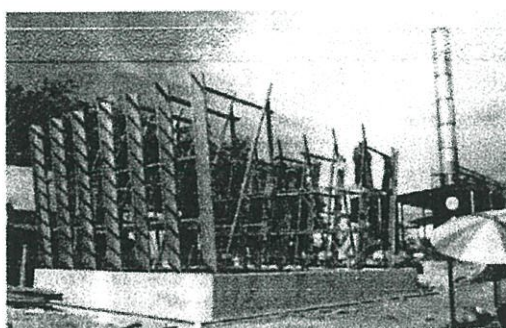
น้ำเย็น เมื่อน้ำร้อนขึ้นจากประมาณ 32°C - 38°C ก็จะถูกส่งไปยังหอรบายความร้อน ซึ่งจะให้น้ำเย็นลงและนำกลับมาใช้ระบายความร้อนใหม่วนไปอย่างนี้เรื่อยๆ อย่างไรก็ตามระบบนี้นับเป็นระบบเปิด (Open System) เนื่องจากหอรบายความร้อนมีลักษณะเป็นหอน้ำ และเมื่ออ่างรับจึงไม่จำเป็นต้องมีถังสำหรับการขยายตัวของน้ำอีก การเติมน้ำก็จะเติมที่อ่างของหอรบายความร้อนเลย

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่า หอระบายความร้อนนั้นใช้น้ำเป็นปริมาณมาก เนื่องจากการระเหยของน้ำส่วนหนึ่ง การที่น้ำโดนพัดลมของหอระบายความร้อนดูดทิ้งเองส่วนหนึ่ง การที่น้ำล้นทิ้งส่วนหนึ่งรวมทั้งการที่ต้องระบายทิ้ง ของปริมาณน้ำหมุนเวียนและมากพอๆ กับการใช้น้ำสำหรับกิจกรรมอื่นๆ ทั้งหมดในอาคารเลยทีเดียว อุณหภูมิในระบบน้ำยังเหมาะกับการเกิดตะกอนตะไคร่และเชื้อแบคทีเรียอีกด้วย จึงต้องมีการเติมสารเคมีเพื่อป้องกันสิ่งเหล่านี้ หากไม่แล้วประสิทธิภาพของระบบอาจจะลดลงได้

ตำแหน่งที่ตั้งหอระบายความร้อน จะต้องพิจารณาดังแต่เริ่มต้นการออกแบบอาคาร โดยจัดให้มีพื้นที่พอเพียงมีการระบายอากาศที่ดี ไม่รบกวนบริเวณข้างเคียงไม่อยู่ใกล้ตำแหน่งของการนำอากาศบริสุทธิ์เข้าอาคาร โดยตรวจสอบทิศทางลมด้วย นอกจากนี้จะต้องดูความสูงของหอระบายความร้อนด้วยซึ่งมักจะมี ความสูง 3-6 เมตรเลยทีเดียว



ภาพที่ 2.13 ปล่องระบายความร้อนของหอระบายความร้อน

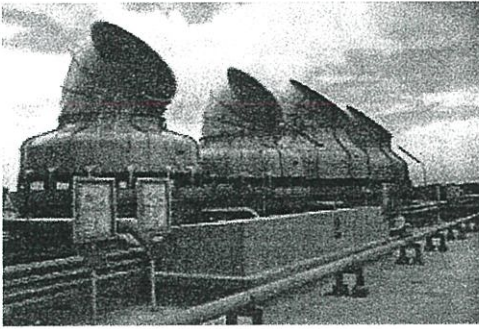


ภาพที่ 2.14 หอระบายความร้อนระหว่างการติดตั้ง

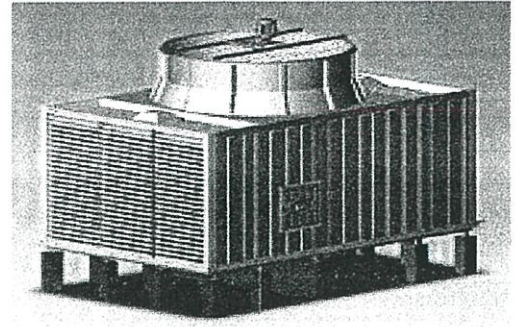
4. โครงสร้างของหอระบายความร้อน

โครงสร้างของหอระบายความร้อนมีหลายรูปแบบ แต่ที่นิยมเห็นมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ แบบที่มีรูปเป็นถังวงกลม ทำด้วยไฟเบอร์กลาส มีการออกแบบเป็น Counter Flow แบบนี้จะมีราคาถูกแต่ประสิทธิภาพต่ำและใช้น้ำมาก อีกแบบคือทรงสี่เหลี่ยมทำด้วยไฟเบอร์กลาสหรือกระ

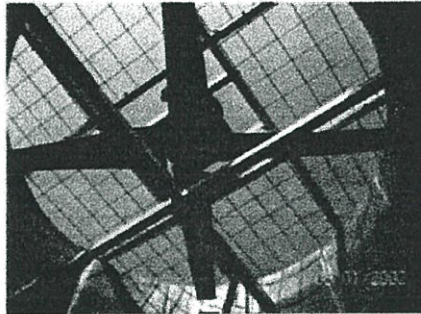
เมื่อหรือโลหะมีการออกแบบเป็น Cross Flow แบบนี้จะมีราคาแพงกว่าแต่ประสิทธิภาพสูงใช้พื้นที่น้อยกว่า และใช้น้ำน้อยกว่าถึงประมาณ 30%



ภาพที่ 2.15 ก. แบบที่มีรูปเป็นถึงวงกลม



ภาพที่ 2.15 ข. แบบที่มีรูปเป็นทรงสี่เหลี่ยม



ภาพที่ 2.16 พัดลมของหอบายความร้อน

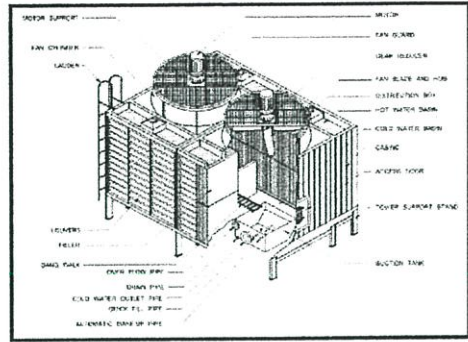
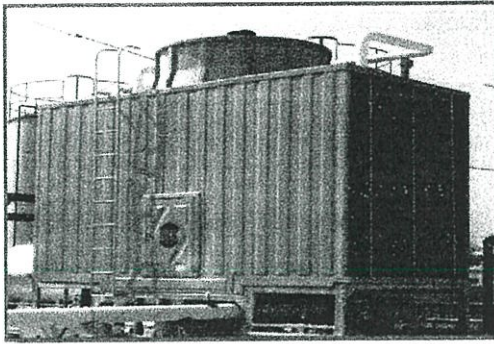
ระบบท่อน้ำทิ้ง (Condensate Drain) ในห้องปรับอากาศ โดยปกติจะมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 55% ที่อุณหภูมิ 23-24°C ซึ่งอากาศภายนอกจะมีความชื้นสัมพัทธ์ 70-80% ที่อุณหภูมิ 30-35°C และอาจสูงถึงเกือบ 100% บ่อยในหน้าฝน ดังนั้นเครื่องปรับอากาศนอกจากจะมีหน้าที่ลดอุณหภูมิอากาศลงแล้ว ยังมีหน้าที่ลดความชื้นลงด้วย

อากาศเมื่อผ่านคอยล์เย็นจะกระทบกับผิวของคอยล์เย็น และเกิดการกลั่นตัวของความชื้นในอากาศที่ผิวคอยล์เย็นนี้จะกลายเป็นหยดน้ำไหลลงมา ดังนั้นที่ได้คอยล์เย็นจะมีถาดน้ำทิ้ง เพื่อรองรับปริมาณน้ำในอากาศที่เกิดจากการกลั่นตัวของความชื้นนี้ เพื่อไม่ให้หยดเลอะเทอะ หลังจากนั้นจะมีท่อน้ำทิ้งที่เรียกว่า Condensate Drain เพื่อนำน้ำนี้ไปทิ้งต่อไป ท่านที่ใช้เครื่องปรับอากาศที่บ้านก็จะพบเห็นท่อน้ำทิ้งนี้ และเมื่อเดินเครื่องปรับอากาศก็จะมีน้ำไหลออกมา ท่อนี้จะต้องหุ้มฉนวนเช่นกัน เพราะน้ำทิ้งนี้มีความเย็น ไม่เช่นนั้นอาจจะมีน้ำเกาะที่ท่อนี้

เมื่อวางแผนติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ก็อย่ามองข้ามเรื่องการเดินท่อน้ำทิ้งนี้เสีย เพราะท่อน้ำทิ้งจะต้องมีทางให้เดิน มีตำแหน่งให้ทิ้ง และจะต้องมีความลาดเอียง เพื่อให้สามารถระบายน้ำทิ้งได้โดยสะดวก หากไม่แล้ว วันดีคืนดี น้ำก็อาจล้นออกที่ถาดน้ำทิ้งได้

ในการติดตั้งมักจะต้องติดคอก้านเล็กๆ (Trap) เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องปรับอากาศดูดลมจากภายนอกห้องย้อนเข้ามาตามท่อ ซึ่งอาจจะมีกลิ่น รวมทั้งอาจจะทำให้น้ำไหลไม่สะดวกได้

เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างบางรุ่น ต้องการตัดปัญหาการเดินท่อน้ำทิ้ง จึงออกแบบให้ใบพัดลมระบายความร้อนช่วยชักน้ำทิ้งมาสกนที่คอยล์ร้อน แล้วอาศัยให้ระเหยไปเลย แต่อย่างไรก็ตาม พอลเครื่องเก่า น้ำก็อาจจะหยดจากเครื่องได้เหมือนกัน



ภาพที่ 2.17 ก. คูณลิ่งทาวเวอร์

ภาพที่ 2.17 ข. ส่วนประกอบของคูณลิ่งทาวเวอร์

5. ส่วนประกอบของคูณลิ่งทาวเวอร์

มอเตอร์ (Motor) เป็นต้นกำลังที่ใช้ขับเคลื่อนใบพัด ทำงานอยู่ในที่เปียกชื้นจึงต้องเป็นมอเตอร์ แบบปิดและกันน้ำได้สมบูรณ์ ชิ้นส่วนของมอเตอร์จะต้องทนต่อความชื้นได้ดีอีกด้วย

เกียร์ทดรอบ(Gear Reducer) คูณลิ่งทาวเวอร์ขนาดใหญ่ต้องการอัตราความเร็วของอากาศสูง ใบพัดจึงต้องมีขนาดใหญ่ ความเร็วปลายใบพัดสูง ซึ่งจะทำให้เกิดความเสียดทานมากและประกอบกับความต้องการประสิทธิภาพของใบพัดสูงจึงต้องลดความเร็วรอบใบพัด โดยใช้ระบบเกียร์ทดเป็นตัวครอบ ซึ่งจะได้เปรียบในด้านการประหยัดพลังงานไฟฟ้า อายุการใช้งานยาวนาน และการบำรุงรักษาบ่อย

พัดลม (Fan) ทำจากอลูมิเนียมอัดกลึงขึ้นรูปเป็นทรงใบพัด มีหน้าที่ทำให้อากาศไหลผ่าน คูณลิ่งทาวเวอร์เพื่อนำจะได้สัมผัสอากาศในปริมาณมากๆ การระบายความร้อนจากน้ำจะมีความสามารถสูงพัดลมที่เหมาะสมกับงานนี้คือ พัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกนพัดที่ติดตั้งมีประสิทธิภาพสูงไม่สิ้นเปลืองมากเสียงทำงานได้อย่างปลอดภัยแข็งแรงทนทาน

ฐานมอเตอร์ (Motor Support) ทำจากเหล็กชุบสังกะสี (Hot Dipped Galvanized Steel) เป็นตัวรองรับมอเตอร์ เนื่องจากต้องอยู่ในที่เปียกชื้นวัสดุที่ใช้จะต้องป้องกันการเกิดสนิมได้เป็นอย่างดี ฐานมอเตอร์ที่เป็นเหล็กตัวซี จะได้เปรียบในด้านการชุบสังกะสี เนื่องจากไม่มีผิวภายในและเป็นเหล็กหนา

ตัวเปลือกคูณลิ่งทาวเวอร์ (Casting) ทำด้วยไฟเบอร์กลาสเสริมแรงด้วยเส้นใยที่เหนียวจึงแข็งแรง ทนทาน ไม่เป็นสนิม ออกแบบเป็นรูปทรงกลมคล้ายขวดทำให้อากาศไหลได้สะดวก

สูญเสียวัดลมน้อย อากาศเข้าได้รอบด้านและสม่ำเสมอ โอกาสแย่งอากาศกันเมื่อตั้งใกล้กันมีน้อย มีครีบริมเสริมให้แข็งแรง และไฟเบอร์กลาสยังสามารถป้องกันแรงสั่นสะเทือนจากส่วนเคลื่อนไหวที่จะส่งถ่ายไปยังพื้นได้อีกด้วยนอกจากนี้ยังมีน้ำหนักเบา เมื่อเทียบकुल्लिंगทาวเวอร์ที่ตัวเปลือกเป็นไฟเบอร์กลาสทั้งหมดจะดีกว่า เนื่องจากไม่เป็นสนิมทำให้ตัวอาคารสกปรกสนิมแดง ไม่ต้องซ่อมบำรุงรักษาส่วนที่เป็นเหล็กบ่อยๆ อายุการใช้งานยาวนานกว่า

ปล่องลมออก (Fan Cylinder) ติดตั้งอยู่ส่วนบนสุดของโครงสร้างทั้งหมด เป็นช่องทางให้ อากาศไหลออกได้สะดวก และมีตะแกรงป้องกันอันตรายจากใบพัดติดตั้งอยู่ด้านบน

ช่องอากาศเข้า (Louvers) มีตาข่ายพลาสติกกึ่งทึบแสงมองลงจากด้านบนนอกตาข่ายทำหน้าที่ป้องกันวัตถุชิ้นใหญ่ที่อาจถูกลมดูดเข้าไปในकुल्लिंगทาวเวอร์ และยังช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำได้อีกด้วย ช่องอากาศเข้าจึงควรมีตาข่ายปิดสนิท

ระบบจ่ายน้ำ (Distribution Pipe) น้ำร้อนจะเข้ามาตามท่อกลางไหลผ่านหัวจ่ายน้ำที่จ่ายน้ำและออกที่รูจ่ายน้ำ ขณะน้ำไหลออกจากรูจ่ายน้ำจะมีแรงขับเคลื่อนทำให้ท่อจ่ายน้ำหมุน ดังนั้นการกระจายน้ำสู่อุปกรณ์จึงเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

ท่อกลาง (Stand Pipe) ท่อกลางเป็นช่องทางน้ำเข้าไหลผ่านและยังใช้รับน้ำหนัก ท่อจ่ายน้ำหัวจ่ายน้ำ แผ่นกันน้ำและน้ำที่อยู่ภายใน มีการเคลื่อนไหวอีกด้วยดังนั้นท่อกลางควรจะแข็งแรงพอที่จะเป็นเหล็กอบสังกะสีจึงเหมาะกว่าท่อพีวีซี

หัวจ่ายน้ำ (Sprinkle Head) ทำจากอลูมิเนียมอัลลอย น้ำจากปั๊มน้ำเข้าที่ท่อน้ำไหลไปตามท่อกลาง ไปที่หัวจ่ายน้ำและท่อจ่ายน้ำ หัวจ่ายน้ำจะหมุนได้เองโดยอัตโนมัติด้วยแรงขับเคลื่อนของน้ำที่ไหลออกจากท่อจ่ายน้ำ ทำความสะอาดหัวจ่ายน้ำปรับระยะของเส้นลวดที่ขีลปลายท่อให้มีระยะระหว่างท่อกับผิวฟิลเตอร์น้อยๆ แต่ไม่ติดผิวหน้าของฟิลเตอร์ ตรวจสอบความเร็วรอบของหัวจ่ายน้ำและปริมาณน้ำไหล ความหนาแน่นของน้ำที่ตกลงผิวหน้า ควรกระจายสม่ำเสมอและใกล้เคียงกัน

แผ่นกันน้ำกระเด็น (Drift Eliminator) ทำจากไฟเบอร์กลาสขึ้นรูปเป็นทรงเว้ารัศมีติดกับท่อจ่ายน้ำในลักษณะเอียงลงเล็กน้อยทำหน้าที่ลดความเร็วลมขณะน้ำฉีดราดบนฟิลเตอร์ ลมที่ความเร็วต่ำจึงไม่สามารถพาเอาละอองน้ำหลุดลอยไปกับลม ปีกแผ่นกันน้ำจะหันไปทางเดียวกันกับทิศทางไหลของน้ำจากท่อจ่ายน้ำและมีระยะห่างจากผิวหน้าของฟิลเตอร์น้อยๆ

ฟิลเตอร์ (Filter) ทำจากแผ่น Rigid PVC อัดขึ้นเป็นลอนเล็ก ๆ ซ้อนอยู่บนลอนใหญ่ น้ำที่ไหลผ่านฟิลเตอร์จะถูกแผ่นกระจายออกเป็นพื้นที่กว้างบางและไหลช้าลง ซึ่งเป็นผลให้อากาศกับน้ำสัมผัสกันเต็มที่และนานพอ เพื่อให้อากาศได้พาความร้อนออกไปได้มากที่สุดและฟิลเตอร์ที่ดีจะต้องมีประสิทธิภาพในการระบายความร้อนได้ดี แข็งแรงพอที่คนเหยียบย่ำได้โดยไม่เปลี่ยนรูป ทนอุณหภูมิสูง (ประมาณ 7°C) สิ่งสกปรกเกาะตัวยากไม่เปลี่ยนคุณสมบัติเมื่อใช้ไปนานๆ มีช่องทางของน้ำหนักงอหลายๆ ชั้นและทำเป็นชั้นง่ายเพื่อความสะดวกในการทำความสะอาด หรือการเปลี่ยนใหม่

ตะแกรงรองรับฟิลเตอร์ (Filter Support) กรณีคู่อัดล้างทาวเวอร์ตัวใหญ่ๆ จะมีตะแกรง เหล็กกรองป้องกันไม่ให้ฟิลเตอร์แอนตัว หรือหลุดจากการม้วนห้อยลงมาเมื่อใช้ไปนานๆ เหล็กที่ ใช้ทำตะแกรงจะต้องมีการป้องกันการเกิดสนิมเป็นอย่างดี

อ่างน้ำเย็น (Cold Water Basin) ทำหน้าที่รองรับน้ำเย็น ถาดรองรับน้ำที่ดีควรมีค้ำรับ เสริมเพื่อป้องกันการแอนตัวขณะมีน้ำเต็ม

ท่อน้ำเย็น (Hot Water Intel Pipe) น้ำที่เข้าเป็นน้ำร้อน น้ำจะไหลขึ้นไปตามท่อและจ่าย น้ำไปยังท่อจ่ายน้ำ ท่อน้ำบางส่วนจะติดถาวรกับตัวคู่อัดล้างทาวเวอร์ ส่วนนั้นจะต้องมีการป้องกัน สนิมเป็นอย่างดี

ท่อน้ำออก (Cold Water Outlet Pipe) เป็นส่วนที่ขี้อัดถาวรกับตัวคู่อัดล้างทาวเวอร์ติดกัน ส่วนนี้จึงต้องป้องกันสนิมเป็นอย่างดี

ระบบลูกลอย (Automatic Make up Pipe) เป็นตัวควบคุมระดับน้ำในอ่างน้ำเย็น เนื่องจากการทำงานของคู่อัดล้างทาวเวอร์ มีการระเหยตัวของน้ำ จึงต้องมีการเติมน้ำเข้าไปในระบบ ตลอดเวลา ระบบควบคุมน้ำด้วยลูกลอยจึงเหมาะสมกับการใช้งาน

ท่อน้ำล้น (Over Flow Pipe) เป็นช่องทางระบายน้ำทิ้งเมื่อน้ำมีระดับสูงเกินไป เช่น กรณี ลูกลอยขัดข้อง กรณีหยุดเครื่องท่อน้ำล้นจะต้องต่อเรียบร้อยไปเข้ากับท่อระบายน้ำทิ้ง

ท่อระบายน้ำทิ้ง (Drain Pipe) ใช้ปล่อยน้ำเข้าไปในระบบมากๆ กรณีที่ทำความสะอาด คู่อัดล้างทาวเวอร์หรือใช้ระบายน้ำทิ้งเมื่อน้ำในระบบมีสารละลายเข้มข้นมากเกินไป ท่อน้ำทิ้งจึงควร มีวาล์วปิด-เปิดเพื่อความสะดวกในการใช้งาน

ท่อน้ำเติม (Quick Fill Pipe) กรณีที่เติมน้ำเข้าไปในระบบมากๆ น้ำไหลผ่านระบบลูก ลอยได้ช้า จึงใช้ระบบเติมด้วยมือช่วย

ตะแกรงกรองน้ำ (Strainer) ตะแกรงกรองน้ำเป็นตัวป้องกันสิ่งสกปรกที่เป็นชิ้นไม่ให้ เข้าระบบตะแกรงจึงต้องใหญ่และถี่พอ ไม่เป็นสนิมหรือผุกร่อนและต้องยึดแน่นเข้าที่สนิท

6. การสูญเสียน้ำระหว่างที่คู่อัดล้างทาวเวอร์ทำงาน สำหรับการใช้น้ำคู่อัดล้างทาวเวอร์นั้นจะมี ปริมาณน้ำสูญเสียอยู่ตลอดเวลา ซึ่งมีความจำเป็น ต้องหาปริมาณน้ำที่สูญเสียไปเพื่อมาเติมชดเชย ให้มีปริมาณน้ำอยู่ในระบบคงที่อยู่เสมอ

สาเหตุที่ทำให้น้ำในคู่อัดล้างทาวเวอร์ต้องสูญเสียไปมีอยู่ 3 ประการคือ

1. เนื่องจากการระเหยตัว (Evaporation Loss:E) การลดอุณหภูมิของน้ำร้อน ในคู่อัดล้างทาวเวอร์ส่วนใหญ่เกิดจากการระเหยตัวของน้ำ

2. เนื่องจากลมพัดพา (Windage Loss:W) ลมที่พัดไหลผ่านคู่อัดล้างทาวเวอร์ ถ้าเร็วเกินไปและระบบป้องกันน้ำไม่ดี ละอองน้ำก็จะลอยไปกับอากาศทำให้สูญเสียน้ำมาก ทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม สิ่งแวดล้อมสกปรกเปื้อนและสร้างปัญหาให้มาก คู่อัดล้างทาวเวอร์ที่ดีการ สูญเสียน้ำที่ละอองน้ำลอยไปกับอากาศไม่ควรเกิน 0.2% ของน้ำที่ไหลวนอยู่ในระบบ

3. ปริมาณน้ำจากการระบายน้ำทิ้ง (Bleed Off :B) เมื่อน้ำระเหยตัวไปน้ำใหม่จะเข้ามาชดเชยโดยไหลผ่านลูกลอย น้ำที่ระเหยไปเป็นน้ำที่ค่อนข้างบริสุทธิ์ ส่วนน้ำที่เดิมมีสารละลายปนอยู่เมื่อใช้งานไปนานๆ น้ำในระบบจึงมีสารละลายเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เป็นเหตุให้เกิดการกัดกร่อนและตะกอนในระบบน้ำหล่อเย็น สาหร่ายและตะไคร่น้ำเจริญเติบโตเร็วสร้างปัญหาให้กับระบบน้ำหล่อเย็น เพื่อแก้ปัญหาให้กับระบบน้ำหล่อเย็น จึงต้องปล่อยน้ำทิ้งเพื่อรักษาความเข้มข้นของสารละลายในน้ำ

7. การเดินเครื่อง เนื่องจากระบบการทำงานของ Cooling Tower ต้องอาศัยพลังงานลมมาเป็นปัจจัยสำคัญ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของลมจะเกิดขึ้นตลอดเวลา ดังนั้นจึงต้องมีการดูแล Cooling Tower อย่างสม่ำเสมอ โดยเริ่มจากการใช้ Cooling Tower อย่างถูกต้องดังนี้

การเตรียมพร้อมเพื่อเดินเครื่อง Cooling Tower

1. ล้างและเก็บกวาดภายในให้สะอาด
2. เติมน้ำเข้าไปจนลูกลอยปิดที่ระดับที่ตั้งไว้
3. ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีสิ่งแปลกปลอมเข้าไปอุดตามท่อ หรือส่วนต่างๆ
4. หมุนใบพัดด้วยมือดูว่าใบพัดหมุนคล่อง และไม่เสียดสีหรือติดกับส่วนอื่นๆ
5. ตรวจสอบระบบไฟฟ้าว่าถูกต้องตามกำหนด
6. เดินมอเตอร์ให้ใบพัดหมุน 2-3 ชั่วโมง เพื่อตรวจสอบว่ามีการสั่น หรือเสียงดังผิดปกติหรือไม่ พร้อมทั้งดูว่าลมต้องพัดจากด้านล่างขึ้นด้านบนจนถึงทาวเวอร์เท่านั้น
7. ตรวจสอบดูว่าลูกลอยทำงานตามระดับที่กำหนด

การเดินเครื่อง Cooling Tower

1. ระบบปั้มน้ำ
2. เติมน้ำให้เต็มทุกส่วนในระบบ เดินปั้มน้ำสักพัก ไล่เอาอากาศที่ยังค้างอยู่ในระบบ เช่น ตามแนวท่อที่อยู่สูงๆ ออกไปให้หมด
3. เมื่อเดินปั้มแล้วให้ปรับอัตราการไหลของน้ำ จนได้อัตราที่ต้องการ แล้วดูว่าระบบหมุนด้วย ความเร็วรอบตามที่กำหนดไว้หรือไม่
4. เปิดวาล์วท่อน้ำเข้าให้เหมาะสม เปิดวาล์วท่อน้ำออกให้เต็มที
5. เดินปั้มน้ำ ดูหัวจ่ายน้ำจะต้องหมุนด้วยความเร็วตามเกณฑ์กำหนด แผ่นกั้นน้ำกระเด็นที่ติดกับท่อจะต้องเรียบไปกับผิวหน้าของฟิลเตอร์ แต่ต้องไม่ติดผิวหน้าฟิลเตอร์ ตรวจสอบแอมแปร์น้ำมอเตอร์
6. ปรับวาล์วท่อน้ำเข้าให้มีอัตราไหลพอดีกับลูกลอยทาวเวอร์
7. ตรวจสอบการรั่วซึมของถาดรองน้ำและการรั่วซึมของน้ำบริเวณข้อต่อท่อน้ำ

ระบบพัดลม

1. ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีสิ่งกีดขวางทางลมเข้าและออก

2. ถ้ามอเตอร์กินกระแส (แอมแปร์) ไม่ได้ตามที่กำหนดให้ปรับที่มุมของใบพัด แต่ละใบให้กินลมมากหรือน้อย แต่ต้องไม่มากเกินไปจนทำให้รอบมอเตอร์ ทั้งนี้ต้องปรับใบพัดให้เกิดความสมดุลด้วย ไม่เช่นนั้นจะเกิดการสั่นหรือเสียงดังขึ้น

3. ตรวจสอบข้อผิดพลาดที่ต้องเน้นพัลลัมหมุนได้คล่องไม่มีสิ่งกีดขวางการหมุน ระบบเกียร์ก่อนเริ่มเดินเครื่อง

1. ตรวจสอบการยึดฐานเพลาลูกต่างๆ ว่าอยู่ในสภาพเรียบร้อยแข็งแรงหรือไม่
2. ตรวจสอบระดับน้ำมัน ตลอดจนรอยรั่วต่างๆ

เริ่มเดินเครื่อง

1. ทดลองเดินเครื่องทั้งแบบมีโหลดและไม่มีโหลด ตรวจสอบสิ่งผิดปกติ เช่น เสียง การสั่นสะเทือน รอยรั่วของน้ำมัน ความร้อน ถ้ามีสิ่งผิดปกติเหล่านี้ต้องแก้ไขให้เรียบร้อย รั้นอินหลังจาก 500 ชั่วโมงแรกของการใช้งาน ให้ทำการตรวจสอบส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2. ตรวจสอบสลักเกลียว อุปกรณ์ต่อเพลาวางอยู่ในสภาพเรียบร้อยหรือไม่ถ้าพบปัญหาใดๆ ต้องรีบแก้ไข

3. เปลี่ยนถ่ายน้ำมันเกาท์ถึงเติมน้ำมันใหม่และขันปลั๊กทุกจุดให้แน่น

8. ข้อควรระวังระหว่างการใช้งาน

1. สมรรถนะของ Cooling Tower ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำหมุนเวียนปรับปริมาณน้ำให้คงที่เสมอและรักษาความสะอาดภายในตัว Cooling Tower ให้ดีอย่าปล่อยให้เกิดตะกอนหรือตะไคร่

2. ต้องรักษาระดับน้ำให้คงที่เสมอถ้าสูงไปน้ำจะล้นออก ถ้าปล่อยให้ต่ำไป ลูกกลอยไม่ได้ตั้งหรือเสีย หรือมีการอุดตันเกิดขึ้น อากาศจะถูกดูดเข้าไปในระบบได้

3. จงให้ความสนใจเป็นพิเศษเกี่ยวกับ การสั่น เสียงดัง อุณหภูมิของน้ำที่เข้าออก ตลอดจนเรื่องไฟฟ้าและการต่อสายไฟ การสั่นหรือเสียงดังส่วนใหญ่จะเกิดจากการเคลื่อนไหว เช่น ใบพัด มอเตอร์ เกียร์ และตัวต่อเกียร์ อย่ามองข้ามแม้ปัญหาเล็กๆ น้อยๆ

4. ใบพัดหมันตรวจและอย่าปล่อยให้มีส่วนใดแตกใส่ใบพัด โดยเฉพาะตอนที่ใบพัดกำลังทำงาน เพราะอาจจะแตกหักและหลุดไปทำความเสียหายให้ส่วนอื่นๆ หรือแม้กระทั่งสิ่งที่อยู่รอบๆ ตัว Cooling Tower

9. การบำรุงรักษาและควบคุมระบบจ่ายน้ำ

1. ตัวกระจายน้ำ จะต้องล้างทำความสะอาดอย่าปล่อยให้สิ่งสกปรกอุดตัน

2. Casing ทำความสะอาดด้วยน้ำโดยใช้สายยางฉีดหรือใช้ Hi - Presser ฉีดช่วยให้สะดวกและเร็วขึ้น

3. Basin ล้างทำความสะอาดภายในตลอดจนบริเวณข้อต่างๆ และตะแกรงกรองเอาพวกตะกอนและตะไคร่น้ำออก

4. Filling ล้างทำความสะอาดขจัดตะไคร่น้ำ และหินปูนออกถึงสกปรกที่อุดตามส่วนต่างๆ ล้างทำให้ประสิทธิภาพของคูลิ่งทาวเวอร์ลดลง

5. ไบพัด ทำความสะอาดไบพัดให้ใช้แรงขจัด หรือใช้วัสดุเฉพาะตะไคร่ให้สะอาดและขันหัวน็อตที่ยึดไบพัดให้แน่น ตรวจสอบการสั่นหรือเสียงผิดปกติจากไบพัด ไม่ควรใช้ไบพัดที่บิ่นร้าวหรือคดงอ

6. เกียร์ ฟังเสียงผิดปกติของเกียร์ คูการรั่วซึมของน้ำมันเกียร์ที่เพลาไบพัด รอยต่อ ของเสื้อเกียร์และหน้าแปลนมอเตอร์ ตรวจสอบการสั่นคลอนของลูกปืน ระดับน้ำมันเกียร์ น้ำที่ผสมอยู่ในน้ำมันเกียร์ การถ่ายน้ำมันเกียร์ควรทำขณะเครื่องหยุดใหม่ๆ น้ำมันเกียร์ที่ใช้เป็นชนิดเดียวกันกับน้ำมันเกียร์ในเฟืองท้ายรถยนต์ การบำรุงรักษาเกียร์ ควรตรวจสอบระดับน้ำมันทุก 1,000 ชั่วโมง ถ้าระดับน้ำมันลดลง ให้เติมจนได้ระดับเดิม โดยใช้ น้ำมันชนิดเดียวกันเท่านั้น และควรตรวจสอบสลักเกลียวและรอยต่อทุกจุด ว่าอยู่ในสภาพเรียบร้อยหรือไม่เปลี่ยนถ่ายน้ำมันทุก 5,000 ชั่วโมง หรืออย่างน้อยปีละครั้ง และใช้น้ำมันล้างสิ่งสกปรกภายในเสื้อเกียร์ทุกครั้งที่เปลี่ยนถ่ายน้ำมัน

การหล่อลื่น

1. ปริมาณน้ำมันที่เติมในชุดเฟืองทดนั้นขึ้นอยู่กับตำแหน่งการติดตั้ง (ดูตารางปริมาณน้ำมันเกียร์แต่ละรุ่น)
2. เกียร์ที่รอบทุกชุดได้รับการเติมสารหล่อลื่นมาเรียบร้อยแล้ว จากโรงงานแต่อย่างไรก็ตาม ก่อนการใช้งานควรตรวจสอบระดับน้ำมันอีกครั้งหนึ่งตารางแสดงปริมาณน้ำมันของเกียร์ ชนิดของน้ำมันเกียร์ที่ใช้เป็นชนิดเดียวกันกับน้ำมันเกียร์ในเฟืองท้ายแต่รถยนต์เบอร์ตามตารางดังนี้

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงปริมาณน้ำมันของเกียร์

รุ่น	V1/V5	เบอร์น้ำมันเกียร์	ยี่ห้อ
101	3.1	MELLANA OIL 320	MOBIL
121	5.5	OMALA 320	SHELL
082/083	3.5	SPARTAN EP 320	ESSO
102/103	7.2	ENERGOL 320	BP
122/163	14.5		

ตารางที่ 2.4 การตรวจสอบคุณลักษณะ

รายการที่ตรวจเช็ค	ส่วนที่ต้องการตรวจ														
	พัดลม	มอเตอร์	เกียร์	แผ่นกั้นน้ำกระเด็น	ฟิลเตอร์	ถาดรองน้ำ	ระบบจ่ายน้ำ	เปิดนอก	ดูกลอย	ตะแกรงกรองน้ำ	ฐานมอเตอร์	ช่องทางอากาศ	นอตตัวคูลิ่งทาวเวอร์	ระบบน้ำทิ้ง	ปลั๊กระบายอากาศของเกียร์
1. ตรวจสอบเสียงดังผิดปกติ	D	D	D												
2. ตรวจสอบการสั่นสะเทือน	D														
3. ตรวจสอบการอุดตัน							D			D					
4. ตรวจสอบการรั่วซึม			D			D			D						
5. ตรวจสอบระบบน้ำทิ้ง														D	
6. ตรวจสอบระดับน้ำมันเกียร์			W												
7. ตรวจสอบน้ำมันในน้ำมันเกียร์			M												
8. ตรวจสอบน็อต	S	S	S	S		Y	Y					M	Y		
9. ตรวจสอบโครงสร้าง											S				
10. ทำความสะอาด	S	S	S		S	S	M	Y		M		S			M
11. ทาสี	R	R	R								R		R		
12. เปลี่ยนน้ำมันเกียร์			Y												
13. ตรวจสอบลิ้ม	S	S													
14. การหลุดหลวมของสายไฟ	S	S													
15. วัดแอมแปร์พัดลม	D	D													
16. วัดโวลท์พัดลม	D	D													
17. ตรวจสอบความเร็วรอบ							D								

D = ทุกวัน M = ทุกเดือน Y = ทุกปี W = ทุกสัปดาห์ S = ทุก 6 เดือน R = เมื่อมีโอกาส

ตารางที่ 2.5 สาเหตุและการแก้ไขข้อขัดข้อง

ข้อขัดข้อง	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
1. น้ำออกอุณหภูมิต่ำ	<ol style="list-style-type: none"> 1. น้ำไหลมากเกินไป 2. อากาศไหลน้อยเกินไป 3. อากาศที่ออกจากคอยล์ทาวเวอร์ย้อนกลับเข้าตัวคอยล์ทาวเวอร์ 4. ฟिलเตอร์อุดตัน 5. อากาศมีความชื้นสูง 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ปรับวาล์วน้ำเข้าให้ไหลน้อยลง 2. ตรวจสอบมุม ใบพัดและแก้ไขจุดตันของช่องอากาศ 3. ตรวจสอบจุดที่เกิดขวางทางกลม 4. ทำความสะอาดหรือเปลี่ยนใหม่ 5. ไม่สามารถแก้ไขได้
2. น้ำเข้าคอยล์ทาวเวอร์มีอุณหภูมิต่ำ	<ol style="list-style-type: none"> 1. ภาระทางความร้อนต่ำ 2. เลือกรูปแบบคอยล์ทาวเวอร์ตัวใหญ่เกินไป 3. น้ำไหลวนในระบบน้อย 	<ol style="list-style-type: none"> 1. อุปกรณ์ระบายความร้อนอุดตันหรือมีตะกอนหนาให้ทำความสะอาด 2. ความสามารถของคอยล์ทาวเวอร์ลง โดยลดมุมพัดลมหรือปิดคอยล์ทาวเวอร์บางตัว 3. ปรึกษาวิศวกรปรับวาล์วให้น้ำไหลมากขึ้น
3. การสูญเสียน้ำมากเกินไป	<ol style="list-style-type: none"> 1. น้ำในระบบไหลมากเกินไป 2. ท่อน้ำหมุนเร็วเกินไป 3. แผ่นกั้นน้ำปรับไม่ถูกต้อง 4. พัดลมมีความสามารถสูง 5. แผ่นตะแกรงกันอากาศเข้าบกพร่อง 6. ระบบลูกลอยบกพร่องทำให้น้ำล้น 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ปรับวาล์วน้ำเข้าให้มีอัตราไหลเหมาะสม 2. ทำความสะอาดท่อน้ำหรือปรับท่อน้ำใหม่ 3. ปรับแผ่นกั้นน้ำให้เรียบไปตามผิวฟิลเลอร์ 4. ลดมุมเอียงใบพัดให้น้อยลง 5. ยึดแผ่นให้ถูกทิศทางและเรียบร้อย 6. แก้ไขและปรับระดับใหม่

ตารางที่ 2.5 (ต่อ)

ข้อขัดข้อง	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
4. ถังเปลี่ยนน้ำมันเกียร์มาก	<ol style="list-style-type: none"> 1. ซีลบกพร่อง 2. รั่วซึมที่หน้าแปลนมอเตอร์หรือรอยต่อของเสื้อเกียร์ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. เปลี่ยนซีล 2. ถอดออกหาซีลกันรั่วแล้วประกอบเข้าไปใหม่
5. พัดลมสั้นและเสียงดัง	<ol style="list-style-type: none"> 1. ใบพัดสัมผัสสิ่งกีดขวางหรือบิ่นงอ 2. ปรับมุมใบพัดไม่เท่ากัน 3. มีการหลุดหลวมของหัวน็อต 4. ใบพัดไม่สมดุล 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ตรวจสอบใบพัดและสิ่งกีดขวาง 2. ปรับปรุงใบพัดใหม่ 3. ตรวจสอบหัวน็อตและขันให้แน่น 4. ถอดออกมาถ่วงให้สมดุล
6. อัตราการไหลของน้ำน้อย	<ol style="list-style-type: none"> 1. ใ้กรองอุดตัน 2. ระดับน้ำในถาดรองน้ำต่ำ 3. ปุ่มบกพร่องหรือเลือกผิดขนาด 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ทำความสะอาดใ้กรอง 2. ตรวจสอบการทำงานของลูกกลอยและระดับลูกกลอย 3. ตรวจสอบขนาดความสามารถของปุ่มใ้กรองและการรั่วของท่อชุด
7. กระแสไฟฟ้ามากผิดปกติ	<ol style="list-style-type: none"> 1. โวลต์ตก 2. ปรับมุมใบพัดมากเกินไป 3. น้ำไม่ไหลหรือไหลน้อยเกินไป 4. บกพร่องเนื่องจากมอเตอร์ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ตรวจสอบโวลต์ของระบบไฟฟ้า 2. ปรับมุมใบพัดใหม่ให้น้อยลง 3. ตรวจสอบข้อบกพร่องของปุ่มน้ำใ้กรองและระดับน้ำ 4. ปรึกษาช่างไฟฟ้าที่ชำนาญ
8. มีตะกอนมากและสาหร่ายเจริญเติบโตเร็ว	<ol style="list-style-type: none"> 1. ถ่านน้ำทิ้งน้อยเกินไป 2. น้ำเดิมมีความกระด้างสูง 	<ol style="list-style-type: none"> 1. คำนวณ และหาปริมาณน้ำที่ปล่อยทิ้ง 2. ปรึกษบริษัทกำจัดน้ำกระด้าง

ตารางที่ 2.5 (ต่อ)

ข้อขัดข้อง	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
9. มอเตอร์มีเสียงดังผิดปกติ	1. มอเตอร์มีไฟไม่ครบเฟสหรือ โวลต์ไม่สมดุล 2. ลูกปืนมอเตอร์บกพร่อง 3. ขัดข้องในตัวมอเตอร์	1. ตรวจสอบไฟฟ้าที่ไป เลี้ยงมอเตอร์ด้วยเครื่องวัด 2. เปลี่ยนลูกปืนใหม่ 3. ให้ปรึกษาช่างไฟฟ้าที่ ชำนาญ
10. เกียร์มีเสียงดัง	1. มีการขยับตำแหน่งมอเตอร์ 2. น้ำมันแห้ง 3. ลูกปืนเสีย	1. ขยับตำแหน่งมอเตอร์ให้ ถูกต้อง 2. ตรวจสอบระดับและเติม น้ำมันเกียร์ 3. เปลี่ยนลูกปืนใหม่และ ปรับระยะมอเตอร์ให้ ถูกต้อง

ระบบควบคุมความปลอดภัย (SAFETIES)

อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย (Safety Devices) ที่ต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงานอัตโนมัติทำให้เครื่องหยุดได้เองในทันทีและไม่ผิดพลาด (Fail Safe) เมื่อเกิดสภาพการปฏิบัติงานของเครื่องที่ผิดปกติหรือมีขั้นตอนไม่ถูกต้อง โดยอย่างน้อยจะต้องมีอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. HIGH CONDENSER PRESSURE TEMPERATURE
2. LOW AND HIGH REFRIGERANT PRESSURE
3. LOW OIL PRESSURE / LOSS OF OIL FLOW
4. MOTOR OVERLOAD PROTECTION
5. PHASE REVERSE/PHASE LOSS OR PHASE IMBALANCE
6. LOSS OF CHILLED WATER FLOW
7. LOSS OF REFRIGERANT CHARGE/LOW SUCTION SUPER HEAT
8. LOW WATER TEMPERATURE CUTOUT (FREEZE PROTECTION)
9. CHILLED WATER FLOW SWITCH AND AUXILIARY CONTROL OF CHILLED WATER PUMPS STARTER

ระบบควบคุมอัตโนมัติ (Chiller Plant Management System : CPMS)

ข้อกำหนดทั่วไป

1. เป็นระบบควบคุมอัตโนมัติแบบไมโครโพรเซสเซอร์ (MICROPROCESSOR BASED) ออกแบบและพัฒนาด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย สำหรับควบคุมระบบของงานด้าน HVAC โดยเฉพาะ
2. ข้อกำหนดของระบบควบคุมที่แสดงรายละเอียดไว้ในแบบ เป็นรายการข้อกำหนด เพื่อช่วยให้เกิดความเข้าใจถึงการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ และความหมายของชื่ออุปกรณ์ของระบบควบคุมเท่านั้น ดังนั้นชื่อเรียกอุปกรณ์ที่ระบุไว้จึงไม่เป็นข้อกำหนดเฉพาะ ผู้เสนอราคาสามารถเสนออุปกรณ์ต่างๆ ที่มีขีดความสามารถในการทำงานตอบสนองต่อความต้องการของระบบงานตามข้อกำหนดนี้ได้
3. ตัวเครื่องอุปกรณ์ HARDWARES อุปกรณ์ต่อพ่วง อุปกรณ์เครือข่าย และโปรแกรมซอฟต์แวร์ที่เสนอทั้งหมด จะต้องเป็นผลิตภัณฑ์รุ่นล่าสุด และต้องเป็นอุปกรณ์ที่ผลิตสำเร็จรูปได้เกณฑ์มาตรฐานระดับโรงงาน (INDUSTRY STANDARD) ห้ามใช้อุปกรณ์ที่ประกอบขึ้นเองจากชิ้นส่วนต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในงานโดยเด็ดขาด ตัวอย่างเช่น แผ่นวงจรอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น
4. อุปกรณ์นอกเหนือจากแบบแสดงและรายการข้อกำหนด หากจำเป็นต้องจัดหาและติดตั้งเพิ่มเติม เพื่อให้การทำงานของระบบควบคุมงานระบบปรับอากาศ ครอบคลุม การจัดโครงสร้างของระบบควบคุม (SYSTEM CONFIGURATION) เป็นแบบ DISTRIBUTION PROCESSOR CONTROL SYSTEM ซึ่งมีการทำงานในลักษณะของการจัดแบ่งหน้าที่การควบคุมที่เป็นอิสระ (STAND ALONE) และเชื่อมต่อกันเป็นเครือข่ายที่สามารถทำงานสัมพันธ์สอดคล้องซึ่งกันและกัน โดยมีส่วนประกอบหลักดังนี้
 - 4.1 OPERATOR INTERFACE (PC-WORKSTATION)
 - 4.2 FIELD CONTROLLERS
 - 4.3 COMMUNICATION NETWORK
 - 4.4 FIELD SENSOR DEVICES
 - 4.5 SOFTWARES
5. ระบบควบคุมอัตโนมัติจะต้องใช้โปรแกรมการใช้งาน (Application Software) ในการควบคุมการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็น (เฉพาะชุดที่เพิ่มขึ้น) โดยเครื่องสูบน้ำเย็นจะถูกควบคุมการทำงานได้โดยชุด Controller หรือทำงานตามการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น โดยรับสัญญาณคำสั่งเปิดปิดจาก Dry Contact ของเครื่องทำน้ำเย็นก็ได้ ซึ่งจำนวนอุปกรณ์ต่างๆ ตามแบบหรือ Point Schedule ซึ่งมีความจำเป็นจะต้องควบคุมตาม Control Strategies ดังต่อไปนี้

5.1 Time of Schedule เป็นความสามารถในการควบคุมการทำงานและมีคำสั่งหยุดการทำงานได้ตามตารางเวลาที่ตั้งไว้และต้องสามารถที่จะ Force ให้ทำงานต่างไปจากเวลาที่ตั้งไว้ได้ถ้าต้องการ

5.2 การสั่งให้เกิดการทำงานแบบเป็นรอบ (Duty Cycle)

5.3 สามารถกำหนดค่า Demand Limit

5.4 มีความสามารถที่จะสลับการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller Start/Stop Sequential) ได้หลายรูปแบบดังนี้ RUN TIME SEQUENTION, FIX SEQUENTION, ADDED/DROP

5.5 Water Temperature Set/Reset

5.6 จะต้องสามารถแสดง Report , Logging Data และ Export ข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์เพิ่มเติมใน MS-Excel หรือ Windows Application อื่นๆ ได้เพื่อผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลสำคัญๆ ของระบบ โดยชนิดของข้อมูลที่ต้อง Report สำหรับระบบ CPMS อย่างน้อยต้องประกอบด้วย

5.6.1 ENTERING CHILLED WATER TEMPERATURE

5.6.2 LEAVING CHILLED WATER TEMPERATURE

5.6.3 ENTERING CONDENSER WATER TEMPERATURE

5.6.4 LEAVING CONDENSER WATER TEMPERATURE

5.6.5 CHILLED WATER SUPPLY TEMPERATURE

5.6.6 CHILLED WATER RETURN TEMPERATURE

5.6.7 OUTDOOR AIR

5.6.8 ALARM REPORT

5.6.9 HISTORICAL DATA REPORT

5.6.10 INPUT/OUTPUT STATUS

5.7 มีความสามารถในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมดแบบอัตโนมัติ ซึ่งการเพิ่มหรือลดการทำงานของเครื่อง Chiller เพื่อรองรับโหลดจะเป็นตามภาระโหลดขณะนั้น

2.3 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม

2.3.1 การสอนเสริม มีความจำเป็นสำหรับการจัดการเรียนรู้ เพราะจะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับสาระการเรียนรู้มากขึ้น เนื่องจากมีสาระการเรียนรู้ที่ยากและซับซ้อนและระยะเวลาเรียนที่ค่อนข้างจำกัดทำให้ผู้เรียนไม่สามารถเข้าใจได้ จึงมีความจำเป็นจะต้องสอนเสริม

ในบางหมวดวิชาและบางสาระการเรียนรู้ที่มีความยากและซับซ้อน เช่น วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ภาษาอังกฤษ โดยทั้งผู้เรียนและครูร่วมกันวางแผนการสอนเสริม

1. วัตถุประสงค์ของการสอนเสริม

1.1 เพื่อพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอน มุ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้แก่ผู้เรียนให้สูงขึ้น

1.2 เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสาระการเรียนรู้ ของหมวดวิชาที่มีความยุ่งยากซับซ้อนและไม่อาจศึกษาได้ด้วยตนเอง ในหมวดวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ภาษาอังกฤษ

1.3 เพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสดูหาความรู้ จากวิทยากรที่มีความรู้ความสามารถเฉพาะสาขาวิชา

1.4 เพื่อเสริมสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชนในการเข้าร่วมของประชาชนในการเข้ามาเป็นวิทยากรสอนเสริมในรูปแบบอาสาสมัคร

2. วิธีการดำเนินการสอนเสริม ควรทำดังนี้

2.1 ครูและผู้เรียนวางแผนและปรึกษาหารืออันเกี่ยวกับรายละเอียดของหมวดวิชา และสาระ การเรียนรู้ที่จะจัดสอนเสริม

2.2 ครูและผู้เรียนร่วมกันกำหนดวัน เวลา สถานที่ หมวดวิชาและสาระการเรียนรู้และจัดทำแผน หรือปฏิทินการสอนเสริม

2.3 ประสานเชิญวิทยากรหรืออาสาสมัคร หรือจัดหาวิธีทัศนการสอนเสริมในสาขาวิชา เกี่ยวกับสาระการเรียนรู้ที่จะสอนเสริม

2.4 จัดเตรียมสื่อหรืออุปกรณ์ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่วิทยากร หรืออาสาสมัครในการสอนเสริม

2.5 วิทยากรสอนเสริมตามวันเวลาที่กำหนด

2.6 ผู้เรียนเข้ารับการสอนเสริม และบันทึกร่องรอยการเรียนรู้ในสมุดบันทึก

2.7 ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมหรือทำแบบฝึกหัดตามที่วิทยากรกำหนด

การสอนเสริม เป็นการรวมกลุ่มผู้เรียนที่มีปัญหาในสาระการเรียนรู้ที่ยากซับซ้อนในแต่ละหมวดวิชา โดยสามารถเชิญวิทยากร สื่อวีดิทัศน์ ภูมิปัญญาท้องถิ่น ฯลฯ มาเติมเต็มความรู้ให้กับผู้เรียน ซึ่งสามารถทำได้ ในกลุ่มใหญ่ กลุ่มย่อย ตามความเหมาะสมและความต้องการของผู้เรียน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

การสอนเสริม อาจารย์ผู้สอนประจำวิชาหรือชุดวิชา จะต้องปฏิบัติดังนี้

1. กำหนดรูปแบบ ขอบข่าย และเค้าโครงงานให้ชัดเจน

2. จัดการสอนเสริม ให้คำปรึกษา แนะนำนักศึกษาในการทำงาน โครงการ และกิจกรรมตามปฏิทินวิชาการ

3. ให้คำปรึกษาในการทำโครงการ และกิจกรรมให้เสร็จสมบูรณ์ในแต่ละครั้ง

4. ประสานงานกับเจ้าหน้าที่ในการจัดเตรียมอุปกรณ์ สื่อ และข้อมูลสารสนเทศ ประกอบการศึกษาค้นคว้า

ประโยชน์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม ปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทต่อการเรียนการสอนมาก โดยเฉพาะประเทศที่พัฒนาแล้วเพราะสามารถนำมาใช้เป็นสื่อในการสอน หรือจะใช้เป็นสื่อช่วยในการสอนเสริมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้มีผู้ทำการศึกษา ค้นคว้าเกี่ยวกับประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมต่อผู้เรียนหลายประการ กล่าวโดยสรุปคือ

1. ผู้เรียนเรียนได้ตามความซ้ำเร็วของตนเอง ทำให้สามารถควบคุมอัตราเร่งของการเรียนได้

2. การตอบสนองที่รวดเร็วของคอมพิวเตอร์ ทำให้ผู้เรียนได้รับการเสริมแรงที่รวดเร็ว

3. สามารถเอาเสียงดนตรี สี สัน กราฟิก และภาพเคลื่อนไหว ซึ่งทำให้ดูเหมือนของจริงและน่าเข้าใจในการทำการศึกษาปฏิบัติหรือสถานการณ์จำลองได้เป็นอย่างดี

4. ครูผู้สอนสามารถควบคุมการเรียนของผู้เรียนได้ เพราะคอมพิวเตอร์จะบันทึกการเรียน ของผู้เรียนแต่ละบุคคลไว้

5. ความใหม่แปลกของคอมพิวเตอร์จะเพิ่มความสนใจความตั้งใจ ของผู้เรียนมากขึ้น

6. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมให้การเรียนมีประสิทธิภาพ คือ ในแง่ที่ลดเวลาทุ่มแรงผู้สอนและประสิทธิผลในแง่ที่ทำให้ผู้เรียนบรรลุจุดมุ่งหมาย

7. ด้านความรู้สึกผู้เรียนมีความรู้สึกที่ตนเองกำลังเรียน หรือกำลังพูดคุยกับใครคนหนึ่งที่มีความรู้สึก มีอารมณ์ขันมีความชอบไม่ชอบใจ สิ่งเหล่านี้ทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากจะเรียนอยากทราบว่าเฟรมต่อไปจะเป็นอะไรถามว่าอย่างไรจะชมหรือติอย่างไร

8. บทเรียนคอมพิวเตอร์ดีกว่าสื่ออื่นในด้านความสามารถปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน

9. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม ให้เกิดการเรียนรู้ในลักษณะการเรียนรู้รายบุคคลได้ดีสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล เพราะผู้เรียนสามารถเรียนได้ตามความต้องการของตนเอง

10. ความประหยัดในการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ซึ่งมีการลงทุนเพียงครั้งเดียวสามารถใช้งานได้หลายครั้งเป็นเวลายาวนาน และถูกมากในการทำสำเนาบทเรียน

11. สามารถเก็บบันทึกผลการเรียนของผู้เรียนได้ง่าย

12. ให้โอกาสในการสร้างสรรค์และพัฒนานวัตกรรมสำหรับหลักสูตร และวัสดุการศึกษา

13. เพิ่มวิชาสอนตามความต้องการของนักเรียน

14. ช่วยให้มีเวลาสำหรับตรวจสอบและพัฒนาหลักสูตร ตามหลักสูตรวิชาการ

15. เพิ่มวัตถุประสงค์ของการสอนได้เท่าที่จะเป็นไปได้ เช่น การฝึกฟังดนตรี

16. ได้รับความสนใจของผู้เรียนเพราะนำเสนอได้ทั้งภาพและเสียงตลอดจนมีการเสริมแรงให้ผลย้อนกลับในทันทีเมื่อผู้เรียนตอบคำถาม

17. ช่วยแบ่งเบาภาระครูผู้สอน

2.3.2 การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาใช้งาน สามารถกระทำได้หลายลักษณะ ได้แก่

1. ใช้สอนแทนผู้สอนทั้งในและนอกห้องเรียนทั้งระบบสอนแทน บทบาททวนและสอนเสริม

2. ใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนทางไกลผ่านดาวเทียม

3. ใช้สอนเนื้อหาที่ซับซ้อน ไม่สามารถแสดงของจริงได้ เช่น โครงสร้างของโมเลกุลของสาร

4. เป็นสื่อช่วยสอนวิชาที่อันตราย โดยการสร้างสถานการณ์จำลอง เช่น การสอนขับเครื่องบิน การควบคุมเครื่องจักรกลขนาดใหญ่

5. เป็นสื่อแสดงลำดับขั้น ของเหตุการณ์ที่ต้องการให้เห็นผลอย่างชัดเจน และซ้ำเช่น การทำงานของมอเตอร์รถยนต์ หรือหัวใจ

6. เป็นสื่อฝึกอบรมพนักงานใหม่ โดยไม่ต้องเสียเวลาสอนซ้ำหลายๆ คน

7. สร้างมาตรฐานการสอน

2.3.3 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คำว่า "คอมพิวเตอร์ช่วยสอน" ไม่ใช่ CAI หรือ Computer Aided Instruction เพียงอย่างเดียว แต่ยังหมายถึง คำต่างๆ ต่อไปนี้ด้วย

1. CAI - Computer Aided Instruction หรือ Computer Assisted Instruction

2. CBT - Computer Based Training หรือ Computer Based Teaching

3. CBE - Computer Based Education

4. CAL - Computer Aided Learning หรือ Computer Assisted Learning

5. CMI - Computer Managed Instruction

ปรีชา เหล่าพินนา (2547) ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction : CAI) ได้มีผู้ให้ความหมายไว้คล้ายคลึง ดังนี้

เคแอล ซินน์ (K.L. Zinn. 1976 : 28) ได้ให้ความหมายไว้ว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึงการใช้คอมพิวเตอร์แสดงการฝึกฝน ฝึกหัดแบบฝึกหัดและบทบทวนลำดับบทเรียนให้แก่ นักเรียนและบางส่วนของช่วยนักเรียนในด้านการโต้ตอบเกี่ยวกับเนื้อหาของการเรียนการสอน

พรีนิส (Prenis. 1977 : 20) ได้ให้ความหมายว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนหมายถึง คอมพิวเตอร์ที่ช่วยทำให้นักเรียนเรียนรู้รายวิชา ไปทีละขั้นตอน โดยขณะที่มีการเรียนการสอนที่ ขึ้นอยู่กับการตอบสนองของนักเรียนนั้น คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ถามคำถามให้ คอมพิวเตอร์ สามารถย้อนกลับไปสู่รายละเอียดที่ผ่านมาแล้วได้ หรือสามารถให้การฝึกฝนซ้ำให้แก่ นักเรียนได้

นัยนา เอกบุรณวัฒน์ (2539 : 28-29) คอมพิวเตอร์ช่วยสอนหรือโปรแกรมช่วยสอน คือ สื่อที่ใช้ในการเรียนการสอนอันหนึ่ง คอมพิวเตอร์ช่วยสอนคล้ายกับสื่อการสอนอื่นๆ เช่น วีดิโอ ช่วยสอน บัตรคำช่วยสอนและโปรสเตอร์ แต่คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะดีกว่าตรงที่ตัวสื่อการสอน ซึ่งก็คือคอมพิวเตอร์สามารถโต้ตอบกับนักเรียนได้ ไม่ว่าจะเป็นการรับคำสั่งเพื่อมาปฏิบัติ ตอบ คำถามหรือไม่เช่นนั้นคอมพิวเตอร์ก็จะเป็นฝ่ายป้อนคำถาม

บุรณะ สมชัย (2542 : 11-27) คอมพิวเตอร์จะเข้ามาแทนที่การจัดการเรียนการสอนเนื่อง จากประสิทธิภาพในการนำเสนอการจัดการข้อมูล การสื่อสารอย่างไรขอบเขตโดยเฉพาะอย่างยิ่ง แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 ซึ่งเริ่มตั้งแต่ปี 2540 มุ่งพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ ฉะนั้นการจัดการศึกษาจึงเป็น โครงการหลักของรัฐบาลที่ต้องกำหนดนโยบายอันดับแรก ที่จะแสดง ออกถึงประสิทธิภาพของการทำงาน และมีคุณภาพโดยไม่เก็บค่าใช้จ่ายด้วยความสามารถของ มนุษย์ที่พัฒนาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ออกมาทุกๆ ชั่วโมง จนครอบคลุมไปทุกหน่วยงานจน กลายเป็นส่วนสำคัญขององค์กรของสังคม ทำให้บีบบังคับให้ท่านต้องทำโดยมีข้อ กำหนดต่างๆ เพื่อให้ท่านต้องทำ เช่น ข้าราชการร.พ. จะทำปริมาณงานเดือนระดับขั้นจะต้องมีความสามารถในการใช้งานคอมพิวเตอร์อย่างน้อย 1 โปรแกรม ข้าราชการร.ค. ก็กำหนดไว้ในเกณฑ์ การขอกำหนด ตำแหน่งให้สูงขึ้นว่าจะต้องมีความรู้ความสามารถทางด้าน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ฉะนั้น ครูสมัยใหม่หรือครูยุคโลกาภิวัตน์ต้องมีความรู้เรื่อง CAI อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้จากผลการ วิจัยการ พัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมครูอาจารย์ เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในปีพ.ศ. 2536 พบว่า ครูผู้สอน จะเป็นผู้นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหรือ CAI ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการ เรียนรู้มากที่สุด

2.3.4 ความสำคัญของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นสื่อสำคัญอย่างหนึ่งเพราะเหตุว่า ผู้เรียนสามารถ ตอบสนองกับบทเรียนได้และทราบผลการตอบสนองนั้นตัวสื่อที่นำเสนอ ก็มีการเปลี่ยนแปลง

เคลื่อนไหว มีเสียงและภาพประกอบด้วยสิ่งเหล่านี้ต่างเป็นตัวกระตุ้น และการเสริมแรงที่สำคัญที่จะทำให้ผู้เรียน เกิดการเรียนรู้และเกิดความสนใจและในที่สุดก็จะเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ ข้อดีอีกประการ คือสามารถจัดไว้เพื่อให้ใครก็ได้ไปใช้และบางเรื่อง ก็สามารถจัดเพื่อตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียนได้ด้วย ในการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนั้น ก็เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ทางการศึกษาเป็นรายบุคคล โดยนักเรียนสามารถที่จะเรียนได้ตามเวลาที่สะดวก โดยไม่มีใครบังคับจะเรียนได้เร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับความรู้พื้นฐานความสามารถของนักเรียน และลักษณะการเรียนรู้ด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นวิธิต่างของการสอนรายบุคคลโดยอาศัยความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์จัดหาประสบการณ์ที่มีความสัมพันธ์กันมีการแสดงเนื้อหาตามลำดับ ต่างกันด้วยบทเรียนโปรแกรมที่เตรียมไว้อย่างเหมาะสม นับเป็นการสอนรายบุคคลอย่างแท้จริง (Stolurow.1976 : 268 - 270) การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในลักษณะเป็นผู้สอนได้แนวคิดมาจากการสอนแบบโปรแกรม หรือ Programmed Instruction แต่การใช้คอมพิวเตอร์มีความยืดหยุ่นในการใช้งานมากกว่าการสอนแบบโปรแกรม โดยสามารถใช้ในการตอบโต้กับผู้เรียนมีการเคลื่อนไหวของภาพกราฟิก ซึ่งสามารถทำได้ดีกว่าสื่อและวิธีการสอนแบบอื่น บทเรียนคอมพิวเตอร์ถูกสร้างและเขียนโปรแกรมขึ้นมา โดยผู้ชำนาญในการเขียนโปรแกรมและผู้ชำนาญการสอนในสาขาวิชานั้นๆ คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่และมีบทบาทในการเสนอบทเรียนและเนื้อหา ผู้เรียนเป็นผู้ตอบสนองโดยมีคอมพิวเตอร์เป็นผู้ประเมินผลจากการตอบของผู้เรียน ผลของการประเมินจะช่วยเป็นเครื่องตัดสินว่าผู้เรียนจะผ่านไปเรียนเนื้อหาลำดับต่อไปหรือไม่ (ประสงค์ ทองยงค์.2530 : 51-54) คอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นมีลักษณะคล้ายคลึงกับบทเรียนโปรแกรมแต่คอมพิวเตอร์แบบสื่อประสม มีประสิทธิภาพในการเรียนการสอนดีกว่าบทเรียนโปรแกรมหลายประการ ข้อดีของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน คือผู้เรียนไม่สามารถแอบดูคำตอบหรือคำตอบได้เนื่องจากคอมพิวเตอร์แบบ สื่อประสมสามารถซ่อนคำตอบไว้ จนกว่าผู้เรียนจะปฏิบัติกิจกรรมสำเร็จและคอมพิวเตอร์ให้ข้อมูลป้อนกลับ (Feedback) ได้รวดเร็วทำให้ผู้เรียนทราบผลการเรียนรู้ของตนทันที (นิพนธ์ สุขปรีดี. 2531 : 25) เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นการเรียนรู้ด้วยตนเองในการทำความเข้าใจบทเรียน ดังนั้นการออกแบบจึงเป็นเรื่องที่สำคัญจะต้องเลือกใช้รูปแบบการเสนอเนื้อหาที่ชัดเจน และผู้เรียนสามารถแปลความหมายได้เพราะจะมีผลช่วยทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างราบรื่น นอกจากนี้การเร้าความสนใจโดยตัวบทเรียน

2.3.5 รูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายรูปแบบนักวิชาการและนักการศึกษาต่างประเทศและในประเทศได้แบ่งประเภทตามลักษณะการใช้ออกเป็นประเภทต่างๆ พอสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ใช้เพื่อการสอน (Teaching) เป็นโปรแกรมที่สร้างขึ้นมา ในลักษณะของ บทเรียนโปรแกรมเป็นการเรียนการสอนของครูกล่าวคือจะมีบทนำ (Introduction) และมีคำอธิบาย (Explanation) ซึ่งประกอบด้วยตัวทฤษฎี กฎเกณฑ์ คำอธิบาย และแนวคิดที่จะสอน หลังจากที่นักเรียนศึกษาในแง่ต่าง ๆ แล้วมีการแสดงผลย้อนกลับ (Feedback) การกระทำของนักเรียนว่าทำได้เพียงไรอย่างไรเพื่อให้ครูผู้สอนมีข้อมูลในการเสริมความรู้ให้กับนักเรียนบางคนได้

2. ใช้ในการฝึกและปฏิบัติ (Drill and Practice) แบบการฝึกและแบบปฏิบัติ นี้ส่วนใหญ่จะใช้เสริม เมื่อครูผู้สอนได้สอบบทเรียนบางอย่างแล้ว จากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อวัดระดับหรือให้นักเรียนมาฝึกจนถึงระดับที่ยอมรับได้ บทเรียนประเภทนี้จึงประกอบด้วยคำถาม คำตอบที่จะให้นักเรียนทำการฝึกและปฏิบัติ การเตรียมคำถามจึงจะต้องเตรียมไว้มากๆ ซึ่งผู้เรียนควรจะได้ส้อมขึ้นมาเอง โดยสามารถจำคำตอบหรือแอบไปรู้คำตอบมาก่อน หรือจำได้จากการทำในครั้งแรก อาจต้องใช้หลักจิตวิทยาเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากทำ และตื่นเต้นกับการทำแบบฝึกหัด นั้นซึ่งอาจแทรกรูปภาพเคลื่อนไหวหรือคำพูดโต้ตอบรวมทั้ง อาจจะมีการแข่งขัน เช่นจับเวลา หรือสร้างรูปแบบให้ตื่นเต้นจากการมีเสียง เป็นต้น

3. สถานการณ์จำลอง (Simulations) โปรแกรมประเภทนี้เป็นโปรแกรมที่จำลองสถานการณ์ให้ใกล้เคียงกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของผู้เรียน โดยมีเหตุการณ์สมมติต่างๆ อยู่ในโปรแกรมนักเรียนสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงหรือจัดกระทำ (Manipulate) ได้สามารถมีการโต้ตอบและมีตัวแปรหรือทางเลือกให้หลายๆ ทางเพื่อให้นักเรียนสามารถเลือกได้อย่างสุ่มเพื่อศึกษาผลที่เกิด จากทางเลือกเดียวเหล่านั้นนอกจากนั้น ในบางบทเรียนการสร้างภาพพจน์เป็นสิ่งสำคัญและจำเป็น การทดลองทางห้องปฏิบัติการ ในการเรียนการสอนจึงมีความสำคัญแต่หลายวิชาไม่สามารถทดลองให้เห็นจริงได้ เช่นการเคลื่อนที่ของลูกปืนใหญ่การเดินทางของแสงการหักเหของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือปรากฏการณ์ทางเคมี รวมทั้งชีววิทยาที่ต้องใช้เวลานานหลายวันจึงปรากฏผลปัญหาเหล่านี้ สามารถใช้คอมพิวเตอร์จำลองแบบให้ผู้เรียนได้เห็นจริงและเข้าใจได้ง่าย

4. ใช้ในการสนทนา (Dialogue) เป็นการเรียนการสอนแบบการสอนในห้องเรียนคือพยายามให้เป็นการพูดคุยระหว่างผู้สอนและผู้เรียน เพียงแต่ว่าแทนที่จะใช้เสียงก็เป็นอักษรบนจอภาพแล้วมีการสอนด้วยการตั้งปัญหาถาม ลักษณะการใช้แบบทดสอบถามก็เป็นการแก้ปัญหายอย่างหนึ่ง เช่น บทเรียนวิชาเคมีอาจถามหาสารเคมีบางชนิดผู้เรียนอาจได้ตอบด้วยการใส่ชื่อสารเคมีให้เป็นคำตอบ

5. ใช้ในการไต่ถาม (Inquiry) บทเรียนคอมพิวเตอร์สามารถใช้ในการค้นหาข้อเท็จจริงมโนทัศน์หรือข่าวสารที่เป็นประโยชน์ ในแบบให้ข้อมูลข่าวสารนี้ บทเรียนคอมพิวเตอร์จะมีแหล่งเก็บข้อมูลที่มีประโยชน์ซึ่งสามารถแสดงได้ทันทีเมื่อผู้เรียนต้องการ ด้วยระบบง่ายๆ ที่ผู้เรียนสามารถทำได้เพียงแต่กดหมายเลขหรือใส่รหัสหรือใช้ตัวย่อของแหล่งข้อมูลนั้นๆ การใส่รหัสของผู้เรียนจะทำให้คอมพิวเตอร์แสดงข้อมูล ซึ่งจะตอบคำถามของผู้เรียนได้ตามความต้องการ

6. ใช้ในการสาธิต (Demonstration) การสาธิตโดยใช้คอมพิวเตอร์มีลักษณะคล้ายกับการสาธิตของครู แต่การสาธิตโดยใช้คอมพิวเตอร์จะน่าสนใจกว่าเพราะคอมพิวเตอร์ให้เส้นกราฟที่สวยงามตลอดทั้งสี่และเสียง ครูสามารถนำคอมพิวเตอร์มาใช้เพื่อสาธิตเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ และวิชาวิทยาศาสตร์ได้หลายแขนง เช่น สาธิตเกี่ยวกับการโคจรของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะการ หมุนเวียนของโลกหิตการสมดุลของสมการ เป็นต้น

7. การแก้ปัญหา (Problem Solving) บทเรียนคอมพิวเตอร์ประเภทนี้จะเน้นให้ฝึกคิดตัดสินใจซึ่งจะมีการกำหนดเกณฑ์แต่ละข้อ เช่น ในวิชาวิทยาศาสตร์และวิชาคณิตศาสตร์ ผู้เรียนจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าใจและมีความสามารถในการแก้ปัญหา คือผู้เรียนจะต้องเลือกสูตรมาใช้ให้ตรงกับปัญหาผู้เรียน อาจต้องทดลองในกระดาษคำตอบก่อนที่จะเลือกข้อที่ถูกได้ ซึ่งการทำเช่นนี้ผู้สอนอาจไม่ได้ต้องการเพียงคำตอบที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียว ยังต้องการขั้นตอนที่ผู้เรียนทำ เช่น ถ้าเลือกข้อ ข. แปลว่า ใช้สูตรผิดถ้าเลือกข้อ ค. แปลว่า จำนวนผิด ถ้าเลือกข้อ ง. แปลว่า ไม่เข้าใจเลย เป็นต้น การแก้ปัญหบบางข้อว่าที่ผู้เรียนจะตอบได้ จะต้องใช้คอมพิวเตอร์นั้นช่วยแก้ ปัญหาด้วย เพราะเป็นการคำนวณที่สลับซับซ้อนซึ่งเท่ากับเป็นการวัดได้ว่า ผู้เรียนมีความรู้ทางคอมพิวเตอร์มากน้อยเพียงไร

8. ใช้เป็นเกมส์ (Games) เกมส์คอมพิวเตอร์ที่ใช้เพื่อการการเรียนการสอนนั้น เป็นสิ่งที่ใช้เพื่อเร้าใจผู้เรียนได้เป็นอย่างดีโปรแกรมประเภทนี้ มีการแข่งขันและการร่วมมือมีการให้คะแนนมีการแพ้ชนะ อย่างไรก็ตามการเขียนโปรแกรมประเภทนี้ต้องระวังให้มีคุณค่าทางการศึกษา โดยต้องมีจุดมุ่งหมายเนื้อหาและขบวนการที่เหมาะสมกับหลักสูตร

9. การทดสอบ (Testing Application) การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์มักต้องรวม การทดสอบเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนไปด้วย โดยผู้ทำจะต้องคำนึงถึงหลักการต่างๆ คือ การสร้างข้อสอบการจัดการสอนการตรวจให้คะแนนการวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ การสร้างคลังข้อสอบและการจัดให้ผู้สอนสุ่มเลือกข้อสอบเองได้ จะเห็นได้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่นำไปใช้กับการเรียนการสอนแต่ละประเภทรุ่นนั้นจะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้

10. แบบรวมวิธีการต่างๆเข้าด้วยกัน (Combination) คอมพิวเตอร์สามารถสร้างวิธีการสอนหลายแบบรวมกันได้ตามธรรมชาติของการเรียนการสอน ซึ่งมีความต้องการวิธีการสอนหลายๆ แบบ ความต้องการนี้จะมาจากการกำหนดวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอน ผู้เรียนหรือองค์ประกอบและภารกิจต่างๆ โปรแกรมคอมพิวเตอร์โปรแกรมหนึ่งๆ อาจจะมีทั้งลักษณะที่ใช้เป็นการสอน เกมส์ การโต้ถาม รวมทั้งการแก้ปัญหา และการฝึกปฏิบัติ

2.3.6 ลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ได้รับการพัฒนามาจากบทเรียนสำเร็จรูป ซึ่งเป็นการสอนแบบโปรแกรม บทเรียนจะมีลักษณะสำคัญๆ (ทักษิณา สวานานนท์. 2530 : 211 –213 ; เซาว์เล็ค เล็คชโลฟาร. ม.ป.ป. :1) ดังนี้

1. เริ่มจากสิ่งที่รู้ไปถึงสิ่งที่ไม่รู้ จัดการสอนในเนื้อหาเรียงไปตามลำดับ (Linear Sequence) เริ่มจากเรื่อง que ผู้เรียนรู้อยู่แล้ว ไปจนถึงเรื่องใหม่ๆ ที่ยังไม่รู้ โดยทำเป็นกรอบ (Frame) หลายๆ กรอบ ผู้เรียนจะค่อยๆ เรียนไปที่ละกรอบตามลำดับจากง่ายไปสู่ยาก
2. เนื้อหาที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้นนั้นจะต้องเพิ่มขึ้นทีละน้อยก่อนข้างง่าย และมีสาระใหม่ไม่มากนักความเปลี่ยนแปลงในแต่ละกรอบ จะต้องสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง
3. แต่ละกรอบจะต้องมีการแนะนำความรู้ใหม่เพียงอย่างเดียว การแนะนำความรู้หรือเนื้อหาใหม่ๆ ทีละมากๆ จะทำให้ผู้เรียนสับสนได้ง่าย
4. ในระหว่างการเรียนจะต้องให้ผู้เรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมตามไปด้วย เช่น ตอบคำถาม ทำแบบทดสอบไม่ใช่คิดตามอย่างเดียวเพราะจะทำให้เบื่อ
5. การเลือกคำตอบที่ผิด อาจทำให้ต้องกลับไปทบทวนกรอบของแบบเรียนเก่าหรือไม่ก็เป็นกรอบใหม่ที่อธิบายถึงความเข้าใจผิด หรือความผิดพลาดที่เกิดขึ้นหรือถ้าเป็นคำตอบที่ถูกต้องผู้เรียนจะได้เรียนเรื่องใหม่เพิ่มเติม
6. การเรียนโดยวิธีนี้ทำให้ผู้เรียนเรียนได้ตามความสามารถของตนเอง จะใช้เวลาในการทบทวนบทเรียน หรือคิดคำตอบแต่ละข้อนานเท่าใดก็ได้ผู้เรียนจะไม่รู้สึกถูกกดดันด้วยกำหนดเวลาที่จะต้องรอเพื่อนหรือตามเพื่อนให้ทัน เป็นการเรียนแบบมีปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์
7. การเรียนในลักษณะนี้เป็นการเรียน โดยเน้นที่ความถนัดของแต่ละบุคคล แต่ละคนจะมีความถนัดต่างกัน แม้แต่ในวิชาเดียวกันการเรียนบทเรียนแต่ละบทก็ใช้เวลาไม่เท่ากัน
8. ในการเสนอบทเรียนลักษณะนี้การทำสรุปท้ายบทเรียนแต่ละบท จะช่วยให้ผู้เรียนได้วัดผลตนเอง ประเมินผลการเรียนการสอนของนักเรียนว่าบรรลุตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้หรือไม่
9. การทำกรอบบทเรียนแต่ละบทนั้น ถ้าทำได้ดีเราจะสามารถวิเคราะห์คำตอบได้ด้วยประสิทธิภาพของนักเรียนแต่ละคนอาจทำให้คำตอบแตกต่างกันออกไป เราสามารถวิเคราะห์จากคำตอบของนักเรียนได้ว่า การเลือกคำตอบข้อนั้นๆ ถ้าเป็นคำตอบที่ผิดเป็นเพราะอะไร
10. การกำหนดวัตถุประสงค์ ไว้ปลายทางว่าต้องการให้ผู้เรียนได้รู้อะไรบ้าง จะช่วยให้การแบ่งเนื้อหาซึ่งจะต้องเรียน ไปตามลำดับทำได้ดีขึ้น ไม่ออกนอกกลุ่มนอกทาง

2.3.7 ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทต่างๆ ได้มีผู้เสนอขั้นตอนหรือวิธีการพัฒนาหลายแนวความคิด ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนคล้ายคลึงกันและ

แตกต่างกันบ้าง การพัฒนาบทเรียน IMMCAI รูปแบบการสอน (Instruction) หากเริ่มจากหัวเรื่องวิชาเป้าหมายที่กำหนดวัตถุประสงค์ และกลุ่มเป้าหมายผู้ใช้ที่กำกับมาด้วย การพัฒนาจะดำเนินไปเป็น 5 ขั้นตอนเช่นเดิม คือ

1. การวิเคราะห์เนื้อหา (Analysis)
2. การออกแบบบทเรียน (Design)
3. การพัฒนาบทเรียน (Development)
4. การนำเสนอบทเรียนบนคอมพิวเตอร์ (Implementation) และ
5. การประเมินผล (Evaluation)

จากลำดับขั้นการสร้างบทเรียน IMMCAI 5 ขั้น สามารถทำการแจกแจงขั้นตอนการพัฒนาออกเป็นทั้งหมด 14 ขั้นตอน เพื่อสะดวกกับผู้เริ่มต้นที่จะพัฒนาบทเรียน IMMCAI ดังนี้

1. การวิเคราะห์เนื้อหา (Analysis)

1.1 สร้างแผนภูมिरะดมสมอง (Brain Storm Chart) โดยเริ่มจากเขียนชื่อวิชาไว้ตรงกลางกระดานแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญในวิชานั้นๆ จำนวน 4-5 คนช่วยกันระดมสมองให้หัวเรื่องที่จะสอนในวิชานั้นเขียนโยงกับชื่อวิชาอย่างอิสระ หรือหากเป็นหัวเรื่องย่อยก็โยงกับหัวเรื่องหลักต่อไป โดยไม่ทำการลอกแบบของตำราเล่มใดเล่มหนึ่งเลย เมื่อเสร็จสิ้นการระดมสมองแผนภูมิที่ได้เป็นแผนภูมिरะดมสมอง

1.2 สร้างแผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์ (Concept Chart) จากแผนภูมिरะดมสมองนำมา ทำการวิเคราะห์ความถูกต้องของทฤษฎีหลักการและเหตุผลความสัมพันธ์ และต่อเนื่องกันอย่างละเอียดอาจมีการตัด-เพิ่มหัวเรื่องตามเหตุผล และความเหมาะสมจนสามารถอธิบายและตอบคำถามได้ผลที่ได้เป็นแผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์ (Concept Chart)

1.3 สร้างแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart) นำหัวเรื่องต่างๆ จากแผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์มาเขียนเป็นโครงข่าย โดยคำนึงถึงความก่อน-หลัง ต่อเนื่องหรือขนานกันตามหลักการเทคนิคโครงข่าย แล้วทำการวิเคราะห์เหตุผลความสัมพันธ์ของเนื้อหาโดยวิธีการวิเคราะห์ข่ายงาน (Network Analysis) จนสมบูรณ์ผลที่ได้จะเป็นโครงข่ายเนื้อหาที่ต้องการ

2. การออกแบบบทเรียน (Design)

2.1 การกำหนดกลวิธีการนำเสนอและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Strategic Presentation Plan & Behavior Objective) โดยเริ่มจากแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา นำมาพิจารณากลุ่ม หัวเรื่องที่สามารถจัดไว้ในหน่วยเดียวกันได้ ภายใต้กรอบเวลาที่กำหนดไว้ดีเป็นกรอบๆ วิจารณ์ครบหัวเรื่องบนโครงข่ายเนื้อหาจากนั้นกำหนดเป็นหน่วยๆ และกำหนดอันดับไว้แล้วเขียนกำกับด้วยวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหาแต่ละตอนให้ชัดเจน จากนั้นนำกรอบหน่วยมา

ลำดับการนำเสนอตามอันดับ และความสัมพันธ์แนวเดียวกับแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหาซึ่งจะได้ผลเป็นแผนภูมิต่อเรียน (Course Flow Chart)

2.2 สร้างแผนภูมิการนำเสนอในแต่ละหน่วย (Module Presentation Chart) ซึ่งเป็นการออกแบบการสอน (Instructional Design) จะต้องออกแบบลำดับการนำเสนอเนื้อหาบทเรียนตามหลักการสอนจริงอันเป็นส่วนที่สำคัญมากในการประกันคุณภาพ

3. การพัฒนาบทเรียน (Development)

3.1 เขียนรายละเอียดเนื้อหาตามรูปแบบที่ได้กำหนด (Script Development) โดยเขียนเป็นกรอบๆ จะต้องเขียนให้เป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้โดยเฉพาะถ้าเป็น IMMCAI จะต้องกำหนดภาพ เสียง สี และการกำหนดปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ไว้ให้สมบูรณ์ด้วย

3.2 จัดทำลำดับเนื้อหา (Story board Development) เป็นการนำกรอบเนื้อหาหรือที่เขียนเป็น Script มาเรียบเรียงตามลำดับการนำเสนอตามที่ได้วางแผนไว้ ซึ่งจะยังเป็นเอกสารสิ่งพิมพ์อยู่ การลำดับกรอบนี้สำคัญมาก

3.3 นำเนื้อหาที่ยังเป็นสิ่งพิมพ์นี้มาตรวจสอบความถูกต้อง (Content Correctness) โดยเฉพาะเป็นการสร้าง IMMCAI ที่เป็นการเขียนตำราใหม่ทั้งเรื่องควรรออาศัยผู้เชี่ยวชาญในวิชานั้นๆ (Subject Specialist) เป็นผู้ตรวจสอบให้ จากนั้นจะต้องนำเนื้อหาไปทดลองหาค่าโดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป้าหมายมาทดสอบด้วย แล้วปรับปรุงให้สมบูรณ์

3.4 การสร้างแบบทดสอบส่วนต่างๆ ต้องนำมาหาความยากง่ายอำนาจจำแนก ความเที่ยงและความเชื่อมั่นทุกแบบทดสอบต้องปรับปรุงให้สมบูรณ์ ผลที่ได้ทั้งหมดทั้งเนื้อหาและแบบทดสอบต่างๆ รวมกันจะเป็นตัวบทเรียน (Courseware)

4. การนำเสนอบทเรียนบนคอมพิวเตอร์ (Implementation)

4.1 เลือก Software หรือ โปรแกรมสำเร็จรูปที่เหมาะสมและสามารถสนองตอบต่อความต้องการที่กำหนดไว้ เป็นตัวจัดการนำเสนอบทเรียนบนคอมพิวเตอร์

4.2 จัดเตรียมรูปภาพ เสียง หรือการถ่ายวิดีโอ หรือภาพนิ่ง หรือ Caption ไว้พร้อมที่จะใช้งาน สร้างไว้เป็นแฟ้มๆ

4.3 จัดการนำ Courseware เข้าในโปรแกรม (Coding) ด้วยความปราณีตและด้วยทักษะที่ดีทำการ Edit ภาพ เสียง VDO ให้เรียบร้อยสมบูรณ์ ซึ่งจะได้เป็นบทเรียน (วิชา) บนคอมพิวเตอร์ตามที่ต้องการ [(Subject) IMMCAI Software]

5. การประเมินผล (Evaluation)

- 5.1 การตรวจสอบคุณภาพของ Package (Quality Evaluation) จัดการให้คณะผู้เชี่ยวชาญทาง IMCCI ตรวจสอบคุณภาพของ Package ปรับปรุงให้สมบูรณ์
- 5.2 ทำการทดลองการดำเนินการทดสอบหาประสิทธิภาพ ด้วยกลุ่มตัวอย่างเป้าหมายจำนวนไม่เกิน 10 คน ทำการปรับปรุง และนำผลมากำหนดกลวิธีการหาประสิทธิภาพจริงต่อไป
- 5.3 ทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพ (efficiency E1/E2) ของ Package และหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Effectiveness) จากกลุ่มตัวอย่างเป้าหมายไม่น้อยกว่า 30 คน หากได้ผลตามเป้าหมายที่ต้องการเป็นอันใช้ได้
- 5.4 จัดทำคู่มือการใช้ควรประกอบด้วยหัวข้อเรื่องดังนี้ บทนำอุปกรณ์ที่ใช้งาน การกำหนดหน้าจอมอนิเตอร์การเริ่มเข้าบทเรียน เป้าหมายของบทเรียนข้อมูลเสริมที่สำคัญข้อควรระวังข้อมูลผู้พัฒนาบทเรียนและวันที่เผยแพร่

สรุป การนำเสนอรูปแบบการออกแบบการสอนบทเรียน IMMCAI นี้เป็นการนำหลักการ 9 ข้อในการออกแบบการสอนของกาเย่ (Gagne') มาประยุกต์เป็นขั้นตอนในการปฏิบัติการออกแบบการสอนสำหรับผู้เริ่มสร้างบทเรียนIMMCAI โดยเฉพาะนักศึกษาปริญญาโทที่เรียนวิธีการสร้างบทเรียน IMMCAI ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ให้ตระหนักตามข้อแนะนำของกาเย่ที่ว่า "All the events are serve as guidelines for developing the instruction process." และ "It may not be necessary to include all the events or to present them in a strict linear order." หมายความว่า 9 ข้อหรือขั้นตอนที่ได้เสนอมานี้ เป็นเพียงแนะแนวในการออกแบบการสอน และก็ไม่จำเป็นจะต้องมีให้ครบทั้ง 9 ข้อ รวมทั้งไม่จำเป็นจะต้องเรียงตามที่ได้เสนอไว้ หากท่านใดมีขั้นตอนที่ดีกว่า หรือจะต้องสลับข้อก็ย่อมทำได้ตามความเหมาะสม ของการออกแบบการสอนของแต่ละคนไปแต่จะต้องตระหนักว่า "stages of the internal processes effect by external events" กล่าวคือพฤติกรรมภายในกระบวนจะเกิดจากเหตุการณ์ภายนอกที่ใส่เข้าไป ดังนั้น การออกแบบการสอนสำหรับ IMMCAI ให้ดำเนินการด้วยความจริงใจและความตั้งใจของครูที่มีความหวังดีและบริสุทธิ์ใจด้วยวิธีการดังกล่าวนี้ จะสามารถสร้างบทเรียน IMMCAI ที่มีประสิทธิภาพและสามารถสอนแทนตนเองได้ ขั้นตอนดังที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้จะสามารถทำให้การสอนเสมือนจริงนี้เป็นการสอนสำหรับทดแทนการสอนจริง (Live Instruction) ในอนาคตต่อไป

2.4 การหาคุณภาพและประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ในการประเมินผลบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีวัตถุประสงค์ที่สำคัญ 5 ประการ คือ (วชิระ อินทร์อุดม. 2540 : 75)

1. เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของบทเรียน
2. เพื่อตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม
3. เพื่อหาประสิทธิภาพและประสิทธิผลของบทเรียน
4. เพื่อตรวจสอบหาคุณภาพคู่มือการใช้บทเรียน
5. เพื่อหาประสิทธิภาพความคุ้มค่าในการใช้งาน

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีหลายชนิดซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการประเมินผลว่า ผู้ประเมินต้องการข้อมูลเชิงปริมาณหรือข้อมูลเชิงคุณภาพหรือทั้งสองอย่าง ข้อมูลที่ได้ส่วนใหญ่มาจาก (วชิระ อินทร์อุดม.2540:78)

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
2. แบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบที่มีอยู่ในบทเรียน
3. แบบสอบถาม
4. แบบสังเกตการณ์และแบบสัมภาษณ์
5. แบบรายงานผลการเรียนรายบุคคลที่บันทึกไว้ในโปรแกรมบทเรียน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน อย่างน้อยที่สุดผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบการสอน ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิต ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน และนักเทคโนโลยีการศึกษา ควรได้ให้ความเห็นชอบว่ามีประสิทธิภาพเชื่อถือได้และมีกระบวนการในการหาประสิทธิภาพอย่างรัดกุม

วิธีการประเมินผลบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การประเมินผลบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่นิยมใช้มี 2 วิธี คือ (วชิระ อินทร์อุดม.2540 : 78)

1. วัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา หาข้อบกพร่องของบทเรียนและการทำงานของโปรแกรม ตลอดจนคุณภาพทางด้านเทคนิค
2. วัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพและประสิทธิผลของบทเรียน มีวิธีการประเมิน 3 ขั้นตอน ดังนี้คือ ทดสอบภาคสนามเบื้องต้นแบบหนึ่งต่อหนึ่ง ทดสอบกลุ่มย่อยและทดสอบภาคเชิงปฏิบัติการ

การประเมินสื่อการสอนและนวัตกรรม การศึกษามีวิธีการที่หลากหลายให้เลือกใช้ได้ อย่างเหมาะสมการหาประสิทธิภาพเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ในการประเมินสื่อ โดยมีวัตถุประสงค์

ในการหาประสิทธิภาพที่หลากหลาย ภายใต้แนวคิดของสื่อรายบุคคล รายกลุ่มย่อยและกลุ่มใหญ่มี ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพโดยการทดสอบรายบุคคล การทดสอบกลุ่มย่อยและการทดสอบภาคสนามซึ่งมีวัตถุประสงค์สำคัญคือ เพื่อหาประสิทธิภาพของกระบวนการประสิทธิภาพของผลลัพธ์ดัชนีประสิทธิผลของบทเรียนขนาดอิทธิพลและสัมประสิทธิ์การกระจาย ส่วนใหญ่ในการพัฒนาสื่อการสอนและนวัตกรรมการศึกษา เรามักจะให้ความสำคัญกับการหาประสิทธิภาพและประสิทธิผลของสื่อการสอนและนวัตกรรมการศึกษา ซึ่งแนวคิดในการหาประสิทธิภาพมีหลายแนวคิดด้วยกัน เช่น แนวคิดของ Hovland (1949), Chauhun (1982), Criswell (1989), Romis Zowski (1992) เปรื่อง กุมุท (2519) และแนวคิดของ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2521) เกี่ยวกับการหาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2)

การหาประสิทธิภาพสื่อการสอนและนวัตกรรมการศึกษา ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการหาข้อมูลแบบผสมผสานระหว่างข้อมูลเชิงคุณภาพกับข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้กระบวนการของการวิจัยและพัฒนาการหาประสิทธิภาพสื่อการสอนนวัตกรรมการศึกษา จึงมีหลายวิธีให้เลือกใช้ได้อย่างเหมาะสมกับประเภทของสื่อ สภาพแวดล้อมทางการเรียนและการจัดกิจกรรมการเรียน อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีวิธีการหาประสิทธิภาพหลายวิธี แต่ละวิธีต่างก็มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าประสิทธิภาพที่แสดงว่าสื่อการสอนนวัตกรรมศึกษานั้น ๆ มีคุณภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เครื่องมือที่นิยมใช้ในการหาประสิทธิภาพสื่อการสอนและนวัตกรรมการศึกษา คือแบบฝึกหัดและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ส่วนการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของสื่อการสอนและนวัตกรรมการศึกษา มีปัจจัยเกี่ยวข้องที่จะต้องพิจารณาหลายประการ เช่น สถิติปัญญาของผู้เรียนความสามารถในการอ่าน ความสามารถในการเขียน วุฒิภาวะของผู้เรียน และวัตถุประสงค์ของการเรียน (วชิระ อินทร์อุดม และ ทิพย์สุดา จงกล, 2545)

จากหลักการและเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อใช้หาประสิทธิภาพสื่อการสอนและนวัตกรรมการศึกษา ให้มีความถูกต้องแม่นยำและเก็บรวบรวมไว้ ซึ่งสื่อและนวัตกรรมการศึกษา และครูอาจารย์ที่สามารถนำไปใช้ได้โดยง่าย

วิธีการหาประสิทธิภาพสื่อการสอนและนวัตกรรมการศึกษา ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ผลการศึกษาและวิเคราะห์เอกสารเกี่ยวกับ วิธีการหาประสิทธิภาพสื่อการสอนจากวิทยานิพนธ์ เอกสารประกอบการสอนและตำรา พบว่ามีการหาประสิทธิภาพสื่อการสอนและนวัตกรรมการศึกษาในสื่อบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สื่อประสม

ขั้นที่ 2 รวบรวมจัดหมวดหมู่วิธีการหาประสิทธิภาพ สื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม ข้อมูลป้อนเข้า ดังนี้

2.1 จัดหมวดหมู่เนื้อหาการสอน โดยใช้วิธีการจัดการเรียนเป็นเกณฑ์การศึกษา
รายกลุ่มใหญ่

2.2 ข้อมูลป้อนเข้าในการหาประสิทธิภาพ ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
เสริม ได้แก่ คะแนน เช่น คะแนนแบบฝึกหัด คะแนนทดสอบระหว่างเรียน คะแนนทดสอบ
หลังเรียนครบทุกหน่วย

ไพโรจน์ ตีรณานกุล (2528 : 63-89) กล่าวถึงข้อควรพิจารณาในการสร้างแบบประเมิน
คอร์สแวร์หรือโปรแกรมสำเร็จรูปทางการศึกษาว่าควรมีข้อพิจารณา ดังนี้

1. มีเอกสารสิ่งพิมพ์และคู่มือประกอบโปรแกรมหรือไม่
2. โปรแกรมนั้นทำงานเรียบร้อยดี มีข้อผิดพลาดในการทำงานหรือไม่
3. โปรแกรมใช้งานง่าย ปฏิบัติตามได้หรือไม่
4. กิจกรรมโปรแกรมเหมาะสมกับการเรียนหรือไม่

นอกจากนั้น ไพโรจน์ ตีรณานกุล (2528 : 63-89) ยังได้เสนอตัวอย่างแบบการประเมิน
ผลบทเรียนที่ใช้กับไมโครคอมพิวเตอร์ด้วยวิธีแบบสเกล (Scale) เพื่อให้คะแนนคุณภาพของ
บทเรียนเป็นรายได้ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ดีมาก	ได้คะแนน	4
ดี	ได้คะแนน	3
ใช้ได้	ได้คะแนน	2
ปรับปรุง	ได้คะแนน	1
ไม่ดี	ได้คะแนน	0

รายละเอียดในแบบฟอร์มที่ต้องประเมินในด้านต่าง ๆ มีดังนี้

1. ด้านเนื้อหา รายละเอียดการประเมิน ได้แก่
 - เนื้อหาถูกต้อง
 - เนื้อหามีคุณค่าสำหรับการเรียนรู้
 - เนื้อหาทันสมัย
2. ด้านคุณภาพทางการสอนรายละเอียดการประเมิน ได้แก่
 - วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียนได้กำหนดไว้ใช้
 - บทเรียนสามารถให้ผลตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้
 - การเสนอบทเรียนเรียงไว้ถูกต้องและชัดเจน
 - ความยากง่ายเหมาะสมกับผู้ใช้ตามเป้าหมาย
 - การใช้ภาพและเสียงเหมาะสมกับเนื้อเรื่อง
 - บทเรียนสร้างความสนใจดี

- บทเรียนเสริมสร้างความคิดริเริ่มดี
- การสนองกลับจากเครื่องมือมีประสิทธิภาพดี
- ผู้เรียนสามารถควบคุมความเร็วของบทเรียนได้
- บทเรียนสามารถประสานกับประสบการณ์เดิมของผู้เรียน

3. ด้านเทคนิค รายละเอียดการประเมิน ได้แก่

- เอกสารเสริมการใช้บทเรียนเข้าใจง่าย
- เอกสารเสริมมีประสิทธิภาพดี
- ข้อมูลที่แสดงที่จอภาพมีประสิทธิภาพดี
- เป้าหมายผู้เรียนสามารถใช้บทเรียนได้เอง
- ครูสามารถควบคุมบทเรียนได้ง่าย
- บทเรียนสามารถใช้กับไมโครคอมพิวเตอร์ได้เหมาะสม
- บทเรียนไม่เสียหายเมื่อใช้ในภาวะปกติ

สรุปในการประเมินคุณภาพของสื่อ ซึ่งเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยเฉพาะ บทเรียนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างแบบ IMMCAI : Interactive Multimedia Computer Assisted Instruction ไพโรจน์ ติรัตนากุล และไพบุลย์ เกียรติโกมล (2541 : 14-18) กล่าวถึงการ ประเมินคุณภาพด้านมัลติมีเดีย (Multimedia) ของบทเรียน ได้แก่ข้อความ (Text) รูปภาพ (Image) ภาพเคลื่อนไหว (Animation) ภาพวิดีโอ (Video) และเสียง (Audio) รวมถึงด้านการปฏิสัมพันธ์ (Interaction) กับบทเรียนนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเป็นคุณสมบัติเด่นที่สำคัญที่ทำให้ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นบทเรียนสำเร็จรูปที่แตกต่างจากบทเรียนสำเร็จรูปประเภทอื่นๆ ซึ่งไชยศ เรื่องสุวรรณ (2533 : 129-130) กล่าวว่าผู้ที่ทำหน้าที่ประเมินสื่อได้แก่ ผู้สอนผู้ชำนาญ คณะ กรรมการเฉพาะกิจหรือประเมินโดยผู้เรียน เป็นต้น

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในลักษณะเป็นบทเรียน แบบโปรแกรมหรือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม ได้แก่

เฉลิมชัย สุขสมบูรณ์. (2548 : 74) สรุปผลการวิจัยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบสมรรถนะ ฐาน เรื่อง การประกอบเครื่องขยายเสียงทรานซิสเตอร์ ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.64 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ อยู่ในระดับดีมาก และผลการประเมินความคิดเห็น ของผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.49 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ อยู่ในระดับดี พบว่าผลการทดลอง หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 85.75/89.74 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้

ทวีศักดิ์ ไวยมิตร (2548 : 60) สรุปผลการวิจัยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบสมรรถนะฐาน เรื่อง การประกอบเครื่องขยายเสียงทรานซิสเตอร์ ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.82 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.16 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ อยู่ในระดับดีมาก และผลการประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.50 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.58 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ อยู่ในระดับดีมาก พบว่าผลการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 85.48/91.71 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

ยิ่งศักดิ์ และเลิศผล (2546 : 69)สรุปผลการวิจัยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบสมรรถนะฐาน เรื่อง การมอดูเลชันและดีมอดูเลชันแบบแอมพลิจูด ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.46 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.46 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ อยู่ในระดับดี และผลการประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.86 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.44 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ อยู่ในระดับดี พบว่าผลการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 88.77/93.27 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

รัฐพล จินะวงศ์ (2546 : 99) จากการทดลองหาคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสอนเสริม เรื่องแผนภูมิสมิทท์ ที่สร้างขึ้นพบว่ามีความมากกว่า 3.50 ในทุกด้าน ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 3.50 ขึ้นไปในทุกด้าน สามารถสรุปคุณภาพบทเรียนในด้านต่าง ๆ ไว้ 3 ด้าน ด้านเนื้อหา มีคุณภาพเท่ากับ 4.16 ด้านเทคโนโลยีการศึกษา มีคุณภาพเท่ากับ 4.22 ด้านซอร์ฟแวร์ มีคุณภาพเท่ากับ 4.04 ค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 3 ด้านเท่ากับ 4.16 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือมีค่าคุณภาพ 3.50 ขึ้นไปในทุกด้าน จึงสรุปได้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมนี้ มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

บรรจง อรชุนกะ (2548 : I) ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรม เรื่อง แท่นทดสอบในระบบอุตสาหกรรมการผลิตทางด้านประกอบแผงวงจรไฟฟ้า ผู้เข้ารับการอบรม ทำการทดสอบก่อนการอบรมได้คะแนนเฉลี่ย 3.35 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 16.75 และทำแบบทดสอบหลังการอบรม ได้คะแนนเฉลี่ย 17.70 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 88.50 และเมื่อนำมาหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรมมีประสิทธิภาพเท่ากับ 71.75 สามารถใช้เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรมได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นไปตามสมมุติฐานการวิจัย

ประกิต ปอคูสุวรรณ (2545 : 83-85) โดยได้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลเกินและการต่อสายดิน ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.33 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.54 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ อยู่ในระดับดี และผลการประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.78 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เท่ากับ 0.22 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ อยู่ในระดับดีมาก พบว่าผลการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 86.67/89.17 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้

ประยูทธิ์ นิลวงศ์ (2548 : 39) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การฝึกปฏิบัติงานคอมเพรสเซอร์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ได้ทำการวิจัย สร้างและหาประสิทธิภาพแสดงว่าผู้ทรงคุณวุฒิยอมรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การฝึกปฏิบัติงานคอมเพรสเซอร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถนำไปใช้การเรียนการสอนได้

ภัทร ทองสามสี (2547:1) ได้ทำการวิจัยสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาการระบบสื่อสารดิจิทัล เรื่อง ดิจิตอลมอดูเลชั่น หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นสูง สถาบันอาชีวศึกษา พ.ศ. 2546 ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.50/81.25 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80

สิทธิพัฒน์ เล็กชะอุ่ม (2545 : I) จากผลการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องทำความเย็น มีผลต่อการเรียนรู้มากที่สุด โดยการใช้แบบประเมินความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.44 มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 87.67/88.88 ซึ่งมีค่าสูงกว่า เกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 ผลสัมฤทธิ์หลังการเรียนของบทเรียนหลังการเรียนสูงกว่าก่อน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมบูรณ์ ฉัตรอำไพพรรณ (2547 : I) ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.67:82.83 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ศรัณย์ รินคำ (2548 : I) ได้ทำการวิจัยสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.45 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.16 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ อยู่ในระดับดี และผลการประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.42 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.38 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ อยู่ในระดับดี ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.33/82.66 ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อริสรา ว่องสวัสดิ์ภักดี (2546 : I) ได้ทำการวิจัยสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง คอมพิวเตอร์กราฟิกเบื้องต้น สำหรับนักศึกษาาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ แล้วหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผลการวิจัยเท่ากับ 85.00 : 86.20 ซึ่งผลการวิจัยแสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมี ประสิทธิภาพตามเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยนักเรียนกลุ่มที่เรียนปกติและเรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่เรียนปกติ

เมื่อพิจารณาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยส่วนใหญ่มีการทำวิจัยในลักษณะสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนขึ้นมาเพียงหัวเรื่องเดียว และทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์กับวิธีการสอนปกติ หรือเปรียบเทียบผลกับการใช้สื่อประเภทอื่นๆ ต่อมาในระยะหลังเริ่มมีการวิจัยเพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สอดคล้องกับหลักสูตรที่ใช้ในการเรียนการสอนจริง และทำการทดลองการหาคุณภาพของบทเรียนด้านประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์ ซึ่งผลการวิจัยส่วนใหญ่พบว่า บทเรียนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ดังนั้นการทำวิจัยในลักษณะที่เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ มีเนื้อหาเกี่ยวกับการทำงานของระบบ การควบคุม ส่วนประกอบ และการบำรุงรักษา สร้างขึ้นเพื่อสอนเสริมวิชาเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ ที่ในหลักสูตรไม่ได้กำหนดไว้ และให้สอดคล้องกับความต้องการของสถานประกอบการ โรงงาน อุตสาหกรรม ตลอดจนงานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ยังไม่มีการทำวิจัย จึงนับเป็นงานวิจัยที่น่าสนใจก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนเป็นอย่างยิ่ง ยังเป็นการช่วยพัฒนาคน สามารถนำความรู้ที่ได้ศึกษานำไปประกอบอาชีพได้อย่างเป็นสุข และยังเป็นประโยชน์ให้กับสถานศึกษาและผู้ที่มีความสนใจที่จะศึกษาต่อไป

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การทำวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อสร้าง และหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ สาขางานไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยตามหัวข้อดังต่อไปนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขางานไฟฟ้า โรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) ที่กำลังศึกษาวิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ จำนวน 156 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขางานไฟฟ้า โรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) โดยใช้วิธีการสุ่มแบบง่ายด้วยการเจาะจง จำนวน 45 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมเรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ส่วนภายในเนื้อหาแบ่งเป็นหน่วยๆ เพื่อความสะดวกของนักเรียน รวมทั้งหมด 2 หน่วยๆ ละ 40 นาที ประกอบด้วย

หน่วยที่ 1

ประเภทของระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่

ขอบเขตและหลักการทำงานของซิลเลอร์

ส่วนประกอบที่สำคัญของซิลเลอร์

แบบทดสอบที่ 1 เรื่อง ซิลเลอร์วอเตอร์

หน่วยที่ 2

ประเภทของคูลลิ่ง

ขอบเขตและหลักการทำงานของคูลลิ่ง

ส่วนประกอบที่สำคัญของคูลลิ่ง

ศัพท์วิทยาการ

แบบทดสอบที่ 2 เรื่อง คูลลิ่งทาวเวอร์

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ผู้วิจัยได้ให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบด้านเนื้อหาที่ได้จัดทำขึ้น ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านมีความคิดเห็นตรงกันว่าเนื้อหาสอดคล้องกับหลักสูตรวิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ มีความเหมาะสมตรงตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยกำหนดเขียนไว้ สามารถนำเนื้อหาที่ผู้วิจัยวิเคราะห์ไว้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมในวิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ ระดับชั้น ปวช. 3 แผนกช่างไฟฟ้า มีความเหมาะสมมาก (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูลในบทที่ 4)

2. แบบประเมินคุณภาพ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ด้านเนื้อหาและด้านสื่อคอมพิวเตอร์ (ดูรายละเอียดแบบประเมินคุณภาพ ภาคผนวก ค หน้า 138-140)

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ใช้ทดสอบการเรียนรู้ระหว่างเรียนแต่ละหน่วยและทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือกโดยให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์ (ดูรายละเอียดแบบทดสอบหาค่า E1 และ E2 ภาคผนวก ค หน้า 109)

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม

ขั้นตอนการสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม วิชา เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ ระดับปวช. 3 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า ผู้วิจัยได้นำกระบวนการพัฒนาบทเรียน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนของ ไพโรจน์ ตีรธรรณกุล ไพบุลย์ เกียรติโกมล ในลักษณะของการสอน (Instruction) เนื้อหาแบบ Interactive Multi Media Computer Assisted Instruction : IMMCAI ผู้วิจัยได้ดำเนินตามขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหา ที่นำมาสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่

2. วิเคราะห์เนื้อหาในหน่วยย่อยและกำหนดวัตถุประสงค์ โดยกำหนดเป็นวัตถุประสงค์ทั่วไป ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนเพื่อสามารถตรวจสอบและวัดผลได้

3. ออกแบบบทเรียน กำหนดวิธีการนำเสนอและออกแบบลำดับการนำเสนอเนื้อหา

4. พัฒนาบทเรียน เขียนรายละเอียดเนื้อหา (Script) จัดทำลำดับเนื้อหา (Story board) ตรวจสอบความถูกต้อง (Content)

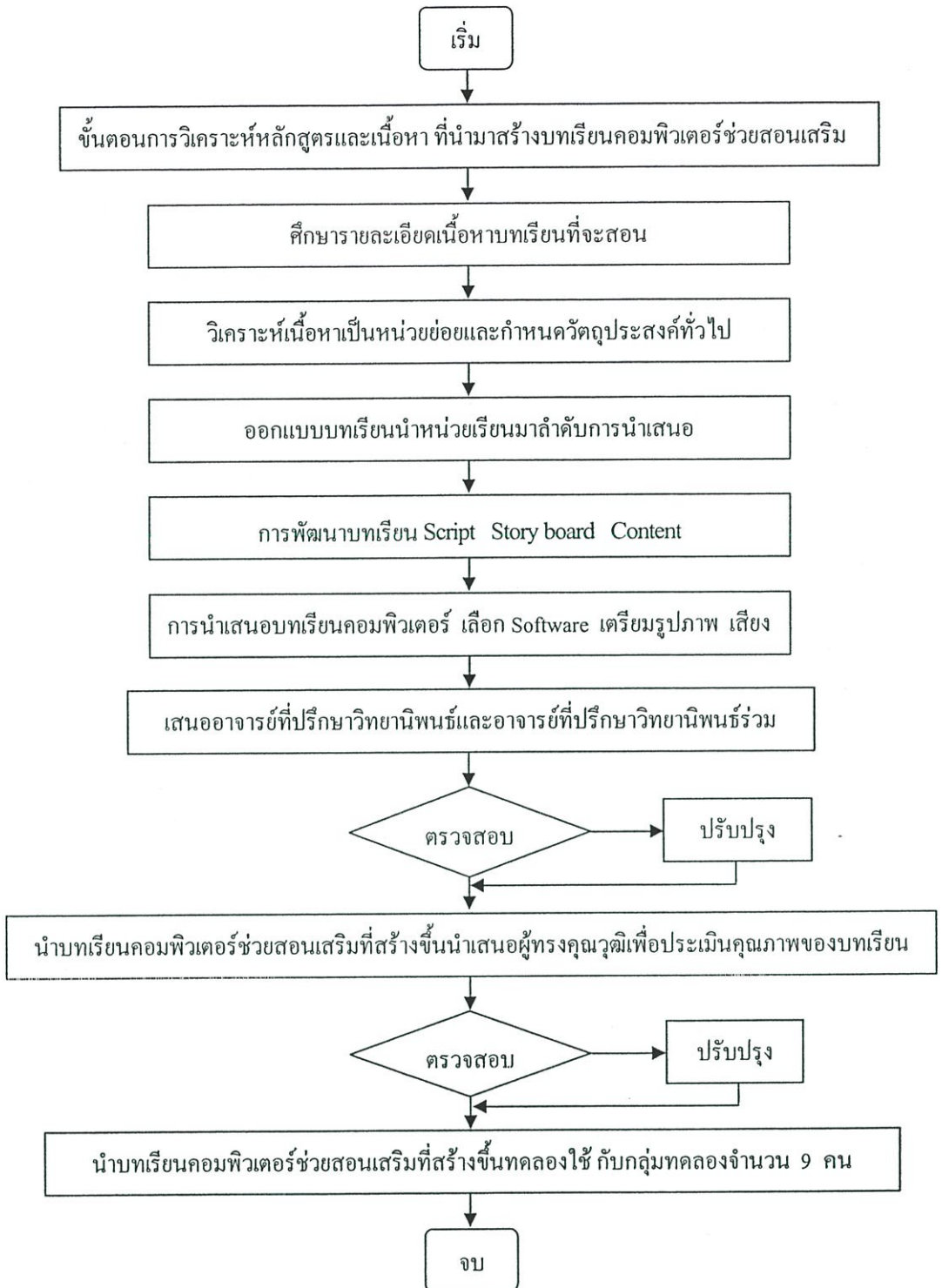
5. สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมโดยใช้โปรแกรม Macromedia Flash จัดเตรียมรูปภาพ เสียง ถ่ายวิดีโอ ภาพเคลื่อนไหวสร้างไว้เป็นแฟ้มพร้อมใช้งาน

6. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ที่สร้างเสร็จ เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบเนื้อหาข้อบกพร่อง ซึ่งผู้วิจัยนำมาแก้ไขให้สมบูรณ์ต่อไป

7. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมที่สร้างเสร็จ เสนอผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีมาก และผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อคอมพิวเตอร์ จำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี ประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ เพื่อหาข้อบกพร่องซึ่งผู้วิจัยจะนำมาแก้ไขให้สมบูรณ์ต่อไป (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูลในบทที่ 4)

8. ทำการทดลอง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ด้วยกลุ่มตัวอย่าง 9 คน โดยคัดเลือกนักเรียนเรียนดี (เกรดเฉลี่ย 3.50) ปานกลาง (เกรดเฉลี่ย 2.50) พอใช้(เกรดเฉลี่ย 2.00) ทำการปรับปรุง

9. ทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพ (E1/E2) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนแผนกช่างไฟฟ้า ระดับชั้น ปวช. 3 โรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออก(อ.เทค) จำนวน 45 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง



ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม

3.3.2 การสร้างแบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม

แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ที่ใช้เพื่อศึกษาระดับความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ด้านสื่อคอมพิวเตอร์ เป็นแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้แบบจัดอันดับคุณภาพ (Rating) แบ่งเป็น 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้และปรับปรุง แล้วผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมแล้วนำแบบประเมินดังกล่าวไปหาคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ใช้สำหรับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อนำความคิดเห็นมาแก้ไขข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม โดยได้ดำเนินการสร้างแบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ดังนี้

1. ศึกษาการสร้างแบบวัดคุณภาพและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. สร้างแบบประเมินคุณภาพ และกำหนดหัวข้อแบบประเมินคุณภาพจะมีลักษณะ

แบ่งมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามแบบ (Likert Scale) ซึ่งมีเกณฑ์การให้ความหมาย ดังนี้

- 5 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก
- 4 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับดี
- 3 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้
- 1 หมายถึง บทเรียน มีคุณภาพอยู่ในระดับปรับปรุง

3. นำแบบประเมินคุณภาพที่สร้างแล้ว ให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ เพื่อปรับปรุงแก้ไข

4. นำแบบประเมินคุณภาพที่แก้ไขแล้ว ให้ผู้ทรงคุณวุฒิทำการประเมินเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม ซึ่งจะนำคะแนนที่ได้มาแปรความหมาย และคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน เพื่อทำการประเมินดังนี้ (Hopkins and Antes, 1979 : 175) อังโน (ลิขสิทธิ์ ทองเพ็ญ, 2544 : 34) เกณฑ์การแปรความหมายของการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ดังนี้คือ

- 4.50 - 5.00 มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก
- 3.50 - 4.49 มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี
- 2.50 - 3.49 มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

1.50 - 2.49 มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้

1.00 - 1.49 มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ปรับปรุง

แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศ สำหรับอาคารขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ แบ่งออกเป็น 2 ชุด ดังต่อไปนี้คือ

1. แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศ สำหรับอาคารขนาดใหญ่ด้านเนื้อหา

ผู้ประเมินคุณภาพเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ ที่มีความรู้ประสบการณ์และมีความเชี่ยวชาญด้านเนื้อหา เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ จำนวน 3 ท่าน ประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ด้านเนื้อหา เพื่อแสดงความคิดเห็น มีรายชื่อดังต่อไปนี้

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1. อาจารย์รุจพงษ์ จตุณวัฒน์ | อาจารย์ประจำแผนกช่างไฟฟ้า
วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา |
| 2. อาจารย์ทรงชัย จันทร์ประเสริฐ | อาจารย์ประจำแผนกช่างไฟฟ้า
วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี |
| 3. คุณชัยยุทธ จงศิริ | ผู้จัดการภาคบริษัทแคเรียร์ (ประเทศไทย) จำกัด |

2. แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศ สำหรับอาคารขนาดใหญ่ด้านสื่อคอมพิวเตอร์

ผู้ประเมินคุณภาพเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ ที่มีความรู้และมีความเชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ จำนวน 3 ท่าน ประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ด้านสื่อคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงความคิดเห็น มีรายชื่อดังต่อไปนี้

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1. อาจารย์โกสิน สนวนานนท์ | อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 2. อาจารย์ยุทธนา สุวรรณลักษณ์ | อาจารย์ประจำศูนย์มัลติมีเดีย
โรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) |
| 3. อาจารย์สุคเขต หนูรอด | อาจารย์ประจำศูนย์มัลติมีเดีย
โรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) |

3.3.3 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ หลังจากการเรียนรู้ครบทุกหน่วย เป็นปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก ซึ่งได้ดำเนินการสร้างตามลำดับดังนี้

1. วิเคราะห์หลักสูตร วัดดูประสงค์ของเนื้อหาตามที่ได้ออกแบบแผนการสอน โดยข้อสอบทุกข้อให้ตรงกับวัดดูประสงค์ในการเรียนรู้ด้านต่างๆ ที่กำหนดไว้
2. สร้างแบบทดสอบแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้ครอบคลุมเนื้อหาและวัดดูประสงค์
3. นำแบบทดสอบให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาตรวจสอบตามวัดดูประสงค์

สำหรับการทำแบบทดสอบ ผู้วิจัยได้ออกแบบทดสอบเพื่องานวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่เท่านั้น ซึ่งผลคะแนนจากการทดสอบที่ได้ไม่มีผลกระทบต่อผลการเรียนในรายวิชาหลัก แต่ตรงตามวัดดูประสงค์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ทุกประการ จึงไม่มีการหาค่าความยากง่าย อำนาจแจกแจงและค่าความเชื่อมั่น เพราะบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ที่ผู้วิจัยสร้างจะช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้เกี่ยวกับระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ นักเรียนได้เรียนรู้มากขึ้น เนื่องจากเนื้อหาที่สร้างขึ้นนั้นไม่ได้จัดไว้ในหลักสูตรและระยะเวลาเรียนที่ค่อนข้างจำกัด (ดูรายละเอียดแบบทดสอบหาค่า E1 และ E2 ภาคผนวก ค หน้า 128)

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลเพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ที่สร้างขึ้นโดยนำบทเรียนไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เลือกไว้ คือ นักเรียนแผนกช่างไฟฟ้า โรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) จำนวน 45 คน ตามขั้นตอนดำเนินการ ต่อไปนี้

1. ดำเนินการติดต่องานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ออกหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลการวิจัยไปฝ่ายวิชาชีพ โรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) เพื่อขออนุญาตเก็บข้อมูลการวิจัยยังกลุ่มตัวอย่าง
2. ปรีกษาหัวหน้าภาคอุตสาหกรรม ขอใช้ห้องเรียนที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 50 เครื่อง เพื่อทำการเก็บตัวอย่างโดยทำการแจ้งหัวหน้าภาคก่อนล่วงหน้า 1 สัปดาห์

3. ปริญญาอาจารย์ที่ปรึกษาของนักเรียนระดับชั้น ปวช. 3 เพื่อดำเนินการในการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยทำการแจ้งอาจารย์ที่ปรึกษาก่อนล่วงหน้า 1 สัปดาห์
4. แจ้งนักเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการเก็บข้อมูล โดยทำการแจ้งนักเรียนก่อนล่วงหน้า 1 สัปดาห์
5. แนะนำวิธีการเริ่มบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ โดยแนะนำการเข้าออกจากโปรแกรม การปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนในขณะเรียน โดยใช้เวลาในการแนะนำในการฝึกฝนทักษะเบื้องต้นประมาณ 15 นาที และกำหนดวันเวลาการเก็บข้อมูลให้ชัดเจน
6. ให้กลุ่มตัวอย่างศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ด้วยตัวเองโดยมีอาจารย์เป็นผู้ให้คำแนะนำ
7. หลังจากศึกษาครบทุกหน่วยทำการทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
8. คะแนนที่ได้นำไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่

3.5 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาคุณภาพ ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ คือ

1. สถิติที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ย (Mean) เพื่อใช้ในการหาคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมเรื่องระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ สำหรับกลุ่มตัวอย่าง (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2546:35)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ	\bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ย
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทุกตัวในกลุ่ม
	N	แทน	จำนวนสมาชิกในกลุ่ม
	X	แทน	คะแนนแต่ละจำนวน

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.50 – 5.00	หมายถึง	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.50 – 4.49	หมายถึง	ดี
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.50 – 3.49	หมายถึง	ปานกลาง

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.50 – 2.49 หมายถึง	พอใช้
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 1.49 หมายถึง	น้อยที่สุด

ในการหาค่าเฉลี่ยของแบบประเมินนี้กำหนดเกณฑ์ในการประเมิน ต้องได้รับความเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิในระดับ 3.50 ขึ้นไป จึงถือว่ายอมรับได้ว่าสื่อนั้นมีคุณภาพ แต่ถ้าผลของการประเมินต่ำกว่า 3.50 ก็ต้องทำการแก้ไขในส่วนที่บกพร่องเพื่อให้มีคุณภาพสูงขึ้น

2. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2546: 65

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{N-1}}$$

S	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$\sum(X - \bar{X})^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนทุกตัวในกลุ่ม
N	แทน	จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง

3. การหาประสิทธิภาพของบทเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ผู้วิจัยได้นำผลการทดสอบของนักเรียนมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยแยกเป็นคะแนนแบบทดสอบทำยบทเรียนของการเรียนแต่ละหน่วย และคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนครบทุกหน่วย เพื่อนำมาหาประสิทธิภาพของบทเรียนตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 จากการประเมินผลของคะแนนแบบทดสอบระหว่างเรียน กับคะแนนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนครบทุกหน่วยการเรียนแล้ว โดยใช้สูตร E1/E2

$$\text{สูตรหา E1} = \frac{\sum X}{\frac{N}{A}} \times 100$$

$$\text{สูตรหา E2} = \frac{\sum X}{\frac{N}{B}} \times 100$$

- เมื่อ E1 คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหน่วยย่อยรวมกัน ที่คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบแต่ละหน่วย
- E2 คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนครบทุกหน่วย ที่คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนครบทุกหน่วยการเรียน

X	แทน	คะแนนแต่ละตัว
$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทุกตัวในกลุ่ม
N	แทน	จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง
A	แทน	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหน่วยย่อย
B	แทน	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครบทุกหน่วย

การกำหนดเกณฑ์การหาประสิทธิภาพ

การกำหนดเกณฑ์ E1/E2 ให้มีค่าเท่าใดควรทำไว้ก่อนว่าในครั้งนี้จะให้มาตรฐานเท่าใด โดยยึดเกณฑ์ในการพิจารณากำหนดเกณฑ์ที่กำหนด ดังนี้

1. เนื้อหาวิชาที่เป็นความรู้ความจำควรตั้งเกณฑ์ให้สูงไว้คือ 80/80 , 85/85 , 90/90
 2. เนื้อหาที่เป็นทักษะหรือเจตคติ ควรตั้งเกณฑ์ให้ต่ำลงมาเล็กน้อย คือ 70/70 , 75/75
- แต่อาจตั้งเกณฑ์สูงกว่านี้ก็ได้

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ได้วิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่

4.1.1 การวิเคราะห์หาคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ด้านเนื้อหาทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน สามารถแสดงผลการประเมินมีรายละเอียดดังในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ด้านเนื้อหา

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D	ระดับคุณภาพ
ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ			
1. เนื้อหา มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4.71	0.47	ดีมาก
2. เนื้อหา มีความยากง่ายเหมาะกับระดับผู้เรียน	4.54	0.88	ดีมาก
3. ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา	4.71	0.47	ดีมาก
4. ความเหมาะสมในการนำเสนอชัดเจน	4.17	0.83	ดี
5. ความถูกต้องของเนื้อหา	4.71	0.47	ดีมาก
6. บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน	4.71	0.47	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย	4.59	0.59	ดีมาก
ด้านเวลาในการนำเสนอ			
7. เวลากับการนำเสนอ เนื้อหา มีความเหมาะสม	4.71	0.47	ดีมาก
8. เวลา กับ คำบรรยาย มีความเหมาะสม	4.71	0.47	ดีมาก
9. เวลาในการนำเสนอ บทเรียนทั้งหมด มีความเหมาะสม	4.71	0.47	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย	4.71	0.47	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.63	0.56	ดีมาก

จากตารางที่ 4.1 ความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน มีความคิดเห็นว่าคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่องระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่
 ความคิดเห็นด้านเนื้อหาและการนำเสนอมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.59 โดยแบ่งหัวข้อรายการประเมิน ดังนี้ (1) เนื้อหา มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ (2) เนื้อหามีเหมาะสมกับระดับผู้เรียน (3) ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา (5) ความถูกต้องของเนื้อหา (6) บทเรียนมีลักษณะจูงใจ โดยมีระดับความคิดเห็นในอยู่ระดับดีมาก (4) ความเหมาะสมในการนำเสนอชัดเจน โดยมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับดี
 ด้านเวลาในการนำเสนอ มีระดับความคิดเห็น อยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.47 โดยแบ่งหัวข้อรายการประเมิน ดังนี้ (7) เวลากับการนำเสนอ เนื้อหามีความเหมาะสม (8) เวลากับคำบรรยายมีความเหมาะสม (9) เวลาในการนำเสนอบทเรียน ทั้งหมดมีความเหมาะสม

ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านมีดังนี้ เนื้อหายากเกินไปสำหรับระดับปวช. 3 รูปภาพบางส่วนไม่ชัดเจน ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

สรุป ความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา 3 ท่าน มีความคิดเห็นว่าคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ด้านเนื้อหาทั้ง 2 ด้าน มีคุณภาพอยู่ระดับดีมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.59

4.1.2 การวิเคราะห์หาคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ด้านสื่อคอมพิวเตอร์ ทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ซึ่งผลการประเมินโดยมีรายละเอียดดังในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ด้านสื่อคอมพิวเตอร์

รายการที่ประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับคุณภาพ
ด้านรูปแบบสื่อและการนำเสนอ			
1. การนำเข้าสู่เนื้อหามีความน่าสนใจ	4.00	0	ดี
2. ความเหมาะสมในรูปแบบและวิธีการนำเสนอ	4.00	0	ดี
3. ลำดับขั้นในการนำเสนอของสื่อตรงตามขั้นตอนของเนื้อหาการเรียน	4.38	0.51	ดี
4. ความเหมาะสมการนำเสนอของภาพในแต่ละหน่วย	5.00	0	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย	4.34	0.12	ดี

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

รายการที่ประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับคุณภาพ
ด้านภาพ สีที่เหมาะสมสวยงาม			
5. คุณภาพของรูปมีความคมชัด	4.17	0.83	ดี
6. ขนาดรูปภาพประกอบมีความเหมาะสม	4.17	0.83	ดี
7. สีรูปภาพประกอบมีความเหมาะสม	4.38	0.51	ดี
8. สีพื้นที่ใช้กับภาพมีความเหมาะสม	4.38	0.51	ดี
ค่าเฉลี่ย	4.27	0.67	ดี
ด้านตัวอักษร เสียง			
9. ลักษณะของตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ	4.38	0.51	ดี
10. ขนาดของตัวอักษรมีความเหมาะสม	5.00	0	ดีมาก
11. ความชัดเจนของตัวอักษร	4.17	0.83	ดี
12. ความเหมาะสมด้านกราฟิก	4.00	0	ดี
13. สีพื้นที่ใช้กับตัวอักษรมีความเหมาะสม	4.17	0.83	ดี
14. มีความเหมาะสมของเสียงที่ใช้ในการบรรยาย	4.17	0.83	ดี
15. ความชัดของเสียงที่บรรยาย	4.00	0	ดี
ค่าเฉลี่ย	4.27	0.42	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	4.29	0.42	ดี

จากตารางที่ 4.2 ความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อคอมพิวเตอร์ จำนวน 3 ท่าน มีความคิดเห็นว่าคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่

ด้านรูปแบบสื่อและการนำเสนอมีระดับความคิดเห็น อยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.34 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.12 โดยแบ่งหัวข้อรายการประเมิน ดังนี้ (4) ความเหมาะสมการนำเสนอของภาพในแต่ละหน่วย โดยมีระดับความคิดเห็นในอยู่ระดับ ดีมาก (1) การนำเข้าสู่เนื้อหา มีความน่าสนใจ (2) ความเหมาะสมในรูปแบบและวิธีการนำเสนอ (3) ลำดับขั้นในการนำเสนอของสื่อตรงตามขั้นตอนของเนื้อหาการเรียน โดยมีระดับความคิดเห็นในอยู่ระดับดี

ด้านภาพ สีที่เหมาะสมสวยงาม มีระดับความคิดเห็น อยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ย 4.27 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.67 โดยแบ่งหัวข้อรายการประเมิน ดังนี้ (5) คุณภาพของรูปมีความคมชัด (6) ขนาดรูปภาพประกอบมีความเหมาะสม (7) สีรูปภาพประกอบมีความเหมาะสม (8) สีพื้นที่ใช้กับภาพมีความเหมาะสม โดยมีระดับความคิดเห็นในอยู่ระดับดี

ตัวอักษร เสียง มีระดับความคิดเห็น อยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ย 4.27 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.42 (10) ขนาดของตัวอักษรมีความเหมาะสม โดยมีระดับความคิดเห็นในอยู่ระดับดีมาก (9) ลักษณะของตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ (11) ความชัดเจนของตัวอักษร (12) ความเหมาะสมด้านกราฟิก (13) สีพื้นที่ใช้กับตัวอักษรมีความเหมาะสม (14) มีความเหมาะสมของเสียงที่ใช้ในการบรรยาย (15) ความชัดของเสียงที่บรรยาย โดยมีระดับความคิดเห็นในอยู่ระดับดี

ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านมีดังนี้ ความคมชัดของภาพบางรูปภาพ ตัวอักษร และเสียงควรมีทุกเฟรม ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

สรุป ความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อคอมพิวเตอร์ 3 ท่าน มีความคิดเห็นว่าคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่องระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ทั้ง 3 ด้าน มีคุณภาพอยู่ระดับดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.29 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.42

4.2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่

จากการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม ตามเกณฑ์ 80/80 โดยการทดลองกับนักเรียนระดับชั้น ปวช.3 ภาคเรียนที่ 1 โรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) จำนวน 45 คน ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่

คนที่ (จำนวน 45 คน)	คะแนนจากแบบทดสอบ ท้ายบทเรียน (E1) รวมคะแนนเต็ม 40 คะแนน		คะแนนจากแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ (E2) รวมคะแนนเต็ม 25 คะแนน	
	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ
1	32	80.00	21	84.00
2	32	80.00	21	84.00
3	33	82.50	22	88.00
4	33	82.50	20	80.00
5	32	80.00	23	92.00
6	32	80.00	22	88.00

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

คนที่ (จำนวน 45 คน)	คะแนนจากแบบทดสอบ ท้ายบทเรียน (E1) รวมคะแนนเต็ม 40 คะแนน		คะแนนจากแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ (E2) รวมคะแนนเต็ม 25 คะแนน	
	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ
	7	32	80.00	20
8	32	80.00	21	84.00
9	32	80.00	22	88.00
10	32	80.00	22	88.00
11	34	85.00	21	84.00
12	36	90.00	22	88.00
13	33	82.50	22	88.00
14	32	80.00	22	88.00
15	31	77.50	21	84.00
16	33	82.50	23	92.00
17	32	80.00	21	84.00
18	32	80.00	21	84.00
19	34	85.00	21	84.00
20	35	87.50	20	80.00
21	32	80.00	21	84.00
22	33	82.50	22	88.00
23	34	85.00	21	84.00
24	32	80.00	21	84.00
25	32	80.00	21	84.00
26	34	85.00	23	92.00
27	32	80.00	21	84.00
28	34	85.00	21	84.00
29	32	80.00	20	80.00
30	32	80.00	21	84.00
31	33	82.50	22	88.00
32	34	85.00	23	92.00

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

คนที่ (จำนวน 45 คน)	คะแนนจากแบบทดสอบ ท้ายบทเรียน (E1) รวมคะแนนเต็ม 40 คะแนน		คะแนนจากแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ (E2) รวมคะแนนเต็ม 25 คะแนน	
	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ
33	31	77.50	22	88.00
34	33	82.50	22	88.00
35	33	82.50	22	88.00
36	34	85.00	20	80.00
37	34	85.00	20	80.00
38	33	82.50	21	84.00
39	34	85.00	20	80.00
40	32	80.00	21	84.00
41	33	82.50	22	88.00
42	33	82.50	22	88.00
43	32	80.00	23	92.00
44	34	85.00	21	84.00
45	34	85.00	21	84.00
รวม	1462		962	
คิดเป็นร้อยละ		82.15		85.51

ผลจากคะแนนรวมนำมาคิดเป็นค่าร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 45 คน ในตารางที่ 4.3 ปรากฏว่าคะแนนแบบทดสอบท้ายหน่วยเรียนของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าร้อยละ 82.15 และคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าร้อยละ 85.51 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 80/80 แสดงว่าคะแนนแบบทดสอบท้ายหน่วยเรียนและคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 4.4 ผลการหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่

ผลการเรียน	จำนวน นักเรียน	คะแนน เต็ม	คะแนน เฉลี่ย	ค่าร้อยละ
1. แบบทดสอบท้ายบทเรียน (E1)	45	40	16.24	82.15
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน (E2)	45	25	20.57	85.51

จากตารางที่ 4.4 ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ที่สร้างขึ้นผู้เรียนทำแบบทดสอบท้ายบทแต่ละหน่วย ระหว่างเรียนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ผลปรากฏดังนี้ คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบท้ายบท แต่ละหน่วยระหว่างเรียนของผู้เรียนได้เท่ากับ 16.24 คิดเป็นร้อยละ 82.15 และคะแนนเฉลี่ยของ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้เท่ากับ 20.57 คิดเป็นร้อยละ 85.51 จากผลการทดสอบ แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ มี ประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม และหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ โดยเน้นพัฒนาเนื้อหาให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมที่มีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยสรุปขั้นตอนการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลงานวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ เป็นไปตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้ สรุปได้ดังนี้

ด้านเนื้อหาจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมากมีค่าเฉลี่ยรวม 4.63 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56 และด้านสื่อคอมพิวเตอร์ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน ผลการประเมินสื่อคอมพิวเตอร์มีคุณภาพอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยรวม 4.24 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.42 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ทั้ง 2 ด้าน มีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้ 3.50 ทุกด้าน ในส่วนข้อเสนอแนะก็ปรับปรุงแก้ไขให้เรียบร้อย ผู้วิจัยนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ไปทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับนักเรียนแผนกช่างไฟฟ้า ระดับชั้นปวช.3 โรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) จำนวน 45 คน ผลคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนแต่ละหน่วยเท่ากับ 16.24 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.15 และคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยเท่ากับ 21.37 คะแนน จากคะแนนเต็ม 25 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.51 คะแนน ผลคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ที่ได้สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ มีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนเสริม วิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ รหัสรายวิชา 2104-2117 ได้

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ประเมินหาประสิทธิภาพ ผลการประเมินด้านเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ผลของค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.63 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.56 เนื่องจากเนื้อหา มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เนื้อหา มีความถูกต้อง มีความยากง่าย เหมาะกับระดับผู้เรียน เนื้อหาของบทเรียนมีลักษณะจูงใจน่าสนใจในการเรียน มีความเหมาะสมกับเวลาการบรรยาย และความชัดเจนในการนำเสนอชัดเจนอยู่ในเกณฑ์ดี ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านสื่อคอมพิวเตอร์ จากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ผลของค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.29 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.42 มีการนำเสนอของภาพในแต่ละหน่วย และขนาดของตัวอักษรมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก รูปแบบสื่อและการนำเสนอ ด้านภาพที่สวยงาม ด้านตัวอักษร เสียง ความเหมาะสมอยู่ในระดับดี แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพนำไปใช้ในการเรียนการสอนเสริมให้กับนักเรียนได้ และจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหาและด้านสื่อคอมพิวเตอร์ผู้วิจัยได้นำบทเรียนไปหาประสิทธิภาพ โดยทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อ.เทค) ระดับชั้น ปวช. 3 แผนกช่างไฟฟ้า จำนวน 45 คน

จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่า E1/E2 ดังกล่าวนั้น เห็นได้ว่าคะแนนที่ได้ในการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน E2 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 85.51 สูงกว่าคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน E1 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 82.15 เป็นผลมาจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนนั้น ทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาได้ดี เพราะในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ในแต่ละเรื่องนั้นผู้วิจัยได้มีการสร้างแบบทดสอบเพื่อทบทวนความรู้ในแต่ละเรื่อง ในแบบทดสอบระหว่างเรียนยังมีเฉลยในกรณีที่ผู้เรียนตอบผิด ทำให้นักเรียนทราบผลและสามารถทบทวนเนื้อหาในส่วนที่ไม่เข้าใจตามความต้องการของนักเรียน ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาของบทเรียนได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ Learning Theory ของ Edward L. Thorndike ที่ว่าการเรียนรู้ของมนุษย์จะเกิดขึ้นได้ด้วยการสร้างสิ่งเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนองที่เหมาะสมกัน และการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพนั้นจะต้องอยู่บนพื้นฐานของกฎแห่งการฝึกฝน (Law of Exercise) โดยครูควรให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดทบทวนอยู่เสมอ เพื่อเน้นย้ำสิ่งที่เรียนนั้นให้เข้าใจยิ่งขึ้นจำได้นานและมีความชำนาญ นอกจากนี้ในแบบทดสอบระหว่างเรียนยังมีเฉลยในกรณีที่ผู้เรียนตอบผิด เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาของบทเรียนได้ดียิ่งขึ้น โดยแบบฝึกหัดจะเสริมแรง (Reinforcement) โดยให้ผู้

เรียนรู้ผลการเรียนทันทีตามทฤษฎีของธอร์นไคค์ จึงเป็นผลทำให้ผู้เรียนสามารถทำคะแนนทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้สูงกว่าแบบทดสอบระหว่างเรียน

จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ นั้นได้ค่า E1/E2 เท่ากับ 82.15/85.51 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของประภค ปอคูสุวรรณ (2545:85) โดยได้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลเกินและการต่อสายดิน ด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.33 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.54 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ อยู่ในระดับดี และผลการประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.78 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.22 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ อยู่ในระดับดีมาก พบว่าผลการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 86.67/89.17 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ สอดคล้องกับงานวิจัยของประวิทย์ สิมมาทัน (2539:47) โดยได้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ความปลอดภัยจากกระแสไฟฟ้าสำหรับการฝึกอาชีพ หลักสูตรการเตรียมเข้าทำงาน พบว่าผลการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 82.80/84.52 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ อ้างไว้ในประภค ปอคูสุวรรณ

ดังนั้นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนเสริม รายวิชาเครื่องทำความเย็น และปรับอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนผู้ที่มีความสนใจเรื่องระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ สามารถนำบทเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปศึกษาเพิ่มเติมความรู้ได้เพราะด้วยตัวเอง โดยไม่ต้องเรียนในห้องเรียน เรียนที่บ้าน บริษัทหรือสถานประกอบการก็สามารถนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ไปใช้ในการฝึกอบรมช่างเครื่องปรับอากาศได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ผู้วิจัยขอเสนอแนะดังนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมที่ผู้วิจัยสร้าง ผู้ที่นำไปใช้และมีความสนใจในการสร้างสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมหรือสอนหลัก ควรมีการวิเคราะห์บทเรียนที่มีเนื้อหาเหมาะสมเลือกสร้างเฉพาะในบางบทเรียน ซึ่งจะเป็นสื่อที่ช่วยเพิ่มความสนใจให้ผู้เรียนได้มากยิ่งขึ้นและส่งผลให้บทเรียนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมที่ผู้วิจัยสร้าง เหมาะสำหรับผู้ที่มีความสนใจเรื่องระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ สามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง จะเรียนเวลาใดสถานที่ใดก็ได้ตามความต้องการของผู้เรียน

3. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมที่ผู้วิจัยสร้าง สถานประกอบการที่มีความสนใจก็สามารถนำไปใช้ศึกษาเพื่อพัฒนาช่างเทคนิคในหน่วยงานที่มีระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ได้

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ควรมีการพัฒนารูปแบบเป็นสื่อฝึกสมรรถนะเพื่อเพิ่มทักษะ

2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ควรมีการพัฒนาเพิ่มเนื้อหาเรื่องเครื่องมือ การติดตั้ง ระบบไฟฟ้าและความปลอดภัย

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. 2546. **หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ 2545.** (ปรับปรุง 2546) ประเภท
วิชาอุตสาหกรรม.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. พพ. 2002-1:2547
- กิดานันท์ มลิทอง. 2535. **เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย.** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กิดานันท์ มลิทอง. 2543. **เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม.** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- กองฝึกอบรมกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. 2543. **“โปรแกรมจำลองสภาพการทำงานที่เป็นจริง
ในระบบเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่.”** 4.5-R3.5.
- เฉลิมชัย สุขสมบูรณ์. 2548. “บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบสมรรถนะฐาน เรื่อง การประกอบ
เครื่องขยายเสียงทรานซิสเตอร์.” วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู. 2539 **“เอกสารเผยแพร่ในงานนิทรรศการเทคโนโลยีเพื่อทศวรรษหน้า”**
ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2550. **เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย.** กรุงเทพฯ: ไทยเนรมิตร กิจอินเตอร์
โปรเกรสซีฟ.
- ทวีศักดิ์ ไวยมิตรา. 2548. “บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบสมรรถนะฐาน เรื่อง อุปกรณ์
อิเล็กทรอนิกส์ ประเภทพาสซีฟ.” วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- นัยนา เอกบูรณาวัฒน์. 2539 : **“CAI สื่อการสอนใหม่ในยุคไฮเทค”** วารสาร **WATTACHAK
COMPUTER.** ปีที่ 4 ฉบับที่ 174.
- บรรจง อรชุนกะ. 2548. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรม เรื่อง แทนทดสอบในระบบ
อุตสาหกรรมการผลิตทางด้านประกอบแผงวงจรไฟฟ้า.” วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

- ประกิต ปอคูสุวรรณ. 2545. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้า ไหลเกินและการต่อสายดิน” วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ประยูทธิ นิลวงส์. 2546. “คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการฝึกปฏิบัติงานคอมพิวเตอร์.” วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ไพโรจน์ ตีรณชนากุล ไพบุลย์ เกียรติโกมล. “Creating IMMCAI Package” วารสารครุศาสตร์ อุตสาหกรรม. ปีที่ 1, ฉบับปฐมฤกษ์. พ.ศ. 2541
- ไพโรจน์ ตีรณชนากุล ไพบุลย์ เกียรติโกมล และศิริลักษณ์ ตีรณชนากุล. “Design IMMCAI Computer Instruction การออกแบบการสอนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.” วารสาร ครุศาสตร์อุตสาหกรรม ปีที่ 4 . พ.ศ. 2542. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ยิ่งศักดิ์ และเลิศผล. 2546. “บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบสมรรถนะฐาน เรื่อง การมอดูเลชั่นและดี มอดูเลชั่นแบบแอมพลิฟูด.” วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง.
- รัฐพล จินะวงศ์. 2546. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสอนเสริมเรื่อง แผนภูมิสมิทท์.” วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.
- บริษัท แคเรียร์ ประเทศไทย จำกัด. 2548. “คอมพิวเตอร์แบบหอยโข่ง”
- บริษัท บีเคเค คูลิ่ง จำกัด. 2548. “คูลิ่งทาวเวอร์”
- บริษัท เอ็มแอนด์อี จำกัด. 2545. “รวมบทความจากวารสารเทคนิคระบบปรับอากาศ ชุดที่ 1”
- วชิระ อินทร์อุดม. 2540. “เอกสารประกอบการบรรยายการ เรื่อง คอมพิวเตอร์ช่วยสอน” ทฤษฎีและหลักการออกแบบ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุกรี รอดโพธิ์ทอง. 2535. การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย รามคำแหง
- สิทธิพัฒน์ เล็กชะอุ่ม. 2545. “คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ส่วนประกอบสำคัญของ เครื่องทำความ เย็น” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.

- สมบูรณ์ นัตรอำไพพรรณ. 2547. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การใช้งาน
เตาไมโครเวฟ” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา
วิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ศรัณย์ รินคำ. 2548. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรม
อิเล็กทรอนิกส์” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชา
วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง.
- อภิชาติ ลำเลิศพงศ์พนา. 2548 “สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศ” ปีที่ 3 เล่มที่ 5
- อริสรา ว่องสวัสดิ์ภักดี. 2546. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง คอมพิวเตอร์กราฟิกเบื้องต้น
สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ”
วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย.
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก หนังสือราชการ

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

ภาคผนวก ค รูปแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบปรับ
อากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่

ภาคผนวก ก

หนังสือราชการ

- ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์
- ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษา ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย
- ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย
- ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้านสื่อคอมพิวเตอร์เพื่อการวิจัย



ประกาศบัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

.....

บัณฑิตวิทยาลัย โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการดังนี้

นายโพทอง สุวิจารณ์ รหัสประจำตัว 47065453 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “บทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศ สำหรับอาคารขนาดใหญ่ (Supplementary Computer-Assisted Instruction on Air Conditioning and Ventilation)” โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 15 กันยายน 2549

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้น ภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของบัณฑิตวิทยาลัย

ประกาศ ณ วันที่ 16 ตุลาคม พ.ศ. 2549

(รศ.ดร.อิทธิพล แจ่มจัต)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ที่ ศธ 0524.04/ 4660

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

17 พฤศจิกายน 2549

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยผู้อำนวยการ โรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค)

(อาจารย์สำรวย มหาพรหม)

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ฉบับ

ด้วย นายโพทอง สุวีจรรย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศ สำหรับอาคารขนาดใหญ่” โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้ว เมื่อวันที่ 15 กันยายน 2549 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์จากท่าน โปรดอนุญาตให้ นายโพทอง สุวีจรรย์ ใช้ห้องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยภายในสถานศึกษาได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325



ที่ ศธ 0524.04/ 4627

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

14 พฤศจิกายน 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์รุ่งพงศ์ ฉลาณวัฒน์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

ด้วย นายโพทอง สุวีจารณ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศ สำหรับ
อาคารขนาดใหญ่” โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
และ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้าน
เนื้อหาตามที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมิน
ของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายโพทอง สุวีจารณ์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-326-4325



ที่ ศธ 0524.04/ 4627

คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๑๔ พฤศจิกายน 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

เรียน คุณชัยยุทธ จงศิริ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

ด้วย นายโพทอง สุวีจรรย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศ สำหรับอาคารขนาดใหญ่” โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการอุดมศึกษา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหาตามที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายโพทอง สุวีจรรย์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-326-4325



ที่ ศธ 0524.04/ 4627

คณะกรรมการ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

พฤษภาคม 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์ทรงชัย จันทร์ประเสริฐ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

ด้วย นายโพทอง สุวิจารณ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศ สำหรับ
อาคารขนาดใหญ่” โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
และ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการอุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
ด้านเนื้อหาตามที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและ
ประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายโพทอง สุวิจารณ์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานสำนักบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-326-4325



ที่ ศธ 0524.04/ 4627

คณะกรรมการอำนวยการ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

14 พฤศจิกายน 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
ด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์โกสิน สนวนานนท์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

ด้วย นายโพทอง สุวีจรรย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศ สำหรับ
อาคารขนาดใหญ่” โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
และ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการอำนวยการ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
ด้านเทคนิคการผลิตสื่อนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมิน
ของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายโพทอง สุวีจรรย์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ ถิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-326-4325



ที่ ศท 0524.04/ 4627

คณะกรรมการอำนวยการ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๔๖ พฤศจิกายน 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
ด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์ธนาทรัพย์ สุวรรณลักษณ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

ด้วย นายโพทอง สุวิจารย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศ สำหรับ
อาคารขนาดใหญ่” โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
และ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการอำนวยการ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
ด้านเทคนิคการผลิตสื่อนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมิน
ของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายโพทอง สุวิจารย์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325



ที่ ศธ 0524.04/ 4627

คณะกรรมการอำนวยการ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๑๔ พฤศจิกายน 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
ด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์สุดเขต หนุรอด

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

ด้วย นายโพทอง สุวิจารณ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศ สำหรับ
อาคารขนาดใหญ่” โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
และ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการอำนวยการ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
ด้านเทคนิคการผลิตสื่อนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมิน
ของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายโพทอง สุวิจารณ์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

- ลักษณะรายวิชา
- การแบ่งหน่วยการเรียนรู้
- แผนการสอน
- ตารางแสดงการเปรียบเทียบระหว่างระบบปรับอากาศแบบ Split Type กับ Water Chiller ในมุมมองการใช้งานของสถาปนิก

ลักษณะรายวิชา

- | | |
|------------------------|--|
| 1. ลักษณะและชื่อวิชา | 2104-2117 เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ
Cooling and Aircondition |
| 2. สภาพรายวิชาวิชาชีพ | หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างไฟฟ้า |
| 3. ระดับวิชา | ภาคเรียนที่ 1 ชั้นปีที่ 3 |
| 4. วิชาบังคับก่อนเรียน | - |
| 5. เวลาศึกษา | ทฤษฎี/ปฏิบัติ 3(6) ชั่วโมงต่อสัปดาห์ จำนวน 20 สัปดาห์ |
| 6. หน่วยกิต | 3 หน่วยกิต |
| 7. จุดประสงค์รายวิชา | <ol style="list-style-type: none"> 1. เพื่อให้มีความเข้าใจ วงจรควบคุมเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศทางกลและทางไฟฟ้า 2. เพื่อให้มีความสามารถเลือกขนาดตรวจซ่อม และบำรุงรักษา เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ 3. เพื่อให้มีกิจนิสัยในการทำงานด้วยความประณีต รอบคอบและปลอดภัย มีความตระหนักถึงคุณภาพของงาน และมีจริยธรรมในการสรุปผลและกรรายงานผล |
| 8. มาตรฐานรายวิชา | <ol style="list-style-type: none"> 1. เข้าใจหลักการควบคุมเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ 2. กำหนดขนาดเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ 3. ติดตั้งเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ 4. ตรวจสอบบำรุงรักษาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ |
| 9. คำอธิบายรายวิชา | ศึกษาและปฏิบัติหลักการทำงานของวงจรควบคุมเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ ตรวจสอบข้อบกพร่องแก้ไขวงจรทางกลและทางไฟฟ้า การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ การประมาณการโหลดความร้อน การเลือกขนาดเครื่องปรับอากาศ บำรุงรักษาระบบปรับอากาศ |

การแบ่งหน่วยการเรียนรู้

ตารางที่ ข-1 การแบ่งหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่	รายการ	คาบเรียน		
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
1.	ศึกษาและปฏิบัติหลักการทำงานของวงจรควบคุมเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ	6	-	6
2.	หลักการเบื้องต้นของระบบการปรับอากาศ	3	6	9
3.	การใช้ การบำรุงรักษา และการแก้ไขข้อบกพร่อง	3	6	9
4.	การแก้ไขวงจรทางกลและทางไฟฟ้า	3	6	9
5.	การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	9	24	33
6.	การเดินทางท่อสารทำความเย็น	6	12	18
7.	หลักการคำนวณและคาดคะเนภาระความร้อน	9	18	27
8.	เครื่องควบแน่น	3	6	9
9.	อีวาโปเรเตอร์	3	6	9
10.	การบำรุงรักษา และติดตั้งเครื่องปรับอากาศ การบริการเครื่องทำความเย็น	9	24	33
รวม		54	108	162

แผนการสอน
รหัสวิชา 2104 – 2117 วิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ

ตารางที่ ข-2 รายละเอียดแผนการสอน

หน่วยการ เรียนที่	รายการ	คาบเรียน		
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
1 1	1. ศึกษาและปฏิบัติหลักการทำงานของวงจรควบคุม เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ 1.1 การควบคุมเครื่องปรับอากาศโดยอัตโนมัติ 1.1.1 วงจรประธานและวงจรทำงาน 1.1.2 การควบคุมอัตโนมัติ 1.1.3 การเลือกใช้เครื่องควบคุม 1.1.4 ตัวอย่างระบบการควบคุมสำหรับเครื่อง ปรับอากาศแบบชุด 1.2 เครื่องควบคุมอัตโนมัติ 1.2.1 วาล์วต่างๆ 1.2.2 สวิตช์ต่างๆ	6	-	6
2	2. หลักการเบื้องต้นของระบบการปรับอากาศ 2.1 หลักเบื้องต้นสำหรับเลือกระบบการปรับ อากาศ 2.2 ส่วนประกอบเบื้องต้นของระบบปรับ อากาศ 2.3 การจำแนกระบบการปรับอากาศ	3	6	9
3	3. การใช้ การบำรุงรักษาและการแก้ไขข้อบกพร่อง ลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศและชนิด ของคอมเพรสเซอร์ 3.1.1 เครื่องปรับอากาศแบบชุด 3.1.2 เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง 3.1.3 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	3	6	9

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

หน่วยการ เรียนที่	รายการ	คาบเรียน		
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
4	4. การแก้ไขวงจรทางกลและทางไฟฟ้า	3	6	9
5	5. การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ 5.1 ตำแหน่งของอุปกรณ์ 5.2 การติดตั้ง 5.2.1 เครื่องปรับอากาศแบบชุด 5.2.2 เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง 5.2.3 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	9	24	33
6	6. การเดินท่อสารทำความเย็นเชื่อมต่อสารทำความ เย็น การทดสอบความดันของระบบทำความเย็น การประกอบท่อ	3	6	9
7	7. หลักการคำนวณและคาดคะเนภาระความร้อน	9	18	27
8	8. เครื่องควบแน่น 8.1 ความร้อนควบแน่นและความสามารถ ระบายความร้อน 8.2 เครื่องควบแน่นชนิดต่าง ๆ	3	6	9
9	9. อีวาโปเรเตอร์ 9.1 ชนิดของอีวาโปเรเตอร์ 9.2 การถ่ายเทความร้อนของอีวาโปเรเตอร์	3	6	9
10	10. การบำรุงรักษา การติดตั้งและการบริการ เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ	6	18	24
	ทดสอบปลายภาค	3	6	9
	รวม	54	108	162

ตารางที่ ข-3 ตารางแสดงการเปรียบเทียบระหว่างระบบปรับอากาศ แบบ Split Type กับ Water Chiller ในมุมมองการใช้งานของสถาปนิก

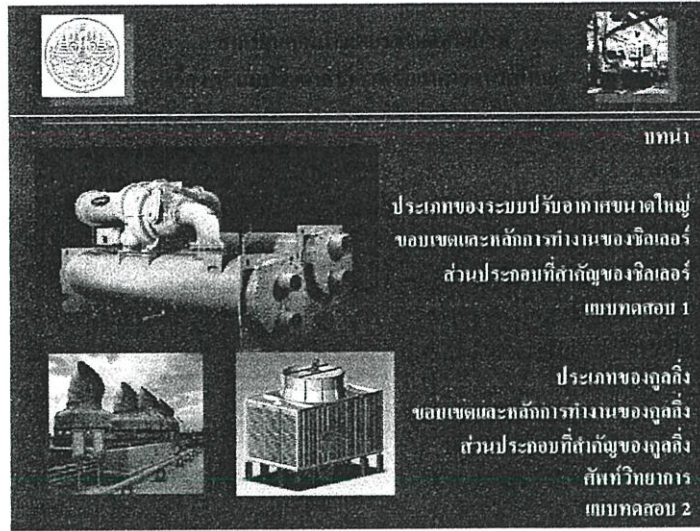
ลักษณะการเปรียบเทียบ	ระบบ Split Type	ระบบ Chiller System
อุปกรณ์ และ การใช้พื้นที่	ต้องมีพื้นที่วาง FCU. โดยสามารถกระจายไปเป็นจุดย่อยๆ ต้องมีพื้นที่วาง CDU. ตำแหน่งควรอยู่ใกล้ AHU. ที่สุด	ต้องมีพื้นที่วาง Water FCU. โดยสามารถกระจาย Fan Coil ไปเป็นจุดย่อยๆ หรืออาจต่อเป็นท่อลมจากเครื่องก็ได้ ต้องมีพื้นที่วาง Chiller, Cooling Tower และปั๊มน้ำส่วนกลาง
การวางอุปกรณ์แต่ละส่วน	ระยะห่างของ CDU. กับ AHU. ได้ประมาณ 15 เมตร ท่อน้ำยาปรับอากาศที่เดินเข้าไปในพื้นที่มีขนาดเล็ก	สามารถแยก Water FCU, Chiller และ Cooling Tower แต่ละส่วนอยู่ห่างกันได้มาก ท่อน้ำเย็นที่เดินเข้าไปในพื้นที่ มีขนาดใหญ่กว่าท่อน้ำยาปรับอากาศ
ผลกระทบต่อรูปแบบสถาปัตยกรรมภายนอก	ต้องมีเกดึ่ระบายอากาศทุกส่วนที่ติดตั้ง CDU. และกระจายไปทั่วอาคาร	การระบายอากาศมีเฉพาะที่ตั้งของ Cooling Tower
การทำงานใน Past Load ของ อุปกรณ์ทำความเย็น	ไม่สามารถทำงานเป็นขั้นได้ การควบคุมการทำงานของ CDU. ทำงานโดยเปิดและปิดเท่านั้น แบ่งส่วนการใช้งาน โดยการกระจายเครื่อง FCU. ไปในพื้นที่ที่ต้องการเหมาะสำหรับการใช้ที่มีการเปิดปิดระบบปรับอากาศไม่พร้อมกัน และการควบคุมอุณหภูมิไม่เท่ากันในแต่ละส่วน	Chiller ในระบบ VWV เดิน Part load ได้ แต่ได้น้อยขึ้น Chiller ในระบบ CWV ทำงาน Past load ไม่ได้ Chiller ต้องเปิดหรือปิดอย่างเฉียบเหมาะสำหรับการใช้งานที่มีการเปิดปิดระบบปรับอากาศพร้อมกัน
วิธีกระจายลมในพื้นที่ปรับอากาศ	วาง FCU. ไว้ในพื้นที่ปรับอากาศ	วาง Water FCU. ไว้ในพื้นที่ปรับอากาศ ต่อท่อลมเข้าไปในพื้นที่ปรับอากาศ
การแบ่งช่วงการติดตั้งระบบ	สามารถแบ่งการติดตั้งระบบเป็นส่วนๆ ได้ ตามการเปิดใช้งานของอาคาร	ต้องติดตั้งระบบทั้งหมดในครั้งเดียว
การควบคุมอุณหภูมิใน ส่วนปรับอากาศ	ตัดการทำงานของ CDU. ถ้าอุณหภูมิถึงจุดที่ต้องการ และจะเริ่มทำงานอีกครั้งเมื่อเวลาผ่านไปไม่น้อยกว่า 3 นาที การทำงานของ CDU. เป็นแบบรอบคองที่	ต้องใช้ระบบ VAV เข้ามาช่วย ในการควบคุมปริมาณอากาศที่ไหลเข้าพื้นที่ใช้งาน
การใช้งาน และบำรุงรักษา	ใช้ช่างทั่วไปในการซ่อมบำรุง	ต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญ ตรวจสอบ และดูแลทุกวัน

ภาคผนวก ก

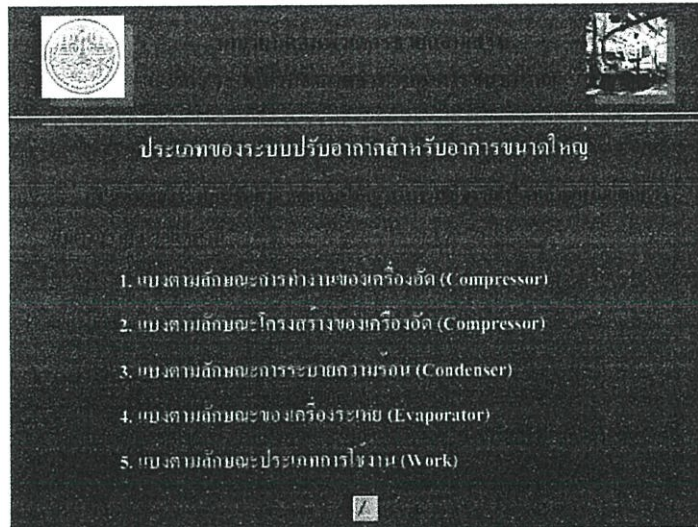
รูปแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

- วิเคราะห์เนื้อหาและกำหนดวัตถุประสงค์ทั่วไปของเนื้อหาสอนเสริม
- รูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา
- แบบประเมินคุณภาพด้านสื่อคอมพิวเตอร์
- แบบทดสอบ เฉลย
- แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน
- คู่มือการใช้งาน

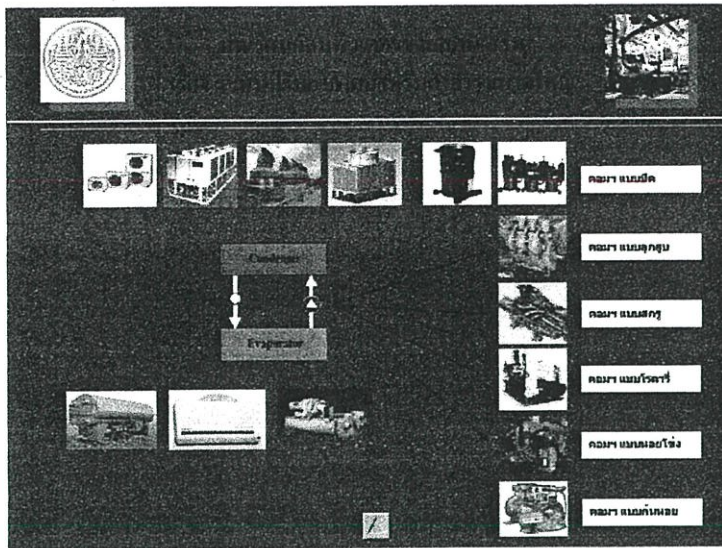
รูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน



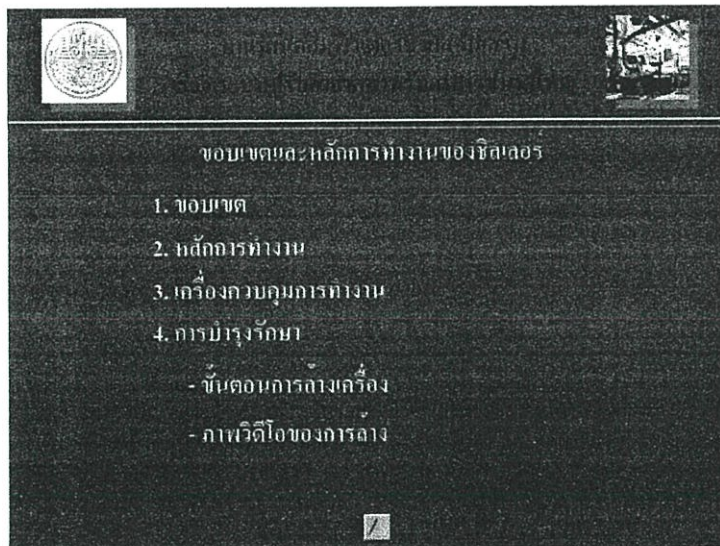
ภาพที่ ค-1 หน้าหลักของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน



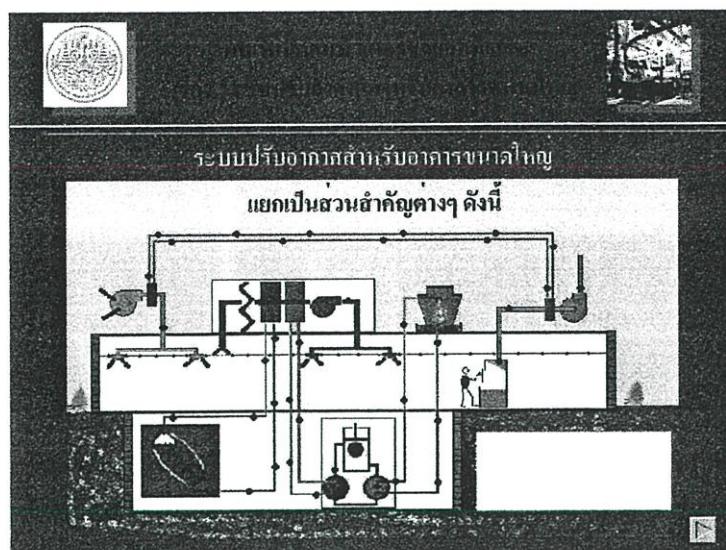
ภาพที่ ค-2 ประเภทของระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่



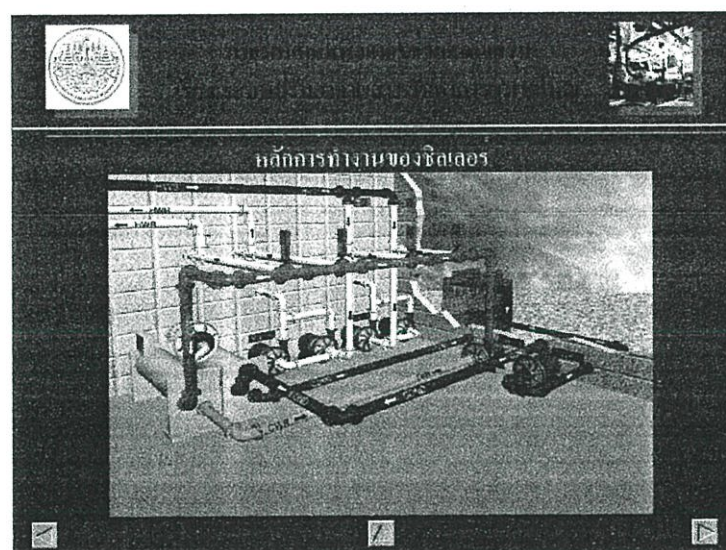
ภาพที่ ค-3 หน้าเมนูของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องคอมเพรสเซอร์



ภาพที่ ค-4 ขอบเขตและหลักการทํางานของซิลิเลออร์



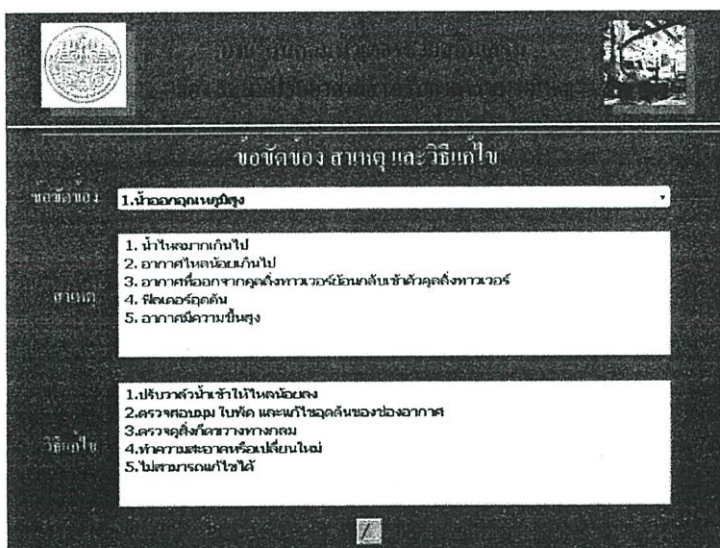
ภาพที่ ค-5 ส่วนสำคัญต่างๆ ของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่



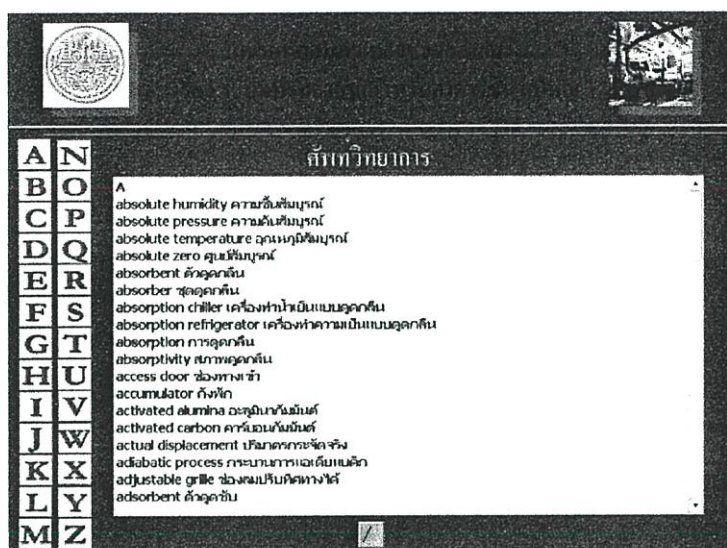
ภาพที่ ค-6 หลักการทำงานของซิลเลอร์



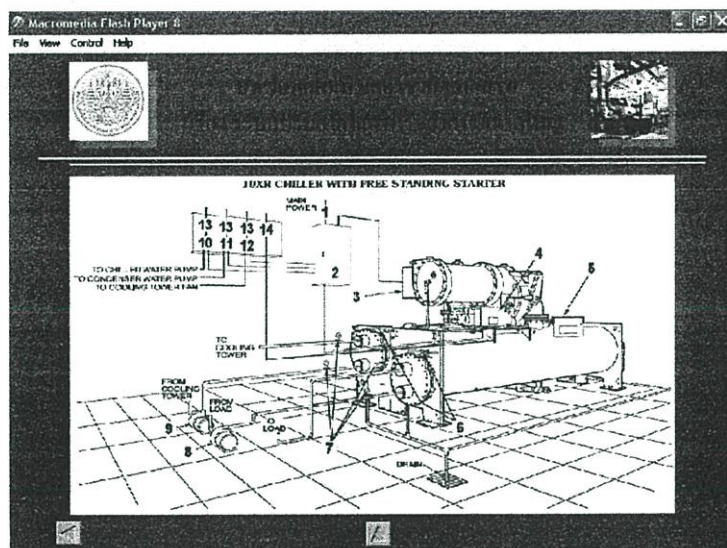
ภาพที่ ค-7 เครื่องควบคุมการทำงาน



ภาพที่ ค-8 ข้อจำกัดของ สาเหตุ และ วิธีแก้ไข



ภาพที่ ค-9 ศัพท์วิทยาการ



ภาพที่ ค-10 ส่วนประกอบของชิลเลอร์

ภาพที่ ค-11 หน้าเมนูหลักของแบบทดสอบ

1. 1 คำนวณเป็นหมยถึงข้อใด
 ก. การนำน้ำหนัก 1 คำนวณให้ได้อาจจะหมดใน 1 ชั่วโมง
 ข. การนำน้ำหนัก 1 คำนวณเป็นน้ำให้หมดใน 24 ชั่วโมง
 ค. การนำน้ำหนัก 1 คำนวณเป็นน้ำให้หมดใน 1 ชั่วโมง
 ง. การนำน้ำหนัก 1 คำนวณให้ได้อาจจะหมดใน 1 วัน

2. OTTV หมายถึงอะไร
 ก. สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของแสงอาทิตย์
 ข. ค่าการถ่ายโอนความร้อนรวมยอดของผนัง
 ค. ฉนวนที่ป้องกันการถ่ายเทความร้อน
 ง. ฉนวนที่ป้องกันการถ่ายเทความร้อน

3. อุปกรณ์ใดต่อไปนี้ไม่ใช่ อุปกรณ์ในระบบควบคุมอุณหภูมิโดยอัตโนมัติ?
 ก. 3 Way Control Valve
 ข. Inverter
 ค. Fire Stat
 ง. Discharge air damper

4. ข้อใดเป็นมาตรวัดโรทารี
 ก. Tachro meter

ภาพที่ ค-12 ส่วนข้อสอบ

แบบประเมินด้านเนื้อหา

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมเรื่อง“ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่”

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามฉบับนี้มีจำนวนทั้งหมด 2 ข้อ (ขอให้ท่านตอบทุกข้อ)
2. โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านเกี่ยวกับเนื้อหาของ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ในแต่ละรายการว่ามีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์การพิจารณาอย่างไร แล้วโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องเกณฑ์การพิจารณาทางขวามือของแบบสอบถามเพียงระดับเดียว โดยมีเกณฑ์การพิจารณาแบ่งออกเป็น 5 ระดับดังนี้

- | | | |
|---|-------------|----------|
| 5 | หมายความว่า | ดีมาก |
| 4 | หมายความว่า | ดี |
| 3 | หมายความว่า | ปานกลาง |
| 2 | หมายความว่า | พอใช้ |
| 1 | หมายความว่า | ปรับปรุง |

แบบประเมินด้านเนื้อหา
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมเรื่อง“ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่”

ข้อที่	รายการประเมิน	เกณฑ์การพิจารณา				
		ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	พอใช้ 2	ควรปรับปรุง 1
1	ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ					
	1.1 เนื้อหา มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์					
	1.2 เนื้อหา มีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน					
	1.3 ความเหมาะสมการนำเข้าสู่เนื้อหา					
	1.4 ความเหมาะสมการนำเสนอชัดเจน					
	1.5 ความถูกต้องของเนื้อหา					
	1.6 เนื้อหา มีความสนใจในการเรียน					
2	ด้านเวลาในการนำเสนอ					
	2.1 ความเหมาะสมของเวลากับการนำเสนอเนื้อหา					
	2.2 ความเหมาะสมของเวลากับคำบรรยาย					
	2.3 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอบทเรียนทั้งหมด					

ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ

()

วันที่/...../.....

แบบประเมินด้านสื่อคอมพิวเตอร์

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง “ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่”

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามฉบับนี้มีจำนวนทั้งหมด 3 ข้อ (ขอให้ท่านตอบทุกข้อ)
2. โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านเกี่ยวกับสื่อการสอนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ในแต่ละรายการว่ามีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์การพิจารณาอย่างไร แล้วโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องเกณฑ์การพิจารณาทางขวามือของแบบสอบถามเพียงระดับเดียว โดยมีเกณฑ์การพิจารณาแบ่งออกเป็น 5 ระดับดังนี้

- | | | |
|---|-------------|----------|
| 5 | หมายความว่า | ดีมาก |
| 4 | หมายความว่า | ดี |
| 3 | หมายความว่า | ปานกลาง |
| 2 | หมายความว่า | พอใช้ |
| 1 | หมายความว่า | ปรับปรุง |

แบบประเมินด้านสื่อคอมพิวเตอร์

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง “ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่”

ข้อที่	รายการประเมิน	เกณฑ์การพิจารณา				
		ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	พอใช้ 2	ปรับปรุง 1
1	รูปแบบสื่อและการนำเสนอ					
	1.1 การนำเข้าสู่เนื้อหาที่มีความน่าสนใจ					
	1.2 ความเหมาะสมในรูปแบบและวิธีการนำเสนอ					
	1.3 ลำดับขั้นในการนำเสนอของสื่อตรงเนื้อหาการเรียน					
	1.4 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอของภาพในแต่ละเรื่อง					
2	ภาพการให้สีที่เหมาะสม สวยงาม					
	2.1 คุณภาพของรูปภาพที่ใช้มีความคมชัด					
	2.2 รูปภาพตรงกับเนื้อหา					
	2.3 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้ในบทเรียน					
	2.4 ความเหมาะสมของสีพื้นที่ใช้ในบทเรียน					
3	ตัวอักษร เสียง					
	3.1 ลักษณะของตัวอักษรที่ใช้แนะนำเสนอ					
	3.2 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
	3.3 ความชัดเจนของตัวอักษร					
	3.4 ความเหมาะสมของงานด้านกราฟิก					
	3.5 ความเหมาะสมของสีพื้นที่ใช้กับตัวอักษร					

(ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	เกณฑ์การพิจารณา				
		ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	พอใช้ 2	ปรับปรุง 1
	3.6 ความเหมาะสมของเสียงที่ใช้บรรยาย					
	3.7 ความชัดของเสียงที่บรรยาย					

ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ

()

วันที่/...../.....

แบบทดสอบหน่วยที่ 2 (ต่อ)

หน่วยที่ 1 ซิลเลอเตอร์วอเตอร์ (E1)	วัตถุประสงค์ทั่วไป
<p>8. น้ำออก कुลลิ่งทาวเวอร์ อุณหภูมิสูงเนื่องมาจากสาเหตุใด</p> <p>ก. น้ำไหลมากอากาศไหลน้อยเกินไป ข. ท่อน้ำอุดตัน</p> <p>ค. อากาศภายนอกอุณหภูมิสูงมาก ง. โหลดทางความร้อนต่ำ</p> <p>9. น้ำเข้า कुลลิ่งทาวเวอร์ มีอุณหภูมิต่ำเนื่องมาจากสาเหตุใด</p> <p>ก. อากาศที่ออกไปไหลย้อนกลับเข้าตัว कुลลิ่งทาวเวอร์</p> <p>ข. ฟिलเตอร์อุดตัน ค. อากาศมีความชื้นสูง</p> <p>ง. เลือกขนาด कुลลิ่งทาวเวอร์ขนาดใหญ่</p> <p>10. कुลลิ่งทาวเวอร์ มีตะกอนมากเพราะสาเหตุใด</p> <p>ก. น้ำมีความเป็นกรดสูง ข. น้ำมีความเป็นด่างสูง</p> <p>ค. น้ำมีความกระด้างสูง ง. น้ำไม่มีการระบาย</p> <p>11. ถ้าเกียร์มีเสียงดังควรแก้ไขอย่างไร</p> <p>ก. ตรวจสอบไฟฟ้าที่ไปเลี้ยงมอเตอร์ด้วยเครื่องวัด</p> <p>ข. เปลี่ยนลูกปืนใหม่และปรับระยะมอเตอร์ให้ถูกต้อง</p> <p>ค. มีน้ำมันเกียร์มากเกินไป</p> <p>ง. มีน้ำมันเกียร์น้อยเกินไป</p> <p>12. กระแสไฟฟ้าไหลมากผิดปกติเกิดจากสาเหตุใด</p> <p>ก. ลดมุมเอียงใบพัด ข. ท่อน้ำอุดตัน</p> <p>ค. ปรับวาล์วน้ำ</p> <p>ง. โวลต์ตกหรือบกพร่องเนื่องจากมอเตอร์</p> <p>13. การสูญเสียน้ำมากเกินไปมีวิธีแก้ไขอย่างไร</p> <p>ก. ทำความสะอาดไส้กรอง</p> <p>ข. ตรวจสอบการทำงานของลูกลอย</p> <p>ค. ทำความสะอาดรูท่อน้ำหรือปรับท่อน้ำใหม่</p> <p>ง. ตรวจสอบขนาดของปั๊มไส้กรอง</p> <p>14. อัตราการไหลของน้ำน้อยเกิดขึ้นเพราะเหตุใด</p> <p>ก. ไส้กรองอุดตัน ปั๊มบกพร่องหรือเลือกขนาดผิด</p> <p>ข. ใบพัดไม่สมดุลย์</p> <p>ค. มีการหลดหลวมของหัวน็อต</p> <p>ง. มีกระแสไฟฟ้ามากผิดปกติ</p>	<p>แบบทดสอบข้อที่ 8-14</p> <p>วัตถุประสงค์เพื่อ</p> <p>บอกสาเหตุข้อขัดข้อง</p> <p>ของ कुลลิ่งทาวเวอร์</p>

แบบทดสอบหน่วยที่ 2 (ต่อ)

หน่วยที่ 1 ซิลเลอร์วอเตอร์ (E1)	วัตถุประสงค์ทั่วไป
<p>15. การตรวจสอบ Cooling Tower ส่วนที่จะต้องตรวจทุกวันคือข้อใด</p> <p>ก. มอเตอร์ ระบบจ่ายน้ำ ข. ฟিলเตอร์ ลูกลอย</p> <p>ค. ช่องทางอากาศ ลูกลอย ง. พัดลม ฐานมอเตอร์</p> <p>16. การตรวจสอบ Cooling Tower ส่วนที่จะต้องตรวจประจำสัปดาห์คือข้อใด</p> <p>ก. ลูกลอย ข. ฟিলเตอร์</p> <p>ค. เปลือกนอก ง. เกียร์</p> <p>17. การตรวจสอบ Cooling Tower ส่วนที่จะต้องตรวจประจำเดือนคือข้อใด</p> <p>ก. ฟিলเตอร์ ลูกลอย แผ่นกั้นน้ำกระเด็น</p> <p>ข. เกียร์ ระบบจ่ายน้ำ ช่องทางอากาศ</p> <p>ค. พัดลม ฐานมอเตอร์ เปลือกนอก</p> <p>ง. มอเตอร์ ระบบจ่ายน้ำ ระบบน้ำทิ้ง</p> <p>18. การตรวจสอบ Cooling Tower ส่วนที่จะต้องตรวจประจำ 6 เดือนคือข้อใด</p> <p>ก. ฟিলเตอร์ ลูกลอย แผ่นกั้นน้ำกระเด็น</p> <p>ข. พัดลม ฐานมอเตอร์ เปลือกนอก</p> <p>ค. มอเตอร์ ฟิลเตอร์ ช่องทางอากาศ</p> <p>ง. เกียร์ ระบบจ่ายน้ำ ช่องทางอากาศ</p> <p>19. การตรวจสอบ Cooling Tower ส่วนที่จะต้องตรวจประจำปีคือข้อใด</p> <p>ก. เกียร์ ระบบจ่ายน้ำ ข. ฟิลเตอร์ ลูกลอย</p> <p>ค. ถาดรองน้ำ เปลือกนอก ง. พัดลม ฐานมอเตอร์</p> <p>20. ในระบบการจ่ายน้ำสิ่งที่จะต้องทำการตรวจทุกวันมีอะไรบ้าง</p> <p>ก. ตรวจสอบการอุดตันและความเร็วรอบ</p> <p>ข. ตรวจสอบการรั่วซึมและระบายน้ำทิ้ง</p> <p>ค. ตรวจสอบความสะอาดและตรวจลิ้ม</p> <p>ง. ตรวจสอบการรั่วซึมและความสะอาด</p>	<p>แบบทดสอบข้อที่ 15-20</p> <p>วัตถุประสงค์เพื่อ</p> <p>ตรวจสอบคุณลักษณะทาวเวอร์</p>

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว ปรนัย 25 ข้อ ใช้เวลา 15 นาที

แบบทดสอบครบทุกหน่วย (E2)	วัตถุประสงค์ทั่วไป
<p>1. ข้อใดคือข้อดีของซิลเลอร์</p> <p>ก. อุปกรณ์แต่ละส่วนอยู่ใกล้กัน ข. กระจายแฟนคอยล์เป็นจุดๆ</p> <p>ค. รวมอุปกรณ์ทั้งหมดเข้าด้วยกัน ง. มีเกิ้ลี่ระบายอากาศทุกส่วน</p> <p>2. การแบ่งช่วงการติดตั้งระบบซิลเลอร์มีขั้นตอนอย่างไร</p> <p>ก. แบ่งการติดตั้งเป็นส่วนๆ ข. ติดตั้งบริเวณใช้งาน</p> <p>ค. ติดตั้งระบบทั้งหมดครั้งเดียว ง. ขึ้นอยู่กับขนาดของอาคาร</p> <p>3. อุปกรณ์ควบคุมการปรับอากาศของซิลเลอร์เป็นแบบใด</p> <p>ก. ไมโครโปรเซสเซอร์ ข. เพาเวอร์รีเลย์</p> <p>ค. เทอโมสตัท ง. แมคเนติกคอนแทคเตอร์</p> <p>4. ข้อดีของการควบคุมอุณหภูมิของซิลเลอร์คือข้อใด</p> <p>ก. ทำงานโดยเปิดและปิดเท่านั้น ข. การควบคุมในบางส่วนได้ดี</p> <p>ค. การเปิด-ปิดไม่พร้อมกัน ง. ควบคุมอุณหภูมิได้เท่ากัน</p>	<p>แบบทดสอบข้อที่ 1-4</p> <p>วัตถุประสงค์เพื่อ</p> <p>บอกขอบเขตของระบบปรับ</p> <p>อากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่</p>
<p>5. คอมเพรสเซอร์แบบ โรตารีเหมาะสำหรับงานแบบใด</p> <p>ก. โรงงานอุตสาหกรรม</p> <p>ข. เครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก</p> <p>ค. ห้องเย็น ง. โรงภาพยนตร์</p> <p>6. คอมเพรสเซอร์ชนิดใดที่นิยมใช้กับห้องเย็น</p> <p>ก. แบบลูกสูบ ข. แบบโรตารี</p> <p>ค. แบบกั้นหอย ง. แบบหอยโข่ง</p> <p>7. คอมเพรสเซอร์ชนิดใดที่ให้แรงบิดสูง</p> <p>ก. แบบลูกสูบ ข. แบบโรตารี</p> <p>ค. แบบสกรู ง. แบบหอยโข่ง</p> <p>8. คอมเพรสเซอร์ชนิดใดที่ขณะทำงานจะมีซูเปอร์ฮีตต่ำ</p> <p>ก. แบบลูกสูบ ข. แบบโรตารี</p> <p>ค. แบบกั้นหอย ง. แบบหอยโข่ง</p>	<p>แบบทดสอบข้อที่ 5-8</p> <p>วัตถุประสงค์เพื่อ</p> <p>บอกชนิดของคอมเพรสเซอร์</p> <p>ระบบปรับอากาศสำหรับอาคาร</p> <p>ขนาดใหญ่</p>

แบบทดสอบ (ต่อ)

แบบทดสอบครบทุกหน่วย (E2)	วัตถุประสงค์ทั่วไป
<p>9. เครื่องระบายความร้อนของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่เรียกว่า</p> <p>ก. แฟนคอยล์ ยูนิต ข. คอมเพรสเซอร์</p> <p>ค. คอนเดนเซอร์ ง. คูลิ่งทาวเวอร์</p> <p>10. ตัวเฟรมของ Cooler and Condenser ทำจากอะไร</p> <p>ก. โทเทเนียม ข. เหล็กกล้า</p> <p>ค. สแตนเลส ง. ไฟเบอร์กลาส</p> <p>11. การควบคุมเครื่องของระบบซิลเลอร์เป็นแบบใด</p> <p>ก. รুমสวิตช์ ข. แมคเนติก</p> <p>ค. ไมโครโปรเซสเซอร์ ง. สวิตช์กำลัง</p> <p>12. การระบายความร้อนของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่มีกี่ชนิด</p> <p>ก. 5 ชนิด ข. 4 ชนิด ค. 3 ชนิด ง. 2 ชนิด</p>	<p>แบบทดสอบข้อที่ 9-12</p> <p>วัตถุประสงค์เพื่อ</p> <p>บอกส่วนประกอบของ</p> <p>ซิลเลอร์วอเตอร์</p>
<p>13. คูสถานะการทำงานของเครื่องกดปุ่มใด</p> <p>ก. Local ข. Ccn ค. Reset ง. Menu</p> <p>14. การเดินเครื่องอัตโนมัติกดปุ่มใด</p> <p>ก. Menu ข. Ccn ค. Reset ง. Local</p> <p>15. การเตรียมเครื่องพร้อมใช้งานกดปุ่มใด</p> <p>ก. Menu ข. Ccn ค. Local ง. Reset</p>	<p>แบบทดสอบข้อที่ 13-15</p> <p>วัตถุประสงค์เพื่อ</p> <p>บอกหน้าที่ของปุ่มควบคุมระบบ</p> <p>การทำงานของระบบปรับอากาศ</p> <p>สำหรับอาคารขนาดใหญ่</p>
<p>16. ขอบเขตของคูลิ่งคืออะไร</p> <p>ก. นำน้ำที่ใช้แล้วกลับมาใช้อีก ข. การควบแน่น</p> <p>ค. ระบายความร้อนออกจากน้ำ ง. ไม่มีข้อใดถูก</p> <p>17. ถ้าเกิดรั่วซึมที่หน้าแปลนมอเตอร์หรือรอยต่อจะมีผลอย่างไร</p> <p>ก. อากาศมีความชื้นสูง ข. ฟিলเตอร์อุดตัน</p> <p>ค. สิ้นเปลืองน้ำมันเกียร์</p> <p>ง. น้ำเข้าคูลิ่งทาวเวอร์มีอุณหภูมิต่ำ</p> <p>18. ถ้าใบพัดลมสั้นและเสียงดังมีวิธีแก้ไขอย่างไร</p> <p>ก. ตรวจสอบหัวน็อตและขันให้แน่น</p> <p>ข. เปลี่ยนซิลและบรูซใหม่</p> <p>ค. ถอดออกมาซิลแล้วประกอบเข้าไปใหม่</p> <p>ง. ขยับตำแหน่งมอเตอร์ให้ถูกต้อง</p>	<p>แบบทดสอบข้อที่ 16-20</p> <p>วัตถุประสงค์เพื่อ</p> <p>บอกวิธีการตรวจสอบ</p> <p>คูลิ่งทาวเวอร์</p>

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

หน่วยที่ 1 ซิลเลอรร่วมเตอร์

1. ง	2. ข	3. ค	4. ค	5. ค
6. ค	7. ง	8. ข	9. ก	10. ง
11. ข	12. ก	13. ง	14. ค	15. ง
16. ก	17. ข	18. ง	19. ก	20. ค

ชุดที่ 2 คูณลิ่งทาวเวอร์

1. ง	2. ก	3. ข	4. ก	5. ข
6. ง	7. ง	8. ก	9. ก	10. ง
11. ข	12. ง	13. ค	14. ก	15. ก
16. ง	17. ก	18. ค	19. ค	20. ก

ชุดที่ 3 วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ข	2. ค	3. ก	4. ง	5. ค
6. ก	7. ข	8. ก	9. ข	10. ง
11. ข	12. ก	13. ค	14. ง	15. ก
16. ค	17. ข	18. ง	19. ก	20. ง
21. ค	22. ก	23. ก	24. ข	25. ง

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน

แบบสอบถามนี้ใช้สำหรับนักเรียนแสดงความคิดเห็น และข้อเสนอแนะเพื่อนำมาพัฒนาปรับปรุงบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ในด้านความเหมาะสม ภาษา รูปแบบบทเรียน ความเหมาะสมของเนื้อหา และแบบทดสอบ

คำชี้แจง แบบประเมินคุณภาพชุดนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 แบบแสดงความคิดเห็นคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม ในด้านความเหมาะสมและความถูกต้องของบทเรียน

ตอนที่ 2 แบบแสดงความคิดเห็น และข้อเสนอแนะอื่นๆ

ตอนที่ 1 โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องเกณฑ์การพิจารณาทางขวามือของแบบสอบถามเพียง

ระดับเดียว โดยมีเกณฑ์การพิจารณาแบ่งออกเป็น 5 ระดับดังนี้

- 5 หมายความว่า ดีมาก
- 4 หมายความว่า ดี
- 3 หมายความว่า ปานกลาง
- 2 หมายความว่า พอใช้
- 1 หมายความว่า ปรับปรุง

ตอนที่ 2 แบบแสดงความคิดเห็น และข้อเสนอแนะ โดยลำดับหัวข้อตามลำดับความสำคัญ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 1 ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบ
ปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ในด้านความเหมาะสมและความถูกต้องของบทเรียน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	พอใช้ 2	ปรับปรุง 1
1. การนำเข้าสู่บทเรียนเหมาะสมและมีความ น่าสนใจ					
2. การวางรูปแบบหน้าจอทำได้เหมาะสม					
3. การอธิบายเนื้อหาที่มีความชัดเจนเข้าใจ ง่าย					
4. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
5. ความเหมาะสมของสีพื้น					
6. ภาพที่นำมาประกอบในบทเรียนชัดเจน					
7. ภาพเคลื่อนไหวในบทเรียนเหมาะสมน่า สนใจ					
8. บทเรียนใช้ง่ายและสามารถควบคุมได้ ด้วยตัวเอง					
9. นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้					
10. คำถามในแบบทดสอบมีความ สอดคล้อง กับเนื้อหา					

ตอนที่ 2 แบบแสดงความคิดเห็น และข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ

()

ผู้แสดงความคิดเห็น

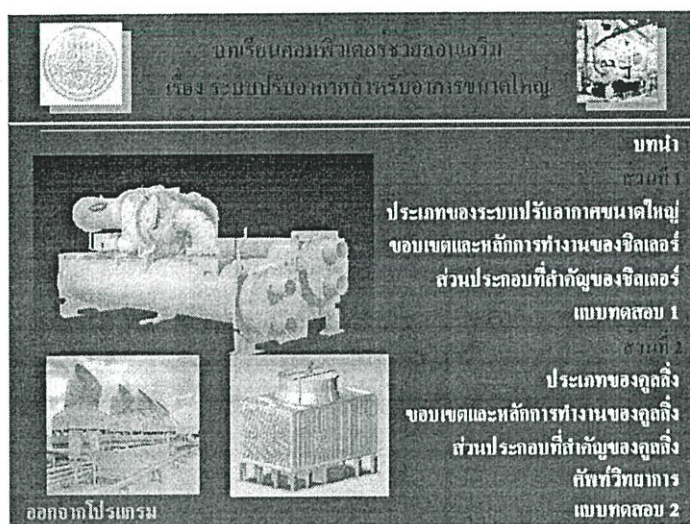
คู่มือการใช้งาน

การเปิดโปรแกรมเพื่อเข้าสู่บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม

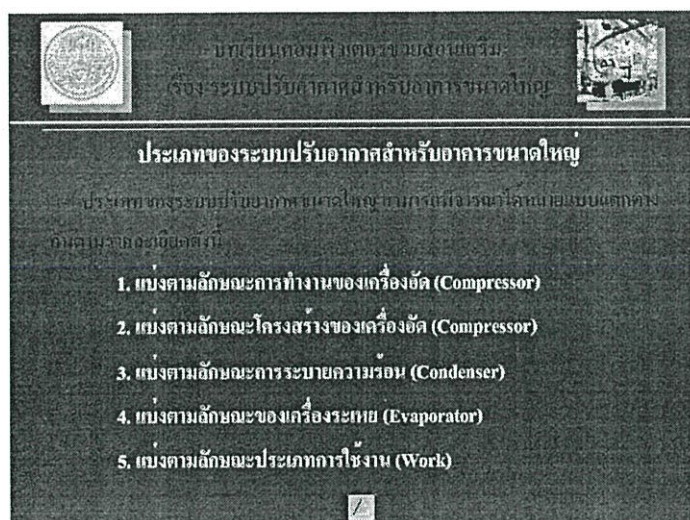
เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่


การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ จะต้องเตรียมเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรม Macromedia Flash Version 8 พร้อมลำโพง และปฏิบัติตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

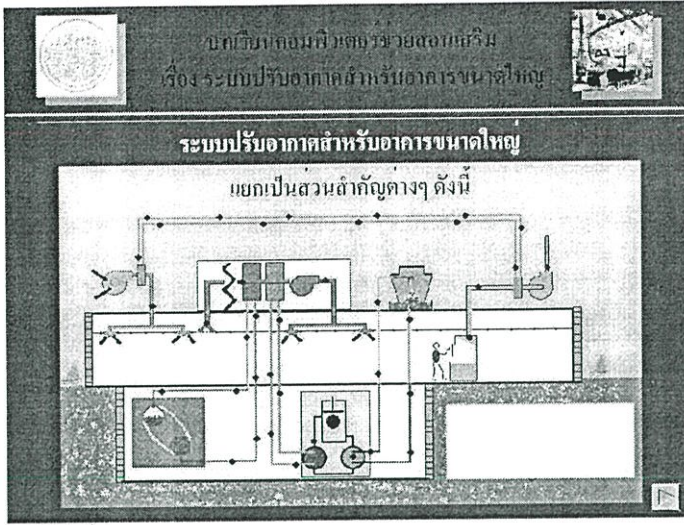
1. เปิดเครื่องเข้าสู่ระบบปฏิบัติการ Windows
2. เปิดโปรแกรม Auto Run Macromedia Flash เข้าสู่หน้าเมนูหลักหน้าจอจะปรากฏตามภาพ



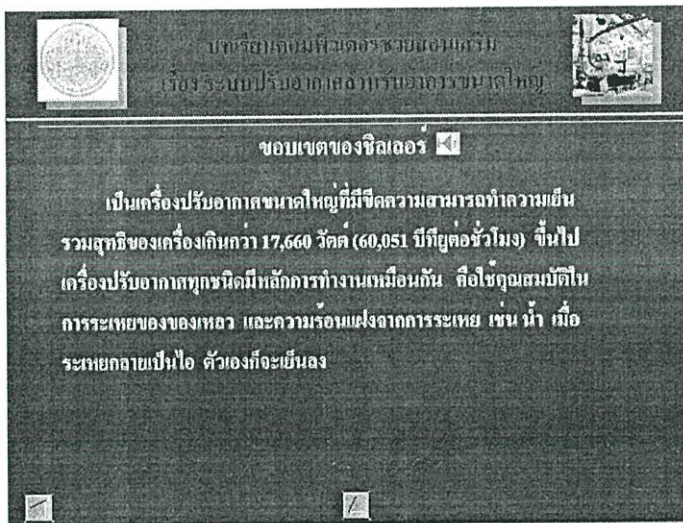
3. เลื่อนเมาส์ไปคลิกเรื่องที่จะเรียน “ประเภทของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่” สังเกตเมาส์จะเป็นรูปมือเลือกหัวข้อที่จะเลือกเรียน จะขึ้นภาพดังนี้




4. เลื่อนเมาส์คลิกเลือกศึกษาตามหัวข้อที่เรียน ศึกษาจบแล้ว เลื่อนเมาส์คลิก  เพื่อกลับหน้าเมนูหลัก

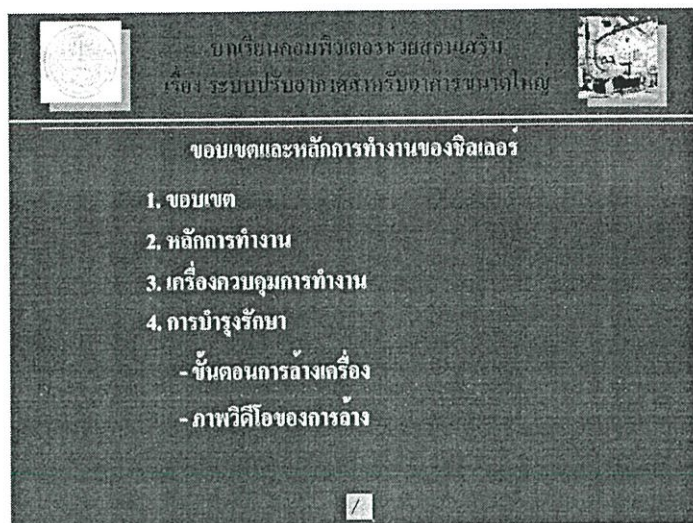


5. เลื่อนเมาส์ไปคลิกเลือกศึกษาตามหัวข้อ ศึกษาจบแล้ว เลื่อนเมาส์คลิก  เพื่อดูหน้าถัดไป

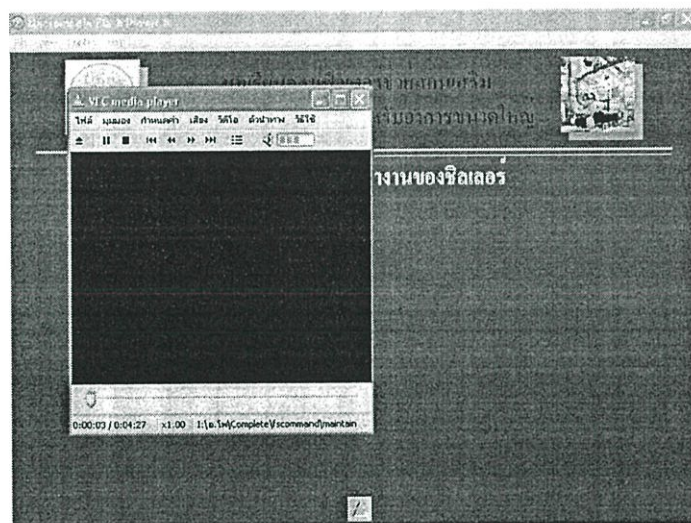


6. เลื่อนเมาส์คลิกเลือกศึกษาตามหัวข้อ ศึกษาจบแล้ว เลื่อนเมาส์คลิก  เพื่อกลับหน้าเดิม

7. เลื่อนเมาส์คลิกเลือกศึกษาตามหัวข้อ ศึกษาจบแล้ว เลื่อนเมาส์คลิก  เพื่อเปิดฟังเสียง



8. เลื่อนเมาส์เพื่อดูภาพเคลื่อนไหว “ภาพวิดีโอของการล้าง” หน้าจอจะปรากฏภาพเคลื่อนไหว



9. ถ้าต้องการศึกษาเรื่องต่อไปต้องปิดหน้าต่างภาพเคลื่อนไหวก่อนศึกษาเรื่องต่อไป

10. หน้าเมนูหลักมีแบบทดสอบของแต่ละหน่วย เลื่อนเมาส์ไปคลิกเพื่อทำแบบทดสอบ “แบบทดสอบ 1” หน้าจอจะปรากฏภาพ

11. เลื่อนเมาส์เพื่อคลิกปุ่มข้อสอบ หน้าจอจะขึ้นหน้าต่างไป (ในแต่ละหน่วยจะมีข้อสอบจำนวน 20 ข้อ)

12. นักเรียนทำข้อสอบเสร็จแล้ว นักเรียนตรวจสอบผลสอบ โดยเลื่อนเมาส์คลิก “ตรวจสอบ” โปรแกรมจะประเมินผลการทำข้อสอบว่าทำถูกกี่ข้อ ผิดกี่ข้อ คิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ นักเรียนสามารถจะทำซ้ำกี่ครั้งก็ได้จนกว่านักเรียนจะเข้าใจ
13. ออกจากแบบทดสอบ โดยเลื่อนเมาส์คลิก “ออกจากแบบทดสอบ” จะกลับหน้าเมนูหลัก
14. การเลิกใช้งานเลื่อนเมาส์คลิก “ออกจากโปรแกรม”

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายปิติพัฒน์ บุญยสิทธิ์วิกุล
วัน เดือน ปีเกิด	20 กันยายน 2506
สถานที่เกิด	อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	125 หมู่ 1 ตำบลโคกขี้หนอน อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี
สถานที่ทำงาน	-
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2539 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	ปีการศึกษา 2550 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง