

อภินิพนธ์นาการ



สำนักหอสมุด



การประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยน้ำกลั่นตัว

Energy Saving of Split-Type Air Conditioner
with Condensate Water

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

วันลงทะเบียน..... - 5 ก.ย. 2560

เลขทะเบียน..... 1996926

เลขเรียกหนังสือ.....

นายชัยวัฒน์ พลวิเศษ รหัส 55363018

นายพนา เทพา รหัส 55363346

นายवलันต์ สายบัว รหัส 55363513

ร/ส

8432ก

2558

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ปีการศึกษา 2558



ใบรับรองโครงการวิศวกรรม

หัวข้อโครงการ : การประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วย
น้ำกลั่นตัว
Energy Saving of Split-Type Air Conditioner with
Condensate Water

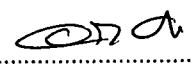
ผู้ดำเนินโครงการ : นายชัยวัฒน์ พลวิเศษ รหัส 55363018
นายพนา เทพา รหัส 55363346
นายวสันต์ สายบัว รหัส 55363513

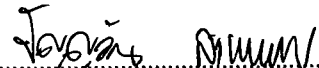
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษุรักษ์ จันทร์แคนลา
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา : 2558

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุรินทร์ อนุมัติให้โครงการวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงการ


.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษุรักษ์ จันทร์แคนลา)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ชัย อยู่แก้ว)


.....กรรมการ
(ดร. ปัญญวัฒน์ ลำเพาพงศ์)

หัวข้อโครงการ : การประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วย
น้ำกลั่นตัว
Energy Saving of Split-Type Air Conditioner with
Condensate Water

ผู้ดำเนินโครงการ : นายชัยวัฒน์ พลวิเศษ รหัส 55363018
นายพนา เทพา รหัส 55363346
นายวสันต์ สายบัว รหัส 55363513

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษณุภรณ์ท์ แคนลา
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา : 2558

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานและประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 36,000 Btu/hr แบบระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนด้วยการนำน้ำกลั่นตัวจากคอยล์เย็นมาเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อน โดยทำการออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์บริเวณทางออกของคอมเพรสเซอร์ แบ่งการทดลองเป็น 4 กรณี คือ 1. ห้องปรับอากาศทั่วไป 2. ห้องปรับอากาศติดตั้งอุปกรณ์ชุดกักเก็บน้ำกลั่นตัว (JAVIS A-D25) 3. ห้องปรับอากาศติดตั้งอุปกรณ์ชุดกักเก็บน้ำกลั่นตัว (JAVIS A-D40) 4. ห้องปรับอากาศติดตั้งอุปกรณ์ชุดปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน (JAVIS B-D18) โดยแต่ละกรณีทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนมีค่าเฉลี่ย 30, 35 และ 40 °C

ผลการทดลองพบว่าทุกช่วงอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนอุปกรณ์แบบกักเก็บน้ำกลั่นตัว (JAVIS A-D25) และ (JAVIS A-D40) ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศและลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้เนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวมีผลทำให้การระบายความร้อนของคอยล์ร้อนลดต่ำลง แต่อุปกรณ์แบบปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน (JAVIS B-D18) สามารถเพิ่มการระบายความร้อนของคอยล์ร้อนจึงส่งผลให้ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ โดย COP และ EER เพิ่มขึ้น 10.29-12.14% รวมถึงมีระยะเวลาคืนทุนที่อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อน 30, 35 และ 40°C เป็นเวลา 14, 20 และ 50 วัน ตามลำดับ

Project Title : Energy Saving of Split-Type Air Conditioner with
Condensate Water

Name : Mr. Chaiwat polvises Code 55363018
Mr. Phana Thepha Code 55363346
Mr. Wasun Saibua Code 55363513

Project Advisor : Assistant Professor Sitphan Kanla

Department : Mechanical Engineering

Academic Year : 2015

Abstract

The objective of this study was to compare the energy consumption and the efficiency of 36,000 Btu/hr split-type air conditioner between the air-cooled and the condensate water increased the heat-rejection efficiency by evaporator. This study was conducted by designing and constructing kit at the outlet part of the compressor. This experiment was divided into 4 cases : 1.a general air-conditioned room, 2.an air-conditioned room installed condensate water-stored tube (JAVIS A-D25), 3.an air-conditioned room installed condensate water-stored tube (JAVIS A-D40), and 4.an air-conditioned room installed flowing pass condensate water tube (JAVIS B-D18). The testing data of each case was 3 hours at air-cooled temperature were 30, 35, and 40°C.

The result of the experiment was found that at all of air-cooled temperature, both of the JAVIS A-D25 and the JAVIS A-D40 could neither increase the air conditioner efficiency nor reduce the expense on energy because the heat-rejection efficiency of condensing was decreased. However, the JAVIS B-D18 could increase the heat-rejection efficiency of the condensing; consequently, it could save the expense on energy and increase the air-conditioner efficiency by increasing COP and EER were 10.29-12.14%. In addition, the pay back periods at air-cooled temperature were 30, 35, and 40°C were 14, 20, and 50 days respectively.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินโครงการขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิษย์ภัณฑ์ แคนลา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ซึ่งใส่ใจในรายละเอียดทุกขั้นตอนของการดำเนินโครงการ โดยให้คำปรึกษาและคำแนะนำแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินโครงการ ตลอดจนติดตามประเมินผลการดำเนินโครงการมาโดยตลอด ทางคณะผู้จัดทำขอขอบคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ชัย อยู่แก้ว และ ดร. ปัญญวัฒน์ ลำเพาพงศ์ ที่เสียสละเวลามาเป็นกรรมการโครงการนี้ และยังให้คำปรึกษา แนะนำความรู้ต่างๆ เพื่อให้โครงการนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ ว่าที่ร้อยตรีธานี โกสุม ที่ให้ความรู้ และสนับสนุนเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดข้อมูล

ขอขอบคุณฝ่ายเลขานุการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินโครงการ

ขอขอบคุณหน่วยวิจัยเทคโนโลยีอาคารและการจัดการพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ทดสอบ และเครื่องมือที่ใช้ในทดสอบโครงการนี้

ในท้ายที่สุดนี้ เหนือสิ่งอื่นใด ผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาที่ให้การอุปการะเลี้ยงดู และสั่งสอนจนกระทั่งเติบโตมาจนถึงปัจจุบัน ตลอดจนให้การสนับสนุนในทุกด้านเกี่ยวกับการศึกษาของผู้ดำเนินโครงการ รวมทั้งมอบความรัก ความเมตตา และคอยเป็นกำลังใจให้จนประสบความสำเร็จในวันนี้

นายชัยวัฒน์	พลวิเศษ
นายพนา	เทพา
นายวสันต์	สายบัว

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงการวิศวกรรมเครื่องกล	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูปภาพ	ช
สารบัญตาราง	ฉ
คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 แผนการดำเนินงาน	4
1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.2 ระบบทำความเย็น	6
2.3 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ	8
2.4 สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ	10
2.5 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน	10
2.6 ผลจากการลดอุณหภูมิความชื้นของสารทำความเย็นต่อประสิทธิภาพของ เครื่องปรับอากาศ	11
2.7 คุณสมบัติของอากาศ	12
2.8 กระบวนการต่างๆในแผนภาพไซโครเมตริก	13
2.9 กระบวนการในเครื่องปรับอากาศ	14
2.10 ความเร็วลมด้านอากาศกลับเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศ	15
2.11 อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศผ่านคอยล์เย็น	15
2.12 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศกลับ (Return Air) อากาศจ่าย (Supply Air) เฉลี่ย	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.13 ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ	16
2.14 กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ	16
2.15 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศบริเวณหน้าคอยล์ร้อน	16
2.16 การหาอัตราการกลั่นตัวของน้ำบริเวณคอยล์เย็น	16
2.17 การคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนของของไหลแบบไหลสวนทางกัน	17
2.18 เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม	17
2.19 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า	18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 ตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	19
3.2 การออกแบบและหลักการทำงานของอุปกรณ์	20
3.3 รายการเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจทดสอบ	21
3.4 การตรวจวัดข้อมูล	25
3.5 วิธีการทดลอง	28
3.6 กำหนดการทดลองเป็น 4 กรณี	29
3.7 ข้อกำหนดทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม	30
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ผล	
4.1 ค่าอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อน	31
4.2 ผลการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการทำความเย็น (Q _L)	32
4.3 ผลการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย	33
4.4 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน	34
4.5 ผลการเปรียบเทียบชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์	35
4.6 ผลการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า	36
4.7 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาการคืนทุน	37
บทที่ 5 บทสรุป	
5.1 สรุปผลการทดลอง	38
5.2 ข้อเสนอแนะ	40
เอกสารอ้างอิง	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณ	42
ภาคผนวก ข เครื่องมือตรวจวัดและวิธีการใช้งาน	45
ภาคผนวก ค การออกแบบอุปกรณ์	54
ประวัติผู้จัดทำโครงการ	72



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 ตำแหน่งที่ตั้งบริเวณทางออกคอมเพรสเซอร์	2
รูปที่ 2.1 วัฏจักรการทำความเย็น	6
รูปที่ 2.2 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ	8
รูปที่ 2.3 แผนภาพ P-h Diagram ของวัฏจักรเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอ	9
รูปที่ 2.4 แผนภาพ P-h ผลของการลดอุณหภูมิควบแน่น	11
รูปที่ 2.5 แผนภาพคุณสมบัติของอากาศ	12
รูปที่ 2.6 แผนภาพไซโครเมตริก หน่วย SI	13
รูปที่ 2.7 กระบวนการทำความเย็นและลดความชื้นของเครื่องปรับอากาศ	14
รูปที่ 2.8 การไหลแบบสวนทาง (counter flow)	17
รูปที่ 3.1 ทิศของห้องทดลอง	19
รูปที่ 3.2 ขนาดพื้นที่ห้องทดลอง	19
รูปที่ 3.3 อุปกรณ์แบบกักเก็บน้ำกลั่นตัว	20
รูปที่ 3.4 อุปกรณ์แบบปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน	20
รูปที่ 3.5 เครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ	21
รูปที่ 3.6 ฉลากประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ	21
รูปที่ 3.7 เครื่อง Power Quality Analyzer KYORITSU 6310	22
รูปที่ 3.8 เครื่อง SILA AP-104	22
รูปที่ 3.9 เครื่องวัดความเร็วลม Anemometer	23
รูปที่ 3.10 ตลับเมตร	23
รูปที่ 3.11 เทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด DIGICON DP-88	24
รูปที่ 3.12 เทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะแก้ว	24
รูปที่ 3.13 การตรวจวัดข้อมูลของเครื่องปรับอากาศ	25
รูปที่ 3.14 การหาเอนทัลปีของอากาศจากแผนภูมิ Psychometrics	25
รูปที่ 3.15 การติดตั้งเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า	26
รูปที่ 3.16 การวางเครื่องมือ SILA AP-104 หน้าคอยล์ร้อน	26
รูปที่ 3.17 การเพิ่มความร้อนจากแสงสปอร์ตไลท์ (หลอดฮาโลเจน 500 วัตต์)	27
ช่วยในการควบคุมอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อน	
รูปที่ 3.18 การไหลแบบสวนทาง (counter flow)	27

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.19 แผนผังแสดงวิธีการทดลอง	28
รูปที่ 3.20 กรณีห้องปรับอากาศทั่วไป	29
รูปที่ 3.21 กรณีห้องปรับอากาศติดตั้งอุปกรณ์แบบกักเก็บน้ำกลั่นตัว	29
รูปที่ 3.22 กรณีห้องปรับอากาศติดตั้งอุปกรณ์แบบปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน	30
รูปที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกหน้าคอยล์ร้อนเฉลี่ย	31
รูปที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการทำความเย็น	32
รูปที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของแต่ละช่วงอุณหภูมิ	33
รูปที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) และผลการเปรียบเทียบ ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)	34
รูปที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์	35
รูปที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและผลการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้า	36
รูปที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุน	37
รูปที่ ก.1 การหาค่าเอนทาลปีของด้านอากาศกลับ (h_R) และเอนทาลปีของด้านอากาศจ่าย (h_S)	43
รูปที่ ข.1 เครื่อง SILA AP-104	46
รูปที่ ข.2 โปรแกรม SILA AP-104	46
รูปที่ ข.3 การเลือก Comport	47
รูปที่ ข.4 การเลือก Baudrate	47
รูปที่ ข.5 การกำหนดช่วงเวลา	48
รูปที่ ข.6 การ set ค่าเพื่อนบันทึก	49
รูปที่ ข.7 ตำแหน่งที่จัดเก็บข้อมูล	49
รูปที่ ข.8 เครื่อง Power quality Analyzer KYORITSU 6310	50
รูปที่ ข.9 การติดตั้งเครื่อง Power quality Analyzer KYORITSU 6310	50
รูปที่ ข.10 เริ่มการตั้งค่า	51
รูปที่ ข.11 การเลือกระบบไฟฟ้า	51
รูปที่ ข.12 เลือกการจับเวลา	52
รูปที่ ข.13 เลือกการจัดเก็บ	52
รูปที่ ข.14 การบันทึกข้อมูล	53

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ข.15 หยุดการบันทึกข้อมูล	53
รูปที่ ค.1 อุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว JAVIS A-D25	55
รูปที่ ค.2 CAP ขนาด 25 mm. (ด้านบน)	56
รูปที่ ค.3 CAP ขนาด 25 mm. (ด้านล่าง)	57
รูปที่ ค.4 PVC ขนาด 25 mm.	58
รูปที่ ค.5 สายยางใส ขนาด 5/16 in.	59
รูปที่ ค.6 อุปกรณ์แบบกักเก็บน้ำกลั่นตัว JAVIS A-D40	60
รูปที่ ค.7 CAP ขนาด 40 mm. (ด้านบน)	61
รูปที่ ค.8 CAP ขนาด 40 mm. (ด้านล่าง)	62
รูปที่ ค.9 PVC ขนาด 40 mm.	63
รูปที่ ค.10 สายยางใส ขนาด 5/16 in.	64
รูปที่ ค.11 อุปกรณ์ปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน JAVIS B-D18	65
รูปที่ ค.12 CAP ขนาด 18 mm. (ด้านบน)	66
รูปที่ ค.13 CAP ขนาด 18 mm. (ด้านล่าง)	67
รูปที่ ค.14 PVC ขนาด 18 mm.	68
รูปที่ ค.15 สายยางใส ขนาด 5/16 in.	69
รูปที่ ค.16 ท่อพีวีซีสำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรมแบบปลายเรียบ	70
รูปที่ ค.17 ขนาดท่อพีวีซีที่เลือกใช้ในการออกแบบ	70
รูปที่ ค.18 ขนาดฝาครอบที่เลือกใช้ในการออกแบบ	71
รูปที่ ค.19 ขนาดสายยางใสที่เลือกใช้ในการออกแบบ	71

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	4
ตารางที่ 2.1 ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (เกณฑ์พลังงานปี 2554)	11
ตารางที่ ค.17 ขนาดท่อพีวีซีที่เลือกใช้ในการออกแบบ	70
ตารางที่ ค.18 ขนาดฝาครอบที่เลือกใช้ในการออกแบบ	71
ตารางที่ ค.19 ขนาดสายยางใสที่เลือกใช้ในการออกแบบ	71



คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ

ตัวแปล	ความหมาย	หน่วย
COP	ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ	(Btu/hr)
EER	ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น	(Btu/hr)
W_c	กำลังที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์	(kW)
\dot{m}	อัตราการไหลของสารทำความเย็น	(kg/s)
Q_L	ความสามารถในการทำความเย็น	(kW)
ρ	ความหนาแน่นของอากาศ	(kg/m ³)
h_r	เอนทาลปีของอากาศด้านลมจ่าย	(kJ/Kg)
h_s	เอนทาลปีของอากาศด้านลมจ่าย	(kJ/Kg)
V	ความเร็วลม	(m/s)
A	พื้นที่	(m ²)
T	อุณหภูมิ	(C)
RH(%)	ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของอากาศกลับและอากาศจ่าย	
V	แรงดันไฟฟ้า	(V)
$\cos\theta$	ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์	
R	เงินลงทุน (Investment)	
S	ค่าไฟฟ้าที่ลดต่อปี	
P	กำลังทางไฟฟ้า มีหน่วย	(kW)
H	ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน มีหน่วยเป็น	(hr/day)
D	วันในการใช้งานในระยะเวลาหนึ่งปี	(day/year)
E_c	ค่าไฟฟ้า	(bath/year)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันปัญหาภาวะโลกร้อน (Global Warming) ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของภูมิภาคบนโลกสูงขึ้นซึ่งเป็นปัญหาที่ทั่วโลกเผชิญอยู่ในขณะนี้ ผนวกกับประเทศไทยตั้งอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรเล็กน้อย ภูมิภาคของประเทศไทยจึงเป็นแบบเขตร้อนชื้น อุณหภูมิค่อนข้างจะร้อนอบอ้าวเกือบตลอดทั้งปี ด้วยสภาพภูมิอากาศดังกล่าวทำให้ประชาชนส่วนใหญ่ที่อาศัยอยู่ตามบ้านเรือน อาคาร และสำนักงานนิยมนำเครื่องปรับอากาศมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้ก็เพื่อสร้างความสุขสบายเชิงความร้อน (Thermal Comfort) จึงทำให้อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในภาคครัวเรือน อาคารและสำนักงานสูงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งโดยทั่วไปเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในที่อยู่อาศัย อาคาร และสำนักงานนั้นล้วนแล้วเป็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ เพราะเครื่องปรับอากาศชนิดนี้ติดตั้ง บำรุงรักษาง่าย และราคาไม่สูง

จากสภาวะภูมิอากาศดังกล่าวส่งผลให้เครื่องปรับอากาศต้องทำงานหนักมากขึ้น เพื่อปรับอุณหภูมิภายในห้องให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม โดยเบื้องต้นพบว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อสามารถทำให้อากาศเย็นก่อนเข้าคอยล์ร้อน หรืออากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อนมีอุณหภูมิที่ต่ำลง แต่โดยปกติแล้วสารทำความเย็นก่อนเข้าคอยล์ร้อนจะมีอุณหภูมิและความดันสูง จึงมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการระบายความร้อนที่คอยล์ร้อนต่ำลงเกิดการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศมากขึ้น

จากปัญหาสภาวะภูมิอากาศข้างต้น และวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพดังกล่าวคณะผู้จัดทำโครงการจึงศึกษาถึงวิธีที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายความร้อนให้กับคอยล์ร้อน โดยนำน้ำกลั่นตัวที่ได้จากกระบวนการลดอุณหภูมิและลดความชื้นจากบริเวณคอยล์เย็นมาเป็นตัวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายความร้อน เพราะโดยปกติแล้วจะปล่อยน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวนี้ทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ ซึ่งจากการทดสอบเครื่องปรับอากาศเบื้องต้นพบว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ ขนาด 36,000 Btu/hr มีปริมาณเฉลี่ย 14.4 l/day (1 วัน คิดการทำงานของเครื่องปรับอากาศเพียง 8 ชม.) จะมีอุณหภูมิของน้ำขณะกลั่นตัวเฉลี่ยอยู่ที่ 14-15 °C (บริเวณถาดรองรับน้ำกลั่นตัว) แต่เมื่อต่อท่อน้ำกลั่นตัวออกมาทิ้งภายนอกห้องปรับอากาศน้ำกลั่นตัวจะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้อุณหภูมิของน้ำกลั่นตัวเพิ่มสูงขึ้นและมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 22-23 °C จากปริมาณและอุณหภูมิของน้ำกลั่นตัวคณะผู้จัดทำโครงการเห็นว่าศักยภาพในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายความร้อนได้ ดังนั้นคณะผู้จัดทำโครงการจึงนำน้ำที่ได้จากการกลั่นตัวนี้มาช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายความร้อนให้กับคอยล์ร้อน ซึ่งนอกจากจะเป็นการใช้

ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าแล้วที่สำคัญยังช่วยให้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศทำงานน้อยลง และส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ลดลงด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อออกแบบ และสร้างอุปกรณ์ในการนำน้ำกลั่นตัวจากคอยล์เย็นมาเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนให้กับคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ

1.2.2 เปรียบเทียบ ค่าความสามารถในการทำความร้อน (Q_h), กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (W_e), ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP), ค่าไฟฟ้า (E) และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (EER) ระหว่างเครื่องปรับอากาศทั่วไปกับเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์นำน้ำกลั่นตัวมาเพิ่มประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตการทำโครงการ

1.3.1 ทำการศึกษาทฤษฎี และการทำงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ

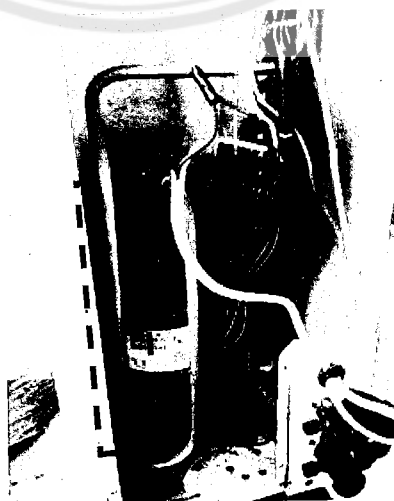
1.3.2 ทำการทดลองกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ ขนาด 36,000 Btu/hr ในกรณีที่ติดตั้งคอยล์ร้อนอยู่ต่ำกว่าคอยล์เย็น

1.3.3 ทำการทดลองในห้องหน่วยวิจัยเทคโนโลยีอาคารและการจัดการพลังงาน (IE 504) โดยห้องมีขนาด $5 \times 8 \times 3 \text{ m}^3$

1.3.4 ออกแบบและสร้างอุปกรณ์นำน้ำกลั่นตัวจากคอยล์เย็นมาเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อน โดยตั้งชื่ออุปกรณ์ว่า JAVIS ส่วนรหัส A คือ อุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว และ B คือ อุปกรณ์ปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน ตามลำดับ ส่วนรหัส D25, D40 และ D18 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง Nominal Size ของท่อพีวีซีแบบบาง ดังนี้

1.3.4.1 อุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว JAVIS A-D25 และ JAVIS A-D40

1.3.4.2 อุปกรณ์ปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน JAVIS B-D18



รูปที่ 1.1 ตำแหน่งที่ติดตั้งบริเวณทางออกคอมเพรสเซอร์

1.3.5 อุปกรณ์ JAVIS A-D25, JAVIS A-D40 และ JAVIS B-D18 มีความยาวเมื่อรวมฝาครอบ (CAP) 290 mm. (เป็นความยาวสูงสุดที่สามารถติดตั้งได้) และทำการติดตั้งยังบริเวณทางออกคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ ดังแสดงในรูป 1.1

1.3.6 ทำการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องเฉลี่ย 25 °C และอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนให้มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 30 °C, 35 °C และ 40 °C โดยที่อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อน 35 °C และ 40 °C จะใช้ความร้อนจากแสงสปอร์ตไลท์ (หลอดฮาโลเจน 500 วัตต์) เพื่อควบคุมและปรับเปลี่ยนอุณหภูมิ

1.3.7 ศึกษาเปรียบเทียบ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP), กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (W_c), ค่าไฟฟ้าและอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (EER) ระหว่างเครื่องปรับอากาศทั่วไปกับเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์ฯ

1.3.8 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้อุปกรณ์ในการนำน้ำกลั่นตัวจากคอยล์เย็นมาเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนให้กับคอยล์ร้อน และสามารถลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ

1.4.2 ทราบค่าผลการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการทำงาน (Q_c), กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (W_c), ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP), ค่าไฟฟ้า (E_c) และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (EER) ระหว่างเครื่องปรับอากาศทั่วไปกับเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์ฯ

1.4.3 ทราบถึงแนวทาง และวิธีการในการนำน้ำกลั่นตัวจากคอยล์เย็นมาเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนให้กับคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ

1.4.4 เป็นแนวทางในการสร้างชุดอุปกรณ์ในเชิงพาณิชย์ได้

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

กิจกรรม	2558				2559				
	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาทฤษฎีรวมถึง ข้อมูล รายละเอียดต่างๆ ของ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง									
2. ออกแบบการทดลอง และ เตรียมอุปกรณ์									
3. ทำการทดลอง และ คำนวณผลที่จะได้จากการ ทดลอง									
4. เปรียบเทียบและวิเคราะห์ ผลที่ได้จากการทดลอง									
5. สรุปผลและจัดทำรายงาน									

1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

1. ท่อพีวีซี และฝาครอบเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 mm (Nominal Size)	40 บาท
2. ท่อพีวีซี และฝาครอบเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm (Nominal Size)	40 บาท
3. ท่อพีวีซี และฝาครอบเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 mm (Nominal Size)	40 บาท
4. สายยางใส 5/16 in	100 บาท
5. กาวซิลิโคน และปืนยิงกาวซิลิโคน	140 บาท
6. จัดทำรูปเล่ม	1,500 บาท
รวมเป็นเงิน	1,860 บาท

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อนุชิต เพ็ชรแก้ว [1] ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำ ทดสอบกับเครื่องปรับอากาศขนาด 92,000 Btu/hr โดยใช้ป้อนน้ำจากชุดฉีดน้ำล้างกระจกยนต์ อัตราการไหลเชิงปริมาตร 600 ml ต่อนาที ทำการสูบน้ำจากภาชนะที่รองรับน้ำกลั่นตัวจากคอยล์เย็น และน้ำเสริมจากภายนอก ฉีดน้ำลงด้านบนของคอยล์ร้อน โดยฉีดน้ำนานครั้งละ 4 วินาที ฉีดทุกๆ 3 นาที จากการศึกษาพบว่าเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำสามารถถ่ายเทความร้อนได้มากขึ้น อุณหภูมิความชื้นของสารทำความเย็นจึงต่ำลง ส่งผลให้คอยล์ร้อนทำงานได้ดีขึ้น ซึ่งจะช่วยยืดอายุการใช้งานของคอมเพรสเซอร์ให้นานขึ้น เครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำที่ใช้ น้ำกลั่นตัวจากคอยล์เย็นจึงใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศประมาณ 12.45%

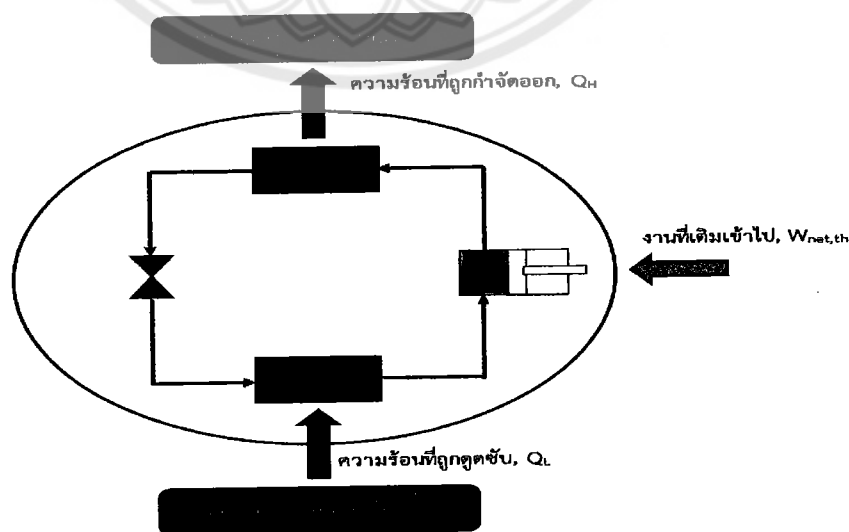
ธนวรา ทองล้วน [2] ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถนะ ประสิทธิภาพ และความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนด้วยการพ่นละอองน้ำไปผสมกับอากาศเพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน ทดสอบกับเครื่องปรับอากาศขนาด 15,000 และ 48,000 Btu/hr จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยการพ่นละอองน้ำดีกว่าแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยเครื่องปรับอากาศขนาด 15,000 Btu/hr สามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับระบบ 14.96% และค่า COP เพิ่มขึ้น 17.83% ส่วนเครื่องปรับอากาศขนาด 48,000 Btu/hr สามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับระบบ 16.18% และค่า COP เพิ่มขึ้น 20.13%

พูนพงศ์ สวาสดิพันธ์, อาไพศักดิ์ ทีบุญมา และชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์ [3] ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบค่า COP และการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแบบระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนด้วยอากาศที่ใช้ น้ำกลั่นตัวจากคอยล์เย็นมาใช้ลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน ทดสอบกับเครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 Btu/hr โดยใช้ท่อความร้อน (Heat Pipe) เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศกับน้ำที่กลั่นตัว ซึ่งจากการทดลองพบว่า เครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศที่ใช้ท่อความร้อนแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยน้ำกลั่นตัวจะใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่าเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศประมาณ 10% และหลังจากเครื่องปรับอากาศทำงานได้ประมาณ 3 ชั่วโมง ท่อความร้อนไม่สามารถลดอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนได้ เป็นผลให้ค่า COP และ EER ไม่แตกต่างกันมาก

รัฐศักดิ์ พรหมมาศ [4] ได้ทำการศึกษาการระบายความร้อนของคอยล์ร้อนในระบบปรับอากาศโดยใช้ชุดท่อความร้อนช่วยในการระบายความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน ทดสอบกับเครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 Btu/hr โดยชุดท่อความร้อนที่ใช้ในการทดสอบเป็นวัสดุทำจากท่อทองแดงบรรจุด้วยสารทำความเย็นชนิด R134a สำหรับการทดสอบจำนวน 3 แบบคือ แบบ 1 แฉก แบบ 2 แฉก และแบบ 3 แฉก ผลที่ได้พบว่าเครื่องปรับอากาศที่ใช้ชุดท่อความร้อนแบบ 3 แฉก มีประสิทธิภาพดีที่สุดโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 6.43% มีการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยลดลง 14.66% และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 17.46% มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2.43 ปี

วัฒนา หาญกล้า, วินัย คนคลอง และวีระ มิ่งเมือง [5] ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศด้วยน้ำกลั่นตัว โดยเฉลี่ยเครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 Btu/hr จะมีน้ำกลั่นตัวประมาณ $670 \text{ cm}^3/\text{hr}$ อุณหภูมิของน้ำอยู่ที่ $14-18 \text{ }^\circ\text{C}$ โดยจะใช้น้ำกลั่นตัวนี้มาช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศติดตั้งคอยล์ร้อนต่ำกว่าคอยล์เย็น ทำการทดลองแบ่งเป็น 3 กรณี กรณีที่ 1 ทดสอบเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยวิธีการใช้น้ำพันเป็นละอองให้กับแผ่นระบายความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน ความสามารถในการระบายความร้อนเฉลี่ยสูงขึ้น 21% อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยลดลง 3% ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะเฉลี่ยสูงขึ้น 27% กรณีที่ 2 ทดสอบเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนวิธีการใช้น้ำผสมน้ำกลั่นตัวพันเป็นละอองให้กับแผ่นระบายความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน ความสามารถในการระบายความร้อนเฉลี่ยสูงขึ้น 24% อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยลดลง 7% ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะเฉลี่ยสูงขึ้น 31% กรณีที่ 3 ทดสอบเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรงเพื่อลดอุณหภูมิของคอยล์ร้อน ความสามารถในการระบายความร้อนเฉลี่ยสูงขึ้น 7% อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยลดลง 1% ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะเฉลี่ยสูงขึ้น 9%

2.2 ระบบการทำความเย็น



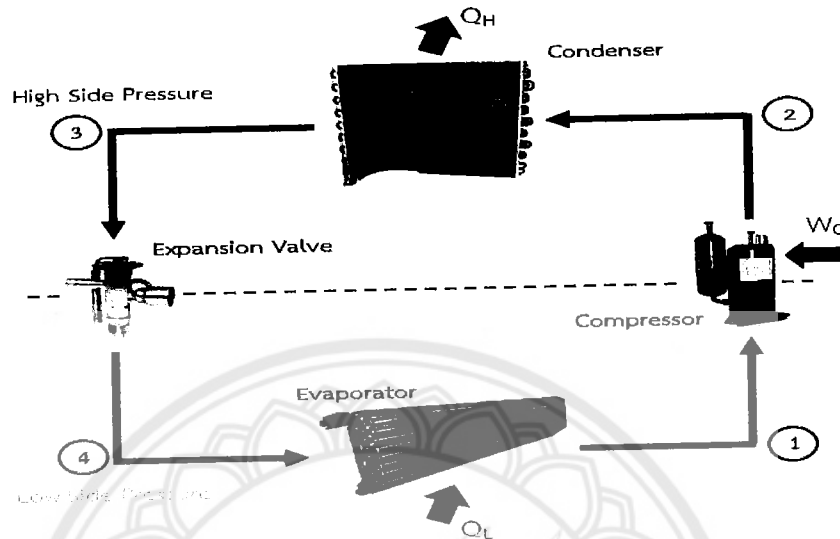
รูปที่ 2.1 วงจรการทำความเย็น

การถ่ายเทความร้อนจากอุณหภูมิที่สูงไปยังอุณหภูมิต่ำไม่จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ต่างๆ เข้ามาช่วยเพราะเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเองได้ตามธรรมชาติ แต่ในทางกลับกันกระบวนการที่มีการถ่ายเทความร้อนจากอุณหภูมิต่ำไปสู่จำเป็นต้องป้อนงานเข้าสู่ระบบ ดังคำกล่าวของ Rudolf Julius Emanuel Clausius ที่กล่าวไว้ว่า “ในวัฏจักรการทำความเย็นการนำความร้อนจากแหล่งอุณหภูมิต่ำไปสู่อุณหภูมิสูงจำเป็นต้องป้อนงานเข้าสู่ระบบ” ดังแสดงในรูปที่ 2.1

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมีลักษณะการทำงานตามหลักการของเครื่องทำความเย็น โดยการนำเอาความร้อนของอากาศภายในห้องถ่ายเทไปสู่อากาศด้านนอกโดยอาศัยตัวกลางคือ สารทำความเย็น ซึ่งส่วนใหญ่แล้ววัฏจักรของเครื่องทำความเย็นคือ วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ (The Vapor-Compression Refrigeration) ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 4 ส่วนคือ

1. คอมเพรสเซอร์ (Compressor) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ดูดสารทำความเย็นในสภาพที่เป็นไอจากคอยล์เย็นเพื่อทำให้ความดันในคอยล์เย็นลดต่ำลงจนสามารถทำให้สารทำความเย็นกลายเป็นไอและสร้างความเย็นได้ พร้อมทั้งทำการอัดให้สารทำความเย็นมีความดันสูงขึ้นจนสามารถควบแน่นเป็นของเหลวในคอยล์ร้อนและส่งสารทำความเย็นผ่านอุปกรณ์ต่างๆ
2. คอยล์ร้อน (Condenser) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นเพื่อให้สารทำความเย็นที่ถูกอัดจากคอมเพรสเซอร์ในสภาพไอที่มีอุณหภูมิและความดันสูงควบแน่นเป็นของเหลว
3. คอยล์เย็น (Evaporator) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ดูดซับปริมาณความร้อนจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็น ในขณะที่สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะเป็นไอจะดูดซับปริมาณความร้อนผ่านผิวของท่อทางเดินสารทำความเย็นเข้าไปยังสารทำความเย็นภายในระบบ ทำให้อุณหภูมิโดยรอบคอยล์เย็นลดลง
4. วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของสารทำความเย็นที่ไหลผ่านเข้าไปยังคอยล์เย็น ลดความดันจนเปลี่ยนสถานะเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำในคอยล์เย็น

2.3 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ



รูปที่ 2.2 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

การทำงานของส่วนต่างๆในระบบทำความเย็นดังในรูปที่ 2.2 จะเริ่มขึ้นเมื่อสารทำความเย็นมีสถานะเป็นไออิ่มตัว (สถานะที่ 1) ถูกดูดเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ซึ่งคอมเพรสเซอร์จะทำหน้าที่อัดสารทำความเย็นให้มีความดันและอุณหภูมิสูงจนสารทำความเย็นมีสถานะเป็นไอตรง (Super-heated vapor) (สถานะที่ 2) ในสถานะนี้สารทำความเย็นจะไหลเข้าสู่คอยล์ร้อนเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับสภาวะแวดล้อม แล้วจะเปลี่ยนสถานะมาเป็นของเหลว (สถานะที่ 3)

ภายใต้สภาวะดังกล่าว สารทำความเย็นไหลที่ผ่านวาล์วลดความดัน ค่าความดันจะถูกทำให้ลดลงทันทีที่จะส่งผลให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิลดลงด้วย (สถานะที่ 4) จากนั้นสารทำความเย็นที่ออกจากวาล์วลดความดันจะมีสถานะเป็นของผสมจะไหลเข้าสู่คอยล์เย็นเพื่อรับความร้อนจากบริเวณห้องทำความเย็นจะทำให้สารทำความเย็นจะค่อยๆเปลี่ยนสถานะจากของผสมกลายเป็นไอทั้งหมด (สถานะที่ 1) ในสถานะนี้จะเป็นการเริ่มวัฏจักรใหม่อีกครั้ง

สำหรับสมมุติฐานที่ใช้ในระบบปรับอากาศมีดังนี้

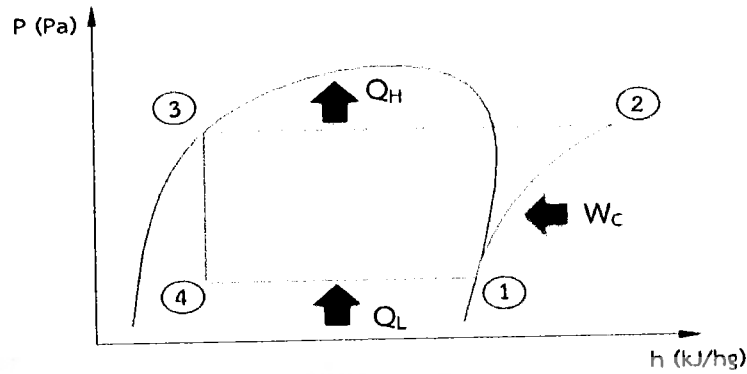
1. ไม่คิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์และพลังงานศักย์

2. ไม่คิดความดันตกคร่อมผ่านอุปกรณ์ทดสอบ

3. สภาวะของสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์เป็นไออิ่มตัวหรือไอร้อนยิ่งยวดและออกจากคอมเพรสเซอร์เป็นไอร้อนยิ่งยวด

4. สภาวะของเหลวที่ออกจากคอยล์ร้อนมีสถานะเป็นของเหลวอิ่มตัว

5. ไม่คิดความดันตกคร่อมผ่านอุปกรณ์ทดสอบ



รูปที่ 2.3 แผนภาพ P-h Diagram ของวัฏจักรเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอ

จากรูปที่ 2.3 ในแต่ละกระบวนการจะมีการทำงานดังนี้
 กระบวนการที่ 1-2 สารตัวกลางที่มีสถานะไออิ่มตัวที่ความดันต่ำผ่านเข้าสู่เครื่องอัดไอ (Compressor) และจะถูกอัดให้มีความดันสูงขึ้นด้วยกระบวนการแบบไม่ส่งถ่ายความร้อนคืนสภาพ (Isentropic Process ($S = \text{Constant}$))

$$W_c = \dot{m}(h_2 - h_1) \quad (2.1)$$

โดย W_c คือ งานของคอมเพรสเซอร์ (KW)

h_2, h_1 คือ เอนทัลปีจำเพาะของสารทำความเย็นที่เข้าและออกคอมเพรสเซอร์ (KJ/Kg)

\dot{m} คือ อัตราการไหลของสารทำความเย็น (kg/s)

กระบวนการที่ 2-3 ไอความดันสูงที่มาจากเครื่องอัดไอ (Compressor) จะคายความร้อนด้วยกระบวนการคงที่ (Isentropic Process ($P = \text{Constant}$)) ในคอยล์ร้อน (Condenser) ออกมาเป็นของเหลวอิ่มตัว

$$Q_H = \dot{m}(h_2 - h_3) \quad (2.2)$$

โดยที่ Q_H คือ ความร้อนที่ถ่ายเทออกจากคอยล์ร้อน (kW)

h_2, h_3 คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่เข้าและออกคอยล์ร้อน (kJ/kg)

กระบวนการที่ 3-4 สารตัวกลางไหลผ่านอุปกรณ์ลดความดัน (Throttling Valve) ทำให้ความดันลดลง และไม่มีการถ่ายเทความร้อน ($h = \text{constant}$)

$$h_3 = h_4 \quad (2.3)$$

โดยที่ h_4 คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่เข้าคอยล์เย็น (kJ/kg)

กระบวนการที่ 4-1 สารตัวกลางที่ออกจากกระบวนการลดความดัน (Throttling Process) ไหลผ่านคอยล์เย็น (Evaporator) โดยสารตัวกลางจะรับความร้อนจากภายในห้องปรับอากาศ โดยที่ความดันคงที่ (Isobaric Process) และออกมามีสถานะเป็นไออิ่มตัว และกลับเข้าสู่เครื่องอัดไอ (Compressor) อีกครั้งหนึ่ง

$$Q_L = \dot{m}(h_1 - h_4) \quad (2.4)$$

โดยที่ Q_L คือ ความสามารถในการทำความเย็น (kW)

$h_1 - h_4$ คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่เข้าและออกคอยล์เย็น (kJ/kg)

2.4 สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP)

ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ คือ อัตราส่วนของขนาดทำความเย็นที่เครื่องสามารถทำได้ต่อพลังงานที่ป้อนให้กับเครื่องอัดไอ

$$COP = \frac{Q_L}{W_C} \quad (2.5)$$

เมื่อ Q_L คือ ความสามารถในการทำความเย็น (kW)

W_C คือ กำลังที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ (kW)

2.5 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER)

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน คือ อัตราส่วนขีดความสามารถในการทำความเย็นต่อพลังงานโดยรวมของเครื่องปรับอากาศ โดยที่มีหน่วยเป็น Btu/hr.Watt เนื่องจากขีดความสามารถในการทำความเย็นมีหน่วยเป็น Btu/hr. ส่วนพลังงานที่ป้อนให้แก่วัสดุมีหน่วยเป็น Watt

$$EER = 3.412 \times \frac{Q_L}{W_C} = 3.412 \times COP \quad (2.6)$$

โดยที่ Q_L คือ ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr.)

W_C คือ กำลังที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ (Watt.)

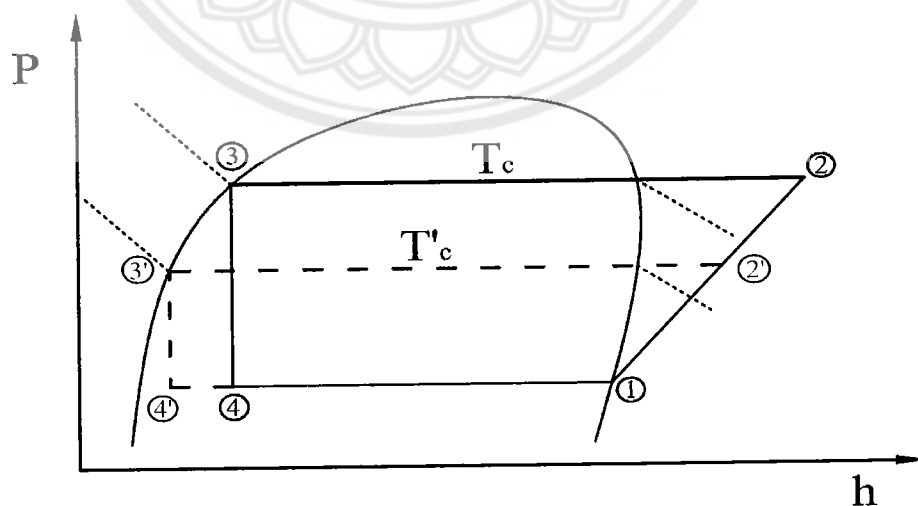
ตารางที่ 2.1 ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (เกณฑ์พลังงานปี 2554)

ขนาดเครื่องปรับอากาศ	อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (ปีที่ยู/ชั่วโมง/วัตต์)		
	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5
ไม่เกิน 8,000 วัตต์ ($\leq 27,296$ ปีที่ยู/ชั่วโมง)	10.60 - 10.99	11.00 - 11.59	≥ 11.60
มากกว่า 8,000 - 12,000 วัตต์ ($> 27,296 - 40,944$ ปีที่ยู/ชั่วโมง)	9.60 - 10.59	10.60 - 10.99	≥ 11.00

หมายเหตุ ค่า EER ตามมาตรฐาน มอก. 1155-2536 กำหนดให้ความสามารถในการทำความเย็นใช้หน่วยเป็น Btu/hr และค่ากำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ ทดสอบที่อุณหภูมิอากาศกลับเข้าสู่ชุดคอยล์เย็น 27 CDB/19 CWB และอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าสู่ชุดคอยล์ร้อน 35 CDB/24 CWB

2.6 ผลจากการลดอุณหภูมิควบแน่นของสารทำความเย็นต่อประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

ในการที่จะประหยัดพลังงานระบบปรับอากาศ สามารถทำได้โดยการลดอุณหภูมิควบแน่นของสารทำความเย็นที่คอยล์ร้อนให้มากที่สุด ซึ่งส่งผลให้ผลต่างของความดันที่ตกคร่อมคอมเพรสเซอร์ลดลง จึงทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ลดลง รวมทั้งยังสามารถเพิ่มอัตราการทำความเย็นได้มากขึ้นด้วย โดยสามารถเขียนบนแผนภาพ P-h Diagram ได้ดังรูป 2.4



รูปที่ 2.4 แผนภาพ P-h Diagram ของการลดอุณหภูมิควบแน่น

จากรูปที่ 2.4 แผนภาพ P-h Diagram ของการลดอุณหภูมิควบแน่น สามารถวิเคราะห์ได้ว่า ถ้าอุณหภูมิควบแน่นมีค่าลดลง ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (COP) จะสูงขึ้นและความสามารถในการทำความเย็นก็เพิ่มขึ้น

$$\text{COP} = \frac{h_1 - h_3}{h_2 - h_1} \quad \text{สำหรับ (อุณหภูมิควบแน่นเดิม)}$$

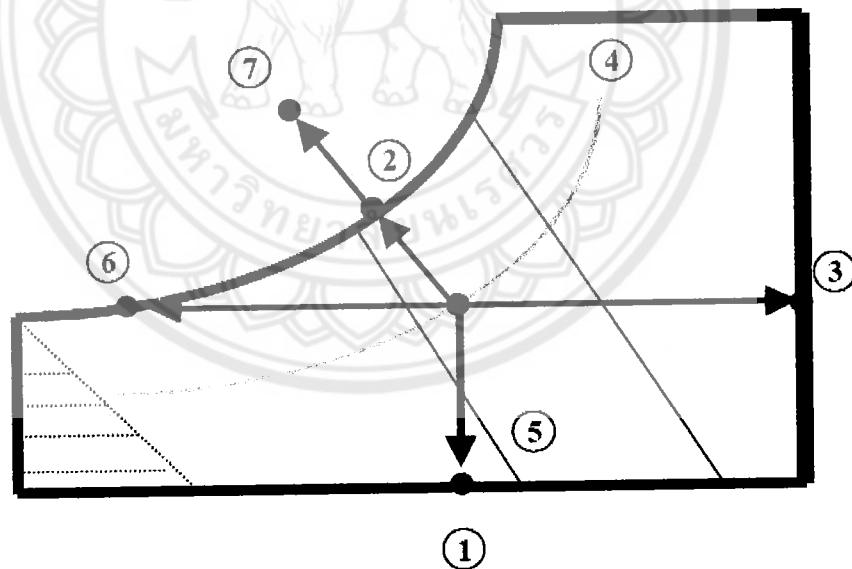
และ

$$\text{COP}' = \frac{h_1 - h_3'}{h_2' - h_1} \quad \text{สำหรับ } T_c' \text{ (อุณหภูมิควบแน่นลดลง)}$$

ซึ่ง $(h_1 - h_3') > (h_1 - h_3)$ และ $(h_2' - h_1) < (h_2 - h_1)$ ดังนั้น $\text{COP}' > \text{COP}$

2.7 คุณสมบัติของอากาศ

อากาศเป็นส่วนผสมทางกลของก๊าซและไอน้ำ อากาศแห้ง (อากาศที่ไม่มีไอน้ำ) ส่วนใหญ่ประกอบด้วยไนโตรเจนประมาณ 78% และออกซิเจน ประมาณ 21% ส่วนที่เหลืออีก 1% ประกอบด้วย คาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่นๆ โดยงานปรับอากาศหรือทำความเย็นนั้นเป็นสิ่งที่มีความสำคัญที่เราต้องการควบคุม เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และอื่นๆ ต่อไปนี้จะอธิบายถึงคุณสมบัติกระบวนการปรับสภาวะอากาศโดยจะใช้แผนภาพไซโครเมตริก (Psychrometrics chart)



รูปที่ 2.5 แผนภาพคุณสมบัติของอากาศ
รูปภาพจาก <http://www.chiangmaiaircare.com>

2.7.1 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature, DB) อุณหภูมิกระเปาะแห้งหมายถึงอุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะแห้ง ในการวัดจะต้องให้กระเปาะอยู่ในที่อากาศถ่ายเทสะดวกเพื่อที่จะได้อ่านค่าได้ถูกต้อง

2.7.2 อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature, WB) อุณหภูมิกระเปาะเปียก หมายถึงอุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะหุ้มด้วยผ้าที่เปียกชุ่ม

2.7.3 อัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio, ω) อัตราส่วนความชื้นมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ความชื้นจำเพาะ หมายถึง มวลของน้ำต่อมวลของอากาศแห้ง

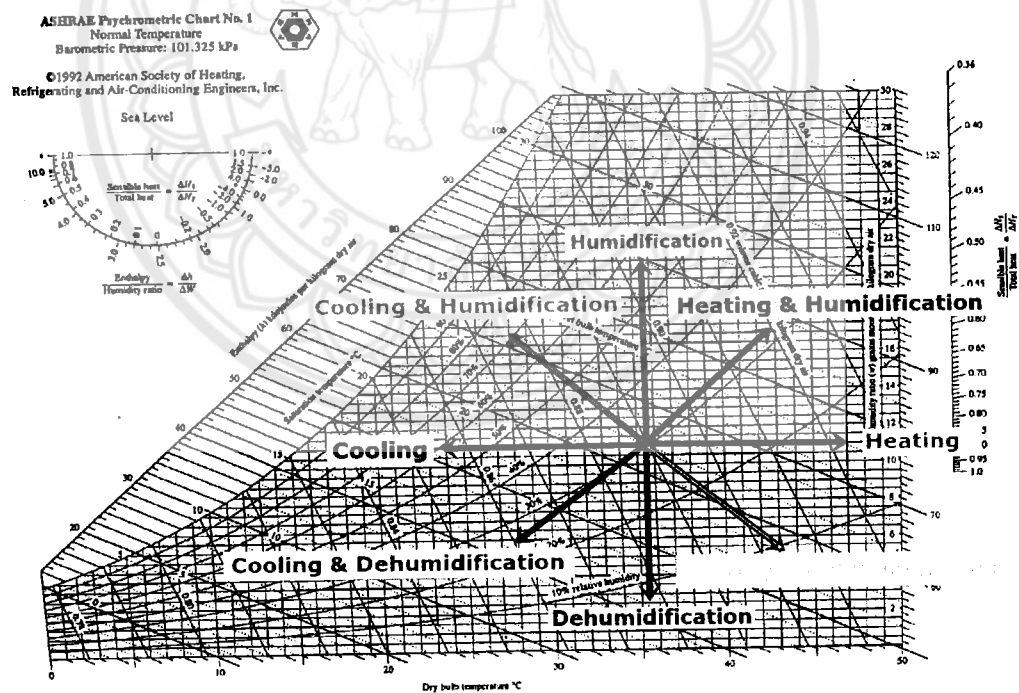
2.7.4 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity, RH) อัตราส่วนของมวลน้ำในอากาศต่อมวลของน้ำในอากาศอิ่มตัวหรือความดันไอน้ำในอากาศต่อปริมาณไอน้ำสูงสุดที่อากาศนั้นสามารถรับได้ที่ อุณหภูมิและความดันเดียวกัน ซึ่งค่าความชื้นสัมพัทธ์จะอยู่ในรูปของร้อยละมีค่าตั้งแต่ 0-100%

2.7.5 ปริมาตรจำเพาะ (Specific Volume, v) ปริมาตรของอากาศต่อหน่วยมวลของอากาศแห้ง

2.7.6 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature, DP) อุณหภูมิที่ไอน้ำในอากาศเริ่มเกิดการควบแน่น เมื่ออากาศถูกทำให้เย็นลงที่ความดันคงที่

2.7.7 เอนทาลปีจำเพาะ (Specific Enthalpy, h) เป็นค่าความร้อนของอากาศต่อหน่วยมวลอากาศแห้ง

2.8 กระบวนการต่างๆ ในแผนภาพไซโครเมตริก



รูปที่ 2.6 แผนภาพไซโครเมตริก หน่วย SI

2.8.1 กระบวนการทำความร้อน (Heating Process) เป็นกระบวนการที่ให้อุณหภูมิกระเปาะแห้งเพิ่มขึ้นโดยที่อัตราส่วนความชื้นมีค่าคงที่

2.8.2 กระบวนการทำความเย็น (Cooling Process) เป็นกระบวนการที่ทำให้อุณหภูมิกะเปาะแห้งมีค่าลดลงโดยที่อัตราส่วนความชื้นมีค่าคงที่

2.8.3 กระบวนการเพิ่มความชื้น (Humidification Process) เป็นกระบวนการที่ทำให้อัตราส่วนความชื้นของอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นโดยที่อุณหภูมิกะเปาะแห้งมีค่าคงที่

2.8.4 กระบวนการลดความชื้น (Dehumidification Process) เป็นกระบวนการที่ทำให้อัตราส่วนความชื้นของอากาศมีค่าลดลงโดยที่อุณหภูมิกะเปาะแห้งมีค่าคงที่

2.8.5 กระบวนการทำความร้อนและเพิ่มความชื้น (Heating and Humidification Process) เป็นกระบวนการที่ทำให้อุณหภูมิกะเปาะแห้งและอัตราส่วนความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น

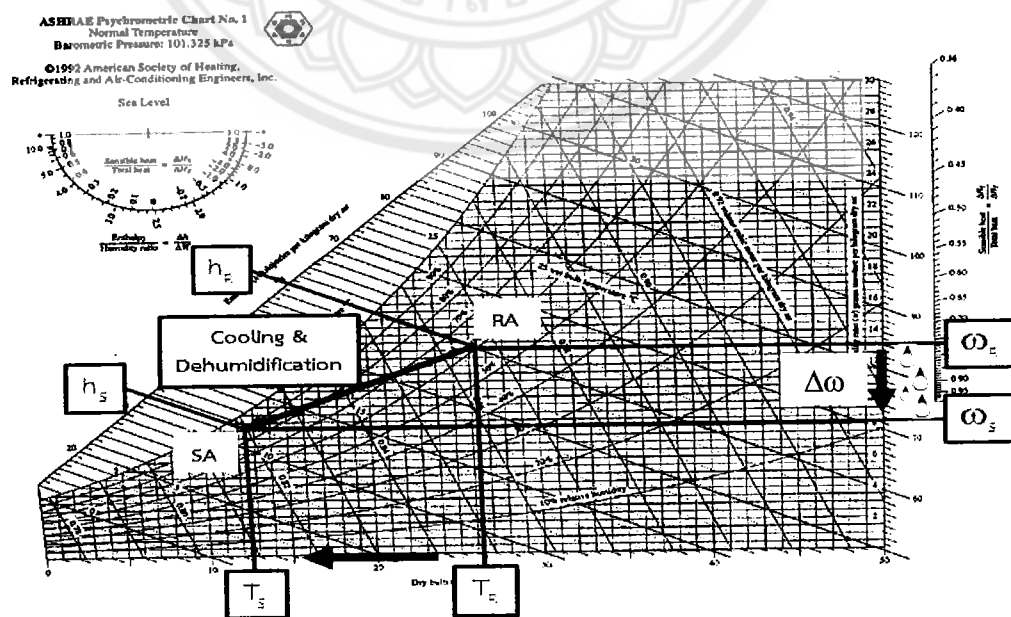
2.8.6 กระบวนการทำความร้อนและลดความชื้น (Heating and Dehumidification Process) เป็นกระบวนการที่ทำให้อุณหภูมิกะเปาะแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นแต่อัตราส่วนความชื้นมีค่าลดลง

2.8.7 กระบวนการทำความเย็นและเพิ่มความชื้น (Cooling and Humidification Process) เป็นกระบวนการที่ทำให้อุณหภูมิกะเปาะแห้งมีค่าลดลงแต่อัตราส่วนความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น

2.8.8 กระบวนการทำความเย็นและลดความชื้น (Cooling and Dehumidification Process) เป็นกระบวนการที่ทำให้อุณหภูมิกะเปาะแห้งและอัตราส่วนความชื้นมีค่าลดลง

2.9 กระบวนการในเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศเป็นกระบวนการทำความเย็นและลดความชื้น (Cooling and Dehumidification Process) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้อุณหภูมิกะเปาะแห้ง (T_R และ T_S) และอัตราส่วนความชื้น (ω_R และ ω_S) ลดลง โดยเส้นกระบวนการจะดำเนินไปตามเส้นตรงจากจุดอากาศกลับ (Return Air, RA) ไปยังจุดอากาศจ่าย (Supply Air, SA) ดังแสดงในรูป 2.7



รูปที่ 2.7 กระบวนการทำความเย็นและลดความชื้นของเครื่องปรับอากาศ

2.10 ความเร็วลมด้านอากาศกลับเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศ

พิจารณาถึงพื้นที่บริเวณช่องลมอากาศกลับ (Return Air) โดยแบ่งพื้นที่ออกเท่าๆกัน เพื่อเก็บข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้มาหาความเร็วลมเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศจากสมการ

$$V = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n}{n} \quad (2.8)$$

เมื่อ V คือ ความเร็วลมเฉลี่ยด้านอากาศกลับ (m/s)
 $V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$ คือ ความเร็วลม ณ ตำแหน่งใดๆ (m/s) ตามลำดับ

2.11 อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศผ่านคอยล์เย็น

พิจารณาถึงพื้นที่หน้ากาด้านอากาศกลับของเครื่องปรับอากาศ และหาค่าเฉลี่ยพื้นที่ (m²) เพื่อนำไปหาอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศผ่านคอยล์เย็นดังสมการที่ 2.10

$$\dot{m}_{air} = (\rho)(V)(A) \quad (2.9)$$

ใช้ค่าความหนาแน่นของอากาศที่สภาวะอากาศมาตรฐาน (Standard Air) ที่ 1 atm 25°C ซึ่งมีค่าความหนาแน่นของอากาศ $\rho = 1.184 \text{ kg/m}^3$ ดังนั้นเขียนสมการ 2.9 ใหม่ได้เป็น

$$\dot{m}_{air} = (1.184)(V)(A) \quad (2.10)$$

เมื่อ V คือ ความเร็วลมด้านอากาศกลับ (m/s)
 A คือ พื้นที่หน้ากาด้านอากาศกลับ (m²)

2.12 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศกลับ (Return Air) อากาศจ่าย (Supply Air) เฉลี่ย

พิจารณาถึงพื้นที่บริเวณช่องลมอากาศกลับและอากาศจ่าย โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็นจำนวน n ช่อง เท่าๆกัน เพื่อใช้เครื่องมือวัดเก็บข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และความชื้นสัมพัทธ์จากสมการ 2.11 และ 2.12

$$T = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_n}{n} \quad (2.11)$$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศกลับและอากาศจ่าย (°C)
 $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ คือ อุณหภูมิของอากาศ ณ ตำแหน่งใดๆ (°C) ตามลำดับ

$$RH(\%) = \frac{RH(\%)_1 + RH(\%)_2 + RH(\%)_3 + \dots + RH(\%)_n}{n} \quad (2.12)$$

เมื่อ $RH(\%)$ คือ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของ RA และ SA
 $RH(\%)_1, RH(\%)_2, RH(\%)_3, \dots, RH(\%)_n$ คือ ความชื้นสัมพัทธ์ ณ ตำแหน่งใดๆ ตามลำดับ

2.13 ความสามารถในการทำความเย็น (Cooling Capacity) ของเครื่องปรับอากาศ

$$Q_L = \dot{m}_{\text{air}}(h_R - h_S) \quad (2.13)$$

เมื่อ Q_L คือ ความสามารถในการทำความเย็น (kW)
 \dot{m}_{air} คือ อัตราการไหลของอากาศกลับ (kg/s)
 h_R, h_S คือ เอนทัลปีจำเพาะของอากาศกลับและอากาศจ่าย (kJ/kg)

2.14 กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (W_C)

$$W_C = IV \cos \theta \quad (\text{กรณีไฟฟ้าหนึ่งเฟส}) \quad (2.14)$$

เมื่อ W_C คือ กำลังที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ (kW)
 I คือ กระแสไฟฟ้า (A)
 V คือ แรงดันไฟฟ้า (V)
 $\cos \theta$ คือ ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

2.15 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศบริเวณหน้าคอยล์ร้อน

พิจารณายังพื้นบริเวณหน้าคอยล์ร้อนออกเป็นช่องเท่าๆกัน เพื่อเก็บข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศจากสมการ

$$T = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_n}{n} \quad (2.15)$$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศหน้าคอยล์ร้อน ($^{\circ}\text{C}$)
 $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ คือ อุณหภูมิของอากาศ ณ ตำแหน่งใดๆ ($^{\circ}\text{C}$) ตามลำดับ

2.16 การหาอัตราการกลั่นตัวของน้ำบริเวณคอยล์เย็น

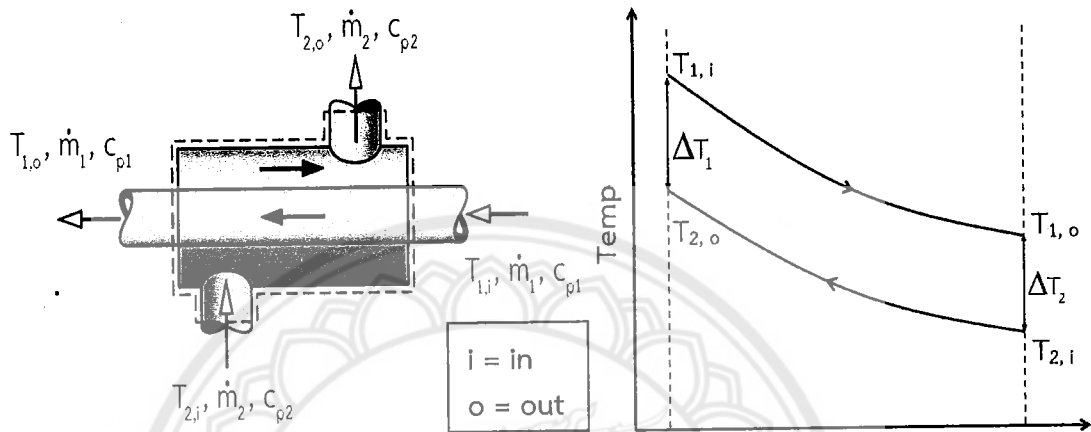
การกำหนดมวลไอน้ำที่มีอยู่ในหนึ่งหน่วยมวลของอากาศแห้งซึ่งเราจะเรียกว่าความชื้นสัมบูรณ์ หรือ ความชื้นจำเพาะ (Absolute or Specific Humidity) โดยอัตราส่วนความชื้น คือ อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำ (m_v) และมวลของอากาศแห้ง (\dot{m}_{air}) โดยในส่วนของ การกำจัดความชื้นออกจากระบบนั้นสามารถหาได้จากสมการ

$$m_v = \dot{m}_{\text{air}}(\Delta \omega) \quad (2.16)$$

เมื่อ m_v คือ อัตราการกลั่นตัวของน้ำบริเวณคอยล์เย็น มีหน่วย (kg/s)
 $\Delta \omega$ คือ ความแตกต่างของอัตราส่วนความชื้นของมีหน่วย (kgv/kgd.a.)

2.17 การคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนของของไหลแบบไหลสวนทางกัน

การถ่ายเทความร้อนของของไหลแบบไหลสวนทางกัน (counter flow) คือ ของไหลสองชนิดจะไหลขนานกัน แต่ทิศทางการไหลจะตรงข้ามซึ่งเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ให้ประสิทธิภาพสูงประเภทหนึ่ง



รูปที่ 2.8 การไหลแบบสวนทาง (counter flow)

$$q = \dot{m}_1 c_{p1} (T_{1,i} - T_{1,o}) \quad (2.17)$$

$$q = \dot{m}_2 c_{p2} (T_{2,o} - T_{2,i}) \quad (2.18)$$

โดย T_1, T_2 คือ อุณหภูมิของสารทำความเย็น R22 และของน้ำกลั่นตัว ตามลำดับ $^{\circ}\text{C}$
 \dot{m}_1, \dot{m}_2 คือ อัตราการไหลของสารทำความเย็น R22 และของน้ำกลั่นตัว ตามลำดับ kg/s
 C_{p1}, C_{p2} คือ ค่าความความร้อนจำเพาะของสารทำความเย็น R22 และของน้ำกลั่นตัว ตามลำดับ $\text{J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$

2.18 เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period) คือ ระยะเวลาผลตอบแทนสุทธิสะสมจากการดำเนินงาน สำหรับกรณีที่ผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายในแต่ละปีมีค่าเท่ากันทุกปี ระยะเวลาคืนทุนหาได้ดังนี้

$$\text{PB} = \frac{R}{S} \quad (2.19)$$

โดย PB คือ ระยะเวลาคืนทุน
 R คือ เงินลงทุนในการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ
 S คือ ค่าไฟฟ้าที่ลดต่อปี (Saving)

2.19 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า

$$E_c = P \times H \times D \times 4 \text{ บาท/kW. hr} \quad (2.20)$$

เมื่อกำหนดค่าไฟฟ้า = 4 บาทต่อ 1 หน่วยไฟฟ้า (kW.hr)

โดย	P	คือ กำลังทางไฟฟ้า มีหน่วย (kW)
	H	คือ ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน มีหน่วยเป็น (hr/day)
	D	คือ วันในการใช้งานในระยะเวลาหนึ่งปี (day/year)
	4	คือ อัตราค่าไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วย (บาท/kW.hr)
	E_c	คือ ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)



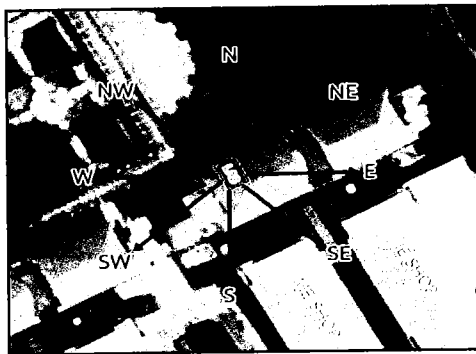
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ

ในโครงการนี้จะศึกษาการเปรียบเทียบค่าการประหยัดพลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพระหว่างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 36,000 Btu/hr แบบระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบการนำน้ำกลั่นตัวจากคอยล์เย็นมาเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อน บริเวณทางออกของคอมเพรสเซอร์ กรณีที่ทำการติดตั้งคอยล์ร้อนอยู่ต่ำกว่าคอยล์เย็น และมีอุณหภูมิภายในห้องเฉลี่ย 25°C ทดลองโดยการติดตั้งชุดอุปกรณ์การนำน้ำกลั่นตัวจากคอยล์เย็นมาเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อน ทำการทดสอบเพื่อวัดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) วัดชั่วโมงการทำงาน (นาทิต) วัดค่ากำลังไฟฟ้า (W_c) และค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) ระยะเวลาคืนทุน (PB) เพื่อหาค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า ทดสอบช่วงเดือน มีนาคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2559 ที่ห้องหน่วยวิจัยเทคโนโลยีอาคารและการจัดการพลังงาน (IE 504) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล 3 ชั่วโมงและทำการเก็บค่าทุกๆ 1 นาที ทำการทดลอง 3 ครั้งโดยเฉลี่ยต่ออุปกรณ์ดังนี้

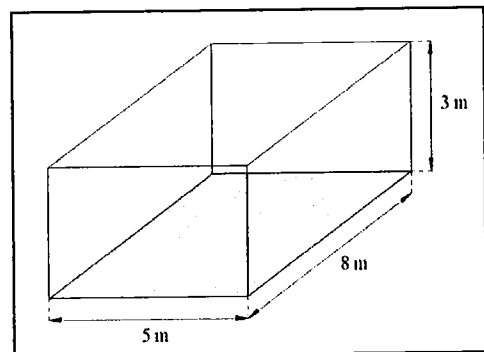
1. อุณหภูมิภายนอกห้องที่ 30°C ทำการทดลองเวลา 04:00-08:00 น.
2. อุณหภูมิภายนอกห้องที่ 35°C ทำการทดลองเวลา 19:00-23:00 น. และใช้ความร้อนเสริมจากแสงสปอร์ตไลท์ (หลอดฮาโลเจน 500 วัตต์) ช่วยในการควบคุมอุณหภูมิหน้าคอยล์ร้อน
3. อุณหภูมิภายนอกห้องที่ 40°C ทำการทดลองเวลา 13:00-17:00 น. และใช้ความร้อนเสริมจากแสงสปอร์ตไลท์ (หลอดฮาโลเจน 500 วัตต์) ช่วยในการควบคุมอุณหภูมิหน้าคอยล์ร้อน

3.1 ตำแหน่งที่ติดตั้งของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ตำแหน่งการติดตั้งทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และขนาดของห้องทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และ 3.2



รูปที่ 3.1 ทิศของห้องทดลอง



รูปที่ 3.2 ขนาดพื้นที่ห้องทดลอง

โดยแบ่งการทดลองเป็น 4 กรณี ดังนี้

3.1.1. ห้องปรับอากาศทั่วไป (ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์)

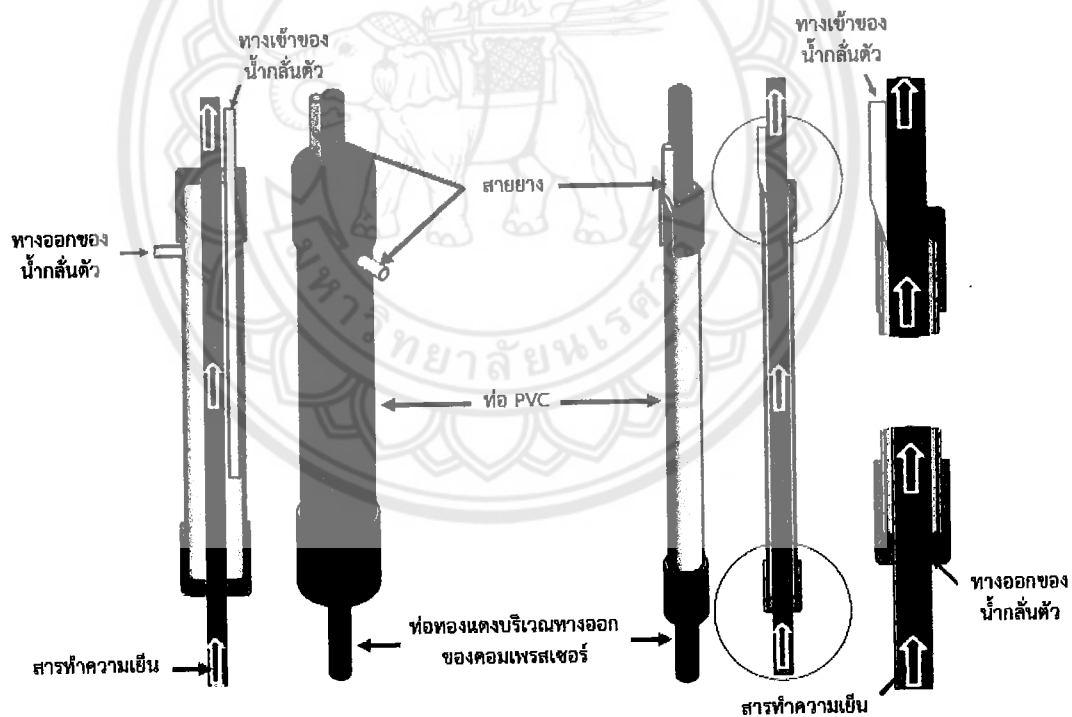
3.1.2. ห้องปรับอากาศติดตั้งอุปกรณ์ กักเก็บน้ำกลั่นตัว (JAVIS A-D25) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 mm.

3.1.3. ห้องปรับอากาศติดตั้งอุปกรณ์ กักเก็บน้ำกลั่นตัว (JAVIS A-D40) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 mm.

3.1.4. ห้องปรับอากาศติดตั้งอุปกรณ์ปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน (JAVIS B-D18) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 18 mm.

3.2 การออกแบบและหลักการทำงานของอุปกรณ์

หลักการทำงานของอุปกรณ์มี 2 แบบ คือ 1. อุปกรณ์แบบกักเก็บน้ำกลั่นตัว 2. อุปกรณ์แบบปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน ดังแสดงในรูปที่ 3.3 และ 3.4 ส่วนรายละเอียดการออกแบบแสดงในภาคผนวก ค)



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์แบบกักเก็บน้ำกลั่นตัว รูปที่ 3.4 อุปกรณ์แบบปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน

จากรูปที่ 3.3 อุปกรณ์แบบกักเก็บน้ำกลั่นตัว (JAVIS A-D25 และ JAVIS A-D40) หลักการทำงาน คือ นำน้ำกลั่นตัวมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นด้วยวิธีการกักเก็บน้ำกลั่นตัวไว้ เมื่อน้ำกลั่นตัวเต็มอุปกรณ์ก็จะไหลออกยังบริเวณทางออกของอุปกรณ์

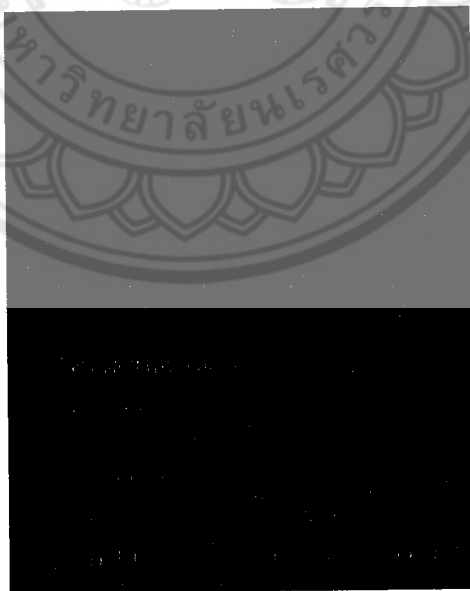
จากรูปที่ 3.4 อุปกรณ์แบบปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน (JAVIS B-18) หลักการทำงาน คือ นำน้ำกลั่นตัวมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นด้วยวิธีการปล่อยน้ำไหลผ่านสารทำความเย็น โดยการนำน้ำกลั่นตัวปล่อยทิ้งบริเวณทางออกของอุปกรณ์

3.3 รายการเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ

3.3.1 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ ยี่ห้อ DAISENKO (เกณฑ์พลังงานปี 2008) เบอร์ 5 ดังรูปที่ 3.5 และ 3.6



รูปที่ 3.5 เครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ



รูปที่ 3.6 ฉลากประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

3.3.2 เครื่อง Power Quality Analyzer KYORITSU 6310

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดและวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าแบบใช้แคลมป์เซนเซอร์ในการวัดรวมถึงกระแส (Amp) แรงดัน (Voltage) กำลังไฟฟ้า (Power) และค่าพลังงานไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถวัดได้ทั้งไฟแบบเฟสเดียว (Single Phase) และสามเฟส (Three Phase) สามารถเก็บข้อมูลลงใน Compact Flash Cards และหน่วยความจำภายใน



รูปที่ 3.7 เครื่อง Power Quality Analyzer KYORITSU 6310
รูปภาพจาก <https://www.pce-instruments.com>

3.3.3 เครื่อง SILA AP-104

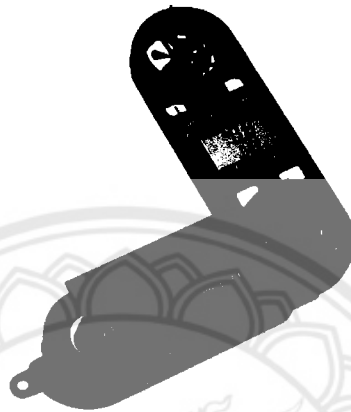
อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรม AP-104



รูปที่ 3.8 เครื่อง SILA AP-104

3.3.4 เครื่องวัดความเร็วลม Anemometer

อุปกรณ์วัดความเร็วลมโดยอาศัยหลักการหมุนของใบพัด เป็นชนิดเคลื่อนย้ายได้ มีช่วงการวัดกว้าง สามารถวัดค่าได้ทันที ใช้วัดได้ทั้งความเร็วอากาศแวดล้อมและอากาศที่มีการควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 3.9 เครื่องวัดความเร็วลม Anemometer

รูปภาพจาก <http://www.nanasupplier.com/thermometer/p-103036>

3.3.5 ตลับเมตร

อุปกรณ์วัดความยาวนำมาวัดขนาดพื้นที่หน้ากักด้านอากาศกลับ มีหน่วยเป็นเมตร

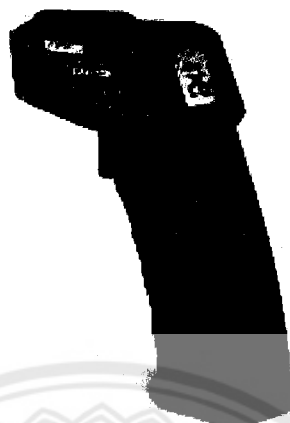


รูปที่ 3.10 ตลับเมตร

รูปภาพจาก <http://measurementtools.net/PS15760-ProductService-1.html>

3.3.6 เทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด DIGICON DP-88

เป็นเครื่องมือสำหรับวัดอุณหภูมิ (temperature measurement) ที่ผิวของวัตถุ ซึ่งเป็นการวัดแบบไม่สัมผัส และไม่ทำลายวัตถุ ทำงานโดยอาศัยหลักการแผ่รังสีอินฟราเรด (infrared radiation) ออกจากวัตถุ ซึ่งสามารถเลือกหน่วยการวัดได้ทั้ง องศาเซลเซียส, องศาฟาเรนไฮต์ และสามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -20 , $+500$ องศาเซลเซียส (-4 , $+932$ องศาฟาเรนไฮต์)



รูปที่ 3.11 เทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด DIGICON DP-88
 รูปภาพจาก http://qc-line.com/p_1652_16927_46058_DIGICON-DP88.htm

3.3.7 เทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะแก้ว

เป็นเครื่องมือสำหรับวัดระดับความร้อนหรืออุณหภูมิ ประดิษฐ์ขึ้นโดยอาศัยหลักการขยายตัวของของเหลวเมื่อได้รับความร้อน และหดตัวเมื่อคายความร้อน ของเหลวที่ใช้บรรจุในกระเปาะแก้วของเทอร์โมมิเตอร์ คือปรอทหรือแอลกอฮอล์ที่ผสมกับสีแดง เมื่อแอลกอฮอล์หรือปรอทได้รับความร้อน จะขยายตัวขึ้นไปตามหลอดแก้วเล็กๆ เหนือกระเปาะแก้ว และจะหดตัวลงไปในกระเปาะตามเดิมถ้าอุณหภูมิลดลง



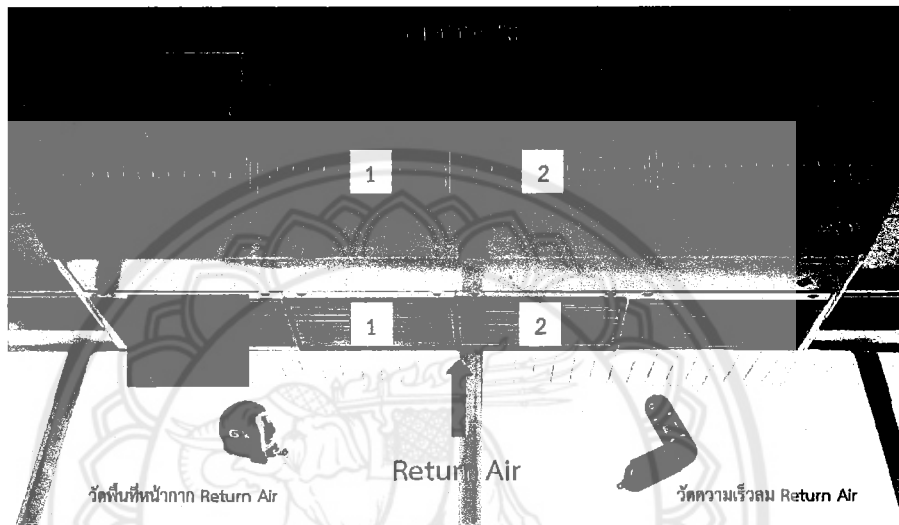
รูปที่ 3.12 เทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะแก้ว
 รูปภาพจาก <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4265/liquid-filled-in-glass-thermometer>



3.4 การตรวจวัดข้อมูล

3.4.1 เปิดเครื่องปรับอากาศและตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัส 25°C อย่างน้อย 30 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในห้องเฉลี่ยอยู่ที่ 25°C

3.4.2 แบ่งพื้นที่การเก็บข้อมูลด้านอากาศกลับ (Return Air) และอากาศจ่าย (Supply Air) ออกเป็น 2 ช่องเพื่อนำข้อมูลมาหาเฉลี่ย แสดงในรูปที่ 3.13



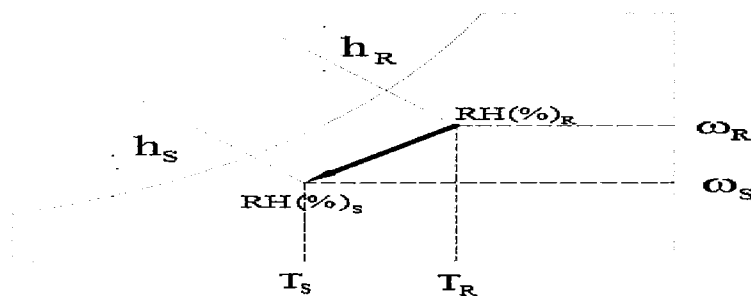
รูปที่ 3.13 การตรวจวัดข้อมูลของเครื่องปรับอากาศ

3.4.3 วัดความเร็วลมด้านอากาศกลับ (V) ของเครื่องปรับอากาศ โดยทำการแบ่งช่องที่ทำ การตรวจวัดออกเป็น 2 ช่องเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย จากสมการที่ 2.8

3.4.4 วัดขนาดพื้นที่หน้ากักด้านอากาศกลับ (A) เพื่อนำไปหาอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศผ่านคอยล์เย็น (\dot{m}_{air}) โดยใช้สมการที่ 2.10

3.4.5 วัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์บริเวณด้านอากาศกลับ (Return Air) และอากาศจ่าย (Supply Air) โดยแบ่งช่องที่ทำการตรวจวัดออกเป็น 2 ช่องเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยใช้สมการที่ 2.11 และ 2.12

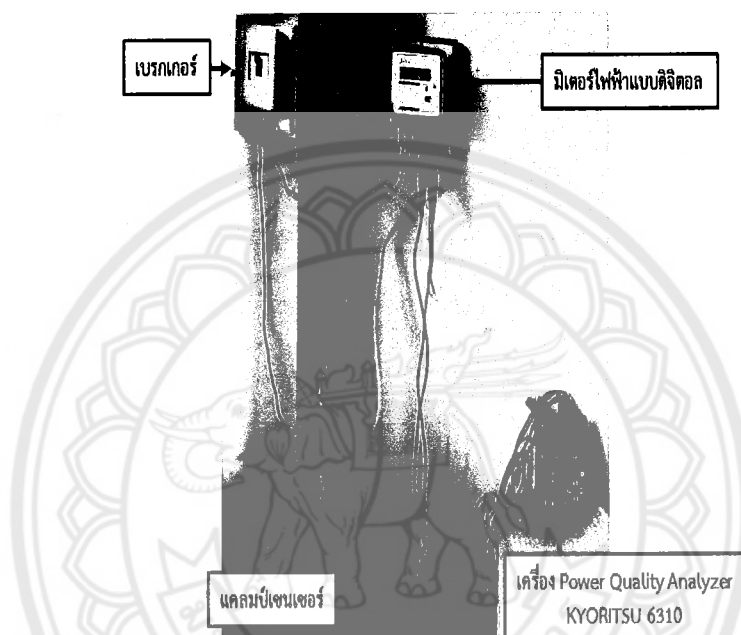
3.4.6 นำค่าอุณหภูมิ และความชื้นด้านอากาศกลับ และอากาศจ่ายจากขั้นตอนที่ 3.4.5 ไปหาเอนทัลปีของด้านอากาศกลับ (h_R) และเอนทัลปีของด้านอากาศจ่าย (h_S)



รูปที่ 3.14 การหาเอนทัลปีของอากาศจากแผนภูมิ Psychometrics

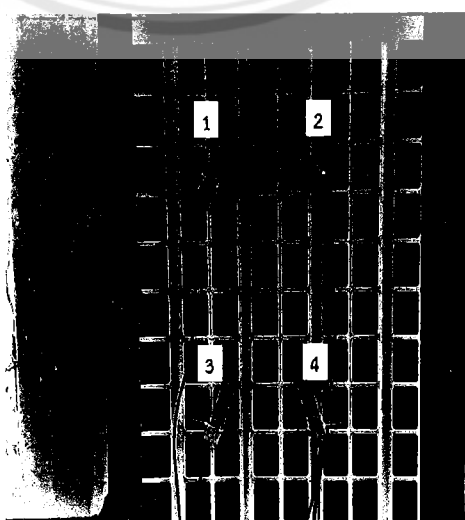
3.4.7 คำนวณความสามารถในการทำความเย็น (Q_L) ของเครื่องปรับอากาศจากขั้นตอนที่ 3.4.4 และ 3.4.6 เพื่อไปหาค่าสมการที่ 2.13

3.4.8 วัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (W_c) ด้วยเครื่อง Power Quality Analyzer KYORITSU 6310 สามารถวัดกระแส (Amp) แรงดัน (Voltage) และกำลังไฟฟ้า (Power) โดยแสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 การติดตั้งเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

3.4.9 วัดอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนทำการตรวจวัดออกเป็น 4 จุด จะแสดงในรูปที่ 3.16 เพื่อนำค่าที่ได้ทั้งหมดมาเฉลี่ย โดยใช้สมการที่ 2.15

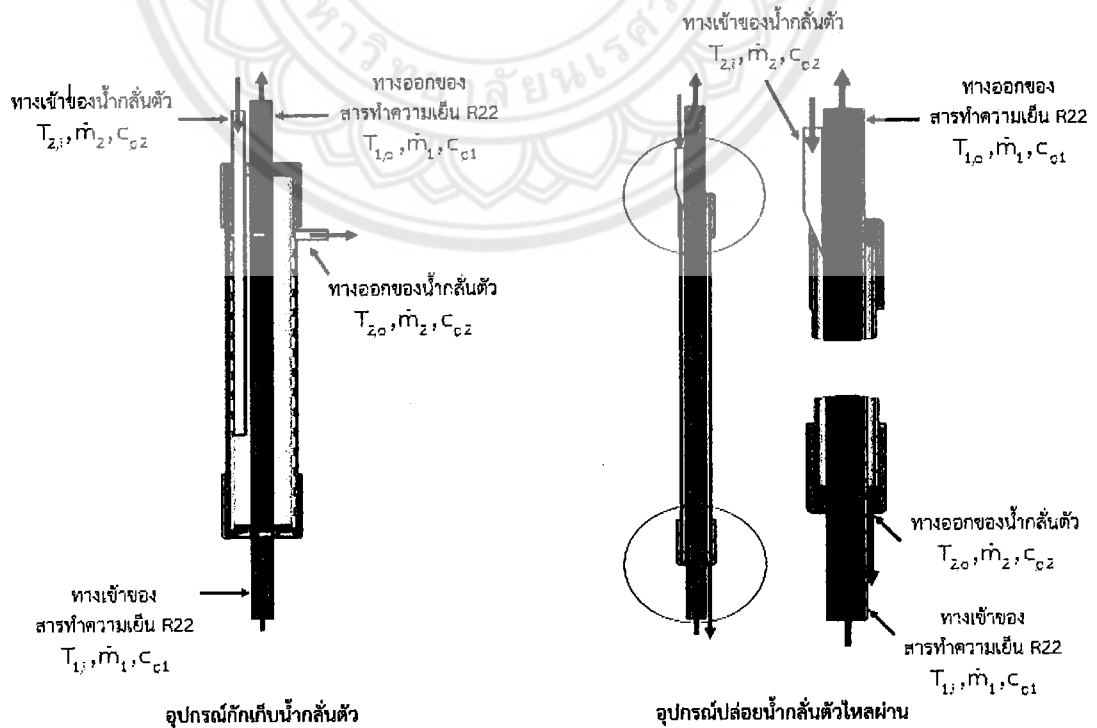


รูปที่ 3.16 การวางเครื่องมือ SILA AP-104 หน้าคอยล์ร้อน



รูปที่ 3.17 การเพิ่มความร้อนจากแสงสปอร์ตไลท์ (หลอดฮาโลเจน 500 วัตต์) ช่วยในการควบคุมอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อน

3.4.10 วัดอุณหภูมิสารทำความเย็นบริเวณทางเข้า และออกอุปกรณ์ด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด ส่วนน้ำกลั่นตัววัดอุณหภูมิทางเข้า และออกอุปกรณ์ด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบกระดาษ แสดงในรูปที่ 3.18 คำนวนหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของของไหลแบบไหลสวนทางกันหาได้จากสมการ 2.17 และ 2.18



รูปที่ 3.18 การไหลแบบสวนทาง (counter flow)

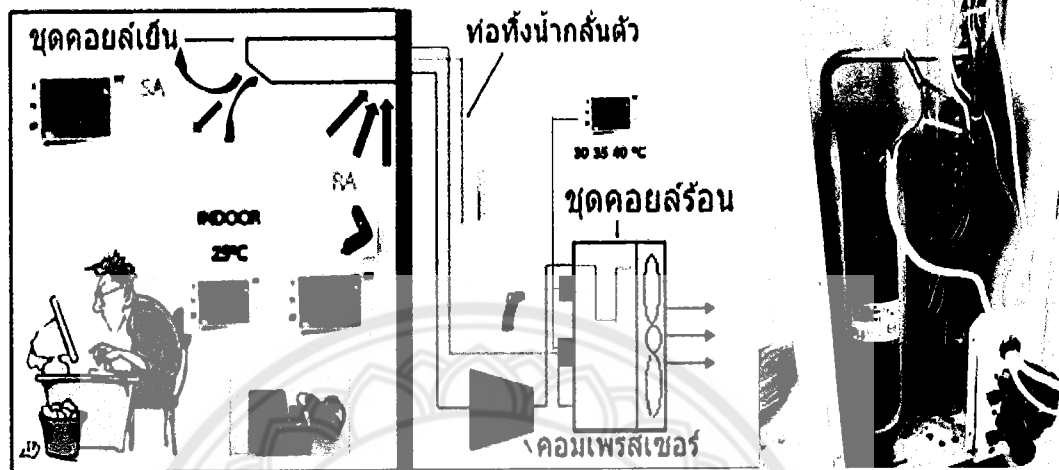
3.5 วิธีการทดลอง



รูปที่ 3.19 แผนผังแสดงวิธีการทดลอง

3.6 กำหนดการทดลองเป็น 4 กรณี ดังนี้

3.6.1 กรณีที่ 1 ห้องปรับอากาศทั่วไป (ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์)



รูปที่ 3.20 กรณีห้องปรับอากาศทั่วไป

3.6.2 กรณีที่ 2 และ 3 ห้องปรับอากาศติดตั้งอุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว (JAVIS A-D25) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 mm และ (JAVIS A-D40) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 mm ในการนำน้ำกลั่นตัวจากคอยล์เย็นมาเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อน

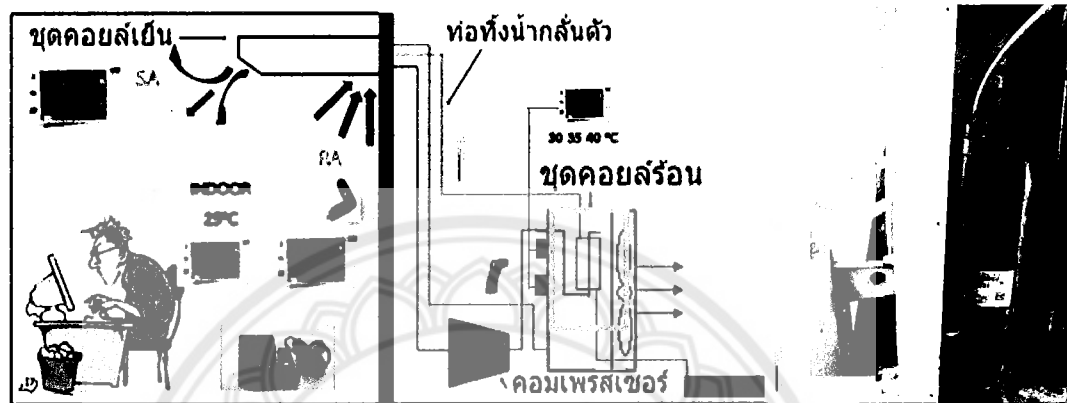
JAVIS A-D25 JAVIS A-D40



รูปที่ 3.21 กรณีห้องปรับอากาศติดตั้งอุปกรณ์แบบกักเก็บน้ำกลั่นตัว

3.6.3 กรณีที่ 4 ห้องปรับอากาศติดตั้งอุปกรณ์ปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน (JAVIS B-D18) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 mm ในการนำน้ำกลั่นตัวจากคอยล์เย็นมาเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อน

JAVIS B-D18



รูปที่ 3.22 กรณีห้องปรับอากาศติดตั้งอุปกรณ์แบบปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน

3.7 ข้อกำหนดทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ข้อสมมติฐานทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเพื่อคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนด้วยสมการที่ 2.19 โดยกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 4 บาท โดยอุปกรณ์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีต้นทุนดังนี้

- 3.7.1 อุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว (JAVIS A-D25) ราคา 40 บาท
- 3.7.2 อุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว (JAVIS A-D40) ราคา 40 บาท
- 3.7.3 อุปกรณ์ปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน (JAVIS B-D18) ราคา 40 บาท

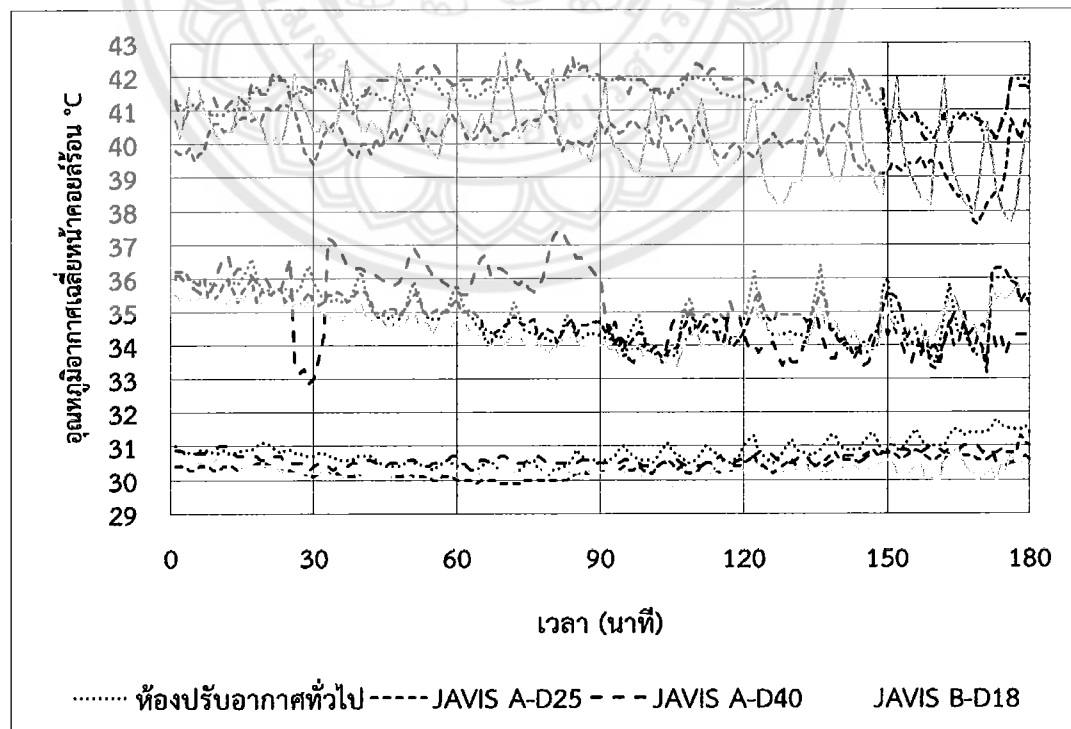
บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ผล

ในการศึกษาจะทำการวัดค่าพร้อมทั้งวิเคราะห์และเปรียบเทียบ อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเฉลี่ย, ค่าความสามารถทำความเย็น (QL), กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (Wc), ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP), อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (EER), ชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์, ค่าพลังงานไฟฟ้า, ค่าไฟฟ้า (Ec) และระยะเวลาคืนทุนระหว่างเครื่องปรับอากาศทั่วไปกับเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว JAVIS A-D25 และ JAVIS A-D40 และอุปกรณ์ปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน JAVIS B-D18 โดยกำหนดอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนที่ 30, 35 และ 40°C

4.1 อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อน

เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเฉลี่ยที่ 30, 35 และ 40°C ของห้องปรับอากาศแต่ละกรณี ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

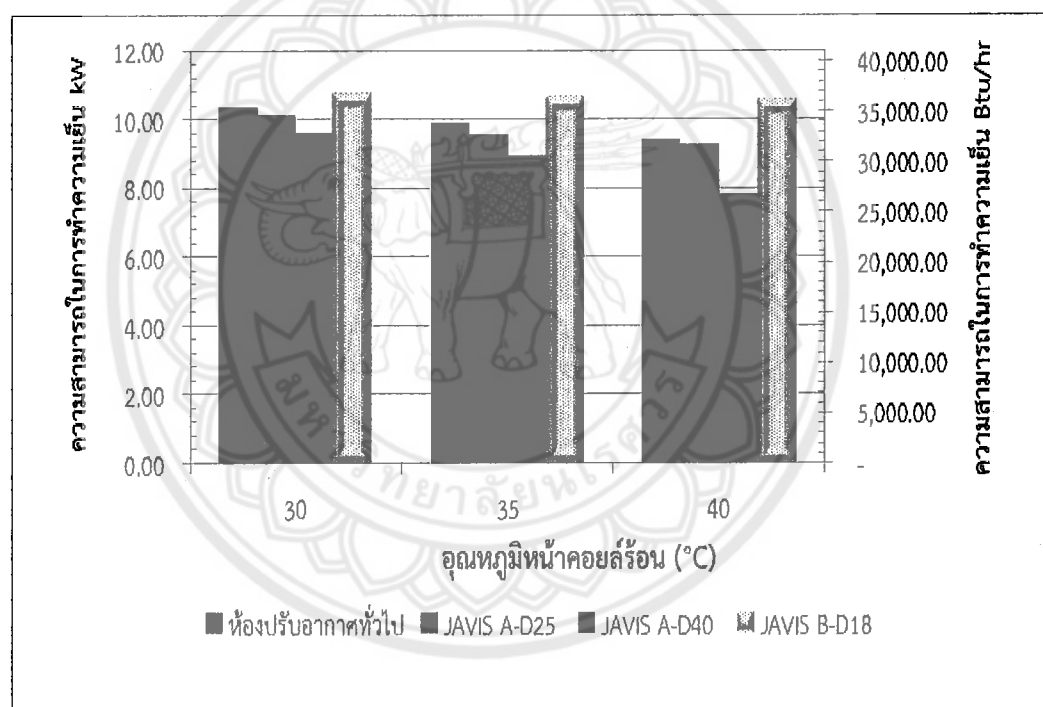


รูปที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเฉลี่ย

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนมีลักษณะแกว่งขึ้นลง ทั้งนี้เกิดจากช่วงเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์ โดยจุดสูงสุดของอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนคือช่วงเวลาที่ยคอมเพรสเซอร์ทำงาน (ON) ส่วนจุดต่ำสุดคือช่วงเวลาที่ยคอมเพรสเซอร์หยุดการทำงาน (OFF) จากการทดลองพบว่าในช่วงอุณหภูมิที่ต้องการทดสอบ 30, 35 และ 40°C จะมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 31.4, 34.6 และ 40.8°C ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนอยู่ที่ 4.66, 1.14 และ 2% ตามลำดับ

4.2 ผลการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการทำความเย็น (Q_L)

เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการทำความเย็น (Q_L) ของห้องปรับอากาศแต่ละกรณีในแต่ละช่วงอุณหภูมิ ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการทำความเย็น

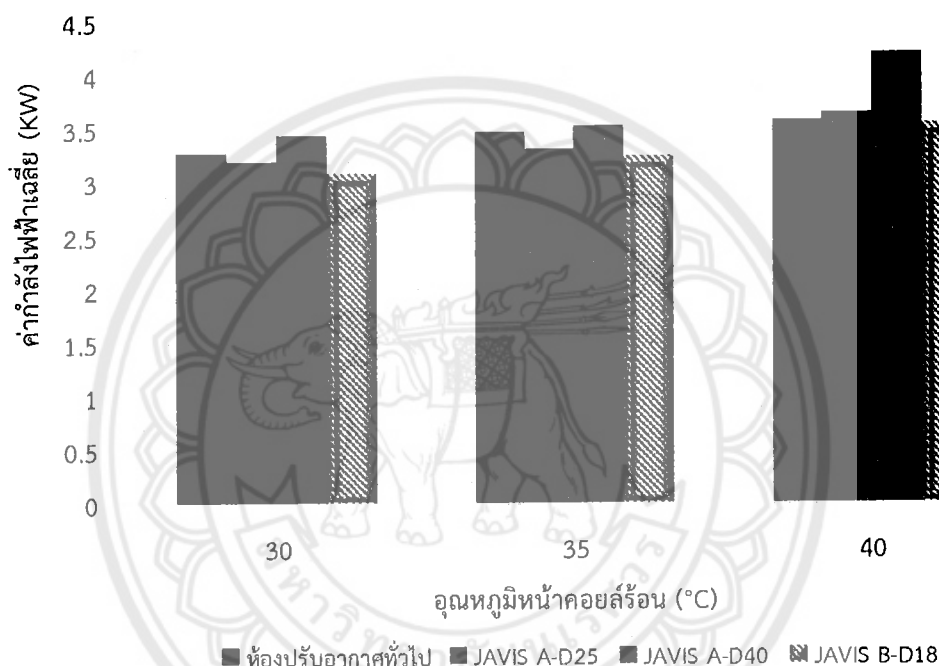
จากรูปที่ 4.2 จะพบว่าเครื่องปรับอากาศโดยทั่วไปหากอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเพิ่มขึ้น ความสามารถในการระบายความร้อนบริเวณคอยล์ร้อนจะลดต่ำลง เป็นผลทำให้ค่าความสามารถในการทำความเย็นมีค่าลดต่ำลง

ในการติดตั้งอุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว JAVIS A-D25 และ JAVIS A-D40 จะมีผลทำให้ค่าความสามารถในการทำความเย็นลดลง 823.78-457.87 Btu/hr คิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ระหว่าง 2.33-16.93% เมื่ออุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเพิ่มขึ้น แต่อุปกรณ์ปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน JAVIS B-

D18 กลับช่วยเพิ่มความสามารถในการทำความเย็นให้มีค่าสูงขึ้น 1,482.16-4,002.82 Btu/hr คิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ระหว่าง 4.19-12.41% เมื่ออุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเพิ่มขึ้น

4.3 ผลการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย

เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในแต่ละช่วงอุณหภูมิ ของห้องปรับอากาศแต่ละกรณีได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้



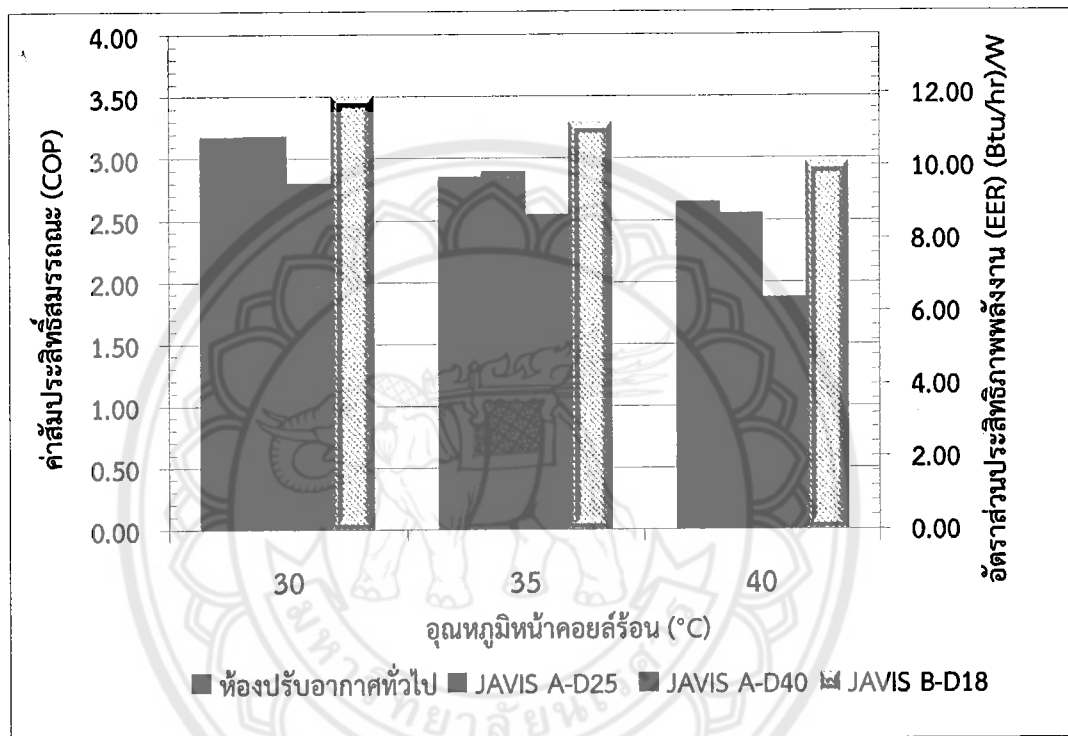
รูปที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของแต่ละช่วงอุณหภูมิ

จากการทดลองพบว่าเครื่องปรับอากาศทั่วไปเมื่ออุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ความสามารถในการระบายความร้อนบริเวณคอยล์ร้อนและความสามารถในการทำความเย็นมีค่าลดต่ำลง จึงเป็นผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.3

เมื่อติดตั้งอุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว JAVIS A-D25 จะพบว่าที่อุณหภูมิ 30 และ 35°C มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยลดลง 0.08 และ 0.16 kW คิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ระหว่าง 2.49-4.61% แต่ที่อุณหภูมิ 40°C จะมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.07 kW เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จะมีค่า 11.2 % ส่วนอุปกรณ์ JAVIS A-D40 มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.09-0.63 kW คิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ระหว่าง 0.09-17.54% เมื่ออุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเพิ่มขึ้น แต่ในทางกลับกันอุปกรณ์ปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน JAVIS B-D18 มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยลดลง 0.19-0.03 kW ทุกช่วงอุณหภูมิเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จะอยู่ระหว่าง 5.81-0.84%

4.4 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)

เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) และ ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ของห้องปรับอากาศแต่ละกรณีในแต่ละช่วงอุณหภูมิ ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะและผลการเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน

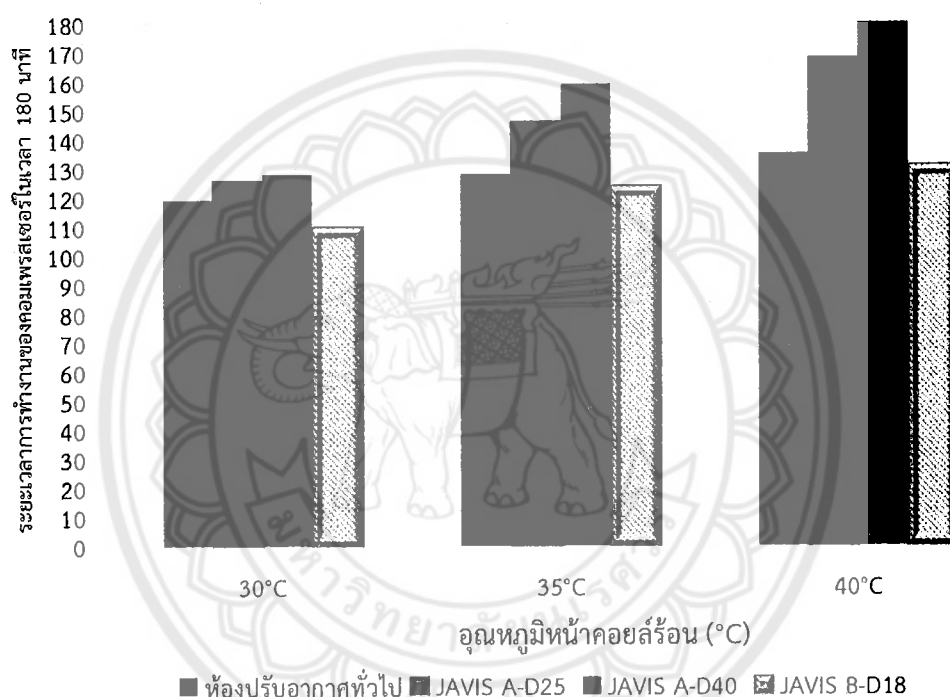
ดังแสดงในรูปที่ 4.4 การทดลองเครื่องปรับอากาศทั่วไปเมื่ออุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเพิ่มสูงขึ้น ค่า COP และ EER มีค่าลดลงเนื่องจากค่าความสามารถในการทำความเย็นลดลง แต่ค่ากำลังไฟฟ้ากลับเพิ่มสูงขึ้น จึงส่งผลให้มีค่า COP และ EER ลดต่ำลง

การติดตั้งอุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว JAVIS A-D25 ค่า COP ที่อุณหภูมิ 30 และ 35°C มีค่าเพิ่มขึ้น 0.01 W/W และ 0.04 W/W ตามลำดับ (ค่า EER มีค่าเพิ่มขึ้น 0.02 (Btu/hr)/W และ 0.13 (Btu/hr)/W ตามลำดับ) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ระหว่าง 0.21-3.74% แต่ที่อุณหภูมิ 40°C ค่า COP ลดลง 0.10 W/W (ค่า EER มีค่าลดลง 0.34 (Btu/hr)/W) เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์มีค่า 5.74% ในส่วนของอุปกรณ์ JAVIS A-D40 ค่า COP ลดลงอยู่ระหว่าง 0.37-0.78 W/W (ค่า EER มีค่าลดลงอยู่ระหว่าง 1.27-2.66 (Btu/hr)/W) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ระหว่าง 11.76-29.38% เมื่ออุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเพิ่มขึ้น แต่ในทางกลับกันอุปกรณ์ปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน JAVIS B-D18 ค่า COP

เพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 0.33-0.32 W/W (ค่า EER มีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 1.11-1.10 (Btu/hr)/W) ทุกช่วงอุณหภูมิโดยจะมีค่าอยู่ระหว่าง 10.29-12.14%

4.5 ผลการเปรียบเทียบชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์

เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ภายในช่วงเวลาทำการทดลองเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง ของห้องปรับอากาศแต่ละกรณีในแต่ละช่วงอุณหภูมิ ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้



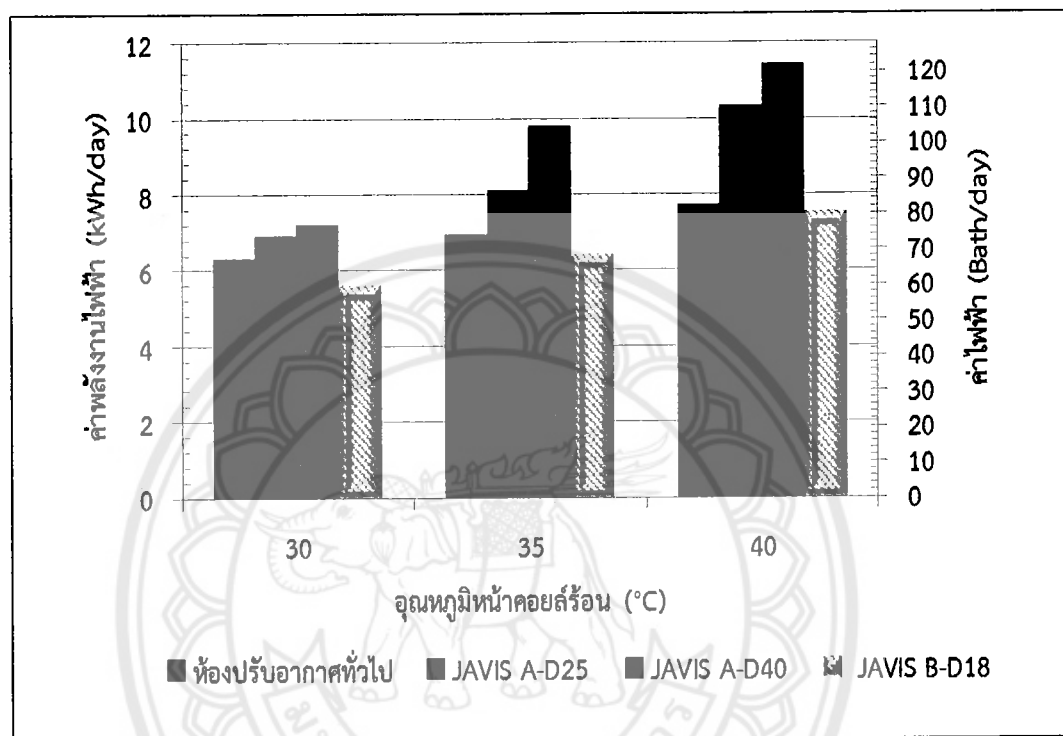
รูปที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์

จากรูปที่ 4.5 เครื่องปรับอากาศทั่วไปที่อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเพิ่มขึ้น จะมีค่าความสามารถในการความเย็นที่ลดลง ซึ่งในการเพิ่มความสามารถในการทำความเย็นให้เท่าเดิมนั้น คอมเพรสเซอร์ต้องเพิ่มชั่วโมงการทำงานมากขึ้น

จากการติดตั้งอุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว JAVIS A-D25 และ JAVIS A-D40 มีค่าชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์เพิ่มสูงขึ้น 7-45 นาที คิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ระหว่าง 5.88-33.33% เมื่ออุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเพิ่มขึ้น แต่ในทางตรงกันข้ามอุปกรณ์ปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน JAVIS B-D18 มีค่าชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์ลดลงเหลือเพียง 4-9 นาที ในทุกช่วงอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ระหว่าง 2.96-7.56%

4.6 ผลการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า

เป็นการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ากรณีของห้องปรับอากาศแต่ละกรณีในแต่ละช่วงอุณหภูมิ ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและผลการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้า

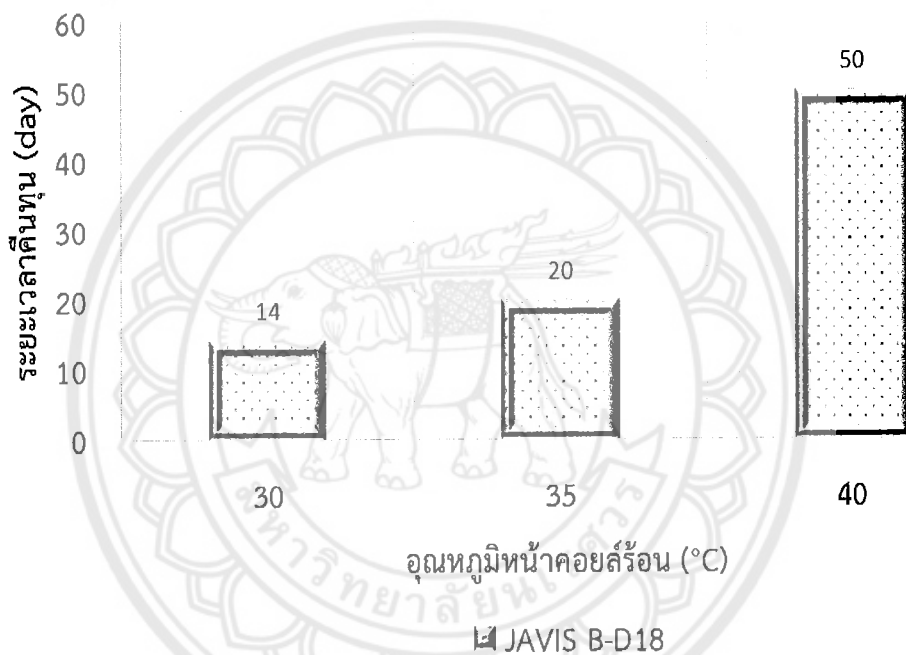
จากการทดลองเครื่องปรับอากาศทั่วไปจะพบว่าเมื่ออุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเพิ่มขึ้น จะมีค่ากำลังไฟฟ้าและระยะเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้มีค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าสูงตามขึ้นด้วยดังแสดงในรูปที่ 4.6

การติดตั้งอุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว JAVIS A-D25 และ JAVIS A-D40 จะมีผลทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 1.6-9.86 kWh (ค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 6.40-39.46 บาท) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ระหว่าง 3.33-17.95% เมื่ออุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเพิ่มขึ้น แม้ว่าอุปกรณ์ JAVIS A-D25 จะมีค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าน้อยลง ที่อุณหภูมิ 30 และ 35°C แต่ด้วยจำนวนชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์ที่สูง จึงไม่เกิดการลดลงของค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า แต่ในทางกลับกันอุปกรณ์ปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน JAVIS B-D18 เพิ่มความสามารถในการระบายความร้อนบริเวณคอยล์ร้อน จึงทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลงอยู่ระหว่าง 1.86-0.53 kWh (ค่าไฟฟ้าน้อยลงอยู่ระหว่าง 2.13-7.46 บาท) ในทุกช่วงอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนโดยคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ระหว่าง 5.19-11.61%

ดังนั้นในรูปที่ 4.6 จะสรุปได้ว่าในการติดตั้งอุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว JAVIS A-D25 และ JAVIS A-D40 ไม่เกิดผลประหยัดทุกช่วงอุณหภูมิ แต่จะมีเพียงอุปกรณ์ปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน JAVIS B-D18 เป็นกรณีเดียวที่เกิดผลการประหยัดทุกช่วงอุณหภูมิของอากาศหน้าคอยล์ร้อน

4.7 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาการคืนทุน

เป็นการเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุน ของห้องปรับอากาศแต่ละกรณีในแต่ละช่วงอุณหภูมิ ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุน

จากการทดลองจะพบว่าเครื่องปรับอากาศทั่วไปที่ติดตั้งอุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว JAVIS A-D40 และ JAVIS A-D25 ไม่สามารถคำนวณระยะเวลาคืนทุนได้เนื่องจากไม่เกิดผลการประหยัดทุกช่วงอุณหภูมิของอากาศหน้าคอยล์ร้อน ดังแสดงในรูปที่ 4.7

ดังนั้นจึงมีเพียงอุปกรณ์น้ำกลั่นตัวไหลผ่าน JAVIS B-D18 เป็นกรณีเดียวที่มีระยะเวลาการคืนทุนที่อุณหภูมิ 30, 35 และ 40°C เป็น 14, 20 และ 50 วัน ตามลำดับ

บทที่ 5

บทสรุป

ในการทดลองนี้เป็นการออกแบบและสร้างอุปกรณ์เพื่อทำการศึกษานวทางในการนำน้ำกลั่นตัวจากคอยล์เย็นมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกระจายความร้อนบริเวณคอยล์ร้อน และลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ ขนาด 36,000 Btu/hr สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ค่าอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อน

5.1.1.1. อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนมีลักษณะแกว่งขึ้นลง ทั้งนี้เกิดจากช่วงเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์ โดยจุดสูงสุดของอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนคือช่วงเวลาที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน (ON) ส่วนจุดต่ำสุดคือช่วงเวลาที่คอมเพรสเซอร์หยุดการทำงาน (OFF) ส่วนอุปกรณ์ JAVIS A-D40 ที่อุณหภูมิ 40°C ไม่เกิดการแกว่งตัวของอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อน ทั้งนี้เนื่องจากคอมเพรสเซอร์ทำงานตลอดระยะเวลาการทดสอบ

5.1.2 ผลการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการทำความเย็น (Q_c)

5.1.2.1. เครื่องปรับอากาศทั่วไปหากอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเพิ่มสูงขึ้น ความสามารถในการระบายความร้อนบริเวณคอยล์ร้อนจะลดต่ำลง เป็นผลทำให้ค่าความสามารถในการทำความเย็นมีค่าลดลง

5.1.2.2. ห้องปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์น้ำกลั่นตัวไหลผ่าน (JAVIS B-D18) ช่วยให้ความสามารถในการระบายความร้อนบริเวณคอยล์ร้อนเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ความสามารถในการทำความเย็นเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่ห้องปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว (JAVIS A-D25) และ (JAVIS A-D40) ความสามารถในการทำความเย็นลดลงทุกช่วงอุณหภูมิเมื่ออุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเพิ่มขึ้น

5.1.3 ผลการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (W_c)

5.1.3.1. เครื่องปรับอากาศทั่วไปเมื่ออุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเพิ่มสูงขึ้น จะส่งผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นเพราะการระบายความร้อนบริเวณคอยล์ร้อนลดลง จึงต้องป้อนงานให้แก่ระบบมากขึ้น

5.1.3.2. ห้องปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว (JAVIS A-D25) พบว่ามีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยลดลงที่อุณหภูมิ 30 และ 35°C เนื่องจากสามารถช่วยการระบายความร้อนบริเวณ

คอยล์ร้อน แต่ที่อุณหภูมิ 40°C มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ส่วนอุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว (JAVIS A-D40) มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ทุกช่วงอุณหภูมิเมื่ออุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเพิ่มขึ้น

5.1.3.3. ห้องปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์น้ำกลั่นตัวไหลผ่าน (JAVIS B-D18) สามารถช่วยการระบายความร้อนบริเวณคอยล์ร้อนเพิ่มขึ้นทำให้ความสามารถในการทำความเย็นเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้มีค่ากำลังไฟฟ้าลดลง

5.1.4 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)

5.1.4.1. เมื่ออุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเพิ่มสูงขึ้น ค่า COP และ EER ของเครื่องปรับอากาศทั่วไปมีแนวโน้มลดต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความสามารถในการทำความเย็นลดต่ำลง ส่วนค่ากำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

5.1.4.2. อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนที่ 30 และ 35°C ของห้องปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว (JAVIS A-D25) ค่า COP และ EER มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เกิดจากค่าความสามารถในการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นและค่ากำลังไฟฟ้าที่ลดลง แต่เมื่ออุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนที่ 40°C ค่า COP และ EER มีค่าลดต่ำลง ส่วนอุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว (JAVIS A-D40) ค่า COP และ EER มีค่าลดลงทุกช่วงอุณหภูมิของอากาศหน้าคอยล์ร้อนที่เพิ่มขึ้น

5.1.4.3. ห้องปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์น้ำกลั่นตัวไหลผ่าน (JAVIS B-D18) มีค่า COP และ EER เพิ่มขึ้นในทุกช่วงอุณหภูมิของอากาศหน้าคอยล์ร้อนที่เพิ่มขึ้น เพราะความสามารถในการทำความเย็นเพิ่มสูงขึ้นแต่ค่ากำลังไฟฟ้าลดต่ำลง

5.1.5 ผลการเปรียบเทียบชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์

5.1.5.1. เครื่องปรับอากาศทั่วไปที่อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเพิ่มขึ้น จะมีค่าความสามารถในการทำความเย็นที่ลดลง ซึ่งในการเพิ่มความสามารถในการทำความเย็นให้เท่าเดิมนั้นคอมเพรสเซอร์ต้องเพิ่มชั่วโมงการทำงานมากขึ้น

5.1.5.2. อุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว (JAVIS A-D25) และ (JAVIS A-D40) ไม่สามารถช่วยการระบายความร้อนบริเวณคอยล์ร้อนได้ ส่งผลให้ชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์เพิ่มสูงขึ้นในทุกช่วงอุณหภูมิของอากาศหน้าคอยล์ร้อนที่เพิ่มขึ้น

5.1.5.3. ห้องปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์น้ำกลั่นตัวไหลผ่าน (JAVIS B-D18) เป็นกรณีเดียวที่สามารถช่วยเพิ่มการระบายความร้อนให้กับคอยล์ร้อน จึงส่งผลให้ชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์ลดต่ำลง ถึงแม้อุณหภูมิของอากาศหน้าคอยล์ร้อนจะเพิ่มขึ้น

5.1.6 ผลการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า

5.1.6.1. จากการทดลองเครื่องปรับอากาศทั่วไปจะพบว่าเมื่ออุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเพิ่มขึ้น จะมีค่ากำลังไฟฟ้าและระยะเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้มีค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าสูงตามขึ้นไปด้วย

5.1.6.2. อุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว (JAVIS A-D25) และ (JAVIS A-D40) ไม่สามารถลดค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าได้ เพราะค่ากำลังไฟฟ้าและระยะเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์ที่เพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าอุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว (JAVIS A-D25) มีค่ากำลังไฟฟ้าลดลงที่อุณหภูมิ 30 และ 35°C แต่ด้วยจำนวนชั่วโมงในการทำงานที่มีค่าเพิ่มขึ้นสูงมาก จึงส่งผลให้ไม่เกิดการลดลงของค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า หรือกล่าวได้ว่าอุปกรณ์ดังกล่าวข้างต้นไม่สามารถทำให้เกิดผลประหยัดทุกช่วงอุณหภูมิของอากาศหน้าคอยล์ร้อนที่เพิ่มขึ้น

5.1.6.3. ห้องปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์น้ำกลั่นตัวไหลผ่าน (JAVIS B-D18) เป็นกรณีเดียวที่มีค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าลดลง เนื่องจากค่ากำลังไฟฟ้าและระยะเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์ที่ลดลงทุกช่วงอุณหภูมิของอากาศหน้าคอยล์ร้อนที่เพิ่มขึ้น จึงกล่าวได้ว่าอุปกรณ์ข้างต้นสามารถทำให้เกิดผลประหยัดได้

5.1.7 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาการคืนทุน

5.1.7.1. เมื่ออุณหภูมิหน้าคอยล์ร้อนเพิ่มขึ้นทำให้ระยะเวลาคืนทุนช้า เนื่องจากค่ากำลังไฟฟ้าและชั่วโมงการทำงานมากขึ้น จึงส่งผลให้ค่าไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น

5.1.7.2. การทดลองจะพบว่าห้องปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว (JAVIS A-D25) และ (JAVIS A-D40) ไม่สามารถคำนวณระยะเวลาคืนทุนได้เนื่องจากไม่เกิดผลการประหยัดทุกช่วงอุณหภูมิของอากาศหน้าคอยล์ร้อน

ดังนั้นจึงมีเพียงห้องปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์น้ำกลั่นตัวไหลผ่าน (JAVIS B-D18) เป็นกรณีเดียวที่มีระยะเวลาการคืนทุนที่อุณหภูมิ 30, 35 และ 40°C เป็น 14, 20 และ 50 วันตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1. ก่อนทำการทดลองควรมีการทดสอบเครื่องมือในการตรวจวัดข้อมูลและมีการตรวจสอบความดันน้ำยาของเครื่องปรับอากาศก่อน เพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำและถูกต้องมากยิ่งขึ้น

5.2.2. ควรรักษาจำนวนภาระโหลด เช่น คนที่เข้าห้องในขณะที่ทำการทดลองให้เท่ากันทุกครั้ง เพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำและถูกต้องมากยิ่งขึ้น

5.2.3. ควรศึกษาเพิ่มเติมกรณีติดตั้งคอยล์ร้อนอยู่สูงกว่าคอยล์เย็น

5.2.4. ควรศึกษาและหาแนวทางในการนำอุปกรณ์ไปติดตั้งบริเวณอื่น เช่น บริเวณทางออกของคอยล์ร้อน

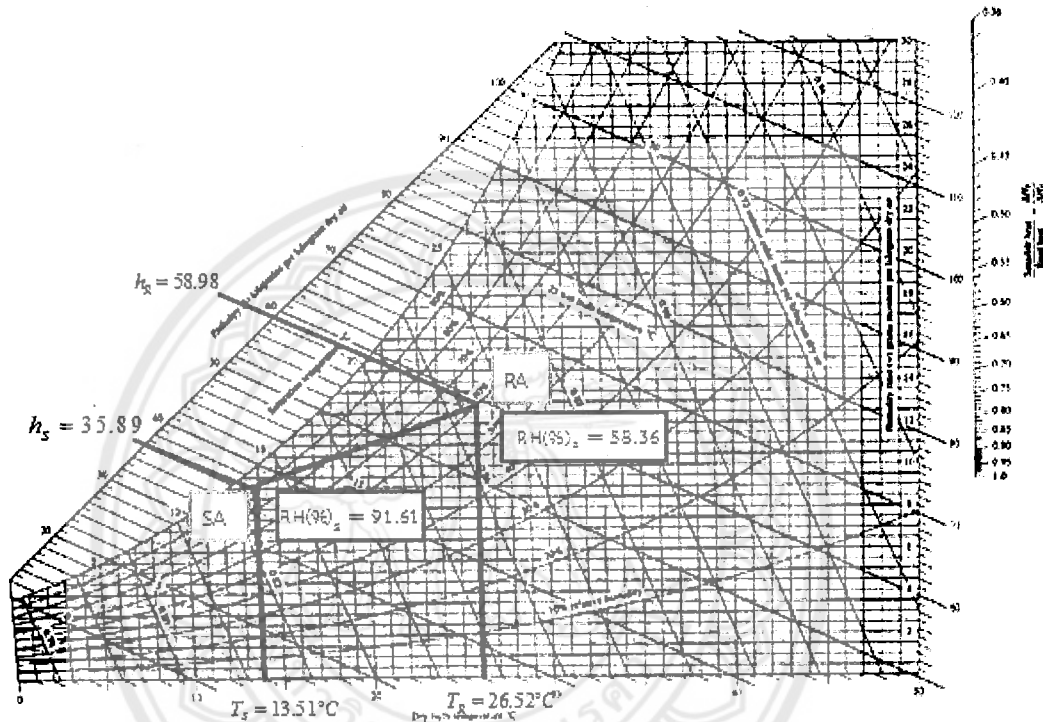
เอกสารอ้างอิง

1. อนุชิต เพียรแก้ว. (2550). การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศด้วยวิธีเพิ่มการระบายความร้อนคอนเดนเซอร์ด้วยน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2. ธนวรา ทองล้วน. (2547). การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศโดยการพ่นน้ำ วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. พูนพงศ์ สวาสดีพันธ์, อ่ำไพศศักดิ์ ทีบุญมา และชวลิต ถิมวงศ์พิทักษ์. (2548). การเพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศโดยใช้น้ำควบแน่นจากฮีวโปเรเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
4. รัฐศักดิ์ พรหมมาศ. (2551). ทำการศึกษาการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ในระบบปรับอากาศโดยใช้ท่อความร้อน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
5. วัฒนา หาญกล้า, วินัย คนคลอง และวีระ มิ่งเมือง. (2553). ศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศด้วยน้ำจากการกลั่นตัว ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
6. สำนักงานนโยบาย และแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. สืบค้นวันที่ 12 ธันวาคม 2558, จาก www.energy.go.th/
7. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. สืบค้นวันที่ 12 ธันวาคม 2558, จาก www.egat.co.th
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษุภรณ์ท์ แคนลา. (2558). บทที่ 3 การอ่านแผนภูมิไซโครเมตริก วิศวกรรมทำความเย็น. (พิมพ์ครั้งที่ 1)
9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษุภรณ์ท์ แคนลา. (2558). บทที่ 4 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ วิศวกรรมทำความเย็น. (พิมพ์ครั้งที่ 1)
10. รองศาสตราจารย์ ดร.มัทนี สงวนเสริมศรี. (2559). บทที่ 7 Thermal Food Processing วิชาเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร



ก.1 ตัวอย่างการคำนวณ อุปกรณ์ปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน JAVIS B-D18 ที่อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อน 35°C

วัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์บริเวณด้านอากาศกลับ (Return Air, RA) และอากาศจ่าย (Supply Air, SA) จากขั้นตอนที่ 3.4.5 หาเอนทาลปีของด้านอากาศกลับ (h_R) และเอนทาลปีของด้านอากาศจ่าย (h_S) ดังแสดงในรูปที่ ก.1



รูปที่ ก.1 การหาค่าเอนทาลปีของด้านอากาศกลับ (h_R) และเอนทาลปีของด้านอากาศจ่าย (h_S)

นำ T_S , $\text{RH}(\%)_S$ และ T_R , $\text{RH}(\%)_R$ จากการทดลองมาหาค่าเอนทาลปีได้ดังนี้

$$T_S = 13.51^{\circ}\text{C}, \text{RH}(\%)_S = 91.61 \text{ จะได้ } h_S = 35.89 \text{ kJ/kg}$$

$$T_R = 26.52^{\circ}\text{C}, \text{RH}(\%)_R = 58.36 \text{ จะได้ } h_R = 58.98 \text{ kJ/kg}$$

หาอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศผ่านคอยล์เย็น (\dot{m}_{air}) จากสมการที่ 2.9

ความเร็วลมด้านอากาศกลับ (V) หาจากขั้นตอนที่ 3.4.3 จะได้ $V(\text{เฉลี่ย}) = 1.15 \text{ m/s}$

วัดขนาดพื้นที่หน้ากักด้านอากาศกลับ (A) หาจากขั้นตอนที่ 3.4.4 จะได้ $A(\text{เฉลี่ย}) = 0.34 \text{ m}^2$

ใช้ค่าความหนาแน่นของอากาศที่สภาวะอากาศมาตรฐาน (Standard Air) ที่ $1 \text{ atm } 25^{\circ}\text{C}$ ซึ่งมีค่าความหนาแน่นของอากาศ $\rho = 1.184 \text{ kg/m}^3$

$$\text{แทนค่าจะได้ } \dot{m}_{\text{air}} = (1.184)(1.15)(0.34) = 0.4629 \text{ kg/s}$$

หาความสามารถในการทำความเย็น (Q_L) จากขั้นตอนที่ 3.4.7

ได้จากสมการ

$$Q_L = \dot{m}_{\text{air}} (h_R - h_S)$$

แทนค่าจะได้

$$Q_L = (0.4629)(58.98 - 35.89) = 10.68 \text{ kw}$$

หากำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (W_C) ดังขั้นตอนที่ 3.4.8

จากเครื่อง Power Quality Analyzer KYORITSU 6310 จะได้ $W_C = 3.24 \text{ kw}$

หาค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (COP) ได้จากสมการที่ 2.5

จากสมการ

$$COP = \frac{Q_L}{W_C}$$

แทนค่าจะได้

$$COP = \frac{10.68}{3.24} = 3.29$$

หาอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ได้จากสมการที่ 2.6

จากสมการ

$$EER = (3.412) \frac{Q_L}{W_C} = (3.412) COP$$

แทนค่าจะได้

$$EER = (3.412)(COP) = (3.412)(3.29) = 11.22$$

ก.2 ตัวอย่างการคำนวณเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนด้วยสมการที่ 2.19 โดยกำหนดเปรียบเทียบห้องปรับอากาศทั่วไปกับห้องปรับอากาศแบบติดตั้งอุปกรณ์ปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน JAVIS B-D18 ที่อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อน 35°C ราคา 40 บาท และกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 4 บาท

ดังนั้น ค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ต่อปี

$$= (0.5 \text{ kWh/Day})(365 \text{ Day/Year})(4 \text{ Bath/KWh})$$

$$= 730 \text{ บาท/ปี}$$

เงินลงทุนค่าอุปกรณ์

$$= \text{อุปกรณ์ JAVIS B-D18 ราคา 40 บาท}$$

ระยะเวลาคืนทุน

$$= \frac{\text{เงินลงทุน}}$$

$$= \frac{\text{ผลประหยัด}}$$

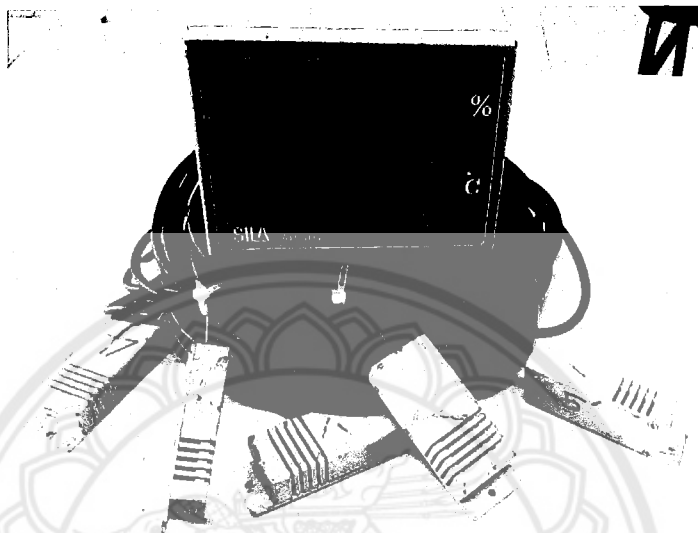
$$= \frac{40}{730}$$

$$= 0.054795 \text{ ปี หรือ ประมาณ 20 วัน}$$



เครื่องมือตรวจวัดและวิธีการใช้งาน

1. เครื่อง SILA AP-104



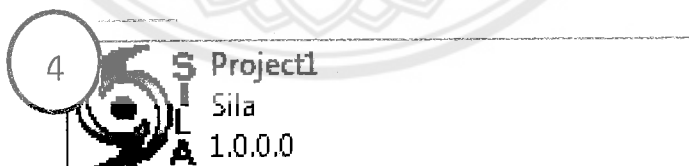
รูปที่ ข.1 เครื่อง SILA AP-104

วิธีการใช้งาน

1. ติดตั้งโปรแกรม SILA AP-104
2. เสียบปลั๊กไฟของเครื่อง SILA AP-104
3. ต่อพอร์ทของเครื่อง SILA AP-104 โดยใช้สาย RS-232 ต่อเข้ากับพอร์ทของเครื่อง

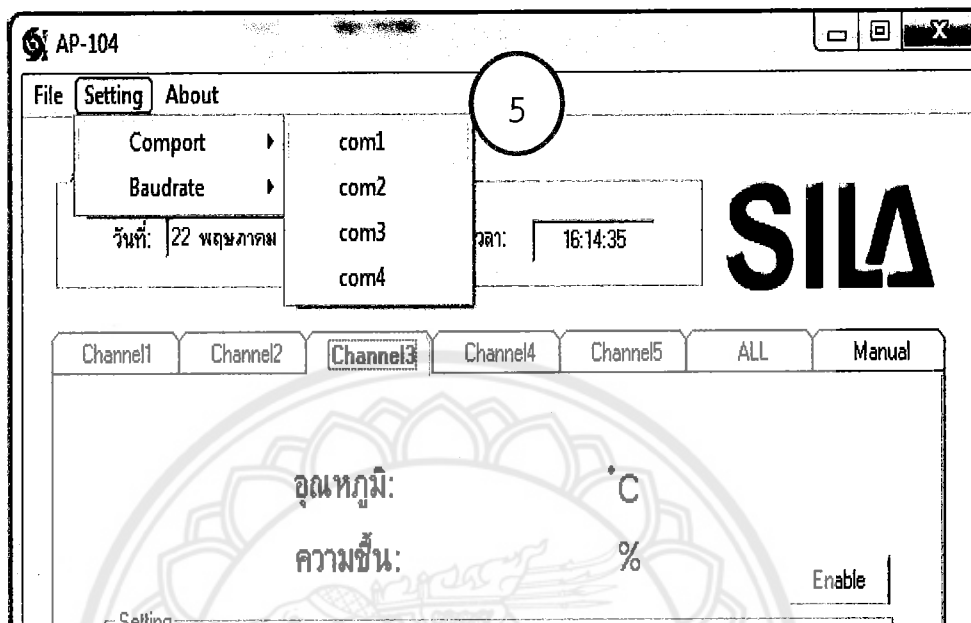
คอมพิวเตอร์

4. เปิดโปรแกรม SILA AP-104



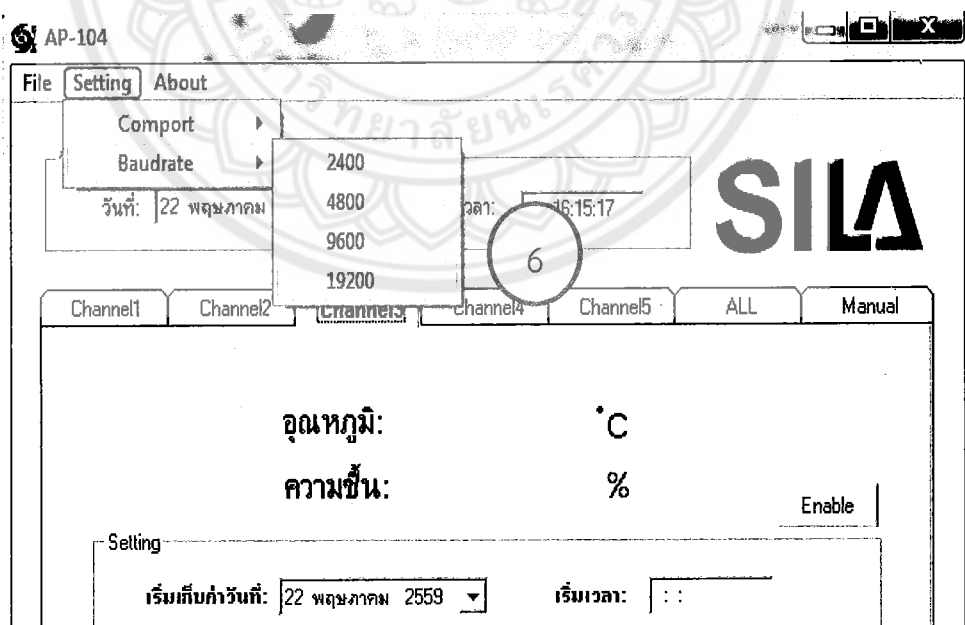
รูปที่ ข.2 โปรแกรม SILA AP-104

5. ตั้งค่าโปรแกรม กด Setting แล้วเลือก Comport เลือก com1



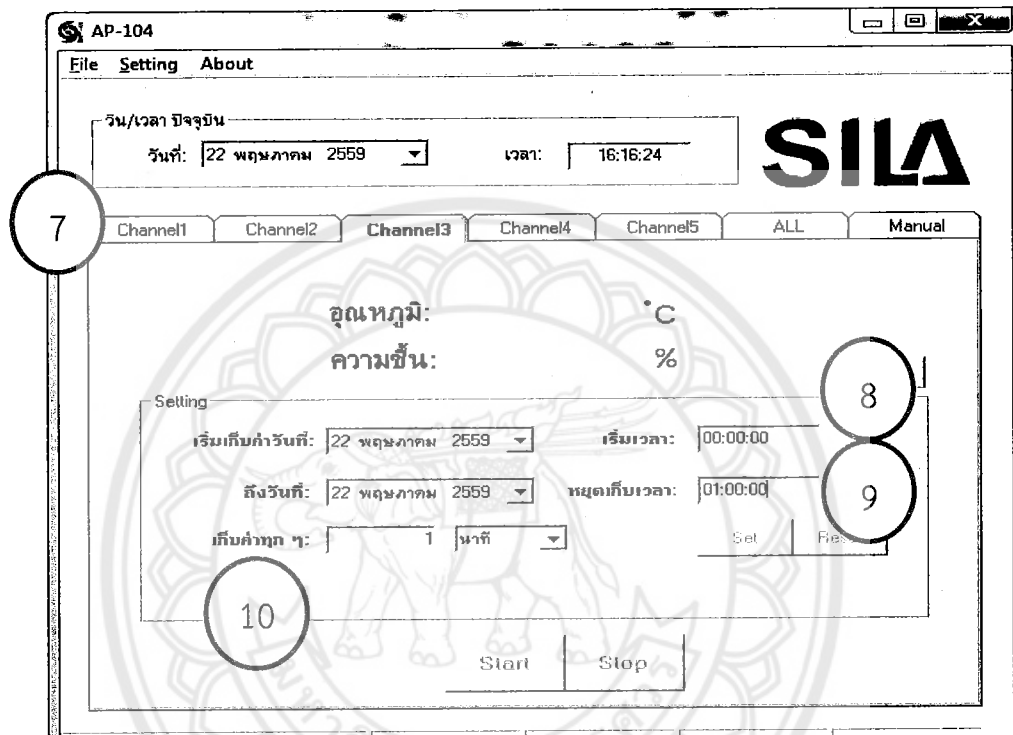
รูปที่ ข.3 การเลือก Comport

6. ตั้งค่าโปรแกรม กด Setting แล้วเลือก Baudrate เลือก 19200



รูปที่ ข.4 การเลือก Baudrate

7. ตั้งค่า Channel 1 ถึง channel 5
8. ตั้งค่าวันที่ และเริ่มเวลา ที่ต้องการจะบันทึกค่า เวลาตัวอย่าง 00:00:00
9. ตั้งค่าวันที่ และหยุดเก็บเวลา ที่ต้องการจะบันทึกค่า เวลาตัวอย่าง 01:00:00
10. กำหนดช่วงเวลา que เลือกเก็บข้อมูล



รูปที่ ข.5 การกำหนดช่วงเวลา

11. กด Enable
12. กด set
13. กด start เพื่อเริ่มการทำงาน

AP-104

File Setting About

วัน/เวลา ปัจจุบัน
วันที่: 22 พฤษภาคม 2559 เวลา: 16:34:39

SILA

Channel1 Channel2 Channel3 Channel4 Channel5 ALL Manual

อุณหภูมิ: 28.0 °C
ความชื้น: 52 % Enable 11

Setting

เริ่มเก็บค่าวันที่: 22 พฤษภาคม 2559 เริ่มเวลา: 00:00:00
ถึงวันที่: 22 พฤษภาคม 2559 หยุดเก็บ: 01:00:00
เก็บค่าทุก ๆ: 1 นาที 12 Set Reset

13 Start Stop

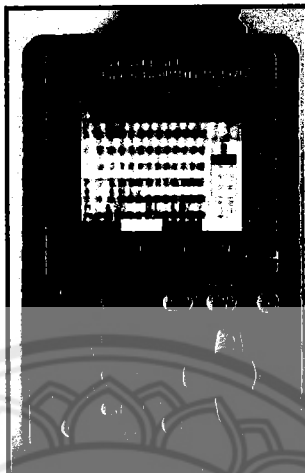
รูปที่ ข.6 การ set ค่าเพื่อนบันทึก

14. ข้อมูลที่ได้จะเป็นไฟล์ Text. มีชื่อตามที่ Channel ที่ทำงานจัดเก็บไว้ในไดร์ฟ C:

Computer	channel1	18/5/2559 23:33	Text Document
Win7x64 (C:)	channel2	18/5/2559 23:33	Text Document
Local Disk (D:)	channel3	18/5/2559 23:33	Text Document
	channel4	18/5/2559 23:33	Text Document
	channel5	18/5/2559 21:46	Text Document

รูปที่ ข.7 ตำแหน่งที่จัดเก็บข้อมูล

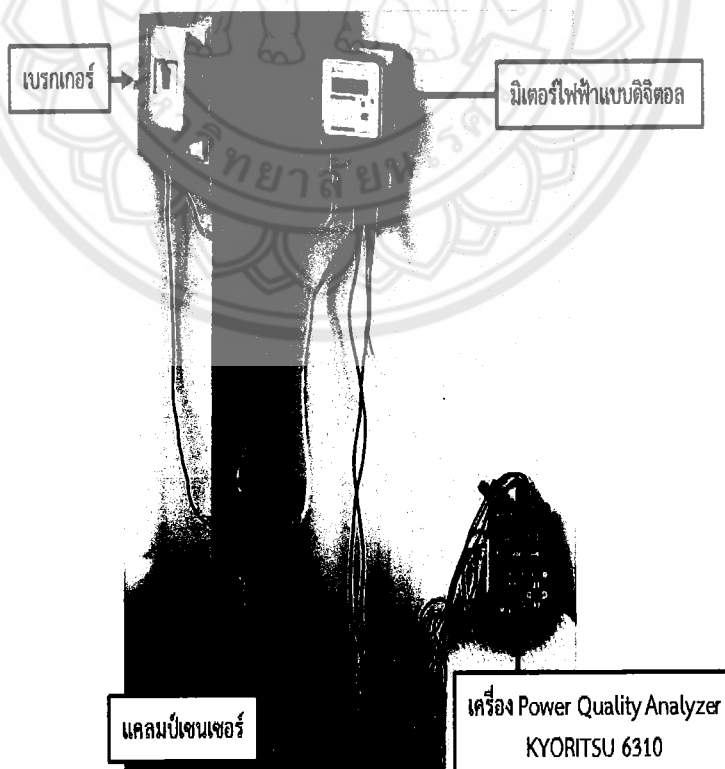
2. เครื่อง Power Quality Analyzer KYORITSU 6310



รูปที่ ข.8 เครื่อง Power Quality Analyzer KYORITSU 6310

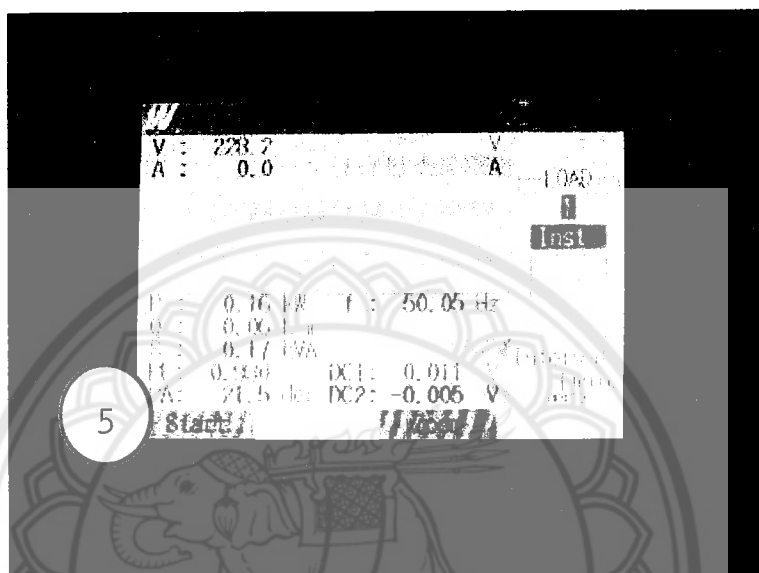
วิธีการใช้งาน

1. ต่อดวงจรเข้ากับมิเตอร์ไฟฟ้า



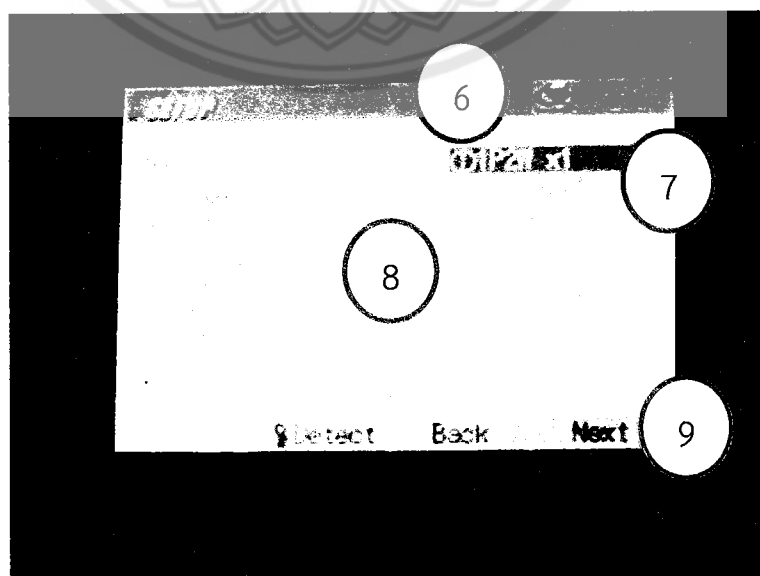
รูปที่ ข.9 การติดตั้งเครื่อง Power Quality Analyzer KYORITSU 6310

2. เสียบปลั๊กไฟของเครื่อง Power Quality Analyzer KYORITSU 6310
3. เปิดเครื่อง Power Quality Analyzer KYORITSU 6310
4. ตั้งค่าโปรแกรมในเครื่อง Power Quality Analyzer KYORITSU 6310
5. กด Start



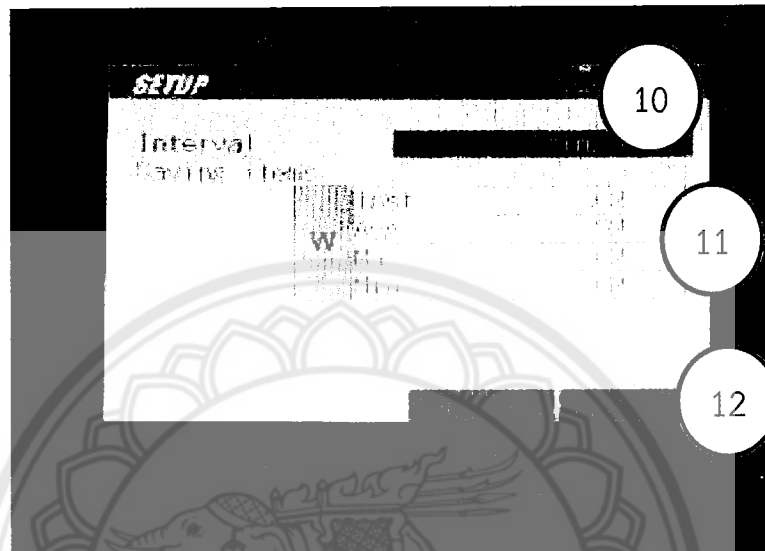
รูปที่ ข.10 เริ่มการตั้งค่า

6. เลือกระบบไฟฟ้า 1 เฟส
7. เลือกแรงดันไฟฟ้าค่าที่สูงที่สุด 300 V
8. ดูตัวเลขแคลมป์มิเตอร์ว่าตรงกับที่เลือกไว้หรือไม่
9. กด Next



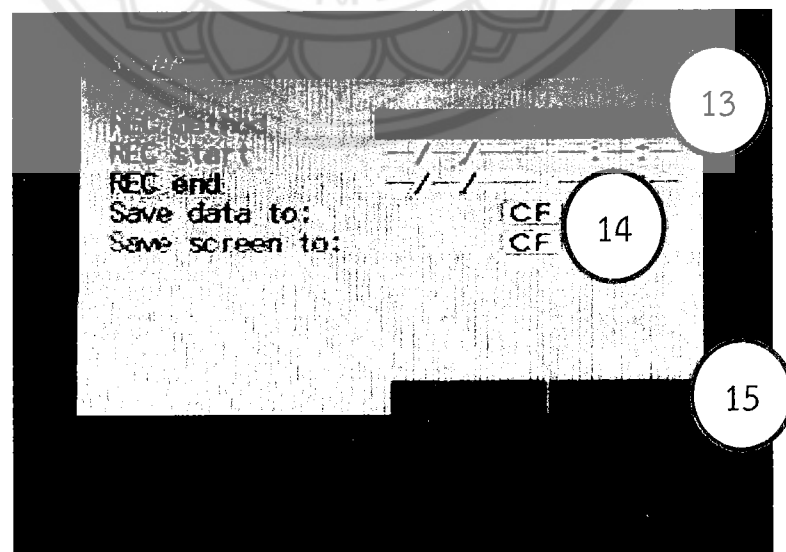
รูปที่ ข.11 การเลือกระบบไฟฟ้า

10. ตั้งค่าการบันทึกค่า กด Interval แล้วเลือก 1 min
11. ตั้งค่าเลือกค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้า โดยเลือกเป็นค่า Average
12. กด Next



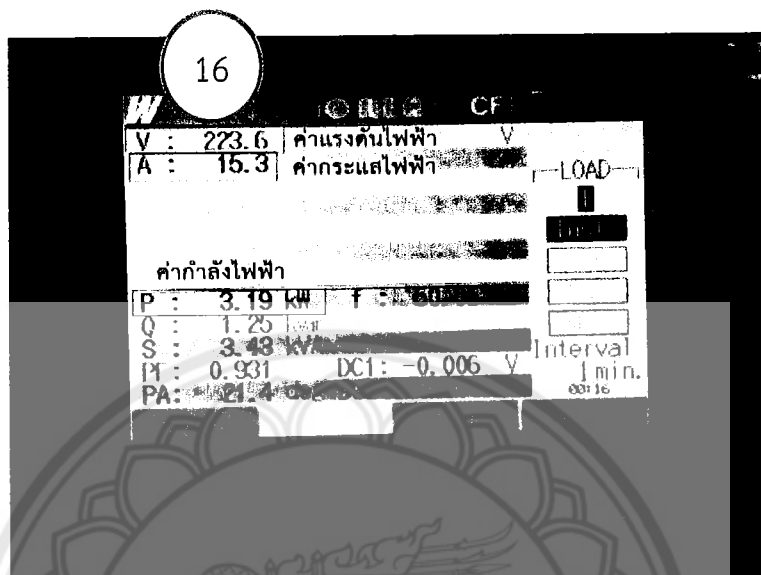
รูปที่ ข.12 เลือกการจับเวลา

13. ตั้งค่าเวลาที่ต้องการจะบันทึกค่า โดยเลือก Manual เพราะเป็นการป้องกันเครื่อง error แล้วมาเลือกเวลาที่หลัง โดยต้องตั้งค่าก่อนการทดลองครั้ง
14. เลือกการบันทึกข้อมูลไว้ที่ CF card
15. กด Complete



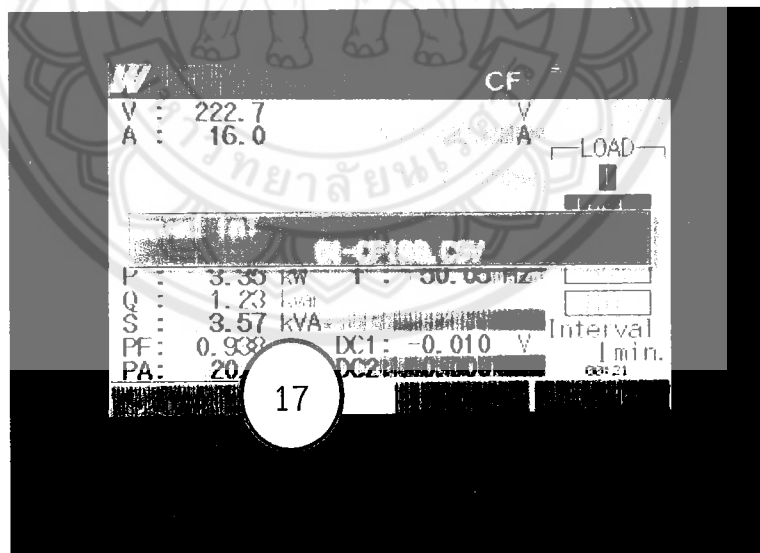
รูปที่ ข.13 เลือกการจัดเก็บ

16. เครื่อง Power Quality Analyzer KYORITSU 6310 ทำการบันทึกข้อมูลจะต้องสังเกตว่ามีตัวอักษร REC ขึ้นที่หน้าจอ



รูปที่ ข.14 การบันทึกข้อมูล

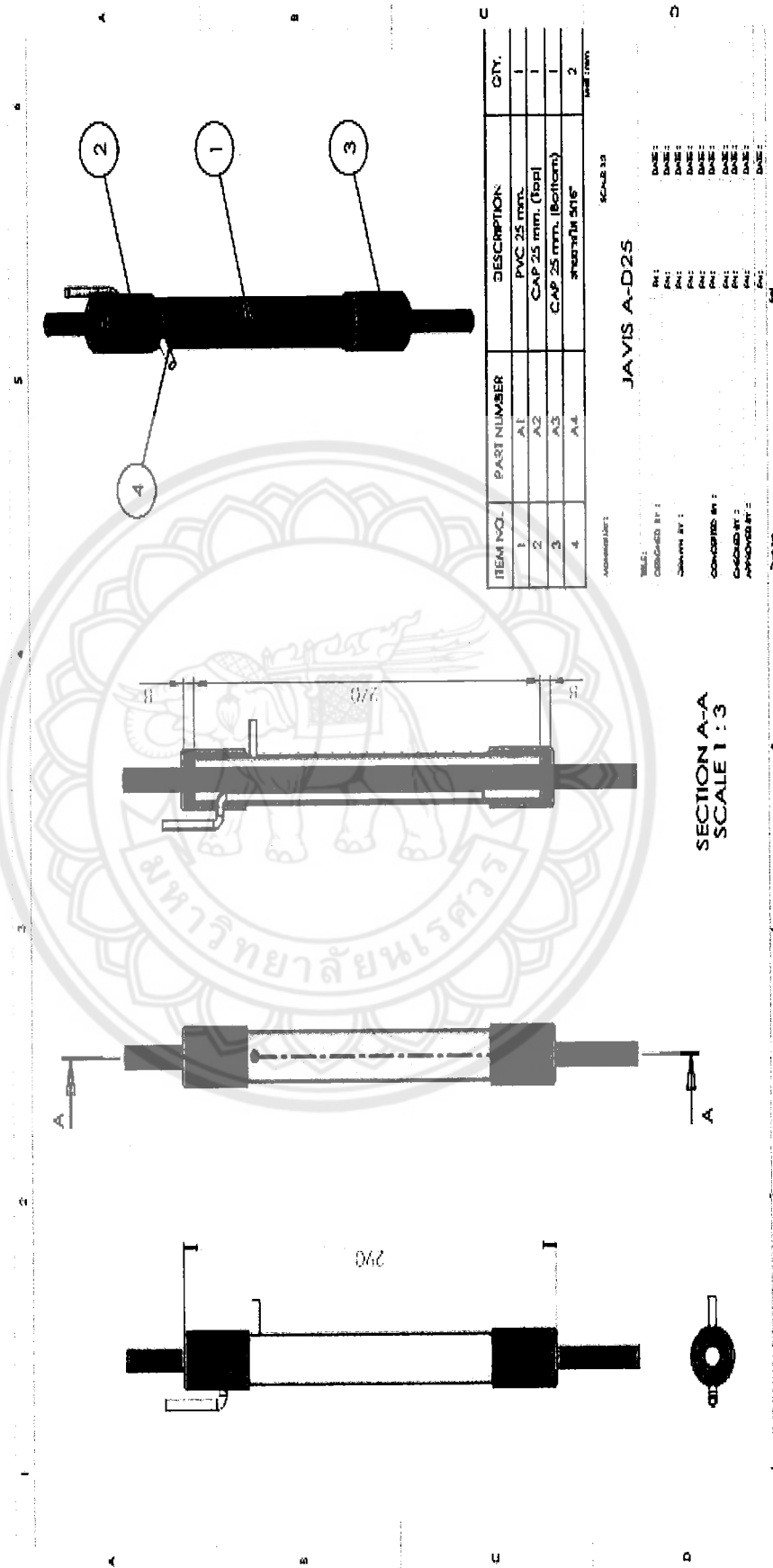
17. หยุดการบันทึกและจะบอกว่าชื่อไฟล์ข้อมูลที่บันทึกไว้



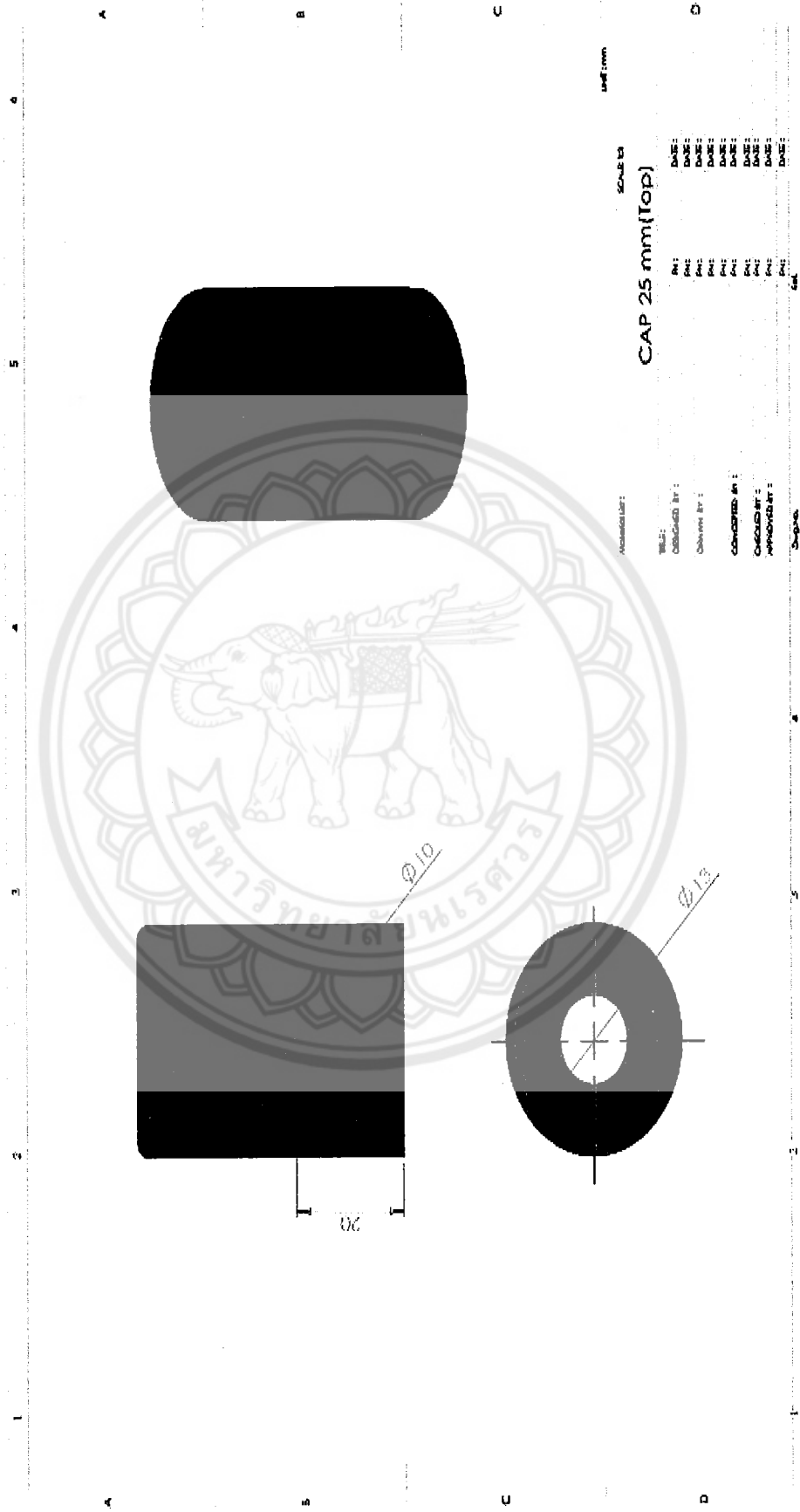
รูปที่ ข.15 หยุดการบันทึกข้อมูล



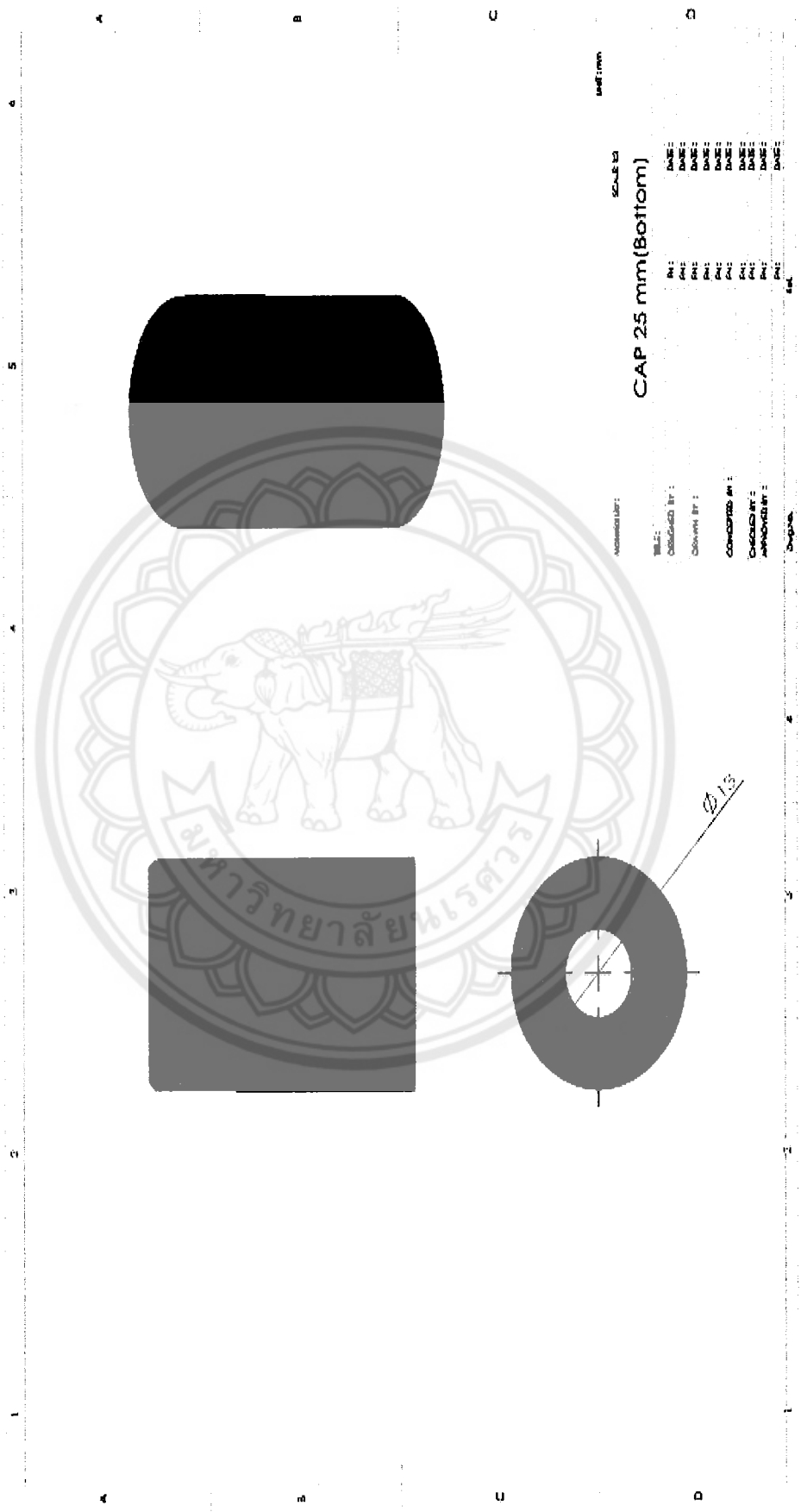
1. การออกแบบอุปกรณ์
 1.1 อุปกรณ์เก็บน้ำกลั่นตัว JAVIS A-D25



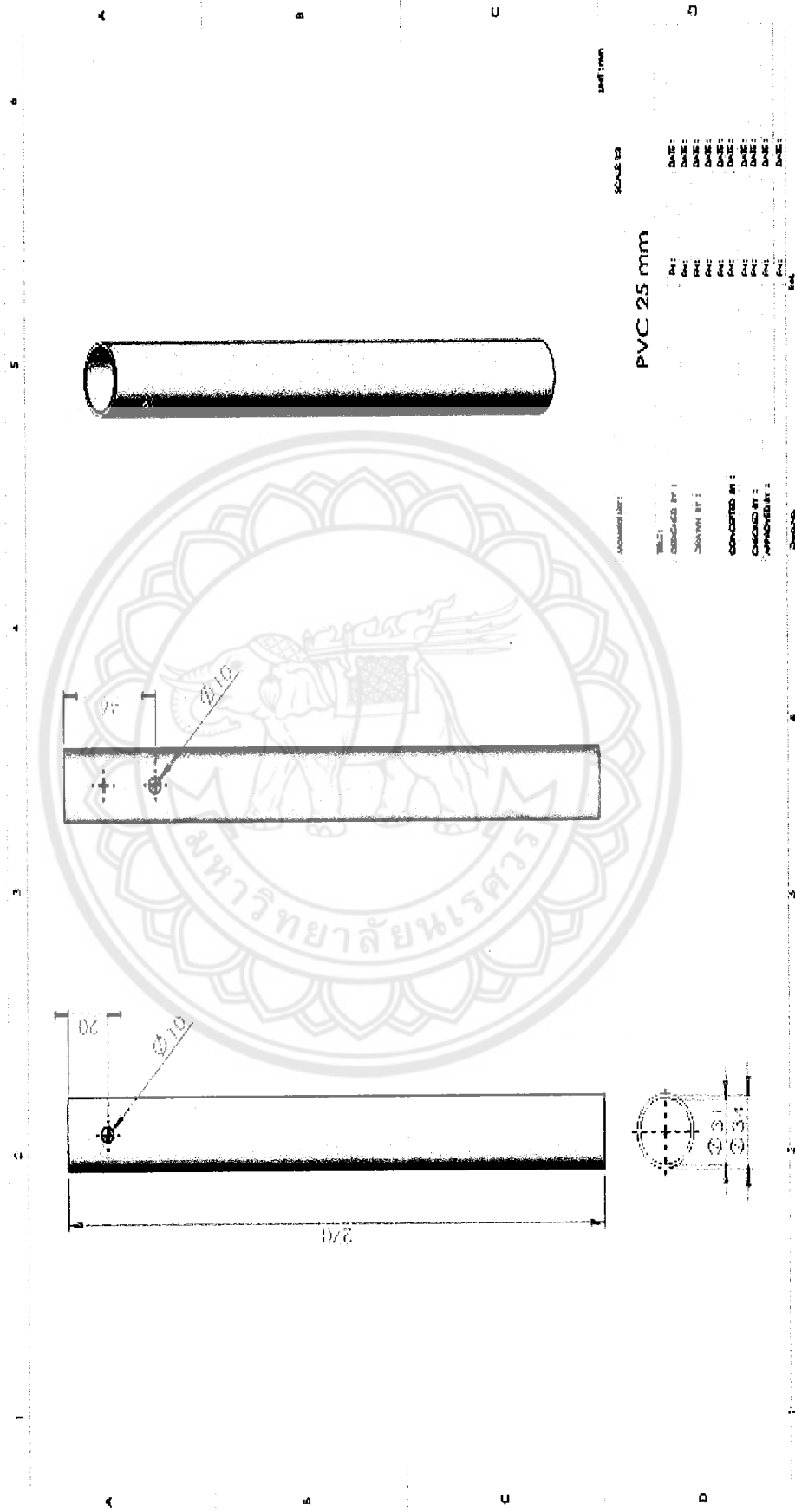
รูปที่ ค.1 อุปกรณ์เก็บน้ำกลั่นตัว JAVIS A-D25



รูปที่ ค.2 CAP ขนาด 25 mm. (ด้านบน)



รูปที่ ค.3 CAP ขนาด 25 mm. (ด้านล่าง)



SCALE: 1:1

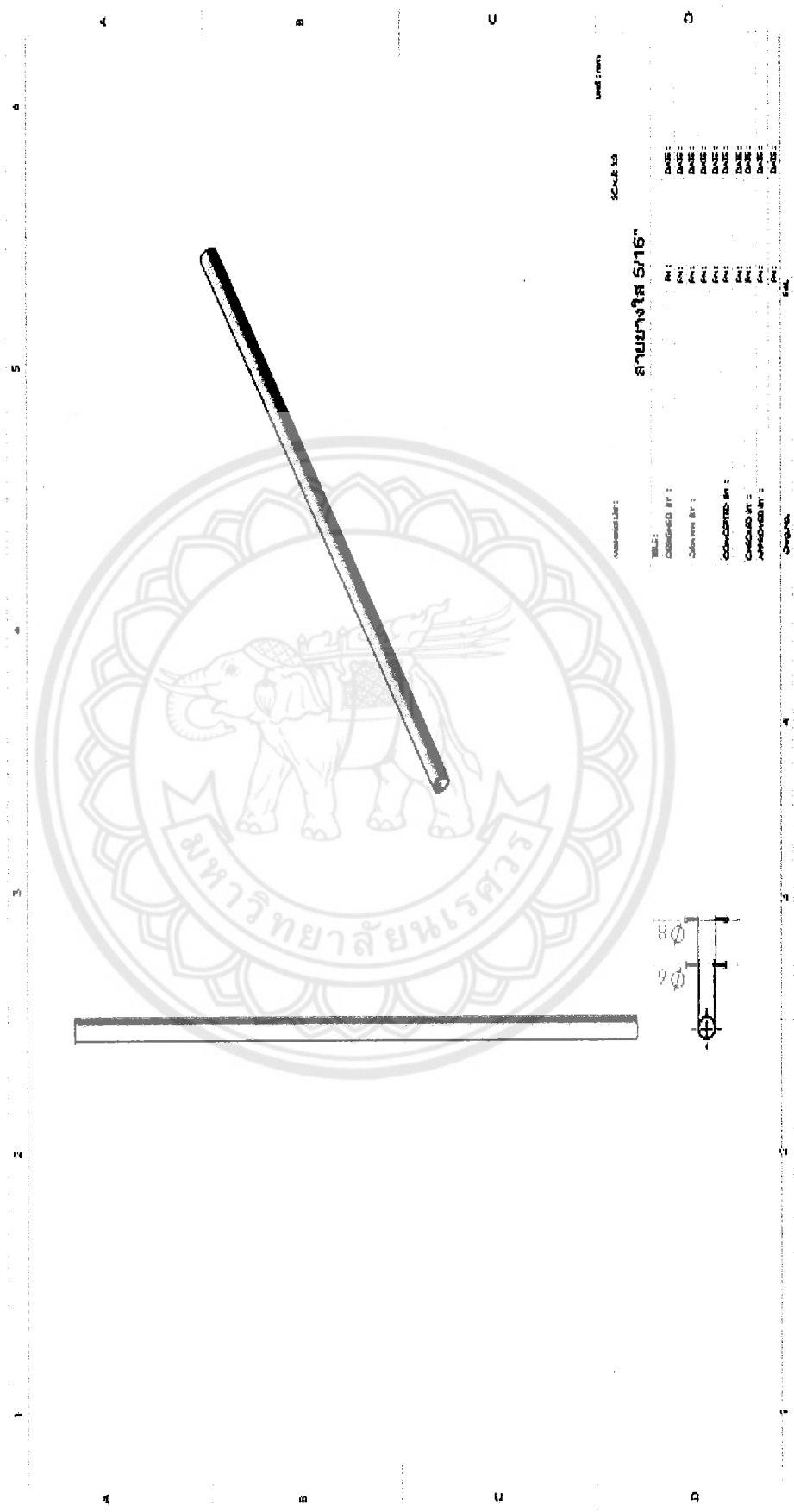
PVC 25 mm

NO.	DATE	SCALE
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

APPROVED BY: _____

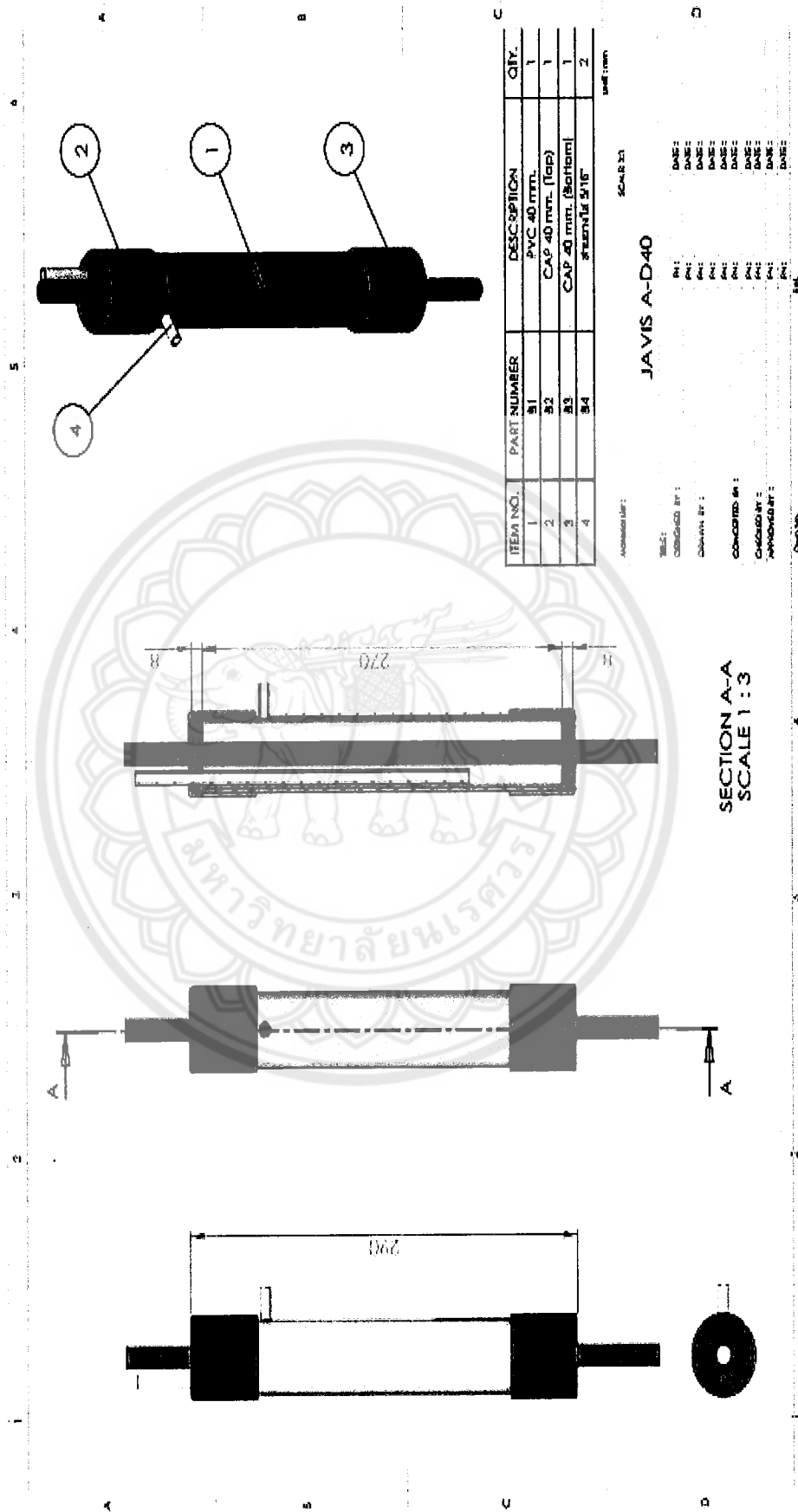
DATE: _____

รูปที่ ค.4 PVC ขนาด 25 มม.

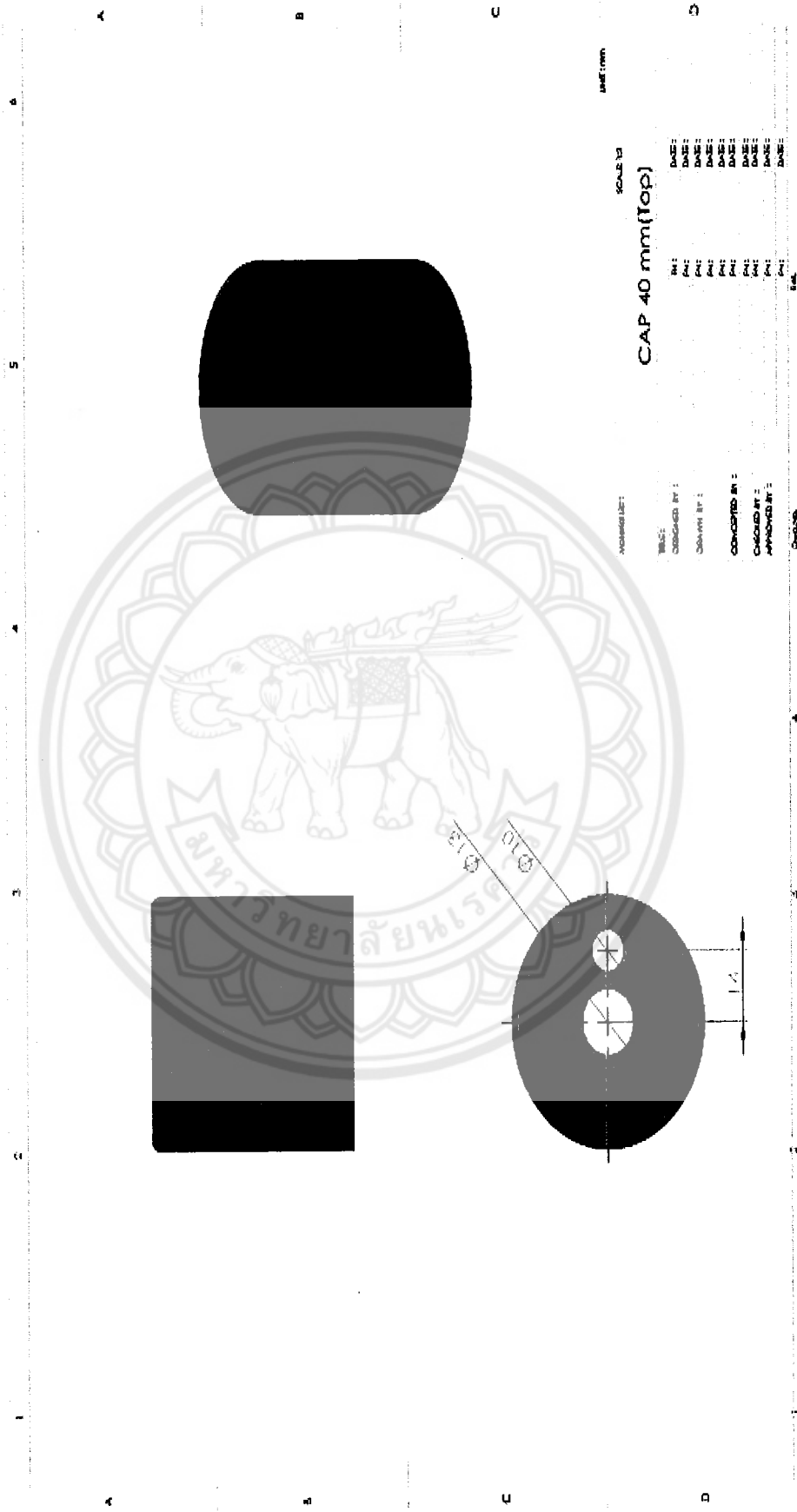


รูปที่ ค.5 สายนางใส ขนาด 5/16 in

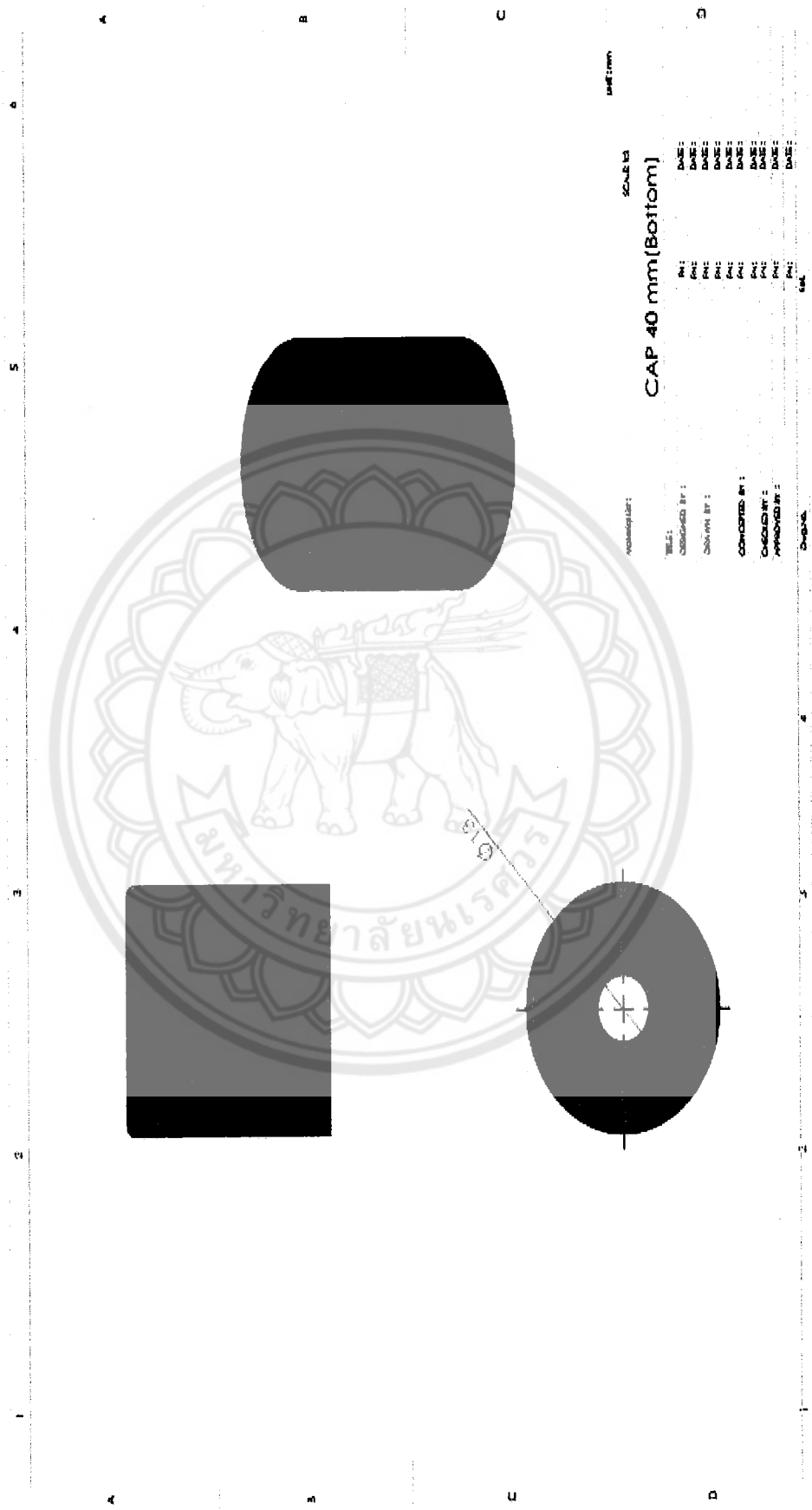
1.2 อุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว JAVIS A-D40



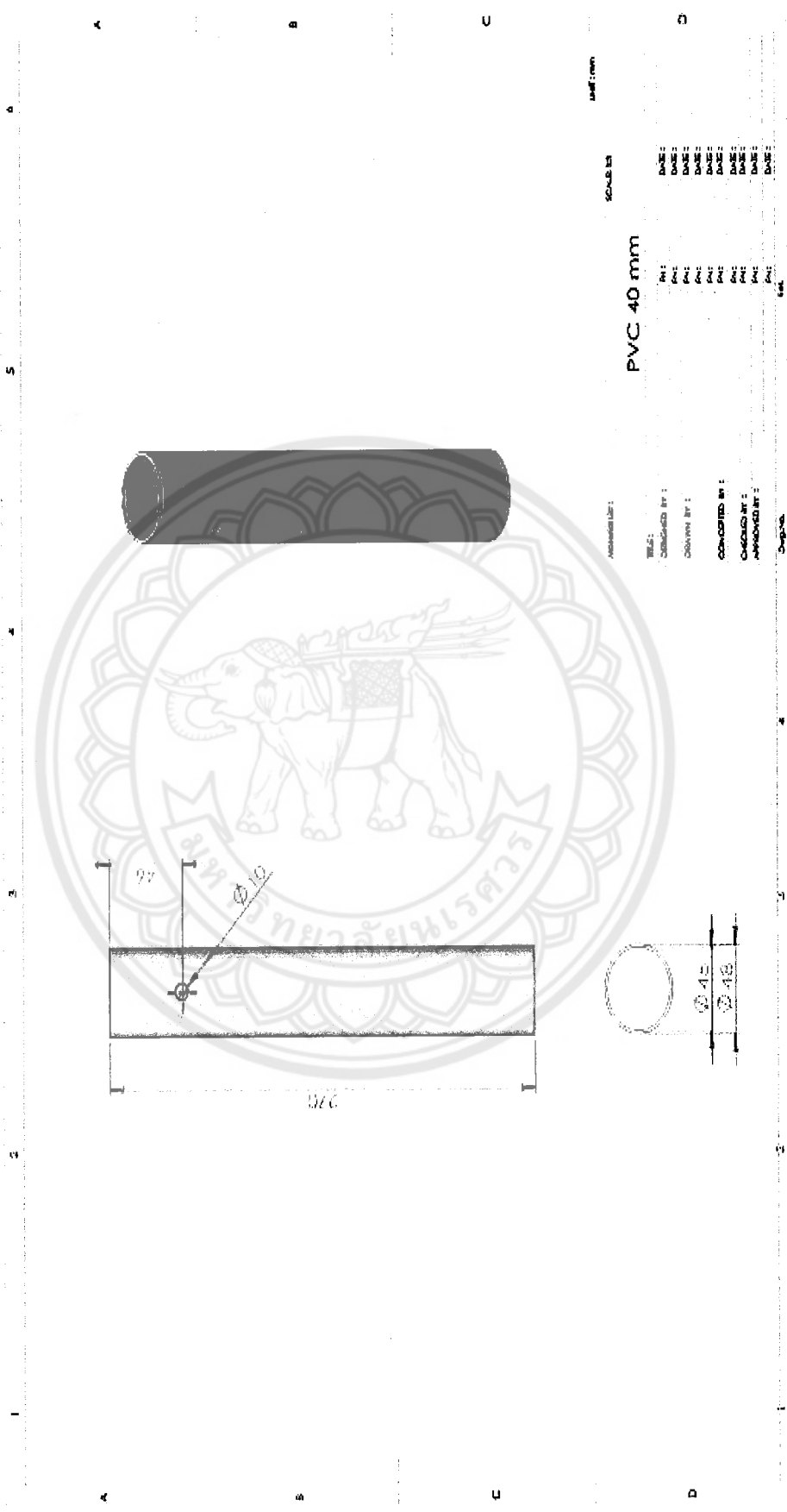
รูปที่ ค.6 อุปกรณ์กักเก็บน้ำกลั่นตัว JAVIS A-D40



รูปที่ ค.7 CAP ขนาด 40 mm. (ด้านบน)



รูปที่ ค.8 CAP ขนาด 40 มม. (ด้านล่าง)



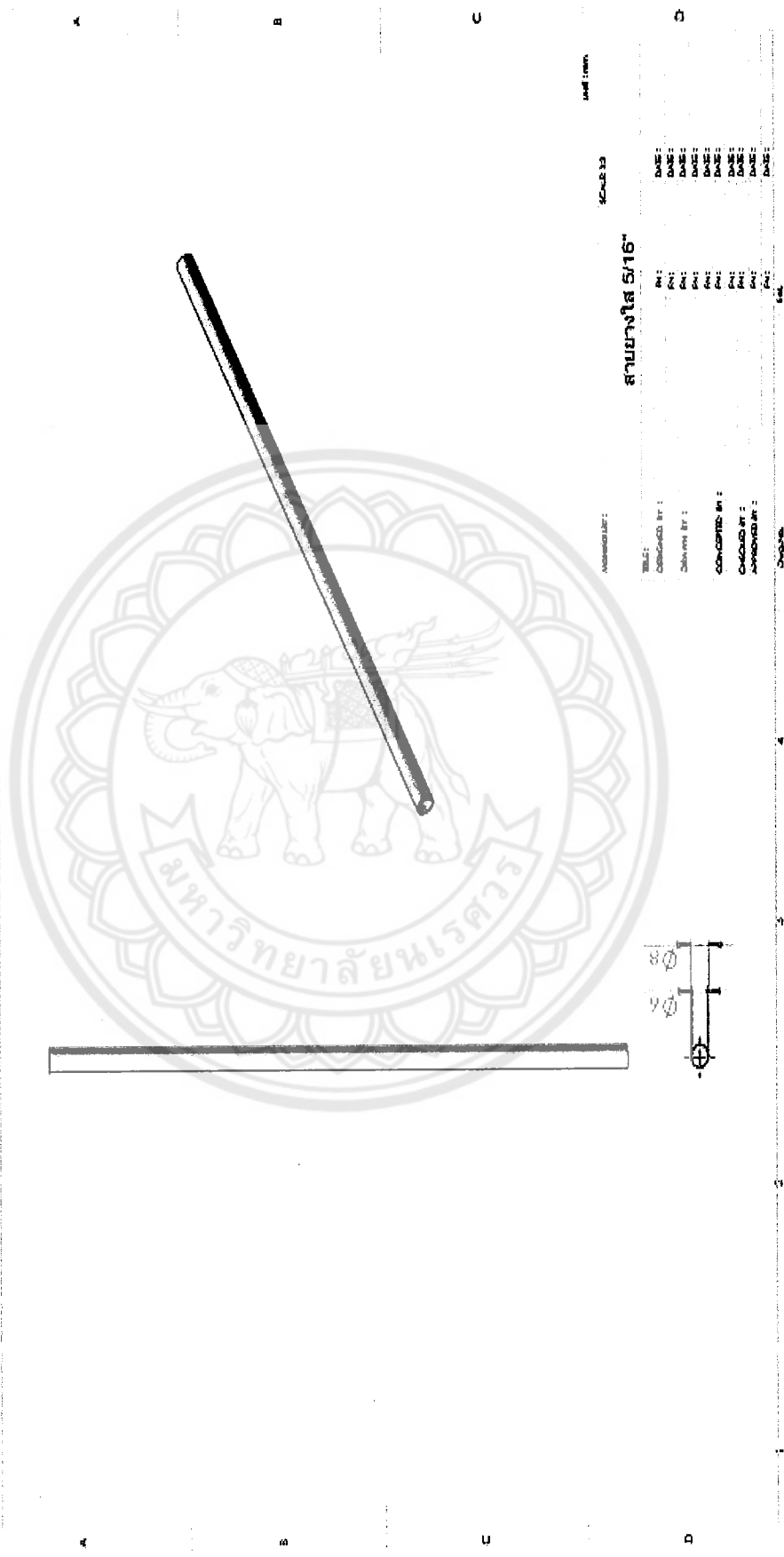
Approval List:

ROLE	NAME	DATE
DESIGNED BY :	PAI	DATE
CHECKED BY :	PAI	DATE
CONVERTED BY :	PAI	DATE
APPROVED BY :	PAI	DATE

Scale: 1:1

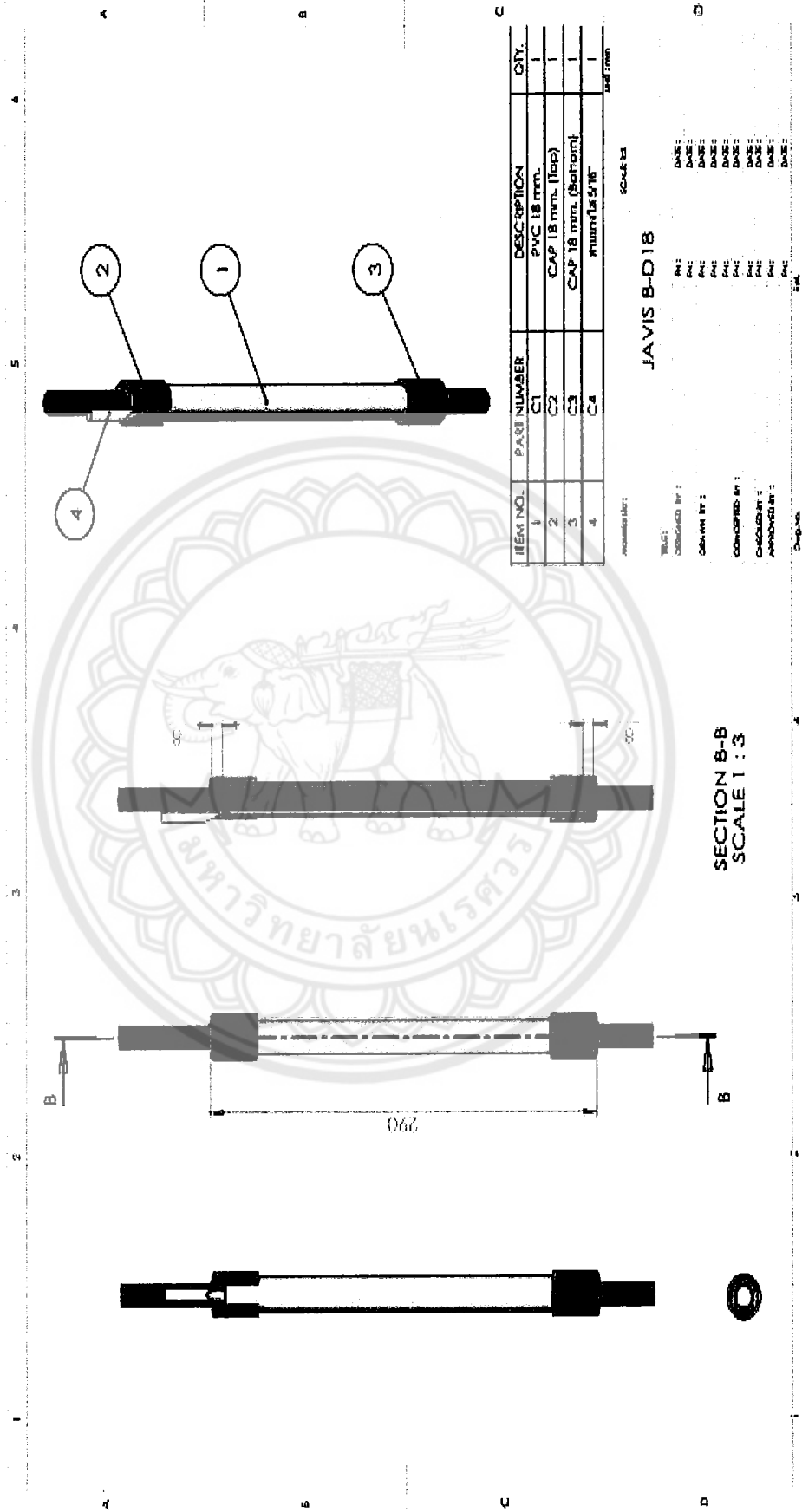
Material: PVC 40 mm

รูปที่ ค.9 PVC ขนาด 40 mm.

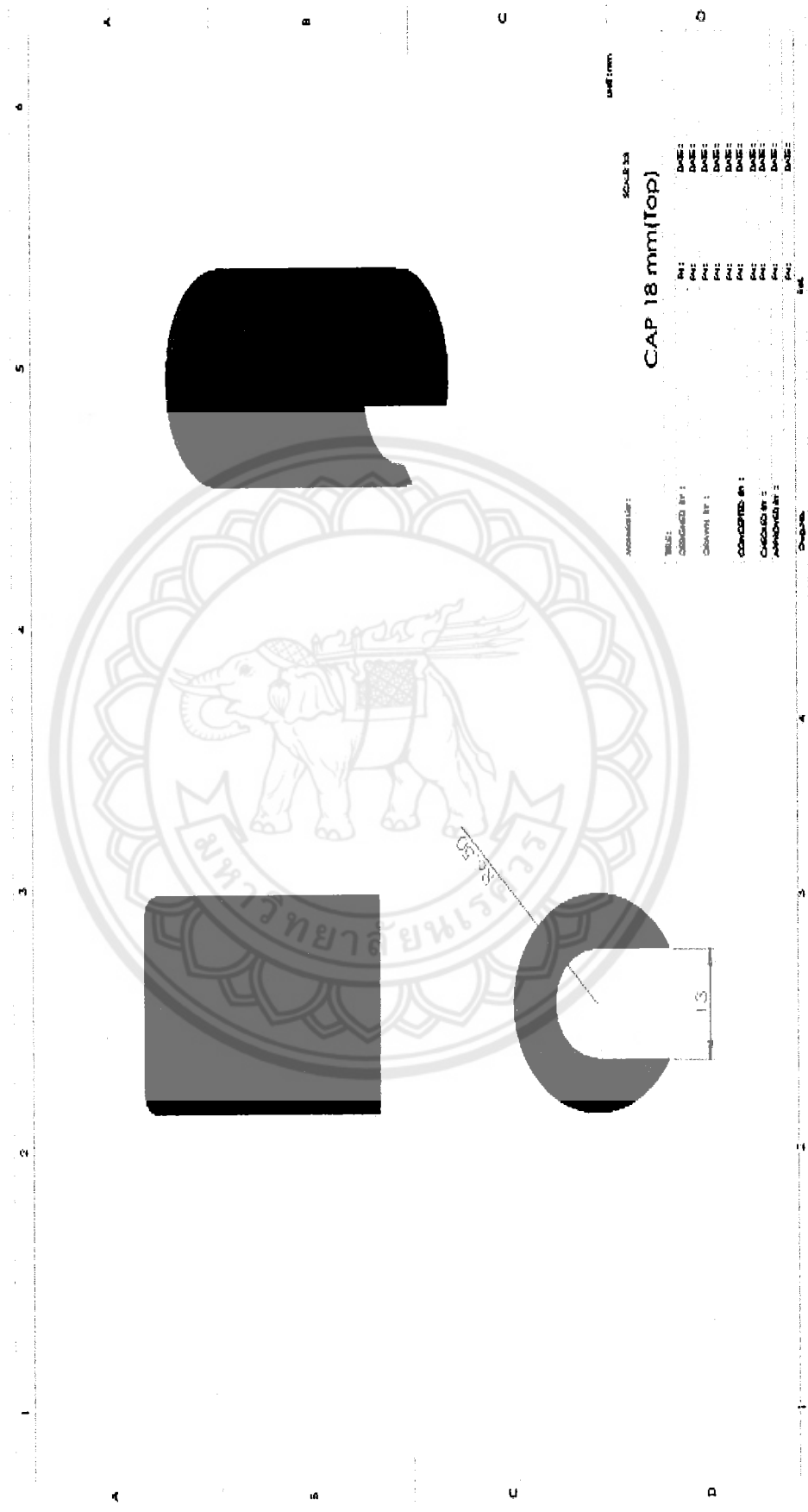


รูปที่ ค.10 สายยางใส ขนาด 5/16 in

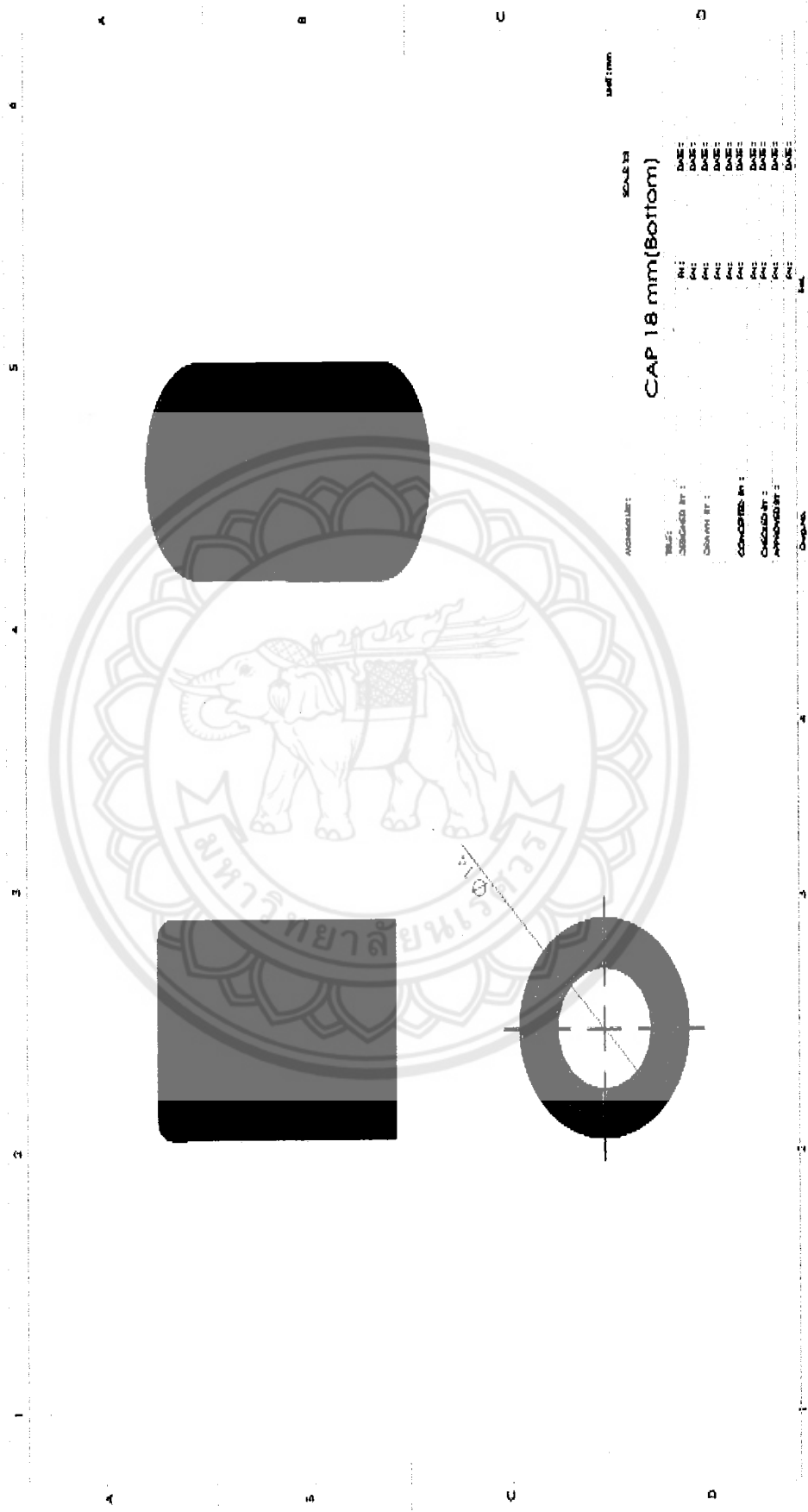
1.3 อุปกรณ์ปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน JAVIS B-D18



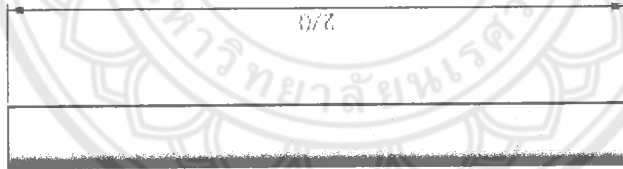
รูปที่ ค.11 อุปกรณ์ปล่อยน้ำกลั่นตัวไหลผ่าน JAVIS B-D18



รูปที่ ค.12 CAP ขนาด 18 มม. (ด้านบน)



รูปที่ ค.13 CAP ขนาด 18 มม. (ด้านล่าง)



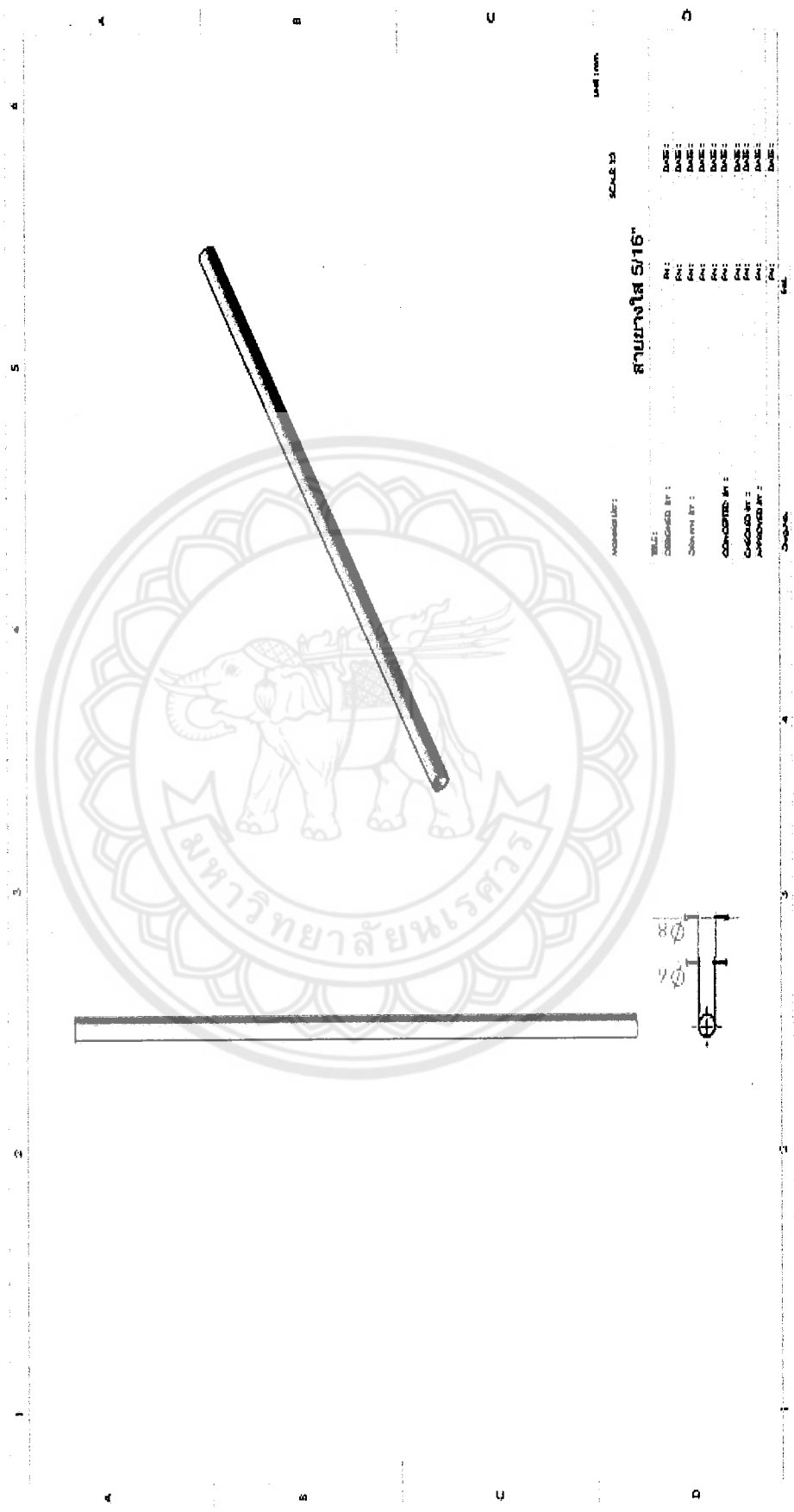
PVC 18 mm

ขนาด 18

ขนาด 18

REVISIONS		DATE	
NO.	DESCRIPTION	BY	DATE
1	ISSUED	PAC	DATE
2	DESIGNED BY :	PAC	DATE
3	CHECKED BY :	PAC	DATE
4	APPROVED BY :	PAC	DATE
5		PAC	DATE
6		PAC	DATE
7		PAC	DATE
8		PAC	DATE
9		PAC	DATE
10		PAC	DATE

รูปที่ ค.14 PVC ขนาด 18 มม.



รูปที่ ค.15 สายนางใส ขนาด 5/16 in

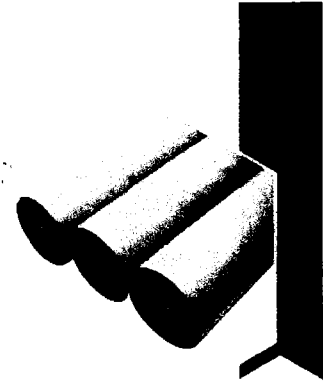
2. การเลือกอุปกรณ์ในการออกแบบ

2.1 ท่อ PVC

ท่อพีวีซีสำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรมแบบปลายเรียบ PVC PLAIN-END PIPE FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS

ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ มอก.999-2533 มีสีเทา สำหรับใช้เป็นท่อในงานอุตสาหกรรม ท่อระบายน้ำทิ้งและสิ่งปฏิกูล ฯลฯ

Conforming to TIS.999-2533 "Standard for Unplasticized Polyvinyl Chloride Pipes for Industrial Use". In dark admiralty grey color. For application in Industrial use, drainage, sewerage, and etc.



รูปที่ ค.16 ท่อพีวีซีสำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรมแบบปลายเรียบ

ตารางที่ ค.17 ขนาดท่อพีวีซีที่เลือกใช้ในการออกแบบ

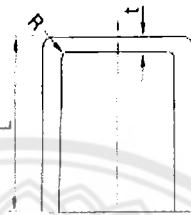
Manual Pipe						UNIT : mm
ชื่อขนาด มม.(นิ้ว) NOMINAL SIZE mm. (In.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอกเฉลี่ย (O.D.)	ความหนา (THICKNESS)			ความยาวต่อท่อ (LENGTH)	
		PVC 5	PVC 8.5	PVC 13.5		
18 (1/2")	22 ± 0.15	-	2.0 ± 0.20	2.5 ± 0.20	4,000 + 30 - 0	
20 (3/4")	26 ± 0.15	-	2.0 ± 0.20	2.5 ± 0.20		
25 (1")	34 ± 0.15	-	2.0 ± 0.20	3.0 ± 0.25		
35 (1 1/4")	42 ± 0.15	1.5 ± 0.15	2.0 ± 0.20	3.1 ± 0.25		
40 (1 1/2")	48 ± 0.15	1.5 ± 0.15	2.3 ± 0.20	3.5 ± 0.25		
55 (2")	60 ± 0.15	1.8 ± 0.20	2.9 ± 0.25	4.3 ± 0.30		
65 (2 1/2")	76 ± 0.20	2.2 ± 0.20	3.5 ± 0.25	5.4 ± 0.35		
80 (3")	89 ± 0.20	2.5 ± 0.20	4.1 ± 0.30	6.4 ± 0.40		
100 (4")	114 ± 0.30	3.2 ± 0.25	5.2 ± 0.35	8.1 ± 0.50		
125 (5")	140 ± 0.30	3.9 ± 0.30	6.4 ± 0.40	9.9 ± 0.55		
150 (6")	165 ± 0.40	4.6 ± 0.30	7.6 ± 0.45	11.7 ± 0.65		
200 (8")	216 ± 0.50	5.4 ± 0.35	8.8 ± 0.50	13.7 ± 0.75		
250 (10")	267 ± 0.70	6.6 ± 0.40	10.9 ± 0.60	16.9 ± 0.90		
300 (12")	318 ± 0.80	7.8 ± 0.45	12.9 ± 0.70	20.1 ± 1.05		
350 (14")	370 ± 0.90	9.1 ± 0.55	15.0 ± 0.80	23.4 ± 1.20		
400 (16")	420 ± 1.10	10.3 ± 0.60	17.0 ± 0.90	26.5 ± 1.35		

หมายเหตุ : 1. ตัวเลขที่ระบุบนคู่มือภาพคือ PVC 5, PVC 8.5 และ PVC 13.5 เป็นแรงดันใช้งาน (Working Pressure) หมายถึงแรงดันสูงสุดที่กำหนดให้สำหรับใช้งานได้ ติดต่อกันเป็นเวลานาน ที่อุณหภูมิ 27°C มีหน่วยเป็นกิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร (kgf/cm²)

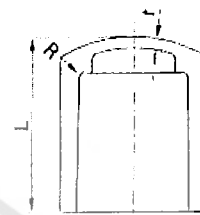
2.2 ฝาครอบ (CAP)

ตารางที่ ค.18 ขนาดฝาครอบที่เลือกใช้ในการออกแบบ

UNIT : mm			
ขนาด มม.(นิ้ว) NOMINAL SIZE mm. (in.)	L	R	t(mm)
18 (1/2")	33.0	1.0	2.9
20 (3/4")	38.0	1.0	2.9
25 (1")	44.0	1.0	3.4
35 (1 1/4")	50.0	2.0	3.6
40 (1 1/2")	59.5	2.0	4.1
55 (2")	68.0	2.0	5.0
65 (2 1/2")	90.0	3.0	6.3
80 (3")	105.0	3.0	7.5
100 (4")	138.0	3.0	9.5
△ 125 (5")	172.0	3.0	11.7
△ 150 (6")	205.0	3.0	12.5



ขนาด 18-55 มม.
SIZE 18-55 mm



ขนาด 65-150 มม.
SIZE 65-150 mm

- หมายเหตุ 1. เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน (tolerance) ของ L = ± 0.5 มม.
2. △ เป็นอุปกรณ์จากต่างประเทศ

2.3 สายยางใส

ตารางที่ ค.19 ขนาดสายยางใสที่เลือกใช้ในการออกแบบ

ขนาด NOMINAL SIZE (in. x LENGTH (M.))	น้ำหนัก/ชด WEIGHT/ROLL (Kg.)	t (mm.)	(I.D.) (mm.)
1/8" X 100 M.	2	1.0 ± 0.1	3.1 ± 0.4
5/32" X 100 M.	2	1.0 ± 0.1	4.0 ± 0.1
3/16" X 100 M.	2	1.1 ± 0.2	4.7 ± 0.4
	6	2.2 ± 0.3	4.7 ± 0.4
1/4" X 100 M.	3	1.1 ± 0.2	6.4 ± 0.5
	8	2.5 ± 0.3	6.4 ± 0.5
	18	4.3 ± 0.4	6.4 ± 0.5
	24	5.5 ± 0.4	6.4 ± 0.5
5/16" X 100 M.	4	1.2 ± 0.2	8.0 ± 0.5
	10	2.2 ± 0.3	8.0 ± 0.5
	18	3.7 ± 0.4	8.0 ± 0.5
3/8" X 100 M.	5	1.2 ± 0.2	9.5 ± 0.5
	12	2.6 ± 0.3	9.5 ± 0.5
	20	3.7 ± 0.4	9.5 ± 0.5