การศึกษาความเหมาะสมของการใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

นายธนินท์รัฐ วิทยาไกรสิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

FEASIBILITY STUDY OF USING ABSORPTION AIR CONDITIONING SYSTEM IN PETROCHEMICAL INDUSTRY

Mr. Taninrat Vittayakaisin

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Mechanical Engineering

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาความเหมาะสมของการใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
โดย	นายธนินท์รัฐ วิทยาไกรสิน
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.จิตติน แตงเที่ยง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ธร จรัญญากรณ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.จิตติน แตงเที่ยง)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ตุลย์ มณีวัฒนา)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ทวี เวชพฤติ)

ธนินท์รัฐ วิทยาไกรสิน : การศึกษาความเหมาะสมของการใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี (FEASIBILITY STUDY OF USING ABSORPTION AIR CONDITIONING SYSTEM IN PETROCHEMICAL INDUSTRY) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รองศาสตราจารย์ ดร. จิตติน แตงเที่ยง, 260 หน้า

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาของความเหมาะสมและหาผลการประหยัดพลังงานในการปรับเปลี่ยนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) มาเป็นระบบทำความเย็นแบบดูดซึม (Absorption Chiller) โดยการทดลองตรวจวัดและเก็บข้อมูล จำนวนห้องที่ทำการตรวจวัดก่อนและหลังปรับปรุงระบบมี 3 ห้อง ระบบที่ทำการตรวจวัดก่อนปรับปรุงเป็นระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยใช้เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit, AHU) ระบายความร้อนด้วยอากาศขนาดพิกัดทำความเย็นรวม 199.8 ตันความเย็น ส่วนระบบหลังปรับปรุงคือระบบทำความเย็นแบบดูดซึมขนาดพิกัดทำความเย็น 270 ตันความเย็น 1 ชุด ที่ใช้ไอน้ำเหลือทิ้งและเครื่องส่งลมเย็นห้องละ 1 เครื่อง โดยที่การทดลองจะทำการตั้งอุณหภูมิห้องปรับอากาศก่อนและหลังปรับปรุงเท่ากัน

ผลจากการศึกษาพบว่าข้อมูลของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนขาออกและอัตราการไหลของไอน้ำร้อนมีการเปลี่ยนแปลงมีลักษณะเป็นฟังก์ชั่นไซน์และค่าอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจะแปรผันตามอัตราการไหลของไอน้ำร้อน ในส่วนของอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าและอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนขาเข้ามีค่าค่อนข้างนิ่ง เมื่อทำการวิเคราะห์ทางด้านพลังงานพบว่าอัตราการทำความเย็น อัตราความร้อนที่ถูกระบายออกและอัตราความร้อนที่ใช้ในการทำงานของระบบจากไอน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 345.79 kW หรือ 98.24 TR, 988.04 kW, 572.88 kW ตามลำดับ สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.64

เมื่อวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าเมื่อทำการปรับเปลี่ยนระบบมาเป็นระบบเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมสามารถประหยัดพลังงานทางไฟฟ้าได้ประมาณครึ่งหนึ่งต่อปีหรือมากกว่าทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานและยังทำให้มีการใช้พลังงานที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2555

5370255921 : MAJOR MECHANICAL ENIGINEERING

KEYWORDS : ENERGY CONSERVATION / ABSORPTION CHILLER SYSTEM / EFFICIENCY / SPLIT-TYPE SYSTEM / WASTE STEAM

TANINRAT VITTAYAKAISIN : FEASIBILITY STUDY OF USING ABSORPTION AIR CONDITIONING SYSTEM IN PETROCHEMICAL INDUSTRY. ADVISOR : ASSOC. PROF. CHITTIN TANGTHIENG, Ph.D., 260 pp.

This paper presents the feasibility and energy saving from the field measurement obtained by replacing a conventional split-type system with an absorption chiller one. The study is performed in three testing rooms. Before implementation, the split-type system consists of the air handing unit and the air-cooled condenser with the total cooling capacity of 199.8 TR. After implementation, the absorption chiller drived by the waste steam is utilized with the total capacity of 270 TR. Each air handing unit is placed per one testing room. The setting temperatures of each testing room are equal and served as a control parameter.

The results indicate that the temperature of outlet chilled water, outlet cooling water and flow steam, appear to have sine wave characteristics. The temperature of outlet chilled water varies by the flow steam. Moreover, The temperatures of the inlet chilled water and inlet cooling water, are constant. The energy analysis shows that the cooling capacity, the heat rejection and the input heat from the steam is 345.79 kW or 98.24 TR, 988.04 kW and 572.88 kW. The coefficient of performance of the absorption chiller is 0.64

The economic analysis shows that this implementation can reduce the electric consumption by morethan 50 percent per year or more than, leading to cost saving and energy efficiency.

Department : Mechanical Engineering Student's Signature .....

Field of Study : Mechanical Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year : 2012 .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงเนื่องมาจากได้รับความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากหลายฝ่ายด้วยกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร. จิตติน แตงเที่ยง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าคอยให้ความรู้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดดีๆต่างๆ แนะนำแนวทางในการทำวิจัยและแก้ไขปัญหาต่างๆที่เป็นประโยชน์ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ รวมถึง รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์ธร จรัญญากรณ์ ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ตุลย์ มณีวัฒนา และรองศาสตราจารย์ทวี เวชพฤติ ที่ได้กรุณาร่วมให้คำปรึกษาและแนวคิดที่เป็นประโยชน์ยิ่งต่อวิทยานิพนธ์ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้เขียนขอขอบคุณ สถานประกอบการตัวอย่าง ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ให้ผู้เขียนได้เข้าไปทำการวิจัยและศึกษาหาความรู้ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ผู้ชำนาญการทุกท่านที่อำนวยความสะดวกอย่างสูงตลอดการวิจัยอีกทั้งยังถ่ายทอดประสบการณ์และความรู้ที่มีค่ายิ่งให้แก่ผู้เขียน

ผู้เขียนขอขอบคุณ หน่วยปฏิบัติการวิจัยพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องเครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัยของผู้เขียนจนสำเร็จลุล่วง และขอขอบคุณสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงานในการสนับสนุนเรื่องทุนวิจัย

นอกจากนี้ผู้เขียนขอขอบคุณคุณอภิสิทธิ์ บุญเกิด คุณแมนพงษ์ ตั้งตระกูล ที่ช่วยในการวิจัยติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลและคอยให้ความช่วยเหลือตลอดมา ตลอดจนคุณกุลยา อัมพะวะผะลิน ห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานที่คอยให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และพี่ชาย ที่อบรมสั่งสอนที่คอยให้การสนับสนุนคอยให้กำลังใจในด้านต่างๆเป็นอย่างดีจนกระทั่งผู้เขียนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฑ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฒ
บทที่ 1 บทนำ 22
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 22
1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับทางสถานประกอบการตัวอย่างที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูล 23
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 23
1.4 ขอบเขตของการวิจัย 23
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน 24
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 24
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน 25
2.1 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) 25
2.2 ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) 26
2.2.1 ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอ 26
2.2.2 ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม (Absorption Chiller) 28
2.3 ความร้อนเหลือทิ้งในโรงงานอุตสาหกรรม 40
2.3.1 ความร้อนเหลือทิ้งมี 2 แบบ 40
2.3.2 ประเภทและคุณภาพของความร้อนเหลือทิ้งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ 40
2.3.3 รูปแบบการนำความร้อนเหลือทิ้งไปใช้ 41
2.3.4 แนวทางการนำความร้อนเหลือทิ้งนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง 41
บทที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 45
3.1 งานวิจัยภายในประเทศ 45
3.2 งานวิจัยของต่างประเทศ 48

หน้า

บทที่ 4 วิธีการดำเนินงาน 51
4.1 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน 51
4.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน 53
4.1.2 ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดและติดตั้งอุปกรณ์ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน 56
4.1.3 วิธีการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน 61
4.1.4 การคำนวณผลที่ได้จากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน 64
4.2 ระบบปรับอากาศแบบดูดซึม 67
4.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระบบปรับอากาศแบบดูดซึม 70
4.2.2 ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดและติดตั้งอุปกรณ์ระบบปรับอากาศแบบดูดซึม .. 72
4.2.3 วิธีการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระบบปรับอากาศแบบดูดซึม 81
4.2.4 การคำนวณผลและสร้างสมการที่ได้จากข้อมูลการตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบดูดซึม 85
บทที่ 5 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล 92
5.1 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน 93
5.1.1 พลังงานและประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน 93
5.1.2 พลังงานที่ใช้ในการทำงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน 98
5.2 ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม 100
5.2.1 พลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นโดยรวมของระบบปรับอากาศแบบดูดซึม 100
5.2.1.1 อัตราการทำความเย็นพิจารณาจากอุณหภูมิของน้ำเย็น 101
5.2.1.2 อัตราการระบายความร้อนออกจากระบบ 104
5.2.1.3 อัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำ 107
5.2.1.4 กำลังไฟฟ้าที่ให้แก่ระบบ 109
5.2.1.5 สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม 109

หน้า

5.2.2 การทำนายผลทางพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงระยะเวลาสั้น 111
5.2.2.1 การพิจารณาวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจวัด 111
5.2.2.2 การวิเคราะห์การถดถอยกราฟของข้อมูลเพื่อหาสมการฟังก์ชั่นไซน์ 114
5.2.2.3 การวิเคราะห์พลังงานจากความสัมพันธ์ของสมการการถดถอยของกราฟ 120
5.2.3 การทำนายผลทางพลังงานและค่าสมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงระยะเวลายาว 126
5.2.3.1 สมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกกับอัตราการไหลไอน้ำ 130
5.2.3.2 วิเคราะห์ทำนายผลทางพลังงานและค่าสมรรถนะการทำความเย็น 132
5.2.4 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงานของระบบปรับอากาศแบบดูดซึม 141
5.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เมื่อปรับเปลี่ยนมาใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมแทนการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน 143
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 146
6.1 สรุปผลการวิจัย 146
6.2 ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ 149
รายการอ้างอิง 150
ภาคผนวก 153
ภาคผนวก ก ข้อมูลเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ติดตั้ง 154
ภาคผนวก ข ตารางข้อมูลจากการตรวจวัดและเก็บข้อมูล 158
ภาคผนวก ค ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 253
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 260

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 วิธีการบันทึกข้อมูลและตัวแปรที่ทำการตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน 62

ตารางที่ 4.2 สรุปวันและเวลาการตรวจวัด....63

ตารางที่ 4.3 วิธีการบันทึกข้อมูลและตัวแปรที่ทำการตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน 82

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดวิธีการการเก็บข้อมูลและทีมตรวจวัดที่เก็บข้อมูล....84

ตารางที่ 5.1 ตารางสรุปค่าเฉลี่ยข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็น 94

ตารางที่ 5.2 สรุปค่ากำลังไฟฟ้าที่คำนวณจากระเบียบวิธีเชิงตัวเลขและค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น 97

ตารางที่ 5.3 แสดงชั่วโมงการทำงานและพลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนใน 1 ปี 99

ตารางที่ 5.4 สรุปค่าตัวแปรต่างๆของสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟ....117

ตารางที่ 5.5 สรุปค่าต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางพลังงานตามช่วงเวลาต่างๆในช่วงระยะเวลาสั้น....120

ตารางที่ 5.6 สรุปค่าพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นของแต่ละช่วงอย่างละเอียด....138

ตารางที่ 5.7 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศแบบดูดซึมต่อปีของระบบขนาด 270 TR....141

ตารางที่ 5.8 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศแบบดูดซึมต่อปีของระบบขนาด 132 TR....143

ตารางที่ ก-1 ข้อมูลคุณสมบัติของเครื่องควบแน่นของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน....154

ตารางที่ ก-2 ข้อมูลคุณสมบัติของหน่วยเครื่องส่งลม 155

ตารางที่ ก-3 ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม 156

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลตรวจวัดความเร็วลมผ่าน AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-01....159

ตารางที่ ข-2 ข้อมูลตรวจวัดความชื้นอุณหภูมิของอากาศเย็นด้านออกอากาศเย็นด้านกลับและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-01....160

ตารางที่ ข-3 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-01 161

ตารางที่ ข-4 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-01....163

หน้า

ตารางที่ ข-5 ข้อมูลตรวจวัดความเร็วลมผ่าน AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-02.....167
ตารางที่ ข-6 ข้อมูลตรวจวัดความชื้นอุณหภูมิของอากาศเย็นด้านออกอากาศเย็นด้าน
กลับและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-02.....168
ตารางที่ ข-7 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-02 169
ตารางที่ ข-8 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-02.....171
ตารางที่ ข-9 ข้อมูลตรวจวัดความเร็วลมผ่านAHUของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-03.....176
ตารางที่ ข-10 ข้อมูลตรวจวัดความชื้นอุณหภูมิของอากาศเย็นด้านออกอากาศเย็นด้าน
กลับและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-03.....177
ตารางที่ ข-11 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-03 178
ตารางที่ ข-12 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-03.....180
ตารางที่ ข-13 ข้อมูลตรวจวัดความเร็วลมผ่านAHUของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-04.....183
ตารางที่ ข-14 ข้อมูลตรวจวัดความชื้นอุณหภูมิของอากาศเย็นด้านออกอากาศเย็นด้าน
กลับและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-04.....184
ตารางที่ ข-15 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-04 185
ตารางที่ ข-16 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-04.....187
ตารางที่ ข-17 ข้อมูลตรวจวัดความเร็วลมผ่านAHUของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-05.....190
ตารางที่ ข-18 ข้อมูลตรวจวัดความชื้นอุณหภูมิของอากาศเย็นด้านออกอากาศเย็นด้าน
กลับและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-05.....191
ตารางที่ ข-19 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-05 192
ตารางที่ ข-20 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-05.....194
ตารางที่ ข-21 ข้อมูลตรวจวัดความเร็วลมผ่านAHUของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-06.....198
ตารางที่ ข-22 ข้อมูลตรวจวัดความชื้นอุณหภูมิของอากาศเย็นด้านออกอากาศเย็นด้าน
กลับและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-06.....199
ตารางที่ ข-23 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-06 200
ตารางที่ ข-24 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-06.....202
ตารางที่ ข-25 ข้อมูลตรวจวัดความเร็วลมผ่านAHUของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-07.....206
ตารางที่ ข-26 ข้อมูลตรวจวัดความชื้นอุณหภูมิของอากาศเย็นด้านออกอากาศเย็นด้าน
กลับและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-07.....207
ตารางที่ ข-27 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-07 208

หน้า

ตารางที่ ข-28 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-07.....210
ตารางที่ ข-29 ข้อมูลตรวจวัดความเร็วลมผ่านAHUของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-08.....214
ตารางที่ ข-30 ข้อมูลตรวจวัดความชื้นอุณหภูมิของอากาศเย็นด้านออกอากาศเย็นด้าน กลับและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-08.....215
ตารางที่ ข-31 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-08 216
ตารางที่ ข-32 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-08.....218
ตารางที่ ข-33 ข้อมูลตรวจวัดความเร็วลมผ่านAHUของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-09.....222
ตารางที่ ข-34 ข้อมูลตรวจวัดความชื้นอุณหภูมิของอากาศเย็นด้านออกอากาศเย็นด้าน กลับและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-09.....223
ตารางที่ ข-35 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-09 224
ตารางที่ ข-36 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-09.....226
ตารางที่ ข-37 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของ Absorption Chiller, Chilled Water Pump และ AHU 230
ตารางที่ ข-38 อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมอัตราการการไหลน้ำเย็นน้ำหล่อเย็นและอุณหภูมิน้ำเย็น 235
ตารางที่ ข-39 อัตราการไหลไอน้ำร้อนกับอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกทุกๆ 30 วินาที วันที่ 16/1/2012.....241
ตารางที่ ข-40 ข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าขาออกอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาเข้าขาออกทุกๆ 30 วินาที วันที่ 20/1/2012 242
ตารางที่ ข-41 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก อุณหภูมิไอน้ำอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก Absorption Chiller วันที่ 16 ม.ค. 55 243
ตารางที่ ข-42 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก อุณหภูมิไอน้ำอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก Absorption Chiller วันที่ 17 ม.ค. 55 243
ตารางที่ ข-43 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก อุณหภูมิไอน้ำอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก Absorption Chiller วันที่ 18 ม.ค. 55 244
ตารางที่ ข-44 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก อุณหภูมิไอน้ำอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก Absorption Chiller วันที่ 19 ม.ค. 55 244
ตารางที่ ข-45 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก อุณหภูมิไอน้ำอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก Absorption Chiller วันที่ 20 ม.ค. 55 245

หน้า

ตารางที่ ข-46 สรุปข้อมูลอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก อุณหภูมิไอน้ำอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก Absorption Chiller 16- 20 ม.ค.55 245
ตารางที่ ข-47 ความดันไอน้ำอัตราการไหลไอน้ำสู่ Absorption Chiller และอุณหภูมิน้ำเข้าออก Cooling Tower วันที่ 16 ม.ค. 55 246
ตารางที่ ข-48 ความดันไอน้ำอัตราการไหลไอน้ำสู่ Absorption Chiller และอุณหภูมิน้ำเข้าออก Cooling Tower วันที่ 17 ม.ค. 55 246
ตารางที่ ข-49 ความดันไอน้ำอัตราการไหลไอน้ำสู่ Absorption Chiller และอุณหภูมิน้ำเข้าออก Cooling Tower วันที่ 18 ม.ค. 55 247
ตารางที่ ข-50 ความดันไอน้ำอัตราการไหลไอน้ำสู่ Absorption Chiller และอุณหภูมิน้ำเข้าออก Cooling Tower วันที่ 19 ม.ค. 55 247
ตารางที่ ข-51 ความดันไอน้ำอัตราการไหลไอน้ำสู่ Absorption Chiller และอุณหภูมิน้ำเข้าออก Cooling Tower วันที่ 20 ม.ค. 55 248
ตารางที่ ข-52 สรุปความดันไอน้ำอัตราการไหลไอน้ำสู่ Absorption Chiller และอุณหภูมิน้ำเข้าออก Cooling Tower วันที่ 16- 20 ม.ค. 55 248
ตารางที่ ข-53 สรุปค่าที่ใช้ในการคำนวณหากำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำเย็นของระบบขนาด 132 TR 251
ตารางที่ ค-1 เงื่อนไขต่างๆที่ใช้วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 254
ตารางที่ ค-2 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึม 255

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงระบบปรับอากาศแยกส่วน 25
รูปที่ 2.2 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ 27
รูปที่ 2.3 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ 27
รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบโดยรวมของระบบเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม 28
รูปที่ 2.5 แสดงวัฏจักรระบบเทำความเย็นแบบดูดซึม 29
รูปที่ 2.6 ลักษณะภายในของเครื่องระเหย 30
รูปที่ 2.7 ลักษณะภายในของแอบซอพเบอร์ 30
รูปที่ 2.8 ลักษณะภายในของเจนเนอเรเตอร์ 31
รูปที่ 2.9 ลักษณะภายในของเครื่องควบแน่น 32
รูปที่ 2.10 ระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่ใช้สารละลายคู่ผสมแอมโมเนียกับน้ำ 33
รูปที่ 2.11 แสดงวงจรการทำงานของระบบ Direct – Fired absorption chiller 34
รูปที่ 2.12 Direct -fired Double Effect Lithium Bromide 34
รูปที่ 2.13 แสดงวงจรการทำงานของระบบ Single Effect Absorption Refrigeration 35
รูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่าง Single Effect Steam Fired Absorption Chiller 36
รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่าง Single Effect Hot Water Fire Absorption Chiller 36
รูปที่ 2.16 แสดงวงจรการทำงานของระบบ Double Effect Absorption Refrigeration 37
รูปที่ 2.17 แสดงตัวอย่าง Double Effect Steam Fired Absorption Chiller 38
รูปที่ 2.18 แสดงตัวอย่าง Single Double Effect Hot Water Fire Absorption Chiller 38
รูปที่ 2.19 เปรียบเทียบระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอกับระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม 39
รูปที่ 2.20 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่นิยมใช้ในการนำอากาศร้อนทิ้งนำมาใช้ 41
รูปที่ 2.21 การนำคอนเดนเสทมาผลิตไอน้ำแฟลช 42
รูปที่ 2.22 การนำคอนเดนเสทความดันสูงมาผลิตไอน้ำแฟลช 42
รูปที่ 2.23 Recuperative Burner 43
รูปที่ 2.24 Economizer 43
รูปที่ 2.25 Waste heat boiler 44
รูปที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง COP และ Cooling load ratio 48

หน้า

รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า NPV และ heat unit price....49
รูปที่ 3.3 แสดงปริมาณความร้อนที่ให้ Generator และปริมาณความเย็นที่ผลิตได้ใน Evaporator....49
รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ของ COP และ Exergetic performance กับอุณหภูมิน้ำร้อนที่ใช้....50
รูปที่ 4.1 ลักษณะการติดตั้งเครื่องส่งลมเย็น....52
รูปที่ 4.2 ลักษณะการติดตั้งเครื่องควบแน่น....52
รูปที่ 4.3 ตำแหน่งการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ทำการตรวจวัดทั้ง 3 ห้อง....53
รูปที่ 4.4 อุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้า....54
รูปที่ 4.5 อุปกรณ์วัดความเร็วลม....54
รูปที่ 4.6 อุปกรณ์วัดความชื้น....55
รูปที่ 4.7 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ....55
รูปที่ 4.8 ตลับเมตร....56
รูปที่ 4.9 ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดและติดตั้งอุปกรณ์ภายใน 1 ห้อง ที่ทำการตรวจวัด....56
รูปที่ 4.10 การติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องส่งลมเย็น....57
รูปที่ 4.11 การติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องควบแน่น....58
รูปที่ 4.12 การตรวจวัดปริมาณลมอากาศเย็นเข้าเครื่องส่งลมเย็น....58
รูปที่ 4.13 วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเย็นที่ด้านจ่ายจากเครื่องส่งลมเย็น....59
รูปที่ 4.14 การตั้งค่าอุณหภูมิของห้องปรับอากาศก่อนทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลต่างๆ....60
รูปที่ 4.15 การวัดหาค่าขนาดความยาวของช่องลมขากลับเข้าเครื่องส่งลมเย็น....61
รูปที่ 4.16 จุดตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่าน AHU อุณหภูมิและความชื้นของ Return Air....63
รูปที่ 4.17 เครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม....67
รูปที่ 4.18 Chilled Water Pump....68
รูปที่ 4.19 ISBL HVAC AHU ขนาด 211,849 kcal/h....68
รูปที่ 4.20 Control room AHU ขนาด 214,893 kcal/h....69
รูปที่ 4.21 Laboratory AHU ขนาด 187,043 kcal/h....69
รูปที่ 4.22 การวางระบบปรับอากาศแบบดูดซึม....70
รูปที่ 4.23 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำ....71
รูปที่ 4.24 Data Logger ที่ใช้ในการบันทึกค่าข้อมูลอุณภูมิของสิ่งแวดล้อมและน้ำเย็น....71

หน้า

รูปที่ 4.25 เทอร์โมคัพเปิล 72
รูปที่ 4.26 แผนภาพตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบดูดซึม....72
รูปที่ 4.27 การติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องส่งลมเย็นที่ติดตั้งเพิ่มขึ้นมาใหม่....73
รูปที่ 4.28 การติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม 74
รูปที่ 4.29 การติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนของปั๊มส่งน้ำเย็น....74
รูปที่ 4.30 ลักษณะของช่องลมขากลับเข้าเครื่องส่งลมเย็นที่ทำการติดตั้งใหม่ 75
รูปที่ 4.31 การตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเย็นที่ด้านจ่าย....75
รูปที่ 4.32 ตั้งค่าอุณหภูมิของห้องปรับอากาศก่อนทำการตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบดูดซึม 77
รูปที่ 4.33 จุดอ่านค่าอัตราการไหลของน้ำเย็น....77
รูปที่ 4.34 การติดตั้งอุปกรณ์การตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นขาออก....78
รูปที่ 4.35 การติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น....79
รูปที่ 4.36 หน้าปัดอ่านค่าอัตราไหลไอน้ำร้อนความดันต่ำ....79
รูปที่ 4.37 ค่าอุณหภูมิน้ำเย็นอ่านได้จากหน้าปัดเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม....80
รูปที่ 4.38 ค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่อ่านได้จากหน้าปัดเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม 80
รูปที่ 4.39 ตู้ที่ทำการอ่านค่าอุณหภูมิน้ำเย็นและค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น 81
รูปที่ 4.40 ลักษณะช่องลมเข้า AHU หลังปรับปรุง มี 6 ช่องใหญ่ 6 ช่องเล็ก....83
รูปที่ 4.41 พลังงานเข้าและออกของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม....88
รูปที่ 5.1 กราฟกำลังไฟฟ้าแต่ละเครื่องของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน....95
รูปที่ 5.2 ข้อมูลอัตราการไหลน้ำเย็นของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม....101
รูปที่ 5.3 ข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม....102
รูปที่ 5.4 ข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม....102
รูปที่ 5.5 ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกและขาเข้า....103
รูปที่ 5.6 อัตราการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม....103
รูปที่ 5.7 ข้อมูลอัตราการไหลน้ำหล่อเย็นของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม....104
รูปที่ 5.8 ข้อมูลอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาเข้าของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม....105
รูปที่ 5.9 ข้อมูลอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาออกของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม....105
รูปที่ 5.10 ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออกและขาเข้า....106
รูปที่ 5.11 อัตราการระบายความร้อนออกจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม....106

หน้า

รูปที่ 5.12 ข้อมูลอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำ 107
รูปที่ 5.13 ข้อมูลความดันไอน้ำ....108
รูปที่ 5.14 อัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำ....108
รูปที่ 5.15 ข้อมูลกำลังไฟฟ้าที่ให้แก่ระบบ....109
รูปที่ 5.16 COP ที่เปอร์เซ็นการทำงานต่างๆของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม....110
รูปที่ 5.17 ข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นบันทึกค่า 15 นาที ทุกๆ 30 วินาที....112
รูปที่ 5.18 ข้อมูลอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นบันทึกค่า 15 นาที ทุกๆ 30 วินาที....112
รูปที่ 5.19 ข้อมูลอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำบันทึกค่า 15 นาที ทุกๆ 30 วินาที....113
รูปที่ 5.20 ข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกบันทึกค่า 15 นาที ทุกๆ 30 วินาที....113
รูปที่ 5.21 อุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจากสมการวิเคราะห์การถดถอยเปรียบเทียบกับค่าการตรวจวัดจริงของวันที่ 20/1/2012....118
รูปที่ 5.22 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออกจากสมการวิเคราะห์การถดถอยเปรียบเทียบกับค่าการตรวจวัดจริงของวันที่ 20/1/2012....118
รูปที่ 5.23 อัตราการไหลไอน้ำจากสมการวิเคราะห์การถดถอยเปรียบเทียบกับค่าการตรวจวัดจริงของวันที่ 16/1/2012....119
รูปที่ 5.24 กราฟพลังงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นดูดซึมในช่วงเวลา 15 นาที....122
รูปที่ 5.25 กราฟสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงเวลาภายใน 15 นาที....123
รูปที่ 5.26 กราฟพลังงานเมื่อไม่มีค่าความล่าช้าทางเวลาระหว่างพลังงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็น....125
รูปที่ 5.27 กราฟสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นเมื่อไม่มีค่าความล่าช้าทางเวลาระหว่างพลังงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นดูดซึมในช่วงเวลา 15 นาที....125
รูปที่ 5.28 กราฟอุณหภูมิน้ำเย็นข้อมูลอย่างละเอียดระยะเวลาบันทึกค่า 4 วันทุกๆ 15 นาที....128
รูปที่ 5.29 กราฟของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกเทียบกับค่าขอบเขตของอุณหภูมิน้ำเย็นปกติจากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอุณหภูมิน้ำเย็นขาออก....129
รูปที่ 5.30 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำและอุณหภูมิน้ำเย็นขาออก....131
รูปที่ 5.31 กราฟอัตราการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจากข้อมูลการตรวจวัดทุกๆ 15 นาที ของ 3 วันหลัก....133

หน้า

รูปที่ 5.32 กราฟการแบ่งช่วงข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นอัตราการไหลไอน้ำและผลการวิเคราะห์ทางพลังงานและสมรรถการทำความเย็นตามช่วงที่ทำการวิเคราะห์ 136
รูปที่ ข-1 จุดตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่านหน่วยเครื่องส่งลมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเย็นด้านกลับของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-01 158
รูปที่ ข-2 จุดตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่านหน่วยเครื่องส่งลมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเย็นด้านกลับของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-02 166
รูปที่ ข-3 จุดตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่านหน่วยเครื่องส่งลมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเย็นด้านกลับของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-03 175
รูปที่ ข-4 จุดตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่านหน่วยเครื่องส่งลมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเย็นด้านกลับของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-04 182
รูปที่ ข-5 จุดตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่านหน่วยเครื่องส่งลมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเย็นด้านกลับของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-05 189
รูปที่ ข-6 จุดตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่านหน่วยเครื่องส่งลมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเย็นด้านกลับของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-06 197
รูปที่ ข-7 จุดตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่านหน่วยเครื่องส่งลมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเย็นด้านกลับของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-07 205
รูปที่ ข-8 จุดตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่านหน่วยเครื่องส่งลมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเย็นด้านกลับของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-08 213
รูปที่ ข-9 จุดตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่านหน่วยเครื่องส่งลมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเย็นด้านกลับของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-09 221
รูปที่ ข-10 กราฟกำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมระยะเวลาบันทึก 4 วัน ทุกๆ 15 นาที 249
รูปที่ ข-11 กราฟกำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำเย็นระยะเวลาบันทึก 4 วัน ทุกๆ 15 นาที.....249
รูปที่ ข-12 กราฟกำลังไฟฟ้าของหน่วยเครื่องส่งลมของห้อง Control room 250
รูปที่ ข-13 กราฟกำลังไฟฟ้าของหน่วยเครื่องส่งลมของห้อง Laboratory 250
รูปที่ ข-14 กราฟกำลังไฟฟ้าของหน่วยเครื่องส่งลมของห้อง ISDL 251
รูปที่ ค-1 กราฟราคากลางของการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึม.....253

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วย
A	แอมพลิจูดของกราฟ	-
a	จุดเริ่มต้นของการแบ่งช่วงหาพื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมู	-
b	จุดสุดท้ายของการแบ่งช่วงหาพื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมู	-
CL	ค่าภาระการทำความเย็น	TR
COP	สมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of Performance)	-
Cp_{air}	ความร้อนจำเพาะของอากาศ	kJ / kg·ºC
Cp_{CHW}	ความร้อนจำเพาะของน้ำเย็น	kJ / kg·ºC
Cp_{CLW}	ความร้อนจำเพาะของน้ำระบายความร้อน	kJ / kg·ºC
d	ความหนาแน่นเฉลี่ย	kg / m³
d_r	ความหนาแน่นของลมด้านกลับ	kg / m³
d_s	ความหนาแน่นของลมด้านจ่าย	kg / m³
E	คือค่าความผิดพลาด	-
eff	ประสิทธิภาพการทำความเย็น	kW/TonR
FL_{CHW}	อัตราการการไหลของน้ำเย็น	litre/s
FL_{CLW}	อัตราการการไหลของน้ำหล่อเย็น	litre/s
H	ระยะของช่วงย่อยในการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมู	-
h	เอนธัลปี	kJ / kg
h_a	เอนธัลปีของอากาศแห้ง	kJ / kg
h_v	เอนธัลปีของไอน้ำในอากาศ	kJ / kg
h_g	เอนธัลปีของไอน้ำอิ่มตัว	kJ / kg
I	พื้นที่ใต้กราฟกฎสี่เหลี่ยมคางหมูแบบหลายช่วง	-
kW_{CLW}	อัตราความร้อนที่ถูกระบายออกจากระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม	kW

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วย
kW_{st}	อัตราความร้อนที่ใช้ในการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม	kW
NCF	คือผลประหยัดค่าใช้จ่ายทางพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อปี	บาท/ปี
n	คือระยะเวลาของการคืนทุน	ปี
P	ความดันบรรยากาศ	kPa
P_a	ความดันย่อยของอากาศแห้ง	kPa
P_{Ab}	กำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม	kW
P_{AHU}	กำลังไฟฟ้าของหน่วยเครื่องส่งลม	kW
$P_{AHU,new}$	กำลังไฟฟ้าของหน่วยเครื่องส่งลมใหม่	kW
P_{CDU}	กำลังไฟฟ้าของเครื่องควบแน่น	kW
P_{CL}	กำลังไฟฟ้าในการระบายความร้อนของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม	kW
P_{pump}	กำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำเย็น	kW
P_{st}	ความดันของไอน้ำ	bar_g
P_v	ความดันย่อยของไอน้ำ	kPa
Q_{ac}	ปริมาณลมด้านจ่ายอากาศเย็นที่ออกจากเครื่องส่งลม	m^3/s
$Q_{ac,new}$	ปริมาณลมด้านจ่ายอากาศเย็นที่ออกจากเครื่องส่งลมใหม่	m^3/s
R	ค่าคงที่ของแก๊ส	kJ/kg·K
RH_r	ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเย็นที่ด้านกลับ	%RH
$RH_{r,new}$	ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเย็นที่ด้านกลับของหน่วยเครื่องส่งลมใหม่	%RH
RH_s	ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเย็นที่ด้านจ่าย	%RH
$RH_{s,new}$	ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเย็นที่ด้านจ่ายของหน่วยเครื่องส่งลมใหม่	%RH
T	คาบเวลาของกราฟ	วินาที
T_{air}	อุณหภูมิอากาศ	°K
TIC	ค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมทั้งหมด	บาท

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วย
T_a	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมตรวจวัดและเก็บข้อมูลก่อนปรับปรุง	^0C
T_{CHR}	อุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม	^0C
T_{CHS}	อุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม	^0C
T_{CWR}	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออกจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม	^0C
T_{CWS}	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาเข้าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม	^0C
$T_{a,new}$	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมตรวจวัดและเก็บข้อมูลหลังปรับปรุง	^0C
T_r	อุณหภูมิอากาศเย็นที่ด้านกลับของหน่วยเครื่องส่งลม	^0C
$T_{r,new}$	อุณหภูมิอากาศเย็นที่ด้านกลับของหน่วยเครื่องส่งลมใหม่	^0C
T_s	อุณหภูมิอากาศเย็นที่ด้านจ่ายของหน่วยเครื่องส่งลม	^0C
$T_{s,new}$	อุณหภูมิอากาศเย็นที่ด้านจ่ายของหน่วยเครื่องส่งลมใหม่	^0C
t	เวลา ณ.ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งของกราฟ	วินาที
y	ค่าที่ได้จากข้อมูลการตรวจวัดจริง	-
$\bar{Y}$	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์	-
y_i	ค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงที่ตำแหน่ง i	-
$\bar{y}$	ค่าที่ได้จากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟ	-
$\bar{y}_{(x_i)}$	ค่าที่ได้จากการแทนค่าสมการตำแหน่ง i	-
$\acute{y}$	ค่าเฉลี่ยของ y	-
ω	อัตราส่วนความชื้น	$kg_{water\ vapor}/kg_{dry\ air}$
Ø	เฟสของกราฟ	-
$\emptyset$	ความชื้นสัมพัทธ์	-

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการพัฒนาทางอุตสาหกรรมมีการเจริญก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากมีการสนับสนุนให้มีการเติบโตทางอุตสาหกรรม ธุรกิจอาคารขนาดใหญ่รวมไปถึงการขยายตัวของปริมาณที่อยู่อาศัยทำให้มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะพลังงานทางไฟฟ้าซึ่งพลังงานทางไฟฟ้าโดยส่วนใหญ่แล้วจะมีความต้องการใช้ในระบบปรับอากาศของอาคารเนื่องจากอาคารธุรกิจในปัจจุบันส่วนใหญ่ใช้ระบบปรับอากาศแบบอัดไอหรือใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอในการปรับอากาศในอาคารขนาดใหญ่ ซึ่งทำให้มีความจำเป็นในการผลิตพลังงานทางไฟฟ้าเพิ่มขึ้นซึ่งก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากเมื่อมีความต้องการในการใช้พลังงานทางไฟฟ้าในเวลาที่พร้อมกันเป็นปริมาณมากจึงจำเป็นที่ต้องสร้างแหล่งผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเพื่อให้รองรับต่อความต้องการในการใช้พลังงานทางไฟฟ้า ดังนั้นรัฐบาลจึงมีนโยบายสนับสนุนส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและสนับสนุนการใช้พลังงานหมุนเวียนเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่ามีประสิทธิภาพซึ่งลดการเกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งมีเครื่องทำน้ำเย็นอยู่ชนิดหนึ่งที่ใช้พลังงานความร้อนเป็นหลักนั่นก็คือเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม (Absorption Chiller) ถ้าได้นำไปใช้ในอาคารก็จะสามารถลดการใช้พลังงานทางไฟฟ้าไปได้มาก

ระบบการทำความเย็นแบบดูดซึมเป็นระบบที่ใช้ในการปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานรูปแบบหนึ่งระบบนี้มีความคล้ายกับระบบแบบอัดไอเพียงแต่จะใช้ความร้อนในการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิและความดันแทนการใช้คอมเพรสเซอร์ในการปรับเปลี่ยนความดันและอุณหภูมิเพื่อการทำงานของระบบ เนื่องจากแหล่งพลังงานที่ใช้ในการทำงานของระบบคือพลังงานความร้อน ซึ่งมีราคาถูกหรือได้จากความร้อนที่เหลือทิ้งทำให้เกิดความคุ้มค่าในการประหยัดค่าใช้จ่ายทางพลังงานจึงเป็นที่น่าสนใจในการลงทุนติดตั้งระบบเพื่อใช้แทนระบบแบบอัดไอด้วยเหตุนี้เองจึงเป็นที่น่าสนใจในการศึกษาวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาความเหมาะสมในการเลือกติดตั้งระบบต่อไป

1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับทางสถานประกอบการตัวอย่างที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูล

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาทางด้านพลังงานและประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนและระบบปรับอากาศแบบดูดซึม โดยได้ลงพื้นที่เพื่อทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลจริงจากทางสถานประกอบการตัวอย่างซึ่งสถานประกอบการตัวอย่างนี้เป็นโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมีซึ่งเป็นโรงงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่ผลิต Purified terephthalic acid (PTA) ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในกระบวนการผลิตเส้นใยโพลีเอสเตอร์และเมล็ดพลาสติกหรือที่เรียกว่าพีอีทีที่ใช้ในการผลิตพวกบรรจุภัณฑ์ใส่ของอาหารเครื่องดื่ม, ภาชนะ, เครื่องใช้ต่างๆ โดยในกระบวนการผลิตของทางสถานประกอบการตัวอย่างนี้จะมีไอน้ำร้อนเหลือทิ้งเป็นจำนวนมากโดยที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์แถมยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นทางสถานประกอบการตัวอย่างจึงได้ทำการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมนั่นก็คือระบบปรับอากาศแบบดูดซึมซึ่งเป็นระบบปรับอากาศที่ใช้พลังงานทางความร้อนในการทำงานของระบบเพิ่มเข้ามาเพื่อทำงานทดแทนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้พลังงานทางไฟฟ้าในการทำงานของระบบ โดยระบบปรับอากาศแบบดูดซึมนี้เป็นระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมขั้นตอนเดียวโดยใช้ LiBr-H_2O เป็นสารดูดซึมและสารทำความเย็นโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำร้อนความดันต่ำที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตภายในโรงงานนั่นเอง

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาประเมินศักยภาพวิเคราะห์ทางด้านประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนก่อนปรับปรุงและระบบปรับอากาศแบบดูดซึมหลังปรับปรุงของการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมเพื่อทำหน้าที่ปรับอากาศทดแทนเครื่องแบบใช้พลังงานไฟฟ้าชนิดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาการทำงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศก่อนการปรับปรุงโดยการตรวจวัดและเก็บข้อมูล
2. ศึกษาการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมหลังการปรับปรุงโดยการตรวจวัดและเก็บข้อมูล

3. ศึกษาวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมที่สภาวะการทำงานต่างๆ
4. วิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศก่อนและหลังการปรับปรุงเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาความเหมาะสมในการเลือกติดตั้งระบบต่อไปจากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศที่ทำการติดตั้งจริง

1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาทฤษฎีหลักการของระบบการทำความเย็นแบบดูดซึมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาทฤษฎีหลักการของการตรวจวัดเก็บข้อมูลและศึกษาหลักการใช้งานอุปกรณ์การตรวจวัด
3. ทำการตรวจวัดเก็บข้อมูลและวิเคราะห์การใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง
4. สำรวจและศึกษาการทดสอบการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำความเย็นแบบดูดซึมหลังการปรับปรุง
5. ทำการตรวจวัดเก็บข้อมูลและวิเคราะห์การใช้พลังงานหลังการปรับปรุง
6. วิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง
7. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นที่สภาวะการทำงานต่างๆ
8. สรุปผลการวิจัยและเขียนรายงานการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงศักยภาพในการใช้ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจากระบบที่ทำการติดตั้งจริงเมื่อเปรียบเทียบกับของเดิม
2. สามารถใช้เป็นแนวทางพิจารณาเลือกระบบการทำความเย็นในการประหยัดพลังงานสำหรับโรงงานภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสม

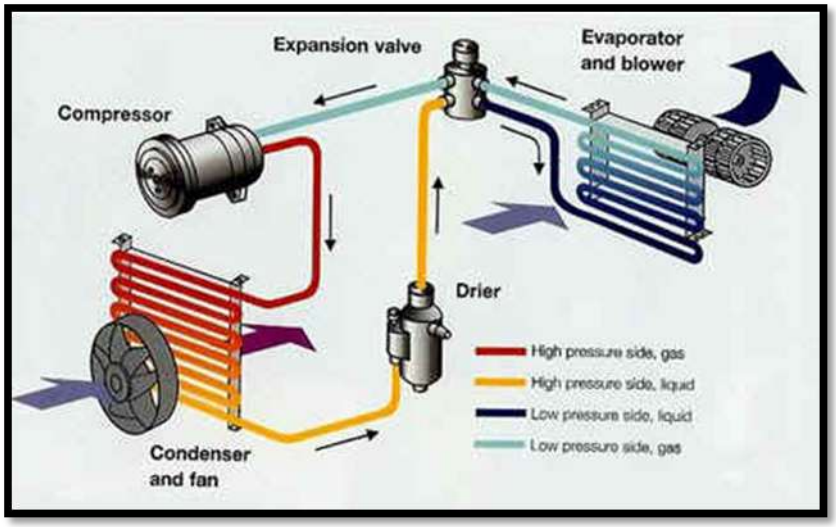
บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐาน

ระบบการทำความเย็นและปรับอากาศ

การปรับอากาศวัตถุประสงค์หลักเพื่อต้องการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นไม่ให้ชื้นหรือแห้งเกินไปให้เป็นไปตามความต้องการของพื้นที่นั้นๆ ควบคุมปริมาณการไหลเวียนของอากาศให้มีปริมาณตามต้องการพร้อมๆกันนั้นก็ควบคุมคุณภาพความสะอาดของอากาศให้เป็นไปตามที่ต้องการในประเทศไทยระบบปรับอากาศที่ใช้กันอย่างแพร่หลายหลักๆแบ่งเป็น 2 ระบบ

2.1 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)



รูปที่ 2.1 แสดงระบบปรับอากาศแยกส่วน

รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบต่างๆภายในระบบปรับอากาศแยกส่วนโดยระบบนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนของเครื่องระเหย (Evaporator) ซึ่งติดในพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศและส่วนของเครื่องควบแน่น (Condenser) ซึ่งภายในจะมีคอมเพรสเซอร์ (Compressor) ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่อยู่ภายนอกอาคารโดยระหว่าง 2 ส่วนนี้จะมีท่อสารทำความเย็นเชื่อมต่อกันอยู่ทำหน้าที่ในการถ่ายเทความร้อน ซึ่งลักษณะการทำงานสารทำความเย็นที่ความดันต่ำไหลผ่านเครื่องระเหยในขณะที่ผ่านได้ทำการดูดซับความร้อนจากอากาศทำให้ระเหยกลายเป็นไอและอากาศที่ผ่านเครื่องระเหยมีอุณหภูมิลดลงทำให้ได้อากาศเย็นนำมาใช้ในการปรับอากาศภายในห้องและสารทำความ

เย็นก็จะถูกทำให้เป็นของเหลวเมื่อผ่านคอมเพรสเซอร์แล้วจะถูกส่งไประบายความร้อนทิ้งที่ในส่วนของเครื่องควบแน่น

2.2 ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller)

ระบบแบบนี้เหมาะสำหรับใช้ในการปรับอากาศที่ในพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่มักเรียกว่า " ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ " ระบบนี้ใช้ในอาคารขนาดใหญ่ที่มีหลายห้องหลายชั้น หลักการคือโดยส่วนใหญ่อาศัยน้ำนำพาความร้อนหรือความเย็นส่งไปยังจุดต่างๆภายในอาคารที่ต้องการปรับอากาศโดยส่งน้ำเย็นที่ได้เข้าหน่วยเครื่องส่งลม (Air Handling Unit) หรือเครื่องเป่าลม (Fan Coil Unit: FCU) โดยอากาศที่ไหลผ่านหน่วยเครื่องส่งลมจะไหลไปตามระบบท่อลมเย็นส่งไปยังพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศ โดยหลักแล้วเครื่องทำน้ำเย็นก็คือระบบทำความเย็นระบบหนึ่งดังนั้นการทำงานนั้นอาศัยการทำความเย็นโดยกระบวนการอัดไอหรือกระบวนการแบบดูดซึมในการระบายความร้อนด้วยอากาศหรือน้ำ

2.2.1 ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอ

ระบบเครื่องทำน้ำเย็นชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมีหลักการการทำงานคล้ายกับระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนแตกต่างกันตรงที่จากการทำความเย็นให้กับอากาศมาเป็นทำความเย็นให้กับน้ำโดย ส่วนใหญ่น้ำขาเข้าเครื่องทำน้ำเย็นมีอุณหภูมิประมาณ 12 ºC และน้ำขาออกมีอุณหภูมิประมาณ 7 º C โดยที่การระบายความร้อนในส่วนของเครื่องควบแน่นของเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอจะแบ่งได้ 2 ประเภท ดังนี้

- **เครื่องทำน้ำเย็นที่อาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller)** เครื่องทำน้ำเย็นชนิดนี้เหมาะกับพื้นที่ที่มีจำกัดในการติดตั้งระบบและในพื้นที่ที่ไม่มีน้ำเพียงพอหรือมีคุณภาพพอที่จะใช้ในการระบายความร้อนของระบบได้ ซึ่งเหมาะสมกับการทำความเย็นที่ไม่มากหนัก (ความต้องการทำความเย็นไม่เกิน 500 ตันความเย็น) ประสิทธิภาพของระบบนี้จะอยู่ระหว่าง 1.4-1.6 กิโลวัตต์ต่อตัน หลักการคือจะใช้การไหลของอากาศไหลผ่านเครื่องควบแน่น เพื่อที่จะระบายความร้อนออกจากระบบ เครื่องทำน้ำเย็นระบบนี้จะมีอายุการทำงานที่สั้นเนื่องมาจากทำการติดตั้งระบบอยู่ภายนอกอาคารทำให้ต้องตากแดดตากฝนตลอดเวลาดังแสดงในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

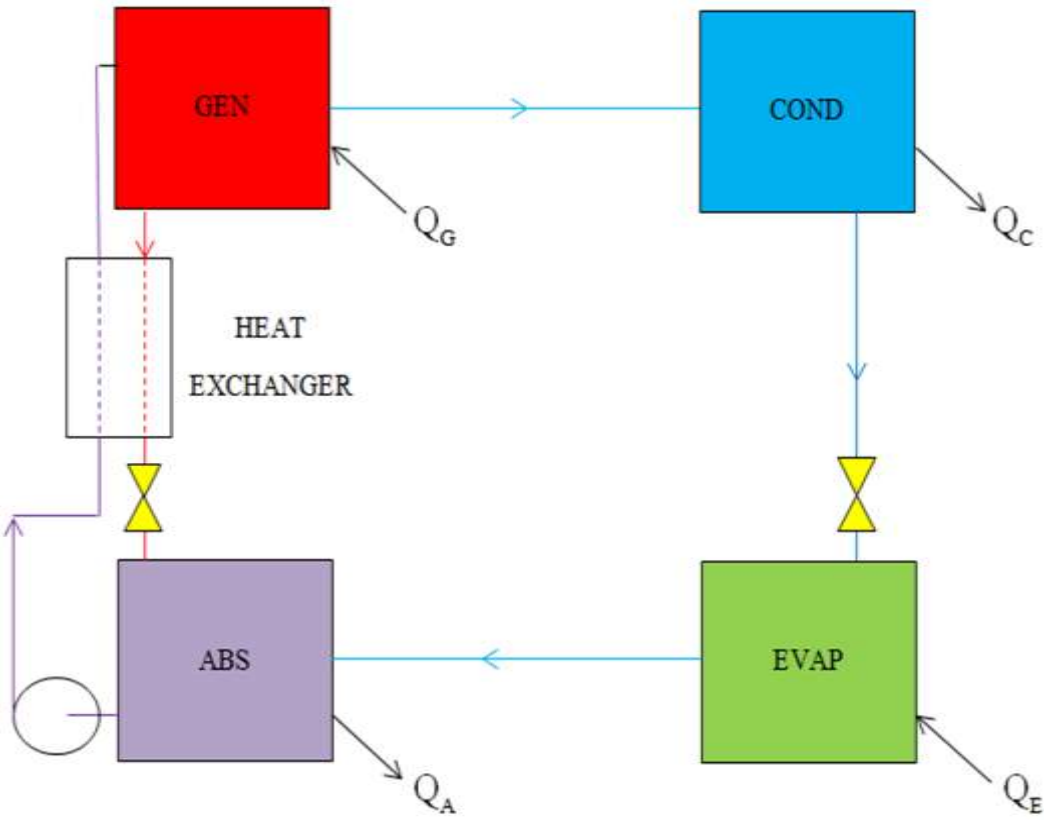
- เครื่องทำน้ำเย็นที่อาศัยการระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) ระบบเป็นระบบที่มีขนาดใหญ่เหมาะสมใช้กับพื้นที่ที่ต้องการความเย็นมากใช้ในอาคารขนาดใหญ่ ระบบนี้ส่วนประกอบหลักจะเหมือนกับระบบที่ใช้การระบายความร้อนจากอากาศแต่จะแตกต่างกันที่ระบบนี้จะมีหอทำความเย็น (Cooling Tower) หลักการคือแทนที่จะระบายความร้อนด้วยอากาศจะใช้การระบายความร้อนด้วยน้ำแทน น้ำจากหอทำความเย็นจะถูกส่งมาน้ำระบายความร้อนส่งน้ำเข้าไปรับความร้อนจากสารทำความเย็นที่เครื่องควบแน่นน้ำร้อนที่ได้จะถูกส่งไประบายความร้อนที่หอทำความเย็นซึ่งที่หอทำความเย็นนั้นน้ำจะถูกระบายความร้อนด้วยอากาศที่อยู่ล้อมรอบบริเวณนั้น ระบบนี้เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงประสิทธิภาพของระบบอยู่ระหว่าง 0.62 - 0.75 กิโลวัตต์ / ตันความเย็น โดยทั่วไปแล้วเครื่องทำน้ำเย็นจะติดตั้งภายในอาคารดังรูปที่ 2.3 ในส่วนหอทำความเย็นจะอยู่ภายนอกอาคาร

รูปที่ 2.3 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

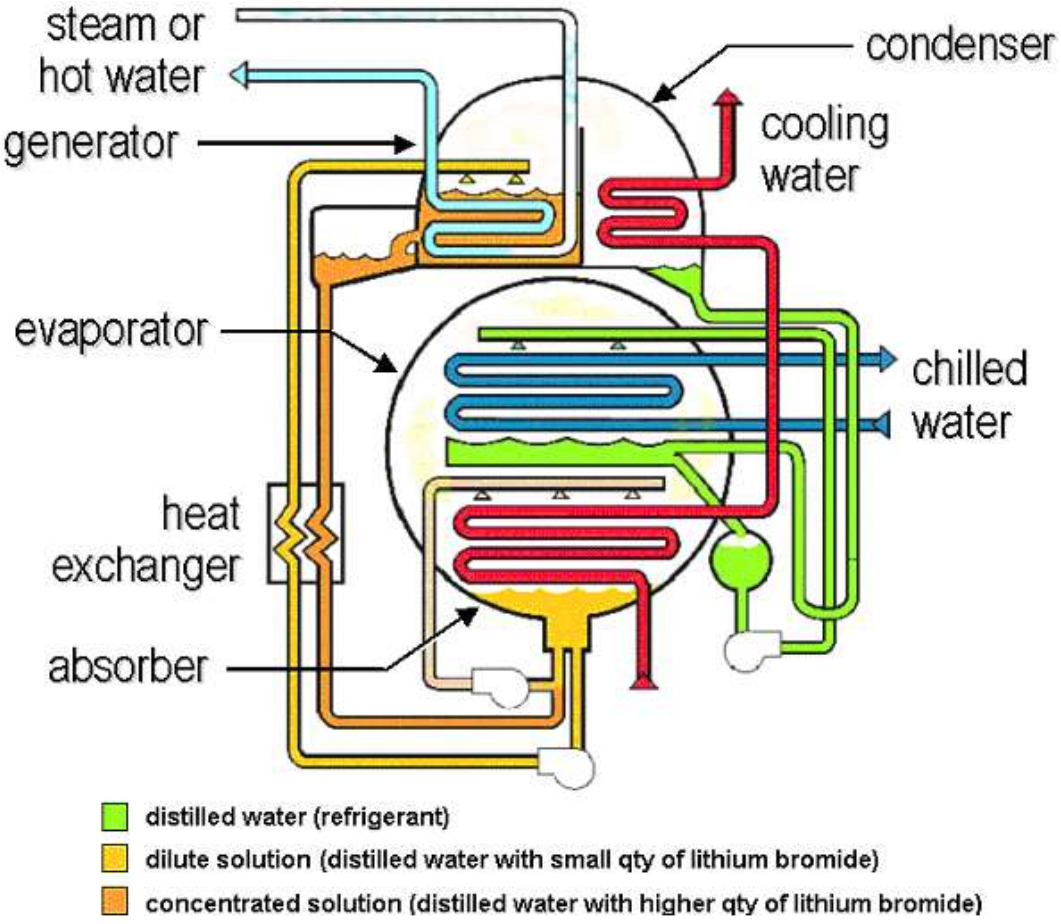
2.2.2 ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม (Absorption Chiller)

ระบบการทำความเย็นแบบดูดซึมเป็นระบบที่ใช้ในการปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานรูปแบบหนึ่ง ระบบนี้มีความคล้ายกับระบบแบบอัดไอเพียงแต่จะใช้ความร้อนเป็นแหล่งพลังงานในการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิและความดันแทนการใช้คอมเพรสเซอร์ซึ่งใช้งานในการปรับเปลี่ยนความดันและอุณหภูมิเพื่อการทำงานของระบบ[1] เนื่องจากแหล่งพลังงานที่ใช้ในการทำงานของระบบคือพลังงานความร้อน ซึ่งมีราคาถูกหรือได้จากความร้อนที่เหลือทิ้งทำให้เกิดความคุ้มค่าในการประหยัดค่าใช้จ่ายทางพลังงานจึงเป็นที่น่าสนใจในการลงทุนติดตั้งระบบเพื่อใช้แทนระบบแบบอัดไอ

ส่วนประกอบต่างๆและหลักการการทำงานพื้นฐานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม สำหรับระบบทำความเย็นแบบดูดซึมสารทำความเย็นและสารดูดซึมที่นิยมใช้กันมากคือน้ำและลิเทียมโบร์ไมด์ โดยที่น้ำทำหน้าที่เป็นสารทำความเย็นและลิเทียมโบร์ไมด์ทำหน้าที่เป็นสารดูดซึม โดยรูปที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบรวมของระบบ



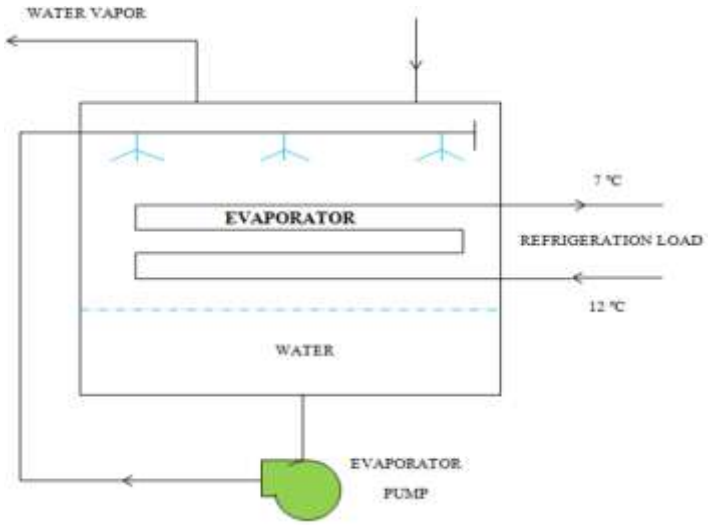
รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบโดยรวมของระบบเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม



รูปที่ 2.5 แสดงวัฏจักรระบบเทำความเย็นแบบดูดซึม

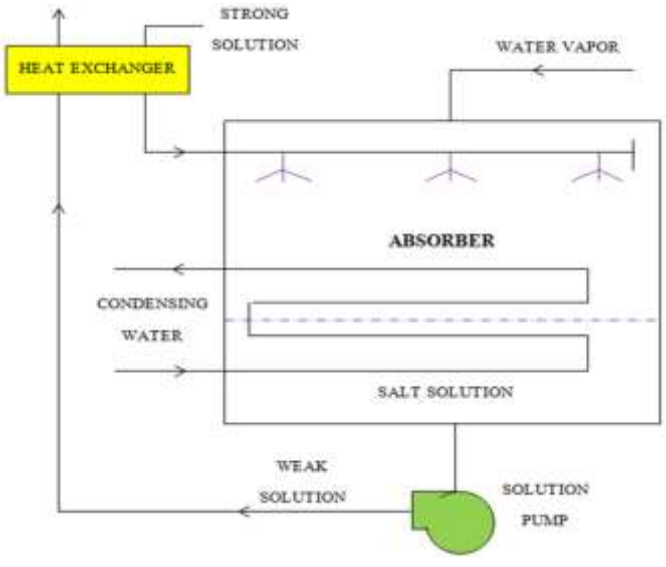
และจากรูปที่ 2.5 แสดงวัฏจักรของระบบโดยที่วัฏจักรการทำงานของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมสามารถแบ่งออกได้ 4 กระบวนการ[2] โดยจะอธิบายในแต่ละกระบวนการดังต่อไปนี้

1. กระบวนการระเหย (Evaporation) เริ่มต้นในส่วนของเครื่องระเหย น้ำที่ถูกทำการลดความดันที่ไหลผ่านมาจากวาล์วลดความดันจะไหลเข้ามายังในส่วนของเครื่องระเหย ซึ่งในส่วนนี้น้ำที่ไหลผ่านมาจากวาล์วลดความดันที่ทำหน้าที่เป็นสารทำความเย็นจะไหลผ่านท่อซึ่งที่ภายในท่อมีน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่าทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนเมื่อน้ำเย็นมาสัมผัสพื้นผิวท่อน้ำเย็นจะดึงเอาความร้อนจากน้ำในท่อซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าซึ่งความร้อนที่ดึงมาก็คือความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Latent Heat of Vaporization) จะทำให้น้ำเย็นเกิดการระเหยกลายเป็นไอและน้ำภายในท่อมีอุณหภูมิลดต่ำลงไอน้ำที่ได้จะถูกส่งต่อไปยังแอบซอพเบอร์ต่อไปลักษณะภายในของเครื่องระเหยดังแสดงในรูปที่ 2.6



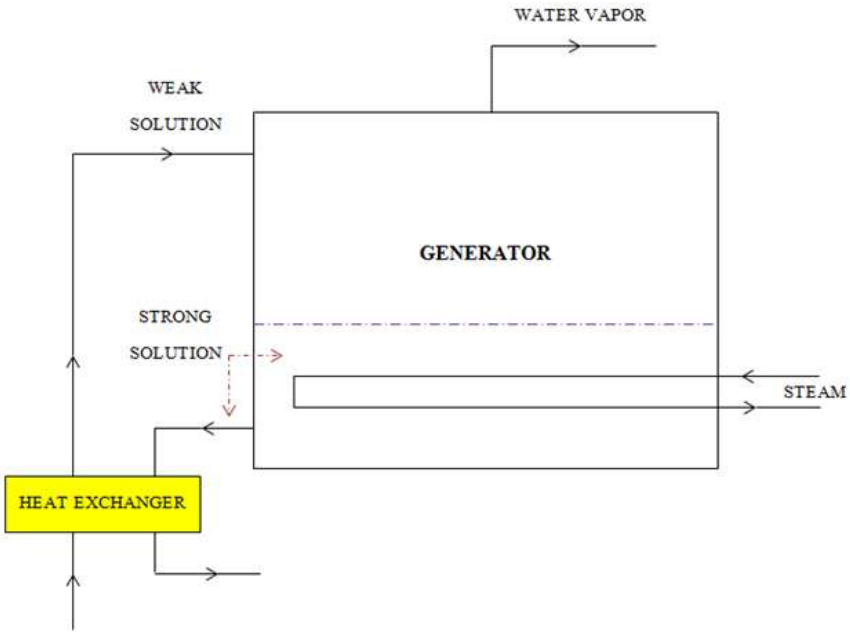
รูปที่ 2.6 ลักษณะภายในของเครื่องระเหย

2. กระบวนการดูดซึม (Absorption) ส่วนของแอบซอพเบอร์ (Absober) ในส่วนนี้น้ำที่ถูกระเหยกลายเป็นไอจะไหลผ่านเข้ามาในแอบซอพเบอร์โดยภายในนั้นจะมีสารดูดซึมคือสารละลายลิเทียมโบร์ไมด์เข้มข้นซึ่งสามารถดูดซึมน้ำได้จะถูกฉีดอยู่ภายในเมื่อไอน้ำผ่านเข้ามาเจอกับสารละลายลิเทียมโบร์ไมด์เข้มข้นก็จะทำให้สารละลายลิเทียมโบร์ไมด์เจือจางลงและเกิดปฏิกริยาเคมีคือปฏิกริยาคายความร้อนจึงทำให้มีความร้อนเกิดขึ้นในกระบวนการนี้ความร้อนที่ได้จะถูกแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำที่ไหลมาจากหอทำความเย็นเพื่อระบายความร้อนทิ้ง จากนั้นสารละลายลิเทียมโบร์ไมด์เจือจางจะถูกปั๊มเพิ่มแรงดันให้ไหลไปยังเจนเนอเรเตอร์ (Generater) ต่อไปลักษณะภายในของแอบซอพเบอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.7



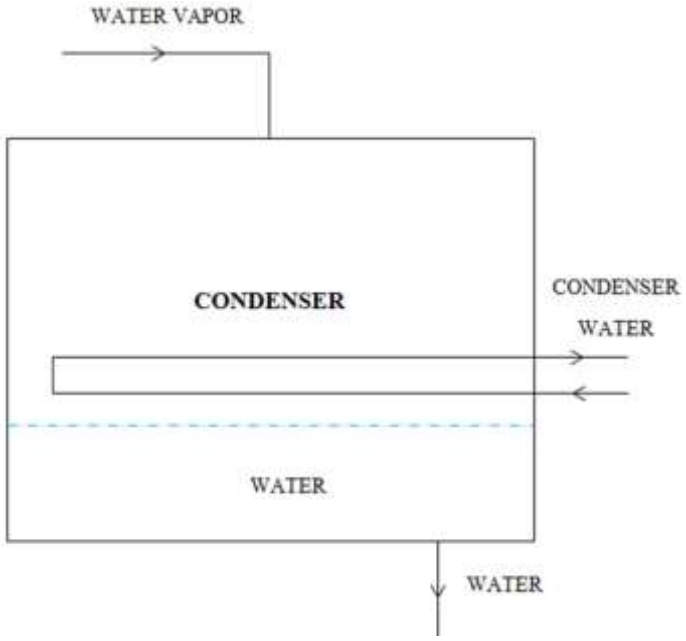
รูปที่ 2.7 ลักษณะภายในของแอบซอพเบอร์

3. กระบวนการผลิต (Generation) เจนเนอร์เรเตอร์ในกระบวนการนี้จะมีการให้ความร้อนแก่สารละลายลิเทียมโบร์ไมด์เจือจางที่ไหลมาจากแอบซอพเบอร์เมื่อสารละลายลิเทียมโบร์ไมด์เจือจางได้รับความร้อนน้ำซึ่งมีจุดเดือดต่ำกว่าสารลิเทียมโบร์ไมด์ก็จะระเหยแยกตัวออกมาทำให้ได้ไอน้ำและสารละลายลิเทียมโบรไมด์เข้มข้นโดยที่ไอน้ำที่ได้จะไหลต่อไปยังเครื่องควบแน่นต่อไป ส่วนสารละลายลิเทียมโบร์ไมด์เข้มข้นที่ได้จะไหลกลับผ่านวาล์วลดความดันเพื่อทำการลดความดันแล้วไหลต่อไปยังแอบซอพเบอร์อีกครั้งเพื่อทำการดูดซึมไอน้ำใหม่ต่อไปลักษณะภายในของเจนเนอเรเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ลักษณะภายในของเจนเนอเรเตอร์

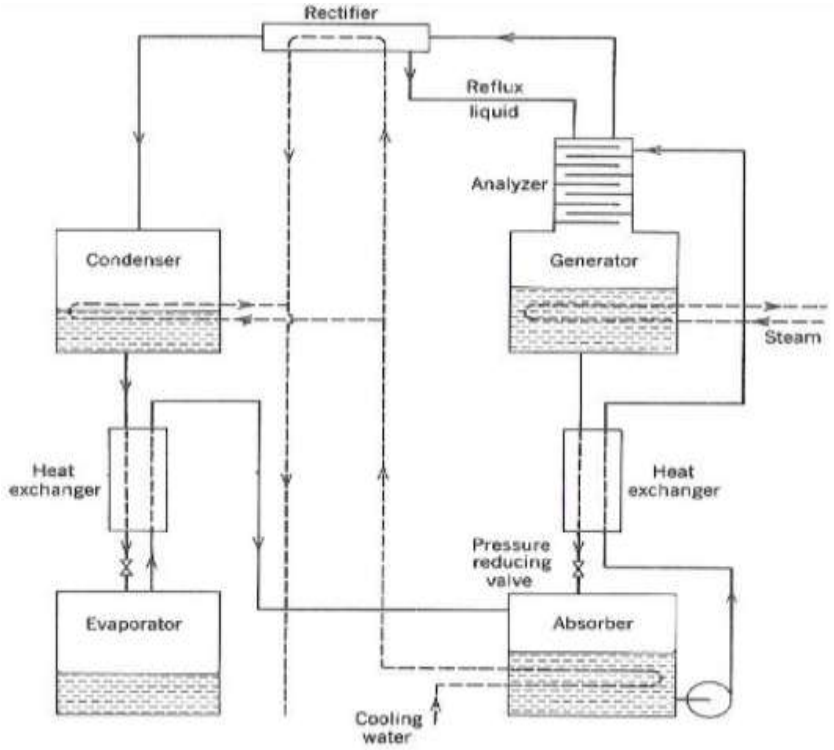
4. กระบวนการควบแน่น (Condensation) ภายในเครื่องควบแน่นจะมีขดท่อโดยที่ภายในท่อจะมีน้ำที่ไหลมาจากหอทำความเย็นไอน้ำที่ได้มาจากกระบวนการเจนเนอเรเตอร์จะไหลผ่านเข้ามายังเครื่องควบแน่นเมื่อไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำที่อยู่ภายในท่อมาสัมผัสที่พื้นผิวท่อจะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างไอน้ำกับน้ำภายในท่อซึ่งจะทำให้น้ำภายในท่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นส่วนไอน้ำจะควบแน่นกลายสถานะกลับมาเป็นของเหลว น้ำที่กลั่นตัวได้มานี้จะถูกส่งไปยังวาล์วลดความดันเพื่อทำการลดความดันและอุณหภูมิแล้วก็จะส่งกลับไปยังในส่วนของเครื่องระเหยเพื่อใช้ในการทำความเย็นต่อไป ส่วนน้ำภายในท่อที่รับความร้อนมาจากไอน้ำจะวนกลับไประบายความร้อนสู่บรรยากาศที่หอหล่อเย็นลักษณะภายในของเครื่องควบแน่นดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ลักษณะภายในของเครื่องควบแน่น

ตัวอย่างของสารคู่ผสมเพื่อเป็นสารละลายในการทำงานของระบบ

- **แอมโมเนียกับน้ำ** ระบบนี้มีการใช้กันมานานแล้วก่อนที่สารละลายคู่ผสมระหว่างลิเทียมโบร์ไมด์กับน้ำจะเป็นที่นิยม ระบบนี้เรียกว่าระบบ “Aqua-ammonia” สารละลายมีราคาถูกหาซื้อได้ง่ายแต่เป็นพิษกับมนุษย์ถ้ามีการรั่วซึมสารทำความเย็นคือแอมโมเนียส่วนสารดูดซึมคือน้ำระบบการทำความเย็นแบบดูดซึมถ้าใช้ระบบที่ใช้สารละลายคู่ผสมนี้ ระบบจะสามารถทำความเย็นได้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำและระบบนี้ทำงานที่ความดันเหนือกว่าความดันบรรยากาศ ซึ่งระบบที่ใช้สารละลายคู่ผสมนี้จะมีอุปกรณ์เพิ่มมา Rectifier และ Analyzer ดังแสดงในรูปที่ 2.10 ซึ่งหลักการการทำงานเริ่มจากเจนเนอเรเตอร์ไอสารทำความเย็น (แอมโมเนีย) ที่ยังมีไอน้ำปะปนรวมอยู่ด้วยจะไหลผ่าน Analyzer เพื่อแยกไอแอมโมเนียออกจากไอน้ำแล้วก็จะไหลไปยัง Rectifier โดยในอุปกรณ์ส่วนนี้จะทำให้ไอน้ำส่วนน้อยที่ยังคงปะปนอยู่กับไอแอมโมเนียเย็นลงจนกลั่นตัวกลับมาเป็นของเหลวซึ่งน้ำและแอมโมเนียส่วนน้อยนี้จะไหลกลับไปยัง Generator ซึ่งจะทำให้ได้แอมโมเนียบริสุทธิ์ร้อยเปอร์เซ็น



รูปที่ 2.10 ระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่ใช้สารละลายคู่ผสมแอมโมเนียกับน้ำ

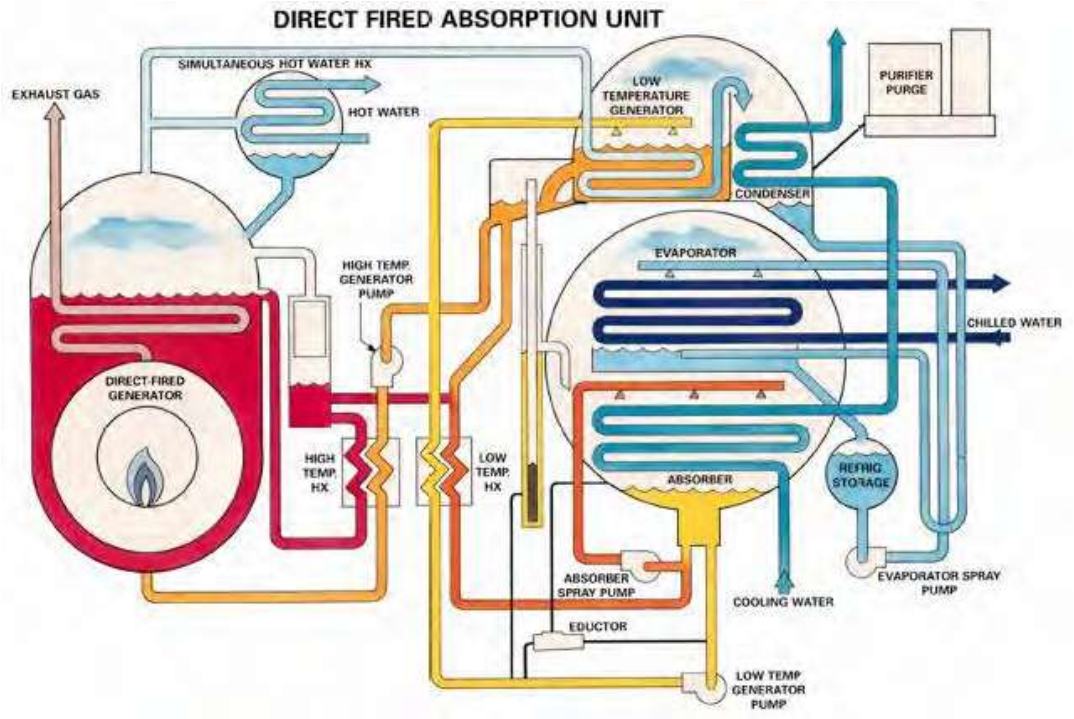
- **ลิเธียมโบร์ไมด์กับน้ำ** ลิเธียมโบร์ไมด์เป็นสารดูดซึมน้ำเป็นสารทำความเย็นโดยปกติแล้วลิเธียมโบร์ไมด์จะมีโครงสร้างเป็นผลึกเกลือซึ่งมีคุณสมบัติดูดซึมไอน้ำทำให้กลายเป็นสารละลายเหลว ระบบนี้เป็นที่นิยมเป็นอย่างมากระบบนี้มีข้อดีคือสารละลายชนิดนี้มีค่าความร้อนแฝงการกลายเป็นไอต่ำจึงไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานทางความร้อนเพื่อการแยกไอน้ำออกจากสารละลายลิเธียมโบร์ไมด์มากนัก[3] มีค่าการนำความร้อนสูงทำให้ไม่ต้องใช้พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนมากและลิเธียมโบร์ไมด์จะไม่ระเหยกลายเป็นไอซึ่งจะทำให้มีอายุการใช้งานได้ยาวนาน ข้อเสียคือลิเธียมโบร์ไมด์มีราคาสูงและทำปฏิกิริยาทางเคมีกับเหล็กทำให้ต้องใช้วัสดุอื่นในการผลิตอุปกรณ์และสารละลายลิเธียมโบร์ไมด์ต้องทำงานที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศมากจึงจำเป็นที่จะต้องระวังการเกิดการรั่วซึมของระบบ

ประเภทของระบบการทำความเย็นแบบดูดซึม

ระบบการทำความเย็นแบบดูดซึมแบ่งประเภทตามรูปแบบทางการให้ความร้อนแก่เจนเนอร์เรเตอร์ (Generation) แบ่งได้เป็น 2 ประเภทได้แก่

1. การให้ความร้อนทางอ้อม (Indirect fired) คือรูปแบบการให้ความร้อนโดยใช้ของเหลวร้อนไอเสียหรือไอน้ำในการให้ความร้อนแก่ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

2. การให้ความร้อนทางตรง (Direct Fired) คือเมื่อให้ความร้อนโดยใช้การเผาไหม้จากเชื้อเพลิงโดยตรงแก่เจนเนอร์เรเตอร์ได้แก่ Direct – Fired absorption chiller



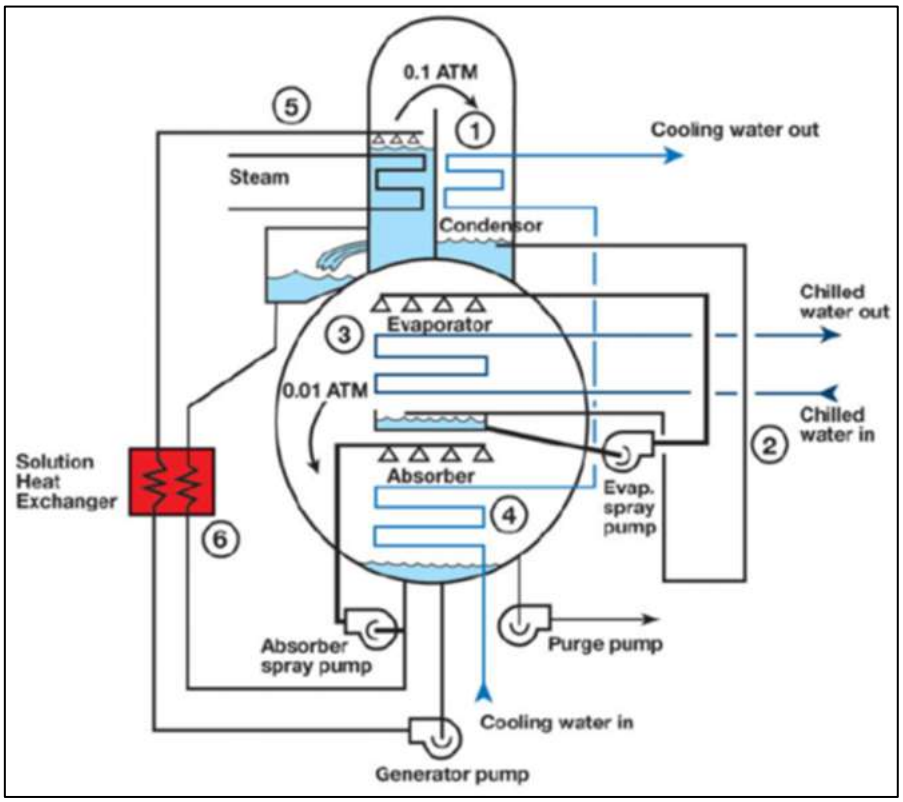
รูปที่ 2.11 แสดงวงจรการทำงานของระบบ Direct – Fired absorption chiller

ระบบ Direct – Fired absorption chiller ใช้พลังงานทางความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้จากเชื้อเพลิงโดยตรงหรือจากความร้อนในรูปของก๊าซร้อน โดยที่อุณหภูมิของก๊าซร้อนจะออกมาประมาณ 190 ºc – 204 ºc โดยระบบ Direct – Fired absorption chiller จะมีค่า COP ประมาณ 0.85 - 1.14 โดยเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมชนิดนี้ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.12 Direct -fired Double Effect Lithium Bromide

ซึ่งประเภทตามรูปแบบทางการให้ความร้อนแก่เจนเนอร์เรเตอร์ทั้งสองประเภทยังสามารถแบ่งย่อยประเภทตามจำนวนของเจนเนอร์เรเตอร์แบ่งได้เป็น 2 ประเภทได้แก่

1. ระบบทำความเย็นแบบดูดซึมชั้นเดียว (Single Effect Absorption Refrigeration)



รูปที่ 2.13 แสดงวงจรการทำงานของระบบ Single Effect Absorption Refrigeration

จากรูปที่ 2.13 จากส่วนเจนเนอร์เรเตอร์ที่ความดันสูงสารทำความเย็นถูกให้ความร้อนจนระเหยกลายเป็นไปไหลไปยังตำแหน่งที่ 1 ในส่วนของเครื่องควบแน่นสารทำความเย็นแลกเปลี่ยนความร้อนไปให้น้ำหล่อเย็น (Cooling water) ทำให้กลั่นตัวกลับมาเป็นของเหลวหลังจากนั้นก็จะไหลยังตำแหน่งที่ 3 คือตำแหน่งของเครื่องระเหย โดยที่สารทำความเย็นจะถูกกระจายโดยการอัดสารทำความเย็นและพ่นให้เป็นฝอยเพื่อรับภาระความร้อนจากน้ำเย็น ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าสารทำความเย็นเมื่อสารทำความเย็นได้รับความร้อนก็จะระเหยกลายเป็นไอไหลไปยังตำแหน่งที่ 4 คือตำแหน่งของแอบซอพเบอร์ในส่วนนี้สารทำความเย็นจะถูกสารดูดซับโดยการพ่นสารดูดซึมให้เป็นฝอยฉีดกระจายดูดซับรวมเป็นสารละลายไหลต่อไปยังตำแหน่งที่ 6 ผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) สารละลายจะได้รับความร้อนจากสารดูดซับไหลมาจากเจนเนอร์เรเตอร์จากนั้นก็จะไหลต่อไปยังตำแหน่งที่ 5 คือตำแหน่งของเจนเนอร์เรเตอร์เพื่อเริ่มวัฏจักรการทำงานต่อไปตัวอย่างของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมชั้นเดียวได้แก่

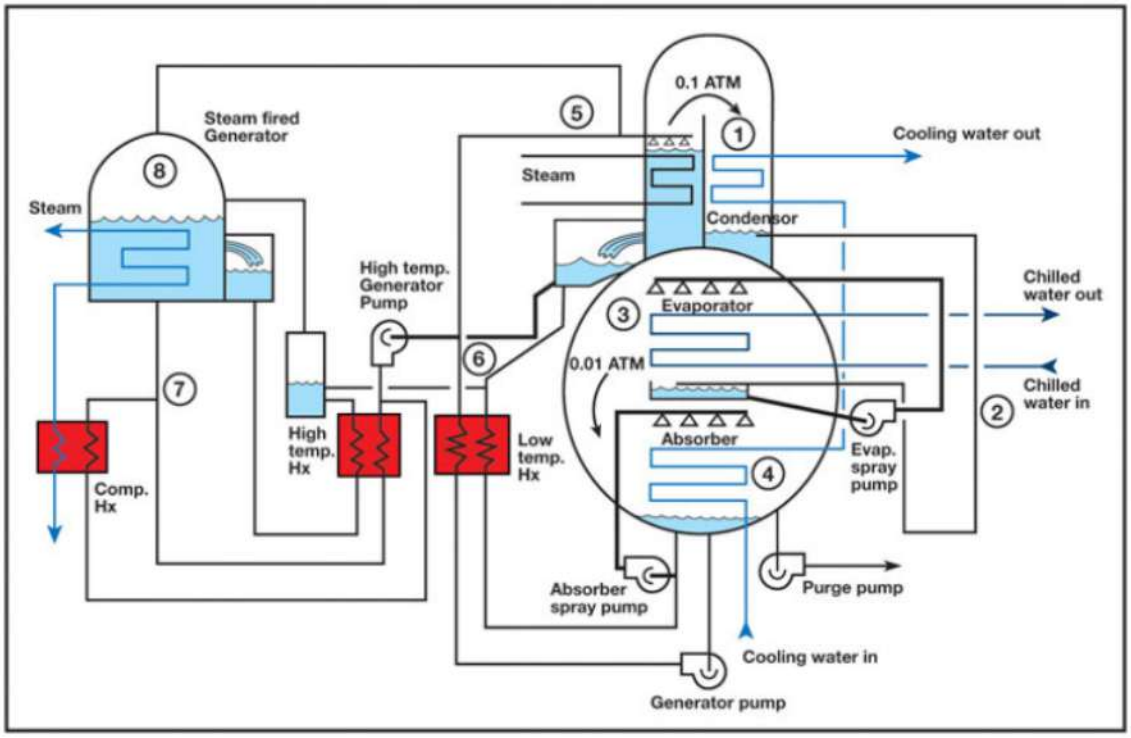
- **การใช้ไอน้ำ** ที่ความดันระหว่าง 0.8–1.5 kg/cm^2 (78.5 - 147.1 kPa) เรียกระบบนี้ว่า Single Effect Steam Fired Absorption Chiller ดังรูปที่ 2.14

รูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่าง Single Effect Steam Fired Absorption Chiller

- **การใช้น้ำร้อน** ที่มีอุณหภูมิระหว่าง 130–150 °C เรียกระบบนี้ว่า Single Effect Hot Water Fire Absorption Chiller ดังรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่าง Single Effect Hot Water Fire Absorption Chiller

2. ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม 2 ชั้น (Double Effect Absorption Refrigeration)



รูปที่ 2.16 แสดงวงจรการทำงานของระบบ Double Effect Absorption Refrigeration

ระบบทำความเย็นดูดซึม 2 ชั้นออกแบบมาเพื่อต้องการลดพลังงานทางความร้อนที่ใช้กับระบบทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายของพลังงานความร้อนที่ต้องใช้ในระบบ จากรูปที่ 2.16 แสดงให้เห็นว่าระบบทำความเย็นดูดซึม 2 ชั้นได้มีการติดตั้งเจนเนอร์เรเตอร์เพิ่มที่ตำแหน่งที่ 8 และมีอุปกรณ์แลกเปลี่ยนทางความร้อนเพิ่มเข้ามาซึ่งจะทำให้ระบบมีการใช้ความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น หลักการการทำงานของระบบทำความเย็นดูดซึม 2 ชั้นจะเหมือนๆกับระบบทำความเย็นแบบดูดซึมชั้นเดียวเพียงแต่จะแตกต่างกันที่ระบบทำความเย็นแบบดูดซึมชั้นเดียวไอสารทำความเย็นที่ออกมาจากเจนเนอร์เรเตอร์สารทำความเย็นจะกลายเป็นของเหลวเมื่อผ่านเครื่องควบแน่น ซึ่งจากการที่ระบายความร้อนให้กับน้ำหล่อเย็นแต่ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม 2 ชั้นความร้อนแฝงของไอสารทำความเย็นที่ออกจากเจนเนอร์เรเตอร์หลักอุณหภูมิสูงจะถูกนำไปใช้สำหรับทำให้สารละลายดูดซึมในเจนเนอร์เรเตอร์รองอุณหภูมิต่ำร้อนขึ้นดังนั้นระบบทำความเย็นดูดซึม 2 ชั้นจึงทำให้ระบบมีการใช้ความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพตัวอย่างของระบบทำความเย็นแบบดูดซึม 2 ชั้น ดังต่อไปนี้ได้แก่

- **การใช้ไอน้ำ** ที่ความดัน 8 kg/cm^2 (784.5 kPa) เรียกระบบนี้ว่า Double Effect Steam Fired Absorption Chiller ดังรูปที่ 2.17

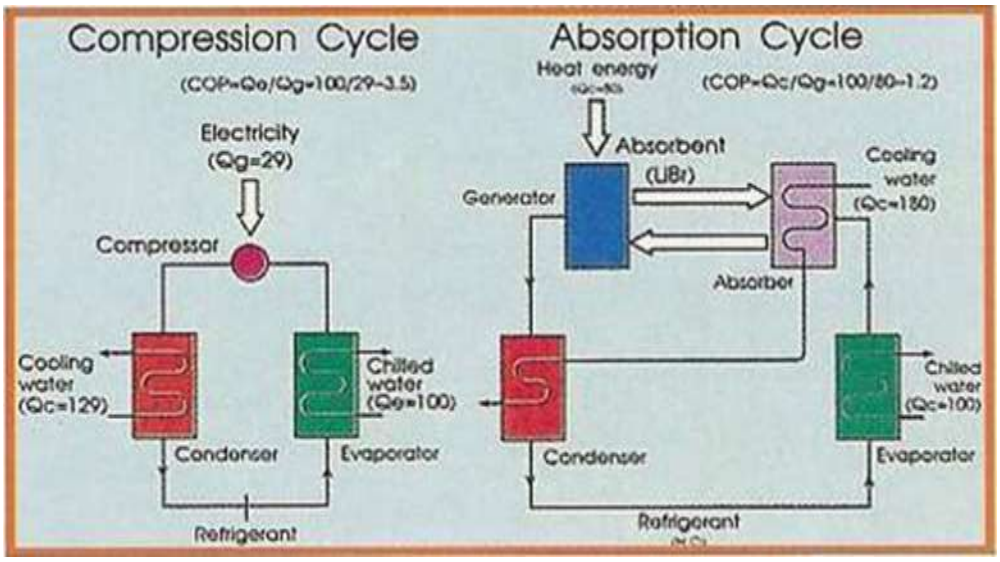
รูปที่ 2.17 แสดงตัวอย่าง Double Effect Steam Fired Absorption Chiller

- **การใช้น้ำร้อน** ที่มีอุณหภูมิระหว่าง 180–200 ºC เรียกระบบนี้ว่า Double Effect Hot Water Fire Absorption Chiller ดังรูปที่ 2.18

รูปที่ 2.18 แสดงตัวอย่าง Single Double Effect Hot Water Fire Absorption Chiller

เมื่อเปรียบเทียบระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอกับระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมในส่วนของแอบซอพเบอร์และเจนเนอร์เรเตอร์ของระบบระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมเปรียบเทียบได้กับในส่วนของการอัดไอของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอดังแสดงในรูปที่ 2.19 โดยที่ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจะใช้พลังงานทางความร้อนในการแยกสารดูดซึมออกจากสารทำความเย็น ซึ่งทำให้ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีการใช้พลังงานในการทำความเย็นมากกว่าระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอทำให้สมรรถนะของการทำความเย็นของระบบเครื่องทำ

น้ำเย็นแบบอัดไอมีค่ามากกว่าระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม แต่ข้อได้เปรียบของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมคือแหล่งพลังงานที่ใช้ในการทำงานของระบบได้สามารถใช้แหล่งพลังงานความร้อนร่วมกับกระบวนการผลิตหรือระบบอื่นๆที่มีความร้อนเหลือทิ้งนำมาใช้กับระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมทำให้ระบบนี้มีความประหยัดพลังงานมากกว่าระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอ



รูปที่ 2.19 เปรียบเทียบระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอกับระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

ข้อดีของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

- ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยมากเมื่อเทียบกับระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอ
- สามารถใช้พลังงานทางความร้อนเหลือทิ้งที่ได้จากกระบวนการผลิตหรือระบบอื่นๆ
- เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากระบบไม่มีการใช้สารทำความเย็นที่ทำลายชั้นบรรยากาศ
- การสั่นเทือนของระบบมีน้อยกว่าระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอทำให้ความดังของเสียงในการเดินระบบต่ำกว่าระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอ

ข้อเสียของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

- มีขนาดใหญ่
- ระบบมีความสลับซับซ้อน
- ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีราคาแพง

2.3 ความร้อนเหลือทิ้งในโรงงานอุตสาหกรรม

โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ที่มีการใช้ความร้อนในกระบวนการผลิตมักจะมีความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการความร้อนเหลือทิ้งมี 2 แบบคือก๊าซร้อนและของเหลวร้อน ซึ่งความร้อนที่เหลือออกมาจากกระบวนการผลิตเหล่านี้ได้ถูกปล่อยทิ้งออกสู่บรรยากาศโดยเปล่าประโยชน์ซึ่งจะส่งผลกระทบทำให้ต้นทุนของการผลิตมีต้นทุนที่สูงเนื่องจากมีการใช้พลังงานความร้อนเกินความจำเป็นและยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นทางโรงงานอุตสาหกรรมจึงต้องคำนึงถึงการนำพลังงานความร้อนเหลือทิ้งนำมากลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2.3.1 ความร้อนเหลือทิ้งมี 2 แบบ

1. ก๊าซร้อน เช่น
   - จากเตาอบหรือเตาเผา
   - อากาศร้อนจากกระบวนการระบายความร้อน
   - ไอเสียหรือก๊าซร้อนอื่นๆ
2. ของเหลวร้อน เช่น
   - น้ำมันร้อน
   - น้ำร้อนของเหลวร้อนอื่นๆ

2.3.2 ประเภทและคุณภาพของความร้อนเหลือทิ้งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ

1. ความร้อนเหลือทิ้งคุณภาพต่ำ มักเป็นความร้อนเหลือทิ้งในรูปแบบคอนเดนเสตที่มีอุณหภูมิน้อยกว่า 200 °C ซึ่งเป็นน้ำหรือของเหลวที่ใช้ในการระบายความร้อนและอากาศที่ระบายความร้อนเหมาะสำหรับการใช้ในการให้ความร้อนขั้นต้น เช่น อุ่นอากาศหรือของเหลว, อุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำหรือจะนำกลับมาใช้ในกระบวนการโดยตรงเป็นต้น

2. ความร้อนเหลือทิ้งคุณภาพปานกลาง มักเป็นความร้อนในรูปของไอเสียหรือก๊าซร้อนที่ได้จากเครื่องยนต์เตาขึ้นรูปโลหะหม้อไอน้ำซึ่งมีอุณหภูมิระหว่าง 200 °C จนถึง 600 °C เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการกระบวนผลิตโดยตรงหรือจะนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำความดันปานกลาง[4]

3. ความร้อนเหลือทิ้งคุณภาพสูง มักเป็นความร้อนในรูปของไอเสียหรือก๊าซร้อนที่ได้จากเตาเผาซึ่งมีอุณหภูมิมากกว่า 600 °C เหมาะนำไปใช้กับระบบผลิตกำลังงานและความร้อนร่วมระบบผลิตกำลัง หรือจะนำไปนำไปใช้ในการกระบวนผลิตโดยตรงในการอุ่นอากาศหรือวัตถุดิบ

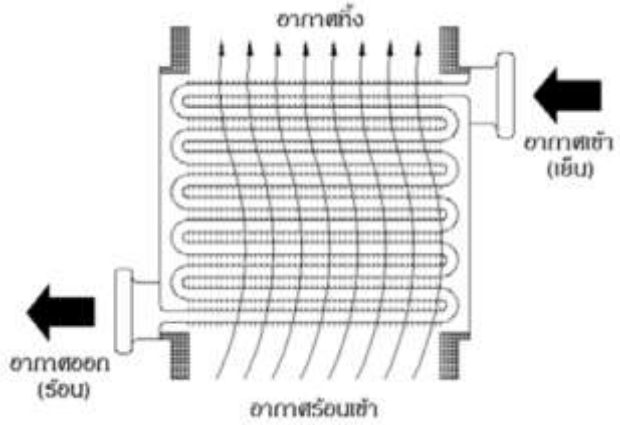
2.3.3 รูปแบบการนำความร้อนเหลือทิ้งไปใช้

- **นำไปใช้ทางตรง** คือการนำเอาความร้อนเหลือทิ้งไปใช้ในกระบวนการผลิตโดยได้ให้ความร้อนเหลือทิ้งสัมผัสกับวัสดุผลิตภัณฑ์หรือผสมกันโดยตรง เช่น การให้ความร้อนเหลือทิ้งผสมกับอากาศหรือของเหลวโดยตรง

- **นำไปใช้ทางอ้อม** คือการนำความร้อนเหลือทิ้งนำมาให้ความร้อนผ่านตัวกลางพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน เช่น การให้ความร้อนแก่ก๊าซหรือการให้ความร้อนแก่ของเหลวโดยผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ดังนั้นการใช้ความร้อนทางอ้อมนี้จึงขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

2.3.4 แนวทางการนำความร้อนเหลือทิ้งนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง

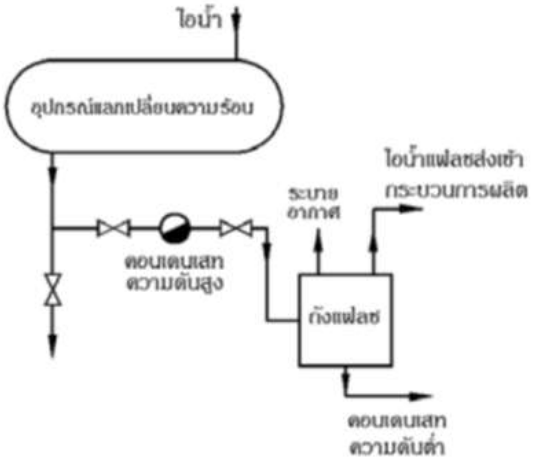
- การนำอากาศร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ อากาศร้อนทิ้งที่เกิดส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการผลิตต่างๆ เช่น กระบวนการอบผลิตภัณฑ์ อบแห้งผ้า อบผลไม้ เป็นต้น และยังได้มาจากความร้อนที่ถูกระบายออกจากเครื่องจักรที่ทำการระบายความร้อนด้วยอากาศ เช่น เครื่องปรับอากาศแบบทั่วไปที่ใช้ตามบ้าน ซึ่งแนวทางการนำไปใช้ต้องคำนึงถึงความสะอาดของอากาศร้อน ถ้าอากาศร้อนสะอาดไม่มีสิ่งเจอปนก็จะสามารถนำมาใช้ให้ความร้อนโดยตรงได้เลย แต่ถ้าอากาศร้อนไม่สะอาดมีสิ่งเจอปนก็จำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ในการแลกเปลี่ยนความร้อนแสดงดังรูปที่ 2.20 มาเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนให้แก่วัสดุที่ต้องการให้ได้รับความร้อน



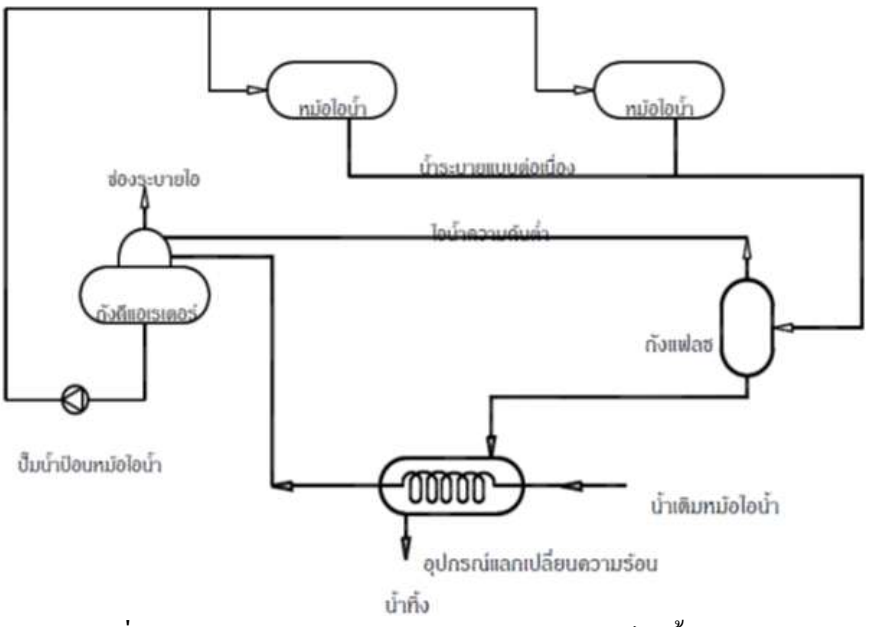
รูปที่ 2.20 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่นิยมใช้ในการนำอากาศร้อนทิ้งนำมาใช้

- การนำของเหลวร้อนหรือน้ำร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ ของเหลวร้อนหรือน้ำร้อนเหลือทิ้งที่มีอุณหภูมิสูงจะมีพลังงานความร้อนที่สามารถจะนำมาใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งของเหลวร้อนหรือน้ำ

ร้อนเหลือทิ้งที่ได้จากกระบวนการผลิตที่สะอาดไม่มีสิ่งปนเปื้อน เช่น น้ำระบายความร้อน, น้ำที่ได้จากขั้นตอนการคอนเดนเสทสามารถที่จะนำมาใช้สัมผัสกับสิ่งที่ต้องการให้ความร้อนได้โดยตรงซึ่งการนำมาใช้ได้แก่ นำมาใช้กับหม้อไอน้ำโดยตรง, นำมาใช้ในการผลิตไอน้ำแฟลชเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตแสดงดังรูปที่ 2.21 เป็นต้น แต่ถ้าพบว่าของเหลวร้อนหรือน้ำร้อนเหลือทิ้งที่ได้จากกระบวนการผลิตไม่สะอาดมีสิ่งเจอปน เช่น น้ำร้อนจากกระบวนการฟอกย้อม การนำกลับมาใช้ใหม่นั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมาเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน เช่น การนำน้ำร้อนทิ้งนำมาอุ่นน้ำก่อนเข้ากระบวนการย้อม, การนำน้ำร้อนทิ้งความดันสูงมาผลิตไอน้ำแฟลชเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตแสดงดังรูปที่ 2.22

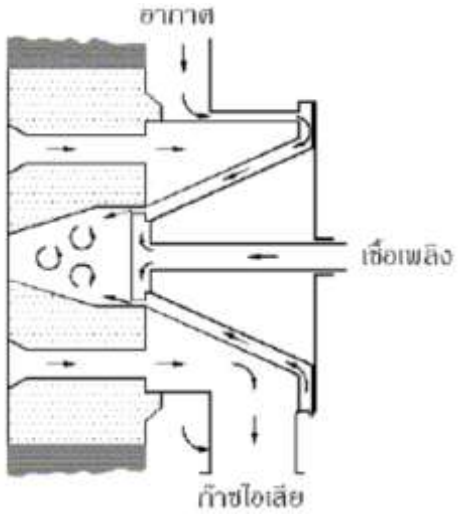


รูปที่ 2.21 การนำคอนเดนเสทมาผลิตไอน้ำแฟลช

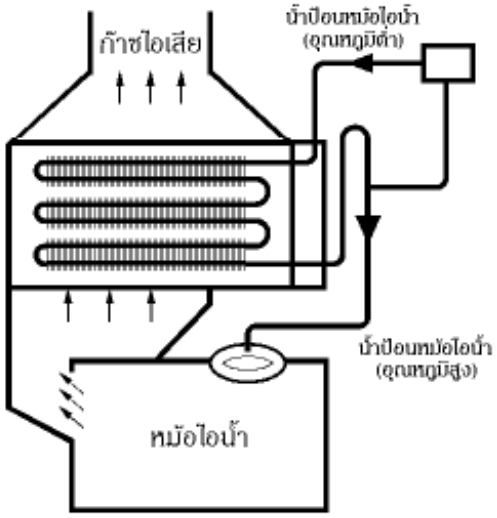


รูปที่ 2.22 การนำคอนเดนเสทความดันสูงมาผลิตไอน้ำแฟลช

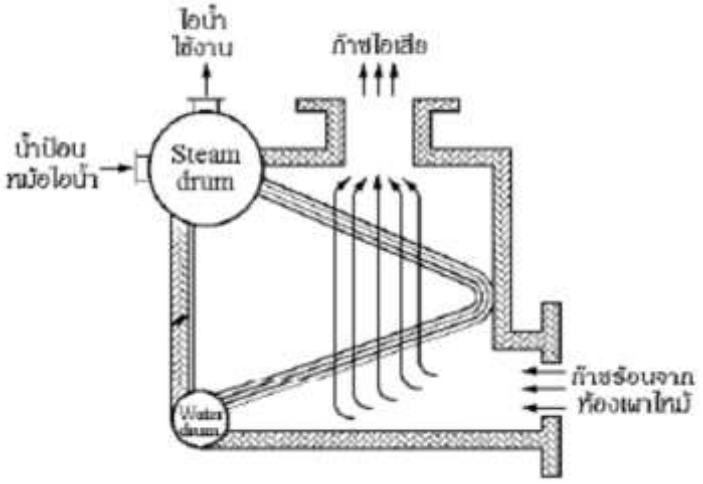
- **การนำความร้อนทิ้งจากก๊าซไอเสียนำกลับมาใช้** ก๊าซไอเสียที่ได้จากเตาเผาหรือจากหม้อไอน้ำจะเป็นก๊าซไอเสียที่มีอุณหภูมิสูงมากซึ่งนั่นก็หมายความว่าการที่ปล่อยทิ้งก๊าซไอเสียไปโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ก็เท่ากับว่าสูญเสียพลังงานทางความร้อนจำนวนมากไปถึงประมาณ 10 ถึง 50 เปอร์เซ็น ดังนั้นจึงควรมีการนำเอาก๊าซไอเสียสกลับมาใช้ประโยชน์ เช่น การนำมาผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่ออุ่นอากาศก่อนเข้ากระบวนการเผาไหม้แสดงดังรูปที่ 2.23 นำมาอุ่นน้ำก่อนเข้าหม้อไอน้ำดังรูปที่ 2.24 นำมาใช้ผลิตไอน้ำดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.23 Recuperative Burner



รูปที่ 2.24 Economizer



รูปที่ 2.25 Waste heat boiler

บทที่ 3

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 งานวิจัยภายในประเทศ

นายณรงค์ฤทธิ์ มูลเจริญ [5] ได้ทำการศึกษาการนำความร้อนทิ้งจากไอเสียที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มสุกรนำมาใช้ในระบบทำความเย็นแบบดูดซึม โดยทำการศึกษาความเหมาะสมของการนำความร้อนทิ้งมาใช้ในระบบทำความเย็นโดยการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายต่างๆในการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนที่ใช้ระบบทำความเย็นแบบดูดซึมและได้นำข้อมูลจากการเลี้ยงสุกรในโรงเรือนแบบระเหยนำวิเคราห์ผลมาเปรียบเทียบความคุ้มค่า ซึ่งจากการศึกษาพบว่าในโรงเรือนมาตรฐาน 1,000 ตัว ขนาดของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่เหมาะสมคือ 120 ตันความเย็น ซึ่งไอเสียที่เพียงพอฟาร์มต้องผลิตก๊าซชีวภาพไม่ต่ำกว่า 8,100 m^3/วัน จึงต้องเลี้ยงสุกรไม่ต่ำกว่า 58,500 ตัว ถ้าภาระการทำความเย็นมากกว่าปกติจะมีการเผาก๊าซชีวภาพเสริมหรือถ้าไม่มีระบบทำความร้อนเสริมจำเป็นต้องเลี้ยงสุกรตั้งแต่ 106,500 ตัวขึ้นไป งานวิจัยนี้พบว่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานกรณีไม่ที่ได้นำความร้อนที่เหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ระบบผลิตไฟฟ้าก๊าซชีวภาพมีประสิทธิภาพแค่เพียง 16.9% แต่เมื่อมีการนำความร้อนทิ้งมาใช้ประโยชน์จะพบว่าประสิทธิภาพของการใช้พลังงานจะเพิ่มขึ้นเป็น 24.8% ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ผลจากการศึกษาจะพบว่าโครงการจะให้ผลตอบแทนจากการลงทุน 29.34% ระยะเวลาคืนทุน 3.47 ปี

นายปิติพล วังธิยอง [6] ได้ทำการศึกษาความเหมาะสมกับการประเมินศักยภาพในการนำระบบผลิตพลังงานร่วมทำงานร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดซึมมาใช้ในโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ ซึ่งในงานวิจัยนี้ระบบผลิตพลังงานร่วมที่ใช้ในการศึกษาคือเครื่องยนต์สันดาปภายในกับระบบทำความเย็นเป็นแบบดูดซึมขั้นตอนเดียว โดยในการศึกษานั้นได้ทำการพิจารณาระบบออกแบบเป็น 2 รูปแบบคือ ออกแบบให้รับกับความต้องการทางความร้อนและออกแบบให้รับกับความต้องการทางไฟฟ้าของโรงพยาบาล การศึกษาแบ่งเป็น 10 กรณี 5 กรณีแรก ให้ระบบทำงานรองรับความต้องการทางไฟฟ้า 100% , 80% , 60% , 40% , 20% และ 5 กรณีสุดท้ายคือการให้ระบบทำงานรองรับกับความต้องการทางความร้อน 100% , 80% , 60% , 40% , 20% พบว่าการให้ระบบทำงานรองรับความต้องการทางความร้อน 100% มีความคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด ระยะเวลาคืนทุน 6.38 ปี อัตราผลตอบแทน 20.58% ส่วนการออกแบบให้รองรับกับความต้องการ

ทางไฟฟ้า 100% มีความคุ้มค่ากับการลงทุนมากเช่นกันแต่ก็ยังที่น้อยกว่าระบบที่ทำงานรองรับความต้องการทางความร้อน 100% ซึ่งระยะเวลาของการคืนทุนนั้นเท่ากับ 6.54 ปี อัตราผลตอบแทน 20.19%

นางนัฐพร ไชยญาติ [7] ได้ศึกษาการออกแบบและทำการทดลองพัฒนาปรับปรุงแก้ไขปัญหาในเรื่องของการควบคุมปริมาณสารทำงานในระบบการทำความเย็นแบบดูดซึมขนาด 4 TR โดยระบบที่ได้ทำการศึกษาได้ใช้สารทำงานในระบบคือ สารละลายแอมโมเนีย-น้ำ พลังงานความร้อนที่ให้แก่ระบบได้มาจากไอเสียจากการเผาก๊าซชีวภาพของเครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้าในฟาร์มหมูไอเสียมีความร้อนประมาณ 440 ºC จะให้ปริมาความร้อน 47 kW ซึ่งในระบบนี้อุณหภูมิของเครื่องทำระเหยเท่ากับ 4 ºC จากการศึกษาทดลองพบว่าอุณหภูมิภายในห้องเย็นต่ำกว่า 4 ºC อุณหภูมิสารทำงานออกจากเครื่องทำระเหย -0.51 ºC ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) 0.25 ระบบสามารถทำงานได้ต่อเนื่องโดยไม่พบปัญหาการท่วมของสารละลายเหลวที่เจนเนอเรเตอร์ ไม่มีปัญหาการกลั่นตัวไม่ต่อเนื่องของสารทำงานในสภาวะก๊าซไม่พบสารละลายมีความเข้มข้นลดลงที่คอนเดนเซอร์ การศึกษาพบว่าระบบทำความเย็นแบบดูดซึมทำให้ประสิทธิภาพของระบบความร้อนรวมเพิ่มขึ้นจากเดิม 19.37% เพิ่มขึ้นเป็น 26.49% จากกการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์พบว่าระบบทำความเย็นแบบดูดซึมขนาด 4 TR ไม่คุ้มทุนเมื่อเทียบกับระบบทำความเย็นแบบอัดไอถ้าค่าไฟฟ้าถูกกว่า 3.8 บาทต่อหน่วย หรือระบบทำความเย็นแบบดูดซึมมีขนาดมากกว่า 6 TR จะทำให้ระบบมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนติดตั้งระบบทำความเย็นแบบดูดซึม

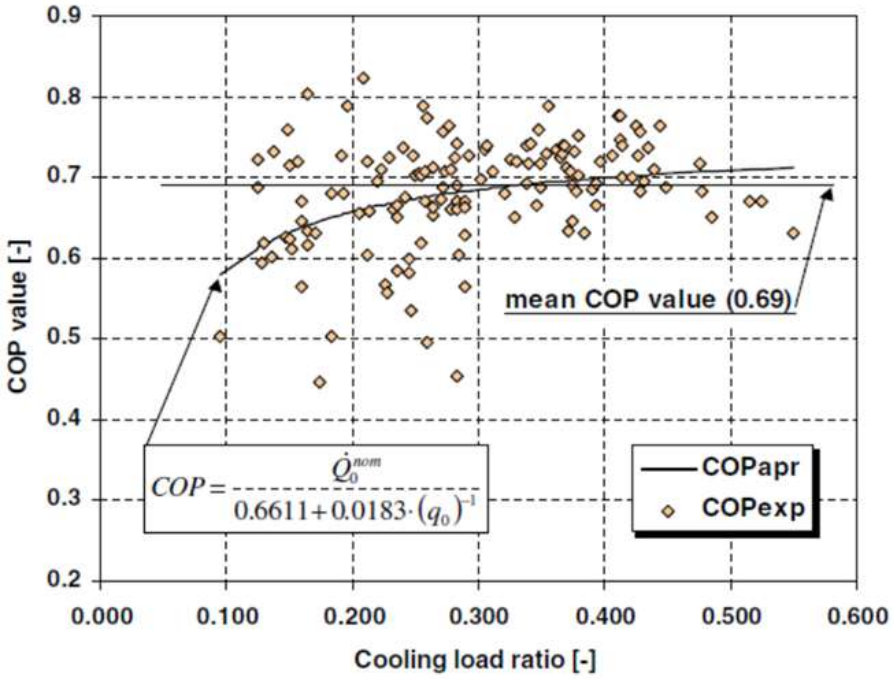
นายสมมาส แก้วล้วน [8] ได้ทำการศึกษาศักยภาพการนำระบบ cogeneration และเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมาใช้ในอาคารธุรกิจบางประเภท ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้อาคารศูนย์การค้า Big C แจ้งวัฒนะ โดยระบบ cogeneration ที่ทำการศึกษามี 2 รูปแบบคือ 1. Internal combustion engine cogeneration 2. Gas turbine cogeneration ในส่วนของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมที่ใช้ในการศึกษามี 3 แบบคือ 1. เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมชั้นเดียว, 2. เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมสองชั้น, 3. เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมชนิดให้ความร้อนโดยการเผาไหม้ให้แก่ระบบโดยตรง โดยได้ออกแบบให้ระบบทำงานวันละ 17 ชั่วโมง เริ่มตั้งแต่ 7.00 น. –24.00 น. และทำการออกแบบให้ระบบรับกับ Electrical base load และ Electrical intermediate load ผลการศึกษาพบว่าระบบ Internal combustion engine cogeneration เมื่อออกแบบให้รับกับ Electrical intermediate load ทำงานร่วมกับเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมชนิดให้ความร้อนโดยการเผาไหม้ให้แก่ระบบโดยตรงมีความเป็นไปได้มากที่สุดซึ่งให้ระยะคืนทุน 6.04 ปี อัตราผลตอบแทนภายใน 21.2 เปอร์เซ็นต่อปี และเมื่อ

ทำงานร่วมกับเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมสองชั้นระยะคืนทุน 6.28 ปี อัตราผลตอบแทนภายใน 20.5 เปอร์เซ็นต่อปี จากการศึกษานี้ทำให้ประมาณได้ว่าความเหมาะสมที่จะใช้ระบบที่ได้ทำการศึกษาข้างต้นนี้ถ้าหากศูนย์การค้าอื่นๆได้ทำการติดตั้งระบบที่มีขนาดใกล้เคียงกัน

นายสุภโชค เอกอิทธิพัทธ์ [9] ได้ศึกษาเปรียบเทียบการนำพลังงานจากก๊าซชีวภาพมาใช้กับระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอและระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม โดยทำการจำลองทางคณิตศาสตร์ได้นำโปรแกรม Visual basic มาประยุกต์ใช้กับแบบจำลองของระบบทำน้ำเย็น ซึ่งแบ่งเป็น 1.การจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม 2.การจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอ ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองจะนำมาวิเคราะห์คำนวณผลเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยทำการเปรียบเทียบ 3 ระบบคือ 1. ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมโดยใช้หัวเผาจากพลังงานก๊าซชีวภาพ 2. ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอโดยใช้เครื่องยนต์จากพลังงานก๊าซชีวภาพ 3. ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอใช้พลังงานทางไฟฟ้า โดยแบ่งพิจารณาภาระการทำความเย็น 500 kW, 750 kW , 1,000 kW , 1,250 kW, 1,500 kW ผลจากการศึกษาพบว่า ค่าสมรรถณะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอและระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบแบบดูดซึมมีค่าเท่ากับ 4.07 และ 0.78 ตามลำดับ ที่ขนาดภาระการทำความเย็น 1,000 kWระบบทำความเย็นแบบดูดซึมใช้หัวเผาจากพลังงานก๊าซชีวภาพให้มูลค่าปัจจุบันจากระยะเวลา 25 ปี เท่ากับ –35,962,033 บาท เป็นค่าสูงที่สุดและระบบทำความเย็นแบบอัดไอใช้เครื่องยนต์จากพลังงานก๊าซชีวภาพ เท่ากับ -27,095,679 บาท เป็นค่าต่ำที่สุด

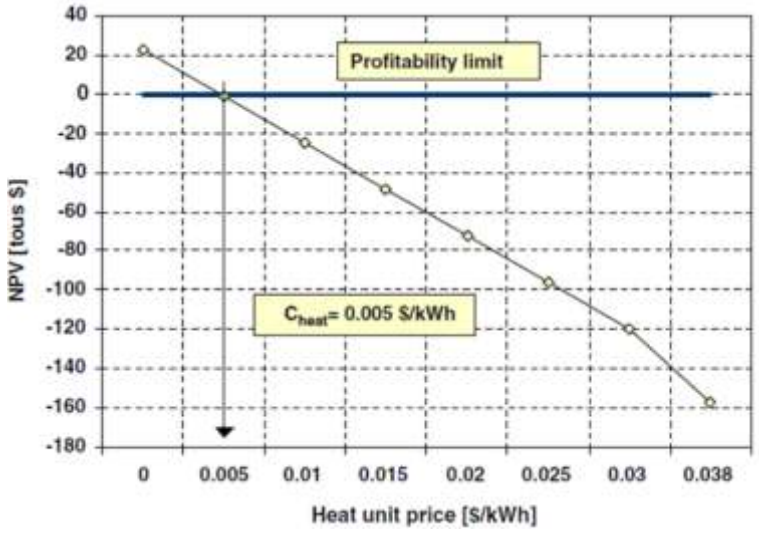
3.2 งานวิจัยของต่างประเทศ

Tomasz M. Mro ´z [10] ได้ทำการศึกษาระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมชั้นเดียวที่ใช้ LiBr–H_2O เป็นสารดูดซึมและสารทำความเย็นโดยที่ระบบติดตั้งอยู่ที่ Municipal CHP plant of the city of Poznan ประเทศโปแลนด์ ซึ่งระบบนี้มีขนาด 495 kW จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ต้องทราบถึงอิทธิพลของภาระการทำความเย็นจริงที่มีผลต่อ COP โดยทำการตรวจวัดระบบจริงแล้วนำผลมาวิเคราะห์จะพบว่าค่าเฉลี่ยของ COP ที่วิเคราะห์จากค่าการตรวจวัดจริงมีค่าเท่ากับค่าของข้อมูลจากแคตตาล็อกซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.69



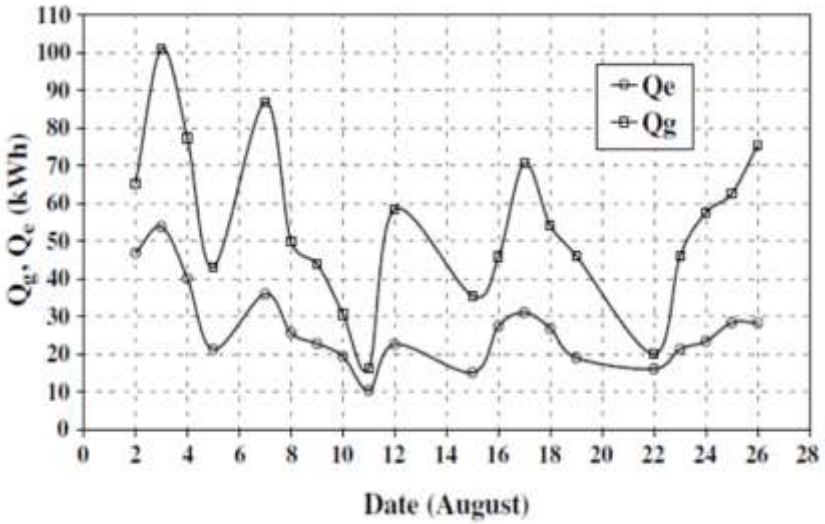
รูปที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง COP และ Cooling load ratio

และงานวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยมุ่งเน้นที่ราคาต่อหน่วยพลังงาน โดยการคำนวณวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จะใช้การคำนวณแบบ NPV ระยะเวลาที่ใช้การคำนวณเป็นระยะเวลา 10 ปี ซึ่งจะพบว่าภาวะที่ให้ผลกำไรในการใช้ระบบระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมสามารถใช้เมื่อราคาพลังงานความร้อนที่ใช้มีค่าเท่ากับ 0.005 $/kWh และต่ำกว่า



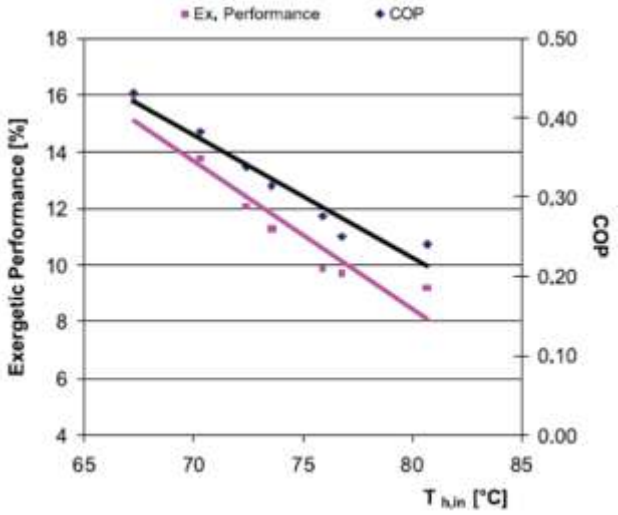
รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า NPV และ heat unit price

M. Izquierdo , R. Lizarte และคณะ [11] ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของ ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมชั้นเดียวที่ใช้ LiBr–H_2O (Rotartica045v) ขนาด 4.5 kW ได้ทำการทดลองที่ EduardoTorroja Institute Heat Pump Laboratory at La Poveda, Arganda, Madrid ประเทศสเปน โดยได้ทำการศึกษาในเดือนสิงหาคมปี 2005 ซึ่งอุณหภูมิน้ำร้อนขาเข้า Generator ประมาณ 80 ถึง 107 ºC โดยเลือก 3 วันที่อุณหภูมิแตกต่างกันมาเป็นกรณีศึกษาแบ่งเป็น Warm day, Hot day , Very hot day จากการวิเคราะห์พบว่าค่า COP ของแต่ละกรณีมีค่าเท่ากับ 0.64, 0.52 และ 0.42 ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์จะพบว่าพลังงานความร้อนรวมที่ป้อนให้กับ Generator มีค่าเท่ากับ 1085.5 kWh และพลังงานความร้อนที่ออกจากเครื่องทำระเหยมีค่าเท่ากับ 534.5 kWh ดังนั้นค่าเฉลี่ย COP ที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.49



รูปที่ 3.3 แสดงปริมาณความร้อนที่ให้ Generator และปริมาณความเย็นที่ผลิตได้ใน Evaporator

F. Asdrubali และ S. Grignaffini [12] ได้ทำวิเคราะห์เพื่อศึกษาระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมชั้นเดียวที่ใช้ LiBr–H_2O โดยทำการทดลองและทำการจำลองโปรแกรมนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ โดยในงานวิจัยนี้จะเน้นลักษณะของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำร้อนที่ป้อนให้กับ Generator ที่มีผลต่อค่า COP การวิเคราะห์จะแบ่งเป็น 2 แบบ คือกรณีแรกกำหนดให้อัตราการไหลของวงจรภายนอกมีค่าคงที่โดยทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำร้อน, กรณีที่สองทำการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำร้อนซึ่งจะพบว่าอุณหภูมิน้ำร้อนที่อยู่ในช่วงรอบๆ 70 °C ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงทำให้เป็นที่น่าสนใจในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ของ COP และ Exergetic performance กับอุณหภูมิน้ำร้อนที่ใช้

M. Shekarchian, M. Moghavvemi และคณะ [13] ได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานประจำปีสำหรับการทำความเย็นในประเทศอิหร่าน โดยได้ทำการศึกษาพลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นต่อหน่วยพื้นที่และผลรวมของค่าใช้จ่ายทางพลังงานทั้งหมดต่อหน่วยพื้นที่ของระบบปรับอากาศแบบระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอและเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมสำหรับสภาวะภูมิอากาศที่แตกต่างกัน จากการศึกษาพบว่าความต้องการทางพลังในการทำความเย็นต่อหน่วยพื้นที่ของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีค่ามากกว่าของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอในทุกสภาพภูมิอากาศ แต่จะพบว่าผลรวมค่าใช้จ่ายทางพลังงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอมีค่ามากกว่าระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมเนื่องจากราคาของก๊าซธรรมชาติและราคาไฟฟ้าในประเทศอิหร่านและในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น COP สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมกับการประหยัดค่าใช้จ่าย จะพบว่าเมื่อการเพิ่มการใช้พลังงานต่อหน่วยพื้นที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าใช้จ่ายทางพลังงานต่อหน่วยพื้นที่มีค่าลดลงโดยที่การเพิ่มขึ้นทีละ 0.1 ของ COP สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจะประหยัดค่าใช้จ่ายอย่างน้อยที่สุด 50 USD/m^2

บทที่ 4

วิธีการดำเนินงาน

บทนี้จะกล่าวถึงวิธีการในการตรวจวัดและการเก็บข้อมูลของรายละเอียดต่างๆในการลงพื้นที่ทำการตรวจวัดและการเก็บข้อมูลของสถานประกอบการ

ระบบปรับอากาศที่ทำการตรวจวัและเก็บข้อมูลในงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการทำงานและค่าประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ 2 ชนิด ได้แก่ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน, ระบบปรับอากาศแบบดูดซึม ซึ่งทางสถานประกอบการตัวอย่างได้ทำการปรับเปลี่ยนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนมาเป็นระบบปรับอากาศแบบดูดซึม ซึ่งทางสถานประกอบการตัวอย่างไม่ได้รื้อถอนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนออกเพราะต้องการมีไว้ใช้สำรองเผื่อไว้เมื่อระบบทำความเย็นแบบดูดซึมมีปัญหา โดยที่ในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระบบปรับอากาศทั้ง 2 ระบบข้างต้นนั้น ก่อนทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลจะทำการตั้งอุณหภูมิของห้องที่ใช้ในการทดลองให้มีค่าเท่ากันคือ 25 °C

4.1 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

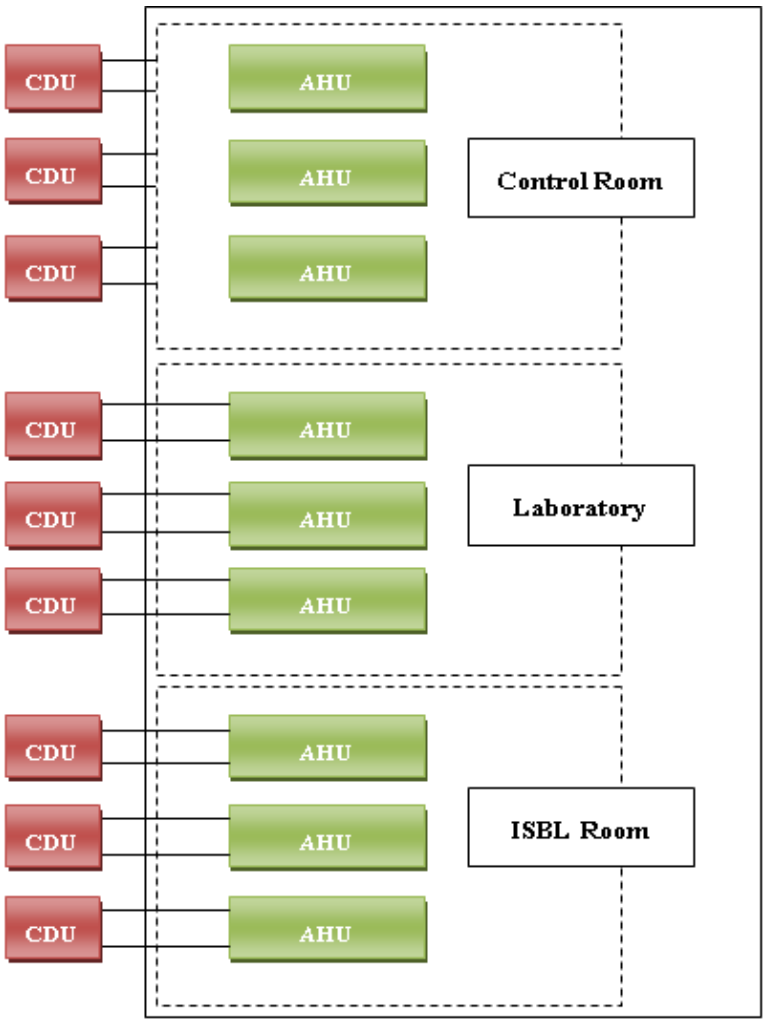
ระบบที่ทำการตรวจวัดเป็นระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)โดยใช้เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit, AHU) ระบายความร้อนด้วยอากาศขนาดพิกัดการทำความเย็น 400,000 BTU / h จำนวนห้องที่ทำการตรวจวัดมี 3 ห้อง โดยแต่ละห้องได้แก่ ห้อง Control room (เครื่อง AC-CB-01, AC-CB-02, AC-CB-03), ห้อง Lab (เครื่อง AC-CB-04, AC-CB-05, AC-CB-06), ห้อง ISDL (เครื่อง AC-SW-01, AC-SW-02, AC-SW-03) จะมีเครื่องส่งลมเย็นแบ่งเป็นห้องละ 3 เครื่อง โดยที่ลักษณะการติดตั้งของเครื่องส่งลมเย็นได้ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งในรูปที่ 4.1 นั้นเป็นรูปที่แสดงลักษณะของตำแหน่งการวางของเครื่องส่งลมเย็นภายใน 1 ห้องตัวอย่างที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลเท่านั้น

รูปที่ 4.1 ลักษณะการติดตั้งเครื่องส่งลมเย็น

ซึ่งในส่วนของเครื่องควบแน่นตำแหน่งการติดตั้งจะติดตั้งไว้อยู่ภายนอกอาคารการทำงานของระบบจะทำงานแบบการใช้งานสลับกันโดยทำงาน 2 เครื่อง Stand by อีกหนึ่งเครื่องซึ่งเวลาการทำงานของระบบจะทำงานวันละ 24 ชั่วโมงต่อวัน 365 วันต่อปี ลักษณะการติดตั้งเครื่องควบแน่นดังแสดงในรูป 4.2

รูปที่ 4.2 ลักษณะการติดตั้งเครื่องควบแน่น

ตำแหน่งของการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนทั้ง 3 ห้อง ที่อยู่ภายในอาคารเดียวกันที่ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลแสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ตำแหน่งการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ทำการตรวจวัดทั้ง 3 ห้อง

4.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนนั้นมีดังต่อไปนี้

1. **อุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter)**

   - วัดไฟฟ้าเฟสเดียวและสามเฟส
   - วัดกระแสไฟฟ้าได้ถึง 6500 A
   - วัดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าได้ถึง 600 V
   - วัดไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

   เป็นอุปกรณ์ใช้ตรวจวัดและบันทึกค่าข้อมูลกำลังไฟฟ้าแสดงไว้ดังรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 อุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้า

2. อุปกรณ์วัดความเร็วลม (Anemometer)

- Measurement: m/s, km/h, ft/min., knots
- Range: 0.4 - 30.0 m/s, 1.4 - 108.0 km/h, 80 – 5910 ft/min, 0.8 – 58.3 knots
- Resolution: 0.1 m/s, 0.1 km/h, 10 f/min., 0.1 knots

เป็นอุปกรณ์ใช้ตรวจวัดค่าความเร็วลมแบบใบพัดดังแสดงในรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.5 อุปกรณ์วัดความเร็วลม

3. อุปกรณ์วัดและบันทึกข้อมูลสิ่งแวดล้อม (Weather Data Logger)

temperature

- Measurement range : -40 - 70 º C
- Resolution : 0.1 ° C

Humidity

- Measurement range : 0 – 100 %RH
- Resolution : 0.1 %RH

pressure

- Measurement range : 950 – 1050 hPa
- Resolution : 0.1 hPa

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิและบันทึกอุณหภูมิ, ความชื้น, ความดันบรรยากาศ แสดงดังรูปที่ 4.6

รูปที่ 4.6 อุปกรณ์วัดความชื้น

4. อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (Digital Humidity Meter)

Humidity

- Range : 10 % to 95 %RH
- Resolution : 0.01 %RH

Temperature

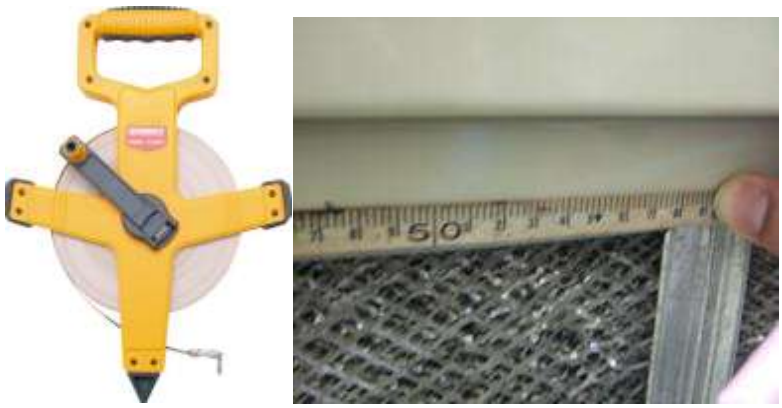
- Range : 0 º C to 50 º C, 32 °F to 122 °F
- Resolution : 0.01 degree

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศและอุณหภูมิในแต่ละครั้งดังรูปที่ 4.7

รูปที่ 4.7 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ

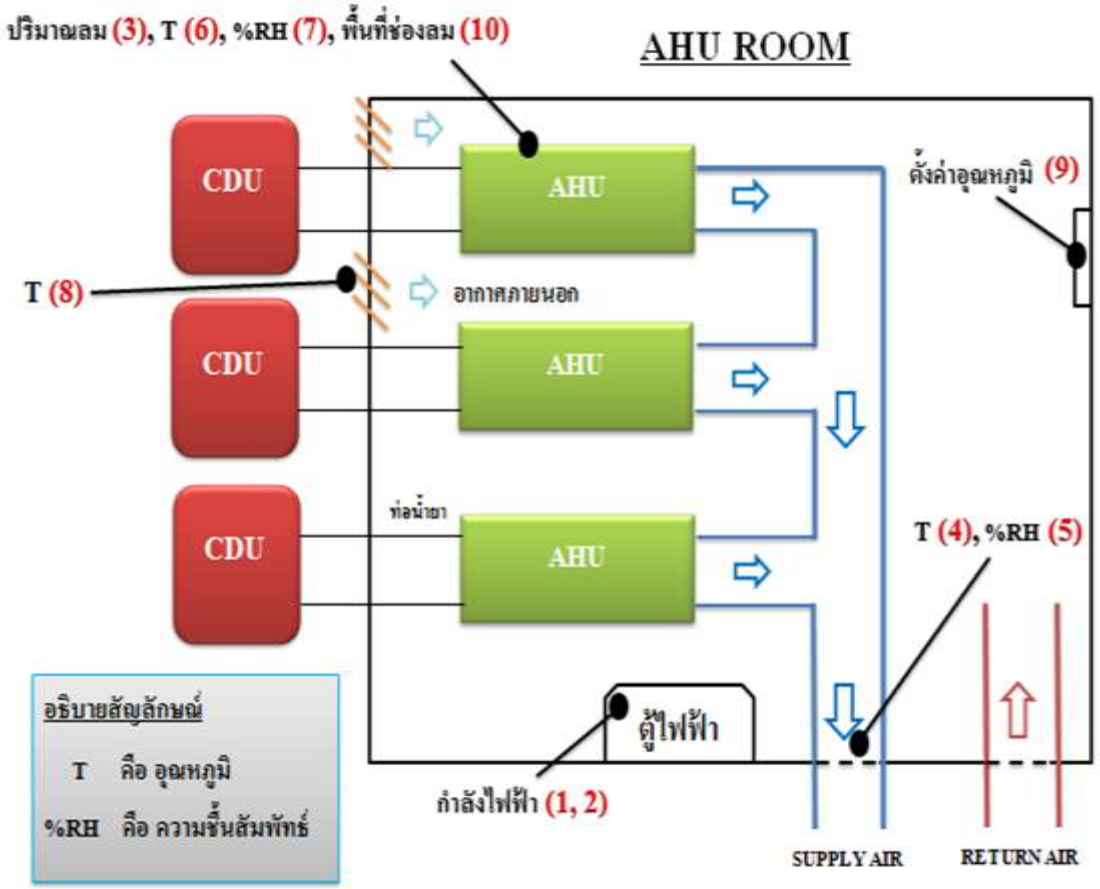
5. ตลับเมตร

ใช้วัดระยะความยาวของพื้นที่หน้าตัดช่องลมขาเข้าดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ตลับเมตร

4.1.2 ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดและติดตั้งอุปกรณ์ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน



รูปที่ 4.9 ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดและติดตั้งอุปกรณ์ภายใน 1 ห้อง ที่ทำการตรวจวัด

จากรูปที่ 4.9 จะเป็นการแสดงตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดและทำการติดตั้งอุปณ์ที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลใน 1 ห้องที่ใช้ในการทดลองในขณะที่ทางสถานประกอบการตัวอย่างยังได้ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนอยู่ ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจะอ้างอิงตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดและติดตั้งอุปกรณ์จากรูปที่ 4.9

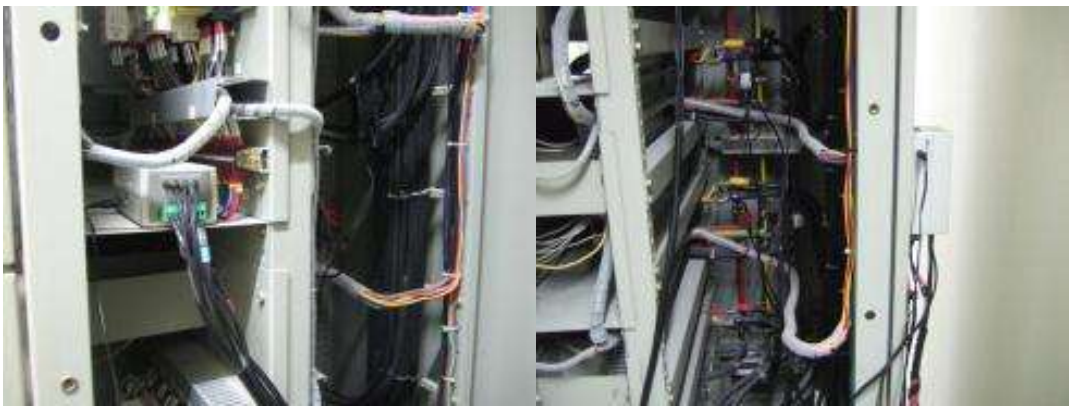
1. ตำแหน่งที่ 1 คือ ตำแหน่งของตู้จ่ายไฟฟ้าให้กับเครื่องส่งลมเย็น

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าเพื่อใช้ในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลโดยการบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนของเครื่องส่งลมเย็น ซึ่งจะทำให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องส่งลมเย็น (P_{AHU}) รูปที่ 4.10 จะแสดงให้เห็นถึงการติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องส่งลมเย็น

รูปที่ 4.10 การติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องส่งลมเย็น

2. ตำแหน่งที่ 2 คือ ตำแหน่งของตู้จ่ายไฟฟ้าให้กับชุดควบแน่น

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าเพื่อใช้ในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลโดยการบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนของเครื่องควบแน่น (Condensing Unit) ซึ่งจะทำให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องควบแน่นเย็น (P_{CDU}) รูปที่ 4.11 จะแสดงให้เห็นถึงการติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องควบแน่น



รูปที่ 4.11 การติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องควบแน่น

3. ตำแหน่งที่ 3 คือ ตำแหน่งที่ปริมาณลมอากาศเย็นเข้าเครื่องส่งลมเย็น

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บค่าข้อมูลของปริมาณลมเย็นที่เข้าเครื่องส่งลมเย็น โดยได้ใช้อุปกรณ์วัดความเร็วลมแบบใบพัดในการตรวจวัดดังแสดงในรูปที่ 4.12 ซึ่งค่าข้อมูลปริมาณลมที่เข้าเครื่องส่งลมเย็น (Q_{ac}) ที่ได้จะถูกนำไปคำนวณหาค่าอัตราการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

รูปที่ 4.12 การตรวจวัดปริมาณลมอากาศเย็นเข้าเครื่องส่งลมเย็น

4. ตำแหน่งที่ 4 คือ ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดอุณหภูมิของอากาศเย็นที่ด้านจ่าย

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บค่าข้อมูลของอุณหภูมิของอากาศเย็นที่ด้านจ่ายที่ถูกส่งมาจากเครื่องส่งลมเย็น (T_S) โดยได้ใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศแสดงดังรูปที่ 4.13 ซึ่งค่าที่ได้นั้นจะเอาไปหาค่าของเอนธัลปีของอากาศเย็นที่ด้านจ่ายเพื่อจะนำไปใช้ในการคำนวณอัตราการทำความเย็น

รูปที่ 4.13 วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเย็นที่ด้านจ่ายจากเครื่องส่งลมเย็น

5. ตำแหน่งที่ 5 คือ ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเย็นที่ด้านจ่าย

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บค่าข้อมูลของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเย็นที่ด้านจ่ายที่ถูกส่งมาจากเครื่องส่งลมเย็น (RH_s) โดยได้ใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศแสดงดังรูปที่ 4.13 โดยในการตรวจวัดแต่ละครั้งจะอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเย็นพร้อมกับการอ่านค่าของอุณหภูมิอากาศเย็นที่ด้านจ่ายที่ถูกส่งมาจากเครื่องส่งลมเย็น ซึ่งค่าที่ได้นั้นจะเอาไปหาค่าของเอนธัลปีของอากาศเย็นที่ด้านจ่ายเพื่อจะนำไปใช้ในการคำนวณอัตราการทำความเย็น โดยการอ่านค่าจากอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศจะแสดงในรูปที่ 4.7 ตัวเลขที่อยู่ข้างบนตัวใหญ่คือค่าของความชื้นสัมพัทธ์อากาศในส่วนค่าตัวตัวเลขที่อยู่ข้างล่างซ้ายนั้นคือค่าของอุณหภูมิของอากาศ

6. ตำแหน่งที่ 6 คือ ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดอุณหภูมิของอากาศเย็นที่ด้านกลับ

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บค่าข้อมูลของอุณหภูมิของอากาศเย็นที่ด้านกลับที่เข้าเครื่องส่งลมเย็น (T_r)โดยได้ใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ ซึ่งค่าที่ได้นั้นจะเอาไปหาค่าของเอนธัลปีของอากาศเย็นที่ด้านกลับเพื่อจะนำไปใช้ในการคำนวณอัตราการทำความเย็น

7. ตำแหน่งที่ 7 คือ ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเย็นที่ด้านกลับ

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บค่าข้อมูลของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเย็นที่ด้านกลับที่เข้าเครื่องส่งลมเย็น (RH_r) โดยได้ใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ โดยในการตรวจวัดแต่ละครั้งจะอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเย็นพร้อมกับการอ่านค่าของอุณหภูมิของอากาศเย็นที่ด้านกลับที่เข้าเครื่องส่งลมเย็น ซึ่งค่าที่ได้นั้นจะเอาไปหาค่าของเอนธัลปีของอากาศเย็นที่ด้านกลับเพื่อจะนำไปใช้ในการคำนวณอัตราการทำความเย็น

8. ตำแหน่งที่ 8 คือ ตำแหน่งที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมขณะตรวจวัด

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดและบันทึกค่าของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (T_a) ขณะตรวจวัดและเก็บข้อมูล โดยได้ทำการการติดตั้งอุปกรณ์วัดดังรูปที่ 4.6 และบันทึกข้อมูลสิ่งแวดล้อมที่ตำแหน่งนี้

9. ตำแหน่งที่ 9 คือ ตำแหน่งที่ตั้งค่าอุณหภูมิของห้องปรับอากาศ

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ทำการตั้งค่าอุณหภูมิของห้องปรับอากาศก่อนทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลต่างๆให้มีค่าอุณหภูมิของห้องปรับอากาศเท่ากับ 25 °C ดังแสดงในรูปที่ 4.14

รูปที่ 4.14 การตั้งค่าอุณหภูมิของห้องปรับอากาศก่อนทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลต่างๆ

10. ตำแหน่งที่ 10 คือ ตำแหน่งของช่องลมด้านกลับที่เข้าเครื่องส่งลมเย็น

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ทำการวัดหาค่าขนาดความยาวของช่องลมขากลับเข้าเครื่องส่งลมเย็นดังรูปที่ 4.15 ซึ่งค่าความยาวที่ได้จะนำไปหาพื้นที่ของช่องลมขากลับเครื่องส่งลมเย็นเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราทำความเย็น

รูปที่ 4.15 การวัดหาค่าขนาดความยาวของช่องลมขากลับเข้าเครื่องส่งลมเย็น

4.1.3 วิธีการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

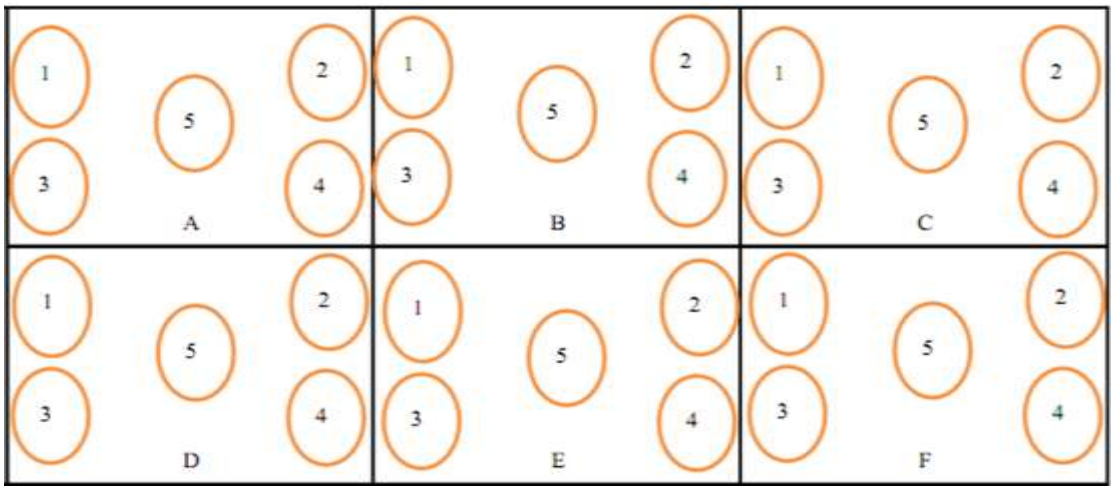
การตรวจวัดและการเก็บข้อมูลจะยึดแนวทางการตรวจวัดและพิสูจน์ (Measurement & Verification) ตามทางเลือกของข้อตกลงร่วมกันด้านการตรวจวัดและพิสูจน์ทราบระดับนานาชาติ (International Performance Measurement and Verification Protocol; IPMVP) โดยเลือกแนวทางการใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดแบบ A รวมกับข้อมูลจากการประมาณการณ์ (Measured Factors and Stipulated) [14, 15]

งานวิจัยนี้ได้ทำการตั้งค่าตัวแปรควบคุมไว้นั้นคือการตั้งค่าอุณหภูมิของห้องปรับอากาศ ดังนั้นก่อนทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลจะทำการตั้งค่าอุณหภูมิของห้องที่ใช้ในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลทั้งหมด 3 ห้อง ให้มีค่าเท่ากับ 25 °C ซึ่งค่าที่ทำการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลจะแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 วิธีการบันทึกข้อมูลและตัวแปรที่ทำการตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

ลำดับที่	รายละเอียด	ระยะเวลาการบันทึกข้อมูล	สัญลักษณ์	หน่วย
1	กำลังไฟฟ้าของ AHU	บันทึกข้อมูล 3 ช.ม.ทุก 1 น.	P_{AHU}	kW
2	กำลังไฟฟ้าของ CDU	บันทึกข้อมูล 3 ช.ม.ทุก 1 น.	P_{CDU}	kW
3	ปริมาณลมด้านจ่ายอากาศเย็น	จดบันทึกข้อมูล 1 ช.ม.ทุกๆ 15 น.	Q_{ac}	m^3/s
4	อุณหภูมิอากาศเย็นที่ด้านจ่าย	จดบันทึกข้อมูล 1 ช.ม.ทุกๆ 15 น.	T_s	^0C
5	ความชื้นอากาศเย็นที่ด้านจ่าย	จดบันทึกข้อมูล 1 ช.ม.ทุกๆ 15 น.	RH_s	%RH
6	อุณหภูมิอากาศเย็นที่ด้านกลับ	จดบันทึกข้อมูล 1 ช.ม.ทุกๆ 15 น.	T_r	^0C
7	ความชื้นอากาศเย็นที่ด้านกลับ	จดบันทึกข้อมูล 1 ช.ม.ทุกๆ 15 น.	RH_r	%RH
8	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมขณะตรวจวัด	จดบันทึกข้อมูล 1 ช.ม.ทุกๆ 15 น.	T_a	^0C

ในการศึกษาของงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่านหน่วยเครื่องส่งลม, อุณหภูมิและความชื้นของลมกลับ (Return Air) โดยที่วิธีการตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศจะทำการตรวจวัด 5 จุด ตามลำดับหมายเลขที่แสดงในรูป 4.16 ในแต่ละช่องจนครบหมดทุกช่องแล้วทำการวัดซ้ำจนครบจำนวน 5 ครั้ง โดยการวัดแต่ละครั้งทำการตรวจวัดทุก 15 นาที และในส่วนของวิธีในการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นของลมกลับนั้นจะทำการตรวจวัด 1 จุด ที่ตำแหน่งหมายเลข 5 แสดงในรูปที่ 4.16 ในแต่ละช่องจนครบหมดทุกช่องแล้วทำการวัดซ้ำจนครบจำนวน 5 ครั้ง โดยการวัดแต่ละครั้งทำการตรวจวัดทุก 15 นาที



รูปที่ 4.16 จุดตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่าน AHU อุณหภูมิและความชื้นของ Return Air

วันและเวลาในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สรุปวันและเวลาการตรวจวัด

เครื่องจักร/อุปกรณ์	**วัน – เวลา**
AC-CB-01	21/7/2011 (13:00น.-16:00 น.)
AC-CB-02	20/7/2011 (16:00น.-17:00 น.)
AC-CB-03	21/7/2011 (9:00น.-12:00 น.)
AC-CB-04	21/7/11 (13:00น.-16:00 น.)
AC-CB-05	14/7/2011 (9:00น.-12:00 น.)
AC-CB-06	12/7/2011 (13:00น.-17:00 น.)
AC-SW-01	21/7/2011 (10:00น.-14:00 น.)
AC-SW-02	20/7/2011 (15:00น.-16:00 น.)
AC-SW-03	20/7/2011 (13:00น.-16:00 น.)

4.1.4 การคำนวณผลที่ได้จากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลได้แก่ ข้อมูลกำลังไฟฟ้าของ AHU, ข้อมูลกำลังไฟฟ้าของ CDU, ข้อมูลปริมาณลมด้านจ่ายอากาศเย็น, ข้อมูลอุณหภูมิอากาศเย็นที่ด้านจ่าย, ข้อมูลความชื้นอากาศเย็นที่ด้านจ่าย, ข้อมูลอุณหภูมิอากาศเย็นที่ด้านกลับ, ข้อมูลความชื้นอากาศเย็นที่ด้านกลับ, ข้อมูลอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมขณะตรวจวัด ซึ่งจากข้อมูลข้างต้นทั้งหมดนี้จะนำข้อมูลทั้งหมดของแต่ละตัวแปรนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อที่จะนำค่าเฉลี่ยนำมาใช้ในการวิเคราะห์และข้อมูลที่ทำการตรวจวัดอีกหนึ่งตัวแปรคือข้อมูลพื้นที่จ่ายลมซึ่งสามารถนำข้อมูลนี้นำมาวิเคราะห์ได้เลยโดยที่ไม่ต้องหาค่าเฉลี่ยค่าข้อมูลต่างๆที่ได้จากข้างต้นนี้จะนำมาคำนวณหาค่าการใช้พลังงาน [16] ซึ่งค่าที่ทำการคำนวณมีดังต่อไปนี้

1. การคำนวณหาค่าเอนธัลปีของอากาศเย็น

การคำวณหาค่าเอนธัลปีของอากาศเย็นนั้นเพื่อต้องการหาค่าเอนธัลปีของอากาศเย็นขาออกจากเครื่องส่งลมเย็นและของอากาศเย็นขากลับเข้าเครื่องส่งลมเย็นเพื่อที่จะนำค่าเอนธัลปีของอากาศเย็นไปใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนต่อไป โดยสมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าเอนธัลปีมีดังนี้

$$h = h_a + \omega h_v = Cp_{air}T_{air} + \omega h_g \quad (4.1)$$

โดยที่

$$\omega = 0.622P_v / (P - P_v) \quad (4.2)$$

และ

$$P_v = \varnothing P_g \quad (4.3)$$

เมื่อ

P คือ ความดันบรรยากาศ , kPa

T_{air} คือ อุณหภูมิ , ^{o}C

P_v คือ ความดันย่อยของไอน้ำ , kPa

P_a คือ ความดันย่อยของอากาศแห้ง , kPa

$\varnothing$ คือ ความชื้นสัมพัทธ์

ω คือ อัตราส่วนความชื้น , $kg_{water\ vapor} / kg_{dry\ air}$

Cp_{air} คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศมีค่าเท่ากับ 1.005 kJ / kg·^{o}C

h คือ เอนธัลปี , kJ / kg

h_a คือ เอนธัลปีของอากาศแห้ง , kJ / kg

h_v คือ เอนธัลปีของไอน้ำในอากาศ , kJ / kg

h_g คือ เอนธัลปีของไอน้ำอิ่มตัว , kJ / kg

2. การหาค่าความหนาแน่นของอากาศ

การคำนวณหาค่าความหนาแน่นของอากาศเพื่อนำค่าความหนาแน่นของอากาศนี้ไปใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราการทำความเย็นซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4.4

$$d = P / RT \tag{4.4}$$

เมื่อ

R คือ ค่าคงที่ของแก๊สมีค่าเท่ากับ 0.287 kJ / kg ·K

P คือ ความดันบรรยากาศ , kPa

T_{air} คือ อุณหภูมิอากาศ , K

T_s คือ อุณหภูมิอากาศเย็นที่ด้านจ่าย , ^{o}C

T_r คือ อุณหภูมิอากาศเย็นที่ด้านกลับ , ^{o}C

d_s คือ ความหนาแน่นของลมด้านจ่าย , kg / m^3

d_r คือ ความหนาแน่นของลมด้านกลับ , kg / m^3

d คือ ความหนาแน่นเฉลี่ย , kg / m^3

3. การคำนวณค่าภาระการทำความเย็น

การคำนวณหาค่าภาระการทำความเย็นนั้นจะใช้ค่าของเอนธัลปีของอากาศเย็นขาออกจากเครื่องส่งลมเย็นและขากลับเข้าเครื่องส่งลมเย็นที่ได้จากสมการที่ 4.1 และค่าความหนาแน่นเฉลี่ยที่ได้จากการนำค่าความหนาแน่นของอากาศเย็นขาออกจากเครื่องส่งลมเย็นและอากาศเย็นขากลับเข้าเครื่องส่งลมเย็นที่ได้จากสมการที่ 4.4 นำมาเฉลี่ยกัน หลังจากนั้นนำค่าที่ได้เหล่านี้มาใช้ในการคำนวณหาค่าภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนสมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าภาระการทำความเย็นมีดังนี้

$$CL = d \times Q_{ac} \times (h_r - h_s) / 3.52 \tag{4.5}$$

เมื่อ

CL คือ ภาระการทำความเย็น , TR

Q_{ac} คือ ปริมาณลมด้านจ่ายอากาศเย็น , m^3/s

h_r คือ เอนธัลปีของอากาศเย็นด้านกลับเข้าเครื่องส่งลมเย็น , kJ / kg

h_s คือ เอนธัลปีของอากาศเย็นด้านจ่ายออกจากเครื่องส่งลมเย็น , kJ / kg

4. การคำนวณค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น

ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นจะบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการทำความเย็นรวมของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนซึ่งเป็นสัดส่วนของกำลังไฟฟ้ากับภาระการทำความเย็นนั่นเอง สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นมีดังนี้

$$eff = P / CL \quad (4.6)$$

เมื่อ

P คือ กำลังไฟฟ้า , kW

CL คือ ภาระการทำความเย็น , TR

โดยที่ในงานวิจัยนี้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นจะใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Numerical Methods)[17] ในการประมาณค่ากำลังไฟฟ้าโดยการหาพื้นที่ใต้กราฟด้วยวิธีกฎสี่เหลี่ยมคางหมูแบบหลายช่วงในการวิเคราะห์สมการที่ใช้ในการคำนวณโดยการใช้กฎสี่เหลี่ยมคางหมูแบบหลายช่วงดังนี้

$$I = \frac{H}{2}[f(x_0) + f(x_n) + 2\sum_{i=1}^{n-1} f(x_i)] \quad (4.7)$$

โดยที่

$$H = (b - a) / n \quad (4.8)$$

เมื่อทำการแบ่งช่วง a ถึง b แบ่งออกเป็นช่วงย่อยๆ n ช่วงซึ่งในงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์จากข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าโดยใช้ข้อมูลภายในเวลา 1 ชั่วโมง นำมาวิเคราะห์ทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลขเพื่อที่จะใช้หาค่ากำลังไฟฟ้าเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นโดยที่ทำการแบ่งเป็น 10 ช่วง ระยะห่างช่วง (H) เท่ากับ 6

4.2 ระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

ระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลนี้คือระบบทำความเย็นแบบดูดซึมขนาดพิกัดทำความเย็น 270 ตันความเย็น จำนวน 1 ชุด ดังแสดงในรูปที่ 4.17 โดยใช้ไอน้ำร้อนความดันต่ำ 2.5 บาร์เกจ ซึ่งไอน้ำร้อนนี้ได้มาจากก๊าซร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต โดยที่ก๊าซร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตนี้จะไหลเข้าไปยังหม้อไอน้ำความดันต่ำ ถูกทำให้เย็นโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนกับคอนเดนเสทเพื่อผลิตไอน้ำความดันต่ำ ซึ่งปริมาณไอน้ำความดันต่ำนี้มีประมาณ 240 ตัน / ชั่วโมง

ปัจจุบันไอน้ำความดันต่ำมีเหลือใช้ภายในโรงงานซึ่งสามารถนำไอน้ำร้อนความดันต่ำที่เหลือนี้นำมาใช้ป้อนให้ความร้อนแก่ระบบปรับอากาศแบบดูดซึม โดยที่ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมที่ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลนี้เป็นระบบทำความเย็นดูดซึมชั้นเดียว (Single effect) และใช้สารดูดซึมเป็นลิเทียมโบรไมด์และน้ำเป็นสารทำความเย็น

รูปที่ 4.17 เครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม

โดยที่ระบบปรับอากาศแบดูดซึมนี้จะประกอบไปด้วยระบบส่งน้ำเย็นเป็นแบบปั๊มหอยโข่ง (Centrifugal Pump) 2 ตัวขนาด 37 kW แสดงดังรูปที่ 4.18 หลักการทำงานของปั๊มส่งน้ำเย็นคือการใช้งาน 1 ตัวสำรอง 1 ตัว

รูปที่ 4.18 Chilled Water Pump

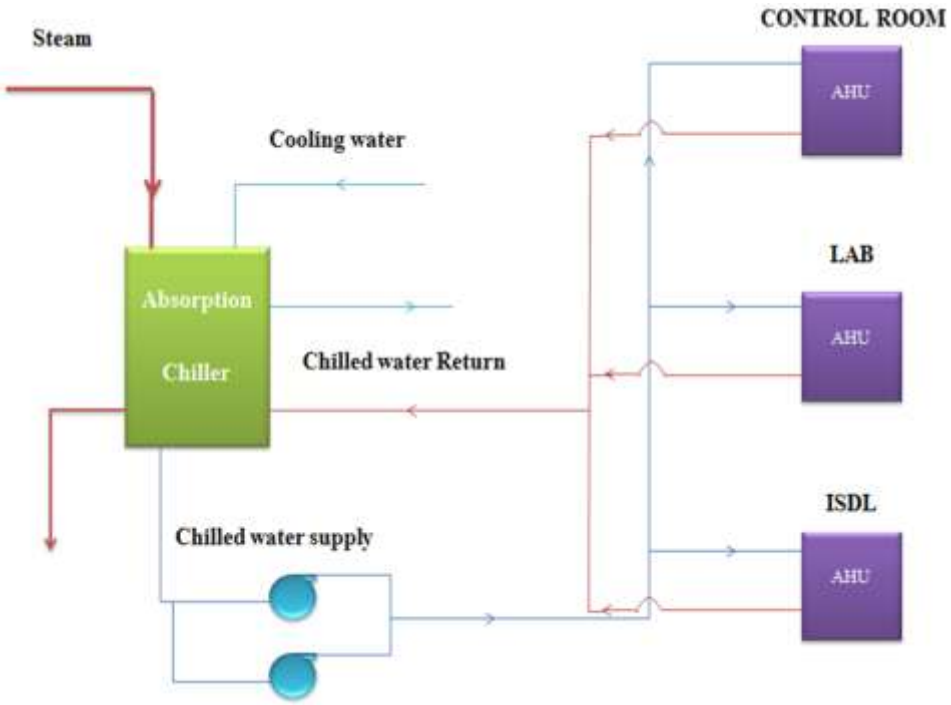
ในส่วนของเครื่องส่งลมเย็นหรือ AHU ในระบบปรับอากาศแบบซึมจะมีด้วยกัน 3 ชุด ที่ใช้ในแต่ละห้องที่ใช้แทนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนได้แก่ห้อง ISBL, Control room และ Laboratory โดยที่ขนาดของ ISBL HVAC AHU ขนาด 211,849 kcal/h ดังแสดงในรูปที่ 4.19, Control room HVAC AHU ขนาด 214,893 kcal/h ดังแสดงในรูปที่ 4.20, Laboratory HVAC AHU ขนาด 187,043 kcal/h ดังแสดงในรูปที่ 4.21

รูปที่ 4.19 ISBL HVAC AHU ขนาด 211,849 kcal/h

รูปที่ 4.20 Control room AHU ขนาด 214,893 kcal/h

รูปที่ 4.21 Laboratory AHU ขนาด 187,043 kcal/h

ในส่วนของน้ำที่ใช้ในการระบายความร้อนให้แก่ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมนั้นจะถูกนำไประบายความร้อนทิ้งที่หอทำความเย็นใหญ่เพื่อระบายความร้อนทิ้งรวมร่วมกับที่ใช้ในการระบายความร้อนทิ้งของกระบวนการผลิตของโรงงาน ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมที่ทางสถานประกอบการใช้จะแสดงดังรูปที่ 4.22 ซึ่งเป็นแผนภาพการวางระบบปรับอากาศแบบดูดซึม



รูปที่ 4.22 การวางระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

4.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับลมนั้นในหัวข้อที่ 4.2.1 ข้อ 1- 5 นั้นจะเหมือนกับในหัวข้อที่ 4.1.1 ซึ่งอุปกรณ์ใช้ในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระบบปรับอากาศแบบดูดซึมทั้งจะแสดงดังต่อไปนี้ได้แก่

1. อุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter)

2. อุปกรณ์วัดความเร็วลม (Anemometer)

3. อุปกรณ์วัดและบันทึกข้อมูลสิ่งแวดล้อม (Weather Data Logger)

4. อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (Digital Humidity Meter)

5. ตลับเมตร

6. อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำ (Ultrasonic Flow Meter)

- Velocity units : metres/sec, feet/sec
- Flow velocity range : 0.2 - 12 m/sec
- Accuracy : 2% , +/- 0.02 m/sec
- สามารถทำงานได้กับท่อหลายขนาด 13 มิลลิเมตร ไปจนถึง 5000 มิลลิเมตร

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอัตราการไหลของน้ำซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำแบบอัลตร้าโซนิค หลักการของอุปกรณ์ชนิดนี้จะใช้หลักการของการสะท้อนของคลื่นความถี่เหนือเสียงที่ไปตกกระทบกับอนุภาคที่อยู่ในของเหลวไหลแสดงดังรูปที่ 4.23

รูปที่ 4.23 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำ

7. อุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมอุณหภูมิเย็นด้านจ่ายและอุณหภูมิน้ำเย็นด้านกลับ

- Recording Interval: 1 sec - 18 Hours (Programmable)
- Data Format: Can be exported to MS Excel
- Operating Temperature: -10 to 55 °C
- Operating Humidity: 5 to 95 %RH
- Storage Temperature: -10 to 70 °C

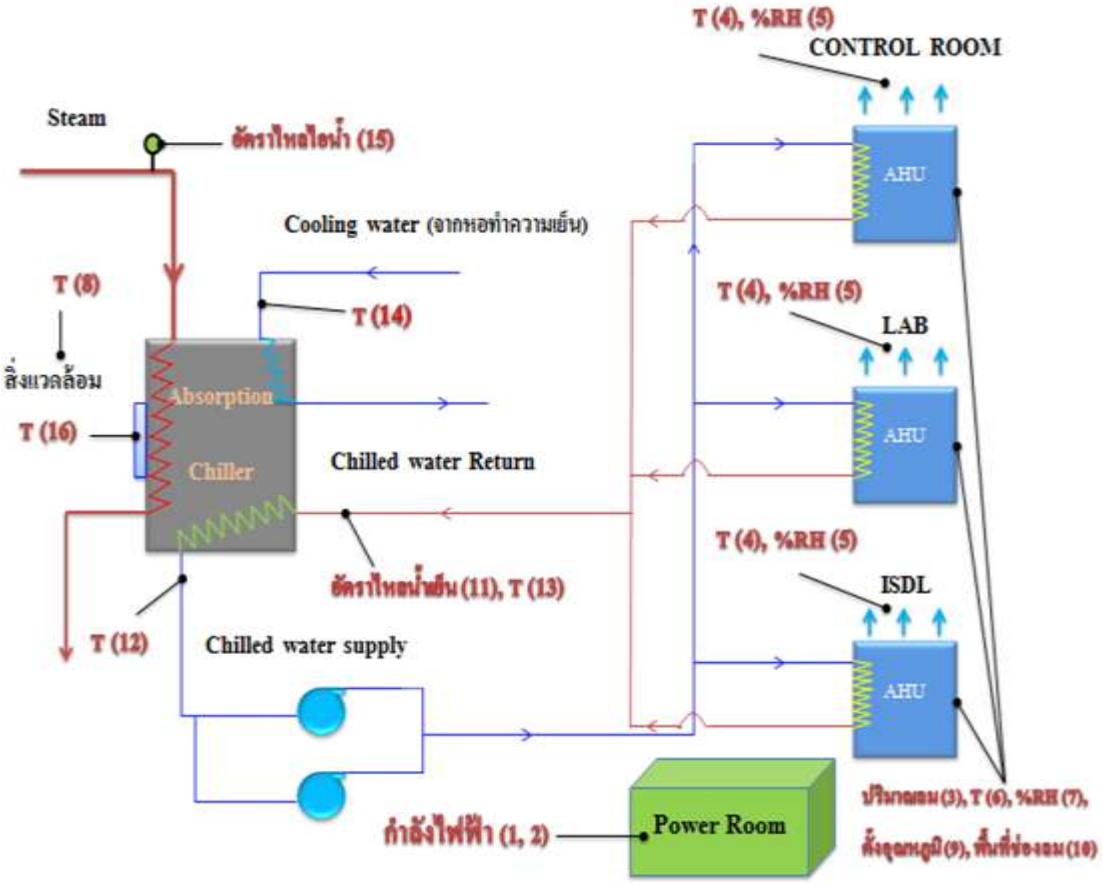
เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกค่าข้อมูล (Data Logger) อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมอุณหภูมิเย็นขาออกและอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าแสดงไว้ในรูปที่ 4.24 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลได้ทั้งแบบ Digital และ Analog ซึ่งสามารถใช้ได้กลับ Sensor ได้หลายแบบ เช่น การใช้กับเทอร์โมคัพเปิล

รูปที่ 4.24 Data Logger ที่ใช้ในการบันทึกค่าข้อมูลอุณภูมิของสิ่งแวดล้อมและน้ำเย็น

โดยที่ในงานวิจัยนี้ได้ใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิเทอร์โมคัพเปิล Type K ย่านอุณหภูมิที่ใช้งาน - 270 °C ถึง 1,372 °C และแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้ - 6.46 mV ถึง 54.88 mV ซึ่งเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดดังรูปที่ 4.25 มาใช้งานร่วมกับอุปกรณ์บันทึกข้อมูลในรูปที่ 4.24

รูปที่ 4.25 เทอร์โมคัพเปิล

4.2.2 ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดและติดตั้งอุปกรณ์ระบบปรับอากาศแบบดูดซึม



รูปที่ 4.26 แผนภาพตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

จากรูปที่ 4.26 จะอ้างอิงแสดงถึงตำแหน่งที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดและเก็บข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบดูดซึม ซึ่งจากรูปที่ 4.26 นี้จะแสดงให้เห็นถึงภาพรวมของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมที่ได้ทำการติดตั้งเพิ่มขึ้นมาเพื่อใช้ในการปรับอากาศแทนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

1. ตำแหน่งที่ 1 คือ ตำแหน่งของห้องจ่ายไฟฟ้าให้กับเครื่องส่งลมเย็น

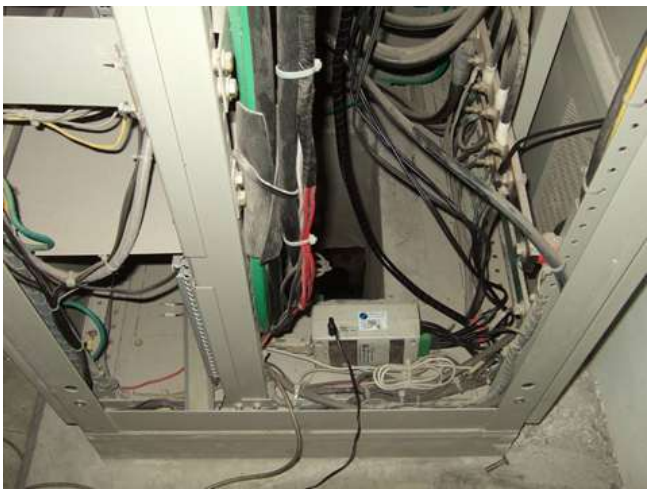
ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าเพื่อใช้ในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลโดยการบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนของเครื่องส่งลมเย็นที่ทำการติดตั้งเพิ่มขึ้นมาใหม่เพื่อทำหน้าที่แทนเครื่องส่งลมเย็นชุดเดิม ซึ่งจะทำให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องส่งลมเย็นที่ทำการติดตั้งเพิ่มขึ้นมาใหม่ ($P_{AHU,\ new}$) รูปที่ 4.27 จะแสดงให้เห็นถึงการติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องส่งลมเย็นที่ทำการติดตั้งเพิ่มขึ้นมาใหม่

รูปที่ 4.27 การติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องส่งลมเย็นที่ติดตั้งเพิ่มขึ้นมาใหม่

2. ตำแหน่งที่ 2 คือ ตำแหน่งของห้องจ่ายไฟฟ้าให้เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมและปั๊มส่งน้ำเย็น

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าเพื่อใช้ในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลโดยการบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมดังรูปที่ 4.28 และปั๊มส่งน้ำเย็นดังรูปที่ 4.29 ที่ทำการติดตั้งเพิ่มขึ้นมาใหม่ซึ่งจากรูปจะแสดงให้เห็นถึงการติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมและปั๊มส่งน้ำเย็นที่ทำการติดตั้งเพิ่มขึ้นมาใหม่เพื่อทำหน้าที่แทนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ซึ่งจะทำให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม (P_{ab}) และปั๊มส่งน้ำเย็น (P_{pump}) ที่ทำการติดตั้งเพิ่มขึ้นมาใหม่

รูปที่ 4.28 การติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม



รูปที่ 4.29 การติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนของปั๊มส่งน้ำเย็น

3. ตำแหน่งที่ 3 คือ ตำแหน่งที่ปริมาณลมอากาศเย็นเข้าเครื่องส่งลมเย็น

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บค่าข้อมูลของปริมาณลมเย็นที่เข้าเครื่องส่งลมเย็นที่ทำการติดตั้งใหม่เพื่อใช้แทนเครื่องลมเย็นชุดเดิม โดยได้ใช้อุปกรณ์วัดความเร็วลมแบบใบพัดในการตรวจวัด ซึ่งในรูปที่ 4.30 แสดงให้เห็นถึงลักษณะของช่องลมขากลับเข้าเครื่องส่งลมเย็นที่ทำการติดตั้งใหม่ที่ได้ทำการตรวจวัดปริมาณลม ซึ่งค่าข้อมูลปริมาณลมที่เข้าเครื่องส่งลมเย็นที่ทำการติดตั้งใหม่ ($Q_{ac,new}$) ที่ได้จะถูกนำไปคำนวณหาค่าอัตราการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

รูปที่ 4.30 ลักษณะของช่องลมขากลับเข้าเครื่องส่งลมเย็นที่ทำการติดตั้งใหม่

4. ตำแหน่งที่ 4 คือ ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดอุณหภูมิของอากาศเย็นที่ด้านจ่าย

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บค่าข้อมูลของอุณหภูมิของอากาศเย็นที่ด้านออกที่ถูกส่งมาจากเครื่องส่งลมเย็นที่ทำการติดตั้งใหม่ ($T_{S,new}$) ซึ่งตำแหน่งการตรวจวัดอากาศเย็นที่ด้านออกที่ถูกส่งมาจากเครื่องส่งลมเย็นที่ทำการติดตั้งใหม่นั้นก็คือตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนนั่นเองดังแสดงในรูปที่ 4.31 โดยได้ใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศแสดงดังรูปที่ 4.7 ซึ่งค่าที่ได้นั้นจะเอาไปหาค่าของเอนธัลปีของอากาศเย็นที่ด้านจ่ายเพื่อจะนำไปใช้ในการคำนวณอัตราการทำความเย็น

รูปที่ 4.31 การตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเย็นที่ด้านจ่าย

5. ตำแหน่งที่ 5 คือ ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเย็นที่ด้านจ่าย

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บค่าข้อมูลของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเย็นที่ด้านจ่ายที่ถูกส่งมาจากเครื่องส่งลมเย็นที่ได้ติดตั้งใหม่ ($RH_{s,new}$) โดยได้แสดงในรูปที่ 4.31 ซึ่งตำแหน่งการตรวจวัดอากาศเย็นที่ด้านจ่ายที่ถูกส่งมาจากเครื่องส่งลมเย็นที่ทำการติดตั้งใหม่นั้นก็คือตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนนั่นเอง

6. ตำแหน่งที่ 6 คือ ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดอุณหภูมิของอากาศเย็นที่ด้านกลับ

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บค่าข้อมูลของอุณหภูมิของอากาศเย็นที่ด้านกลับที่เข้าเครื่องส่งลมเย็นที่ได้ติดตั้งใหม่ ($T_{r,new}$) โดยได้ใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ ซึ่งค่าที่ได้นั้นจะเอาไปหาค่าของเอนธัลปีของอากาศเย็นที่ด้านกลับเพื่อจะนำไปใช้ในการคำนวณอัตราการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

7. ตำแหน่งที่ 7 คือ ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเย็นที่ด้านกลับ

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บค่าข้อมูลของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเย็นที่ด้านกลับที่เข้าเครื่องส่งลมเย็นที่ได้ติดตั้งใหม่ ($RH_{r,new}$) ซึ่งค่าที่ได้นั้นจะเอาไปหาค่าของเอนธัลปีของอากาศเย็นที่ด้านกลับเพื่อจะนำไปใช้ในการคำนวณอัตราการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

8. ตำแหน่งที่ 8 คือ ตำแหน่งที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมขณะตรวจวัด

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดและบันทึกค่าของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ($T_{a,new}$) ขณะตรวจวัดและเก็บข้อมูลโดยได้ทำการการติดตั้งอุปกรณ์วัดดังแสดงในรูปที่ 4.6 และบันทึกข้อมูลสิ่งแวดล้อมที่ตำแหน่งนี้

9. ตำแหน่งที่ 9 คือ ตำแหน่งที่ตั้งค่าอุณหภูมิของห้องปรับอากาศ

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ทำการค่าอุณหภูมิของห้องปรับอากาศก่อนทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลต่างๆให้มีค่าอุณหภูมิของห้องปรับอากาศเท่ากับ 25 °C ดังแสดงในรูปที่ 4.32

รูปที่ 4.32 ตั้งค่าอุณหภูมิของห้องปรับอากาศก่อนทำการตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

10. ตำแหน่งที่ 10 คือ ตำแหน่งของช่องลมด้านกลับที่เข้าเครื่องส่งลมเย็น

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ทำการวัดหาค่าขนาดความยาวของช่องลมขากลับเข้าเครื่องส่งลมเย็นได้ติดตั้งใหม่ซึ่งค่าความยาวของช่องลมขากลับเข้าเครื่องส่งลมเย็นที่ได้ติดตั้งใหม่ จะนำไปหาพื้นที่ของช่องลมขากลับเครื่องส่งลมเย็นเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

11. ตำแหน่งที่ 11 คือ ตำแหน่งตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำเย็น

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดและบันทึกค่าข้อมูลอัตราการไหลของน้ำเย็น โดยได้ใช้อุปกรณ์วัดอัตราการไหลซึ่งได้ทำการวัดที่ตำแหน่งของท่อส่งน้ำเย็นขากลับเข้าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมเนื่องจากอัตราการไหลของน้ำเย็นขาเข้าเครื่องทำน้ำเย็นจะมีค่าเท่ากับอัตราการไหลของน้ำเย็นขาออกจากเครื่องทำน้ำเย็นเช่นกัน รูปที่ 4.33 แสดงจุดอ่านค่าของอัตราไหลของน้ำเย็นที่อ่านที่ละค่า

รูปที่ 4.33 จุดอ่านค่าอัตราการไหลของน้ำเย็น

12. ตำแหน่งที่ 12 คือ ตำแหน่งตรวจวัดอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดและบันทึกค่าข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม โดยได้ทำการวัดที่ตำแหน่งของท่อส่งน้ำเย็นขาออกจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดและบันทึกค่าข้อมูลของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจะใช้อุปกรณ์ในหัวข้อ 4.2.1 ข้อ 7 นั่นก็คือ Data logger และเทอร์โมคัพเปิลในการตรวจวัดและเก็บข้อมูล ในรูปที่ 4.34 จะแสดงการติดตั้งอุปกรณ์การตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

รูปที่ 4.34 การติดตั้งอุปกรณ์การตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นขาออก

13. ตำแหน่งที่ 13 คือ ตำแหน่งตรวจวัดอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดและบันทึกค่าข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม โดยได้ทำการวัดที่ตำแหน่งของท่อส่งน้ำเย็นขาเข้าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดและบันทึกค่าข้อมูลของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจะใช้อุปกรณ์ในหัวข้อ 4.2.1 ข้อ 7 นั่นก็คือ Data logger และ เทอร์โมคัพเปิลในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลเช่นเดียวกับที่ใช้ในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

14. ตำแหน่งที่ 14 คือ ตำแหน่งตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดและบันทึกค่าข้อมูลอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นให้แก่เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม โดยได้ทำการวัดที่ตำแหน่งของท่อส่งน้ำหล่อเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจะใช้อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำในหัวข้อที่ 4.2.1 ข้อ 6 ซึ่งการ

ติดตั้งอุปกรณ์การตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมนี้จะแสดงไว้ในรูปที่ 4.35

รูปที่ 4.35 การติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น

15. ตำแหน่งที่ 15 คือ ตำแหน่งอ่านค่าอัตราการไหลของไอน้ำร้อนความดันต่ำ

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ทำการอ่านค่าและบันทึกค่าข้อมูลเป็นค่าทีละค่าของอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำที่ส่งเข้าไปยังเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม ซึ่งค่าที่ได้นั้นได้มาจากการอ่านค่าจากหน้าปัดแสดงอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำดังแสดงในรูปที่ 4.36

รูปที่ 4.36 หน้าปัดอ่านค่าอัตราไหลไอน้ำร้อนความดันต่ำ

16. ตำแหน่งที่ 16 คือ ตำแหน่งอ่านค่าอุณหภูมิน้ำเย็นและน้ำหล่อเย็น

ตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ทำการอ่านค่าและบันทึกค่าข้อมูลเป็นค่าทีละค่าของอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้า, อุณหภูมิน้ำเย็นขาออก, อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาเข้า, อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออก ซึ่งค่าที่ได้นั้นได้มาจากการอ่านค่าจากหน้าปัดที่อยู่ตรงตัวเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมที่แสดงค่าของอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้า, อุณหภูมิน้ำเย็นขาออก, อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาเข้า, อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออก โดยที่ในรูปที่ 4.37 คือค่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่อ่านได้จากหน้าปัดที่อยู่ตรงตัวเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมส่วนรูปที่ 4.38 คือค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่อ่านได้จากหน้าปัดที่อยู่ตรงตัวเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมเช่นเดียวกันส่วนในรูปที่ 4.39 คือตู้ที่ทำการอ่านค่า

รูปที่ 4.37 ค่าอุณหภูมิน้ำเย็นอ่านได้จากหน้าปัดเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

รูปที่ 4.38 ค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่อ่านได้จากหน้าปัดเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

รูปที่ 4.39 ตู้ที่ทำการอ่านค่าอุณหภูมิน้ำเย็นและค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น

4.2.3 วิธีการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

การตรวจวัดและการเก็บข้อมูลจะยึดแนวทางการตรวจวัดและพิสูจน์ (Measurement & Verification) ตามทางเลือกของข้อตกลงร่วมกันด้านการตรวจวัดและพิสูจน์ทราบระดับนานาชาติ (International Performance Measurement and Verification Protocol; IPMVP) โดยเลือกแนวทางการใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดแบบ A รวมกับข้อมูลจากการประมาณการณ์ (Measured Factors and Stipulated) เช่นเดียวกับการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ก่อนการตรวจวัดและเก็บข้อมูลได้ทำการตั้งค่าของตัวแปรควบคุมนั่นก็คือค่าอุณหภูมิของห้องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองได้แก่ห้อง Control room, Lab และ ISDL โดยได้ทำการตั้งค่าของอุณหภูมิของห้องปรับอากาศทั้ง 3 ห้องข้างต้นให้มีค่าเท่ากับ 25 °C เหมือนตอนทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ซึ่งก่อนการตรวจวัดได้ทำการตั้งค่าอุณหภูมิของห้องปรับอากาศทั้ง 3 ห้อง ให้มีค่าเท่ากับ 25 °C เท่ากันทุกห้อง

การตรวจวัดและการเก็บข้อมูลหลังจากที่ทางสถานประกอบการได้ทำการปรับเปลี่ยนการใช้ระบบปรับอากาศจากระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนมาใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมนั้น การตรวจวัดและเก็บข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนจะทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับลมอย่างเดียว แต่ในส่วนของการตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบดูดซึมนั้นจะมีการตรวจวัดในส่วนที่เกี่ยวกับของน้ำเย็น, น้ำหล่อเย็นและไอน้ำร้อนความดันต่ำเพิ่มเข้ามา ในส่วนของการวัดเกี่ยวกับลมของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมวิธีการต่างๆก็ยังคงเหมือนกับการตรวจวัดและการเก็บข้อมูลระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

1. วิธีการตรวจวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับลมของระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

การตรวจวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับลมของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมจะทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลเหมือนกับการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศแบบดูดซึม โดยได้พิจารณาจากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับลมเพื่อใช้ในวิเคราะห์หาค่าทางพลังงานระบบปรับอากาศแบบดูดซึม ซึ่งตารางที่ 4.3 เป็นตารางแสดงวิธีการเก็บข้อมูลและตัวแปรที่ทำการตรวจวัดเกี่ยวกับลมของระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

ตารางที่ 4.3 วิธีการบันทึกข้อมูลและตัวแปรที่ทำการตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

ลำดับที่	รายละเอียด	ระยะเวลาการบันทึกข้อมูล	สัญลักษณ์	หน่วย
1	ปริมาณลมด้านจ่ายอากาศเย็น	จดบันทึกข้อมูล 1 ช.ม.ทุกๆ 15 น.	$Q_{ac,new}$	m^3/s
2	อุณหภูมิอากาศเย็นที่ด้านจ่าย	จดบันทึกข้อมูล 1 ช.ม.ทุกๆ 15 น.	$T_{s,new}$	^0C
3	ความชื้นอากาศเย็นที่ด้านจ่าย	จดบันทึกข้อมูล 1 ช.ม.ทุกๆ 15 น.	$RH_{s,new}$	%RH
4	อุณหภูมิอากาศเย็นที่ด้านกลับ	จดบันทึกข้อมูล 1 ช.ม.ทุกๆ 15 น.	$T_{r,new}$	^0C
5	ความชื้นอากาศเย็นที่ด้านกลับ	จดบันทึกข้อมูล 1 ช.ม.ทุกๆ 15 น.	$RH_{r,new}$	%RH

การตรวจวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับลมนั้นจะทำเหมือนเช่นเดียวกันกับในหัวข้อที่ 4.1.3 แต่จะทำการเปลี่ยนแปลงจุดตรวจวัดความเร็วลมขาเข้าเครื่องส่งลมเย็นเนื่องมาจากลักษณะของช่องลมขาเข้าเครื่องส่งลมเย็นหลังการปรับปรุงระบบนั้นมีลักษณะที่แตกต่างกับระบบก่อนการปรับปรุง ตัวอย่างดังรูปที่ 4.40 จะเห็นว่าช่องลมขาเข้าเครื่องส่งลมเย็นของระบบหลังปรับปรุง 1 ช่องใหญ่จะแบ่งออกเป็น 6 ช่องเล็ก ดังนั้นจุดในการตรวจวัดความความเร็วลมนี้จึงทำการตรวจวัดที่จุดกึ่งกลางของช่องเล็กทั้ง 6 ช่องเล็ก จนครบทั้งหมด 6 ช่องใหญ่ ในการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นของลมกลับนั้นจะทำการตรวจวัด 1 จุด เลือกจุดกึ่งกลางที่สุดในช่องใหญ่ทำจนครบทุกช่องแล้วทำการวัดซ้ำจนครบจำนวน 5 ครั้ง โดยการวัดแต่ละครั้งทำการตรวจวัดทุก 15 นาที

รูปที่ 4.40 ลักษณะช่องลมเข้า AHU หลังปรับปรุง มี 6 ช่องใหญ่ 6 ช่องเล็ก

2. วิธีการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

การตรวจวัดและเก็บข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมในส่วนนี้จะเป็นการตรวจวัดเกี่ยวกับน้ำเย็น, น้ำระบายความร้อนและไอน้ำความดันต่ำของระบบปรับอากาศแบบดูดซึม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาค่าทางพลังงานของระบบปรับอากาศแบบดูดซึม โดยการหาค่าทางพลังงานของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมในส่วนนี้จะใช้การพิจารณาวิเคราะห์จากข้อมูลเกี่ยวกับของน้ำเย็น, น้ำหล่อเย็นและไอน้ำความดันต่ำ

โดยการตรวจวัดและเก็บข้อมูลในส่วนนี้ได้มีทีมตรวจวัดและเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ทีม ได้แก่ ทีมตรวจวัดและเก็บข้อมูลของผู้ทำวิจัย, ทีมตรวจวัดและเก็บข้อมูลของทางโรงงาน ทางทีมตรวจวัดและเก็บข้อมูลของผู้ทำวิจัยได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลกำลังไฟฟ้าของหน่วยเครื่องส่งลม, กำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำเย็นและเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม, อัตราการการไหลของน้ำเย็น, อุณหภูมิน้ำเย็นขาออก, อุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้า, อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม, อัตราการการไหลของน้ำหล่อเย็น ส่วนทีมตรวจวัดและเก็บข้อมูลของทางโรงงานได้ทำการเก็บค่าข้อมูลของอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาเข้า (Supply) และอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออก (Return) จากเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม, อัตราการการไหลของไอน้ำความดันต่ำ, ความดันของไอน้ำร้อนความดันต่ำ โดยตารางที่ 4.4 คือตารางสรุปวิธีการตรวจวัดเก็บข้อมูลและทีมที่ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูล

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดวิธีการการเก็บข้อมูลและทีมตรวจวัดที่เก็บข้อมูล

รายละเอียด	เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัด	การเก็บข้อมูล	สัญลักษณ์	หน่วย
• ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของ AHU (ตัวใหม่) ที่จะติดตั้งแทน AHU ตัวเดิม	เครื่องมือบันทึกค่ากำลังไฟฟ้า	ระยะเวลาบันทึกค่า 4 วัน ทุกๆ 15 นาที	$P_{AHU,new}$	kW
• ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำเย็นและAbsorption Chiller	เครื่องมือบันทึกค่ากำลังไฟฟ้า	ระยะเวลาบันทึกค่า 4 วันทุกๆ 15 นาที	P_{pump} , P_{Ab}	kW
• อัตราการไหลของน้ำเย็น	เครื่องมือบันทึกค่าอัตราการไหลและทางโรงงานวัดให้	ระยะเวลาบันทึกค่า 4 วัน ทุกๆ 15 นาที และ 4 วันทุกๆ 3 ช.ม.	FL_{CHW}	litre/s
• อุณหภูมิน้ำเย็นขาออกและอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้า	เครื่องมือบันทึกค่าอุณหภูมิและทางโรงงานวัดให้	ระยะเวลาบันทึกค่า 4 วันทุกๆ 15 นาที และ 4 วันทุกๆ 3 ช.ม.	T_{CHS} , T_{CHR}	^{o}C
• อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	เครื่องมือบันทึกค่าอุณหภูมิ	ระยะเวลาบันทึกค่า 4 วันทุกๆ 15 นาที	$T_{a,new}$	^{o}C
• อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น	เครื่องมือบันทึกค่าอัตราการไหล	ระยะเวลาบันทึกค่า 4 วันทุกๆ 15 นาที	FL_{CLW}	litre/s
• อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาเข้าและขาออก	ทางโรงงานวัดให้	ระยะเวลาบันทึกค่า 4 วันทุกๆ 3 ช.ม.	T_{CWS} , T_{CWR}	^{o}C
• อัตราการไหลของไอน้ำ	ทางโรงงานวัดให้	ระยะเวลาบันทึกค่า 4 วันทุกๆ 3 ช.ม.	FL_{st}	Ton/h
• ความดันของไอน้ำ	ทางโรงงานวัดให้	ระยะเวลาบันทึกค่า 4 วันทุกๆ 3 ช.ม.	P_{st}	bar_{g}
• อุณหภูมิน้ำเย็นขาออกและอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้า	จดบันทึก	ระยะเวลาบันทึกค่า 15 นาทีทุกๆ 30 วินาที	T_{CHS} , T_{CHR}	^{o}C
• อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาเข้าและขาออก	จดบันทึก	ระยะเวลาบันทึกค่า 15 นาทีทุกๆ 30 วินาที	T_{CWS} , T_{CWR}	^{o}C
• อัตราการไหลของไอน้ำ	จดบันทึก	ระยะเวลาบันทึกค่า 15 นาทีทุกๆ 30 วินาที	FL_{st}	Ton/h

จากตารางที่ 4.4 การตรวจวัดและเก็บข้อมูลของอุณหภูมิน้ำเย็นด้านออกและอุณหภูมิน้ำเย็นด้านเข้าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาเข้าและขาออกเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมที่ทำการจดบันทึกค่าทีละค่า โดยระยะเวลาบันทึกค่า 15 นาทีทุกๆ 30 วินาที ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลในวันและเวลาเดียวกันคือวันที่ 20/1/2555 ส่วนอัตราการการไหลของไอน้ำความดันต่ำและอุณหภูมิน้ำเย็นด้านออกจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมทำการจดบันทึกค่าทีละค่า โดยระยะเวลาบันทึกค่า 15 นาทีทุกๆ 30 วินาที ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลในวันและเวลาเดียวกันคือวันที่ 16/1/2555 ซึ่งวันและเวลาการตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบดูดซึมทั้ง 4 วันนั้นได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 16-20 มกราคม 2555

4.2.4 การคำนวณผลและสร้างสมการที่ได้จากข้อมูลการตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ทางพลังงานของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมดังนี้

- วิเคราะห์พลังงานที่เข้าและออกของระบบปรับอากาศแบบดูดซึม[16]
- วิเคราะห์สมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยและวิเคราะห์สมรรถนะการทำความเย็นตามเปอร์เซ็นการทำงานของระบบของระบบปรับอากาศแบบดูดซึม
- สร้างสมการของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออก, อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออกและอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำ เพื่อใช้ในการทำนายผลทางพลังงานและวิเคราะห์ค่าสมรรถนะการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมตามช่วงเวลาที่วินาทีต่างๆและเพื่อใช้ในการพิจารณาหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกกับอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำเพื่อใช้วิเคราะห์การสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกกับอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทำนายผลทางพลังงานและวิเคราะห์ค่าสมรรถนะการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมตามช่วงระยะเวลายาวได้แก่ ชั่วโมง, วัน
- สร้างสมการสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกกับอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทำนายผลทางพลังงานและวิเคราะห์ค่าสมรรถนะการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมตามช่วงระยะเวลายาว
- วิเคราะห์ค่าความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

โดยสมการสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางพลังงานได้แก่

1. คำนวณหาอัตราทำความเย็นของระบบโดยพิจารณาเกี่ยวกับลม

ทำการคำนวณค่าของข้อมูลที่ตรวจวัดและเก็บข้อมูลมาโดยทำการคำนวณเหมือนกับของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนแสดงในหัวข้อที่ 4.1.4 ข้อ 1-3

2. อัตราทำความเย็นพิจารณาจากอุณหภูมิของน้ำเย็น (CL_{ab})

อัตราทำความเย็นพิจารณาจากอุณหภูมิของน้ำเย็นสามารถหาได้จากผลคูณของอัตราการไหลน้ำเย็นกับค่าผลต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าและขาออกจากเครื่องทำน้ำเย็นดูดซึมคูณกับความร้อนจำเพาะของน้ำเย็น

$$CL_{ab} = FL_{CHW} \times (T_{CHR}-T_{CHS}) \times Cp_{CHW} \quad (4.9)$$

เมื่อ

FL_{CHW} คือ อัตราไหลเชิงมวลของน้ำเย็น , litre/s

T_{CHR} คือ อุณหภูมิของน้ำเย็นขาเข้า , ^{o}C

T_{CHS} คือ อุณหภูมิของน้ำเย็นขาออก , ^{o}C

Cp_{CHW} คือ ความร้อนจำเพาะของน้ำเย็นมีค่าเท่ากับ 4.208 kJ/kg·$^{\circ}C$

3. อัตราการระบายความร้อนออกจากระบบ (kW_{CLW})

อัตราการระบายความร้อนออกจากระบบคือความร้อนที่ระบายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นดูดซึมโดยการถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำที่ใช้ในการระบายความร้อนให้แก่ระบบ ซึ่งอัตราการระบายความร้อนออกจากระบบจะหาได้จากผลคูณของอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นกับผลต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาเข้าและขาออกจากระบบและคูณกับค่าความร้อนจำเพาะของน้ำหล่อเย็น

$$kW_{CLW} = FL_{CLW} \times (T_{CWR}-T_{CWS}) \times Cp_{CLW} \quad (4.10)$$

เมื่อ

FL_{CLW} คือ อัตราไหลเชิงมวลของน้ำหล่อเย็น , litre/s

T_{CWR} คือ อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาออก , ^{o}C

T_{CWS} คือ อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาเข้า , ^{o}C

Cp_{CLW} คือ ความร้อนจำเพาะของน้ำหล่อเย็นมีค่าเท่ากับ 4.18 kJ/kg·$^{\circ}C$

4. อัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำ (kW_{st})

ความร้อนที่ใช้ในการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมนั้นได้พลังงานความร้อนมาจากไอน้ำร้อนความดันต่ำ โดยพลังงานความร้อนที่ใช้ในการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมนั้นสามารถหาได้จากผลคูณของอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำกับเอนธัลปีของไอน้ำหรือค่าความร้อนแฝงการกลายเป็นไอของไอน้ำนั่นเองดังสมการต่อไปนี้

$$kW_{st} = FL_{st} \times h_{fg,st} / 3.6 \qquad (4.11)$$

เมื่อ

FL_{st} คือ อัตราไหลเชิงมวลของไอน้ำร้อน , Ton/h

$h_{fg,st}$ คือ ค่าเอนธัลปีของไอน้ำร้อน , kJ/kg

5. สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม (COP)

ค่าสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจะบอกถึงประสิทธิภาพของระบบโดยภาพรวม นั่นก็คือสัดส่วนของอัตราทำความเย็นที่ระบบทำได้กับค่าพลังงานที่ใช้ในการทำงานของระบบ [18]

$$COP = CL / (P_{ab} + kW_{st}) \qquad (4.12)$$

เมื่อ

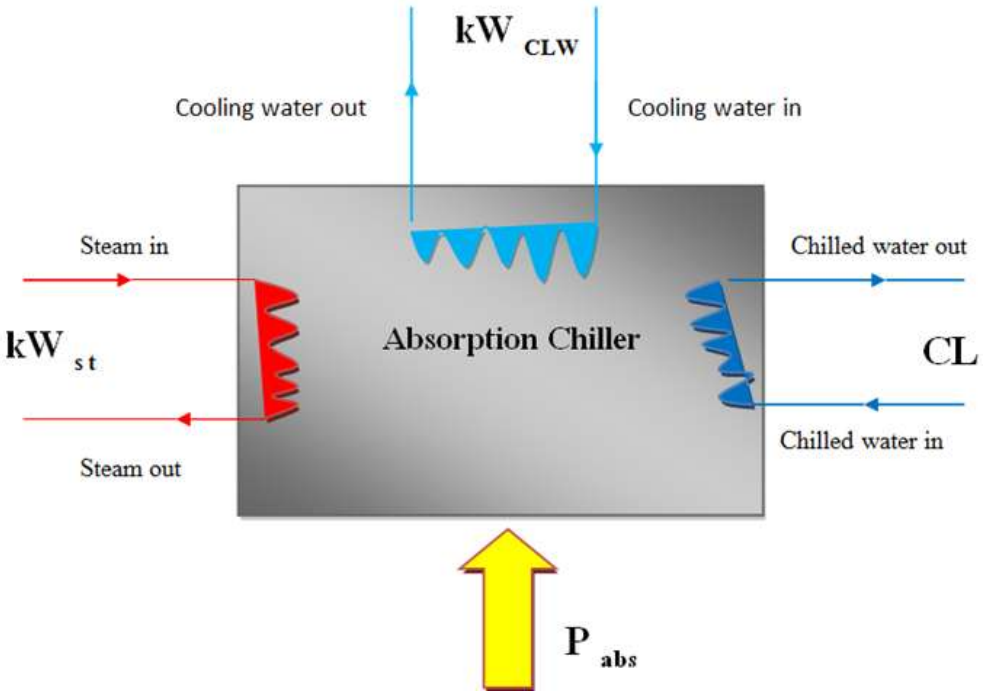
CL คือ อัตราทำความเย็น , kW

kW_{st} คือ อัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำ , kW

P_{ab} คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้การทำงานของระบบ , kW

6. สมดุลพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เงื่อนไขในการคัดกรองข้อมูลเนื่องมาจากข้อมูลของไอน้ำร้อนที่ได้จากการเก็บข้อมูลจะเห็นว่าข้อมูลที่ได้จะมีค่าแกว่งไปมาไม่สม่ำเสมอมากซึ่งส่งผลให้ระบบบางช่วงเวลาปรับสมดุลพลังงานที่ใช้ในระบบไม่ทันกันจึงทำให้เกิดมีค่าความคลาดเคลื่อนทางสมดุลพลังงานในระบบซึ่งในรูปที่ 4.41 แสดงพลังงานที่เข้าและออกจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม



รูปที่ 4.41 พลังงานเข้าและออกของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

โดยในงานวิจัยนี้ได้พิจารณาคัดกรองข้อมูลจากสมดุลพลังงานของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมคือสมการ

$$R = CL + P_{abs} + kW_{st} - kW_{CLW} \quad (4.13)$$

โดยทำการพิจารณาเงื่อนไขของการคัดกรองข้อมูลเป็นเปอร์เซ็น R= ± 20 % ซึ่งเปอร์เซ็น R จะคิดเทียบกับค่าอัตราการระบายความร้อนออกจากระบบเพราะเป็นค่าพลังงานค่ามากที่สุดในสมดุลพลังงานภายในระบบ

7. การสร้างสมการเพื่อใช้ในการทำนายผลทางพลังงานช่วงระยะเวลาสั้นของระบบ

ในส่วนนี้จะเป็นการพิจารณาข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกและอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาเข้าขาออกและอัตราการการไหลของไอน้ำความดันต่ำในช่วงเวลาในการจดบันทึกค่าระยะเวลาบันทึกค่า 15 นาที ทุกๆ 30 วินาที จากข้อมูลดิบเมื่อนำมาวาดเป็นกราฟจะพบว่าข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าและอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาเข้ามีค่าค่อนข้างนิ่ง ในส่วนข้อมูลของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออกและอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำมีการเปลี่ยนแปลงมีลักษณะเป็นกราฟคลื่นไซน์จึงเป็นที่น่าสนใจในการนำข้อมูลทั้ง 3 ตัวแปรนี้นำมาวิเคราะห์หาสมการฟังก์ชั่นไซน์ โดยได้ทำการวิเคราะห์หาจากสมการไซด์พื้นฐานดังสมการที่ 4.14 โดยที่วิธีการสร้างสมการจะใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย

(Regression)[17] สมการสำคัญที่ใช้ในพิจารณาการสร้างสมการเพื่อใช้ในการทำนายผลทางพลังงานของระบบดังต่อไปนี้

- สมการไซน์พื้นฐาน

$$Y - \bar{Y} = A \times \sin((2\pi / T) \times (t - Ø)) \quad (4.14)$$

โดยที่

$\bar{Y}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์

A คือ แอมพลิจูดของกราฟ

Ø คือ เฟสของกราฟ

T คือ คาบเวลาของกราฟ

- สมการค่าความคลาดเคลื่อน

$$E = \sum [y_i - \bar{y}(x_i)]^2 \quad (4.15)$$

เมื่อ

E คือ ค่าความผิดพลาด

y_i คือ ค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงที่ตำแหน่ง i

$\bar{y}(x_i)$ คือ ค่าที่ได้จากการแทนค่าสมการตำแหน่ง i

- สมการค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (Coefficient of Determination: R^2)

ค่านี้จะบ่งบอกถึงเปอร์เซ็นของความคลาดเคลื่อนหรือความแปรปวนจากค่าที่ได้จากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟ

$$R^2 = 1 - \{ \sum(y - \bar{y})^2 / \sum(y - \ddot{y})^2 \} \quad ; \quad 0 \leq R^2 \leq 1 \quad (4.16)$$

เมื่อ

y คือ ค่าที่ได้จากข้อมูลการตรวจวัดจริง

$\bar{y}$ คือ ค่าที่ได้จากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟ

$\ddot{y}$ คือ ค่าเฉลี่ยของ y

เมื่อทำการสร้างสมการได้แล้วก็จะนำสมการที่ได้มาวิเคราะห์คำนวณผลทางด้านพลังงานและค่าสมมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมตามช่วงเวลาต่างๆในช่วงระยะเวลาสั้นหรือหน่วยเวลาวินาทีตามระยะเวลาที่ผ่านไปนั่นเอง

8. การสร้างสมการเพื่อใช้ในการทำนายผลทางพลังงานของช่วงระยะเวลายาวของระบบ

ในหัวข้อนี้จะเป็นการศึกษาค่าทางพลังงานและค่าสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมตามช่วงเวลาต่างๆในระยะเวลายาว เนื่องจากข้อมูลของอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลมานั้นมีค่าพบว่ามีค่าการแกว่งไปมามากและไม่ละเอียดเพียงพอที่จะใช้ในการวิเคราะห์ผลทางด้านพลังงานและค่าสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมตามช่วงเวลาต่างๆในช่วงระยะเวลายาว ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการสร้างสมการของอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำจากการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟเส้นตรงของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำกับค่าอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกโดยทำการแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ทำให้ได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำกับค่าอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกแบ่งออกเป็น 3 สมการตามช่วงค่าของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกที่แปรเปลี่ยน ซึ่งเมื่อได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำกับค่าอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกแล้วก็จะนำไปใช้ในการหาค่าอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำโดยใช้ค่าข้อมูลของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลมาอย่างละเอียดคือทำการเก็บค่าข้อมูล 4 วัน ทุกๆ 15 นาที โดยที่ในงานวิจัยนี้เลือกพิจารณาข้อมูลที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลมาอย่างละเอียดโดยทำการเลือก 3 วันหลักนั่นก็คือวันที่ 17/1/2012 ถึง 19/1/2012

ดังนั้นเมื่อได้ค่าอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำที่ได้จากสมการที่ทำการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นตรงของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำกับค่าอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกแล้วก็จะนำข้อมูลของไอน้ำความดันต่ำแบบละเอียดนี้นำมาวิเคราะห์ผลทางด้านพลังงานและค่าสมมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมตามช่วงเวลาต่างๆในช่วงเวลาระยะยาว

โดยในงานวิจัยได้นี้ได้พิจารณาโดยทำการแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ในการวิเคราะห์คือช่วงปกติกับช่วงที่ไอน้ำความดันต่ำขาด ซึ่งในการวิเคราะห์ผลทางด้านพลังงานและค่าสมมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมนั่นจะใช้สมการในหัวข้อที่ 4.2.4 ข้อที่ 1-6 ในการวิเคราะห์ผล

9. วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระยะเวลาการคืนทุน (Play Back Period) ของการลงทุนในการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมที่ใช้พลังงานทางความร้อนในการทำงานของระบบเป็นหลักเพื่อทำหน้าทดแทนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้พลังงานทางไฟฟ้าในการทำงานของระบบ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำศึกษาระบบปรับอากาศแบบดูดซึมที่ใช้พลังงานความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตภายในโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมีซึ่งเป็นแหล่งงานทางความร้อนที่ได้มาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ

จึงเป็นที่น่าสนใจในการที่จะศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระยะเวลาการคืนทุนเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกระบบปรับอากาศแบบดูดซึมมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ระยะเวลาการคืนทุนโดยพิจารณาที่ค่าเงินไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาซึ่งสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระยะเวลาการคืนทุน[8,19] จะแสดงในสมการที่ 4.17 ดังสมการต่อไปนี้

$$n = TIC / NCF \qquad (4.17)$$

โดยที่

n คือ ระยะเวลาของการคืนทุน , ปี

TIC คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมทั้งหมด , บาท

NCF คือ ผลประหยัดค่าใช้จ่ายทางพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อปี , บาทต่อปี

บทที่ 5

ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาทางด้านพลังงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนและระบบปรับอากาศแบบดูดซึมซึ่งในบทนี้จะแสดงผลการศึกษาวิเคราะห์ของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน, ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมและสุดท้ายวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

โดยในส่วนของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนในงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาวิเคราะห์ทางด้านพลังงานและประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนและการใช้พลังงานทางไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนต่อปีดังนั้นในส่วนของบทนี้จะแสดงผลการศึกษาวิเคราะห์ทางด้านพลังงานและประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนและการใช้พลังงานทางไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนต่อปี

ในส่วนของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมการศึกษาของงานวิจัยนี้เพื่อต้องการทราบถึงความสัมพันธ์ทางด้านพลังงานที่เข้าออกของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมและสมรรถนะการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไรและสมรรถนะการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรเมื่อเปอร์เซ็นการทำงานของระบบเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามช่วงเวลาต่างๆโดยได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลต่างๆเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งวิธีการตรวจวัดและเก็บข้อมูลได้กล่าวไว้ในบทก่อนหน้านี้ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลักด้วยกันได้แก่ 1. พลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นโดยรวมของระบบปรับอากาศแบบดูดซึม, 2. ทำนายผลทางพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงระยะเวลาสั้น, 3. ทำนายผลทางพลังงานและค่าสมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงระยะเวลายาว, 4. การใช้พลังงานทางไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมต่อปี

ส่วนสุดท้ายจะเป็นเรื่องของการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ว่าจะสามารถคุ้มทุนได้ภายในเวลากี่ปี จากการวิเคราะห์ทางด้านการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมเพื่อทำหน้าที่แทนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนและวิเคราะห์ทางด้านค่าใช้จ่ายทางพลังงานทางไฟฟ้าที่สามารลดลงได้ต่อปี

5.1 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

ในงานวิจัยนี้ในส่วนของการตรวจวัดและเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ผลจุดประสงค์เพื่อต้องการศึกษาค่าทางพลังงานและประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนและการใช้พลังงานทางไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนต่อปี โดยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับลมและกำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้ในการปรับอากาศห้อง Control room (เครื่อง AC-CB-01, AC-CB-02 , AC-CB-03), ห้อง Lab (เครื่อง AC-CB-04 , AC-CB-05 , AC-CB-06) , ห้อง ISDL (เครื่อง AC-SW-01, AC-SW-02, AC-SW-03)

วิธีการตรวจวัดและเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลได้แสดงไว้ในหัวข้อ 4.1.3 ซึ่งการวิเคราะห์ผลการศึกษาของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันนั่นคือ 1. พลังงานและประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน 2. การใช้พลังงานทางไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนต่อปี

5.1.1 พลังงานและประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

การวิเคราะห์พลังงานและประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ผลการศึกษาจากข้อมูลเกี่ยวกับลมที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลซึ่งผลการของตรวจวัดและเก็บข้อมูลได้แสดงสรุปไว้ในตารางที่ 5.1 ซึ่งค่าในตาราง 5.1 นี้เป็นค่าที่ได้ทำการเฉลี่ยค่าข้อมูลที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลทั้งหมดแล้วเพื่อใช้ในการคำนวณวิเคราะห์ผลทางด้านพลังงานซึ่งค่าทางพลังงานที่ทำการวิเคราะห์นี้ก็คือค่าอัตราการทำความเย็นหรือภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนของแต่เครื่องที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลทั้งหมด ซึ่งเมื่อทำการพิจารณาข้อมูลจากตารางที่ 5.1 แล้วจะพบว่าค่าปริมาณลมด้านจ่ายอากาศเย็นที่หน่วยเครื่องส่งลมส่งออกมา, อุณหภูมิอากาศเย็นที่ด้านจ่ายและอุณหภูมิอากาศเย็นที่ด้านกลับที่ได้นั้นมีค่าไม่เท่ากันถึงแม้ว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนทั้งหมด 9 เครื่องนั้นจะมีพิกัดการทำความเย็นเท่ากันก็ตาม ซึ่งนั้นก็หมายถึงว่าค่าอัตราการทำความเย็นหรือภาระการทำความเย็นของแต่ละเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ทำได้นั้นมีค่าไม่เท่ากันนั่นเอง

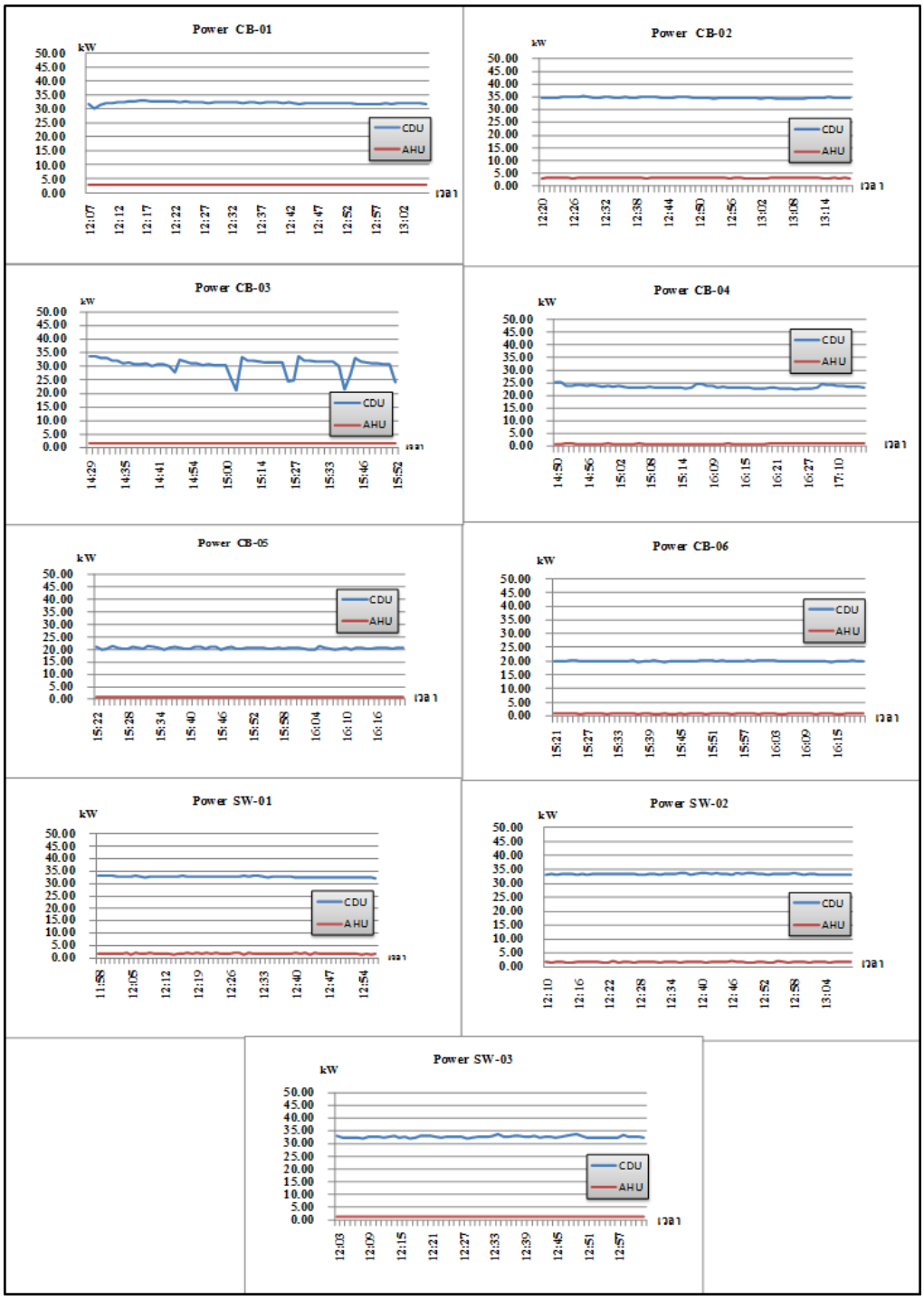
ตารางที่ 5.1 ตารางสรุปค่าเฉลี่ยข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็น

ห้อง	เครื่อง (AC-)	ปริมาณลมด้านจ่ายอากาศเย็น	ความหนาแน่นเฉลี่ย	อุณหภูมิอากาศเย็นที่ด้านจ่าย	ความชื้นอากาศเย็นที่ด้านจ่าย	อุณหภูมิอากาศเย็นที่ด้านกลับ	ความชื้นอากาศเย็นที่ด้านกลับ	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม
		Q_{ac}	d	T_s	RH_s	T_r	RH_r	T_a
		m^3/s	kg/m^3	^0C	%RH	^0C	%RH	^0C
Control	CB-01	3.39	1.21	11.47	68.92	23.9	59.57	30.22
	CB-02	2.95	1.21	11.47	68.92	22.98	67.23	30.22
	CB-03	2.24	1.21	11.47	68.72	25.87	66.91	30.22
Lab	CB-04	1.27	1.21	7.07	82.18	27.02	67.19	30.46
	CB-05	1.54	1.22	7.07	82.18	23.49	64.04	30.46
	CB-06	1.29	1.22	7.07	82.18	25.89	60.69	30.46
ISDL	SW-01	1.54	1.21	7.69	84.19	28.68	41.47	33.74
	SW-02	2.33	1.21	7.69	84.19	29.63	32.07	33.74
	SW-03	2.75	1.21	7.69	84.19	30.2	32.07	33.74

ค่าจากตารางที่ 5.1 เมื่อนำมาวิเคราะห์โดยได้นำค่าของอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศด้านจ่ายและด้านกลับมาคำนวณหาค่าเอนธัลปีจากสมการที่ 4.1- 4.3 เพื่อที่จะนำค่าเอนธัลปีของอากาศเย็นที่ด้านจ่ายและด้านกลับมาคำนวณหาค่าของภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนแต่ละเครื่องจากสมการที่ 4.5

ในส่วนของการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนได้นำข้อมูลจากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลนำมาพล๊อตกราฟซึ่งได้แสดงกราฟกำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนแต่เครื่องไว้ในรูปที่ 5.1 เมื่อทำการพิจารณารูปที่ 5.1 จะเห็นว่าค่ากำลังไฟฟ้าของหน่วยเครื่องส่งลมและเครื่องควบควบแน่นของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนนั้นจะมีค่าค่อนข้างนิ่ง แต่ถ้าหากสังเกตในรูปที่ 5.1 จะพบว่ากราฟ Power CB-05 ของเครื่อง AC-CB-05 จะมีค่าแกว่งค่อนข้างมากซึ่งเป็นข้อสงสัยว่าทำไมค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่อง AC-CB-05 จึงมีการแกว่งมากกว่าเครื่องอื่นจึงทำให้ผู้ศึกษาทำงานวิจัยนี้ได้ติดต่อสอบถามขอความรู้จากวิศวกรของบริษัทผู้ผลิตระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลอยู่นี้

ว่าสาเหตุการแกว่งของกำลังไฟฟ้าของเครื่อง AC-CB-05 ค่อนข้างมากเนื่องมาจากสาเหตุที่เป็นไปได้ 3 อย่างคือ 1. เครื่องเดิน Part load ซึ่งเครื่องควบแน่นภายในเครื่องจะมีวาล์วปรับน้ำยาเข้าคอมเพรสเซอร์ตามสภาวะของโหลด 2. ความสะอาดของแผงคอยล์ของหน่วยเครื่องส่งลม 3. การแลกเปลี่ยนความร้อนของหน่วยเครื่องส่งลม



รูปที่ 5.1 กราฟกำลังไฟฟ้าแต่ละเครื่องของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลกำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของระบบโดยได้ใช้ทฤษฎีการหาพื้นที่ใต้กราฟด้วยวิธีกฎสี่เหลี่ยมคางหมูแบบหลายช่วงของวิชาระเบียบวิธีทางตัวเลขโดยได้ใช้สมการที่ 4.7- 4.8 ในการวิเคราะห์ ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของแต่ละเครื่องจะแสดงในตารางที่ 5.2

เหตุผลที่งานวิจัยนี้ได้ใช้ทฤษฎีการหาพื้นที่ใต้กราฟด้วยวิธีกฎสี่เหลี่ยมคางหมูแบบหลายช่วงของวิชาระเบียบวิธีทางตัวเลขเพื่อการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลกำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนเพราะเป็นการเฉลี่ยค่าของข้อมูลตามหลักทางวิศวกรรม

ซึ่งจากตารางที่ 5.2 เมื่อทำการพิจารณาวิเคราะห์ค่าภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนแต่ละเครื่องที่คำนวณมาได้นั้นจะพบว่าค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้นั้นเครื่อง AC-SW-03 สามารถทำความเย็นได้มากที่สุดและเครื่อง AC-CB-05 สามารถทำความเย็นได้น้อยที่สุดเมื่อได้ทำการพิจารณาค่าอัตราการทำความเย็นหรือภาระการทำความเย็นที่แต่ละเครื่องที่ใช้ปรับอากาศให้ห้องทั้ง 3 ห้อง โดยรวมจะพบว่าห้อง Lab (เครื่อง AC-CB-04, AC-CB-05, AC-CB-06) จะมีค่าอัตราการทำความเย็นหรือภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนน้อยที่สุด

เมื่อพิจารณาในส่วนของการใช้พลังงานทางไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนจะพบว่าเครื่อง AC-CB-02 มีการใช้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดมีค่าเท่ากับ 37.83 kW และเครื่อง AC-CB-06 การใช้กำลังไฟฟ้าน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 20.8 kW

เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนจะพบว่าเครื่อง AC-CB-03 มีค่าประสิทธิภาพที่คำนวณได้น้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 1.09 kW/TonR นั่นก็หมายถึงว่าเครื่อง AC-CB-03 นั้นมีประสิทธิภาพมากที่สุดคือเครื่องสามารถทำความเย็นได้มากและใช้ไฟฟ้าในการทำงานของระบบน้อยนั่นเอง

ตารางที่ 5.2 สรุปค่ากำลังไฟฟ้าที่คำนวณจากระเบียบวิธีเชิงตัวเลขและค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น

ตัวแปร	หน่วย	หมายเลขเครื่อง								
		AC-CB-01	AC-CB-02	AC-CB-03	AC-CB-04	AC-CB-05	AC-CB-06	AC-SW-01	AC-SW-02	AC-SW-03
CL	(TR)	28.76	27.67	27.51	19.80	17.37	16.84	17.69	27.38	28.95
		พลังงานไฟฟ้า								
I_{CDU}	(kW*h)	1930.79	2080.39	1702.77	1409.21	1232.36	1197.74	1962.95	2001.45	1960.68
$I_{(CDU+AHU)}$	(kW*h)	2095.63	2270.37	1793.23	1458.95	1289.83	1248.49	2067.94	2103.85	2039.81
		กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในหนึ่งชั่วโมง								
P_{CDU}	(kW)	32.18	34.67	28.38	23.49	20.54	19.96	32.72	33.36	32.68
$P_{CDU} + P_{AHU}$	(kW)	34.93	37.84	29.898	24.32	21.50	20.81	34.47	35.06	33.99
eff = P_{CDU} /CL	(kW/TR)	1.12	1.25	1.03	1.19	1.18	1.19	1.85	1.22	1.13
eff = $P_{(CDU+AHU)}$ / CL	(kW/TR)	1.21	1.37	1.09	1.23	1.24	1.24	1.95	1.28	1.17

5.1.2 พลังงานที่ใช้ในการทำงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนคือระบบทำความเย็นที่ใช้พลังงานทางไฟฟ้าในการทำงานของระบบซึ่งในหัวข้อนี้จะเป็นการคำนวณวิเคราะห์ผล โดยการหาค่าพลังงานทางไฟฟ้าที่ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนได้ใช้ภายใน 1 ปี นั้นหาได้จากผลคูณระหว่างค่ากำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนแต่ละเครื่องคูณกับชั่วโมงการทำงานต่อปีของแต่ละเครื่อง ซึ่งข้อมูลชั่วโมงการทำงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนแต่ละเครื่องได้ใช้ข้อมูลจากทางสถานประกอบการได้จัดเตรียมไว้ให้ โดยชั่วโมงการทำงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนแต่ละเครื่องและค่าที่คำนวณวิเคราะห์ค่าพลังงานทางไฟฟ้าที่ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนได้ใช้ในเวลา 1 ปี ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.3

ซึ่งจากตารางที่ 5.3 เมื่อพิจารณาจะเห็นว่าค่าของชั่วโมงการทำงานของแต่ละเครื่องมีค่าแตกต่างกันเพราะเนื่องจากในหนึ่งห้องของทางสถานประกอบการตัวอย่างที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลนั้นจะมีเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้ในการปรับอากาศอยู่จำนวน 3 เครื่อง ซึ่งการทำงานในการปรับอากาศทำความเย็นให้กับห้องนั้นหลักการของการทำงานคือใช้งานเครื่องแค่ 2 เครื่อง ส่วนอีก 1 เครื่องมีไว้สำรองเผื่อเครื่องใดเครื่องหนึ่งมีปัญหาและเมื่อทำการพิจาราณาค่าพลังงานทางไฟฟ้าที่ได้ทำการคำนวณมาจะพบว่าค่าพลังงานทางไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนก่อนนำระบบปรับอากาศแบบดูดซึมมาใช้ในการปรับอากาศทดแทนจะพบว่ามีค่าเท่ากับ 1,385,951.52 kW / ปี

ตารางที่ 5.3 แสดงชั่วโมงการทำงานและพลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนใน 1 ปี

การวิเคราะห์การใช้พลังงานก่อนปรับปรุง											
รายการ	**สัญลักษณ์**	**AC-CB-01**	**AC-CB-02**	**AC-CB-03**	**AC-CB-04**	**AC-CB-05**	**AC-CB-06**	**AC-SW-01**	**AC-SW-02**	**AC-SW-03**	**หน่วย**
ชั่วโมงการทำงานเครื่องปรับอากาศ	h_{ac}	5,088	4,344	5,856	5,088	4,344	5,856	5,088	4,344	5,856	ชั่วโมง/ปี
กำลังไฟฟ้าของ AHU+CDU	$P_{(AHU+CDU)}$	35	37.35	32.16	24.1	21.37	20.74	33.5	35.06	33.75	kW
พลังงานที่ใช้แต่ละเครื่อง	E_{ac}	178080	162248.4	188328.96	122620.8	92831.28	121453.44	170448	152300.64	197640	kWh/ปี
พลังงานที่ใช้ก่อนปรับปรุงรวม	$E_{baseline}$	1,385,951.52									kWh/ปี

5.2 ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม

งานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมที่ใช้ในการปรับอากาศทดแทนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ซึ่งในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลหลังจากที่ทางสถานประกอบการตัวอย่างได้ปรับปรุงระบบปรับอากาศมาใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับลมเหมือนกับการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนและส่วนที่เพิ่มขึ้นมาคือการตรวจวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับน้ำเย็น, ไอน้ำความดันต่ำ, น้ำหล่อเย็นของระบบปรับอากาศแบบดูดซึม โดยอุปกรณ์วิธีการตรวจวัดและเก็บข้อมูลต่างๆได้แสดงไว้ในหัวข้อที่ 4.2 แล้วแต่ในหัวข้อที่ 5.2 นี้จะไม่ได้กล่าวถึงผลของการตรวจวัดและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับลมเพราะข้อมูลเกี่ยวกับลมนี้จะเป็นเพียงแค่การนำมาใช้ในการพิจารณาอ้างอิงเพื่อประกอบกับการพิจารณาวิเคราะห์ผลข้อมูลที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลต่างๆของระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

จากข้างต้นที่ได้กล่าวมาแล้วเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมนั้นในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 4 ส่วนหลักได้แก่ 1. พลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นโดยรวมของระบบปรับอากาศแบบดูดซึม, 2. การทำนายผลทางพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงระยะเวลาสั้น, 3. การทำนายผลทางพลังงานและค่าสมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงระยะเวลายาว, 4. การใช้พลังงานทางไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมต่อปีโดยผลและการวิเคราะห์ผลจะแสดงดังต่อไปนี้

5.2.1 พลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นโดยรวมของระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาค่าพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นโดยรวมของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมนั้น ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลการตรวจวัดและเก็บข้อมูลจากทีมตรวจวัดและเก็บข้อมูลของทางโรงงานซึ่งได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของอัตราการไหลของน้ำเย็น, อุณหภูมิเข้าและออกของน้ำเย็น, อุณหภูมิเข้าและออกของน้ำหล่อเย็น, อัตราไหลและความดันของไอน้ำความดันต่ำโดยที่อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นจะใช้ข้อมูลจากทีมตรวจวัดและเก็บข้อมูลของผู้ทำวิจัย ซึ่งข้อมูลข้างต้นนี้เป็นข้อมูลที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระยะเวลาบันทึกค่า 4 วันทุกๆ 3 ช.ม.โดยได้นำข้อมูลการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระยะเวลาบันทึกค่า 4 วันทุกๆ 3 ช.ม.นี้มาทำการวิเคราะห์โดยได้ทำการคำนวณวิเคราะห์ข้อมูลจากสมการที่ 4.9 - 4.13 ซึ่งข้อมูลของการการตรวจวัดและเก็บข้อมูลได้แสดงไว้ในตารางของภาคผนวก ข โดยที่การนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลนำมาคำนวณวิเคราะห์ทางด้าน

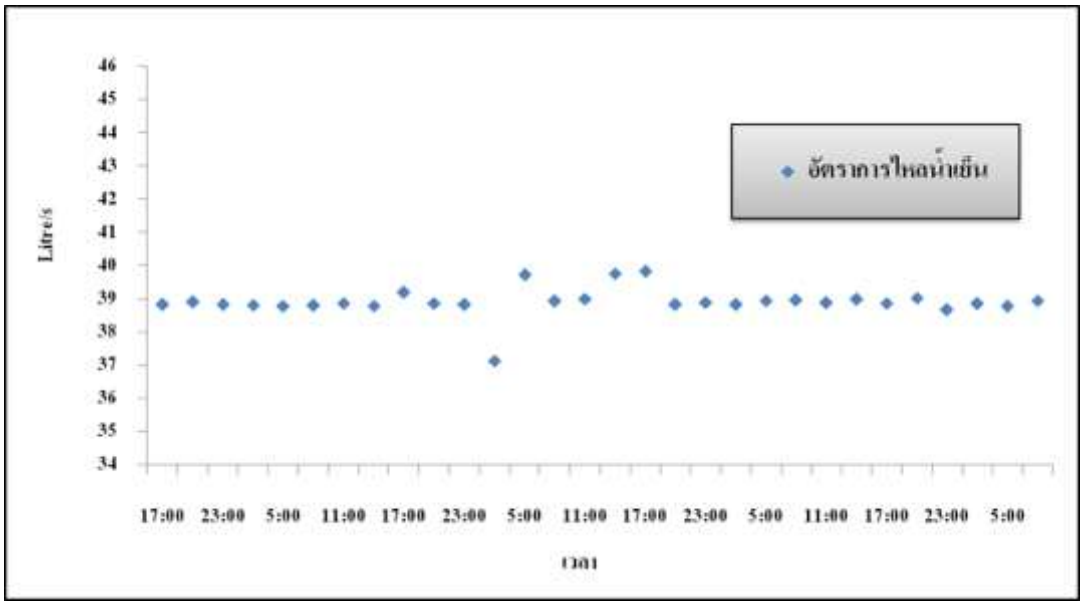
พลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมโดยรวมนั้นจะมีดังต่อไปนี้

5.2.1.1 อัตราการทำความเย็นพิจารณาจากอุณหภูมิของน้ำเย็น

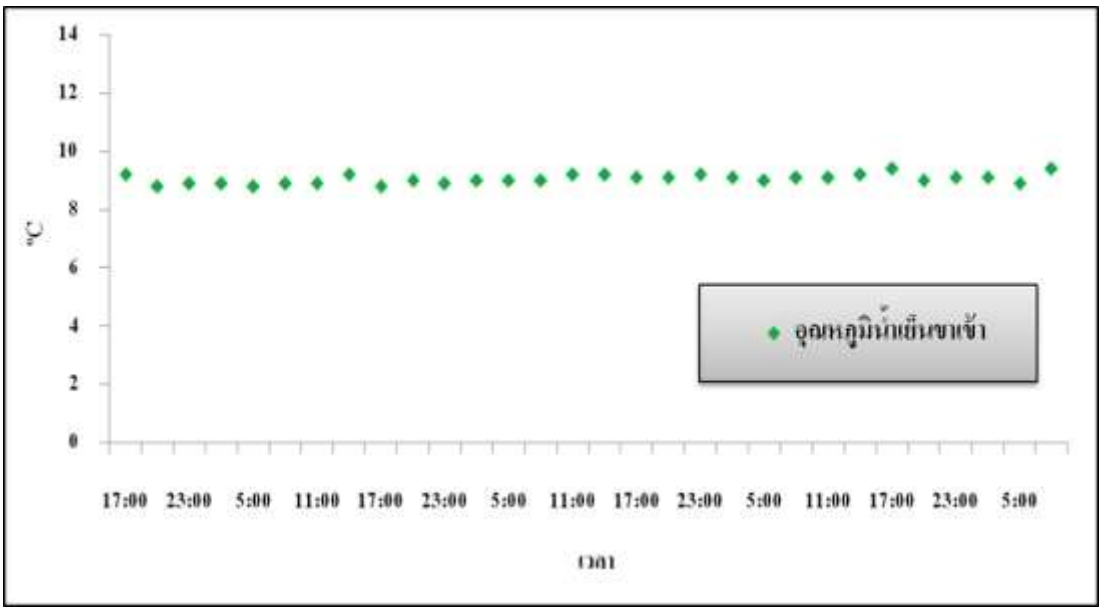
จากข้อมูลที่ได้จากการตวจวัดและเก็บข้อมูลอัตราการไหลน้ำเย็นอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าและอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมจะแสดงดังรูปที่ 5.2, 5.3 และ 5.4 ตามลำดับ ซึ่งจากข้อมูลในรูปที่ 5.2 - 5.4 จะนำข้อมูลมาคำนวณวิเคราะห์อัตราการทำความเย็นจากสมการที่ 4.9 ซึ่งจะทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ 5.6

เมื่อทำการพิจารณากราฟของอัตราการทำความเย็นที่ได้แสดงดังรูปที่ 5.6 จะพบว่ากราฟอัตราการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจะไม่นิ่งเนื่องมาจากค่าของผลต่างของอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าและขาออกจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีค่าที่แตกต่างกันดังรูปที่ 5.5 ซึ่งจากระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมนี้มีพิกัดการทำความเย็นของเครื่องเท่ากับ 270 TR แต่เมื่อทำการคำนวณวิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลจะพบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการทำความเย็นจริงของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจะมีค่าอยู่ที่เท่ากับ 341.67 kW หรือ 97.06 TR

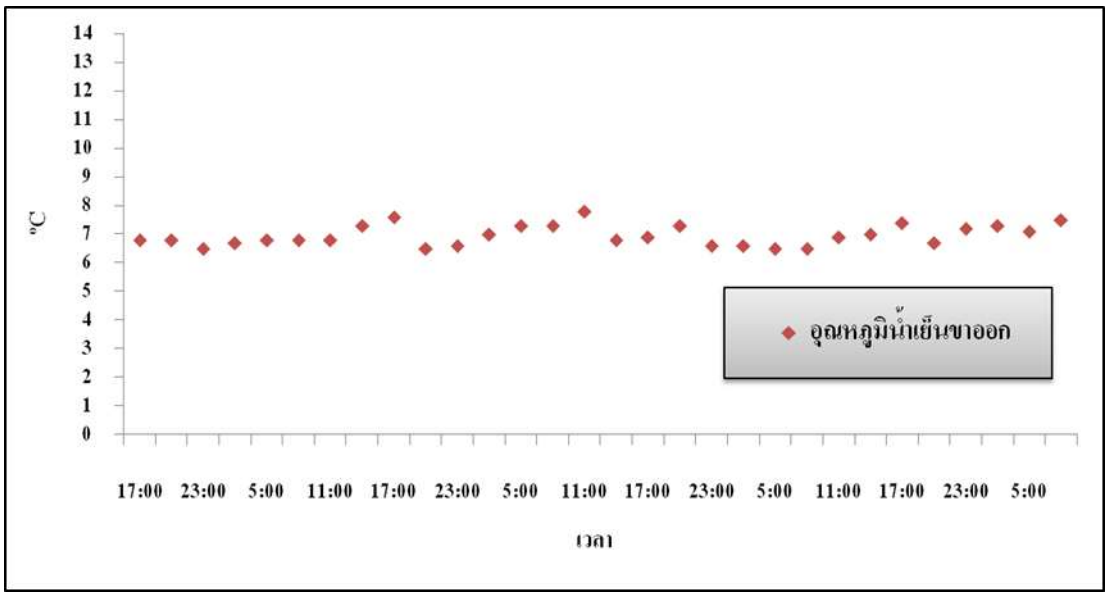
เหตุผลที่อัตราการทำความเย็นจริงของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีค่าน้อยกว่าค่าพิกัดการทำความเย็นของเครื่องที่มีค่าเท่ากับ 270 TR อยู่มากอันเนื่องมาจากเพราะทางสถานประกอบการตัวอย่างได้ทำการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมที่มีค่าพิกัดการทำความเย็นที่สูงกว่าค่าภาระของการทำความเย็นจริงที่ต้องทำการปรับอากาศของห้องทั้ง 3 ห้อง หรือกล่าวได้ง่ายๆคือการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมที่ใหญ่เกินความจำเป็นที่จะใช้ในการปรับอากาศแค่ 3 ห้องนั่นเอง



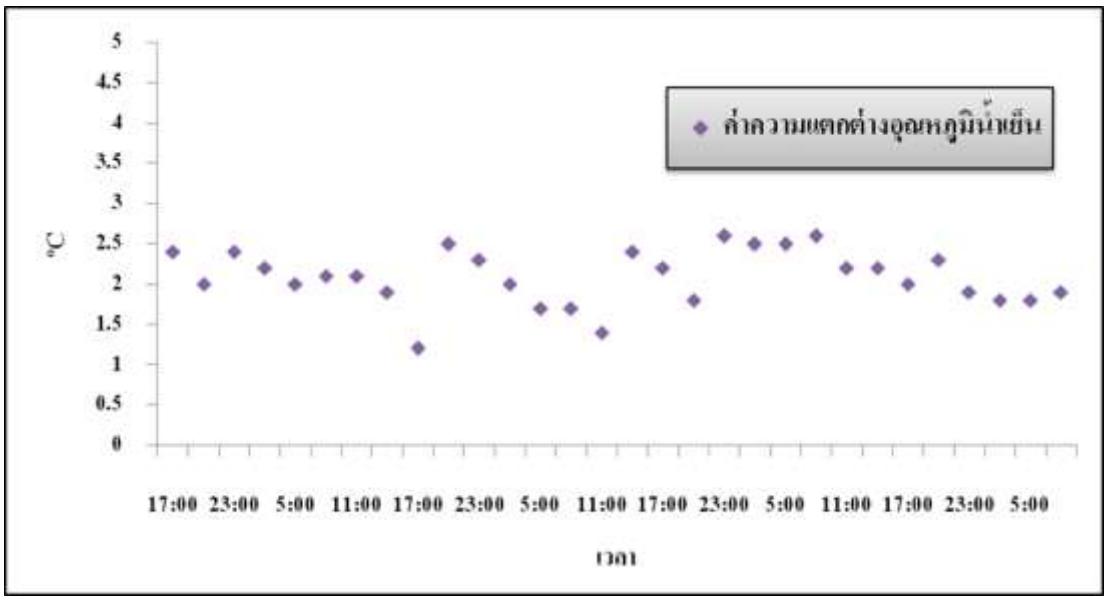
รูปที่ 5.2 ข้อมูลอัตราการไหลน้ำเย็นของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม



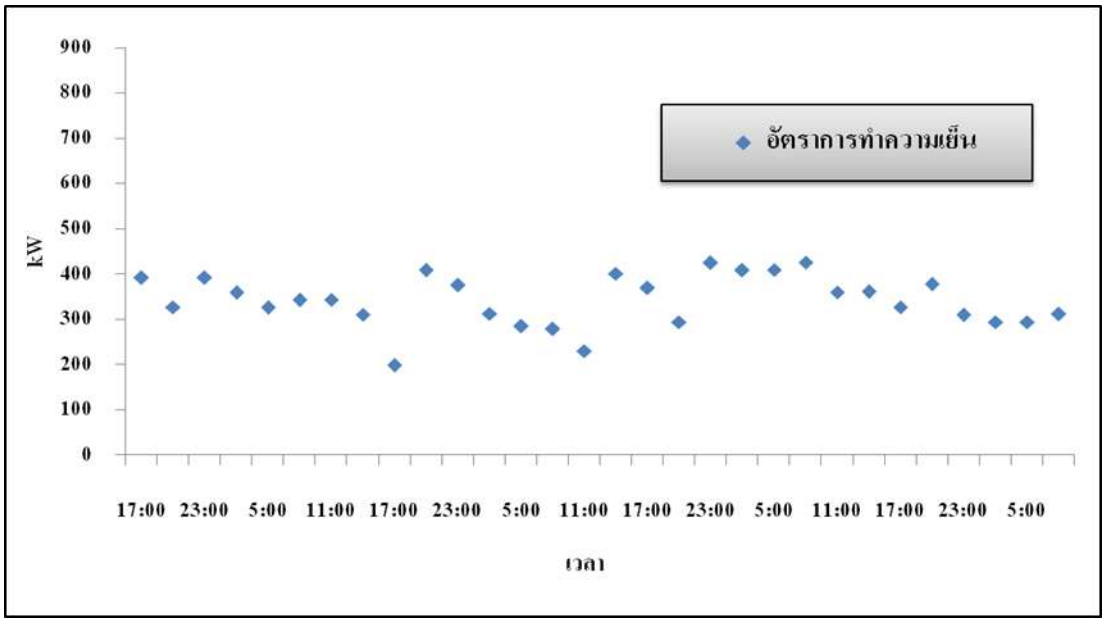
รูปที่ 5.3 ข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม



รูปที่ 5.4 ข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม



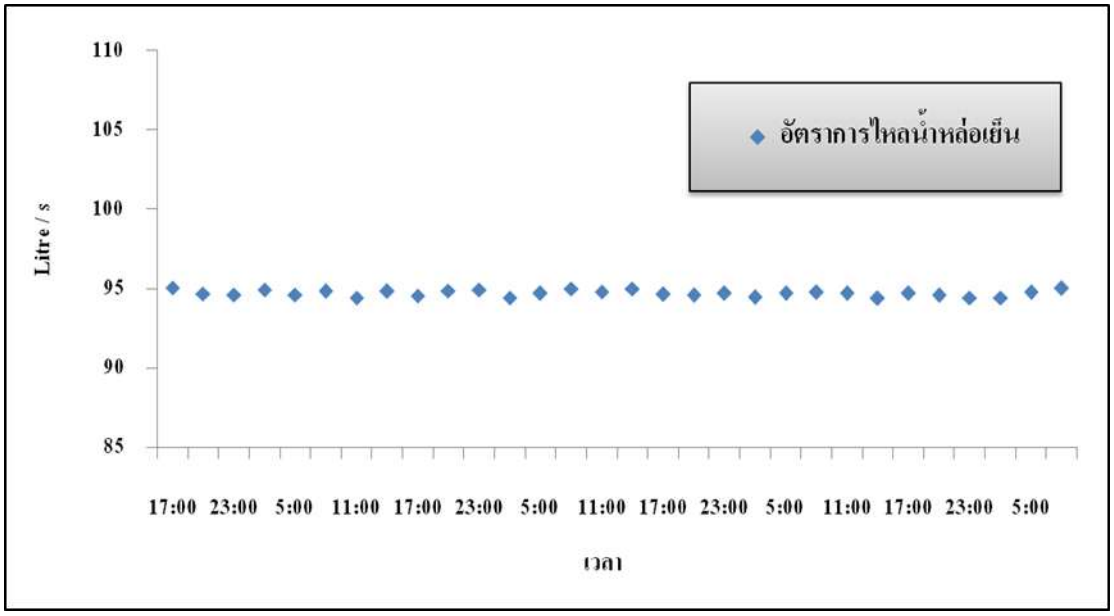
รูปที่ 5.5 ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกและขาเข้า



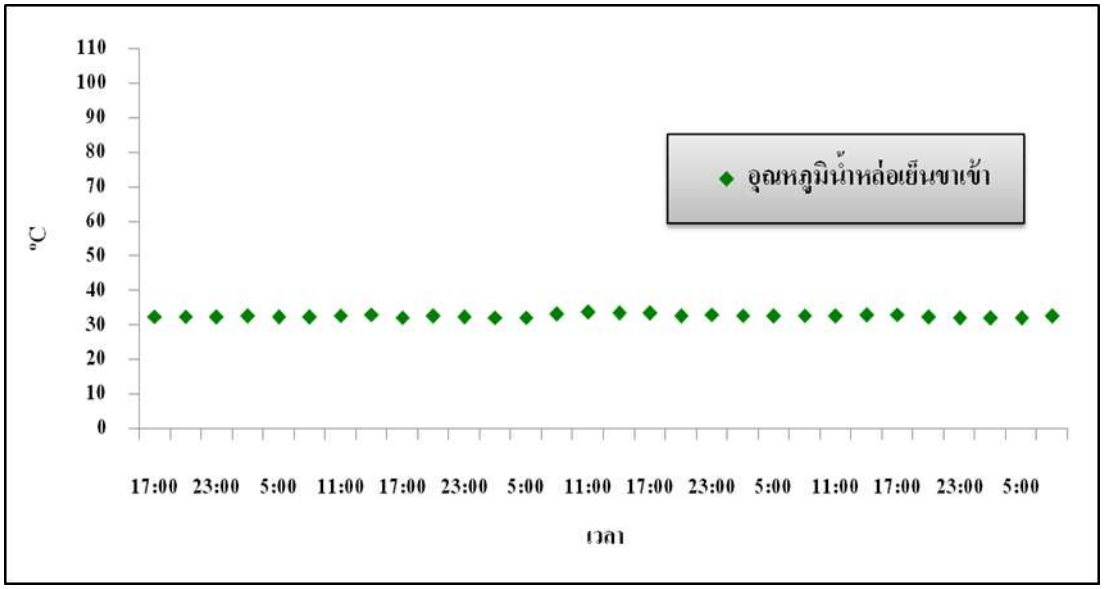
รูปที่ 5.6 อัตราการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

5.2.1.2 อัตราการระบายความร้อนออกจากระบบ

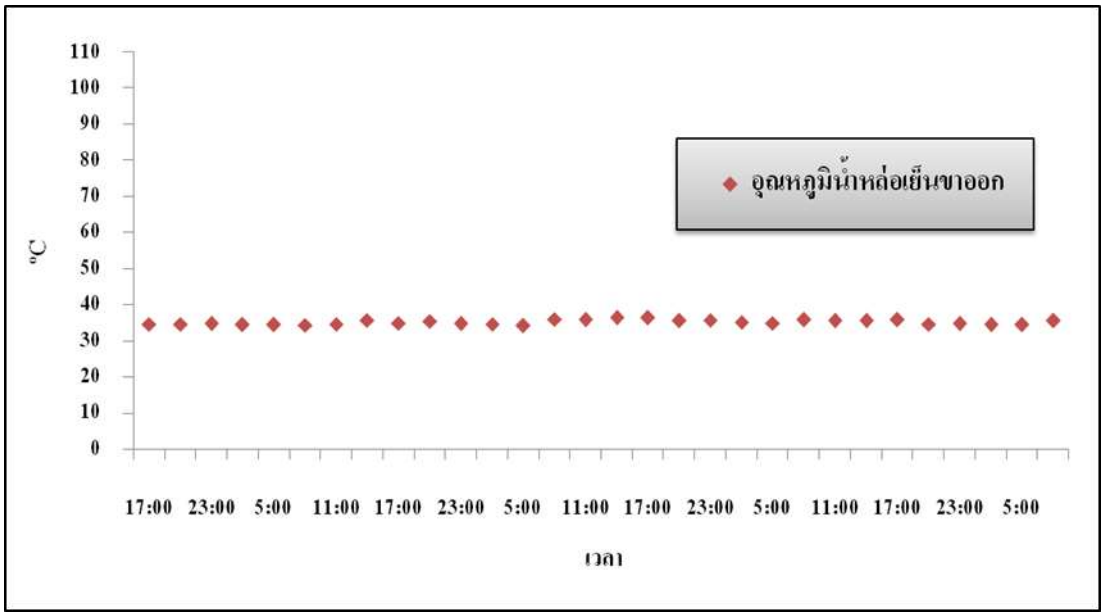
ในหัวข้อนี้นี้จะเป็นการคำนวณวิเคราะห์ข้อมูลของน้ำหล่อเย็นเพื่อหาค่าของความร้อนที่ถูกระบายออกจากระบบ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการตวจวัดและเก็บข้อมูลของน้ำหล่อเย็นได้แก่ อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น, อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาเข้าและขาออกจากเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมจะแสดงดังรูปที่ 5.7, 5.8 และ 5.9 ซึ่งเมื่อนำข้อมูลมาคำนวณวิเคราะห์อัตราการระบายความร้อนออกจากระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมโดยได้ใช้สมการที่ 4.10 จะได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ 5.11 จะเห็นว่ากราฟอัตราการระบายความร้อนออกจากระบบจะไม่นิ่งเนื่องมาจากผลต่างของอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาเข้าและขาออกจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีค่าที่แตกต่างกันดังรูปที่ 5.10 เมื่อนำผลจากการคำนวณวิเคราะห์ค่าอัตราการระบายความร้อนออกจากระบบในรูปที่ 5.11 มาทำการหาค่าเฉลี่ยจะพบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณความร้อนที่ถูกระบายออกจากระบบจริงมีค่าเท่ากับ 978.03 kW



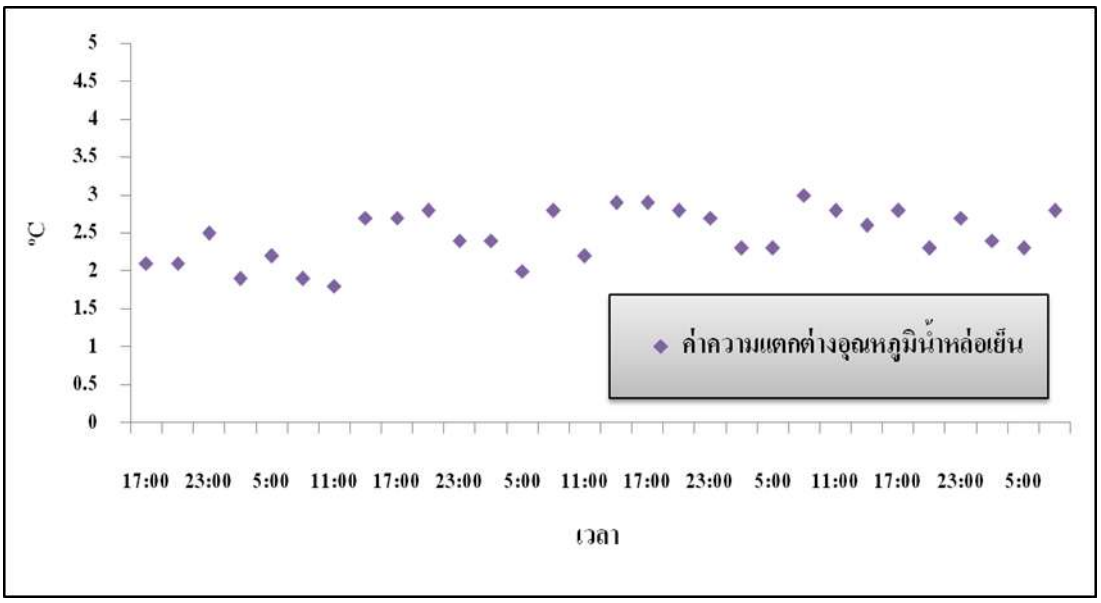
รูปที่ 5.7 ข้อมูลอัตราการไหลน้ำหล่อเย็นของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม



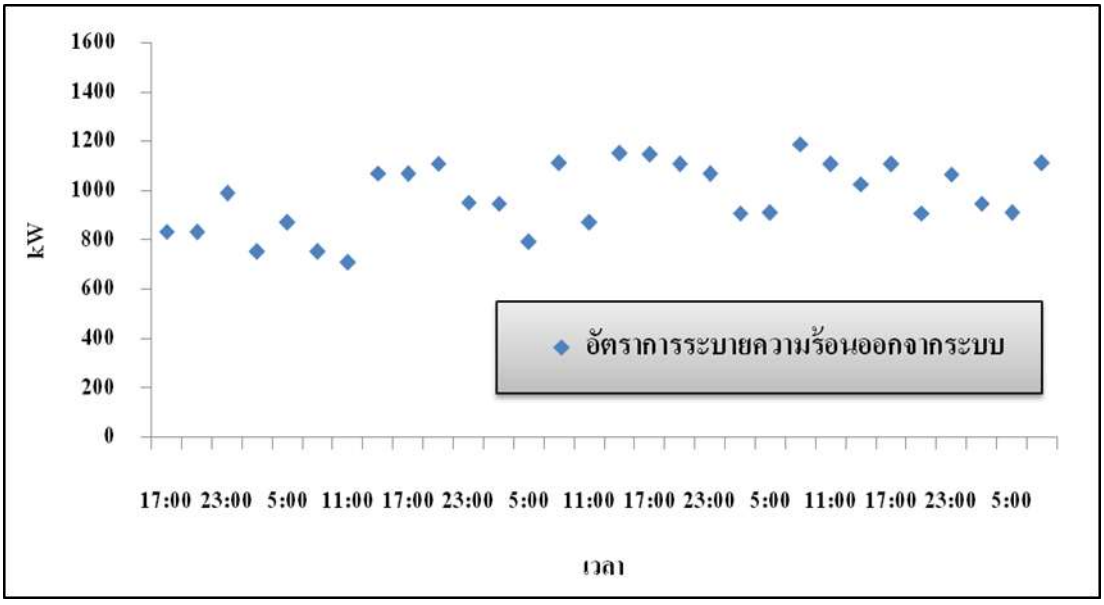
รูปที่ 5.8 ข้อมูลอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาเข้าของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม



รูปที่ 5.9 ข้อมูลอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาออกของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม



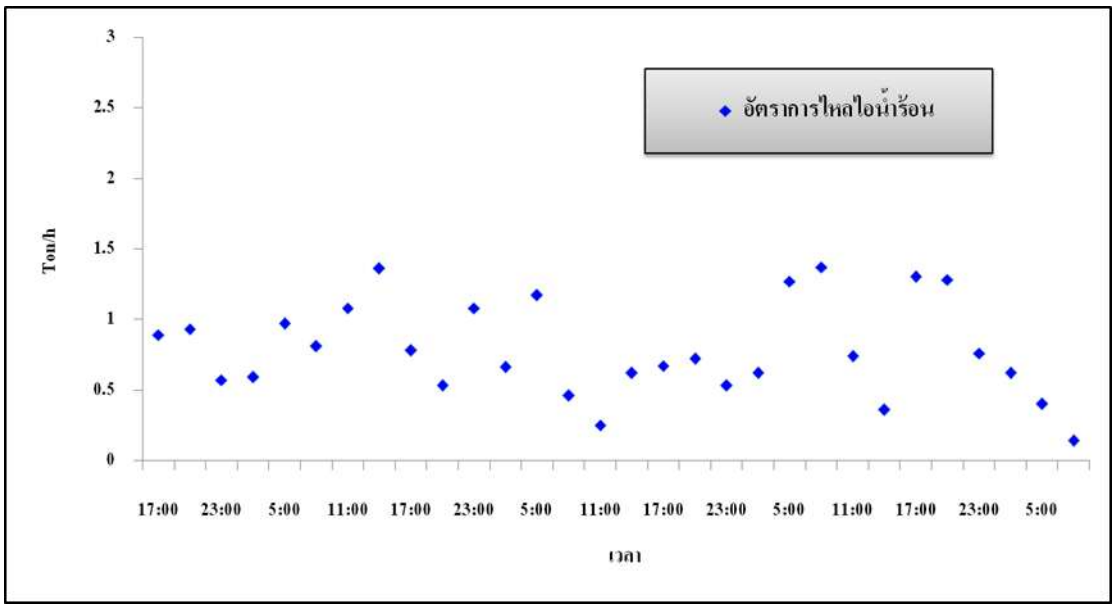
รูปที่ 5.10 ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออกและขาเข้า



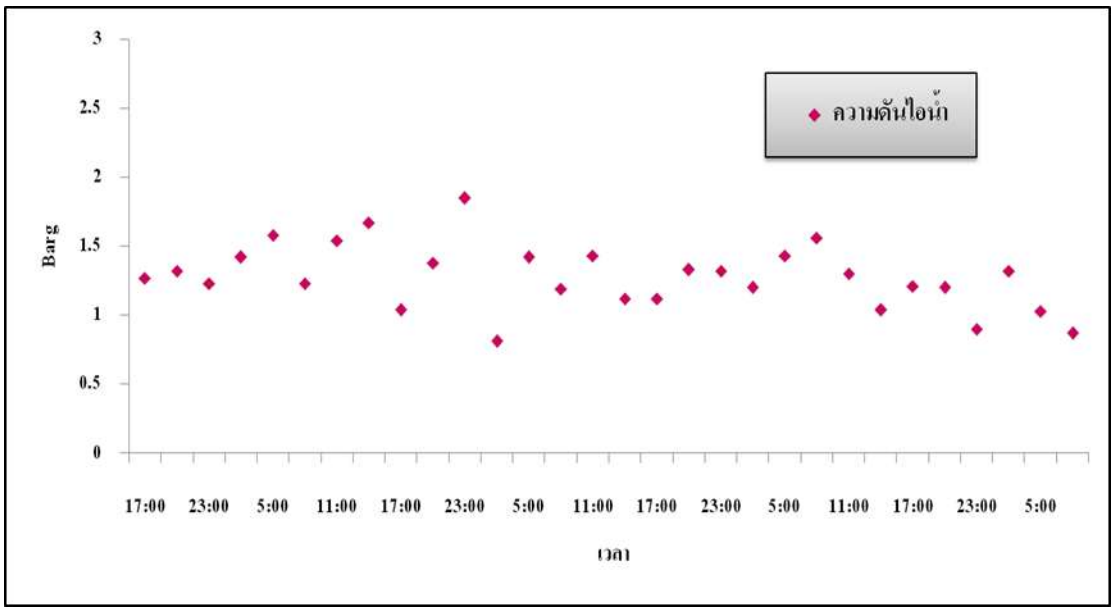
รูปที่ 5.11 อัตราการระบายความร้อนออกจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

5.2.1.3 อัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำ

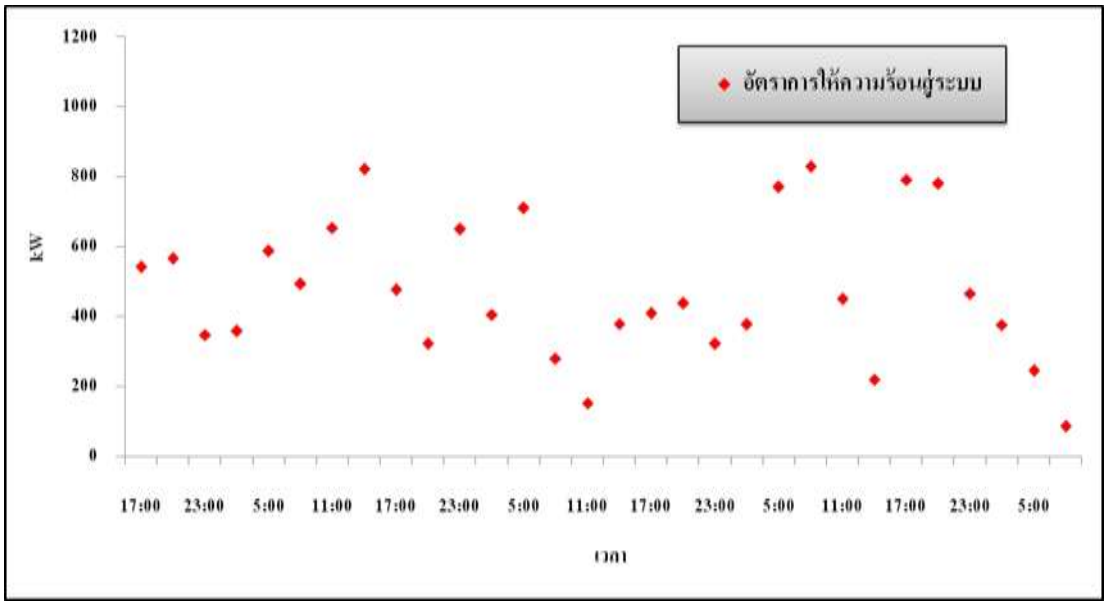
การวิเคราะห์คำนวณหาอัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำได้ทำการวิเคราะห์จากข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของไอน้ำร้อนได้แก่ อัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำซึ่งได้แสดงดังรูปที่ 5.12, ความดันของไอน้ำความดันต่ำหน่วยความดันบาร์เกจซึ่งได้แสดงดังรูปที่ 5.13 และนำข้อมูลจากรูปที่ 5.12, 5.13 มาวิเคราะห์อัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำโดยทำการวิเคราะห์จากสมการที่ 4.11 โดยการวิเคราะห์หาค่าของเอนธัลปีของไอน้ำความดันต่ำนั้นจะต้องทำการเปลี่ยนหน่วยความดันจากหน่วยบาร์เกจมาเป็นหน่วยความดันสมบูรณ์กิโลปาสคาลก่อนซึ่งเมื่อทำการคำนวณวิเคราะห์อัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำจะได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ 5.14 เมื่อทำการพิจารณาวิเคราะห์รูปที่ 5.14 จะพบว่ากราฟของอัตราการให้ความร้อนสู่ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมโดยไอน้ำนั้นมีค่าแกว่งไปมามากและเมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณวิเคราะห์ผลมาได้ในกราฟนี้มาทำการหาค่าเฉลี่ยจะพบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำมีค่าเท่ากับ 469.26 kW



รูปที่ 5.12 ข้อมูลอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำ



รูปที่ 5.13 ข้อมูลความดันไอน้ำ

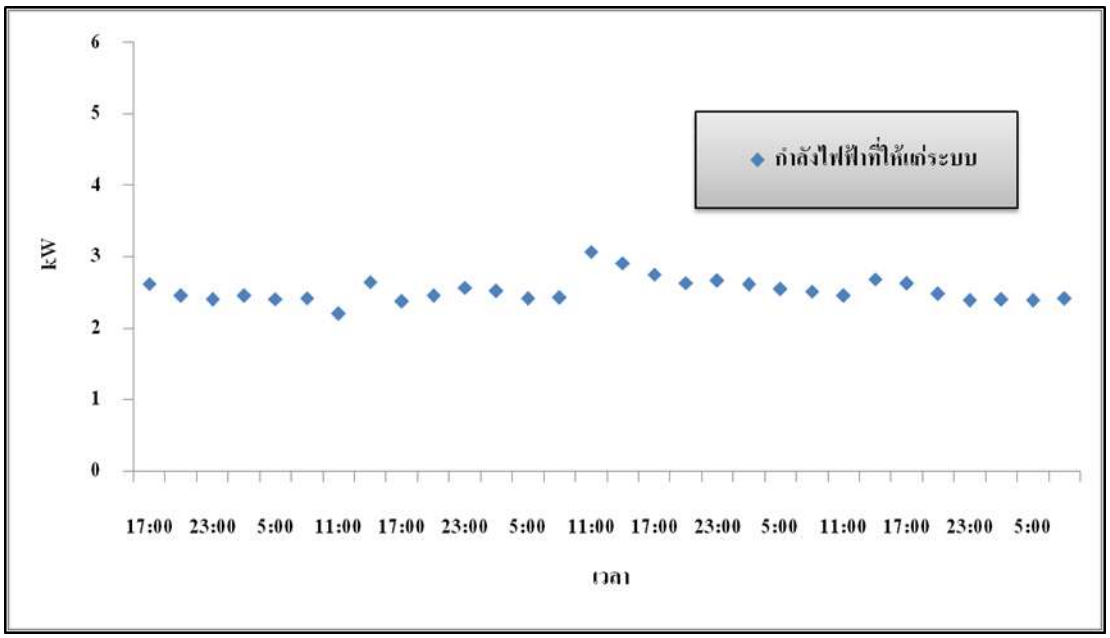


รูปที่ 5.14 อัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำ

5.2.1.4 กำลังไฟฟ้าที่ให้แก่ระบบ

โดยข้อมูลของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมดังรูปที่ 5.15 จะเห็นว่าระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมนั้นใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยมากเมื่อเทียบกับระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนซึ่งพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมนั้น ระบบจะใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงานของปั๊มไว้เพื่อปั๊มสารหมุนเวียนภายในระบบของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมนั่นเอง

โดยที่ค่ากำลังไฟฟ้าของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมในรูปที่ 5.15 นี้จะใช้ในการพิจารณาค่าส่วนเหลือของสมดุลพลังงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมในสมการที่ 4.13 และใช้ในการคำนวณวิเคราะห์ผลการศึกษาของความสัมพันธ์ของช่วงเปอร์เซ็นการทำความเย็นต่างๆของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมกับค่าสัมสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม ซึ่งจากรูปที่ 5.15 พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2.53 kW

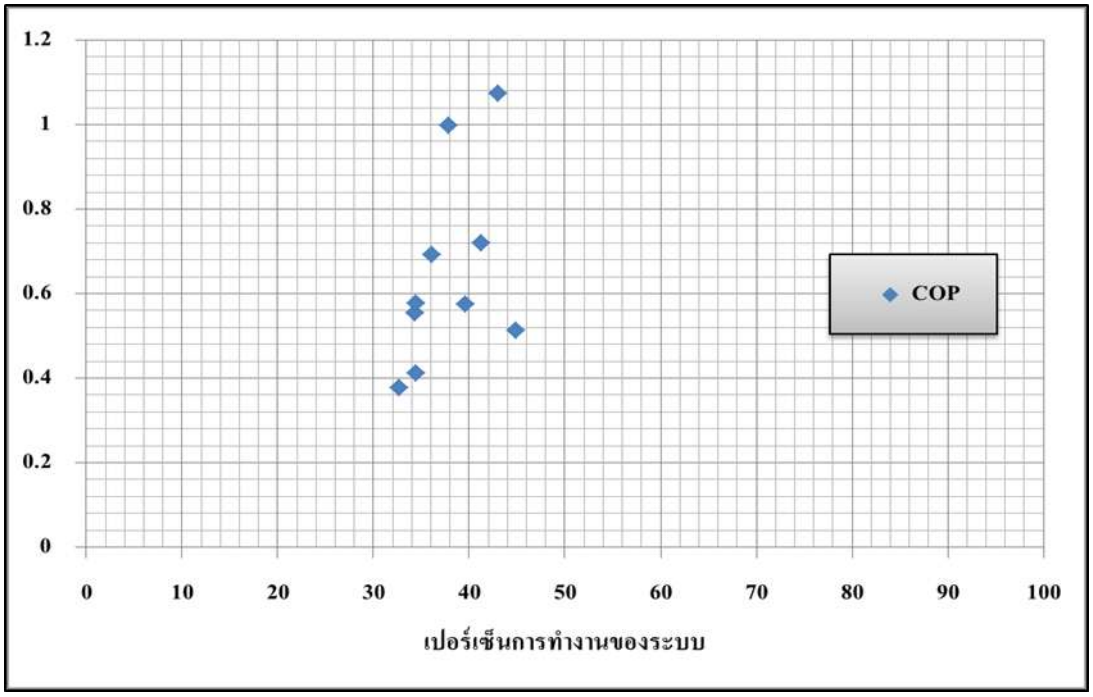


รูปที่ 5.15 ข้อมูลกำลังไฟฟ้าที่ให้แก่ระบบ

5.2.1.5 สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของช่วงเปอร์เซ็นการทำความเย็นต่างๆของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมกับค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม โดยได้ทำการคำนวณวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นจากสมการที่ 4.12 และค่าเปอร์เซ็นการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจะเป็นค่าที่ได้จาก

การคิดเทียบค่าของอัตราการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมที่ทำความเย็นได้จริงคิดเทียบกับค่าพิกัดการทำเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมที่มีค่าเท่ากับ 270 TR หรือ 949.56 kW ทำเป็นเปอร์เซ็นการทำงานของระบบนั่นเอง ซึ่งผลการคำนวณวิเคราะห์จะได้ผลของการศึกษาความสัมพันธ์ของช่วงเปอร์เซ็นการทำความเย็นต่างๆของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมกับค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมแสดงดังรูปที่ 5.16



รูปที่ 5.16 COP ที่เปอร์เซ็นการทำงานต่างๆของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

จากได้ผลของการศึกษาความสัมพันธ์ของช่วงเปอร์เซ็นการทำความเย็นต่างๆของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมกับค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมดังแสดงในรูปที่ 5.16 เป็นผลของการศึกษาที่ได้ทำการคัดกรองข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้เงื่อนไขในการคัดกรองข้อมูลเนื่องมาจากข้อมูลของไอน้ำร้อนที่ได้จากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลจะเห็นว่าข้อมูลที่ได้จะมีค่าแกว่งไปมาไม่สม่ำเสมอมากซึ่งส่งผลให้ระบบบางช่วงเวลาปรับสมดุลพลังงานที่ใช้ในระบบไม่ทันกันจึงทำให้เกิดมีค่าความคลาดเคลื่อนทางสมดุลพลังงานในระบบ โดยพิจารณาจากสมดุลพลังงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมคือสมการที่ 4.13

โดยทำการพิจารณาเงื่อนไขของการคัดกรองข้อมูลตามสมการที่ 4.13 เป็นเปอร์เซ็น R = ± 20 % ซึ่งเปอร์เซ็น R จะคิดเทียบกับค่าอัตราการระบายความร้อนออกจากระบบเพราะเป็นค่าพลังงานค่ามากที่สุดในสมดุลพลังงานภายในระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

ซึ่งจะพบว่าค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมในรูปที่ 5.16 มีค่าเท่ากับ 0.65 และจากการศึกษาจะพบว่าเมื่อระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมที่เปอร์เซ็นการทำงานที่ 43.02 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบจะมีค่าเท่ากับ 1.07 ซึ่งเป็นค่าสูงมากที่สุดและที่เปอร์เซ็นการทำงานที่ 32.65 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจะมีค่าเท่ากับ 0.38 ซึ่งเป็นค่าต่ำที่สุด

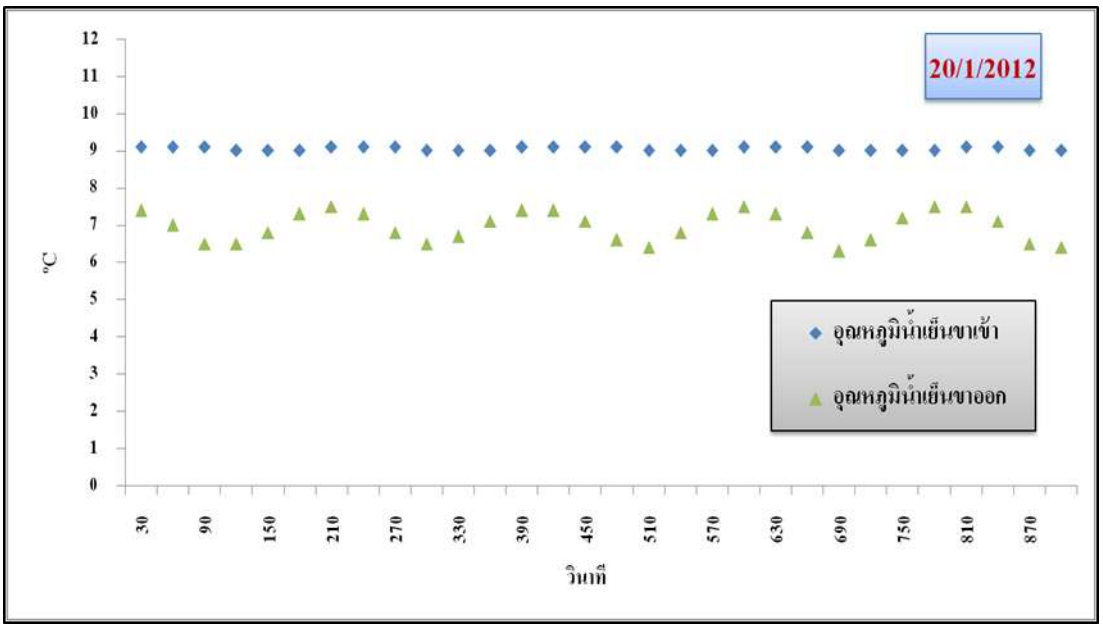
จากรูปที่ 5.16 แสดงให้เห็นแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเปอร์เซ็นการทำความเย็นต่างๆของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมกับค่าสัมสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมคือเมื่อเปอร์เซ็นการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีเปอร์เซ็นการทำงานของระบบที่เพิ่มขึ้นค่าของสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบก็จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วยนั่นเอง

5.2.2 การทำนายผลทางพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงระยะเวลาสั้น

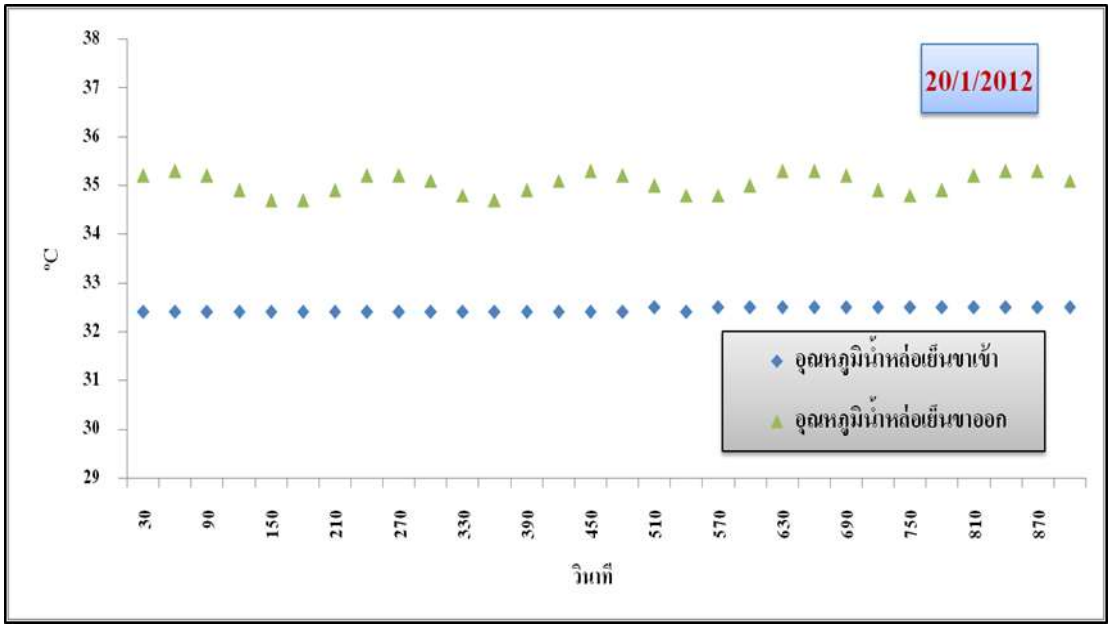
5.2.2.1 การพิจารณาวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจวัด

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกและอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออกและอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาเข้าและอัตราการการไหลของไอน้ำความดันต่ำของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมในช่วงเวลาในการจดบันทึกค่าระยะเวลาบันทึกค่า 15 นาที ทุกๆ 30 วินาที

โดยได้ทำการวาดกราฟข้อมูลดิบของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกและขาเข้าของการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมแสดงดังรูปที่ 5.17 วาดกราฟข้อมูลดิบของอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออกและขาเข้าของการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมแสดงดังรูปที่ 5.18 ซึ่งข้อมูลในรูปที่ 5.17 และข้อมูลในรูปที่ 5.18 นั้นเป็นข้อมูลที่ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลในวันและเวลาเดียวกันนั่นคือวันที่ 20/1/2012

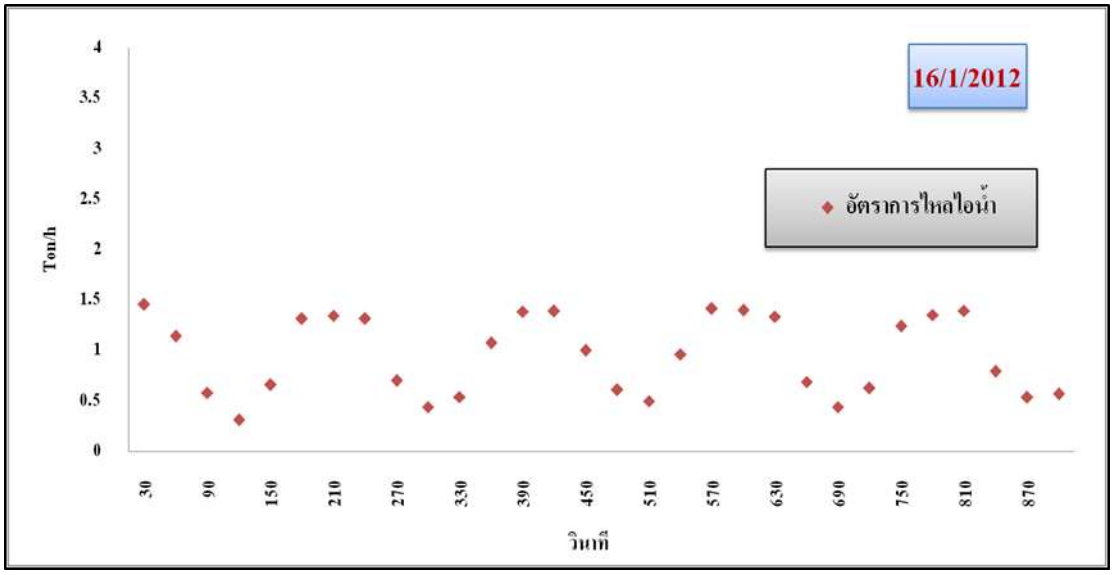


รูปที่ 5.17 ข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นบันทึกค่า 15 นาที ทุกๆ 30 วินาที

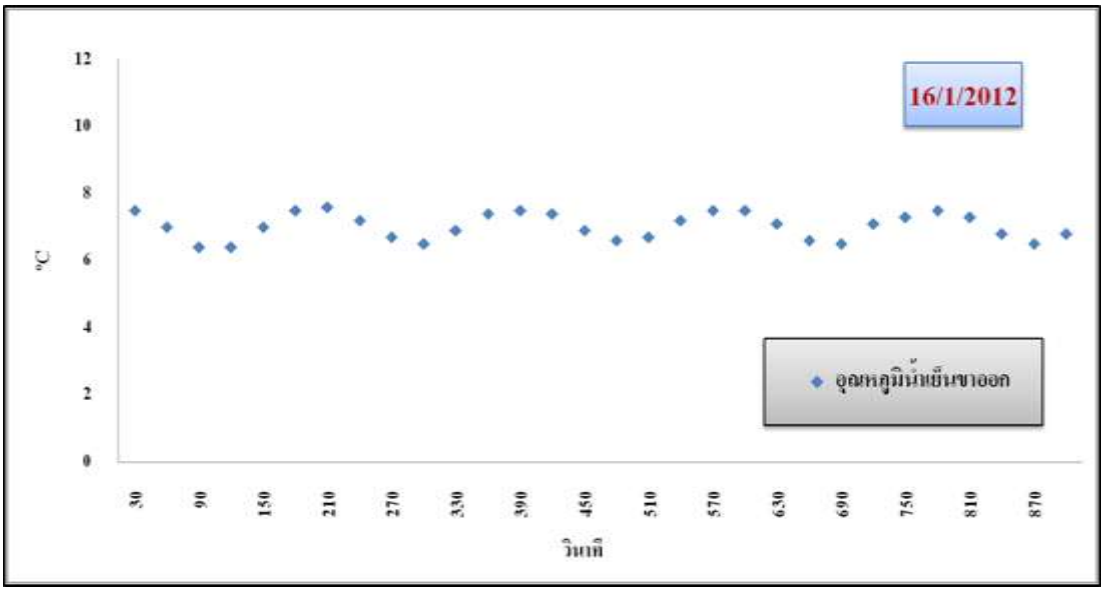


รูปที่ 5.18 ข้อมูลอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นบันทึกค่า 15 นาที ทุกๆ 30 วินาที

วาดกราฟข้อมูลดิบของอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำของการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมแสดงดังรูปที่ 5.19 วาดกราฟข้อมูลดิบของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกของการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมแสดงดังรูปที่ 5.20 ซึ่งข้อมูลในรูปที่ 5.19 และข้อมูลในรูปที่ 5.20 นั้นเป็นข้อมูลที่ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลในวันและเวลาเดียวกันนั่นคือวันที่ 16/1/2012



รูปที่ 5.19 ข้อมูลอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำบันทึกค่า 15 นาที ทุกๆ 30 วินาที



รูปที่ 5.20 ข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกบันทึกค่า 15 นาที ทุกๆ 30 วินาที

จากรูปที่ 5.17-5.20 เป็นข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดโดยการจดบันทึกซึ่งค่าระยะเวลาบันทึกค่า 15 นาที ทุกๆ 30 วินาที

เมื่อทำการพิจารณากราฟของอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าและขาออกในรูปที่ 5.17, 5.20 จะพบว่าค่าของอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าจะมีลักษณะของกราฟเป็นเส้นตรงส่วนกราฟอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจะมีลักษณะของกราฟเป็นกราฟคลื่นไซน์ (Sine Wave)

เมื่อพิจารณากราฟของอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในรูปที่ 5.18 จะพบว่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาเข้าจะมีลักษณะของกราฟเป็นเส้นตรงส่วนกราฟอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออกจะมีลักษณะของกราฟเป็นกราฟคลื่นไซน์

เมื่อพิจารณากราฟของอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำในรูปที่ 5.19 จะพบว่าลักษณะกราฟจะมีลักษณะเป็นกราฟคลื่นไซน์

เมื่อทำการพิจารณากราฟของอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำในรูปที่ 5.19 กับกราฟของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกในรูปที่ 5.20 ซึ่งข้อมูลของกราฟทั้งสองนี้ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลในวันและเวลาเดียวกันคือ 16/1/2012 โดยได้ทำการพิจารณาวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำกับอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม พบว่าอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจะแปรผันตามอัตราการไหลของไอน้ำที่ใช้ในการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

ดังนั้นจากข้างต้นที่ได้กล่าวมาในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจในการศึกษาหาความสัมพันธ์ของสมการในส่วนข้อมูลของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออกและอัตราการไหลของไอน้ำร้อนความดันต่ำที่มีการเปลี่ยนแปลงมีลักษณะเป็นกราฟคลื่นไซน์จึงเป็นที่น่าสนใจในการนำข้อมูลทั้ง 3 ตัวแปรนี้นำมาวิเคราะห์หาสมการฟังก์ชั่นไซน์เพื่อที่จะใช้ประโยชน์จากสมการความสัมพันธ์เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ทางด้านพลังงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมนั่นเอง

5.2.2.2 การวิเคราะห์การถดถอยกราฟของข้อมูลเพื่อหาสมการฟังก์ชั่นไซน์

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลดิบของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออกและอัตราการไหลของไอน้ำที่ได้ทำการตรวจวัดและบันทึกค่า 15 นาที ทุกๆ 30 วินาที โดยทำการวิเคราะห์การถดถอย (Regression) กราฟของข้อมูลดิบเพื่อทำการหาสมการฟังก์ชั่นไซน์โดยได้ทำการวิเคราะห์หาจากสมการไซน์พื้นฐานดังสมการ 4.14

โดยวิธีการขั้นตอนคือนำข้อมูลดิบของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออกและอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำนำข้อมูลของตัวแปรแต่ละชุดมาหาค่าเฉลี่ยพอได้ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแต่ละชุดแล้วก็นำค่าเฉลี่ยของตัวแปรแต่ละชุดมาลบออกจากค่าข้อมูลดิบของตัวแปรของมันเองเพื่อทำการปรับแกนให้ค่าของข้อมูลดิบมีค่าอยู่ที่แกน Y ของกราฟที่ตำแหน่งกึ่งกลางค่า 0 เพื่อที่จะทำการวิเคราะห์หาสมการการถดถอยฟังก์ชั่นไซน์

ขั้นตอนต่อไปคือการหาค่า T โดยทำการวิเคราะห์จากกราฟข้อมูลดิบที่ลบออกด้วยค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธีการเทียบค่า ยกตัวอย่างการวิเคราะห์กราฟข้อมูลของอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำที่ลบค่าเฉลี่ยของข้อมูลวันที่ 16/1/2012 พบว่าใน 1 คาบเท่ากับ 2π เท่ากับ 360 องศาเท่ากับช่วงเวลา 187.5 วินาที ใน 1 คาบเวลาของกราฟ หรือยกตัวอย่างการวิเคราะห์กราฟข้อมูลของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกลบค่าเฉลี่ยของข้อมูลวันที่ 20/1/2012 พบว่าใน 1 คาบเท่ากับ 2π เท่ากับ 360 องศาเท่ากับ 195 วินาที จากวิธีการข้างต้นได้ทำการหาค่า T จนครบทั้งหมดของทุกค่าตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์หาสมการการถดถอยของกราฟข้อมูล

พอได้ค่า T ของทุกกราฟแล้วก็นำไปแทนลงในสมการที่ 4.14 โดยที่ค่า t ในการแทนค่าจะแทนค่าเป็นเวลาในหน่วยของเวลาวินาทีโดยจะแทนลงในสมการที่ 4.14 หลังจากนั้นให้ทำการกำหนดค่าแอมพลิจูด (A) ของแต่ละสมการที่คาดว่าจะทำให้ผลลัพธ์ของสมการออกมาใกล้เคียงกับข้อมูลการตรวจวัดจริงมากที่สุดมาเป็นค่ากลางคงที่เพื่อที่จะทำการหาค่า Ø ของแต่ละสมการที่ดีสุดโดยทำการแทนค่า Ø เป็นค่าต่างๆที่มีแนวโน้มที่จะทำให้ค่าที่ได้จากสมการที่ 4.14 มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลการตรวจวัดจริงมากที่สุดโดยจะทำการพิจารณาเลือกค่า Ø จากสมการ 4.15 นั่นก็คือสมการค่าความผิดพลาดนั่นเอง

จากนั้นเมื่อได้ค่า Ø ที่ทำให้ผลลัพธ์ของสมการออกมาใกล้เคียงกับข้อมูลการตรวจวัดจริงมากที่สุดแล้วต่อไปก็จะทำการหาค่าแอมพลิจูด (A) ของแต่ละสมการที่จะทำให้ผลลัพธ์ของสมการออกมาใกล้เคียงกับข้อมูลการตรวจวัดจริงมากที่สุด โดยทำการแทนค่า T, Ø ที่หามาได้ของแต่ละค่าตัวแปรลงไปในสมการที่ 4.14 หลังจากนั้นก็แทนค่าแอมพลิจูด (A) เป็นค่าต่างๆที่มีแนวโน้มที่จะทำให้ค่าที่ได้จากสมการที่ 4.14 มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลการตรวจวัดจริงที่สุดซึ่งการพิจารณาเลือกค่าแอมพลิจูด (A) ก็จะใช้การพิจารณาโดยใช้สมการที่ 4.15 เช่นเดียวกับการหาค่า Ø

จากค่าตัวแปรต่างๆของแต่ละสมการที่หาได้นั้นจะนำมาแทนลงในสมการที่ 4.14 หลังจากนั้นนำค่าที่ได้จากการคำนวณของแต่ละสมการมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่าของข้อมูลการตรวจวัดจริงเพื่อพิจารณาค่าของความคลาดเคลื่อนที่ได้จากสมการว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้หรือไม่โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (Coefficient of Determination: R^2) ซึ่งค่านี้หาได้จากสมการที่ 4.16

จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจพบว่าค่าที่ได้นั้นเป็นค่าที่ยอมรับได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้ค่าตัวแปรต่างๆได้แก่ A, Ø เพียงแต่จะใช้ค่าเฉลี่ย T ของทั้ง 4 สมการนำมาแทนค่า T ของแต่ละสมการเดิมและเมื่อทำการแทนค่าตัวแปรต่างๆแล้วก็นำสมการแต่ละสมการมาวิเคราะห์คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจในสมการที่ 4.16 อีกครั้งซึ่งจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจเมื่อทำการใช้ค่าเฉลี่ย T จะพบว่าค่าที่ได้นั้นเป็นค่าที่ยอมรับได้

ขั้นตอนต่อไปคือทำการนำค่าที่คำนวณวิเคราะห์ได้จากแต่ละสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟของแต่ละชุดตัวแปรที่หามาได้มาบวกค่าเฉลี่ยของตัวแปรแต่ละชุดของข้อมูลการตรวจวัดจริงที่ได้นำไปลบออกจากข้อมูลการตรวจวัดจริงเพื่อทำการปรับแกนให้ค่าของข้อมูลดิบมีค่าอยู่ที่แกน Y ของกราฟที่ตำแหน่งกึ่งกลางค่า 0 เพื่อที่จะทำการวิเคราะห์หาสมการการถดถอยฟังก์ชั่นไซน์ก่อนหน้านี้

แต่เนื่องจากช่วงวันและเวลาของการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของแต่ละกราฟมีวันและเวลาการตรวจวัดไม่ตรงกันจะเห็นว่ากราฟข้อมูลดิบของอุณหภูมิน้ำเย็นและอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นดังรูปที่ 5.17, 5.18 วันและเวลาตรวจวัดเดียวกันคือวันที่ 16/1/2012 ส่วนกราฟข้อมูลดิบของอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำและอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกดังรูปที่ 5.19, 5.20 วันและเวลาตรวจวัดเดียวกันคือวันที่ 20/1/2012 ซึ่งจะเห็นได้ว่าข้อมูลจากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของวันที่ 20/1/2012 มีครบโดยที่จะมีค่าข้อมูลดิบของอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าขาออกและอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาเข้าขาออกเพียงแต่จะขาดค่าข้อมูลดิบของอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำ

ซึ่งในงานวิจัยนี้ต้องการจะศึกษาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละชุดนั่นคืออัตราการไหลของไอน้ำ, อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออก, อุณหภูมิน้ำเย็นขาออกว่ามีความสัมพันธ์กันยังไง ดังนั้นจึงต้องทำการปรับข้อมูลของไอน้ำความดันต่ำในวันที่ 16/1/2012 ให้ไปเทียบเคียงได้กับวันที่ 20/1/2012 โดยทำการย้ายกราฟของสมการจากการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำในวันที่ 16/1/2012 ย้ายมาให้อยู่วันเดียวกับกราฟของสมการจากการวิเคราะห์การถดถอยของอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออกและอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกในวันที่ 20/1/2012 โดยอาศัยผลต่างของ Ø

วิธีการก็คือพิจารณาวิเคราะห์จากผลต่างของค่า Ø ของสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำกับของสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกของวันที่ 16/1/2012 ว่าต่างกันเท่าไหร่ดังนั้นเมื่อรู้ว่าค่าผลต่างว่าต่างกันเท่าไหร่แล้วก็แสดงว่าผลต่างของค่า Ø ของสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอัตราการไหลไอน้ำร้อนความดันต่ำกับสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกในวันที่ 20/1/2012 จะต้องมีค่าเท่ากันกับผลต่างของวันที่ 16/1/2012 เช่นกัน

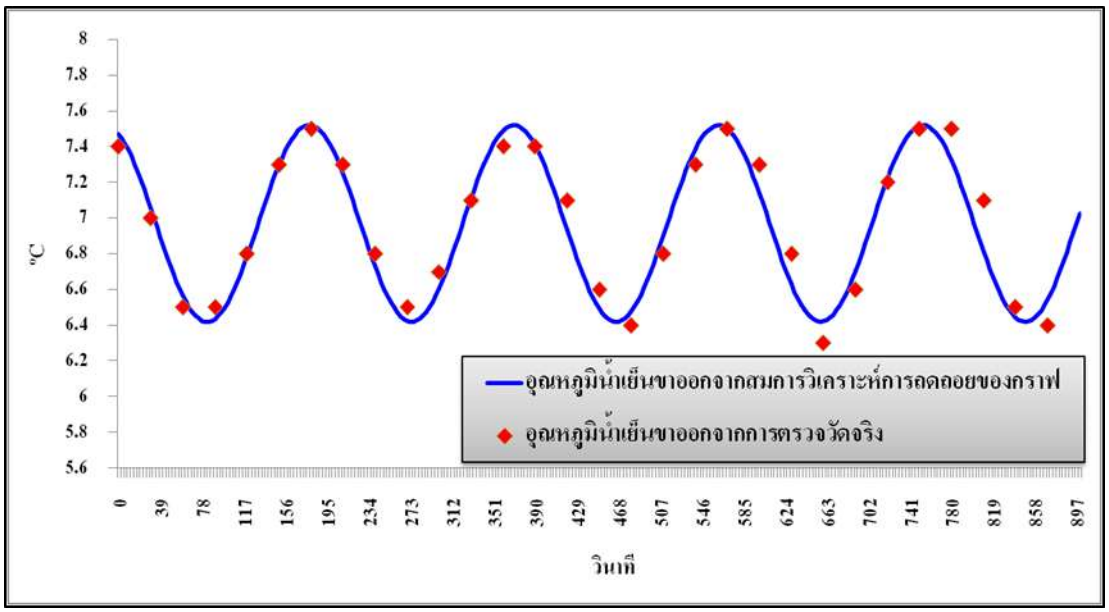
เพราะฉะนั้นจึงนำค่าผลต่างของค่า Ø ระหว่างสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำกับของสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกของวันที่ 16/1/2012 มาบวกกับค่า Ø ของสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกของวันที่ 20/1/2012 ก็จะทำให้ได้ค่า Ø ของสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอัตราการไหลไอน้ำในวันที่ 20/1/2012 ซึ่งจะพบว่าผลต่างค่า Ø ของสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอัตราการไหลไอน้ำกับสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกในวันที่ 16/1/2012 มีค่าเท่ากับ 22.5 และเมื่อทราบผลต่างแล้วก็จะทำให้ได้ค่า Ø ของสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอัตราการไหลไอน้ำในวันที่ 20/1/2012 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 153

ดังนั้นค่าตัวแปรต่างๆของสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟของวันที่ 20/1/2012 ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละชุดและค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจจะแสดงไว้ในตารางที่ 5.4

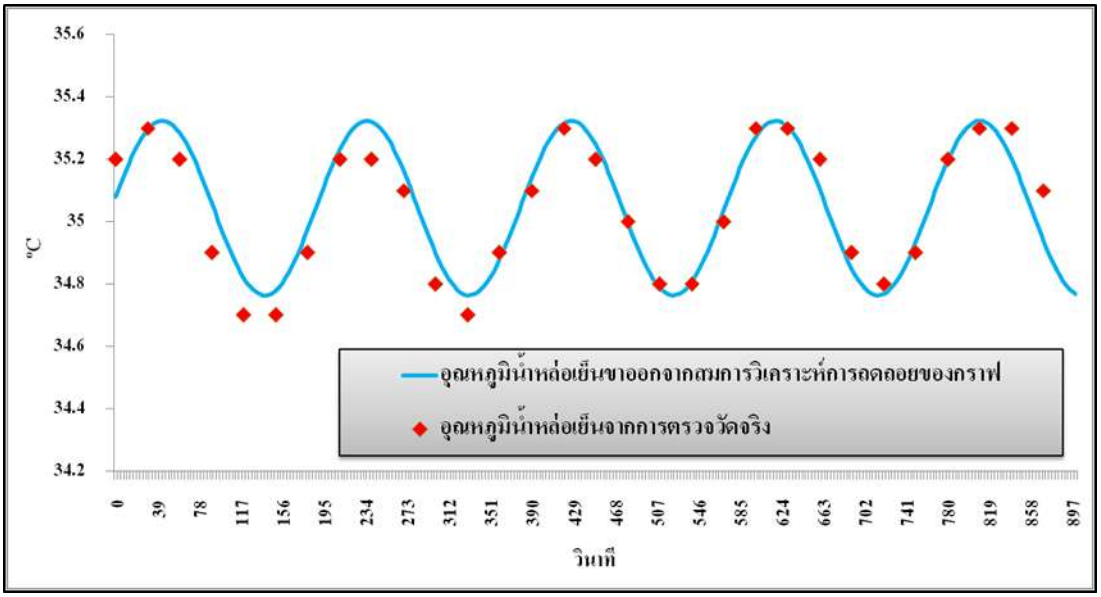
ตารางที่ 5.4 สรุปค่าตัวแปรต่างๆของสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟ

Y	$\bar{Y}$	coefficients			R^2
		A	T	Ø	
อุณหภูมิน้ำเย็นขาออก	6.97	0.55	191.60	130.50	0.93
อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาออก	35.04	0.28	191.60	187.50	0.87
อัตราการไหลไอน้ำ	0.95	0.51	191.60	153.00	0.88

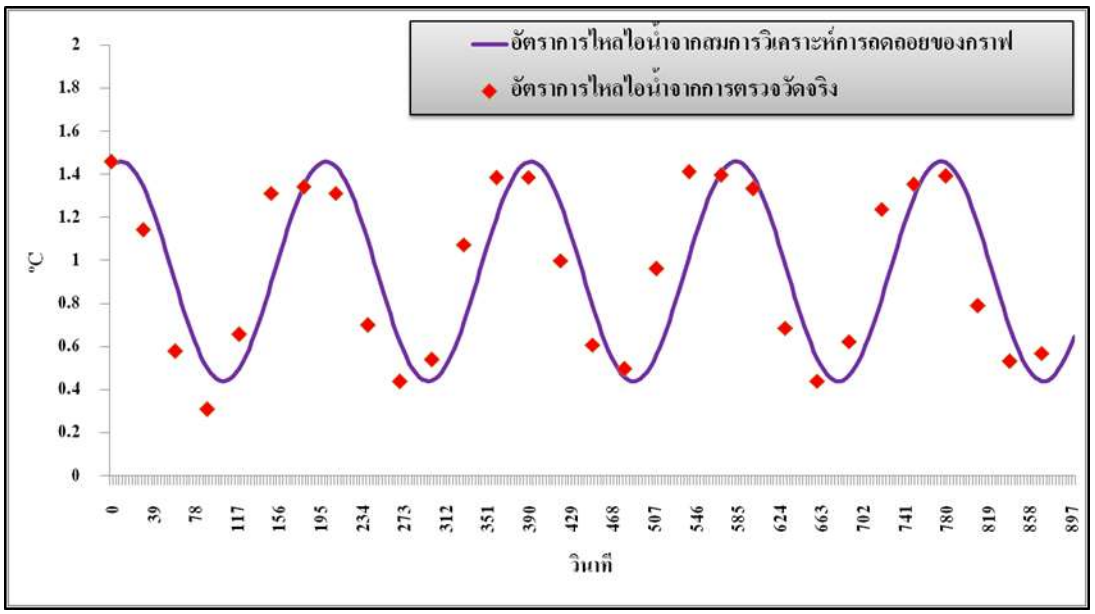
จากตารางที่ 5.4 เมื่อนำค่าต่างๆในตารางที่ 5.4 นี้มาแทนลงในสมการที่ 4.14 แล้วทำการคำนวณวิเคราะห์หาค่าของแต่ละสมการของการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟข้อมูลชุดตัวแปรต่างๆเป็นระยะเวลา 15 นาที เพื่อจะทำการวาดกราฟของค่าที่ได้จากการคำนวณวิเคราะห์สมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์หามาดังข้างต้น เพื่อที่จะทำการเปรียบเทียบค่าข้อมูลที่ได้จากการคำนวณวิเคราะห์จากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟข้อมูลกับค่าข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลจริง ซึ่งจะทำการวาดกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟกับข้อมูลการตรวจวัดและเก็บข้อมูลจริงของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออก, อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาออกและอัตราการไหลไอน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 5.21, 5.22 และ 5.23 ตามลำดับ



รูปที่ 5.21 อุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจากสมการวิเคราะห์การถดถอยเปรียบเทียบกับค่าการตรวจวัดจริงของวันที่ 20/1/2012



รูปที่ 5.22 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออกจากสมการวิเคราะห์การถดถอยเปรียบเทียบกับค่าการตรวจวัดจริงของวันที่ 20/1/2012



รูปที่ 5.23 อัตราการไหลไอน้ำจากสมการวิเคราะห์การถดถอยเปรียบเทียบกับค่าการตรวจวัดจริงของวันที่ 16/1/2012

จากรูปที่ 5.21 - 5.22 จะเห็นว่าค่าของข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงมีค่าใกล้เคียงกับกราฟที่วาดมาจากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟที่ได้ทำการวิเคราะห์หามาข้างต้น แต่ในรูปที่ 5.23 นั้นจะเห็นว่ากราฟที่ได้จากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอัตราการไหลไอน้ำจะมีเฟสเยื้องนำหน้าไปทางขวาของค่าข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงเพราะว่าเนื่องมาจากกราฟที่ได้จากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอัตราการไหลไอน้ำจะเป็นค่าที่เทียบเคียงข้อมูลของวันที่ 20/1/2012 แต่ในรูปที่ 5.23 จะเป็นการนำกราฟที่ได้จากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอัตราการไหลไอน้ำซึ่งเป็นค่าที่เทียบเคียงข้อมูลของวันที่ 20/1/2012 มาเปรียบเทียบกับค่าข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงของวันที่ 16/1/2012 ซึ่งก่อนหน้านี้งานวิจัยนี้ได้ทำการปรับข้อมูลจากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟไอน้ำความดันต่ำในวันที่ 16/1/2012 ให้ไปเทียบเคียงได้กับวันที่ 20/1/2012 โดยอาศัยผลต่างของ Ø ซึ่งวิธีการได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

โดยที่ถ้าทำการปรับข้อมูลจากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟไอน้ำความดันต่ำให้กลับมาอยู่ในวันที่ 16/1/2012 เหมือนก่อนการปรับข้อมูลจากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟไอน้ำความดันต่ำจากวันที่ 16/1/2012 ให้ไปเทียบเคียงได้กับวันที่ 20/1/2012 หรือกล่าวได้ง่ายๆว่าทำการเลื่อนเฟสของกราฟจากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟไอน้ำความดันต่ำให้เยื้องไปซ้ายก็จะเห็นว่าค่าของข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงมีค่าใกล้เคียงกับกราฟที่วาดมาจากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟไอน้ำความดันต่ำ

5.2.2.3 การวิเคราะห์พลังงานจากความสัมพันธ์ของสมการการถดถอยของกราฟ

สำหรับการวิเคราะห์ทางด้านพลังงานและสมรรถนะของระบบเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมเนื่องจากในงานวิจัยนี้ต้องการทำนายหาค่าทางพลังงานและสมรรถนะของระบบเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมตามช่วงเวลาในวินาทีต่างๆอย่างละเอียดจึงได้ทำการพิจารณาค่าตัวชุดตัวแปรต่างๆ และทำการหาสมการจากการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟในหัวข้อก่อนหน้านี้ ซึ่งข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าทางพลังงานและสมรรถนะของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมจะสรุปไว้ในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 สรุปค่าต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางพลังงานตามช่วงเวลาต่างๆในช่วงระยะเวลาสั้น

น้ำหล่อเย็น			
อัตราการไหลน้ำ Cooling (litre/s)	FL_{CLW}	94.73	ข้อมูลทุก 15 นาที
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาเข้า (^{0}C)	T_{CWS}	32.44	ข้อมูลทุก 30 วินาที
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นออก (^{0}C)	T_{CWR}	$35.04 + 0.28\times\sin((2\pi / 191.6)\times(t - 187.5))$	
Cpเฉลี่ยจากΔTเฉลี่ย (kJ/kg˙°C)	Cp_{CLW}	4.18	โรงงานตรวจวัดทุก 3 ชั่วโมง
น้ำเย็น			
อัตราการไหลน้ำเย็น (litre/s)	FL_{CHW}	39.03	ข้อมูลทุก 15 นาที
อุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้า (^{0}C)	T_{CHR}	9.05	ข้อมูลทุก 30 วินาที
อุณหภูมิน้ำเย็นขาออก (^{0}C)	T_{CHS}	$6.97 + 0.55\times\sin((2\pi / 191.6)\times(t - 130.5))$	
Cpเฉลี่ยจากΔTเฉลี่ย (kJ/kg˙°C)	Cp_{CHW}	4.21	โรงงานตรวจวัดทุก 3 ชั่วโมง
ไอน้ำร้อน			
อัตราการไหลของไอน้ำ (Ton/h)	FL_{st}	$0.95 + 0.51\times\sin((2\pi / 191.6)\times(t - 153))$	ข้อมูลทุก 30 วินาที
เอนทัลปี (kJ/kg)	h_{fg}	2190.72	หาค่ามาจากข้อมูลโรงงานตรวจวัดทุก 3 ชั่วโมง
ไฟฟ้า			
$Power_{Absorption}$ (kW)	P_{Ab}	2.53	ทีมวิจัยตรวจวัด

จากตารางที่ 5.5 นี้จะเห็นว่าในส่วนของไอน้ำความดันต่ำในงานวิจัยนี้ได้ใช้ค่าของเอนธัลปีเฉลี่ยเนื่องจากเมื่อทำการคำนวณวิเคราะห์ค่าพลังงานปริมาณความร้อนที่ใช้ในการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมแล้วจะพบว่าค่าของเอนธัลปีเปลี่ยนแปลงตามค่าของข้อมูลความดันไอน้ำซึ่งค่าเอนธัลปีนั้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเทียบกับอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำที่มีการเปลี่ยนเปลี่ยนอย่างมากที่มีผลต่อการคำนวณวิเคราะห์ค่าพลังงานปริมาณความร้อนที่ใช้ในการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

โดยจะเห็นว่าในตารางที่ 5.5 งานวิจัยนี้ยังได้ใช้ค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลของน้ำเย็นอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นเฉลี่ยและกำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมเฉลี่ยเนื่องมาจากข้อมูลจากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของทั้ง 3 ข้อมูลข้างต้นนี้มีค่าค่อนค้างนิ่งดังแสดงในรูปที่ 5.2, 5.7 และ 5.15 ตามลำดับ ดังนั้นข้อมูลในตารางที่ 5.5 จะนำมาวิเคราะห์ทางด้านพลังงานและสมรรถนะของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมตามช่วงเวลาที่ผ่านไปภายในระยะเวลา 15 นาทีซึ่งความละเอียดของผลลัพธ์จากการคำนวณวิเคราะห์จะมีระยะเวลาห่างกันทุกๆ 3 วินาที โดยสมการสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่

1.) อัตราการทำความเย็นพิจารณาจากอุณหภูมิของน้ำเย็น

ทำการคำนวณและวิเคราะห์จากสมการที่ 4.9 โดยการคำนวณวิเคราะห์นั่นจะทำการแทนค่า T_{CHS} จะใช้ค่าที่ได้จากสมการจากการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกคือ $T_{CHS} = 6.97 + 0.55 \times \sin((2\pi / 191.6) \times (t - 130.5))$ ที่ได้ทำการหามาก่อนหน้านี้และค่าตัวแปรอื่นๆทำการแทนค่าจากตารางที่ 5.5 พบว่าเมื่อค่า t เพิ่มทีละ 3 ซึ่งมีความหมายว่าระยะเวลาเพิ่มทีละ 3 วินาที ทำการคำนวณในช่วงเวลา 15 นาที จะได้ค่าเฉลี่ย CL เท่ากับ 345.78 kW หรือ 98.32 TR

2.) อัตราการระบายความร้อนออกจากระบบ

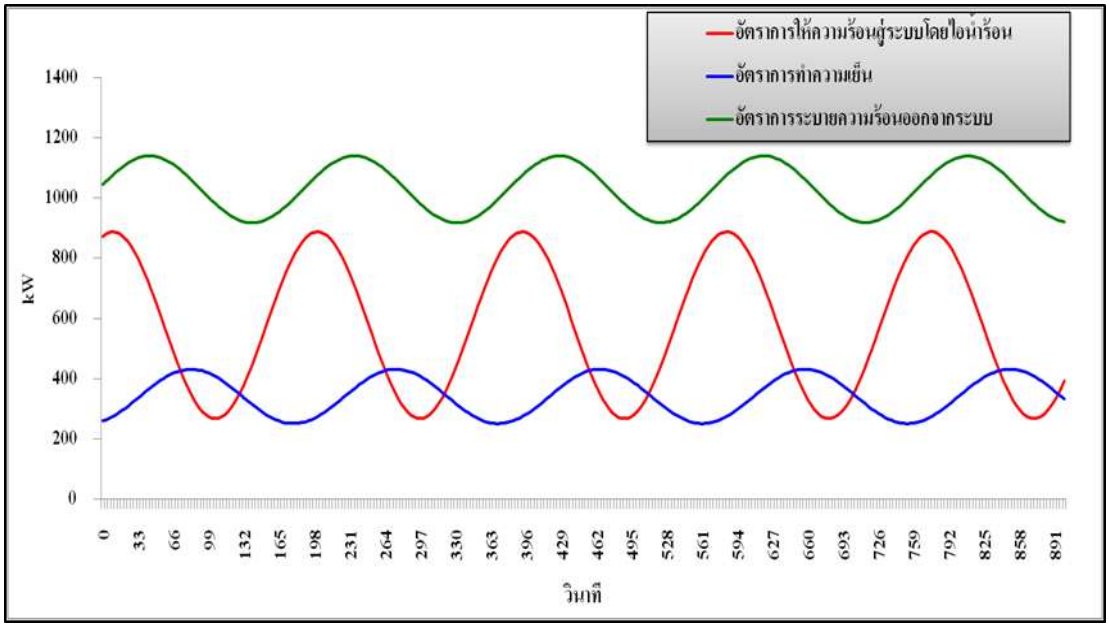
ทำการคำนวณและวิเคราะห์จากสมการที่ 4.10 โดยการคำนวณวิเคราะห์นั่นจะทำการแทนค่า T_{CWR} จะใช้ค่าที่ได้จากสมการจากการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออกคือ $T_{CWR} = 35.04 + 0.28 \times \sin((2\pi / 191.6) \times (t - 187.5))$ เมื่อแทนค่าจากตารางที่ 5.5 พบว่าเมื่อทำการคำนวณในช่วงเวลา 15 นาทีค่าเฉลี่ย kW_{CLW} เท่ากับ 1033.8 kW

3.) อัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำ

ทำการคำนวณและวิเคราะห์จากสมการที่ 4.11โดยการคำนวณวิเคราะห์นั่นจะทำการแทนค่า FL_{st} จะใช้ค่าที่ได้จากสมการจากการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอัตราการไหลไอน้ำความดัน

ต่ำคือ $FL_{st} = 0.95 + 0.51 \times \sin((2\pi / 191.6) \times (t - 153))$ เมื่อแทนค่าจากตารางที่ 5.5 พบว่าเมื่อทำการคำนวณในช่วงเวลา 15 นาที ค่าเฉลี่ย kW_{st} เท่ากับ 572.88 kW

นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ยังได้ทำการวาดกราฟพลังงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมโดยทำการวาดกราฟวิเคราะห์การทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมในช่วงเวลา 15 นาที เมื่อค่า t เพิ่มทีละ 3 ซึ่งมีความหมายว่าระยะเวลาเพิ่มทีละ 3 วินาที ซึ่งเมื่อทำการคำนวณวิเคราะห์ค่าและวาดกราฟพลังงานดังแสดงในรูปที่ 5.24

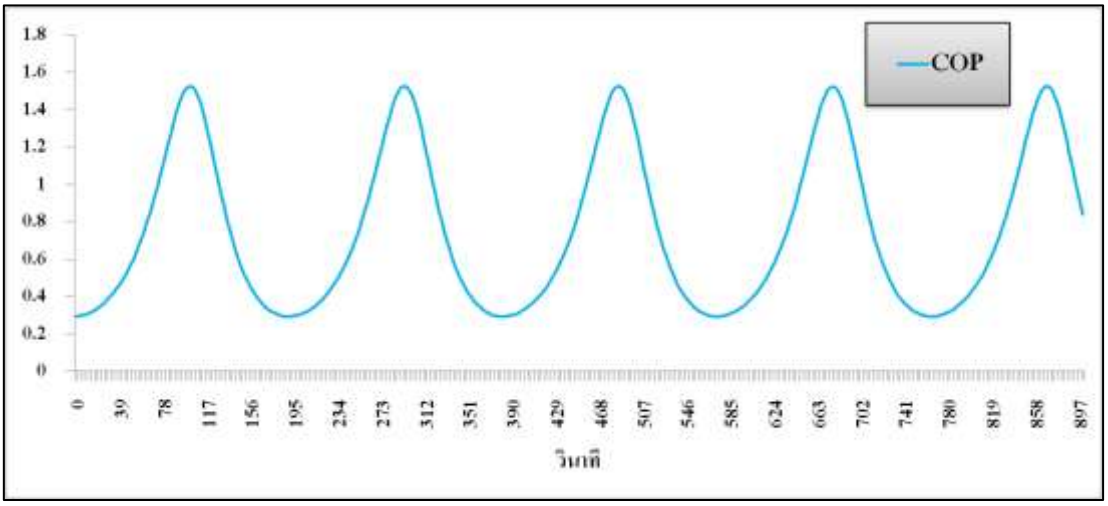


รูปที่ 5.24 กราฟพลังงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นดูดซึมในช่วงเวลา 15 นาที

4.) สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น

จากการคำนวณวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจะทำการคำนวณจากสมการที่ 4.12 โดยใช้ค่าเฉลี่ยของอัตราทำความเย็น, อัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำของช่วง 15 นาที ที่ได้คำนวณก่อนหน้านี้และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจากตารางที่ 5.5 จะพบว่าค่า COP มีค่าเท่ากับ 0.60039 ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมแบบขั้นตอนเดียวที่เป็นไปตามทฤษฎีที่ว่าค่า COP ของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมแบบชั้นเดียวจะมีค่าปกติประมาณ 0.6 [20] นั่นเอง

งานวิจัยนี้ยังได้ทำการวาดกราฟของสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมโดยทำการวาดกราฟวิเคราะห์การทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมในช่วงเวลา 15 นาที เมื่อค่า t เพิ่มทีละ 3 ซึ่งมีความหมายว่าระยะเวลาเพิ่มทีละ 3 วินาที ซึ่งเมื่อทำการคำนวณวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและวาดกราฟสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมดังแสดงในรูปที่ 5.25



รูปที่ 5.25 กราฟสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงเวลาภายใน 15 นาที

เมื่อทำการวาดกราฟพลังงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจากดังรูปที่ 5.24 จะพบว่าค่าทางด้านพลังงานเข้าและออกต่างๆภายในระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมนั้นพลังงานที่ใช้ในการทำงานของระบบจะมีช่วงของเวลาที่ล่าช้าตามกันระหว่างพลังงานต่างๆภายในระบบ

ดังนั้นเหตุผลนี้นั่นเองที่ทำให้กราฟของสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นที่ได้นั้นดังในรูปที่ 5.25 มีช่วงที่ค่าสูงเกินไปนั่นคือมีค่าเท่ากับ 1.524 และค่าต่ำเกินไปนั่นคือมีค่าเท่ากับ 0.295 ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์หาเหตุผลสาเหตุของการคาดเคลื่อนทางพลังงานเมื่อมีค่าความล่าช้าทางพลังงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมเมื่อทำการพิจาราณาวิเคราะห์กราฟพลังงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นดูดซึมในช่วงเวลา 15 นาที ในรูปที่ 5.24 และผลจากการวิเคราะห์ทางพลังงานต่างๆภายในระบบ จะพบว่าเมื่อพิจาราณาสมดุลพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจากสมการ 4.13 พบว่าที่เวลาที่ค่า R ติดลบมากสุด คือ -307.65 ไปถึงจุดติดลบมากสุดอีกจุดนึงจะใช้เวลาประมาณ 192 วินาที ซึ่งช่วงเวลาระหว่างจุดติดลบมากสุดไปถึงจุดติดลบมากสุดอีกจุดนึงก็คือประมาณช่วงคาบเวลาของกราฟข้อมูลต่างๆที่ได้ทำการวิเคราะห์มาก่อนหน้านี้ในหัวข้อที่ 5.2.2.2 ดังนั่นกราฟพลังงานต่างๆภายในระบบจะพบว่ามีช่วงเวลาใน 1 คาบ ใช้เวลา 192 วินาที หรือประมาณ 3.2 นาที ซึ่งพบว่าที่จุด R ต่ำสุดนี้เนื่องจากค่าอัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำ

ลดลงมาเกือบถึงค่าต่ำสุดส่วนค่าอัตราทำความเย็นและอัตราการระบายความร้อนออกจากระบบก็ลดต่ำลงมาเรื่อยๆเช่นกันเพียงแต่ว่าค่าที่เป็นบวกจะลดมาเรื่อยๆพร้อมกันสองค่าคืออัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำและอัตราทำความเย็น ดังนั้นค่า R จึงลดต่ำลงมาเรื่อยๆจนถึงจุดติดลบมากที่สุดโดยจากการศึกษาพบว่าที่จุด R ติดลบมากสุด คือ -307.65 จะมีค่า COP มากสุดมีค่าเท่ากับ 1.52 ซึ่งจุดนี้ค่าอัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำจะมีค่าลดเกือบต่ำสุดประมาณ 273.93 kW

ดังนั้นเมื่อทำการพิจารณาพลังงานเข้าออกภายในระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมดังแสดงในรูปที่ 4.41 ซึ่งจากรูปที่ 4.41 จะเห็นว่าพลังงานที่เข้าภายในระบบได้แก่ พลังงานงานจากอัตราการทำความเย็น, อัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำและพลังงานทางไฟฟ้าส่วนในพลังงานที่ออกจากระบบคืออัตราการระบายความร้อนออกจากระบบ ซึ่งเมื่อนำมาเขียนเป็นสมการสมดุลทางพลังงานของระบบของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจะได้เป็นดังสมการที่ 5.1 [16]

สมการสมดุลพลังของระบบจากรูปที่ 4.41

$$Q_{CLW,\,out} = Q_{Steam,\,in} + Q_{CHW,\,in} + W_{Power,\,in}$$

นั่นก็คือ

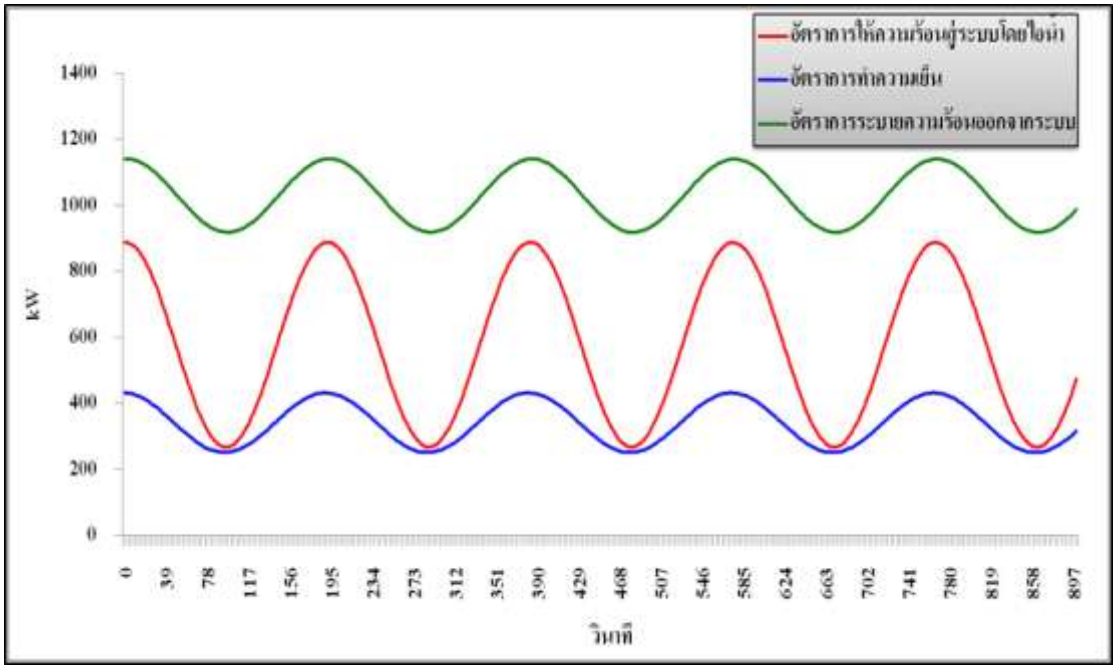
$$kW_{CLW} = kW_{st} + CL + P_{abs} \qquad (5.1)$$

เมื่อทำการพิจารณาสมการสมดุลพลังงานดังสมการที่ 5.1โดยหลักการแล้วเมื่อพลังงานที่ถูกระบายออกจากระบบมีค่าเพิ่มขึ้นนั่นก็คือ ปริมาณความร้อนที่ถูกระบายออกจากระบบมีค่าเพิ่มขึ้น พลังงานที่เข้าภายในระบบจะต้องเพิ่มขึ้นตามนั่นก็คือ พลังงานงานจากอัตราการทำความเย็น, พลังงานความร้อนที่ใช้ในการทำงานของระบบและพลังงานทางไฟฟ้าก็ต้องมีค่าเพิ่มขึ้นตามกันหรือถ้าพลังงานที่ถูกระบายออกจากระบบมีค่าลดลงนั่นก็คือ พลังงานความร้อนที่ถูกระบายออกจากระบบมีค่าลดลง พลังงานที่เข้าภายในระบบจะต้องลดลงตามนั่นก็คือ พลังงานงานจากอัตราการทำความเย็น, พลังงานความร้อนที่ใช้ในการทำงานของระบบและพลังงานทางไฟฟ้าก็ต้องมีค่าลดลงตามกัน

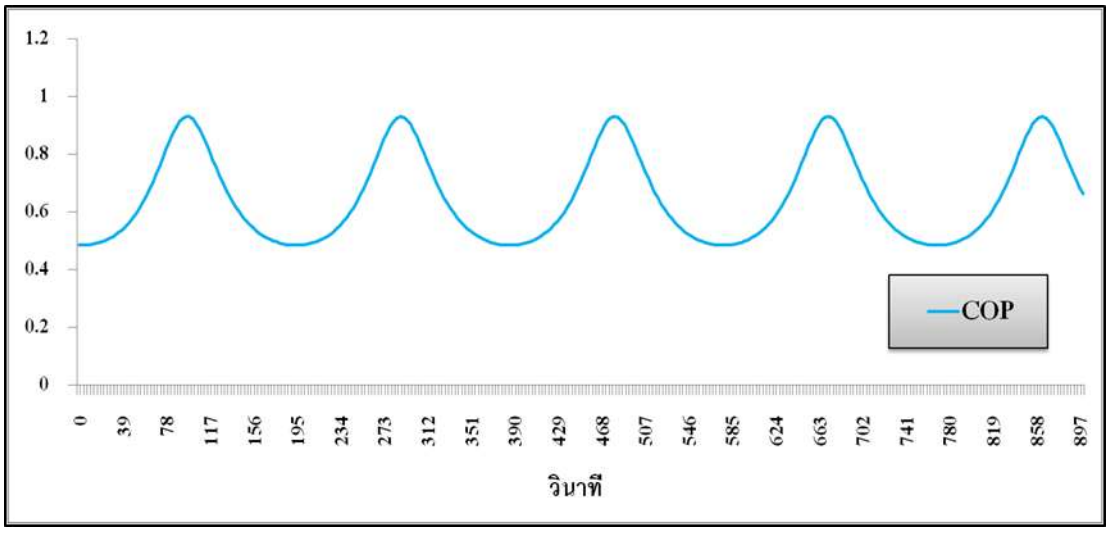
ดังนั้นจากกราฟพลังงานในรูปที่ 5.24 จะเห็นว่ามีค่าของความล่าช้าทางเวลาระหว่างค่าพลังงานและความล่าช้าทางเวลาระหว่างค่าพลังงานนี้เองจึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นมีค่าที่คลาดเคลื่อนกับความเป็นจริงดังรูปที่ 5.25

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการปรับเปลี่ยนช่วงเวลาให้มีค่าเท่ากันโดยทำการปรับเปลี่ยนค่า t ของกราฟให้กราฟพลังงานของแต่ละสมการมีจุดยอดสูงสุดและจุดต่ำสุดของกราฟอยู่ ณ.ตำแหน่งเวลาเดียวกันนั่นเองและเมื่อวาดกราฟพลังงานของแต่ละสมการใหม่จะได้ดังรูปที่ 5.26 และเมื่อวาด

กราฟสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจะได้กราฟดังรูปที่ 5.27



รูปที่ 5.26 กราฟพลังงานเมื่อไม่มีค่าความล่าช้าทางเวลาระหว่างพลังงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นดูดซึมในช่วงเวลา 15 นาที



รูปที่ 5.27 กราฟสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นเมื่อไม่มีค่าความล่าช้าทางเวลาระหว่างพลังงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นดูดซึมในช่วงเวลา 15 นาที

จากกราฟสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นเมื่อไม่มีค่าความล่าช้าทางเวลาระหว่างพลังงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นดูดซึมในช่วงเวลา 15 นาที ในรูปที่ 5.27 จะพบว่าเมื่อทำการกำจัดค่าความล้าช้าทางเวลาระหว่างพลังงานต่างๆของระบบเครื่องทำน้ำแบบดูดซึมออกไปแล้วจะทำให้ช่วงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำแบบดูดซึมที่ได้อยู่ในช่วง 0.4844 จนถึง 0.9308 ซึ่งถือว่าอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกับค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำแบบดูดซึมตามทฤษฎี ดังนั้นเมื่อนำข้อมูลค่าเฉลี่ยของค่าพลังงานของทุกข้อมูลจากการคำนวณวิเคราะห์จากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟเมื่อไม่มีค่าความล่าช้าทางเวลาระหว่างพลังงานของระบบและใช้ค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้ามาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยจะพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.593

5.2.3 การทำนายผลทางพลังงานและค่าสมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงระยะเวลายาว

การศึกษาวิเคราะห์ของการทำนายผลทางพลังงานและค่าสมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงระยะเวลายาวจุดประสงค์เพื่อต้องการศึกษาการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมเกี่ยวกับทางด้านพลังงานและค่าสมรรถนะการทำความเย็นของระบบตามช่วงเวลาของการทำงานต่างๆเพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำนายวิเคราะห์ผลของการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมตามช่วงเวลาที่ผ่านไปเป็นช่วงระยะยาว

ในหัวข้อก่อนหน้านี้งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการทำนายผลทางพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงระยะเวลาสั้น โดยได้ทำการสร้างสมการวิเคราะห์การถดถอยกราฟของข้อมูลที่ได้ทำการตรวจวัดและการบันทึกข้อมูลทุกๆ 30 วินาที เป็นระยะเวลา 15 นาที ซึ่งได้แสดงไว้ในการศึกษาต่างๆไว้ในหัวข้อก่อนหน้า ซึ่งจากการศึกษาการทำนายผลทางพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงระยะเวลาสั้นจากการวิเคราะห์ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกและอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำโดยการศึกษาพบว่าอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจะแปรผันตรงกับอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำ

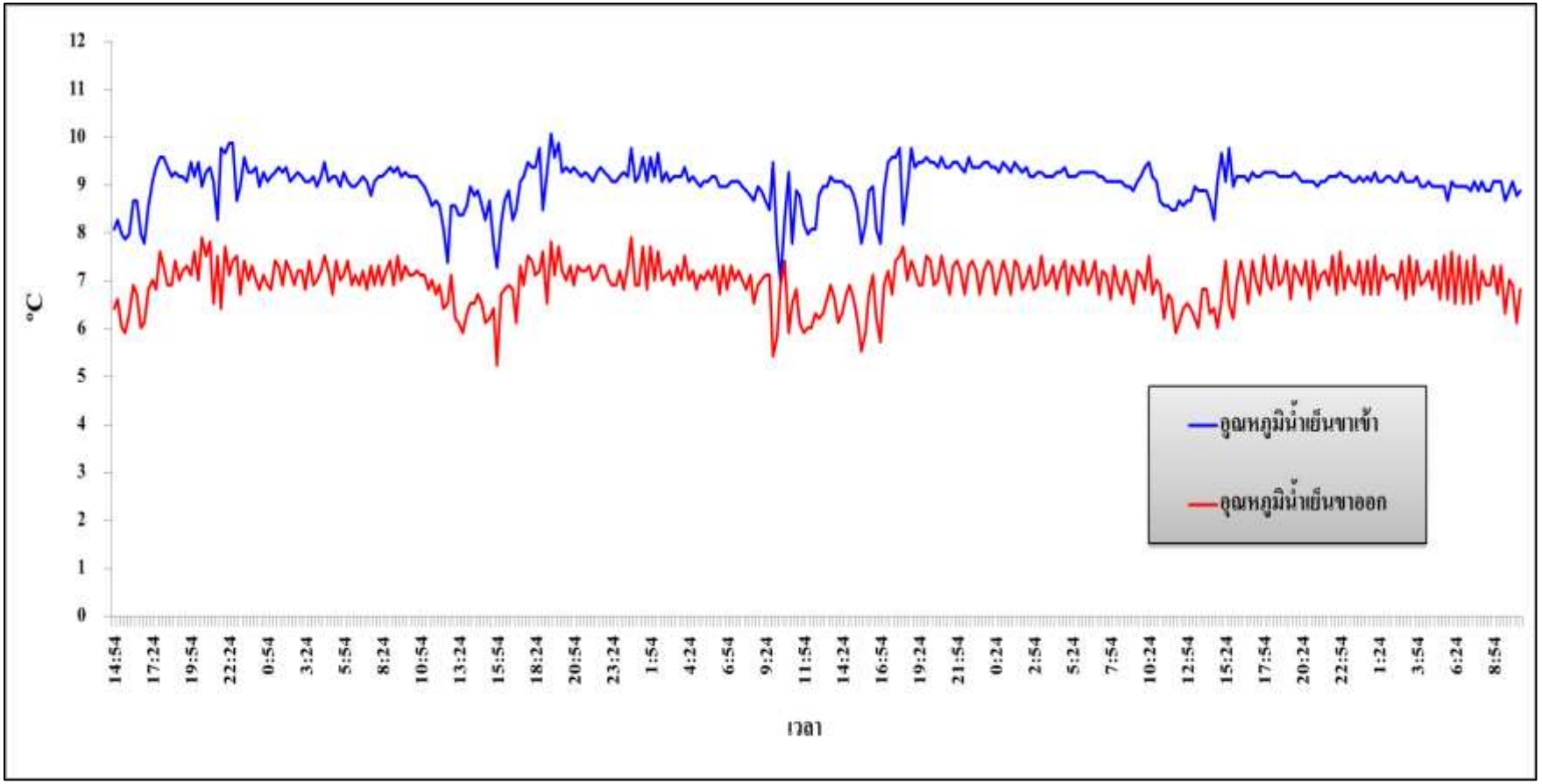
เนื่องจากข้อมูลของอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลระยะเวลาบันทึกค่า 4 วันทุกๆ 3 ช.ม. เมื่อนำมาพิจารณาและวิเคราะห์แล้วพบว่าค่าข้อมูลของอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำนั้นมีค่าแกว่งไปมามากและไม่มีความละเอียดของข้อมูลที่เพียงพอเพื่อที่จะใช้ในการวิเคราะห์ทำนายผลทางพลังงานและค่าสมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมตามช่วงระยะเวลายาว

งานวิจัยนี้จึงได้ใช้ความสัมพันธ์ที่ว่าอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจะแปรผันตรงกับอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำดังกล่าวนี้มาทำการวิเคราะห์หาสมการของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกกับอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และทำนายผลทางพลังงานและค่าสมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงระยะเวลายาว

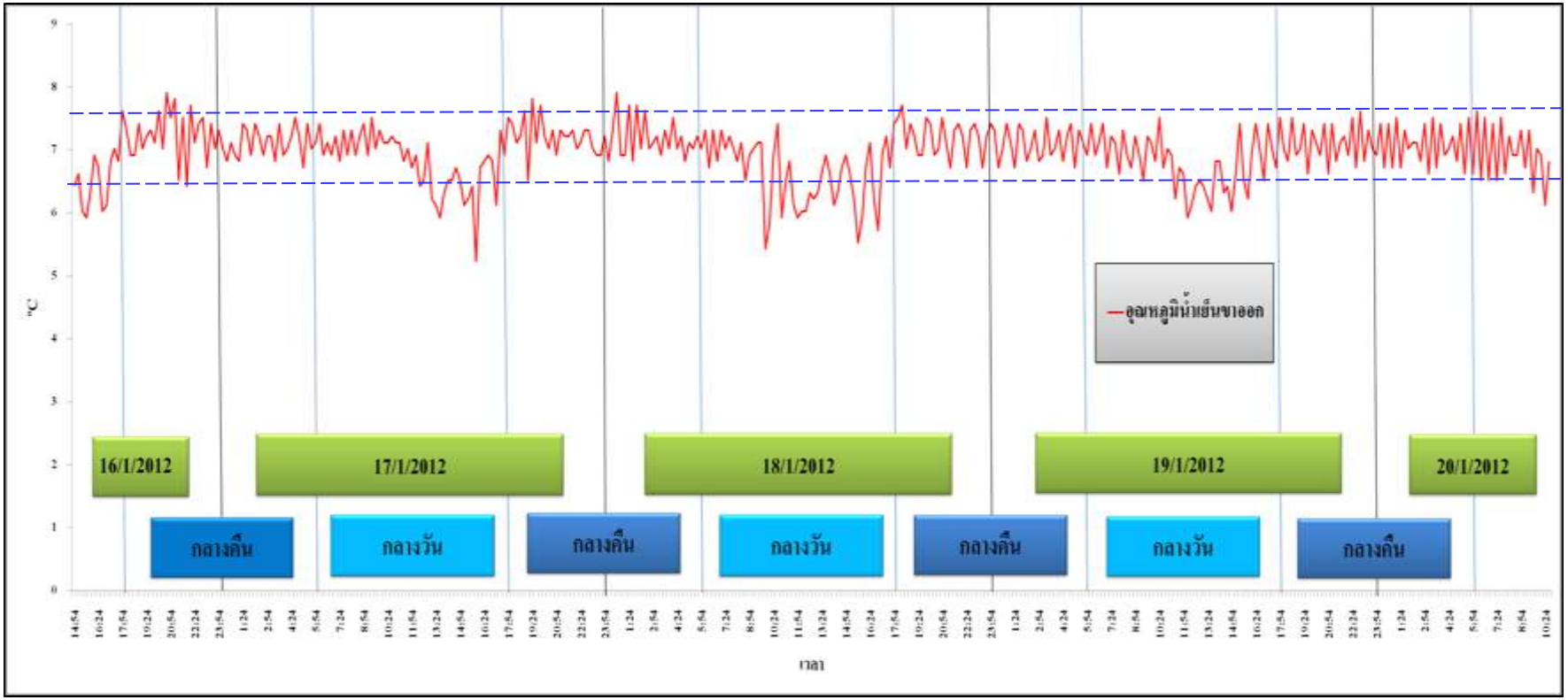
โดยในการศึกษาการวิเคราะห์ทำนายผลทางพลังงานและค่าสมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมตามช่วงระยะเวลายาวในงานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลของอุณหภูมิน้ำเย็น อัตราการไหลน้ำเย็นและอัตราการไหลน้ำหล่อเย็นที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลอย่างละเอียด ระยะเวลาบันทึกค่า 4 วันทุกๆ 15 นาที, อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูล ระยะเวลาบันทึกค่า 4 วันทุกๆ 3 ช.ม. และข้อมูลของไอน้ำความดันต่ำที่ได้จากการคำนวณวิเคราะห์จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกกับอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำซึ่งกราฟข้อมูลของอุณหภูมิน้ำเย็นแสดงดังรูปที่ 5.28

จากกราฟข้อมูลของอุณหภูมิน้ำเย็นดังรูปที่ 5.28 จะเห็นว่ากราฟของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจะมีค่าการแกว่งที่มากกว่าอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าซึ่งผลของข้อมูลที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้านี้ได้เป็นไปตามที่ได้ทำการวิเคราะห์ไว้ก่อนหน้านี้ในหัวข้อที่ได้ทำการศึกษาการทำนายผลทางพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงระยะเวลาสั้นที่ว่าค่าของอุณหภูมิน้ำขาเข้าจะมีค่าค่อนข้างนิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าของอุณหภูมิน้ำขาออกและจะเห็นว่าค่าของอุณหภูมิน้ำเย็นเข้าจะมีลักษณะของแนวโน้มแปรผันตามกับอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกคือเมื่อค่าของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกลดต่ำลงค่าของอุณหภูมิน้ำเย็นเข้าก็จะมีลักษณะที่ลดต่ำลงด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ใช้ค่าของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกมาใช้ในการพิจารณาวิเคราะห์เป็นหลักและใช้ค่าของอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้ามาพิจารณาวิเคราะห์ควบคู่กันไป

เมื่อทำการพิจารณาวิเคราะห์กราฟข้อมูลของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกในรูปที่ 5.28 อย่างละเอียดจะสังเกตุเห็นว่ากราฟข้อมูลของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจะมีช่วงที่กราฟมีการแกว่งขึ้นลงไปมามากไม่สม่ำเสมอ ในงานวิจัยนี้จึงได้ลองทำการพิจารณาวิเคราะห์การแกว่งของกราฟว่าเกินช่วงของอุณหภูมิปกติของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกที่ได้จากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจากในหัวข้อที่ได้ทำการศึกษาการทำนายผลทางพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงระยะเวลาสั้น โดยได้กำหนดขอบเขตของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกให้มีค่าเท่ากับอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกเฉลี่ยจากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกบวกลบกับค่าแอมพลิจูดของสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอุณหภูมิน้ำเย็นขาออก ดังนั้นค่าขอบเขตของอุณหภูมิน้ำเย็นปกติจะมีค่าอยู่ในช่วง 6.42 °C ถึง 7.52 °C โดยได้ทำการวาดกราฟของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกเทียบกับค่าของขอบเขตของอุณหภูมิน้ำเย็นปกติแสดงไว้ในรูปที่ 5.29



รูปที่ 5.28 กราฟอุณหภูมิน้ำเย็นข้อมูลอย่างละเอียดระยะเวลาบันทึกค่า 4 วันทุกๆ 15 นาที



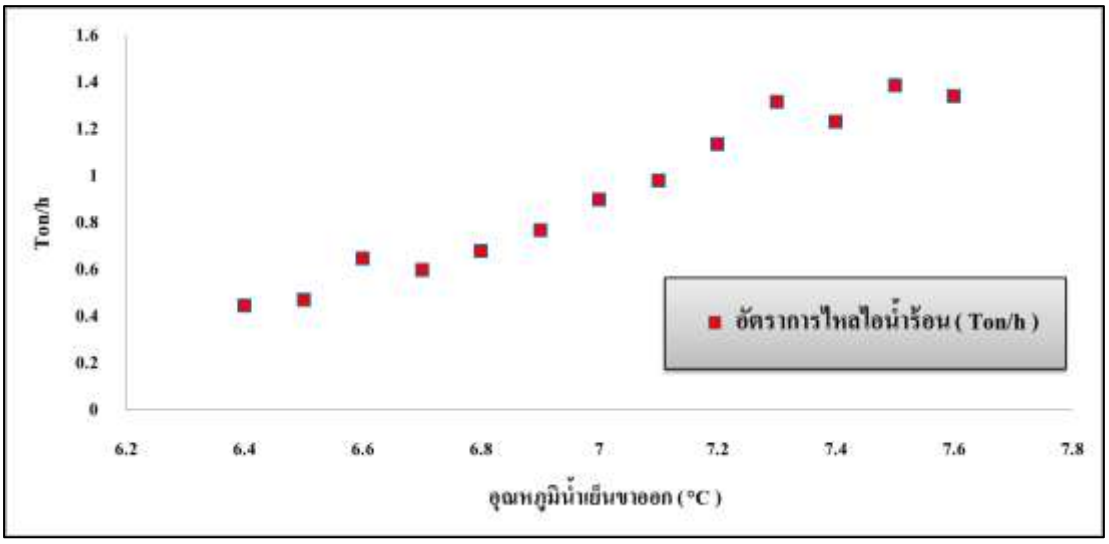
รูปที่ 5.29 กราฟของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกเทียบกับค่าขอบเขตของอุณหภูมิน้ำเย็นปกติจากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอุณหภูมิน้ำเย็นขาออก

จากกราฟข้อมูลของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกเทียบกับค่าขอบเขตของอุณหภูมิน้ำเย็นปกติจากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกรูปที่ 5.29 จะเห็นได้ว่าลักษณะของกราฟจะมีช่วงที่มีการแกว่งของกราฟมากซึ่งช่วงนี้ค่าของกราฟข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจะมีแนวโน้มลดต่ำกว่าค่าเส้นขอบเขตของอุณหภูมิน้ำเย็นปกติจากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกและช่วงนี้จะมีแนวโน้มเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางวัน

จึงเป็นเป็นข้อสงสัยว่าเป็นเพราะสาเหตุใดถึงเกิดมีช่วงที่กราฟมีการแกว่งขึ้นลงไปมามากไม่สม่ำเสมอและจะส่งผลกระทบหรือไม่อย่างไรเกี่ยวกับทางด้านพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมเมื่อกราฟมีการแกว่งขึ้นลงไปมามากไม่สม่ำเสมอ ในงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกกับอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทำนายผลทางพลังงานและค่าสมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงระยะเวลายาว

5.2.3.1 สมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกกับอัตราการไหลไอน้ำ

งานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำและอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจากการตรวจวัดและบันทึกค่าระยะเวลาที่ทำการบันทึกทุกๆ 30 วินาที เป็นระยะเวลา 15 นาที ของวันเวลาที่ทำการตรวจวัดบันทึกค่าในวันที่ 16/1/2012 ซึ่งกราฟข้อมูลของอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำและอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกได้แสดงในรูปที่ 5.19, 5.20 ตามลำดับ โดยในงานวิจัยนี้ได้จับคู่ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำและอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกคือเวลาการบันทึกค่าเดียวกันอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกค่านี้จะทำให้อัตราไหลของไอน้ำความดันต่ำนั้นมีค่าเท่าใดจากการศึกษาวิเคราะห์จะพบว่าที่ค่าอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกหนึ่งค่าอาจจะให้ค่าของอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำได้มากกว่าหนึ่งค่าดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการเฉลี่ยค่าข้อมูลของอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำเมื่อการจับคู่ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกที่สามารถให้ค่าของอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำมากกว่าหนึ่งค่า ซึ่งกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำและอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสมการได้แสดงดังรูปที่ 5.30



รูปที่ 5.30 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำและอุณหภูมิน้ำเย็นขาออก

จากรูปที่ 5.30 จะเห็นว่าแนวโน้มของอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อค่าของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกเพิ่มขึ้นและจะสังเกตุได้ว่าที่ช่วงประมาณ 6.7 ถึง 7.4 จะมีแนวโน้มของอัตราการไหลไอน้ำร้อนความดันต่ำที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งเมื่อพิจารณาจะเห็นว่าค่าความชันของกราฟในช่วงนี้จะมีค่ามากกว่าช่วงต้นและช่วงปลายของกราฟซึ่งแนวโน้มของอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นน้อยกว่าเมื่อเปรียบกับช่วงกึ่งกลางของกราฟนั่นก็คือช่วงประมาณ 6.7 ถึง 7.4 นั่นเอง

ดังนั้นในการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำและอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจากกราฟในรูปที่ 5.30 ในงานวิจัยนี้จะทำการแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ช่วง โดยเมื่อทำการทำวิเคราะห์กราฟจะพบแนวโน้มของความสัมพันธ์ตามสมการความสัมพันธ์แบบเส้นตรงระหว่างอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำและอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกดังต่อไปนี้

1.) เมื่อ $x \leq 6.5$

$$y = 0.2555x - 1.9 \quad (5.2)$$

2.) เมื่อ $6.5 < x < 7.2$

$$y = 1.0623x - 6.5386 \quad (5.3)$$

3.) เมื่อ $x \geq 7.3$

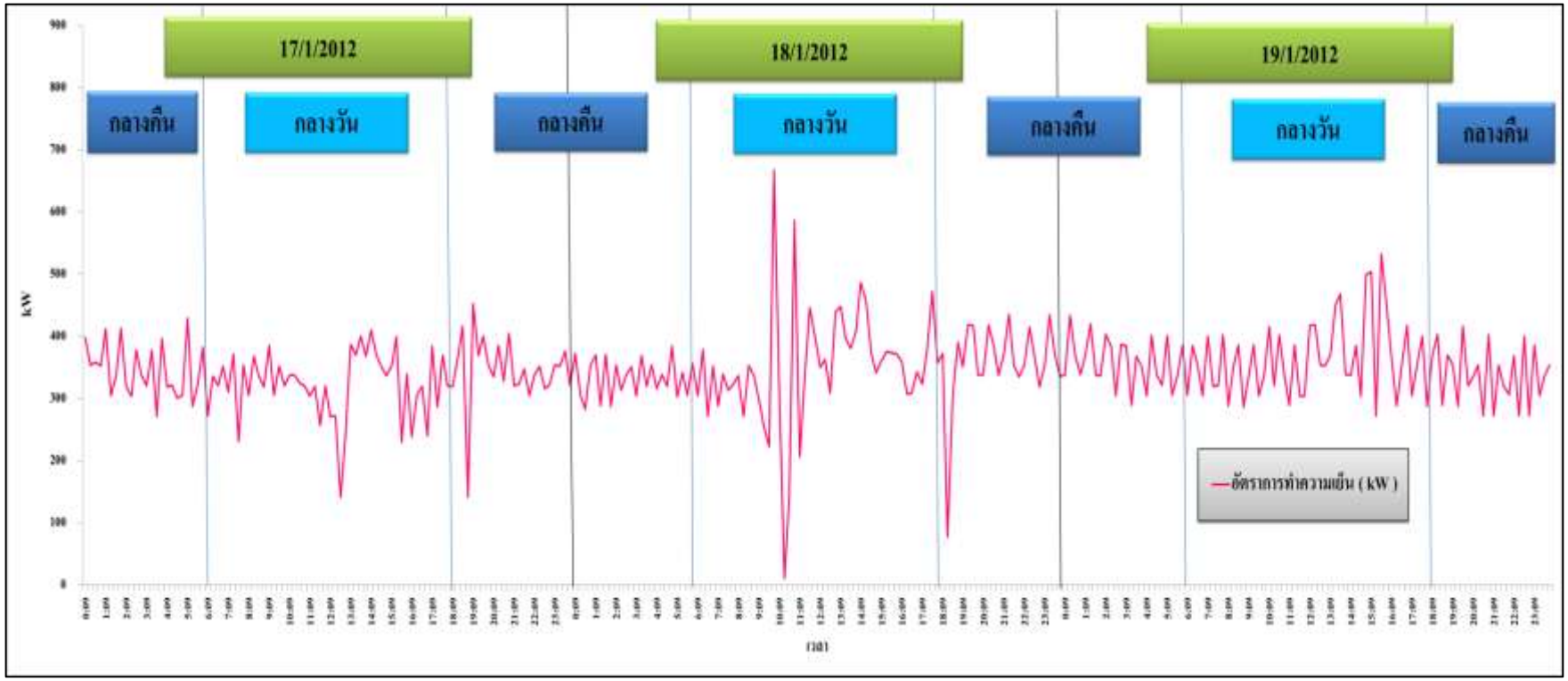
$$y = 0.2367x - 0.4445 \quad (5.4)$$

จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำและอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกในสมการที่ 5.2 – 5.4 ซึ่งจะใช้ในการวิเคราะห์คำนวณหาค่าของอัตราไหลของไอน้ำความดันต่ำที่อุณหภูมิน้ำเย็นขาออกค่าต่างๆที่ระยะเวลาต่างๆในรูปที่ 5.29

5.2.3.2 วิเคราะห์ทำนายผลทางพลังงานและค่าสมรรถนะการทำความเย็น

งานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์ทำนายผลทางพลังงานและค่าสมรรถนะการทำความเย็นจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกกับอัตราการไหลของไอน้ำที่ได้ทำการวิเคราะห์มาในหัวข้อ 5.2.3.1 โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกวันในการพิจารณาวิเคราะห์ผลโดยจะทำการวิเคราะห์ช่วง 3 วันหลักคือข้อมูลตั้งแต่วันที่ 17/1/2012ถึง 19/1/2012 จากข้อมูลที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลอย่างละเอียดดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว

ซึ่งข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจากกราฟในรูปที่ 5.28 เมื่อนำมาวิเคราะห์คำนวณผลของอัตราการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจากสมการที่ 4.9 เมื่อนำมาพล๊อตกราฟจะได้กราฟของอัตราการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมของช่วงเวลา 3 วันหลักที่ได้ใช้ในการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 5.31



รูปที่ 5.31 กราฟอัตราการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจากข้อมูลการตรวจวัดทุกๆ 15 นาที ของ 3 วันหลัก

จากกราฟของอัตราการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมในรูปที่ 5.31 เมื่อทำการพิจารณาวิเคราะห์กราฟจะสังเกตได้ว่ากราฟจะมีช่วงที่มีการแกว่งขึ้นลงไปมามากไม่สม่ำเสมอซึ่งจะพบว่ามีอยู่ 3 ช่วงด้วยกันและจะพบว่าเส้นกราฟของอัตราการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมก่อนถึงการเปลี่ยนแปลงแกว่งขึ้นลงไปมามากไม่สม่ำเสมอนั้นกราฟจะมีลักษะแนวโน้มค่อยๆลดต่ำลงลดลงมาจนถึงจุดๆหนึ่งแล้วหลังจากนั้นก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดการแกว่งของเส้นกราฟอย่างไม่สม่ำเสมอ นั่นก็หมายความว่าเมื่ออัตราการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมลดลงถึงจุดๆหนึ่งแล้วระบบของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจะมีการเปลี่ยนแปลงปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานภายในของระบบของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมเพื่อพยายามรักษาสภาพของการทำงานของระบบให้สมดุลกับการทำงานตามสภาวะต่างๆของภาระการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

เมื่อทำการพิจารณาวิเคราะห์กราฟข้อมูลของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกในรูปที่ 5.29 โดยพิจารณาวิเคราะห์กราฟในช่วงวันที่ 17/1/2012 ถึง 19/1/2012 ควบคู่ไปกับการวิเคราะห์กราฟอัตราการทำความเย็นในรูปที่ 5.31 จะพบว่าในช่วงที่กราฟอัตราการทำความเย็นมีการเปลี่ยนแปลงเกิดการแกว่งของเส้นกราฟอย่างไม่สม่ำเสมอเมื่อพิจารณาวิเคราะห์กราฟของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจะเห็นว่าช่วงนี้ค่าอุณหภูมิของน้ำเย็นขาออกจะมีค่าอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกที่ลดต่ำลงซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าขอบเขตของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจากสมการวิเคราะห์การถดถอยของกราฟอุณหภูมิน้ำเย็นขาออก

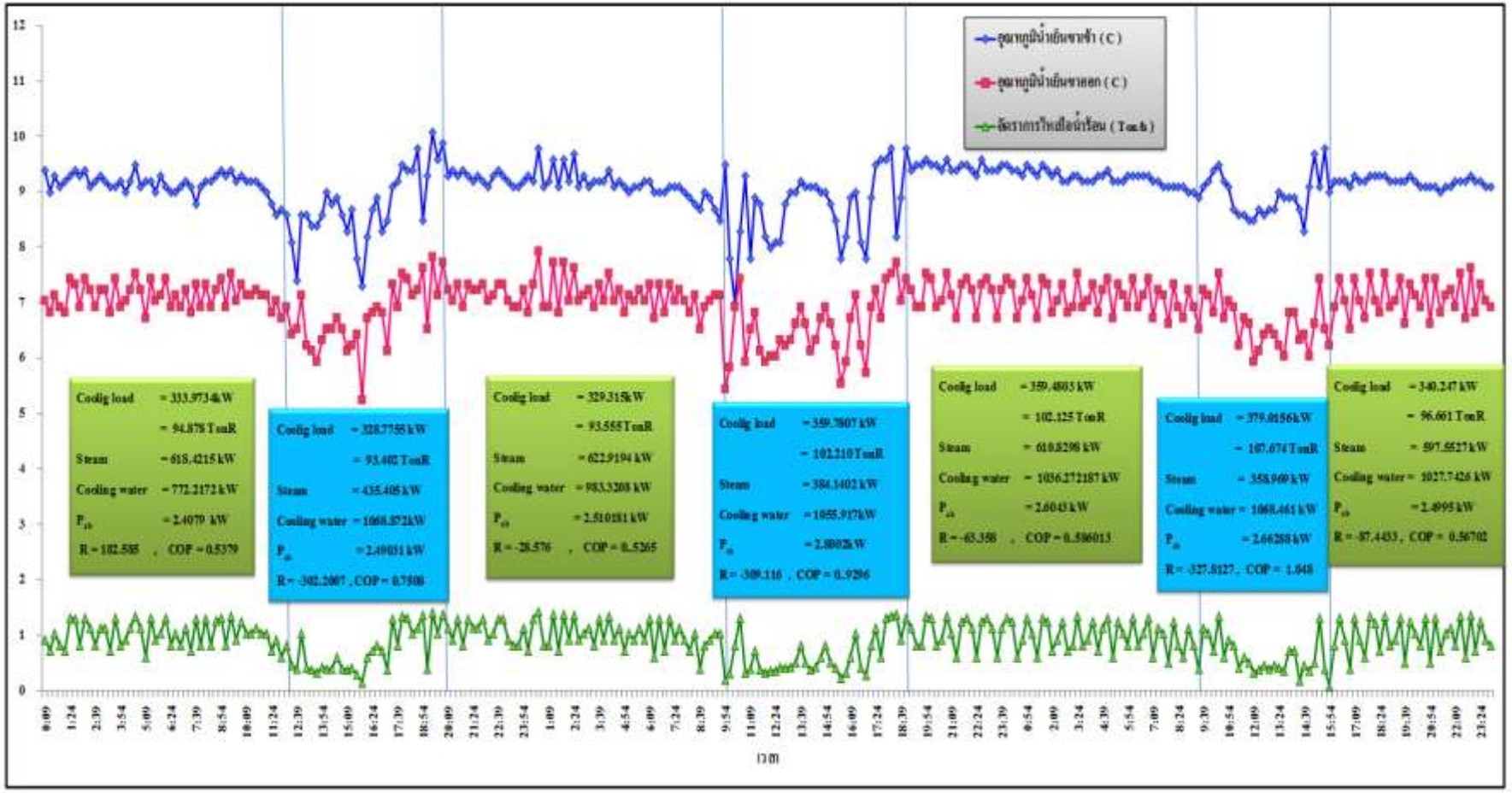
จากการวิเคราะห์การทำนายผลทางพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงระยะเวลาสั้นในหัวข้อที่ 5.2.2 และจากการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกกับอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำในหัวข้อที่ 5.2.3.1 ที่ได้พบว่าอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิน้ำเย็นขาออก จึงวิเคราะห์ได้ว่าการที่กราฟของข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นมีค่าลดต่ำลงเป็นผลอันเนื่องมาจากระบบเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมนั้นระบบมีการใช้ไอน้ำความดันต่ำในปริมาณที่น้อยกว่าในช่วงของกราฟปกติหรืออันเนื่องมาจากไอน้ำความดันต่ำที่เข้าไปใช้ในระบบเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมในช่วงนี้มีปริมาณที่น้อยกว่าปริมาณปกตินั่นเอง

การศึกษาการทำนายผลทางพลังงานและค่าสมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงระยะเวลายาวในงานวิจัยนี้ได้ใช้ในสมการของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกกับอัตราการไหลของไอน้ำดังสมการที่ 5.2 - 5.4 เพื่อใช้ในการคำนวณวิเคราะห์หาค่าของอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำอย่างละเอียดตามอุณหภูมิของน้ำเย็นขาออกที่มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อที่จะใช้ในการคำนวณวิเคราะห์หาค่าพลังงงานของปริมาณความร้อนที่ใช้ในการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

เมื่อได้ค่าของอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำที่ได้จากคำนวณวิเคราะห์จากสมการของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกกับอัตราการไหลของไอน้ำก็จะสามารทำการวาดกราฟเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกกับอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำได้

ซึ่งค่าของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกกับอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำที่ได้จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกกับอัตราการไหลของไอน้ำนี้จะเป็นข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมตามระยะเวลาที่ผ่านไปตามช่วงระยะเวลายาว โดยสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นคือสมการที่ 4.9 - 4.13

โดยการวิเคราะห์การทำนายผลทางพลังงานและค่าสมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงระยะเวลายาวในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลของ 3 วันหลักที่ได้กล่าวมาข้างต้นโดยทำการแบ่งช่วงของการวิเคราะห์ออกเป็น 7 ช่วงระยะเวลา โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงที่ใช้เรียกได้แก่ ช่วงไอน้ำความดันต่ำที่ใช้ในการทำงานของระบบปกติ, ช่วงไอน้ำความดันต่ำที่ใช้ในการทำงานของระบบต่ำกว่าปกติ ซึ่งกราฟการแบ่งช่วงข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นอัตราการไหลไอน้ำและผลการวิเคราะห์ทางพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นได้แสดงดังรูปที่ 5.32



รูปที่ 5.32 กราฟการแบ่งช่วงข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นอัตราการไหลไอน้ำและผลการวิเคราะห์ทางพลังงานและสมรรถการทำความเย็นตามช่วงที่ทำการวิเคราะห์

จากรูปที่ 5.32 เมื่อใช้ข้อมูลของอุณหภูมิน้ำเย็นและอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำในการวิเคราะห์คำนวณค่าทางด้านพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยของทั้ง 3 วันหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์ ผลจากการศึกษาทางพลังงานจะพบว่าค่าอัตราการทำความเย็นเฉลี่ยจะมีค่าเท่ากับ 345.79 kW หรือ 98.24 TR อัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 540.84 kW อัตราการระบายความร้อนออกจากระบบเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 988.04 kW กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2.57 kW จากค่าทางพลังงานเฉลี่ยทั้งหมดของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมเมื่อนำมาวิเคราะห์สมดุลพลังงานพบว่าค่าส่วนเหลือของสมดุลพลังงานมีค่าเท่ากับ -98.84 และเมื่อนำค่าพลังงานต่างๆมาวิเคราะห์คำนวณค่าสมรรถนะการทำความเย็นจะพบว่าค่าสมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.64 ซึ่งเป็นค่าปกติของค่าสมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมชั้นเดียวตามทฤษฎี[20]

เมื่อทำการพิจารณาวิเคราะห์ในช่วง 7 ช่วงระยะเวลา ที่ได้ทำการแบ่งเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นและการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจากรูปที่ 5.32 โดยจะพิจารณาวิเคราะห์ทีละช่วงโดยจะแสดงตารางสรุปค่าพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นของแต่ละช่วงอย่างละเอียดดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.6 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.6 สรุปค่าพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นของแต่ละช่วงอย่างละเอียด

วิเคราะห์	หน่วย	ช่วง						
		1	2	3	4	5	6	7
		17/1/2012	17/1/2012	17-18/1/2012	18/1/2012	18-19/1/2012	19/1/2013	19/1/2013
		24.00 - 11.59 น.	12.00 – 20.00 น.	20.01 - 9.59 น.	10.00 – 19.00 น.	19.01 - 9.29 น.	9.30 – 16.00 น.	16.01 - 23.59
ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการทำงานของระบบ		ปกติ	ต่ำกว่าปกติ	ปกติ	ต่ำกว่าปกติ	ปกติ	ต่ำกว่าปกติ	ปกติ
อัตราการทำความเย็น	kW	333.97	328.76	329.32	359.78	359.48	379.02	340.25
	TR	94.88	93.4	93.56	102.21	102.13	107.67	96.66
อัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำ	kW	618.42	435.41	622.92	384.14	610.83	358.97	597.55
อัตราการระบายความร้อนออกจากระบบ	kW	772.22	1068.87	983.32	1055.92	1036.27	1068.46	1027.74
กำลังไฟฟ้าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม	kW	2.41	2.49	2.51	2.88	2.6	2.66	2.5
ค่าส่วนเหลือของสมดุลพลังงาน		182.59	-302.2	-28.58	-309.12	-63.36	-327.81	-87.44
สมรรถนะการทำความเย็น		0.54	0.75	0.53	0.93	0.59	1.05	0.57

จากผลการศึกษาคำนวณวิเคราะห์พลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นในแต่ละช่วงเมื่อทำการพิจารณาวิเคราะห์รูปที่ 5.32 ในช่วง 2, 3 และช่วง 4, 5 ควบคู่กันไปจะพบว่าถึงแม้ในช่วงที่ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีการใช้ไอน้ำความดันต่ำในปริมาณที่ต่ำกว่าปกติถึงแม้อุณหภูมิของน้ำเย็นจะมีแนวโน้มการแกว่งไปมามากไม่คงที่แต่ระบบก็ยังคงพยายามสร้างความสมดุลในการทำอัตราการทำความเย็นให้มีค่าใกล้เคียงกับในช่วงที่ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีการใช้ไอน้ำความดันต่ำปกติมากที่สุด

ดังจะเห็นได้จากผลการศึกษาคำนวณวิเคราะห์ของอัตราการทำความเย็นเฉลี่ยในแต่ละช่วงดังนี้คือในช่วงที่ 2 มีค่าเท่ากับ 328.78 kW หรือ 93.40 TR และในช่วงที่ 3 มีค่าเท่ากับ 329.21 kW หรือ 93.56 TR ซึ่งจะเป็นว่ามีค่าเกือบจะเท่ากันเลยในส่วนของช่วงที่ 4, 5 ก็เช่นเดียวกันพบว่าในช่วงที่ 4 มีค่าเท่ากับ 359.78 kW หรือ 102.21 TR และในช่วงที่ 5 มีค่าเท่ากับ 359.48 kW หรือ 102.13 TR จะเห็นว่าค่าของอัตราการทำความเย็นของช่วงที่ 4 และ 5 เกือบมีค่าเท่ากันเช่นกันเนื่องมาจากระบบจะพยามทำความเย็นเพื่อให้ได้อัตราการทำความเย็นเพื่อให้รองรับกับภาระการทำความเย็นของห้องที่ต้องการปรับอากาศนั่นเอง

จากการศึกษายังพบว่าในรูปที่ 5.32 ในช่วงที่ 3, 5 ซึ่งเป็นช่วงระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีการใช้ไอน้ำความดันต่ำปกติก่อนการเกิดช่วงที่ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีการใช้ไอน้ำความดันต่ำในปริมาณที่ต่ำกว่าปกติ เมื่อพิจารณาวิเคราะห์กราฟของอุณหภูมิน้ำเย็นพบว่ากราฟของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจะมีแนวโน้มแกว่งสม่ำเสมอที่อุณหภูมิแต่ละจุดแกว่งค่อนข้างคงที่แต่จะพบว่ากราฟของอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าจะมีแนวโน้มแกว่งแบบอุณหภูมิแต่ละจุดค่อยๆลดต่ำลงเมื่อเวลาผ่านไปจนถึงจุดๆหนึ่ง ซึ่งเมื่อคำนวณวิเคราะห์หาอัตรารการทำความเย็นจะพบว่าอัตราการทำความเย็นจะมีแนวโน้มที่ลดลงจนถึงจุดๆหนึ่งก่อนเกิดช่วงการแกว่งมากไม่สม่ำเสมอซึ่งเป็นในส่วนของช่วงการใช้ไอน้ำร้อนความดันต่ำในปริมาณที่ต่ำกว่าปกติ

หลักการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมเมื่อวิเคราะห์จากการศึกษาข้างต้นแล้วจึงกล่าวได้ว่าการทำงานในช่วงเวลาแรกของช่วงที่ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีการใช้ไอน้ำความดันต่ำปกติในช่วงแรกภาระการทำความเย็นในการปรับอากาศห้องที่ต้องการปรับอากาศนั้นมีค่ามากแต่เมื่อทำการปรับอากาศห้องไปเรื่อยๆห้องปรับอากาศก็จะมีแนวโน้มที่เย็นขึ้นเรื่อยๆทำให้ภาระการทำความเย็นภายในห้องปรับอากาศมีภาระการทำความเย็นที่น้อยลง

จะสังเกตได้จากรูปที่ 5.32 ในช่วงที่ 3, 5 จะได้เห็นว่ากราฟของอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจะมีแนวโน้มแกว่งสม่ำเสมอที่อุณหภูมิแต่ละจุดแกว่งค่อนข้างคงที่แต่กราฟของอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าจะมีแนวโน้มแกว่งแบบอุณหภูมิแต่ละจุดค่อยๆลดต่ำลงเมื่อเวลาผ่านไปซึ่งแสดงได้ว่าอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของน้ำเย็นกับอากาศเย็นที่ถูกส่งออกมาจากหน่วยเครื่องส่งลมนั้นจะมีแนวโน้มที่ลดลง

เมื่อกราฟของอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าจะมีแนวโน้มแกว่งแบบอุณหภูมิแต่ละจุดค่อยๆลดต่ำลงเมื่อเวลาผ่านไปจนถึงจุดๆหนึ่งแล้วหรืออัตราการทำความเย็นลดลงจนถึงจุดๆหนึ่งแล้วระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจะทำการลดปริมาณของการใช้ไอน้ำความดันต่ำดังที่ได้แสดงในรูปที่ 5.32 ในช่วงที่ 2, 4, 6 ซึ่งเมื่อระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมได้ทำการปรับเปลี่ยนการใช้ไอน้ำความดันต่ำให้ลดน้อยลงเพื่อลดการใช้พลังงานความร้อนที่ใช้ในการทำงานของระบบเกินความจำเป็นจึงทำให้เกิดการแกว่งของอุณหภูมิน้ำเย็นที่มากไม่สม่ำเสมอเนื่องจากระบบได้ยังคงพยายามปรับสมดุลการทำความเย็นให้ได้ในอัตราการทำความเย็นที่ใกล้เคียงกับอัตราการทำความเย็นในช่วงเวลาที่ถัดไปตามภาระของการทำความเย็นนั่นก็คือช่วงของการวิเคราะห์ถัดไปนั่นเอง ซึ่งช่วงถัดไปก็คือช่วงที่ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีการใช้ไอน้ำร้อนในปริมาณปกติ ซึ่งแสดงให้เห็นได้จากผลการศึกษาคำนวณวิเคราะห์ที่พบว่าค่าอัตราการทำความเย็นเฉลี่ยของช่วงที่ 2, 3 มีค่าเท่ากับ 328.78 kW หรือ 93.40 TR, 329.21 kW หรือ 93.56 TR ตามลำดับ และพบว่าค่าอัตราการทำความเย็นเฉลี่ยของช่วงที่ 4, 5 ค่าเท่ากับ 359.78 kW หรือ 102.21 TR, 359.48 kW หรือ 102.13 TR ตามลำดับซึ่งจะพบว่ามีค่าใกล้เคียงเกือบเท่ากัน

จากการศึกษายังพบว่าค่าสมรรถนะของการทำความเย็นจะมีค่ามากกว่าปกติเมื่อระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีการทำงานในช่วงที่ลดปริมาณการใช้ไอน้ำความดันต่ำ เนื่องมาจากระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีการลดพลังงานความร้อนที่ใช้ในการทำงานของระบบแต่ยังคงพยายามปรับสมดุลการทำความเย็นให้ได้ในอัตราการทำความเย็นที่ใกล้เคียงกับอัตราการทำความเย็นในช่วงเวลาที่ถัดไปตามภาระของการทำความเย็นนั่นเองและในช่วงที่ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีการทำงานในช่วงที่ปริมาณการใช้ไอน้ำความดันต่ำปกติจะพบว่าค่าสมรรถนะของการทำความเย็นจะมีค่าน้อยกว่านิดเดียวเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสมรรถนะของการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมชั้นเดียวตามทฤษฎี แต่เมื่อทำการเฉลี่ยค่าสมรรถนะของการทำความเย็นทุกช่วงการวิเคราะห์ก็จะได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าสมรรถนะของการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมชั้นเดียวตามทฤษฎีนั่นคือมีค่าเท่ากับ 0.64

5.2.4 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงานของระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมต่อปี โดยระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้ทางสถานประกอบการตัวอย่างได้เปิดใช้งานระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมให้ทำงานตลอด 24 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นชั่วโมงการทำงานที่งานวิจัยนี้ใช้ในการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมต่อปีนี้คือ 365 วันคูณด้วย 24 ชั่วโมงจะมีค่าเท่ากับ 8,760 ชั่วโมง ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่ากำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศแบบดูดซึมต่อปีของระบบขนาดพิกัดการทำความเย็น 270 TR จะแสดงในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศแบบดูดซึมต่อปีของระบบขนาด 270 TR

รายการ	สัญลักษณ์	Absorption Chiller	หน่วย
ชั่วโมงการทำงานของระบบปรับอากาศ	h_{ac}	8,760	ชั่วโมง/ปี
กำลังไฟฟ้าของAbsorption Chiller	P_{ad}	2.55	kW
กำลังไฟฟ้าของAbsorption Chiller Pump	P_{pump}	32.99	kW
กำลังไฟฟ้าของของ AHUห้อง ISBL HVAC	$P_{AHU\ 1,new}$	5.88	kW
กำลังไฟฟ้าของของ AHUห้อง Control room	$P_{AHU\ 2,new}$	8.29	kW
กำลังไฟฟ้าของของ AHUห้อง Laboratory	$P_{AHU3,new}$	4.41	kW
กำลังไฟฟ้าในการระบายความร้อนของ Chiller	P_{CL}	15.708	kW
กำลังไฟฟ้ารวมหลังปรับปรุง	P_{total}	69.828	kW
พลังงานที่ใช้หลังปรับปรุง	E_{final}	611,693.28	kWh/ปี

จากตารางที่ 5.7 จะเห็นว่างานวิจัยนี้ได้ใช้ค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าได้แก่ กำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม, กำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำเย็นและกำลังไฟฟ้าของหน่วยเครื่องส่งลมเย็นของทั้ง 3 ห้อง โดยจะใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลมาอย่างละเอียดระยะเวลาบันทึกค่า 4 วันทุกๆ 15 นาที มาเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ค่ากำลังไฟฟ้ารวมของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมเนื่องมาจากเมื่อทำการพิจารณาข้อมูลของกำลังไฟฟ้าที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลมานั้นพบว่ามีค่าค่อนข้างนิ่งดังแสดงอยู่ในกราฟของภาคผนวก ข. ดังรูปที่ ข-10 ถึง

รูปที่ ข-14 ในส่วนของกำลังไฟฟ้าในการระบายความร้อนของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมนั้น เนื่องมาจากทางสถานประกอบการตัวอย่างได้วางระบบให้น้ำหล่อเย็นที่ได้แลกเปลี่ยนความร้อนจากระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมเพื่อหล่อเย็นให้กับระบบและเมื่อหล่อเย็นเสร็จแล้วน้ำหล่อเย็นก็จะไหลไประบายความร้อนร่วมกันกับน้ำหล่อเย็นที่ใช้ในกระบวนการผลิตของโรงงานที่หอทำความเย็นรวม ดังนั้นในการคิดค่ากำลังไฟฟ้าในการระบายความร้อนของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจะใช้ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในการระบายความร้อน ($kW_{EE}/kW_{cooling}$ = 0.016 kW/kW) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ทางสถานประกอบการตัวอย่างได้ให้ไว้โดยที่จะนำค่าดังกล่าวนี้มาคูณกับอัตราการระบายความร้อนออกจากระบบเฉลี่ยก็จะทำให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าในการระบายความร้อนของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมเฉลี่ยนั่นเอง ซึ่งจากตารางที่ 5.7 จะพบว่าค่าของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงานของระบบปรับอากาศหลังการปรับปรุงมาใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาดพิกัดการทำความเย็น 270 TR แทนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนนั้นมีค่าเท่ากับ 611,693.28 kWh/ปี

แต่เนื่องจากระบบปรับอากาศแบบดูดซึมที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นระบบที่มีขนาดพิกัดการทำความเย็น 270 TR ซึ่งจากการวิเคราะห์พลังงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมในหัวข้อต่างๆก่อนหน้านี้จะพบว่าอัตราการทำความเย็นจริงเฉลี่ยมีค่าประมาณ 345.79 kW หรือ 98.24 TR ซึ่งจะเห็นว่าระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาดพิกัดการทำความเย็น 270 TR ที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลจริงนั้นเป็นระบบที่มีขนาดพิกัดการทำความเย็นที่เกินความจำเป็นจำเป็น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ลองทำการศึกษาการใช้พลังงานทางไฟฟ้าจากระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมที่มีขนาดพิกัดการทำความเย็นที่เหมาะสมกับภาระการทำความเย็นที่ใช้ในการปรับกาศจริง โดยในงานวิจัยนี้ได้ลองทำการสมมุติว่าทางสถานประกอบการตัวอย่างได้ใช้ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมที่มีขนาดพิกัดการทำความเย็น 132 TR ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่ากำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศแบบดูดซึมต่อปีของระบบขนาดพิกัดการทำความเย็น 132 TR จะแสดงในตารางที่ 5.8 โดยที่ค่ากำลังไฟฟ้าจะหาจากอัตราส่วนของการใช้กำลังไฟฟ้าจริงเทียบกับกำลังไฟฟ้าจากสูงสุดจากแค๊ตตาล๊อกของระบบขนาด 270 TR ซึ่งได้นำอัตราส่วนของกำลังไฟฟ้านี้มาคูณกับค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดจากแค๊ตตาล๊อกของระบบขนาดพิกัดการทำความเย็น 132 TR ในส่วนของการคำนวณหากำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำเย็นจะแสดงไว้ในภาคผนวก ข-2 ข้อ 4. ซึ่งจากตารางที่ 5.8 จะพบว่าค่าของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงานของระบบปรับอากาศหลังการปรับปรุงมาใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาดพิกัดการทำความเย็น 132 TR แทนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนนั้นมีค่าเท่ากับ 946,304.64 kWh/ปี

ตารางที่ 5.8 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศแบบดูดซึมต่อปีของระบบขนาด 132 TR

รายการ	สัญลักษณ์	Absorption Chiller	หน่วย
ชั่วโมงการทำงานของระบบปรับอากาศ	h_{ac}	8,760	ชั่วโมง/ปี
กำลังไฟฟ้าของAbsorption Chiller	P_{ad}	2.05	kW
กำลังไฟฟ้าของAbsorption Chiller Pump	P_{pump}	13.85	kW
กำลังไฟฟ้าของของ AHUห้อง ISBL HVAC	$P_{AHU\ 1,new}$	5.88	kW
กำลังไฟฟ้าของของ AHUห้อง Control room	$P_{AHU\ 2,new}$	8.29	kW
กำลังไฟฟ้าของของ AHUห้อง Laboratory	$P_{AHU3,new}$	4.41	kW
กำลังไฟฟ้าในการระบายความร้อนของ Chiller	P_{CL}	15.708	kW
กำลังไฟฟ้ารวมหลังปรับปรุง	P_{total}	50.19	kW
พลังงานที่ใช้หลังปรับปรุง	E_{final}	439,646.88	kWh/ปี

5.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เมื่อปรับเปลี่ยนมาใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมแทนการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เมื่อปรับเปลี่ยนมาใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมแทนการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์หาระยะเวลาของการคืนทุนในการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมเพื่อใช้ทดแทนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยรายละเอียดการคำนวณจะแสดงไว้ในภาคผนวก ค. ซึ่งการคำนวณวิเคราะห์ราคาของการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมงานวิจัยนี้ได้ทำการคำนวณวิเคราะห์จากราคากลางทั้งหมดเนื่องมาจากข้อมูลการลงทุนในการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมของทางสถานประกอบการตัวอย่างไม่ขอเปิดเผยข้อมูล ซึ่งผลการศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมซึ่งได้อ้างอิงมาจากแหล่งข้อมูลหลายแหล่งด้วยกันได้แก่ ราคากลางของการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมปั๊มส่งน้ำหอทำความเย็นและระบบท่อต่างๆ[21], อัตราเงินเฟ้อ (ดัชนีผู้บริโภคทั่วไป) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 ถึง พ.ศ. 2555 [22] และอัตราแลกเปลี่ยนเงินดอลลาร์สหรัฐปี พ.ศ. 2555 [23], ค่าแรงการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมทั้งหมด[24] พบว่าราคาของการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาด 270 TR ทั้งหมดอยู่ที่ประมาณ 14,902,739.77 บาท

จากการวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนในหัวข้อที่ 5.1.2 ที่พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนการปรับปรุงระบบมีค่าเท่ากับ 1,385,951.52 kWh/ปี และจากการวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาด 270 TR ในหัวข้อที่ 5.2.4 ในตารางที่ 5.7 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังการปรับปรุงระบบมีค่าเท่ากับ 611,693.28 kWh/ปี ดังนั้นเมื่อสถานประกอบการตัวอย่างได้ปรับเปลี่ยนมาใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมแทนการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนจะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 774,258.24 kWh/ปี ซึ่งจะพบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ประมาณครึ่งหนึ่งต่อปีหรือมากกว่านั่นเอง

งานวิจัยนี้ได้ใช้ค่าเฉลี่ยโดยประมาณของค่าไฟฟ้าโดยได้ใช้ค่าไฟฟ้าเท่ากับ 3 บาทต่อหน่วย ดังนั้นค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ต่อปีเมื่อทำการใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมแทนการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนจะมีค่าเท่ากับ 2,322,774.72 บาทต่อปี ดังนั้นผลการศึกษาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่ได้ทำการวิเคราะห์หาระยะเวลาของการคืนทุนในการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมเพื่อใช้ทดแทนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยใช้สมการที่ 4.17 ในการคำนวณวิเคราะห์จะพบว่าระยะเวลาของการคืนทุนในการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมนั้นมีระยะเวลาประมาณ 6.42 ปี

ทั้งนี้การที่ระยะเวลาของการคืนทุนในการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมของงานวิจัยนี้สามารถคืนทุนได้เร็วเพราะอันเนื่องมาจากเพราะทางสถานประกอบการตัวอย่างได้เปิดใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมตลอด 24 ชั่วโมงต่อวันจึงทำให้สามารถคืนทุนได้อย่างรวดเร็วแต่สมมุติให้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมทำงาน 12 ชั่วโมงต่อวันระยะเวลาของการคืนทุนในการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมจะมีระยะเวลาประมาณ 12.84 ปี ซึ่งก็ถือว่าเป็นระยะเวลาของการคืนทุนที่ยาวนาน

แต่เนื่องจากระบบปรับอากาศแบบดูดซึมที่ใช้ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เป็นที่มีขนาดพิกัดการทำความเย็น 270 TR ซึ่งจากการวิเคราะห์พลังงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมในหัวข้อต่างๆก่อนหน้านี้จะพบว่าอัตราการทำความเย็นจริงเฉลี่ยมีค่าประมาณ 345.79 kW หรือ 98.24 TR ซึ่งจะเห็นว่าระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาดพิกัดการทำความเย็น 270 TR ที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลจริงนั้นเป็นระบบที่มีขนาดพิกัดการทำความเย็นที่เกินความจำเป็นจึงทำให้ราคาของการลงทุนติดตั้งระบบทั้งหมดมีค่าที่สูงเกินความจำเป็น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ลองทำการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมที่มีขนาดพิกัดที่เหมาะสมกับการใช้ในการปรับอากาศจริง โดยได้เลือกทำการศึกษาระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมที่มีขนาดพิกัดการทำความเย็น 132 TR ซึ่งจากการศึกษาพบว่าราคาของการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาด 132 TR ทั้งหมดอยู่ที่ประมาณ 8,692,588.49 บาท

จากการวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาด 132 TR ในหัวข้อที่ 5.2.4 ในตารางที่ 5.8 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังการปรับปรุงระบบมีค่าเท่ากับ 439,646.88 kWh/ปี ดังนั้นเมื่อสถานประกอบการตัวอย่างได้ปรับเปลี่ยนมาใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมแทนการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนจะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 946,304.64 kWh/ปี ดังนั้นค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ต่อปีเมื่อทำการใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมแทนการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนจะมีค่าเท่ากับ 2,838,913.92 บาทต่อปี และระยะเวลาการคืนทุนเมื่อใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาด 132 TR ซึ่งเป็นระบบที่มีขนาดที่เหมาะสมกับภาระการทำความเย็นจริงระยะเวลาการคืนทุนอยู่ที่ประมาณ 3.06 ปี

เพราะฉะนั้นจากการศึกษาจะพบว่าเมื่อใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมที่มีขนาดพิกัดการทำความเย็นที่เหมาะสมกับภาระการทำความเย็นจริงที่ใช้ในการปรับอากาศจะพบว่าระบบจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าและค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบก็จะถูกกว่ามากจึงทำให้ระยะเวลาของการคืนทุนมีค่าที่น้อยกว่าประมาณครึ่งหนึ่งของระยะเวลาการคืนทุนของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมที่มีขนาดพิกัดการทำความเย็นที่ใหญ่เกินความจำเป็น ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจในการใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมในกรณีที่มีความร้อนเหลือทิ้งที่สามารถนำมาใช้ในการทำงานของระบบเนื่องจากสามารถคืนทุนได้อย่างรวดเร็วและยังช่วยในการรักษาสิ่งแวดล้อม

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยได้ทำการศึกษาความเหมาะสมของการใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมในโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมีโดยได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ผลทางพลังงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนก่อนทำการปรับปรุงและวิเคราะห์ผลทางพลังงานของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมหลังการปรับปรุงเมื่อทางสถานประกอบการตัวอย่างได้ทำการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมซึ่งเป็นระบบปรับอากาศที่ใช้พลังงานความร้อนในการทำงานระบบเป็นหลักเพิ่มขึ้นมาเพื่อนำมาใช้ทดแทนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนซึ่งเป็นระบบที่ใช้พลังงานทางไฟฟ้าในการทำงานของระบบ โดยทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลจากสถานประกอบการตัวอย่างแห่งหนึ่งซึ่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาระบบปรับอากาศ 2 แบบที่ได้ใช้ในการปรับอากาศห้องทั้ง 3 ห้องคือห้อง Control room , Lab , ISDL และระบบปรับอากาศทั้ง 2 แบบที่ได้ทำการศึกษาได้แก่ 1. ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยใช้หน่วยเครื่องส่งลมเย็นซึ่งมีขนาดพิกัดการทำความเย็น 400,000 BTU/h โดยจะมีเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแบ่งเป็นห้องละ 3 เครื่อง ซึ่งหลักการทำงานของระบบจะทำงานแบบการใช้งานสลับกันโดยทำงาน 2 เครื่อง Stand by อีกหนึ่งเครื่อง 2. ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาดพิกัดทำความเย็น 270 ตันความเย็น จำนวน 1 ชุด ใช้ไอน้ำความดันต่ำ 2.5 บาร์เกจ เป็นระบบทำความเย็นดูดซึมชั้นเดียวและใช้สารดูดซึมเป็นลิเทียมโบรไมด์และน้ำเป็นสารทำความเย็นซึ่งจากการศึกษาสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังต่อไปนี้

1.) ในการศึกษาค่าทางพลังงานและประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนจะพบว่าประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนของเครื่อง AC- CB-01, AC-CB-02, AC-CB-03, AC-CB-04, AC-CB-05, AC- CB-06, AC-SW-01, AC-SW-02 และสุดท้าย AC-SW-03 มีค่าเท่ากับ 1.21, 1.37, 1.09, 1.23, 1.24, 1.24, 1.95, 1.28 และ 1.17 ตามลำดับ ในส่วนของพลังงานทางไฟฟ้าที่ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนได้ใช้ภายใน 1 ปี พบว่ามีค่าเท่ากับ 1,385,951.52 kWh / ปี

2.) การศึกษาค่าพลังงานและสมรรถณะการทำความเย็นโดยรวมของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมจากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราทำความเย็นจริงจะมีค่าอยู่ที่เท่ากับ 341.67 kW หรือ 97.06 TR ค่าเฉลี่ยอัตราการระบายความร้อนออกจากระบบจริงมีค่าเท่ากับ 978.03 kW และ

ค่าเฉลี่ยอัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำมีค่าเท่ากับ 469.26 kW การศึกษาความสัมพันธ์ของช่วงเปอร์เซ็นการทำความเย็นต่างๆของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมกับค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม พบว่าระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมที่เปอร์เซ็นการทำงานที่ 43.02 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบจะมีค่าเท่ากับ 1.07 ซึ่งเป็นค่าสูงมากที่สุดและที่เปอร์เซ็นการทำงานที่ 32.65 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจะมีค่าเท่ากับ 0.38 ซึ่งเป็นค่าต่ำที่สุดและค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นมีค่าเท่ากับ 0.65 และจากการศึกษายังพบว่าแนวโน้มของความสัมพันธ์คือเมื่อเปอร์เซ็นการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีเปอร์เซ็นการทำงานของระบบที่เพิ่มขึ้นค่าของสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบก็จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม

3.) จากการศึกษาการทำนายผลทางพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงระยะเวลาสั้นของระบบเครื่องทำน้ำแบบดูดซึมพบว่าค่าของอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าจะมีลักษณะของกราฟเป็นเส้นตรงส่วนกราฟอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจะมีลักษณะของกราฟเป็นกราฟคลื่นไซน์ อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาเข้าจะมีลักษณะของกราฟเป็นเส้นตรงส่วนกราฟอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออกจะมีลักษณะของกราฟเป็นกราฟคลื่นไซน์กราฟและอัตราการไหลไอน้ำความดันต่ำจะมีลักษณะเป็นกราฟคลื่นไซน์ จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำกับอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกของระบบพบว่าอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจะแปรผันตามอัตราการไหลของไอน้ำที่ใช้ในการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

จากการศึกษาการในส่วนของการวิเคราะห์ทางพลังงานและสมรรถนะการทำความเย็นของระบบวิเคราะห์ภายในระยะเวลา 15 นาที โดยเพิ่มทีละ 3 วินาที พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการทำความเย็นมีค่าเท่ากับ 345.78 kW ค่าเฉลี่ยอัตราการระบายความร้อนออกจากระบบมีค่าเท่ากับ 1033.8 kW ค่าเฉลี่ยอัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำมีค่าเท่ากับ 572.88 kW แต่จากการศึกษาได้พบว่าระบบทางพลังงานภายในของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมนั้นมีค่าของความล่าช้าทางเวลาระหว่างค่าพลังงาน ดังนั้นเมื่อทำการกำจัดค่าความล่าช้าทางเวลาระหว่างพลังงานต่างๆของระบบไปแล้วช่วงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบที่ได้อยู่ในช่วง 0.4844 จนถึง 0.9308 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.593

4.) จากการวิเคราะห์การทำนายผลทางพลังงานและค่าสมรรถนะการทำความเย็นตามช่วงระยะเวลายาวพบว่าค่าอัตราการทำความเย็นเฉลี่ยจะมีค่าเท่ากับ 345.79 kW หรือ 98.24 TR อัตราการให้ความร้อนสู่ระบบโดยไอน้ำเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 540.84 kW อัตราการระบายความร้อนออกจากระบบเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 988.04 kW กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2.57 kW และค่าสมรรถนะการทำความเย็นของระบบเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.64 จากการศึกษาพบว่าอัตราการทำความเย็นจะมีแนวโน้มที่ลดลงจนถึงจุดๆหนึ่งก่อนเกิดช่วงการแกว่งมากไม่สม่ำเสมอซึ่งช่วงการแกว่งนี้เป็นในส่วนของช่วงการใช้ไอน้ำความดันต่ำในปริมาณที่ต่ำกว่าปกติและยังพบว่าพฤติกรรมการทำงานของระบบคือในช่วงเวลาแรกของช่วงที่ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีการใช้ไอน้ำความดันต่ำปกติในช่วงแรกภาระการทำความเย็นในการปรับอากาศห้องที่ต้องการปรับอากาศนั้นมีค่ามากแต่เมื่อทำการปรับอากาศห้องไปเรื่อยๆห้องปรับอากาศก็จะมีแนวโน้มที่เย็นขึ้นเรื่อยๆทำให้ภาระการทำความเย็นภายในห้องปรับอากาศมีภาระการทำความเย็นที่น้อยลงและเมื่ออัตราการทำความเย็นลดลงจนถึงจุดๆหนึ่งแล้วระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจะทำการลดปริมาณของการใช้ไอน้ำความดันต่ำ ซึ่งเมื่อระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมได้ทำการปรับเปลี่ยนการใช้ไอน้ำความดันต่ำให้ลดน้อยลงเพื่อลดการใช้พลังงานความร้อนที่ใช้ในการทำงานของระบบเกินความจำเป็น จึงทำให้เกิดการแกว่งของอุณหภูมิน้ำเย็นที่มากไม่สม่ำเสมอเนื่องจากระบบได้ยังคงพยายามปรับสมดุลการทำความเย็นให้ได้ในอัตราการทำความเย็นที่ใกล้เคียงกับอัตราการทำความเย็นในช่วงเวลาที่ถัดไปตามภาระของการทำความเย็นนั่นก็คือช่วงที่ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีการใช้ไอน้ำร้อนในปริมาณปกติ

จากการศึกษาค่าสมรรถนะการทำความเย็นของระบบพบว่าค่าสมรรถนะการทำความเย็นของช่วงที่ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีการใช้ไอน้ำในปริมาณปกติจะมีค่าน้อยกว่าค่าสมรรถนะการทำความเย็นของช่วงที่ระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมมีการใช้ไอน้ำในปริมาณต่ำกว่าปกติ

5.) การศึกษาการความสามารถในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าพบว่าเมื่อได้ปรับเปลี่ยนมาใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมแทนการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนจะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 774,258.24 kWh / ปี ซึ่งจะพบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ประมาณครึ่งหนึ่งต่อปี จากการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่าราคาการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมทั้งหมดอยู่ที่ประมาณ 14,902,739.77 บาท ค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ต่อปีมีค่าเท่ากับ 2,322,774.72 บาทต่อปี และพบว่าระยะเวลาของการคืนทุนในการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาด 270 TR นั้นมีระยะเวลาประมาณ 6.42 ปี แต่เมื่อทำการศึกษาระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาด 132 TR ซึ่งมีขนาดที่เหมาะสมกับภาระการทำความเย็นจริงพบว่าระยะเวลาประมาณ 3.06 ปี

6.2 ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ

1.) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาพลังงานสมรรถนะการทำความเย็นและพฤติกรรมการทำงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมซึ่งได้วิเคราะห์จากความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกกับอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำอันเนื่องมาจากในงานวิจัยนี้ได้ตรวจวัดและเก็บข้อมูลของไอน้ำไม่ละเอียดเพียงพอเพราะอัตราการไหลของไอน้ำความดันต่ำมีค่าการแกว่งไปมามากไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของไอน้ำความดันต่ำเพื่อความถูกต้องไม่คลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ผล จึงควรทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของไอน้ำความดันต่ำอย่างละเอียดและควรตรวจวัดและเก็บข้อมูลให้ได้มากหลายๆวัน เพื่อที่จะได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมจากการวิเคราะห์ผลอย่างละเอียดมากยิ่งขึ้นจากข้อมูลอัตราการไหลของไอน้ำความต่ำที่ได้ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลจริงในระยะเวลายาวขึ้นว่ามีพฤติกรรมการทำงานของระบบเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรต่อไป

2.) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาพลังงานสรรมถนะการทำความเย็นและพฤติกรรมการทำความเย็นของระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมที่มีขนาดพิกัดการทำความเย็นที่มากเกินความจำเป็นที่ได้ใช้งาน ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจในการทำการศึกษาว่าระบบที่มีขนาดพิกัดการทำความเย็นที่เหมาะสมกับภาระการทำความเย็นในการปรับอากาศว่าเมื่อระบบมีการทำงานตามสภาวะของภาระการทำความเย็นที่เหมาะสมกับขนาดพิกัดการทำความเย็นของระบบแล้ว ค่าทางพลังงานสมรรถนะการทำความเย็นและพฤติกรรมของการทำงานของระบบจะเป็นไปอย่างไรคือจะดีขึ้นหรือจะแย่ลงเมื่อได้นำผลจากการศึกษาครั้งใหม่นี้นำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยเดิมนี้

3.) ถ้าการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาดพิกัดของการทำความเย็นเป็นไปอย่างเหมาะสมนั่นคือไม่ต้องมีการใช้จ่ายในการลงทุนทางด้านการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมที่เกินความจำเป็นระยะเวลาการคืนทุนในการลงทุนติดตั้งระบบจะไม่นานมากนักจึงเป็นที่น่าสนใจในการใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมกรณีเมื่อมีความร้อนเหลือทิ้งนำมาใช้ในการทำงานของระบบ แต่ก็ควรคำนึงถึงชั่วโมงการทำงานของระบบปรับอากาศด้วยเนื่องมาจากในงานวิจัยนี้ระบบได้ทำงานตลอด 24 ชั่วโมง เพราะถ้าระบบทำงานแค่วันละ 12 ชั่วโมง ระยะเวลาการคืนทุนก็จะนานมากขึ้น

รายการอ้างอิง

[1] สุพัฒน์ อรุณวรดิลก. ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม Absorption Chiller. Keep kool (July 2006) : 2

[2] สุพัฒน์ อรุณวรดิลก. ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม Absorption Chiller. Keep kool (November 2006) : 13-16.

[3] ชุดการจัดแสดงที่ 30 ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม (Absorption Chiller).เอกสารเผยแพร่อุตสาหกรรม หมวดที่10 ระบบการทำความเย็น (Refrigeration). 11

[4] ศุภชัย ปัญญาวีร์และคณะ. คู่มือการจัดการพลังงานความร้อนภายในโรงงาน.ดร.ขวัญฤดี โชติชนาทวีวงศ์, การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่, 2

[5] ณรงค์ฤทธิ์ มูลเจริญ. การนำความร้อนทิ้งจากไอเสียจากการผลิตไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในฟาร์มสุกรมาใช้ในระบบทำความเย็นแบบดูดซึม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2548

[6] ปิติพล วังธิยอง. การประเมินศักยภาพการใช้ระบบผลิตงานร่วมและระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนมาใช้ในโรงงานขนาดใหญ่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550

[7] นัฐพร ไชยญาติ. การออกแบบและสร้างระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่ใช้ไอเสียจากเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2551

[8] สมมาส แก้วล้วน. ศักยภาพการนำระบบ Cogeneration และ Absorption Chiller มาใช้ในธุรกิจบางประเภท. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีอุณหภาพ คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544

[9] ศุภโชค เอกอิทธิพัทธ์. การศึกษาเปรียบเทียบการนำพลังงานจากก๊าซชีวภาพมาใช้กับระบบทำความเย็นแบบดูดซึมและระบบทำความเย็นแบบอัดไอ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2546

[10] Tomasz M. Mro´z. Thermodynamic and economic performance of the LiBr–H2O single stage absorption water chiller. Applied Thermal Engineering (2006) :1-7

[11] M.Izquierdo,R. Lizarte, J.D. Marcos, G. Gutierrez. Air conditioning using an air-cooled single effect lithium bromide absorption chiller: Results of a trial conducted in Madrid in August 2005. Madrid, Spain, Applied Thermal Engineering (2008) :1-8

[12] F.Asdrubali, S.Grignaffini. Experimental evaluation of the performances of a H2O–LiBr absorption refrigerator under different service conditions. International Journal of Refrigeration 28 (January 2005) :1-9

[13] M. Shekarchian, M. Moghavvemi, F. Motasemi,T.M.I. Mahlia. Energy savings and cost–benefit analysis of using compression and absorption chillers for air conditioners in Iran. International Journal of Refrigeration 27 (2011) :1-7

[14] Efficiency Valuation Organization. International Performance Measurement & Verification Protocol, Concepts and Options for Determining Energy and Water Savings Volume I, U.S. Department of Energy, 2001

[15] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. แนะนำ IPMVP เครื่องมือยุติข้อขัดแย้งในการตรวจและพิสูจน์. รักษ์พลังงาน 2554 : 26

[16] Yunus A. Cengel และ Michael A. Boles. เทอร์โมไดนามิกส์. สำนักพิมพ์แมคกรอ-ฮิล : สำนักพิมพ์ท้อป, 2006

[17] ปราโมทย์ เดชะอำไพ และ นิพนธ์ วรรณโสภาคย์. ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในงานวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 7. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[18] R.S. KHURMI และ J.K. GUPTA. A Textbook of Refrigeration and Air Conditioning. : S. CHAND & COMPANY LTD, 2009

[19] อนุรักษ์ ทองสุโขวงศ์, การตัดสินใจเพื่อการลงทุน. บทที่ 4 การตัดสินใจเพื่อการลงทุน, 7-9

[20] Douglas Mahone. Guideline Absorption Chiller. Southern California Gas Company New Buildings Institute Advanced Design Guideline Series : New Buildings Institute, 1998

[21] Energy Library. Compare - Installed Costs – Chillers [Online]. 1995. Available from: http://smud.apogee.net/comsuite/content/ces/?utilid=smudid=962&id=1084 [2012, December 3]

[22] ธนาคารกลางแห่งประเทศไทย. เครื่องชี้เศรษฐกิจมหาภาคของไทย [ออนไลน์]. 2540. แหล่งที่มา: http://www2.bot.or.th/statistics/ReportPage.aspx?reportID=409&language=th [17 พฤศจิกายน 2555]

[23] ธนาคารกลางแห่งประเทศไทย. อัตราแลกเปลี่ยนประจำวัน [ออนไลน์]. 2543. แหล่งที่มา: http://www.bot.or.th/Thai/Statistics/FinancialMarkets/ExchangeRate/_layouts/Application/ExchangeRate/ExchangeRate.aspx [21 พฤศจิกายน 2555]

[24] คู่มือการประมาณราคา. กรมโยธาธิการและผังเมืองกระทรวงมหาดไทย, 150-160, 2555

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ติดตั้ง

ก-1. ข้อมูลเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ติดตั้งของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

1. เครื่องควบแน่น

ตารางที่ ก-1 ข้อมูลคุณสมบัติของเครื่องควบแน่นของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

Physical Data			
Nominal Capacity		BTU/Hr	403,000
Operating Weight		lb(kg.)	1,435(651)
Compressor			**Semi-Hermetic**
Lubricating Oil		gal.	3.2
Capacity Steps (by unload)		%	0/66/100
Refrigerant			**R-22**
Operating Charge		%	65(29.5)
Condenser Fans			**Propeller, Direct Drive**
Quantity Diameter		in.	2...30
Nominal Air Flow		CFM	23,200
Fan Motor		V/Ph/Hz(HP)	380/3/50(2 HP)
Power Consumption		Watt	2,700
Condenser Coil			**Aluminium Fin Copper Tube**
Row...Fin/Inch		-	3...15
Face Area		sq.ft.	54
Electrical Controls			**Time Guard Control Module**
High-Pressure Switch		Psig	395/275 (Auto Reset)
Low-Pressure Switch		Psig	60/30 (Auto Reset)
Oil-Pressure Switch		Psig	6/14 (Auto Reset)
Starter			**Part Winding**
Piping Connections	**Suction**	in.	21/8.
	Liquid	in.	7/8.

2. หน่วยเครื่องส่งลม

ตารางที่ ก-2 ข้อมูลคุณสมบัติของหน่วยเครื่องส่งลม

Physical Data					
ห้อง	**เครื่อง**	**Supply**	**Fan Motor Size**	**Power Supply**	**Weight**
		CFM	HP	V/Ph/Hz	Kg
Control Room	**AC-CB-01**	8,450	7.5	380/3/50	780
	AC-CB-02	8,450	7.5	380/3/51	780
	AC-CB-03	8,450	7.5	380/3/52	780
Laboratory	**AC-CB-04**	5,000	3	380/3/53	631
	AC-CB-05	5,000	3	380/3/54	631
	AC-CB-06	5,000	3	380/3/55	631
ISDL	**AC-SW-01**	9,425	7.5	380/3/56	631
	AC-SW-02	9,425	7.5	380/3/57	631
	AC-SW-03	9,425	7.5	380/3/58	631

ก-2 ข้อมูลเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

ตารางที่ ก-3 ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

Chilled water circuit		
Capacity	TR	270
Chilled water flow	m^3/hr	162.9
Chilled water inlet temperature	°C	12
Chilled water outlet temperature	°C	7
Chilled water circuit friction loss	mLC	5.5
Chilled water circuit pressure drop	mLC	7.2
Chilled water glycol	%	0
Maximum working pressure	kg/cm^2	8
Cooling water circuit		
Cooling water flow	m^3/hr	270
Cooling water inlet temperature	°C	35
Cooling water inlet temperature	°C	42.6
Cooling water circuit friction loss	mLC	5.5
Cooling water circuit pressure drop	mLC	7.6
Cooling water glycol	%	0
Maximum working pressure	kg/cm^2	8
Steam circuit		
Steam pressure	$kg/cm^2(g)$	2.5
Steam consumption	kg/hr	2195
Condensate drain temperature	°C	80 - 100
Condensate drain pressure	$kg/cm^2(g)$	0.2
Steam inlet connection diameter	DN	200
Drain inlet connection diameter	DN	50
Maximum working pressure	$kg/cm^2(g)$	8

ตารางที่ ก-3 ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม (ต่อ)

Electrical Data		
Power supply		415 V, 50 HZ, 3 Phase
Power consumption	kVA	9.1
Absorbent pump rating	kW(A)	3.0 (8.0)
Refrigerant pump rating	kW(A)	0.3 (1.4)
Vacuum pump rating	kW(A)	0.75 (1.8)
Physical Data		
Length	mm	4745
Width	mm	2210
Height	mm	2945
Operating weight	ton	9.8
Flooded weight	ton	15
Dry weight	ton	7.4
Shipping Weight	ton	8.6
Tube cleaning space	mm	4200
Tube Metallurgy		
Evaporator tube material		Cu Finned
Absorber tube material		Cu Mini Finned
Condenser tube material		Cu Plain
Generator tube material		SS316L ERW plain

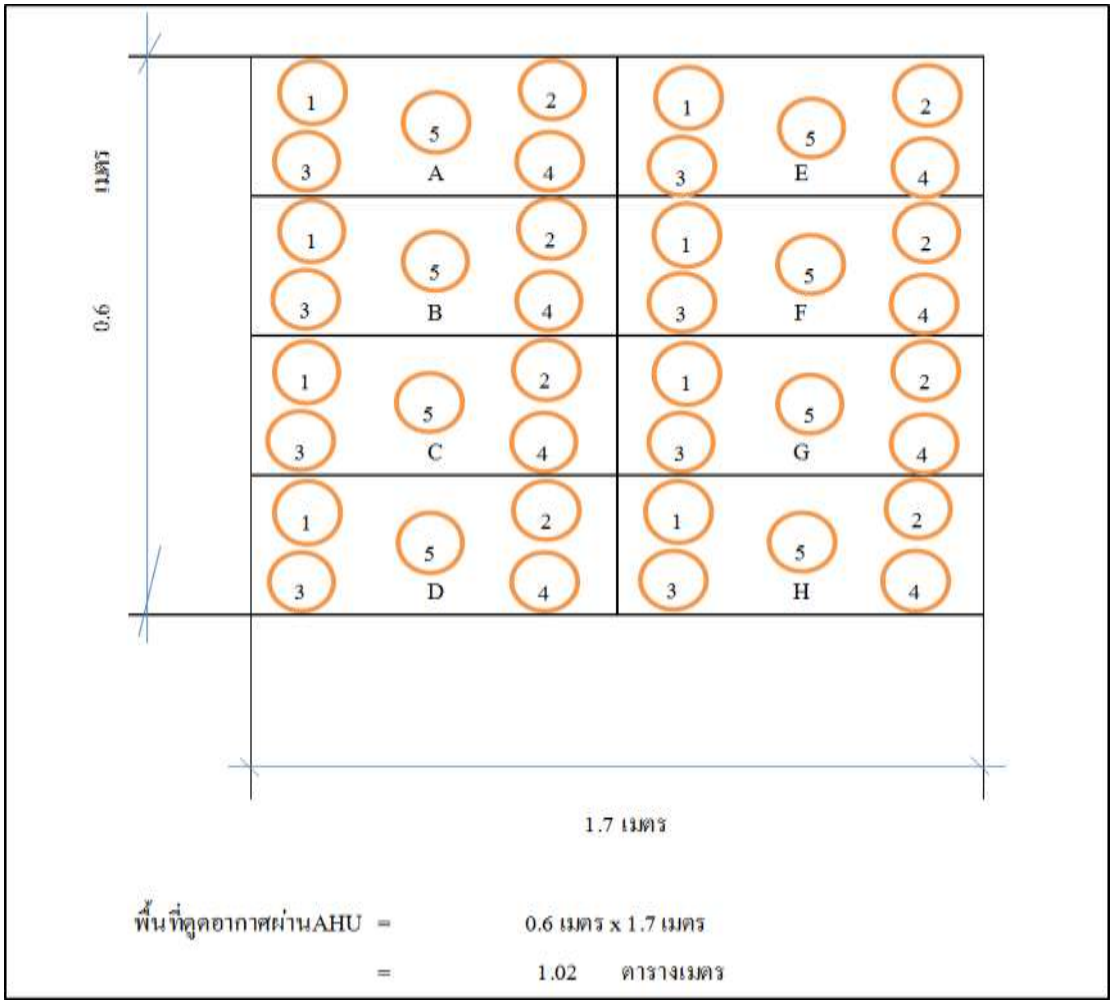
ภาคผนวก ข

ตารางข้อมูลจากการตรวจวัดและเก็บข้อมูล

ข-1. ข้อมูลจากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

โดยจะเป็นข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ทั้งหมด 9 เครื่อง

1. ข้อมูลการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-01



รูปที่ ข-1 จุดตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่านหน่วยเครื่องส่งลมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเย็นด้านกลับของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-01

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลตรวจวัดความเร็วลมผ่าน AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-01

วันที่	เวลา	A					B					C					D				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
07/21/11	13:00	650	640	590	590	580	680	620	650	680	690	670	720	740	740	750	650	640	630	640	680
07/21/11	13:15	650	650	610	580	580	670	630	650	670	700	680	710	630	760	750	680	680	600	670	690
07/21/11	13:30	640	630	620	590	590	680	640	620	670	690	670	620	740	760	760	670	710	640	690	690
07/21/11	13:45	660	650	620	600	590	690	640	630	680	680	670	700	730	760	770	650	690	610	610	680
07/21/11	14:00	650	640	630	610	580	710	630	640	680	690	680	690	750	760	760	670	700	630	650	710

วันที่	เวลา	E					F					G					H				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
07/21/11	13:00	660	610	620	630	630	680	680	710	700	730	650	750	720	750	760	580	580	590	600	630
07/21/11	13:15	650	620	640	620	650	690	690	700	710	750	660	760	730	740	770	590	620	580	600	600
07/21/11	13:30	660	610	650	620	630	690	680	690	710	740	680	760	740	750	780	610	610	580	620	600
07/21/11	13:45	650	620	650	620	640	680	670	700	720	740	670	770	740	740	770	620	630	560	630	610
07/21/11	14:00	640	630	650	610	670	700	680	690	720	740	650	750	730	750	760	580	620	580	620	630

ความเร็วเฉลี่ย 667.2 fpm = 3.39 m/s

ตารางที่ ข-2 ข้อมูลตรวจวัดความชื้นอุณหภูมิของอากาศเย็นด้านออกอากาศเย็นด้านกลับและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-01

วันที่	เวลา	Return									
		A		B		C		D		E	
		อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น
		°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH
07/21/11	13:00	24.55	59.82	24.49	59.27	23.66	58.85	25.69	58.7	23.77	58.74
07/21/11	13:15	25.56	58.32	23.54	58.75	24.67	57.08	23.65	59.87	23.61	62.49
07/21/11	13:30	25.54	59.4	26.58	58.44	26.66	57.03	24.36	57.84	24.46	61.35
07/21/11	13:45	20.31	58.61	23.6	58.38	25.67	57.39	24.45	51.12	24.13	62.84
07/21/11	14:00	23.49	68.1	26.61	58.36	23.67	57.43	25.28	56.59	23.74	58.39

วันที่	เวลา	Return						Supply		อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม
		F		G		H				
		อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	
		°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C
07/21/11	13:00	23.73	58.62	23.65	58.31	23.66	59.59	11.64	69.31	30.4
07/21/11	13:15	23.7	58.49	26.42	53.71	23.68	59.03	11.42	68.54	30.1
07/21/11	13:30	24.52	63.59	2.49	61.5	24.26	61.41	11.39	68.73	30
07/21/11	13:45	24.76	64.24	25.35	60.28	24.32	63.84	11.46	68.59	30.1
07/21/11	14:00	25.12	68.45	24.32	59.88	24.15	58.71	11.42	69.44	30.5

Return	อุณหภูมิ	°C	23.90	Supply	อุณหภูมิ	°C	11.47	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	°C	30.22
	ความชื้น	% RH	59.57		ความชื้น	% RH	68.92			

ตารางที่ ข-3 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-01

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/21/11	12:09	386	6.34	6.28	6.17	2.84
07/21/11	12:10	387	6.34	6.34	6.28	2.88
07/21/11	12:11	388	6.33	6.32	6.20	2.85
07/21/11	12:12	387	6.31	6.29	6.26	2.84
07/21/11	12:13	387	6.35	6.29	6.23	2.85
07/21/11	12:14	388	6.34	6.29	6.21	2.85
07/21/11	12:15	388	6.31	6.28	6.26	2.85
07/21/11	12:16	388	6.34	6.27	6.20	2.85
07/21/11	12:17	387	6.29	6.23	6.23	2.84
07/21/11	12:18	387	6.24	6.23	6.18	2.80
07/21/11	12:19	387	6.25	6.23	6.15	2.79
07/21/11	12:20	387	6.26	6.19	6.16	2.79
07/21/11	12:21	387	6.26	6.19	6.17	2.81
07/21/11	12:22	386	6.20	6.21	6.16	2.80
07/21/11	12:23	386	6.25	6.15	6.17	2.80
07/21/11	12:24	386	6.19	6.18	6.13	2.78
07/21/11	12:25	386	6.24	6.20	6.15	2.81
07/21/11	12:26	386	6.27	6.19	6.18	2.82
07/21/11	12:27	386	6.20	6.19	6.11	2.78
07/21/11	12:28	386	6.20	6.18	6.12	2.79
07/21/11	12:29	386	6.18	6.11	6.08	2.75
07/21/11	12:30	386	6.17	6.12	6.12	2.75
07/21/11	12:31	386	6.20	6.17	6.09	2.77
07/21/11	12:32	387	6.19	6.16	6.09	2.75
07/21/11	12:33	387	6.23	6.16	6.11	2.77
07/21/11	12:34	387	6.20	6.13	6.10	2.76
07/21/11	12:35	387	6.17	6.17	6.08	2.76
07/21/11	12:36	387	6.23	6.13	6.06	2.75
07/21/11	12:37	387	6.18	6.15	6.11	2.76
07/21/11	12:38	387	6.16	6.11	6.04	2.73
07/21/11	12:39	386	6.08	6.10	6.02	2.70
07/21/11	12:40	386	6.09	6.09	6.03	2.70
07/21/11	12:41	386	6.09	6.13	5.98	2.71
07/21/11	12:42	386	6.12	6.04	6.01	2.70
07/21/11	12:43	386	6.04	6.09	6.00	2.68
07/21/11	12:44	386	6.09	6.08	5.97	2.68
07/21/11	12:45	386	6.08	6.09	6.00	2.70
07/21/11	12:46	386	6.12	6.02	6.01	2.68
07/21/11	12:47	386	6.08	6.12	6.00	2.70
07/21/11	12:48	386	6.09	6.06	5.96	2.68
07/21/11	12:49	386	6.04	6.11	6.00	2.69
07/21/11	12:50	386	6.12	6.04	5.97	2.68
07/21/11	12:51	386	6.06	6.10	6.00	2.69
07/21/11	12:52	387	6.15	6.02	6.03	2.69
07/21/11	12:53	387	6.08	6.15	6.02	2.71
07/21/11	12:54	388	6.21	6.05	6.10	2.73
07/21/11	12:55	388	6.13	6.19	6.02	2.73
07/21/11	12:56	388	6.16	6.12	6.08	2.73
07/21/11	12:57	389	6.13	6.13	6.05	2.71
07/21/11	12:58	388	6.23	6.10	6.08	2.74
07/21/11	12:59	388	6.16	6.11	6.05	2.71
07/21/11	13:00	388	6.15	6.08	6.02	2.70
07/21/11	13:01	387	6.05	6.11	6.01	2.68
07/21/11	13:02	387	6.12	6.05	6.02	2.68
07/21/11	13:03	387	6.09	6.12	5.97	2.69
07/21/11	13:04	387	6.09	6.08	6.00	2.68
07/21/11	13:05	387	6.09	6.13	5.96	2.68
07/21/11	13:06	387	6.06	6.05	5.98	2.67
07/21/11	13:07	387	6.08	6.03	6.04	2.68
07/21/11	13:08	386	6.08	6.05	5.98	2.68
07/21/11	13:09	386	6.06	6.04	6.01	2.68
07/21/11	13:10	386	6.08	6.01	6.00	2.66
07/21/11	13:11	386	6.06	6.02	6.00	2.67
07/21/11	13:12	386	6.08	6.03	5.95	2.66
07/21/11	13:13	386	6.04	6.03	6.01	2.67
07/21/11	13:14	386	6.06	6.05	6.00	2.69
07/21/11	13:15	386	6.05	6.02	5.97	2.67
07/21/11	13:16	387	6.09	6.09	6.00	2.70
07/21/11	13:17	386	6.10	6.04	6.04	2.71
07/21/11	13:18	386	6.13	6.09	6.01	2.71
07/21/11	13:19	386	6.11	6.02	6.06	2.71

ตารางที่ ข-3 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-01 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/21/11	13:20	386	6.13	6.06	6.00	2.70
07/21/11	13:21	386	6.09	6.04	6.04	2.71
07/21/11	13:22	385	6.05	6.02	5.98	2.68
07/21/11	13:23	384	6.04	6.01	5.94	2.67
07/21/11	13:24	385	6.03	6.06	5.97	2.69
07/21/11	13:25	384	6.02	6.04	5.97	2.69
07/21/11	13:26	385	6.02	6.06	5.96	2.68
07/21/11	13:27	385	6.05	5.95	6.00	2.67
07/21/11	13:28	384	6.01	6.08	5.93	2.67
07/21/11	13:29	384	6.04	5.97	6.00	2.67
07/21/11	13:30	384	6.02	6.08	5.93	2.67
07/21/11	13:31	385	6.02	6.02	6.00	2.68
07/21/11	13:32	385	6.04	6.06	5.96	2.69
07/21/11	13:33	385	6.05	6.02	6.02	2.70
07/21/11	13:34	385	6.04	6.04	5.98	2.70
07/21/11	13:35	385	6.05	6.04	6.02	2.70
07/21/11	13:36	385	6.09	6.11	6.02	2.74
07/21/11	13:37	386	6.12	6.09	6.06	2.75
07/21/11	13:38	386	6.12	6.06	6.05	2.73
07/21/11	13:39	386	6.12	6.04	6.04	2.72
07/21/11	13:40	386	6.10	6.05	6.03	2.71
07/21/11	13:41	385	6.08	6.04	5.98	2.69
07/21/11	13:42	385	6.05	6.03	5.98	2.70
07/21/11	13:43	385	6.03	6.02	5.96	2.67
07/21/11	13:44	385	6.02	6.09	5.94	2.67
07/21/11	13:45	386	6.06	6.05	5.94	2.68
07/21/11	13:46	387	6.09	6.12	5.98	2.69
07/21/11	13:47	387	6.06	6.11	5.98	2.69
07/21/11	13:48	387	6.06	6.11	5.98	2.69
07/21/11	13:49	387	6.05	6.11	6.02	2.70
07/21/11	13:50	387	6.08	6.13	5.95	2.69
07/21/11	13:51	388	6.10	6.09	6.04	2.70
07/21/11	13:52	389	6.13	6.11	6.02	2.70
07/21/11	13:53	390	6.13	6.12	6.02	2.70
07/21/11	13:54	390	6.17	6.17	6.05	2.72
07/21/11	13:55	391	6.23	6.09	6.12	2.74
07/21/11	13:56	391	6.19	6.17	6.11	2.75
07/21/11	13:57	390	6.20	6.12	6.10	2.74
07/21/11	13:58	389	6.16	6.15	6.06	2.74
07/21/11	13:59	388	6.17	6.08	6.06	2.73
07/21/11	14:00	387	6.17	6.06	6.04	2.73
07/21/11	14:01	385	6.12	6.01	6.01	2.71
07/21/11	14:02	385	6.05	6.03	6.00	2.69
07/21/11	14:03	384	6.06	6.01	5.97	2.69
07/21/11	14:04	384	6.09	6.01	5.97	2.70
07/21/11	14:05	384	6.06	6.01	6.00	2.70
07/21/11	14:06	384	6.08	6.00	6.01	2.70
07/21/11	14:07	383	6.03	6.03	5.98	2.70
07/21/11	14:08	383	6.06	6.02	5.97	2.70
07/21/11	14:09	383	6.09	6.03	5.98	2.72
07/21/11	14:10	383	6.04	6.03	5.97	2.70
07/21/11	14:11	383	6.04	5.98	6.00	2.69
07/21/11	14:12	383	6.08	6.02	5.96	2.71
07/21/11	14:13	383	6.04	6.00	5.98	2.70
07/21/11	14:14	383	6.05	6.05	5.96	2.71
07/21/11	14:15	384	6.08	6.04	6.01	2.72
07/21/11	14:16	384	6.12	6.04	6.01	2.72
07/21/11	14:17	384	6.15	6.08	6.04	2.76
07/21/11	14:18	384	6.12	6.08	6.02	2.75
07/21/11	14:19	384	6.10	6.06	6.01	2.73
07/21/11	14:20	384	6.10	6.03	6.01	2.72
07/21/11	14:21	383	6.09	6.06	6.01	2.73
07/21/11	14:22	383	6.06	6.03	5.97	2.71
07/21/11	14:23	383	6.04	6.00	5.95	2.68
07/21/11	14:24	383	6.06	6.01	5.96	2.71
07/21/11	14:25	384	6.08	6.00	5.98	2.70
07/21/11	14:26	385	6.08	6.04	5.98	2.71
07/21/11	14:27	388	6.11	6.04	6.02	2.69
07/21/11	14:28	388	6.12	6.06	6.09	2.71
07/21/11	14:29	388	6.12	6.08	6.02	2.70
07/21/11	14:30	388	6.11	6.08	6.03	2.71

ตารางที่ ข-3 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-01 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/21/11	14:31	388	6.13	6.06	6.04	2.71
07/21/11	14:32	388	6.15	6.08	6.05	2.72
07/21/11	14:33	391	6.17	6.13	6.10	2.72
07/21/11	14:34	391	6.20	6.10	6.06	2.72
07/21/11	14:35	389	6.17	6.09	6.04	2.71
07/21/11	14:36	389	6.15	6.08	6.05	2.71
07/21/11	14:37	390	6.19	6.09	6.06	2.73
07/21/11	14:38	390	6.20	6.11	6.06	2.74
07/21/11	14:39	390	6.21	6.11	6.10	2.75
07/21/11	14:40	389	6.21	6.10	6.08	2.75
07/21/11	14:41	389	6.20	6.10	6.10	2.75
07/21/11	14:42	389	6.18	6.11	6.04	2.73
07/21/11	14:43	388	6.17	6.06	5.97	2.70
07/21/11	14:44	388	6.09	6.03	6.04	2.69
07/21/11	14:45	388	6.09	6.08	5.96	2.67
07/21/11	14:46	388	6.11	6.01	6.00	2.67
07/21/11	14:47	388	6.06	6.05	5.95	2.65
07/21/11	14:48	388	6.10	6.03	5.97	2.67
07/21/11	14:49	388	6.09	6.08	5.98	2.67
07/21/11	14:50	387	6.08	6.00	5.97	2.67
07/21/11	14:51	385	6.01	6.00	5.98	2.66
07/21/11	14:52	385	6.00	6.00	5.93	2.65
07/21/11	14:53	385	6.02	5.96	5.95	2.66
07/21/11	14:54	385	6.02	6.02	5.94	2.66
07/21/11	14:55	385	6.01	5.98	5.90	2.64
07/21/11	14:56	385	6.03	5.98	5.93	2.66
07/21/11	14:57	385	6.04	5.96	5.96	2.67
07/21/11	14:58	385	6.02	5.96	5.96	2.65
07/21/11	14:59	385	6.03	6.00	5.90	2.66
07/21/11	15:00	385	6.04	5.97	5.95	2.66
07/21/11	15:01	385	6.00	5.98	5.96	2.66
07/21/11	15:02	386	6.09	5.97	5.95	2.68
07/21/11	15:03	386	6.05	5.98	6.01	2.68
07/21/11	15:04	386	6.06	6.05	5.97	2.68
07/21/11	15:05	386	6.05	5.98	5.96	2.67
07/21/11	15:06	386	6.10	6.00	5.96	2.67
07/21/11	15:07	385	6.02	5.97	5.94	2.65
07/21/11	15:08	385	6.01	5.98	5.90	2.64
เฉลี่ย		**386.29**	**6.12**	**6.08**	**6.03**	**2.71**

ตารางที่ ข-4 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-01

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/21/11	12:07	388	58.25	58.13	57.85	31.71
07/21/11	12:08	388	55.30	55.64	55.79	29.99
07/21/11	12:09	387	57.88	57.50	57.93	31.49
07/21/11	12:10	388	58.16	58.28	59.02	31.96
07/21/11	12:11	389	58.59	57.91	58.91	31.99
07/21/11	12:12	389	58.54	58.51	59.37	32.24
07/21/11	12:13	388	59.02	59.02	59.68	32.48
07/21/11	12:14	389	58.88	59.37	59.37	32.53
07/21/11	12:15	389	58.39	59.08	60.31	32.53
07/21/11	12:16	389	58.74	59.54	60.86	32.89
07/21/11	12:17	388	59.28	59.68	60.05	32.84
07/21/11	12:18	388	59.25	59.51	59.97	32.73
07/21/11	12:19	388	59.28	58.99	59.85	32.63
07/21/11	12:20	388	59.51	59.25	60.20	32.77
07/21/11	12:21	388	59.57	58.97	59.48	32.59
07/21/11	12:22	388	59.57	59.05	59.19	32.57
07/21/11	12:23	387	58.91	58.56	59.48	32.35
07/21/11	12:24	387	58.51	59.71	59.51	32.59
07/21/11	12:25	387	58.88	59.45	58.79	32.43
07/21/11	12:26	387	58.76	58.76	59.25	32.31
07/21/11	12:27	387	58.62	58.76	59.28	32.29
07/21/11	12:28	388	59.11	57.96	58.74	32.09

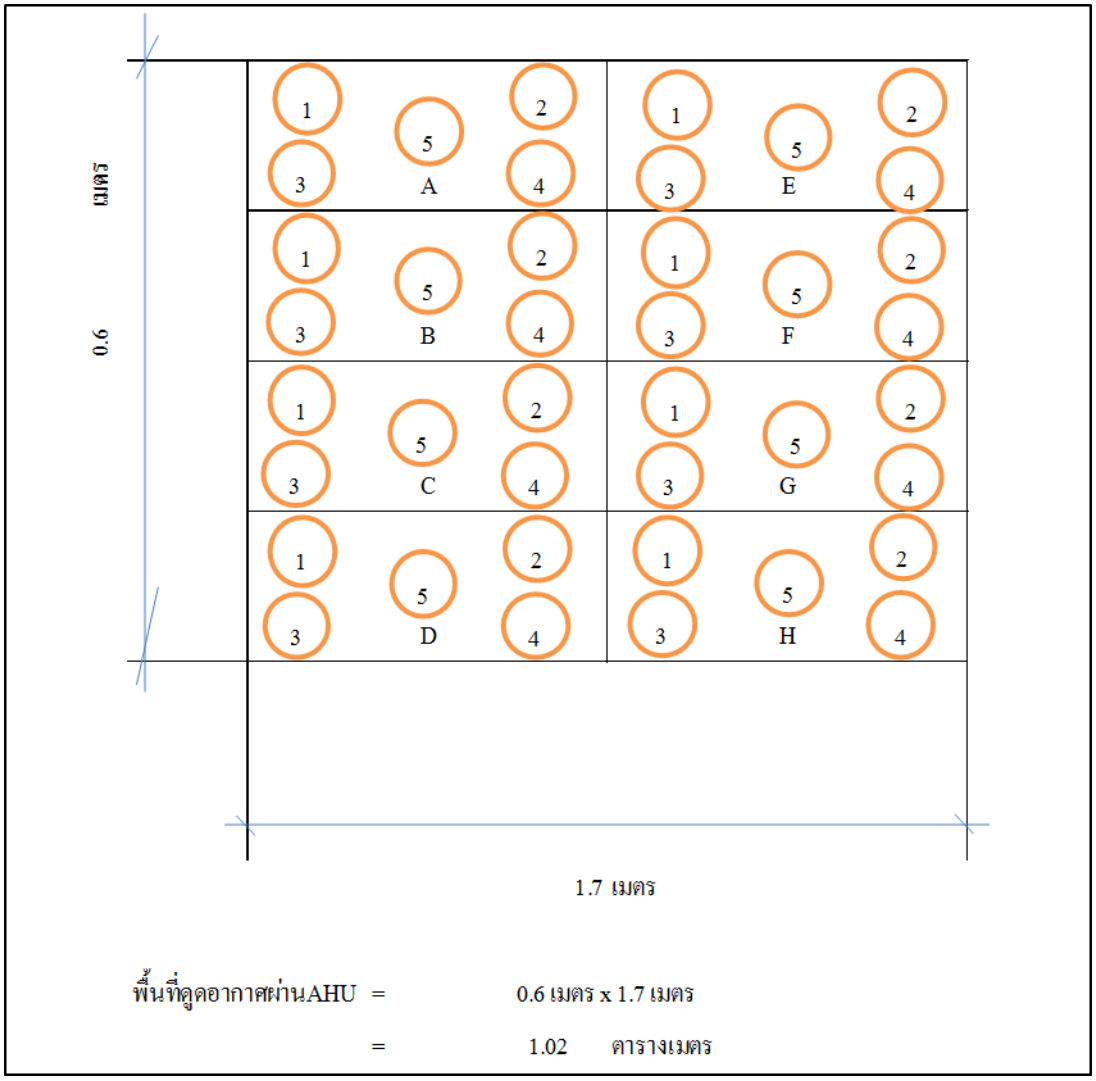
ตารางที่ ข-4 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-01 (ต่อ)

07/21/11	12:29	387	57.93	59.02	59.82	32.34
07/21/11	12:30	387	58.97	58.65	58.97	32.30
07/21/11	12:31	387	58.74	58.68	59.62	32.38
07/21/11	12:32	388	58.88	58.79	59.68	32.47
07/21/11	12:33	388	58.88	58.45	58.74	32.23
07/21/11	12:34	389	59.19	57.93	58.62	32.08
07/21/11	12:35	388	58.82	58.28	58.99	32.23
07/21/11	12:36	388	58.16	58.22	59.82	32.23
07/21/11	12:37	389	59.22	57.85	58.79	32.17
07/21/11	12:38	388	58.16	58.88	59.60	32.32
07/21/11	12:39	387	58.71	58.76	59.65	32.40
07/21/11	12:40	387	58.79	58.97	59.11	32.33
07/21/11	12:52	388	57.91	58.25	58.68	31.89
07/21/11	12:53	388	57.85	57.96	58.88	31.89
07/21/11	12:54	389	58.62	57.56	57.79	31.72
07/21/11	12:55	389	57.56	57.28	59.22	31.76
07/21/11	12:56	389	57.16	58.25	59.14	31.86
07/21/11	12:57	390	57.79	57.62	58.88	31.86
07/21/11	12:58	390	57.73	57.91	58.51	31.83
07/21/11	12:59	390	57.48	58.08	59.05	31.91
07/21/11	13:00	389	58.16	57.91	58.48	31.86
07/21/11	13:01	388	58.25	58.16	58.54	31.97
07/21/11	13:02	389	58.28	58.05	58.59	31.94
07/21/11	13:03	388	57.88	58.16	58.88	31.96
07/21/11	13:04	388	58.08	58.19	58.54	31.91
07/21/11	13:05	388	57.93	58.31	58.36	31.89
07/21/11	13:06	388	58.08	58.19	58.31	31.85
07/21/11	13:07	388	57.48	57.59	59.22	31.81
07/21/11	13:08	388	57.85	57.71	58.56	31.75
07/21/11	13:09	387	57.79	57.93	58.76	31.82
07/21/11	13:10	387	57.88	57.76	58.59	31.78
07/21/11	13:11	387	57.13	57.39	59.17	31.67
07/21/11	13:12	387	57.19	57.76	59.22	31.75
07/21/11	13:13	387	57.88	57.45	58.16	31.58
07/21/11	13:14	387	57.08	57.36	59.17	31.63
07/21/11	13:15	387	57.39	58.28	58.31	31.74
07/21/11	13:16	388	58.08	57.33	58.11	31.63
07/21/11	13:17	388	57.50	58.05	58.51	31.76
07/21/11	13:18	387	57.62	57.59	58.54	31.66
07/21/11	13:19	387	57.99	57.28	58.54	31.68
07/21/11	13:20	387	57.93	58.11	58.48	31.89
07/21/11	13:21	387	57.93	57.53	58.85	31.78
07/21/11	13:22	386	57.85	58.13	58.85	31.92
07/21/11	13:23	385	58.19	58.22	58.76	31.93
07/21/11	13:24	386	57.76	58.16	59.02	31.93
07/21/11	13:25	386	58.16	58.28	58.54	31.89
07/21/11	13:26	385	58.05	58.22	59.08	32.01
07/21/11	13:27	386	58.16	58.39	58.85	31.99
07/21/11	13:28	386	57.93	58.25	58.91	31.97
07/21/11	13:29	386	58.11	58.22	58.76	31.91
07/21/11	13:30	386	57.91	57.99	58.82	31.88
07/21/11	13:31	386	58.16	58.16	58.54	31.86
07/21/11	13:32	386	58.08	58.59	58.94	32.10
07/21/11	13:33	386	58.68	58.02	57.82	31.82
07/21/11	13:34	386	58.02	57.33	59.17	31.84
07/21/11	13:35	386	57.28	58.42	59.31	31.95
07/21/11	13:36	386	58.34	58.16	59.02	32.08
07/21/11	13:37	387	57.99	58.56	59.02	32.11
07/21/11	13:38	387	58.08	58.39	59.57	32.23
07/21/11	13:39	387	58.28	58.51	59.37	32.21
07/21/11	13:40	387	58.59	58.42	59.14	32.26
07/21/11	13:41	387	58.39	58.39	59.34	32.21
07/21/11	13:42	386	58.45	58.59	59.17	32.22
07/21/11	13:43	386	58.36	58.68	59.54	32.31
07/21/11	13:44	386	58.56	58.94	58.82	32.25
07/21/11	13:45	387	58.42	58.79	59.14	32.26
07/21/11	13:46	388	58.65	58.82	58.79	32.26
07/21/11	13:47	389	58.42	58.76	58.88	32.23
07/21/11	13:48	389	58.11	59.05	59.28	32.37
07/21/11	13:49	389	59.28	58.65	58.11	32.24
07/21/11	13:50	389	58.94	59.25	58.31	32.38
07/21/11	13:51	390	58.51	59.31	58.79	32.41
07/21/11	13:52	390	58.08	58.71	59.19	32.28

ตารางที่ ข-4 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-01 (ต่อ)

07/21/11	13:53	391	58.39	58.31	58.85	32.14
07/21/11	13:54	391	58.25	58.51	58.79	32.22
07/21/11	13:55	392	57.93	58.22	58.99	32.10
07/21/11	13:56	392	58.19	57.93	58.82	32.10
07/21/11	13:57	391	58.11	58.28	59.11	32.14
07/21/11	13:58	391	58.45	58.31	59.14	32.29
07/21/11	13:59	389	57.99	58.08	60.02	32.24
07/21/11	14:00	388	58.68	58.39	59.57	32.39
07/21/11	14:05	385	58.82	58.97	59.51	32.46
07/21/11	14:06	385	58.59	58.51	59.74	32.34
07/21/11	14:07	385	58.94	58.88	59.51	32.43
07/21/11	14:08	385	58.76	58.74	59.42	32.35
07/21/11	14:09	384	58.74	58.82	59.68	32.40
07/21/11	14:10	384	58.99	58.91	59.65	32.48
07/21/11	14:11	384	58.59	58.79	59.62	32.35
07/21/11	14:12	384	58.71	58.79	59.60	32.37
07/21/11	14:13	384	58.82	58.85	59.65	32.43
07/21/11	14:14	384	58.94	58.62	59.37	32.33
07/21/11	14:15	385	58.45	58.71	59.54	32.30
07/21/11	14:16	386	58.85	58.42	59.34	32.29
07/21/11	14:17	386	58.45	58.71	59.74	32.37
07/21/11	14:18	386	58.85	58.56	59.51	32.37
07/21/11	14:19	385	58.82	58.79	59.57	32.43
07/21/11	14:20	385	58.85	58.71	59.60	32.42
07/21/11	14:21	385	59.02	58.79	59.48	32.45
07/21/11	14:22	384	58.88	58.94	59.74	32.48
07/21/11	14:23	384	59.17	59.05	59.80	32.56
07/21/11	14:24	385	58.79	58.91	59.65	32.43
07/21/11	14:25	385	58.99	58.91	59.68	32.51
07/21/11	14:26	386	58.76	58.71	59.68	32.41
07/21/11	14:27	388	58.65	58.94	59.94	32.56
07/21/11	14:28	389	58.91	58.97	59.71	32.56
07/21/11	14:29	389	59.17	59.02	59.62	32.61
07/21/11	14:30	389	58.91	58.79	59.62	32.55
07/21/11	14:31	389	59.14	58.65	59.65	32.55
07/21/11	14:32	389	58.99	59.08	60.14	32.74
07/21/11	14:33	391	58.71	59.08	59.65	32.63
07/21/11	14:34	393	59.08	58.56	59.48	32.57
07/21/11	14:35	391	59.39	59.17	58.82	32.61
07/21/11	14:36	390	58.59	58.51	60.08	32.52
07/21/11	14:37	391	59.19	59.54	59.48	32.81
07/21/11	14:38	391	59.57	59.22	59.19	32.76
07/21/11	14:39	391	59.65	57.93	59.25	32.45
07/21/11	14:40	391	58.94	58.68	60.37	32.73
07/21/11	14:41	390	59.48	58.97	59.71	32.76
07/21/11	14:42	390	59.42	59.17	59.88	32.85
07/21/11	14:43	389	59.34	59.17	59.94	32.82
07/21/11	14:44	390	59.48	59.60	60.34	33.04
07/21/11	14:45	390	59.34	59.31	60.05	32.87
07/21/11	14:46	390	59.31	59.45	60.23	32.96
07/21/11	14:47	390	59.57	59.22	60.11	32.92
07/21/11	14:48	389	59.54	59.39	60.28	32.95
07/21/11	14:49	390	59.48	59.60	60.37	33.05
07/21/11	14:50	388	59.80	59.68	60.31	33.08
07/21/11	14:51	387	59.71	59.68	60.51	33.08
07/21/11	14:52	386	59.39	59.54	60.48	32.93
07/21/11	14:53	386	59.80	59.82	60.40	33.07
07/21/11	14:54	386	59.39	59.51	60.40	32.91
07/21/11	14:55	386	59.54	59.60	60.57	32.98
07/21/11	14:56	386	59.39	59.39	60.37	32.87
07/21/11	14:57	386	59.57	59.48	60.34	32.94
07/21/11	14:58	386	59.74	59.62	60.54	33.03
07/21/11	14:59	386	59.60	59.28	60.25	32.88
07/21/11	15:00	386	59.48	59.60	60.43	32.96
07/21/11	15:01	386	59.28	59.22	60.17	32.78
07/21/11	15:02	386	59.68	59.42	60.43	32.98
07/21/11	15:03	387	59.31	59.11	60.28	32.81
07/21/11	15:04	387	59.60	59.62	60.28	32.99
07/21/11	15:05	387	59.74	59.19	60.37	32.96
07/21/11	15:06	387	59.25	59.25	60.25	32.84
เฉลี่ย		**387.49**	**58.57**	**58.59**	**59.31**	**32.29**

2. ข้อมูลการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-02



รูปที่ ข-2 จุดตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่านหน่วยเครื่องส่งลมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเย็นด้านกลับของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-02

ตารางที่ ข-5 ข้อมูลตรวจวัดความเร็วลมผ่าน AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-02

วันที่	เวลา	A					B					C					D				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
07/21/11	13:00	620	560	560	430	470	630	570	530	590	610	620	610	620	630	630	580	620	610	600	650
07/21/11	13:15	630	520	520	500	500	650	580	500	600	620	630	620	630	610	660	590	610	620	640	640
07/21/11	13:30	630	530	530	490	510	630	570	500	580	630	620	630	630	620	670	590	600	630	660	640
07/21/11	13:45	640	500	500	500	470	640	580	510	600	610	630	640	610	610	660	600	610	640	650	660
07/21/11	14:00	620	610	460	460	460	650	600	520	610	620	640	630	600	630	650	570	600	610	640	650

วันที่	เวลา	E					F					G					H				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
07/21/11	13:00	430	410	470	510	540	560	570	570	580	640	660	640	630	660	720	560	550	560	570	610
07/21/11	13:15	460	420	480	480	540	540	560	560	610	620	690	670	650	670	710	530	560	590	530	650
07/21/11	13:30	450	440	450	490	550	460	540	580	600	610	710	630	670	680	690	510	540	580	590	620
07/21/11	13:45	450	410	420	480	540	500	570	570	590	610	630	610	610	670	710	560	590	570	570	630
07/21/11	14:00	440	400	480	460	530	480	590	580	600	620	650	640	600	660	700	540	510	590	570	650

ความเร็วเฉลี่ย 580.6 fpm = 2.95 m/s

ตารางที่ ข-6 ข้อมูลตรวจวัดความชื้นอุณหภูมิของอากาศเย็นด้านออกอากาศเย็นด้านกลับและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-02

วันที่	เวลา	Return									
		A		B		C		D		E	
		อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น
		°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH
07/21/11	13:00	21.86	63.89	20.29	62.62	22.47	64.75	23.21	67.38	22.65	65.27
07/21/11	13:15	22.43	68.57	21.54	68.91	21.54	67.49	23.56	69.41	23.59	64.72
07/21/11	13:30	22.26	64.18	21.4	64.67	22.12	61.44	23.49	65.92	23.75	65.09
07/21/11	13:45	22.67	62.73	21.61	67.35	21.06	68.52	23.64	65,81	22.94	67.23
07/21/11	14:00	22.92	65.69	21.13	69.16	22.89	69.15	23.81	67.97	23.05	64.58

วันที่	เวลา	Return						Supply		อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม
		F		G		H				
		อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	
		°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C
07/21/11	13:00	23.74	69.51	23.63	68.71	23.19	62.27	11.64	69.31	30.4
07/21/11	13:15	23.97	67.92	24.27	69.81	23.61	63.45	11.42	68.54	30.1
07/21/11	13:30	23.64	68.95	24.19	71.23	23.78	68.71	11.39	68.73	30
07/21/11	13:45	23.81	70.09	23.94	72.18	24.03	69.54	11.46	68.59	30.1
07/21/11	14:00	23.4	71.56	24.11	71.62	24.12	69.7	11.42	69.44	30.5

Return	อุณหภูมิ	°C	22.98	Supply	อุณหภูมิ	°C	11.47	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	°C	30.22
	ความชื้น	% RH	67.23		ความชื้น	% RH	68.92			

ตารางที่ ข-7 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-02

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/20/11	16:03	390	5.06	5.08	5.12	3.01
07/20/11	16:04	390	5.06	5.08	5.13	3.11
07/20/11	16:05	390	5.13	5.14	5.17	3.15
07/20/11	16:06	391	5.14	5.14	5.20	3.16
07/20/11	16:07	391	5.10	5.12	5.17	3.14
07/20/11	16:08	390	5.13	5.13	5.17	3.14
07/20/11	16:09	387	5.10	5.10	5.15	3.11
07/20/11	16:10	387	5.20	5.20	5.25	3.17
07/20/11	16:11	388	5.22	5.23	5.26	3.19
07/20/11	16:12	388	5.30	5.31	5.34	3.24
07/20/11	16:13	388	5.32	5.32	5.37	3.25
07/20/11	16:14	389	5.29	5.31	5.33	3.24
07/20/11	16:15	389	5.26	5.29	5.33	3.23
07/20/11	16:16	388	5.26	5.26	5.31	3.22
07/20/11	16:17	388	5.21	5.23	5.29	3.20
07/20/11	16:18	389	5.25	5.28	5.30	3.22
07/20/11	16:19	389	5.26	5.26	5.32	3.22
07/20/11	16:20	388	5.25	5.29	5.30	3.22
07/20/11	16:21	387	5.13	5.15	5.18	3.13
07/20/11	16:22	387	5.18	5.21	5.22	3.16
07/20/11	16:23	387	5.07	5.09	5.12	3.10
07/20/11	16:24	387	5.16	5.20	5.21	3.15
07/20/11	16:25	387	5.16	5.20	5.21	3.15
07/20/11	16:26	387	5.20	5.23	5.24	3.17
07/20/11	16:27	387	5.20	5.23	5.25	3.17
07/20/11	16:28	387	5.20	5.23	5.24	3.17
07/20/11	16:29	387	5.10	5.13	5.16	3.11
07/20/11	16:30	388	5.17	5.18	5.22	3.16
07/20/11	16:31	388	5.24	5.28	5.31	3.21
07/20/11	16:32	388	5.24	5.25	5.28	3.20
07/20/11	16:33	388	5.29	5.32	5.33	3.24
07/20/11	16:34	388	5.28	5.29	5.33	3.22
07/20/11	16:35	388	5.26	5.29	5.28	3.21
07/20/11	16:36	388	5.24	5.25	5.29	3.20
07/20/11	16:37	388	5.24	5.28	5.30	3.21
07/20/11	16:38	388	5.25	5.29	5.30	3.22
07/20/11	16:39	387	5.06	5.10	5.12	3.09
07/20/11	16:40	387	5.09	5.12	5.18	3.12
07/20/11	16:41	387	5.16	5.17	5.21	3.15
07/20/11	16:42	387	5.06	5.07	5.12	3.09
07/20/11	16:43	387	5.00	5.00	5.04	3.05
07/20/11	16:44	387	5.05	5.07	5.12	3.09
07/20/11	16:45	387	4.99	4.98	5.01	3.03
07/20/11	16:46	387	5.05	5.05	5.10	3.08
07/20/11	16:47	388	5.15	5.15	5.20	3.14
07/20/11	16:48	389	5.24	5.28	5.31	3.22
07/20/11	16:49	389	5.26	5.25	5.31	3.22
07/20/11	16:50	388	5.21	5.22	5.26	3.19
07/20/11	16:51	388	5.21	5.23	5.26	3.19
07/20/11	16:52	388	5.22	5.24	5.29	3.19
07/20/11	16:53	388	5.18	5.20	5.26	3.17
07/20/11	16:54	388	5.23	5.25	5.29	3.19
07/20/11	16:55	387	5.22	5.23	5.29	3.19
07/20/11	16:56	387	5.15	5.17	5.23	3.15
07/20/11	16:57	386	5.07	5.10	5.12	3.09
07/20/11	16:58	386	5.08	5.13	5.17	3.10
07/20/11	16:59	385	5.20	5.23	5.24	3.16
07/20/11	17:00	385	5.08	5.09	5.14	3.08
07/20/11	17:01	385	5.10	5.16	5.21	3.12
07/20/11	17:02	385	5.10	5.14	5.17	3.10
07/20/11	17:03	385	5.13	5.17	5.21	3.12
07/20/11	17:04	385	5.13	5.15	5.20	3.12
07/20/11	17:05	386	5.25	5.25	5.30	3.19
07/20/11	17:06	386	5.29	5.26	5.31	3.20
07/20/11	17:07	386	5.26	5.29	5.31	3.20
07/20/11	17:08	386	5.25	5.29	5.34	3.20
07/20/11	17:09	386	5.25	5.26	5.29	3.19
07/20/11	17:10	386	5.25	5.28	5.32	3.20
07/20/11	17:11	385	5.15	5.16	5.22	3.13
07/20/11	17:12	385	5.25	5.26	5.32	3.19
07/20/11	17:13	385	5.25	5.29	5.33	3.20

ตารางที่ ข-7 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-02 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/20/11	17:14	385	5.24	5.28	5.34	3.19
07/20/11	17:15	384	5.08	5.13	5.17	3.09
07/20/11	17:16	384	4.95	4.98	5.01	3.00
07/20/11	17:17	384	5.07	5.10	5.15	3.08
07/20/11	17:18	384	5.13	5.15	5.22	3.11
07/20/11	17:19	384	5.05	5.06	5.10	3.06
07/20/11	17:20	385	5.08	5.12	5.14	3.08
07/20/11	17:21	385	5.17	5.22	5.24	3.14
07/20/11	17:22	385	5.16	5.20	5.20	3.13
07/20/11	17:23	386	5.30	5.33	5.36	3.22
07/20/11	17:24	386	5.25	5.29	5.31	3.20
07/20/11	17:25	386	5.28	5.28	5.32	3.20
07/20/11	17:26	386	5.30	5.34	5.37	3.23
07/20/11	17:27	386	5.29	5.31	5.34	3.22
07/20/11	17:28	386	5.28	5.32	5.32	3.21
07/20/11	17:29	386	5.30	5.32	5.36	3.22
07/20/11	17:30	386	5.29	5.30	5.33	3.21
07/20/11	17:31	386	5.29	5.32	5.34	3.22
07/20/11	17:32	385	5.29	5.30	5.32	3.20
07/20/11	17:33	384	5.18	5.22	5.24	3.14
07/20/11	17:34	384	5.17	5.21	5.24	3.14
07/20/11	17:35	385	5.23	5.24	5.28	3.16
07/20/11	17:36	385	5.13	5.13	5.16	3.10
07/20/11	17:37	384	5.21	5.24	5.28	3.16
07/20/11	17:38	384	5.15	5.18	5.21	3.12
07/20/11	17:39	384	5.22	5.24	5.28	3.16
07/20/11	17:40	385	5.22	5.23	5.29	3.17
07/20/11	17:41	385	5.33	5.34	5.39	3.24
07/20/11	17:42	385	5.33	5.34	5.39	3.24
07/20/11	17:43	385	5.31	5.30	5.37	3.22
07/20/11	17:44	385	5.34	5.34	5.41	3.24
07/20/11	17:45	385	5.31	5.30	5.36	3.21
07/20/11	17:46	385	5.32	5.31	5.38	3.22
07/20/11	17:47	385	5.33	5.32	5.37	3.23
07/20/11	17:48	385	5.32	5.31	5.36	3.22
07/20/11	17:49	385	5.25	5.24	5.31	3.19
07/20/11	17:50	384	5.16	5.18	5.24	3.13
07/20/11	17:51	384	5.17	5.20	5.25	3.14
07/20/11	17:52	384	5.10	5.15	5.21	3.10
07/20/11	17:53	384	5.22	5.22	5.25	3.15
07/20/11	17:54	385	5.20	5.21	5.28	3.15
07/20/11	17:55	385	5.15	5.18	5.24	3.13
07/20/11	17:56	385	5.24	5.25	5.28	3.17
07/20/11	17:57	385	5.13	5.15	5.18	3.11
07/20/11	17:58	385	5.18	5.17	5.24	3.14
07/20/11	17:59	386	5.21	5.22	5.30	3.17
07/20/11	18:00	386	5.33	5.32	5.38	3.23
07/20/11	18:01	386	5.34	5.33	5.40	3.24
07/20/11	18:02	385	5.34	5.33	5.38	3.24
07/20/11	18:03	385	5.34	5.34	5.40	3.24
07/20/11	18:04	385	5.31	5.31	5.38	3.22
07/20/11	18:05	385	5.36	5.36	5.41	3.25
07/20/11	18:06	386	5.32	5.31	5.37	3.22
07/20/11	18:07	385	5.31	5.30	5.38	3.22
07/20/11	18:08	385	5.25	5.24	5.31	3.18
07/20/11	18:09	384	5.26	5.25	5.31	3.18
07/20/11	18:10	384	5.20	5.21	5.25	3.14
07/20/11	18:11	384	5.18	5.18	5.23	3.14
07/20/11	18:12	384	5.20	5.20	5.23	3.14
07/20/11	18:13	384	5.18	5.18	5.25	3.14
07/20/11	18:14	384	5.14	5.15	5.21	3.11
07/20/11	18:15	384	5.16	5.16	5.21	3.12
07/20/11	18:16	384	5.24	5.25	5.31	3.18
07/20/11	18:17	385	5.22	5.20	5.25	3.15
07/20/11	18:18	385	5.37	5.37	5.41	3.25
07/20/11	18:19	385	5.37	5.34	5.41	3.25
07/20/11	18:20	385	5.34	5.34	5.40	3.24
07/20/11	18:21	385	5.32	5.30	5.37	3.22
07/20/11	18:22	384	5.36	5.37	5.39	3.24
07/20/11	18:23	384	5.34	5.36	5.39	3.23
07/20/11	18:24	384	5.29	5.31	5.34	3.20

ตารางที่ ข-7 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-02 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/20/11	18:25	384	5.33	5.36	5.39	3.23
07/20/11	18:26	384	5.34	5.36	5.38	3.23
07/20/11	18:27	383	5.22	5.24	5.24	3.14
07/20/11	18:28	383	5.17	5.20	5.21	3.12
07/20/11	18:29	383	5.22	5.24	5.25	3.15
07/20/11	18:30	383	5.20	5.23	5.24	3.14
07/20/11	18:31	383	5.21	5.23	5.25	3.14
07/20/11	18:32	383	5.26	5.31	5.30	3.18
07/20/11	18:33	383	5.26	5.30	5.29	3.17
07/20/11	18:34	383	5.28	5.31	5.31	3.18
07/20/11	18:35	383	5.25	5.29	5.29	3.17
07/20/11	18:36	384	5.32	5.36	5.37	3.22
07/20/11	18:37	384	5.34	5.39	5.40	3.24
07/20/11	18:38	384	5.36	5.39	5.40	3.24
07/20/11	18:39	384	5.32	5.37	5.38	3.22
07/20/11	18:40	384	5.33	5.34	5.40	3.22
07/20/11	18:41	384	5.30	5.31	5.38	3.21
07/20/11	18:42	384	5.23	5.24	5.31	3.17
07/20/11	18:43	384	5.29	5.30	5.34	3.20
07/20/11	18:44	383	5.28	5.26	5.31	3.18
07/20/11	18:45	383	5.20	5.22	5.26	3.14
07/20/11	18:46	382	5.10	5.14	5.21	3.09
07/20/11	18:47	383	5.18	5.18	5.21	3.12
07/20/11	18:48	383	5.08	5.10	5.12	3.06
07/20/11	18:49	383	5.02	5.04	5.07	3.03
07/20/11	18:50	383	5.18	5.22	5.24	3.13
07/20/11	18:51	383	5.15	5.15	5.17	3.09
07/20/11	18:52	382	5.21	5.24	5.26	3.14
07/20/11	18:53	383	5.18	5.23	5.26	3.14
07/20/11	18:54	383	5.17	5.22	5.26	3.14
07/20/11	18:55	384	5.30	5.29	5.33	3.19
07/20/11	18:56	383	5.31	5.34	5.36	3.21
07/20/11	18:57	384	5.28	5.28	5.30	3.18
07/20/11	18:58	383	5.30	5.33	5.36	3.20
07/20/11	18:59	383	5.28	5.30	5.33	3.19
07/20/11	19:00	383	5.23	5.26	5.26	3.16
07/20/11	19:01	383	5.26	5.25	5.28	3.16
07/20/11	19:02	383	5.14	5.17	5.17	3.10
เฉลี่ย		**385.51**	**5.22**	**5.23**	**5.27**	**3.17**

ตารางที่ ข-8 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-02

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/20/11	12:20	393	61.97	61.74	63.00	34.83
07/20/11	12:21	393	61.77	61.51	62.60	34.61
07/20/11	12:22	393	61.69	61.28	62.46	34.54
07/20/11	12:23	393	61.77	61.57	62.83	34.71
07/20/11	12:24	393	62.34	62.03	63.26	35.02
07/20/11	12:25	392	62.49	62.20	63.46	35.13
07/20/11	12:26	393	62.46	62.09	63.38	35.08
07/20/11	12:27	393	62.37	62.06	63.38	35.07
07/20/11	12:28	393	62.80	62.52	63.72	35.33
07/20/11	12:29	393	62.32	62.00	63.15	34.97
07/20/11	12:30	393	62.00	61.74	62.83	34.78
07/20/11	12:31	389	62.06	61.69	62.89	34.67
07/20/11	12:32	389	62.69	62.46	63.58	35.13
07/20/11	12:33	389	62.54	62.37	63.43	35.05
07/20/11	12:34	389	62.06	61.91	63.03	34.77
07/20/11	12:35	389	62.12	61.97	63.12	34.79
07/20/11	12:36	388	62.23	62.12	63.23	34.86
07/20/11	12:37	388	61.89	61.69	62.89	34.61
07/20/11	12:38	388	62.03	61.77	62.92	34.66
07/20/11	12:39	388	62.26	62.12	63.26	34.88

ตารางที่ ข-8 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-02 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/20/11	12:40	389	62.46	62.26	63.58	35.03
07/20/11	12:41	389	62.63	62.32	63.72	35.12
07/20/11	12:42	389	62.60	62.20	63.63	35.07
07/20/11	12:43	389	62.20	61.74	63.17	34.77
07/20/11	12:44	389	61.86	61.43	62.86	34.54
07/20/11	12:45	389	61.83	61.34	62.86	34.51
07/20/11	12:46	389	62.34	61.86	63.32	34.84
07/20/11	12:47	389	62.32	61.89	63.40	34.86
07/20/11	12:48	389	62.34	61.86	63.38	34.87
07/20/11	12:49	389	62.17	61.71	63.23	34.76
07/20/11	12:50	389	61.86	61.40	62.86	34.54
07/20/11	12:51	389	61.80	61.46	62.89	34.55
07/20/11	12:52	390	61.86	61.40	62.83	34.55
07/20/11	12:53	389	61.69	61.26	62.77	34.46
07/20/11	12:54	389	61.77	61.40	62.86	34.54
07/20/11	12:55	389	61.77	61.37	62.69	34.50
07/20/11	12:56	389	61.97	61.54	62.95	34.61
07/20/11	12:57	388	61.97	61.57	63.06	34.62
07/20/11	12:58	388	61.83	61.40	62.92	34.52
07/20/11	12:59	389	61.83	61.37	62.86	34.52
07/20/11	13:00	389	61.83	61.46	62.80	34.50
07/20/11	13:01	388	61.83	61.40	62.72	34.48
07/20/11	13:02	388	61.74	61.37	62.75	34.46
07/20/11	13:03	388	61.94	61.63	62.92	34.59
07/20/11	13:04	388	62.00	61.54	62.92	34.55
07/20/11	13:05	388	61.77	61.43	62.80	34.47
07/20/11	13:06	388	61.60	61.23	62.52	34.32
07/20/11	13:07	388	61.63	61.34	62.63	34.37
07/20/11	13:08	388	61.69	61.49	62.80	34.46
07/20/11	13:09	388	61.66	61.37	62.63	34.38
07/20/11	13:10	388	61.54	61.20	62.52	34.29
07/20/11	13:11	388	61.86	61.49	62.86	34.52
07/20/11	13:12	388	61.77	61.60	62.83	34.51
07/20/11	13:13	387	62.06	61.86	63.03	34.66
07/20/11	13:14	387	62.29	62.09	63.20	34.78
07/20/11	13:15	387	62.69	62.49	63.72	35.07
07/20/11	13:16	387	62.32	62.03	63.29	34.80
07/20/11	13:17	387	62.29	62.14	63.38	34.82
07/20/11	13:18	387	62.37	62.09	63.32	34.82
07/20/11	13:19	387	62.17	62.03	63.20	34.75
07/20/11	13:20	387	62.12	61.86	63.09	34.67
07/20/11	13:21	387	61.83	61.63	62.83	34.50
07/20/11	13:22	387	61.80	61.69	62.86	34.52
07/20/11	13:23	387	61.91	61.69	62.89	34.55
07/20/11	13:24	387	61.77	61.57	62.77	34.47
07/20/11	13:25	387	61.97	61.83	63.12	34.64
07/20/11	13:26	387	61.89	61.77	62.92	34.57
07/20/11	13:27	387	61.66	61.49	62.75	34.41
07/20/11	13:28	387	61.46	61.28	62.46	34.27
07/20/11	13:29	387	61.46	61.34	62.54	34.30
07/20/11	13:30	387	61.54	61.37	62.49	34.33
07/20/11	13:31	387	61.71	61.57	62.72	34.46
07/20/11	13:32	387	61.57	61.40	62.49	34.33
07/20/11	13:33	387	61.69	61.66	62.69	34.46
07/20/11	13:34	387	61.69	61.57	62.72	34.44
07/20/11	13:35	387	61.74	61.69	62.77	34.49
07/20/11	13:36	387	61.94	61.77	62.92	34.59
07/20/11	13:37	387	61.83	61.80	62.83	34.54
07/20/11	13:38	387	62.00	61.83	63.00	34.63
07/20/11	13:39	387	61.34	61.28	62.32	34.22
07/20/11	13:40	387	61.34	61.26	62.43	34.25
07/20/11	13:41	386	61.49	61.43	62.49	34.32
07/20/11	13:42	387	61.63	61.51	62.60	34.39
07/20/11	13:43	386	61.63	61.57	62.69	34.43
07/20/11	13:44	387	61.60	61.46	62.54	34.35
07/20/11	13:45	387	61.60	61.46	62.46	34.34
07/20/11	13:46	387	61.63	61.49	62.57	34.38
07/20/11	13:47	387	61.51	61.34	62.52	34.33
07/20/11	13:48	387	61.63	61.40	62.60	34.37
07/20/11	13:49	387	61.43	61.26	62.49	34.28
07/20/11	13:50	387	61.37	61.26	62.46	34.29

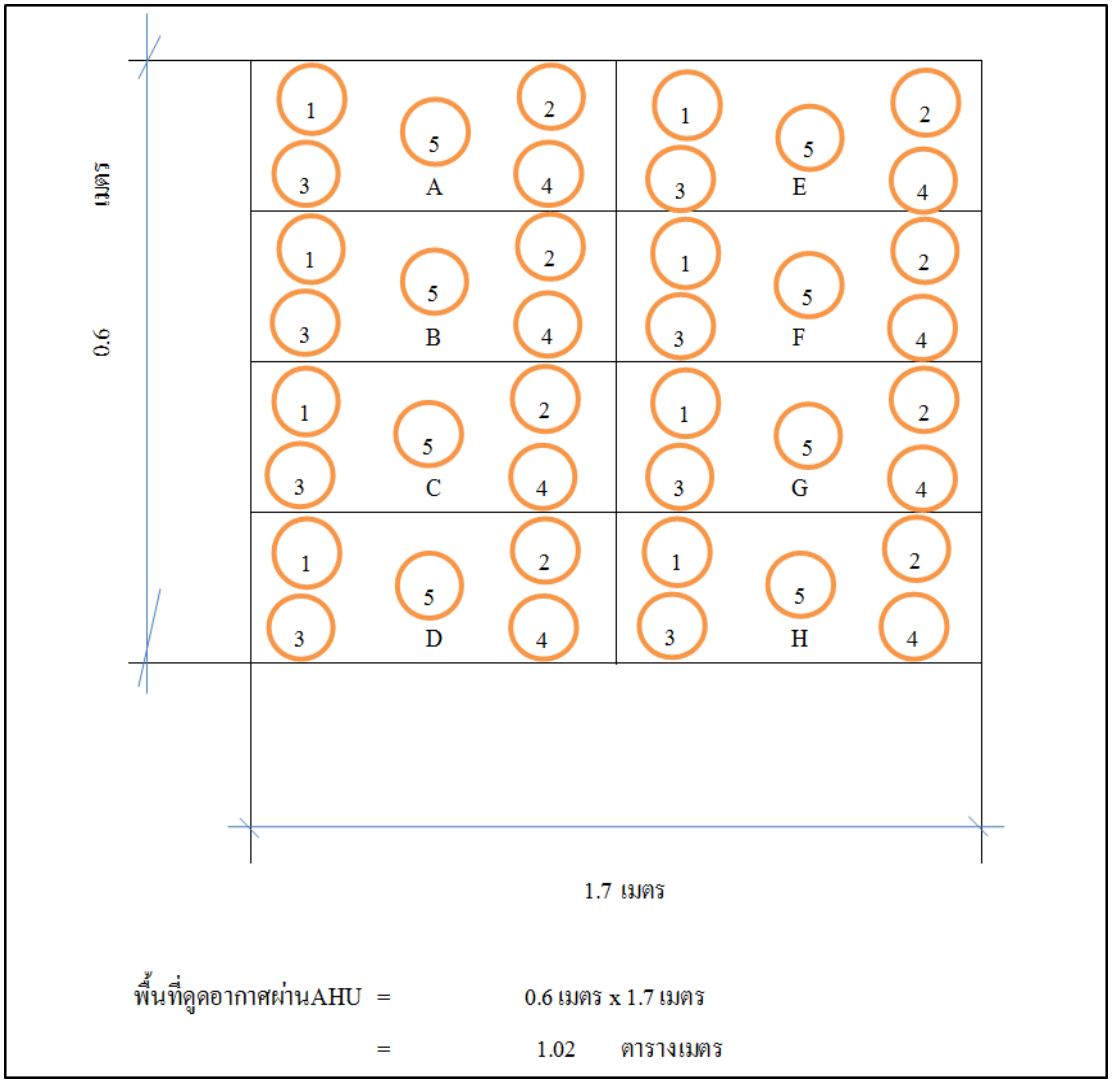
ตารางที่ ข-8 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-02 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/20/11	13:51	387	61.26	60.97	62.20	34.11
07/20/11	13:52	387	61.37	61.06	62.29	34.19
07/20/11	13:53	387	61.71	61.37	62.80	34.48
07/20/11	13:54	387	61.60	61.26	62.60	34.38
07/20/11	13:55	387	61.54	61.23	62.63	34.37
07/20/11	13:56	388	61.37	61.00	62.40	34.22
07/20/11	13:57	388	61.49	61.06	62.52	34.30
07/20/11	13:58	388	61.28	60.94	62.34	34.18
07/20/11	13:59	388	61.49	61.20	62.52	34.31
07/20/11	14:00	388	61.77	61.37	62.86	34.50
07/20/11	14:01	387	61.34	60.97	62.34	34.20
07/20/11	14:02	387	61.40	61.06	62.37	34.22
07/20/11	14:03	388	61.28	61.00	62.29	34.18
07/20/11	14:04	387	61.43	61.08	62.40	34.25
07/20/11	14:05	387	61.57	61.31	62.69	34.40
07/20/11	14:06	387	61.63	61.34	62.60	34.39
07/20/11	14:07	388	61.43	61.14	62.43	34.29
07/20/11	14:08	388	61.63	61.26	62.52	34.38
07/20/11	14:09	388	61.28	61.00	62.26	34.19
07/20/11	14:10	388	61.23	60.91	62.17	34.11
07/20/11	14:11	388	61.26	60.91	62.26	34.14
07/20/11	14:12	388	61.31	61.00	62.26	34.17
07/20/11	14:13	387	61.11	60.88	62.23	34.11
07/20/11	14:14	387	61.17	60.88	62.20	34.09
07/20/11	14:15	387	61.23	61.03	62.29	34.16
07/20/11	14:16	387	60.77	60.65	61.91	33.90
07/20/11	14:17	388	60.74	60.48	61.83	33.84
07/20/11	14:18	387	60.97	60.74	62.09	34.00
07/20/11	14:19	388	60.43	60.34	61.69	33.68
07/20/11	14:20	388	60.83	60.68	62.17	33.97
07/20/11	14:21	388	60.77	60.60	62.14	33.96
07/20/11	14:22	388	60.86	60.68	62.26	34.02
07/20/11	14:23	388	60.77	60.60	62.09	33.93
07/20/11	14:24	387	60.88	60.71	62.20	33.98
07/20/11	14:25	388	61.00	60.80	62.34	34.04
07/20/11	14:26	387	61.11	61.00	62.52	34.15
07/20/11	14:27	387	61.03	60.94	62.09	34.00
07/20/11	14:28	387	60.80	60.86	62.12	33.95
07/20/11	14:29	386	60.65	60.91	62.06	33.92
07/20/11	14:30	386	60.51	60.65	61.74	33.75
07/20/11	14:31	385	60.23	60.45	61.51	33.60
07/20/11	14:32	385	60.40	60.54	61.63	33.65
07/20/11	14:33	385	60.65	60.80	61.91	33.85
07/20/11	14:34	385	61.80	61.94	63.12	34.60
07/20/11	14:35	385	61.60	61.77	62.92	34.48
07/20/11	14:36	386	61.69	61.80	62.97	34.52
07/20/11	14:37	386	61.37	61.57	62.72	34.37
07/20/11	14:38	386	61.49	61.71	62.75	34.42
07/20/11	14:39	385	61.86	62.06	63.09	34.65
07/20/11	14:40	385	61.63	61.74	62.80	34.43
07/20/11	14:41	384	61.51	61.74	62.80	34.39
07/20/11	14:42	382	61.63	61.91	62.89	34.39
07/20/11	14:43	384	61.51	61.71	62.69	34.34
07/20/11	14:44	385	61.49	61.60	62.63	34.32
07/20/11	14:45	385	62.20	62.46	63.63	34.91
07/20/11	14:46	386	62.03	62.06	63.15	34.70
07/20/11	14:47	386	61.51	61.54	62.75	34.38
07/20/11	14:48	385	61.86	61.89	63.00	34.58
07/20/11	14:49	386	61.74	61.74	62.83	34.50
07/20/11	14:50	386	61.60	61.60	62.72	34.40
07/20/11	14:51	385	61.54	61.63	62.75	34.40
07/20/11	14:52	384	61.00	61.31	62.23	34.07
07/20/11	14:53	384	60.80	61.00	62.06	33.92
07/20/11	14:54	384	58.22	58.39	59.39	32.16
07/20/11	14:55	384	59.97	60.17	61.26	33.35
07/20/11	14:56	384	60.20	60.45	61.57	33.54
07/20/11	14:57	385	60.45	60.60	61.63	33.63
07/20/11	14:58	384	60.63	60.68	61.71	33.72
07/20/11	14:59	385	60.23	60.40	61.49	33.55
07/20/11	15:00	384	60.20	60.40	61.57	33.56
07/20/11	15:01	384	60.40	60.48	61.63	33.62

ตารางที่ ข-8 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-02 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/20/11	15:02	385	60.45	60.48	61.66	33.65
07/20/11	15:03	386	60.37	60.31	61.57	33.61
07/20/11	15:04	386	60.48	60.43	61.66	33.67
07/20/11	15:05	386	60.63	60.54	61.83	33.77
07/20/11	15:06	386	60.51	60.37	61.60	33.62
07/20/11	15:07	387	60.51	60.43	61.66	33.67
07/20/11	15:08	387	60.43	60.40	61.71	33.69
07/20/11	15:09	387	60.71	60.65	61.83	33.83
07/20/11	15:10	386	60.57	60.68	61.77	33.78
07/20/11	15:11	386	59.71	59.85	60.80	33.21
07/20/11	15:12	387	59.34	59.39	60.45	32.96
07/20/11	15:13	387	59.11	59.17	60.23	32.82
07/20/11	15:14	387	58.91	58.99	60.02	32.69
07/20/11	15:15	387	58.85	58.94	59.97	32.65
07/20/11	15:16	388	58.68	58.74	59.77	32.53
07/20/11	15:17	388	58.65	58.71	59.68	32.49
07/20/11	15:18	387	58.74	58.79	59.74	32.52
07/20/11	15:19	388	58.56	58.62	59.60	32.42
07/20/11	15:20	389	58.59	58.48	59.60	32.43
07/20/11	15:21	389	58.68	58.59	59.74	32.53
07/20/11	15:22	389	58.76	58.62	59.80	32.55
07/20/11	15:23	389	58.97	58.76	60.00	32.66
07/20/11	15:24	389	58.88	58.74	59.94	32.64
07/20/11	15:25	389	59.02	58.74	60.11	32.72
07/20/11	15:26	390	59.14	58.94	60.23	32.82
07/20/11	15:27	390	59.48	59.37	60.60	33.08
07/20/11	15:28	390	59.34	59.37	60.48	33.04
07/20/11	15:29	391	59.31	59.28	60.40	33.01
07/20/11	15:30	391	59.08	59.11	60.20	32.88
07/20/11	15:31	391	58.94	58.91	60.02	32.77
เฉลี่ย		**387.49**	**61.25**	**61.10**	**62.32**	**34.18**

3. ข้อมูลตรวจวัดการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศ AC-CB-03



รูปที่ ข-3 จุดตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่านหน่วยเครื่องส่งลมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเย็นด้านกลับของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-03

ตารางที่ ข-9 ข้อมูลตรวจวัดความเร็วลมผ่านAHUของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-03

วันที่	เวลา	A					B					C					D				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
07/21/11	13:00	400	370	340	390	370	460	470	490	470	450	460	450	450	470	470	410	390	430	400	420
07/21/11	13:15	430	420	390	390	410	490	410	480	490	510	490	470	440	400	500	430	380	440	420	450
07/21/11	13:30	490	430	410	430	420	530	470	490	490	470	450	460	470	540	530	450	390	470	420	470
07/21/11	13:45	510	470	420	470	430	570	450	490	530	480	430	450	430	560	540	420	390	430	430	430
07/21/11	14:00	480	450	400	460	450	510	520	510	540	500	480	510	490	510	500	440	410	460	420	490

วันที่	เวลา	E					F					G					H				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
07/21/11	13:00	300	410	400	340	410	420	390	400	400	380	430	490	460	480	500	350	360	380	350	390
07/21/11	13:15	330	420	410	370	390	440	420	420	470	430	480	490	480	490	540	380	390	380	360	390
07/21/11	13:30	360	470	430	370	410	450	470	430	480	450	450	480	450	530	520	400	420	380	380	430
07/21/11	13:45	350	430	420	360	440	450	430	410	420	390	490	490	490	510	540	390	430	390	370	420
07/21/11	14:00	360	450	440	320	450	510	450	460	410	460	490	470	470	500	540	370	410	410	390	450

ความเร็วเฉลี่ย 441 fpm = 2.24 m/s

ตารางที่ ข-10 ข้อมูลตรวจวัดความชื้นอุณหภูมิของอากาศเย็นด้านออกอากาศเย็นด้านกลับและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-03

วันที่	เวลา	Return									
		A		B		C		D		E	
		อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น
		°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH
07/21/11	9:30	25.82	64.25	25.59	67.61	25.21	59.8	25.05	58.76	25.18	66.68
07/21/11	9:45	27.36	68.46	24.36	68.53	23.56	58.76	24.65	67.31	26.72	67.54
07/21/11	10:00	26.54	67.35	26.24	67.45	24.23	59.35	26.39	68.4	28.23	67.61
07/21/11	10:15	24.73	67.43	25.35	66.49	25.67	62.54	26.42	63.26	26.71	68.94
07/21/11	10:30	25.89	69.54	24.78	67.84	24.37	63.13	26.59	69.25	25.96	72.56

วันที่	เวลา	Return						Supply		อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม
		F		G		H				
		อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	
		°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C
07/21/11	9:30	25.09	68.01	25.02	68.00	25.05	62.35	11.64	69.31	30.4
07/21/11	9:45	26.32	69.31	26.45	69.26	26.34	67.56	11.42	68.54	30.1
07/21/11	10:00	26.15	68.65	26.78	67.35	27.12	69.42	11.39	68.73	30
07/21/11	10:15	25.87	71.72	26.31	68.92	26.80	68.39	11.46	67.59	30.1
07/21/11	10:30	26.34	69.75	27.01	69.81	26.71	69.25	11.42	69.44	30.5

Return	อุณหภูมิ	°C	25.87	Supply	อุณหภูมิ	°C	11.47	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	°C	30.22
	ความชื้น	% RH	66.91		ความชื้น	% RH	68.72			

ตารางที่ ข-11 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-03

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/21/11	9:36	388	1.16	3.39	3.36	1.59
07/21/11	9:37	387	1.24	3.46	3.41	1.63
07/21/11	9:38	386	1.27	3.52	3.49	1.67
07/21/11	9:39	386	1.27	3.55	3.47	1.67
07/21/11	9:40	386	1.28	3.57	3.52	1.69
07/21/11	9:41	387	1.28	3.54	3.49	1.68
07/21/11	9:42	387	1.27	3.58	3.49	1.68
07/21/11	9:43	386	1.27	3.57	3.49	1.68
07/21/11	9:44	386	1.28	3.56	3.51	1.69
07/21/11	9:45	387	1.29	3.54	3.51	1.69
07/21/11	9:46	387	1.28	3.55	3.48	1.68
07/21/11	9:47	387	1.28	3.57	3.51	1.69
07/21/11	9:48	387	1.28	3.54	3.48	1.68
07/21/11	9:49	387	1.28	3.56	3.49	1.68
07/21/11	9:50	387	1.27	3.55	3.49	1.68
07/21/11	9:51	387	1.28	3.56	3.55	1.70
07/21/11	9:52	387	1.28	3.56	3.50	1.69
07/21/11	9:53	387	1.26	3.51	3.44	1.66
07/21/11	9:54	388	1.17	3.46	3.42	1.62
07/21/11	9:55	387	1.17	3.43	3.41	1.61
07/21/11	9:56	387	1.17	3.42	3.40	1.60
07/21/11	9:57	388	1.17	3.41	3.40	1.60
07/21/11	9:58	389	1.16	3.41	3.39	1.60
07/21/11	9:59	389	1.16	3.39	3.35	1.59
07/21/11	10:00	389	1.14	3.41	3.42	1.61
07/21/11	10:01	389	1.14	3.38	3.35	1.58
07/21/11	10:02	389	1.14	3.39	3.38	1.59
07/21/11	10:03	389	1.14	3.39	3.38	1.59
07/21/11	10:04	388	1.14	3.36	3.39	1.59
07/21/11	10:05	389	1.14	3.36	3.36	1.58
07/21/11	10:06	389	1.14	3.38	3.39	1.59
07/21/11	10:07	389	1.13	3.35	3.36	1.58
07/21/11	10:08	389	1.14	3.39	3.38	1.59
07/21/11	10:09	389	1.14	3.39	3.39	1.59
07/21/11	10:10	389	1.13	3.36	3.36	1.58
07/21/11	10:11	389	1.14	3.39	3.38	1.59
07/21/11	10:12	389	1.14	3.38	3.38	1.59
07/21/11	10:13	389	1.14	3.36	3.35	1.58
07/21/11	10:14	387	1.27	3.42	3.43	1.64
07/21/11	10:15	387	1.26	3.52	3.47	1.67
07/21/11	10:16	387	1.27	3.54	3.46	1.67
07/21/11	10:17	387	1.26	3.55	3.50	1.68
07/21/11	10:18	387	1.26	3.54	3.49	1.68
07/21/11	10:19	387	1.26	3.56	3.52	1.69
07/21/11	10:20	387	1.26	3.52	3.51	1.68
07/21/11	10:21	387	1.28	3.52	3.49	1.68
07/21/11	10:22	387	1.25	3.57	3.50	1.69
07/21/11	10:23	387	1.27	3.54	3.52	1.69
07/21/11	10:24	388	1.26	3.55	3.51	1.68
07/21/11	10:25	387	1.26	3.57	3.50	1.69
07/21/11	10:26	387	1.28	3.56	3.52	1.69
07/21/11	10:27	387	1.26	3.54	3.54	1.69
07/21/11	10:28	387	1.28	3.58	3.52	1.70
07/21/11	10:29	387	1.27	3.54	3.50	1.68
07/21/11	10:30	387	1.27	3.54	3.51	1.68
07/21/11	10:31	387	1.24	3.48	3.46	1.65
07/21/11	10:32	388	1.17	3.43	3.41	1.61
07/21/11	10:33	388	1.17	3.40	3.39	1.60
07/21/11	10:34	388	1.17	3.41	3.41	1.61
07/21/11	10:35	388	1.16	3.41	3.41	1.60
07/21/11	10:36	388	1.17	3.41	3.39	1.60
07/21/11	10:37	388	1.17	3.41	3.40	1.60
07/21/11	10:38	388	1.16	3.44	3.36	1.60
07/21/11	10:39	388	1.17	3.38	3.42	1.60
07/21/11	10:40	388	1.16	3.40	3.39	1.59
07/21/11	10:41	388	1.17	3.39	3.40	1.59
07/21/11	10:42	388	1.16	3.43	3.40	1.60
07/21/11	10:43	388	1.14	3.39	3.39	1.59
07/21/11	10:44	388	1.16	3.39	3.40	1.59
07/21/11	10:45	388	1.14	3.41	3.40	1.59
07/21/11	10:46	389	1.16	3.36	3.39	1.59

ตารางที่ ข-11 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-03 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/21/11	10:47	389	1.14	3.39	3.39	1.59
07/21/11	10:48	389	1.16	3.40	3.39	1.60
07/21/11	10:49	388	1.22	3.38	3.38	1.61
07/21/11	10:50	388	1.26	3.51	3.46	1.67
07/21/11	10:51	388	1.26	3.50	3.46	1.67
07/21/11	10:52	389	1.27	3.51	3.47	1.67
07/21/11	10:53	389	1.26	3.51	3.50	1.68
07/21/11	10:54	388	1.28	3.50	3.50	1.68
07/21/11	10:55	389	1.27	3.51	3.48	1.68
07/21/11	10:56	389	1.27	3.52	3.50	1.68
07/21/11	10:57	389	1.27	3.55	3.50	1.69
07/21/11	10:58	389	1.27	3.54	3.50	1.69
07/21/11	10:59	389	1.26	3.52	3.48	1.68
07/21/11	11:00	389	1.26	3.56	3.51	1.69
07/21/11	11:01	389	1.27	3.52	3.52	1.69
07/21/11	11:02	388	1.26	3.49	3.49	1.67
07/21/11	11:03	388	1.26	3.56	3.48	1.68
07/21/11	11:04	388	1.26	3.52	3.50	1.68
07/21/11	11:05	389	1.27	3.52	3.51	1.69
07/21/11	11:06	389	1.27	3.51	3.49	1.68
07/21/11	11:07	389	1.22	3.52	3.49	1.67
07/21/11	11:08	390	1.16	3.41	3.40	1.60
07/21/11	11:09	390	1.16	3.36	3.42	1.61
07/21/11	11:10	390	1.16	3.41	3.42	1.61
07/21/11	11:11	390	1.16	3.41	3.41	1.61
07/21/11	11:12	390	1.14	3.40	3.39	1.60
07/21/11	11:13	390	1.16	3.38	3.40	1.60
07/21/11	11:14	390	1.14	3.38	3.42	1.60
07/21/11	11:15	390	1.14	3.41	3.39	1.60
07/21/11	11:16	390	1.14	3.41	3.40	1.60
07/21/11	11:17	390	1.14	3.36	3.39	1.59
07/21/11	11:18	390	1.13	3.39	3.39	1.59
07/21/11	11:19	390	1.14	3.39	3.39	1.60
07/21/11	11:20	390	1.13	3.39	3.36	1.59
07/21/11	11:21	390	1.13	3.39	3.38	1.59
07/21/11	11:22	390	1.13	3.35	3.39	1.58
07/21/11	11:23	390	1.13	3.40	3.34	1.59
07/21/11	11:24	390	1.14	3.36	3.35	1.58
07/21/11	11:25	389	1.21	3.46	3.40	1.63
07/21/11	11:26	389	1.25	3.49	3.43	1.66
07/21/11	11:27	388	1.26	3.54	3.48	1.68
07/21/11	11:28	388	1.27	3.54	3.46	1.67
07/21/11	11:29	389	1.27	3.52	3.49	1.68
07/21/11	11:30	388	1.26	3.56	3.49	1.69
07/21/11	11:31	388	1.28	3.57	3.48	1.69
07/21/11	11:32	389	1.28	3.55	3.48	1.69
07/21/11	11:33	388	1.28	3.55	3.48	1.69
07/21/11	11:34	388	1.26	3.52	3.49	1.68
07/21/11	11:35	388	1.26	3.57	3.48	1.68
07/21/11	11:36	389	1.26	3.52	3.49	1.68
07/21/11	11:37	388	1.28	3.52	3.47	1.68
07/21/11	11:38	388	1.26	3.55	3.48	1.68
07/21/11	11:39	388	1.26	3.52	3.47	1.67
07/21/11	11:40	388	1.27	3.54	3.48	1.68
07/21/11	11:41	388	1.27	3.52	3.46	1.67
07/21/11	11:42	387	1.28	3.56	3.49	1.69
07/21/11	11:43	387	1.26	3.50	3.44	1.66
07/21/11	11:44	387	1.18	3.44	3.46	1.62
07/21/11	11:45	387	1.18	3.46	3.41	1.61
07/21/11	11:46	387	1.18	3.43	3.42	1.61
07/21/11	11:47	387	1.17	3.44	3.42	1.61
07/21/11	11:48	387	1.17	3.43	3.41	1.60
07/21/11	11:49	387	1.17	3.44	3.41	1.61
07/21/11	11:50	387	1.17	3.42	3.43	1.61
07/21/11	11:51	387	1.16	3.41	3.42	1.60
07/21/11	11:52	387	1.16	3.44	3.39	1.60
07/21/11	11:53	387	1.16	3.41	3.40	1.60
07/21/11	11:54	387	1.17	3.42	3.38	1.60
07/21/11	11:55	387	1.14	3.40	3.40	1.59
07/21/11	11:56	387	1.13	3.41	3.36	1.58

ตารางที่ ข-11 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-03 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/21/11	11:57	387	1.16	3.39	3.40	1.59
07/21/11	11:58	387	1.14	3.39	3.38	1.58
07/21/11	11:59	387	1.14	3.39	3.40	1.59
07/21/11	12:00	387	1.13	3.40	3.39	1.58
07/21/11	12:01	387	1.14	3.36	3.39	1.58
07/21/11	12:02	386	1.26	3.43	3.39	1.62
07/21/11	12:03	386	1.26	3.52	3.50	1.67
07/21/11	12:04	386	1.26	3.55	3.47	1.67
07/21/11	12:05	386	1.27	3.56	3.48	1.67
07/21/11	12:06	386	1.27	3.54	3.48	1.67
07/21/11	12:07	386	1.26	3.54	3.47	1.67
07/21/11	12:08	386	1.27	3.55	3.49	1.67
07/21/11	12:09	386	1.27	3.54	3.49	1.67
07/21/11	12:10	386	1.27	3.56	3.49	1.68
07/21/11	12:11	386	1.25	3.54	3.48	1.67
07/21/11	12:12	386	1.26	3.55	3.46	1.66
07/21/11	12:13	386	1.26	3.56	3.50	1.68
07/21/11	12:14	386	1.26	3.50	3.49	1.66
07/21/11	12:15	386	1.26	3.52	3.47	1.66
07/21/11	12:16	386	1.26	3.54	3.46	1.66
07/21/11	12:17	386	1.26	3.52	3.48	1.67
07/21/11	12:18	386	1.28	3.63	3.52	1.70
07/21/11	12:19	386	1.22	3.50	3.44	1.64
07/21/11	12:20	387	1.16	3.47	3.46	1.62
07/21/11	12:21	387	1.16	3.42	3.42	1.60
07/21/11	12:22	387	1.16	3.43	3.43	1.61
07/21/11	12:23	387	1.13	3.43	3.38	1.59
07/21/11	12:24	387	1.16	3.40	3.36	1.59
07/21/11	12:25	387	1.17	3.41	3.40	1.60
07/21/11	12:26	387	1.17	3.46	3.41	1.61
07/21/11	12:27	387	1.17	3.43	3.40	1.60
07/21/11	12:28	387	1.18	3.42	3.36	1.59
07/21/11	12:29	387	1.17	3.43	3.40	1.60
07/21/11	12:30	387	1.16	3.43	3.39	1.59
07/21/11	12:31	387	1.18	3.43	3.40	1.60
07/21/11	12:32	387	1.16	3.42	3.36	1.59
07/21/11	12:33	387	1.16	3.40	3.39	1.59
07/21/11	12:34	387	1.14	3.42	3.36	1.59
07/21/11	12:35	387	1.14	3.42	3.36	1.59
เฉลี่ย		**387.82**	**1.21**	**3.47**	**3.44**	**1.64**

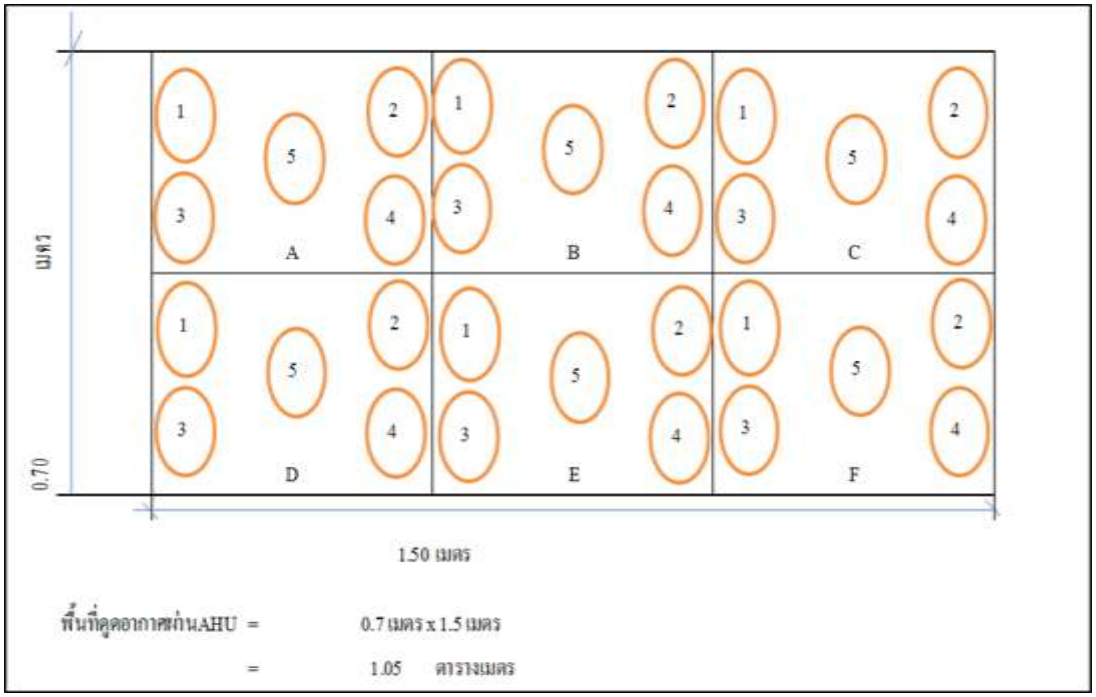
ตารางที่ ข-12 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-03

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/20/11	14:29	385	59.83	60.48	61.52	33.80
07/20/11	14:30	384	59.50	60.26	61.54	33.67
07/20/11	14:31	384	58.54	59.16	60.47	32.97
07/20/11	14:32	384	58.60	59.22	60.56	33.04
07/20/11	14:33	384	57.26	57.88	59.15	32.11
07/20/11	14:34	384	57.04	57.83	58.98	31.98
07/20/11	14:35	384	55.80	56.55	57.66	31.12
07/20/11	14:36	384	55.98	56.75	57.79	31.24
07/20/11	14:37	385	55.16	55.98	56.95	30.68
07/20/11	14:38	385	55.35	56.14	57.11	30.82
07/20/11	14:39	384	55.72	56.46	57.54	31.06
07/20/11	14:40	383	54.40	55.21	56.13	30.15
07/20/11	14:41	383	55.08	55.87	56.88	30.63
07/20/11	14:42	381	55.18	55.88	56.93	30.63
07/20/11	14:43	384	54.49	55.20	56.19	30.20
07/20/11	14:44	384	51.07	51.81	52.59	27.68
07/20/11	14:52	383	57.69	58.50	59.48	32.40
07/20/11	14:53	383	56.63	57.35	58.36	31.64
07/20/11	14:54	383	55.58	56.30	57.34	30.95
07/20/11	14:55	383	55.64	56.35	57.33	30.98

ตารางที่ ข-12 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-03 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/20/11	14:56	383	54.95	55.64	56.69	30.55
07/20/11	14:57	383	55.28	55.93	57.01	30.76
07/20/11	14:58	383	54.88	55.58	56.59	30.52
07/20/11	14:59	383	54.90	55.55	56.58	30.51
07/20/11	15:00	383	54.71	55.40	56.38	30.40
07/20/11	15:01	383	47.36	48.02	48.93	25.04
07/20/11	15:10	385	37.56	38.03	38.93	21.16
07/20/11	15:11	385	59.20	59.83	61.04	33.45
07/20/11	15:12	386	57.33	57.98	59.13	32.19
07/20/11	15:13	386	56.90	57.54	58.64	31.92
07/20/11	15:14	386	56.53	57.12	58.27	31.67
07/20/11	15:15	387	56.29	56.88	57.99	31.50
07/20/11	15:16	387	56.23	56.82	57.96	31.48
07/20/11	15:17	387	56.05	56.68	57.80	31.35
07/20/11	15:18	386	55.90	56.52	57.64	31.23
07/20/11	15:19	387	46.78	47.67	48.27	24.55
07/20/11	15:27	389	40.91	49.49	49.23	24.88
07/20/11	15:28	389	59.52	60.15	61.51	33.79
07/20/11	15:29	390	57.15	57.85	59.08	32.18
07/20/11	15:30	390	57.18	57.80	59.05	32.19
07/20/11	15:31	390	56.67	57.19	58.44	31.80
07/20/11	15:32	390	56.28	56.92	58.11	31.58
07/20/11	15:33	390	56.39	56.99	58.27	31.68
07/20/11	15:34	390	56.32	56.85	58.06	31.57
07/20/11	15:35	390	54.63	55.18	55.71	30.19
07/20/11	15:36	390	42.90	43.70	44.59	21.52
07/20/11	15:44	390	47.50	48.11	48.82	26.93
07/20/11	15:45	389	58.67	59.54	60.50	33.18
07/20/11	15:46	389	56.58	57.49	58.37	31.78
07/20/11	15:47	390	56.30	57.00	57.80	31.51
07/20/11	15:48	389	55.65	56.32	57.24	31.07
07/20/11	15:49	389	55.45	56.13	57.03	30.91
07/20/11	15:50	389	55.43	56.06	56.92	30.88
07/20/11	15:51	390	55.27	56.05	56.82	30.84
07/20/11	15:52	389	46.65	47.42	47.81	24.22
เฉลี่ย		**386.12**	**54.74**	**55.57**	**56.58**	**30.52**

4.ข้อมูลตรวจวัดการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศ AC-CB-04



รูปที่ ข-4 จุดตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่านหน่วยเครื่องส่งลมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเย็นด้านกลับของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-04

ตารางที่ ข-13 ข้อมูลตรวจวัดความเร็วลมผ่านAHUของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-04

วันที่	เวลา	A					B					C					D				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7/11/2011	15:00	180	200	250	270	300	180	180	300	270	310	160	130	180	230	290	250	270	260	220	330
7/11/2011	15:15	200	200	270	260	290	200	200	300	270	310	170	240	130	200	300	290	210	200	290	300
7/11/2011	15:30	190	180	260	240	290	180	180	280	260	290	160	180	180	240	270	230	250	250	200	280
7/11/2011	15:45	170	180	230	250	280	180	180	250	280	290	160	200	170	250	260	240	240	200	250	290
7/11/2011	16:00	220	210	280	300	290	200	210	270	290	300	190	210	190	270	290	270	280	270	280	340

วันที่	เวลา	E					F				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7/11/2011	15:00	290	270	270	260	280	280	230	220	280	300
7/11/2011	15:15	290	280	270	280	290	250	260	260	220	320
7/11/2011	15:30	260	260	260	250	260	280	290	280	260	250
7/11/2011	15:45	280	260	250	250	260	270	290	260	280	260
7/11/2011	16:00	320	300	290	270	290	300	310	290	280	250

ความเร็วเฉลี่ย 250 fpm = 1.27 m/s

ตารางที่ ข-14 ข้อมูลตรวจวัดความชื้นอุณหภูมิของอากาศเย็นด้านออกอากาศเย็นด้านกลับและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-04

วันที่	เวลา	Return									
		A		B		C		D		E	
		อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น
		°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH
7/11/2011	15:00	26.77	69.52	27.56	69.06	28.13	68.79	26.87	68.85	26.91	68.93
7/11/2011	15:15	27.21	69.71	27.51	67.84	27.68	67.24	27.01	68.7	27.05	68.7
7/11/2011	15:30	27.45	67.06	27.71	67.06	28.21	67.65	26.56	64.5	26.9	64.65
7/11/2011	15:45	26.15	66.5	26.82	67.06	27.42	67.01	26.18	66.79	26.21	66.08
7/11/2011	16:00	26.3	59.53	26.8	69.14	27.1	68.48	26.95	67.48	26.3	64.85

วันที่	เวลา	Return		Supply		อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม
		F				
		อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	
		°C	% RH	°C	% RH	°C
7/11/2011	15:00	26.94	68.67	7.82	81.64	29.60
7/11/2011	15:15	27.12	68.36	7.48	81.90	29.70
7/11/2011	15:30	27.1	63.7	6.99	82.09	31.30
7/11/2011	15:45	26.2	65.98	6.63	82.49	30.60
7/11/2011	16:00	27.5	67.9	6.45	82.77	31.10

Return	อุณหภูมิ	°C	27.02	Supply	อุณหภูมิ	°C	7.07	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม	°C	30.46
	ความชื้น	% RH	67.19		ความชื้น	% RH	82.18			

ตารางที่ ข-15 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-04

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
7/11/2011	14:08	387	2.26	2.33	2.33	0.81
7/11/2011	14:09	387	2.25	2.32	2.32	0.79
7/11/2011	14:10	388	2.28	2.33	2.36	0.83
7/11/2011	14:11	390	2.30	2.41	2.41	0.87
7/11/2011	14:12	390	2.28	2.28	2.33	0.75
7/11/2011	14:13	389	2.32	2.35	2.29	0.79
7/11/2011	14:14	389	2.29	2.33	2.30	0.77
7/11/2011	14:15	388	2.33	2.33	2.33	0.81
7/11/2011	14:16	388	2.28	2.29	2.27	0.74
7/11/2011	14:17	391	2.25	2.32	2.35	0.78
7/11/2011	14:18	391	2.34	2.35	2.37	0.83
7/11/2011	14:19	390	2.32	2.34	2.36	0.82
7/11/2011	14:20	390	2.28	2.34	2.38	0.83
7/11/2011	14:21	389	2.28	2.34	2.35	0.80
7/11/2011	14:22	389	2.30	2.33	2.36	0.82
7/11/2011	14:23	390	2.30	2.35	2.35	0.82
7/11/2011	14:24	391	2.33	2.37	2.37	0.83
7/11/2011	14:25	392	2.29	2.36	2.38	0.82
7/11/2011	14:26	392	2.32	2.34	2.37	0.82
7/11/2011	14:27	392	2.34	2.34	2.35	0.79
7/11/2011	14:28	393	2.35	2.30	2.29	0.73
7/11/2011	14:29	394	2.30	2.37	2.36	0.80
7/11/2011	14:30	394	2.32	2.38	2.35	0.81
7/11/2011	14:31	392	2.30	2.35	2.37	0.81
7/11/2011	14:32	392	2.28	2.32	2.30	0.74
7/11/2011	14:33	392	2.30	2.35	2.36	0.79
7/11/2011	14:34	394	2.36	2.32	2.32	0.75
7/11/2011	14:35	394	2.29	2.32	2.35	0.74
7/11/2011	14:36	393	2.27	2.41	2.40	0.81
7/11/2011	14:37	393	2.32	2.35	2.38	0.80
7/11/2011	14:38	392	2.29	2.37	2.40	0.81
7/11/2011	14:39	394	2.34	2.36	2.40	0.82
7/11/2011	14:40	394	2.35	2.38	2.36	0.83
7/11/2011	14:41	394	2.36	2.43	2.45	0.89
7/11/2011	14:42	393	2.30	2.38	2.40	0.82
7/11/2011	14:43	393	2.35	2.34	2.36	0.80
7/11/2011	14:44	392	2.28	2.29	2.32	0.73
7/11/2011	14:45	391	2.28	2.32	2.37	0.79
7/11/2011	14:46	391	2.27	2.30	2.37	0.79
7/11/2011	14:47	391	2.28	2.32	2.36	0.78
7/11/2011	14:48	391	2.43	2.34	2.34	0.80
7/11/2011	14:49	391	2.43	2.38	2.36	0.86
7/11/2011	14:50	391	2.42	2.34	2.44	0.87
7/11/2011	14:51	391	2.38	2.37	2.41	0.87
7/11/2011	14:52	391	2.43	2.32	2.43	0.87
7/11/2011	14:53	391	2.41	2.35	2.40	0.86
7/11/2011	14:54	391	2.43	2.29	2.42	0.85
7/11/2011	14:55	391	2.40	2.35	2.42	0.88
7/11/2011	14:56	391	2.44	2.30	2.43	0.86
7/11/2011	14:57	391	2.41	2.33	2.43	0.88
7/11/2011	14:58	392	2.43	2.35	2.40	0.87
7/11/2011	14:59	392	2.44	2.36	2.40	0.88
7/11/2011	15:00	392	2.43	2.36	2.40	0.87
7/11/2011	15:01	392	2.44	2.34	2.43	0.87
7/11/2011	15:02	392	2.41	2.30	2.40	0.85
7/11/2011	15:03	391	2.44	2.34	2.38	0.87
7/11/2011	15:04	391	2.43	2.34	2.38	0.87
7/11/2011	15:05	391	2.41	2.33	2.41	0.87
7/11/2011	15:06	391	2.44	2.33	2.41	0.88
7/11/2011	15:07	392	2.43	2.30	2.41	0.86
7/11/2011	15:08	391	2.45	2.33	2.43	0.89
7/11/2011	15:09	391	2.43	2.29	2.40	0.87
7/11/2011	15:10	391	2.46	2.32	2.40	0.85
7/11/2011	15:11	391	2.43	2.32	2.41	0.87
7/11/2011	15:12	392	2.45	2.33	2.34	0.82
7/11/2011	15:13	391	2.45	2.34	2.38	0.86
7/11/2011	15:14	391	2.44	2.33	2.44	0.86
7/11/2011	15:15	392	2.27	2.33	2.41	0.83
7/11/2011	15:16	394	2.32	2.36	2.41	0.83
7/11/2011	15:17	394	2.36	2.36	2.42	0.85

ตารางที่ ข-15 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-04 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
7/11/2011	15:18	394	2.34	2.36	2.42	0.83
7/11/2011	15:19	394	2.35	2.35	2.41	0.85
7/11/2011	15:20	394	2.37	2.34	2.34	0.79
7/11/2011	15:21	394	2.30	2.32	2.41	0.81
7/11/2011	15:22	394	2.36	2.34	2.43	0.84
7/11/2011	15:23	394	2.28	2.29	2.41	0.81
7/11/2011	15:24	394	2.38	2.34	2.36	0.80
7/11/2011	15:25	394	2.29	2.35	2.38	0.79
7/11/2011	15:26	394	2.34	2.36	2.42	0.84
7/11/2011	15:27	393	2.37	2.27	2.34	0.75
7/11/2011	15:28	394	2.36	2.35	2.38	0.83
7/11/2011	15:29	394	2.32	2.32	2.40	0.79
7/11/2011	15:30	394	2.37	2.29	2.37	0.80
7/11/2011	15:31	394	2.36	2.33	2.41	0.82
7/11/2011	15:32	394	2.30	2.26	2.35	0.74
7/11/2011	15:33	394	2.35	2.32	2.42	0.82
7/11/2011	15:34	394	2.30	2.29	2.40	0.78
7/11/2011	15:35	394	2.36	2.30	2.34	0.76
7/11/2011	15:36	394	2.35	2.34	2.38	0.81
7/11/2011	15:37	394	2.36	2.32	2.35	0.77
7/11/2011	15:38	394	2.36	2.33	2.38	0.82
7/11/2011	15:39	394	2.32	2.28	2.40	0.77
7/11/2011	15:40	394	2.34	2.34	2.40	0.81
7/11/2011	15:41	394	2.38	2.34	2.33	0.77
7/11/2011	15:42	394	2.36	2.32	2.38	0.81
7/11/2011	15:43	394	2.32	2.29	2.41	0.79
7/11/2011	15:44	394	2.35	2.34	2.34	0.78
7/11/2011	15:45	394	2.38	2.33	2.38	0.82
7/11/2011	15:46	394	2.26	2.32	2.41	0.79
7/11/2011	15:47	394	2.36	2.35	2.40	0.81
7/11/2011	15:48	394	2.32	2.34	2.42	0.84
7/11/2011	15:49	394	2.36	2.35	2.37	0.83
7/11/2011	15:50	394	2.36	2.32	2.41	0.81
7/11/2011	15:51	394	2.32	2.28	2.37	0.75
7/11/2011	15:52	394	2.36	2.34	2.37	0.83
7/11/2011	15:53	394	2.33	2.35	2.43	0.84
7/11/2011	15:54	392	2.37	2.36	2.41	0.86
7/11/2011	15:55	392	2.32	2.29	2.29	0.73
7/11/2011	15:56	392	2.35	2.34	2.40	0.84
7/11/2011	15:57	393	2.28	2.26	2.33	0.74
7/11/2011	15:58	393	2.34	2.35	2.38	0.83
7/11/2011	15:59	393	2.34	2.33	2.36	0.81
7/11/2011	16:00	393	2.33	2.35	2.35	0.80
7/11/2011	16:01	392	2.35	2.33	2.36	0.82
7/11/2011	16:02	392	2.35	2.34	2.36	0.81
7/11/2011	16:03	393	2.32	2.29	2.33	0.74
7/11/2011	16:04	392	2.49	2.35	2.40	0.87
7/11/2011	16:05	391	2.45	2.33	2.42	0.87
7/11/2011	16:06	391	2.52	2.37	2.48	0.93
7/11/2011	16:07	391	2.45	2.32	2.37	0.85
7/11/2011	16:08	392	2.48	2.33	2.42	0.88
7/11/2011	16:09	391	2.45	2.33	2.41	0.86
7/11/2011	16:10	392	2.41	2.32	2.42	0.84
7/11/2011	16:11	392	2.54	2.40	2.43	0.93
7/11/2011	16:12	392	2.48	2.34	2.42	0.88
7/11/2011	16:13	392	2.46	2.33	2.42	0.88
7/11/2011	16:14	392	2.49	2.36	2.38	0.87
7/11/2011	16:15	392	2.49	2.35	2.40	0.86
7/11/2011	16:16	392	2.49	2.32	2.38	0.86
7/11/2011	16:17	392	2.40	2.29	2.44	0.84
7/11/2011	16:18	392	2.43	2.34	2.37	0.86
7/11/2011	16:19	392	2.48	2.32	2.41	0.88
7/11/2011	16:20	392	2.42	2.32	2.43	0.85
7/11/2011	16:21	392	2.49	2.26	2.36	0.80
7/11/2011	16:22	392	2.46	2.27	2.41	0.82
7/11/2011	16:23	393	2.49	2.38	2.41	0.88
7/11/2011	16:24	394	2.51	2.36	2.44	0.88
7/11/2011	16:25	393	2.51	2.33	2.42	0.89
7/11/2011	16:26	394	2.52	2.33	2.42	0.87
7/11/2011	16:27	394	2.51	2.38	2.42	0.88

ตารางที่ ข-15 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-04 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
7/11/2011	16:28	395	2.38	2.34	2.35	0.81
7/11/2011	16:29	395	2.37	2.35	2.43	0.84
7/11/2011	16:30	395	2.41	2.35	2.41	0.83
7/11/2011	16:31	395	2.32	2.33	2.42	0.81
7/11/2011	16:32	395	2.38	2.35	2.35	0.79
7/11/2011	16:33	395	2.37	2.36	2.40	0.84
7/11/2011	16:34	395	2.37	2.36	2.41	0.84
7/11/2011	16:35	395	2.34	2.33	2.35	0.79
7/11/2011	16:36	395	2.38	2.35	2.35	0.80
7/11/2011	16:37	395	2.36	2.38	2.42	0.84
7/11/2011	16:38	395	2.32	2.29	2.36	0.77
7/11/2011	16:39	395	2.40	2.38	2.37	0.83
7/11/2011	16:40	395	2.35	2.35	2.41	0.82
7/11/2011	16:41	395	2.32	2.34	2.40	0.81
7/11/2011	16:42	395	2.37	2.30	2.35	0.75
7/11/2011	16:43	395	2.36	2.35	2.41	0.83
7/11/2011	16:44	395	2.36	2.35	2.40	0.82
7/11/2011	16:45	395	2.32	2.30	2.38	0.75
7/11/2011	16:46	395	2.35	2.30	2.30	0.75
7/11/2011	16:47	395	2.37	2.34	2.34	0.79
7/11/2011	16:48	395	2.37	2.35	2.42	0.82
7/11/2011	16:49	395	2.37	2.34	2.38	0.81
7/11/2011	16:50	395	2.34	2.28	2.37	0.76
7/11/2011	16:51	395	2.36	2.29	2.34	0.74
7/11/2011	16:52	395	2.37	2.34	2.34	0.77
7/11/2011	16:53	395	2.37	2.34	2.37	0.82
7/11/2011	16:54	395	2.37	2.35	2.40	0.84
7/11/2011	16:55	395	2.35	2.34	2.41	0.81
7/11/2011	16:56	395	2.40	2.35	2.40	0.82
7/11/2011	16:57	395	2.33	2.33	2.40	0.80
7/11/2011	16:58	395	2.30	2.30	2.41	0.79
7/11/2011	16:59	395	2.33	2.33	2.38	0.80
7/11/2011	17:00	395	2.30	2.30	2.41	0.79
7/11/2011	17:01	395	2.32	2.33	2.37	0.80
7/11/2011	17:02	393	2.35	2.33	2.36	0.80
7/11/2011	17:03	394	2.35	2.30	2.36	0.80
7/11/2011	17:04	394	2.35	2.32	2.38	0.82
7/11/2011	17:05	392	2.49	2.30	2.41	0.86
7/11/2011	17:06	392	2.43	2.30	2.41	0.84
7/11/2011	17:07	392	2.49	2.35	2.36	0.85
เฉลี่ย		**392.78**	**2.37**	**2.33**	**2.38**	**0.82**

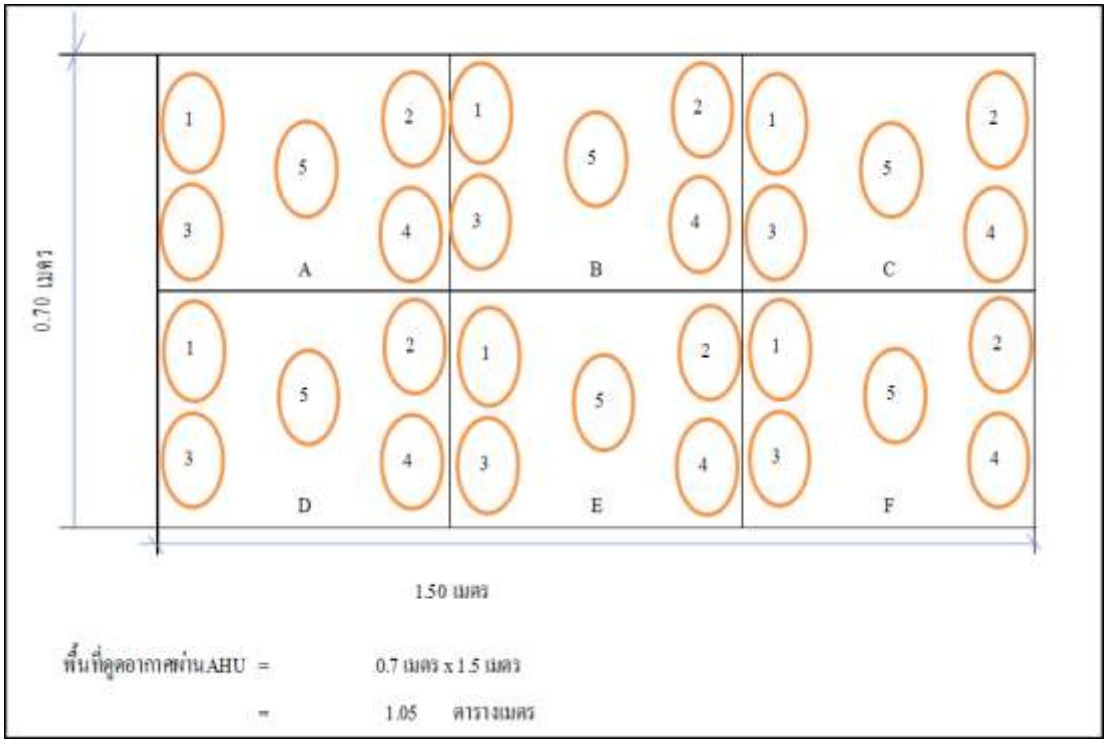
ตารางที่ ข-16 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-04

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
7/11/2011	14:50	391	46.87	46.21	47.98	25.09
7/11/2011	14:51	391	46.77	46.55	47.84	25.08
7/11/2011	14:52	391	45.13	44.43	46.52	23.88
7/11/2011	14:53	391	44.74	44.10	46.14	23.63
7/11/2011	14:54	391	45.41	44.53	46.88	24.08
7/11/2011	14:55	391	45.34	44.89	47.09	24.18
7/11/2011	14:56	391	45.27	44.39	46.47	23.95
7/11/2011	14:57	391	45.25	44.63	46.68	24.04
7/11/2011	14:58	391	44.69	43.89	46.33	23.62
7/11/2011	14:59	391	44.66	43.79	46.09	23.54
7/11/2011	15:00	392	44.95	44.19	46.03	23.67
7/11/2011	15:01	392	44.52	43.75	45.90	23.45
7/11/2011	15:02	392	44.71	43.89	46.35	23.66
7/11/2011	15:03	392	44.69	43.88	45.68	23.45
7/11/2011	15:04	392	44.36	43.08	45.65	23.14
7/11/2011	15:05	392	43.89	42.93	45.79	23.02
7/11/2011	15:06	391	44.04	43.00	45.48	23.02

ตารางที่ ข-16 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-04 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
7/11/2011	15:07	391	44.36	42.96	45.40	23.09
7/11/2011	15:08	391	44.40	43.43	45.63	23.27
7/11/2011	15:09	391	44.40	43.07	45.35	23.15
7/11/2011	15:10	391	44.11	42.95	45.33	23.03
7/11/2011	15:11	391	43.87	43.02	45.78	23.00
7/11/2011	15:12	391	44.31	43.00	45.68	23.16
7/11/2011	15:13	391	44.05	42.90	45.27	23.00
7/11/2011	15:14	392	43.94	43.27	45.62	23.11
7/11/2011	15:15	391	43.97	42.70	44.87	22.80
7/11/2011	15:16	391	44.12	42.78	45.08	22.89
7/11/2011	16:06	391	46.13	45.39	47.61	24.60
7/11/2011	16:07	391	45.69	45.10	47.42	24.36
7/11/2011	16:08	392	45.32	44.36	46.53	23.86
7/11/2011	16:09	391	45.58	44.73	45.92	23.93
7/11/2011	16:10	392	44.27	43.18	45.86	23.13
7/11/2011	16:11	392	43.95	43.82	46.50	23.41
7/11/2011	16:12	392	44.98	42.82	45.49	23.07
7/11/2011	16:13	392	44.44	42.77	45.23	22.91
7/11/2011	16:14	392	44.32	43.32	45.86	23.21
7/11/2011	16:15	392	44.21	43.08	45.41	22.97
7/11/2011	16:16	392	44.19	43.04	45.37	22.97
7/11/2011	16:17	392	44.03	42.49	45.46	22.77
7/11/2011	16:18	392	44.07	42.40	45.40	22.68
7/11/2011	16:19	392	44.29	42.94	45.13	22.88
7/11/2011	16:20	392	44.46	43.23	45.31	23.08
7/11/2011	16:21	392	44.30	42.76	45.57	22.89
7/11/2011	16:22	392	44.38	42.86	45.06	22.87
7/11/2011	16:23	392	44.10	42.68	44.93	22.71
7/11/2011	16:24	392	43.92	42.99	45.23	22.84
7/11/2011	16:25	392	43.80	42.23	44.91	22.47
7/11/2011	16:26	394	44.11	42.81	45.15	22.78
7/11/2011	16:27	394	44.10	42.69	45.01	22.71
7/11/2011	16:28	394	43.99	42.66	45.01	22.69
7/11/2011	16:29	394	44.22	42.96	45.39	22.95
7/11/2011	17:07	392	46.72	45.09	47.38	24.56
7/11/2011	17:08	392	45.47	44.61	47.40	24.19
7/11/2011	17:09	392	45.65	44.87	46.38	24.08
7/11/2011	17:10	392	45.05	44.15	46.29	23.70
7/11/2011	17:11	392	45.09	44.18	46.34	23.71
7/11/2011	17:12	392	44.90	43.65	45.97	23.43
7/11/2011	17:13	392	44.82	43.64	45.77	23.38
7/11/2011	17:14	392	44.55	43.47	45.90	23.31
7/11/2011	17:15	392	44.32	43.48	45.82	23.22
7/11/2011	17:16	392	44.53	43.50	45.63	23.24
7/11/2011	17:17	392	44.34	43.43	45.98	23.21
7/11/2011	17:18	392	44.37	43.20	45.41	23.08
7/11/2011	17:19	392	44.29	43.60	45.80	23.20
7/11/2011	17:20	392	44.31	43.21	45.37	23.05
7/11/2011	17:21	392	44.32	43.32	45.31	23.04
7/11/2011	17:22	392	44.19	43.10	45.25	22.96
7/11/2011	17:23	392	44.06	43.01	45.19	22.90
7/11/2011	17:24	389	43.72	42.71	45.21	22.78
7/11/2011	17:25	388	44.00	42.89	44.81	22.85
7/11/2011	17:26	388	43.87	42.66	44.91	22.76
7/11/2011	17:27	388	44.23	43.24	45.10	23.05
7/11/2011	17:28	388	43.83	42.63	44.99	22.76
7/11/2011	17:29	387	43.87	43.17	45.00	22.89
7/11/2011	17:30	387	44.14	42.47	44.84	22.83
7/11/2011	17:31	387	43.47	42.40	44.90	22.58
7/11/2011	17:32	387	43.69	42.38	44.38	22.53
7/11/2011	17:33	387	43.37	42.37	44.74	22.53
เฉลี่ย		**391.38**	**44.52**	**43.46**	**45.74**	**23.28**

5. ข้อมูลตรวจวัดการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศ AC-CB-05



รูปที่ ข-5 จุดตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่านหน่วยเครื่องส่งลมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเย็นด้านกลับของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-05

ตารางที่ ข-17 ข้อมูลตรวจวัดความเร็วลมผ่านAHUของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-05

วันที่	เวลา	A					B					C					D				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7/11/2011	15:00	190	160	280	230	270	260	250	290	310	330	160	210	290	290	360	300	370	360	350	380
7/11/2011	15:15	180	160	290	270	270	270	260	320	320	340	230	280	330	270	340	370	380	380	370	390
7/11/2011	15:30	160	270	290	300	270	310	320	300	340	330	250	300	320	300	310	390	380	370	370	390
7/11/2011	15:45	170	280	290	290	280	320	330	290	310	330	320	320	330	320	330	370	370	360	390	370
7/11/2011	16:00	180	270	290	300	290	290	300	280	310	330	340	320	330	290	350	380	370	370	370	370

วันที่	เวลา	E					F				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7/11/2011	15:00	270	290	240	330	240	290	290	330	290	320
7/11/2011	15:15	260	310	240	320	300	300	310	330	290	330
7/11/2011	15:30	270	330	250	320	290	290	310	320	300	330
7/11/2011	15:45	310	340	280	320	270	310	280	320	320	310
7/11/2011	16:00	300	320	260	310	310	310	250	330	340	310

ความเร็วเฉลี่ย 304 fpm = 1.54 m/s

ตารางที่ ข-18 ข้อมูลตรวจวัดความชื้นอุณหภูมิของอากาศเย็นด้านออกอากาศเย็นด้านกลับและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-05

วันที่	เวลา	Return									
		A		B		C		D		E	
		ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ
		% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C
7/11/2011	15:00	61.81	22.51	62.28	23.45	61.39	23.85	62.54	24.15	68.73	23.02
7/11/2011	15:15	62.29	22.82	61.47	23.73	64.58	24.09	61.36	23.96	67.51	23.05
7/11/2011	15:30	61.84	22.93	61.45	23.53	61.76	24.45	65.6	23.65	68.06	23.15
7/11/2011	15:45	63.28	23.14	64.86	23.61	61.73	24.45	65.89	23.96	67.25	22.85
7/11/2011	16:00	59.6	24.4	61.79	24.48	63.93	24.64	67.15	22.72	68.83	22.92

วันที่	เวลา	Return		Supply		อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม
		F				
		ความชื้น	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ	ความชื้น	
		% RH	°C	°C	% RH	°C
7/11/2011	15:00	62.71	23.02	7.82	81.64	29.60
7/11/2011	15:15	65.33	23.16	7.48	81.90	29.70
7/11/2011	15:30	64.31	23.04	6.99	82.09	31.30
7/11/2011	15:45	65.15	22.94	6.63	82.49	30.60
7/11/2011	16:00	66.72	22.95	6.45	82.77	31.10

Return	อุณหภูมิ	% RH	64.04	Supply	อุณหภูมิ	°C	7.07	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	°C	30.46
	ความชื้น	°C	23.49		ความชื้น	% RH	82.18			

ตารางที่ ข-19 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-05

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/14/11	10:24	391	2.45	2.46	2.48	0.97
07/14/11	10:25	391	2.49	2.50	2.44	0.99
07/14/11	10:26	390	2.46	2.49	2.46	0.98
07/14/11	10:27	391	2.45	2.48	2.43	0.97
07/14/11	10:28	391	2.43	2.44	2.41	0.94
07/14/11	10:29	391	2.51	2.51	2.50	1.01
07/14/11	10:30	391	2.41	2.52	2.54	1.05
07/14/11	10:31	391	2.38	2.42	2.48	0.96
07/14/11	10:32	391	2.45	2.49	2.45	0.97
07/14/11	10:33	391	2.42	2.57	2.56	1.07
07/14/11	10:34	391	2.34	2.33	2.40	0.87
07/14/11	10:35	391	2.43	2.43	2.41	0.94
07/14/11	10:36	390	2.49	2.52	2.49	1.04
07/14/11	10:37	391	2.33	2.40	2.46	0.94
07/14/11	10:38	391	2.42	2.44	2.40	0.93
07/14/11	10:39	390	2.36	2.50	2.53	1.04
07/14/11	10:40	391	2.49	2.51	2.48	1.05
07/14/11	10:41	390	2.49	2.48	2.44	0.99
07/14/11	10:42	391	2.40	2.38	2.34	0.88
07/14/11	10:43	391	2.50	2.54	2.52	1.07
07/14/11	10:44	391	2.37	2.32	2.34	0.85
07/14/11	10:45	390	2.37	2.53	2.56	1.06
07/14/11	10:46	391	2.46	2.52	2.49	1.05
07/14/11	10:47	391	2.43	2.43	2.37	0.93
07/14/11	10:48	390	2.33	2.35	2.33	0.85
07/14/11	10:49	390	2.45	2.56	2.50	1.07
07/14/11	10:50	391	2.42	2.35	2.33	0.88
07/14/11	10:51	391	2.32	2.44	2.51	0.98
07/14/11	10:52	391	2.38	2.42	2.37	0.91
07/14/11	10:53	391	2.33	2.49	2.52	1.00
07/14/11	10:54	391	2.43	2.48	2.46	0.99
07/14/11	10:55	390	2.36	2.37	2.34	0.87
07/14/11	10:56	390	2.33	2.34	2.41	0.89
07/14/11	10:57	391	2.46	2.51	2.49	1.04
07/14/11	10:58	390	2.38	2.37	2.32	0.86
07/14/11	10:59	390	2.38	2.37	2.33	0.88
07/14/11	11:00	391	2.32	2.35	2.41	0.89
07/14/11	11:01	391	2.45	2.49	2.46	1.01
07/14/11	11:02	391	2.40	2.38	2.34	0.90
07/14/11	11:03	391	2.29	2.38	2.45	0.92
07/14/11	11:04	390	2.40	2.50	2.46	1.02
07/14/11	11:05	391	2.32	2.45	2.50	0.99
07/14/11	11:06	390	2.44	2.48	2.44	1.00
07/14/11	11:07	390	2.43	2.43	2.37	0.95
07/14/11	11:08	390	2.42	2.42	2.36	0.93
07/14/11	11:09	391	2.27	2.37	2.44	0.89
07/14/11	11:10	391	2.46	2.46	2.45	1.02
07/14/11	11:11	391	2.38	2.40	2.34	0.89
07/14/11	11:12	391	2.29	2.32	2.35	0.86
07/14/11	11:13	391	2.33	2.46	2.50	1.00
07/14/11	11:14	391	2.48	2.51	2.46	1.05
07/14/11	11:15	391	2.43	2.49	2.44	1.00
07/14/11	11:16	391	2.43	2.42	2.33	0.93
07/14/11	11:17	391	2.29	2.42	2.49	0.96
07/14/11	11:18	390	2.44	2.48	2.46	1.02
07/14/11	11:19	391	2.40	2.41	2.38	0.92
07/14/11	11:20	391	2.40	2.43	2.37	0.93
07/14/11	11:21	391	2.34	2.30	2.38	0.88
07/14/11	11:22	391	2.34	2.44	2.51	1.02
07/14/11	11:23	391	2.46	2.48	2.50	1.02
07/14/11	11:24	391	2.44	2.45	2.44	1.00
07/14/11	11:25	391	2.32	2.46	2.51	0.99
07/14/11	11:26	390	2.44	2.51	2.48	1.05
07/14/11	11:27	391	2.40	2.42	2.40	0.94
07/14/11	11:28	391	2.38	2.35	2.33	0.87
07/14/11	11:29	391	2.30	2.34	2.45	0.88
07/14/11	11:30	391	2.38	2.49	2.51	1.03
07/14/11	11:31	391	2.45	2.49	2.46	1.02
07/14/11	11:32	391	2.45	2.48	2.44	1.03
07/14/11	11:33	391	2.42	2.44	2.43	0.98
07/14/11	11:34	391	2.40	2.38	2.34	0.89

ตารางที่ ข-19 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-05 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/14/11	11:35	391	2.35	2.35	2.34	0.87
07/14/11	11:36	391	2.36	2.49	2.50	1.02
07/14/11	11:37	390	2.44	2.53	2.50	1.06
07/14/11	11:38	391	2.42	2.48	2.43	0.99
07/14/11	11:39	391	2.38	2.41	2.35	0.90
07/14/11	11:40	391	2.37	2.38	2.33	0.89
07/14/11	11:41	391	2.28	2.35	2.42	0.89
07/14/11	11:42	392	2.28	2.36	2.46	0.90
07/14/11	11:43	391	2.34	2.46	2.51	1.02
07/14/11	11:44	392	2.28	2.36	2.44	0.89
07/14/11	11:45	391	2.43	2.42	2.35	0.92
07/14/11	11:46	391	2.35	2.50	2.49	1.02
07/14/11	11:47	391	2.42	2.45	2.43	0.95
07/14/11	11:48	391	2.30	2.33	2.41	0.86
07/14/11	11:49	391	2.37	2.35	2.36	0.88
07/14/11	11:50	391	2.28	2.35	2.45	0.91
07/14/11	11:51	391	2.33	2.45	2.49	1.00
07/14/11	11:52	392	2.32	2.33	2.42	0.87
07/14/11	11:53	392	2.32	2.34	2.38	0.85
07/14/11	11:54	392	2.38	2.49	2.52	1.02
07/14/11	11:55	392	2.46	2.46	2.44	1.01
07/14/11	11:56	392	2.45	2.48	2.49	1.01
07/14/11	11:57	392	2.41	2.41	2.36	0.90
07/14/11	11:58	392	2.27	2.38	2.50	0.93
07/14/11	11:59	393	2.46	2.52	2.49	1.06
07/14/11	12:00	394	2.43	2.44	2.37	0.92
07/14/11	12:01	394	2.40	2.51	2.51	1.03
07/14/11	12:02	390	2.41	2.45	2.40	0.97
07/14/11	12:03	390	2.44	2.49	2.46	1.03
07/14/11	12:04	390	2.42	2.42	2.41	0.97
07/14/11	12:05	390	2.43	2.45	2.40	0.98
07/14/11	12:06	390	2.45	2.49	2.48	1.03
07/14/11	12:07	391	2.46	2.50	2.46	1.03
07/14/11	12:08	390	2.49	2.51	2.49	1.06
07/14/11	12:09	391	2.41	2.44	2.45	0.99
07/14/11	12:10	391	2.42	2.38	2.34	0.91
07/14/11	12:11	391	2.41	2.43	2.41	0.97
07/14/11	12:12	391	2.38	2.43	2.38	0.94
07/14/11	12:13	391	2.41	2.37	2.33	0.89
07/14/11	12:14	391	2.36	2.35	2.34	0.86
07/14/11	12:15	391	2.42	2.42	2.40	0.95
07/14/11	12:16	390	2.41	2.41	2.35	0.93
07/14/11	12:17	391	2.44	2.41	2.35	0.93
07/14/11	12:18	391	2.42	2.41	2.36	0.94
07/14/11	12:19	391	2.42	2.43	2.40	0.97
07/14/11	12:20	391	2.48	2.51	2.48	1.04
07/14/11	12:21	391	2.45	2.50	2.49	1.05
07/14/11	12:22	391	2.48	2.48	2.46	1.02
07/14/11	12:23	390	2.44	2.48	2.43	1.01
07/14/11	12:24	391	2.43	2.46	2.40	0.97
07/14/11	12:25	391	2.42	2.40	2.33	0.91
07/14/11	12:26	391	2.38	2.36	2.30	0.86
07/14/11	12:27	391	2.44	2.43	2.40	0.97
07/14/11	12:28	391	2.43	2.46	2.42	0.98
07/14/11	12:29	391	2.51	2.44	2.44	1.01
07/14/11	12:30	391	2.34	2.50	2.48	1.01
07/14/11	12:31	391	2.32	2.34	2.38	0.88
07/14/11	12:32	391	2.41	2.40	2.35	0.92
07/14/11	12:33	391	2.48	2.46	2.44	1.02
07/14/11	12:34	391	2.43	2.49	2.48	1.04
07/14/11	12:35	391	2.28	2.37	2.51	0.96
07/14/11	12:36	391	2.34	2.30	2.34	0.84
07/14/11	12:37	391	2.48	2.48	2.45	1.02
07/14/11	12:38	391	2.29	2.32	2.38	0.84
07/14/11	12:39	391	2.46	2.52	2.50	1.06
07/14/11	12:40	391	2.42	2.42	2.38	0.92
07/14/11	12:41	391	2.29	2.40	2.51	0.95
07/14/11	12:42	391	2.46	2.46	2.42	1.00
07/14/11	12:43	391	2.33	2.30	2.36	0.83
07/14/11	12:44	391	2.44	2.51	2.48	1.06

ตารางที่ ข-19 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-05 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/14/11	12:45	391	2.43	2.44	2.43	0.97
07/14/11	12:46	391	2.35	2.32	2.34	0.84
07/14/11	12:47	391	2.43	2.50	2.46	1.02
07/14/11	12:48	391	2.43	2.37	2.33	0.90
07/14/11	12:49	391	2.29	2.30	2.43	0.88
07/14/11	12:50	391	2.43	2.53	2.66	1.13
07/14/11	12:51	391	2.44	2.49	2.45	1.01
07/14/11	12:52	391	2.38	2.34	2.33	0.86
07/14/11	12:53	391	2.44	2.51	2.46	1.03
07/14/11	12:54	391	2.41	2.45	2.40	0.97
07/14/11	12:55	391	2.30	2.33	2.35	0.85
07/14/11	12:56	391	2.35	2.45	2.50	1.00
07/14/11	12:57	391	2.38	2.49	2.51	1.04
07/14/11	12:58	390	2.43	2.48	2.44	1.00
07/14/11	12:59	391	2.37	2.36	2.32	0.85
07/14/11	13:00	390	2.30	2.40	2.50	0.95
07/14/11	13:01	391	2.26	2.36	2.49	0.91
07/14/11	13:02	390	2.37	2.52	2.51	1.04
07/14/11	13:03	390	2.43	2.46	2.43	0.99
07/14/11	13:04	390	2.40	2.37	2.32	0.89
07/14/11	13:05	390	2.36	2.36	2.32	0.86
07/14/11	13:06	391	2.33	2.50	2.52	1.03
07/14/11	13:07	390	2.37	2.36	2.30	0.86
07/14/11	13:08	390	2.42	2.48	2.45	1.01
07/14/11	13:09	391	2.41	2.40	2.36	0.92
07/14/11	13:10	391	2.30	2.41	2.52	0.98
07/14/11	13:11	390	2.41	2.38	2.33	0.89
07/14/11	13:12	391	2.43	2.44	2.45	0.99
07/14/11	13:13	390	2.25	2.35	2.48	0.91
07/14/11	13:14	391	2.42	2.45	2.43	0.99
07/14/11	13:15	389	2.27	2.44	2.53	1.01
07/14/11	13:16	388	2.48	2.49	2.51	1.06
07/14/11	13:17	389	2.44	2.48	2.48	1.05
07/14/11	13:18	389	2.38	2.38	2.38	0.92
07/14/11	13:19	388	2.34	2.35	2.37	0.92
07/14/11	13:20	389	2.38	2.35	2.37	0.93
07/14/11	13:21	388	2.46	2.43	2.46	1.03
07/14/11	13:22	390	2.44	2.48	2.43	1.01
07/14/11	13:23	391	2.43	2.46	2.40	0.97
เฉลี่ย		**390.77**	**2.40**	**2.43**	**2.43**	**0.96**

ตารางที่ ข-20 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-05

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/14/11	15:22	388	42.30	40.89	43.34	21.11
07/14/11	15:23	387	41.03	39.34	41.44	19.90
07/14/11	15:24	387	41.18	39.88	42.64	20.32
07/14/11	15:25	388	42.69	41.37	43.48	21.34
07/14/11	15:26	388	41.78	40.20	42.48	20.61
07/14/11	15:27	387	41.23	39.60	42.10	20.20
07/14/11	15:28	387	41.65	39.84	41.98	20.30
07/14/11	15:29	387	42.29	40.82	42.96	21.08
07/14/11	15:30	387	42.21	40.50	42.62	20.76
07/14/11	15:31	388	41.73	39.79	41.87	20.34
07/14/11	15:32	387	42.70	41.42	42.94	21.29
07/14/11	15:33	387	42.25	40.79	42.71	20.97
07/14/11	15:34	387	41.65	40.02	42.09	20.50
07/14/11	15:35	387	40.98	39.48	41.70	20.06
07/14/11	15:36	387	42.16	40.34	42.41	20.75
07/14/11	15:37	387	42.99	41.21	42.39	21.17
07/14/11	15:38	386	41.66	40.21	42.18	20.55
07/14/11	15:39	386	41.62	39.91	41.95	20.37

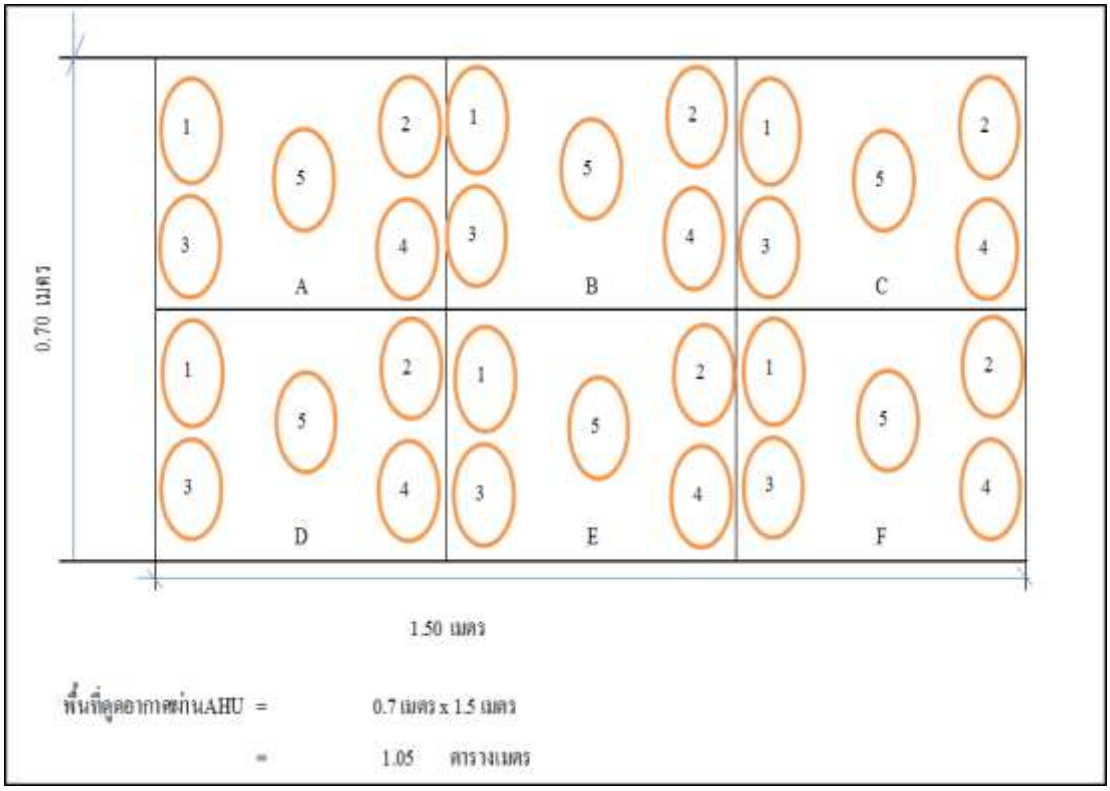
ตารางที่ ข-20 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-05 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/14/11	15:40	386	41.30	39.89	42.10	20.39
07/14/11	15:41	386	42.40	40.74	42.29	20.96
07/14/11	15:42	387	42.08	41.07	42.65	21.05
07/14/11	15:43	388	41.41	39.70	42.03	20.30
07/14/11	15:44	387	42.20	40.64	42.84	20.89
07/14/11	15:45	388	42.34	40.57	42.79	21.00
07/14/11	15:46	388	41.22	39.45	41.76	20.10
07/14/11	15:47	387	41.83	40.17	42.45	20.61
07/14/11	15:48	387	42.24	40.36	42.71	20.91
07/14/11	15:49	387	41.55	39.73	41.91	20.33
07/14/11	15:50	387	41.47	39.70	42.05	20.30
07/14/11	15:51	387	42.12	40.31	42.90	20.79
07/14/11	15:52	387	41.85	40.08	42.24	20.54
07/14/11	15:53	387	41.77	40.04	42.25	20.55
07/14/11	15:54	388	42.21	40.27	42.73	20.78
07/14/11	15:55	387	41.39	39.73	41.92	20.24
07/14/11	15:56	388	41.52	39.72	42.13	20.34
07/14/11	15:57	387	41.81	39.94	42.45	20.55
07/14/11	15:58	388	41.82	39.91	42.18	20.43
07/14/11	15:59	387	41.57	39.95	42.52	20.51
07/14/11	16:00	387	41.63	39.87	42.32	20.48
07/14/11	16:01	387	42.26	40.10	42.56	20.80
07/14/11	16:02	387	41.61	39.81	42.20	20.43
07/14/11	16:03	387	41.23	39.39	41.54	20.07
07/14/11	16:04	387	41.28	39.22	41.59	20.08
07/14/11	16:05	387	42.03	41.05	43.55	21.23
07/14/11	16:06	387	41.95	39.99	42.20	20.58
07/14/11	16:07	387	41.58	39.70	41.91	20.29
07/14/11	16:08	386	41.00	39.40	41.93	20.11
07/14/11	16:09	386	42.16	39.83	41.41	20.39
07/14/11	16:10	387	42.06	40.16	41.97	20.54
07/14/11	16:11	386	41.21	39.24	41.62	20.08
07/14/11	16:12	387	41.78	39.88	42.29	20.55
07/14/11	16:13	387	41.77	40.47	42.47	20.73
07/14/11	16:14	387	41.38	39.73	41.86	20.32
07/14/11	16:15	387	41.29	39.64	41.79	20.23
07/14/11	16:16	387	41.66	40.04	42.48	20.58
07/14/11	16:17	386	42.09	40.28	42.26	20.73
07/14/11	16:18	386	41.51	39.95	42.09	20.50
07/14/11	16:19	386	41.61	39.78	42.17	20.43
07/14/11	16:20	386	41.63	40.20	42.44	20.66
07/14/11	16:21	386	41.63	39.97	42.09	20.56
07/14/11	16:22	386	41.60	39.87	42.26	20.48
07/14/11	16:23	386	42.07	40.59	42.53	20.97
07/14/11	16:24	386	41.41	39.81	41.93	20.40
07/14/11	16:25	385	41.68	40.33	42.12	20.66
07/14/11	16:26	385	41.38	39.84	42.30	20.44
07/14/11	16:27	385	41.58	39.97	42.14	20.51
07/14/11	16:28	386	40.99	39.55	41.78	20.20
07/14/11	16:29	386	41.41	39.93	42.06	20.46
07/14/11	16:30	386	41.86	40.09	41.97	20.61
07/14/11	16:31	386	41.15	39.69	41.66	20.25
07/14/11	16:32	386	41.98	40.56	42.26	20.83
07/14/11	16:33	386	41.66	40.36	42.79	20.73
07/14/11	16:34	386	41.65	40.00	42.25	20.58
07/14/11	16:35	386	41.22	39.64	41.67	20.22
07/14/11	16:36	386	41.33	39.78	42.02	20.38
07/14/11	16:37	385	41.20	39.79	41.75	20.33
07/14/11	16:38	384	41.95	39.92	42.09	20.61
07/14/11	16:39	384	41.45	39.87	42.24	20.58
07/14/11	16:40	384	41.15	39.55	41.58	20.19
07/14/11	16:41	384	41.93	40.35	42.07	20.78
07/14/11	16:42	384	41.43	39.75	42.52	20.51
07/14/11	17:14	386	35.38	34.15	35.83	17.99
07/14/11	17:15	386	41.87	40.31	42.69	20.77
07/14/11	17:16	386	41.18	39.49	41.67	20.12
07/14/11	17:17	386	41.73	40.05	42.41	20.58
07/14/11	17:18	386	41.66	40.05	42.03	20.48
07/14/11	17:19	386	41.03	39.34	41.41	19.94
07/14/11	17:20	386	41.25	39.75	41.89	20.29
07/14/11	17:21	386	42.28	40.21	42.33	20.76

ตารางที่ ข-20 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-05 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/14/11	17:22	386	42.15	40.68	41.83	20.75
07/14/11	17:23	386	40.82	39.31	41.38	19.95
07/14/11	17:24	386	41.87	40.27	42.41	20.75
07/14/11	17:25	386	41.61	39.86	42.08	20.42
07/14/11	17:26	386	41.11	39.59	41.70	20.14
07/14/11	17:27	386	41.13	39.79	42.12	20.31
07/14/11	17:28	386	41.66	40.21	42.22	20.59
07/14/11	17:29	386	41.60	39.95	41.99	20.44
07/14/11	17:30	386	41.43	39.79	41.76	20.32
07/14/11	17:31	386	41.21	39.72	41.93	20.27
07/14/11	17:32	386	42.26	40.84	42.38	20.96
07/14/11	17:33	386	41.39	39.73	42.00	20.33
07/14/11	17:34	386	41.08	39.56	41.55	20.10
07/14/11	17:35	386	41.91	40.35	42.39	20.75
07/14/11	17:36	386	40.99	39.53	41.55	20.08
07/14/11	17:37	386	40.98	39.40	41.53	20.00
07/14/11	17:38	386	41.78	40.40	42.05	20.63
07/14/11	17:39	386	41.21	39.92	42.38	20.47
07/14/11	17:40	386	41.58	39.60	41.68	20.24
07/14/11	17:41	386	40.82	39.10	41.38	19.84
07/14/11	17:42	387	41.89	39.84	41.97	20.41
07/14/11	17:43	387	42.07	40.73	42.94	21.08
07/14/11	17:44	387	41.33	39.49	41.86	20.20
07/14/11	17:45	387	41.54	39.71	42.01	20.37
07/14/11	17:46	387	41.82	40.19	42.68	20.70
07/14/11	17:47	387	41.71	39.77	41.81	20.32
07/14/11	17:48	387	41.07	39.34	41.60	20.04
07/14/11	17:49	387	41.39	39.55	41.81	20.24
07/14/11	17:50	387	41.21	39.69	41.89	20.22
07/14/11	17:51	387	41.05	39.77	42.92	20.40
07/14/11	17:52	387	41.23	39.64	42.70	20.34
07/14/11	17:53	387	41.02	39.21	41.47	19.96
07/14/11	17:54	387	40.94	39.23	41.50	19.96
07/14/11	17:55	387	41.51	39.68	41.95	20.32
07/14/11	17:56	387	41.43	39.70	41.83	20.24
07/14/11	17:57	387	41.06	39.23	41.50	19.99
07/14/11	17:58	387	41.14	39.38	41.66	20.07
07/14/11	17:59	387	41.68	39.92	42.14	20.50
07/14/11	18:00	387	41.39	39.73	41.82	20.28
07/14/11	18:01	387	40.98	39.30	41.47	19.98
07/14/11	18:02	387	41.26	39.64	41.69	20.22
07/14/11	18:03	387	41.52	39.63	41.61	20.23
07/14/11	18:04	387	41.16	39.41	41.55	20.01
07/14/11	18:05	387	41.51	39.46	41.98	20.18
07/14/11	18:06	387	41.61	40.02	42.00	20.43
07/14/11	18:07	387	40.90	39.28	41.49	19.91
07/14/11	18:08	387	41.41	39.65	41.68	20.19
07/14/11	18:09	387	41.23	39.64	41.90	20.20
07/14/11	18:10	387	41.16	39.62	41.73	20.15
07/14/11	18:11	387	41.21	39.48	41.67	20.14
07/14/11	18:12	387	41.58	39.54	41.62	20.15
07/14/11	18:13	387	41.07	39.46	41.60	20.02
07/14/11	18:14	387	41.18	39.49	41.90	20.13
07/14/11	18:15	387	41.83	39.91	41.85	20.38
07/14/11	18:16	387	41.35	39.84	42.15	20.36
07/14/11	18:17	387	40.99	39.41	41.76	20.03
07/14/11	18:18	387	41.31	39.83	42.09	20.30
07/14/11	18:19	387	41.59	39.67	42.46	20.36
07/14/11	18:20	387	41.28	39.59	41.84	20.17
07/14/11	18:21	387	41.36	39.48	41.69	20.14
เฉลี่ย		**386.58**	**41.53**	**39.87**	**42.05**	**20.41**

6.ข้อมูลตรวจวัดการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศ AC-CB-06



รูปที่ ข-6 จุดตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่านหน่วยเครื่องส่งลมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเย็นด้านกลับของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-06

ตารางที่ ข-21 ข้อมูลตรวจวัดความเร็วลมผ่านAHUของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-06

วันที่	เวลา	A					B					C					D				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7/11/2011	15:00	180	170	250	260	280	180	170	250	270	250	180	120	160	260	250	260	250	250	270	320
7/11/2011	15:15	140	250	230	270	290	170	170	280	270	260	280	280	290	290	310	240	290	280	280	290
7/11/2011	15:30	170	260	260	210	290	160	160	290	280	280	280	300	280	280	290	250	270	250	270	310
7/11/2011	15:45	180	250	270	270	280	240	180	290	270	260	320	290	280	290	280	270	270	260	300	300
7/11/2011	16:00	190	270	290	270	290	240	250	280	290	260	310	290	290	300	290	250	270	280	310	280

วันที่	เวลา	E					F				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7/11/2011	15:00	290	290	270	270	300	260	220	210	290	290
7/11/2011	15:15	150	130	260	230	170	290	290	200	220	280
7/11/2011	15:30	160	100	260	250	210	280	290	260	300	290
7/11/2011	15:45	240	160	250	260	230	270	290	280	320	290
7/11/2011	16:00	250	210	240	240	220	280	300	290	200	300

ความเร็วเฉลี่ย 254 fpm = 1.29 m/s

ตารางที่ ข-22 ข้อมูลตรวจวัดความชื้นอุณหภูมิของอากาศเย็นด้านออกอากาศเย็นด้านกลับและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-06

วันที่	เวลา	Return									
		A		B		C		D		E	
		อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น
		°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH
7/11/2011	15:00	25.06	60.54	25.52	58.32	26.18	64.17	25.56	56.38	26.46	54.17
7/11/2011	15:15	25.19	58.42	25.5	58.43	26.21	61.1	25.42	56.36	26.04	55.85
7/11/2011	15:30	25.25	59.65	25.86	64.48	26.57	66.3	25.31	57.04	25.72	56.17
7/11/2011	15:45	25.33	58.44	25.8	59.37	26.72	65.58	24.76	57.93	25.62	56.66
7/11/2011	16:00	25.81	58.35	25.89	62.91	26.76	66.12	25.27	57.69	25.86	57.32

วันที่	เวลา	Return		Supply		อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม
		F				
		อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	
		°C	% RH	°C	% RH	°C
7/11/2011	15:00	26.02	60.72	7.82	81.64	29.60
7/11/2011	15:15	26.26	67.83	7.48	81.90	29.70
7/11/2011	15:30	26.62	67.76	6.99	82.09	31.30
7/11/2011	15:45	26.99	68.47	6.63	82.49	30.60
7/11/2011	16:00	27.03	68.31	6.45	82.77	31.10

Return	อุณหภูมิ	°C	25.89	Supply	อุณหภูมิ	°C	7.07	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	°C	30.46
	ความชื้น	% RH	60.69		ความชื้น	% RH	82.18			

ตารางที่ ข-23 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-06

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
7/12/2011	15:12	386	2.37	2.41	2.45	0.92
7/12/2011	15:13	386	2.25	2.35	2.48	0.88
7/12/2011	15:14	387	2.37	2.41	2.40	0.87
7/12/2011	15:15	387	2.40	2.43	2.44	0.92
7/12/2011	15:16	387	2.17	2.36	2.48	0.83
7/12/2011	15:17	387	2.32	2.29	2.25	0.66
7/12/2011	15:18	387	2.37	2.42	2.42	0.91
7/12/2011	15:19	386	2.26	2.35	2.42	0.83
7/12/2011	15:20	385	2.44	2.50	2.44	0.97
7/12/2011	15:21	385	2.36	2.42	2.45	0.95
7/12/2011	15:22	385	2.25	2.20	2.30	0.68
7/12/2011	15:23	386	2.43	2.48	2.42	0.93
7/12/2011	15:24	386	2.34	2.43	2.45	0.93
7/12/2011	15:25	386	2.44	2.37	2.30	0.83
7/12/2011	15:26	386	2.38	2.38	2.45	0.93
7/12/2011	15:27	386	2.21	2.35	2.46	0.84
7/12/2011	15:28	385	2.33	2.27	2.25	0.70
7/12/2011	15:29	385	2.43	2.45	2.45	0.96
7/12/2011	15:30	385	2.27	2.37	2.46	0.89
7/12/2011	15:31	385	2.21	2.18	2.33	0.72
7/12/2011	15:32	385	2.34	2.32	2.30	0.79
7/12/2011	15:33	385	2.41	2.43	2.48	0.96
7/12/2011	15:34	385	2.20	2.26	2.42	0.76
7/12/2011	15:35	385	2.35	2.26	2.25	0.71
7/12/2011	15:36	385	2.45	2.42	2.40	0.93
7/12/2011	15:37	385	2.24	2.24	2.38	0.77
7/12/2011	15:38	385	2.42	2.42	2.35	0.90
7/12/2011	15:39	385	2.41	2.41	2.45	0.95
7/12/2011	15:40	384	2.26	2.37	2.44	0.88
7/12/2011	15:41	385	2.25	2.21	2.27	0.68
7/12/2011	15:42	385	2.41	2.41	2.40	0.90
7/12/2011	15:43	385	2.45	2.45	2.40	0.94
7/12/2011	15:44	385	2.41	2.41	2.44	0.95
7/12/2011	15:45	385	2.35	2.45	2.44	0.93
7/12/2011	15:46	385	2.25	2.22	2.27	0.67
7/12/2011	15:47	385	2.44	2.42	2.36	0.91
7/12/2011	15:48	385	2.38	2.44	2.49	0.96
7/12/2011	15:49	385	2.41	2.43	2.49	0.95
7/12/2011	15:50	385	2.25	2.34	2.46	0.87
7/12/2011	15:51	385	2.34	2.28	2.22	0.71
7/12/2011	15:52	385	2.40	2.41	2.35	0.89
7/12/2011	15:53	385	2.40	2.42	2.45	0.94
7/12/2011	15:54	385	2.33	2.44	2.46	0.94
7/12/2011	15:55	385	2.22	2.21	2.38	0.75
7/12/2011	15:56	385	2.35	2.28	2.27	0.72
7/12/2011	15:57	385	2.44	2.46	2.44	0.93
7/12/2011	15:58	385	2.38	2.45	2.50	0.97
7/12/2011	15:59	385	2.37	2.42	2.46	0.95
7/12/2011	16:00	386	2.44	2.48	2.43	0.94
7/12/2011	16:01	386	2.25	2.34	2.46	0.90
7/12/2011	16:02	386	2.36	2.28	2.30	0.74
7/12/2011	16:03	385	2.40	2.40	2.45	0.94
7/12/2011	16:04	386	2.22	2.32	2.49	0.86
7/12/2011	16:05	385	2.26	2.34	2.43	0.84
7/12/2011	16:06	385	2.26	2.22	2.30	0.67
7/12/2011	16:07	385	2.35	2.29	2.25	0.70
7/12/2011	16:08	385	2.43	2.38	2.34	0.86
7/12/2011	16:09	385	2.41	2.42	2.46	0.96
7/12/2011	16:10	385	2.41	2.43	2.46	0.96
7/12/2011	16:11	386	2.25	2.29	2.45	0.84
7/12/2011	16:12	386	2.21	2.24	2.41	0.74
7/12/2011	16:13	386	2.41	2.37	2.32	0.80
7/12/2011	16:14	386	2.41	2.45	2.49	0.97
7/12/2011	16:15	386	2.41	2.43	2.50	0.95
7/12/2011	16:16	386	2.42	2.44	2.48	0.95
7/12/2011	16:17	385	2.32	2.40	2.45	0.91
7/12/2011	16:18	385	2.21	2.22	2.32	0.73
7/12/2011	16:19	386	2.32	2.27	2.24	0.67
7/12/2011	16:20	386	2.37	2.32	2.29	0.77
7/12/2011	16:21	386	2.44	2.49	2.42	0.94
7/12/2011	16:22	386	2.42	2.48	2.52	0.96

ตารางที่ ข-23 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-06 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
7/12/2011	16:23	386	2.38	2.41	2.49	0.95
7/12/2011	16:24	385	2.43	2.44	2.46	0.95
7/12/2011	16:25	386	2.36	2.45	2.48	0.96
7/12/2011	16:26	385	2.28	2.21	2.28	0.67
7/12/2011	16:27	385	2.27	2.21	2.29	0.67
7/12/2011	16:28	385	2.38	2.34	2.27	0.77
7/12/2011	16:29	385	2.42	2.37	2.32	0.83
7/12/2011	16:30	385	2.41	2.44	2.43	0.95
7/12/2011	16:31	386	2.41	2.44	2.49	0.97
7/12/2011	16:32	386	2.37	2.43	2.46	0.95
7/12/2011	16:33	386	2.45	2.41	2.32	0.86
7/12/2011	16:34	385	2.40	2.44	2.46	0.96
7/12/2011	16:35	386	2.40	2.43	2.46	0.95
7/12/2011	16:36	385	2.21	2.33	2.42	0.79
7/12/2011	16:37	385	2.22	2.24	2.33	0.70
7/12/2011	16:38	386	2.29	2.24	2.24	0.66
7/12/2011	16:39	385	2.46	2.44	2.38	0.93
7/12/2011	16:40	385	2.42	2.42	2.37	0.92
7/12/2011	16:41	385	2.40	2.45	2.49	0.96
7/12/2011	16:42	386	2.43	2.45	2.49	0.96
7/12/2011	16:43	385	2.28	2.43	2.44	0.90
7/12/2011	16:44	386	2.34	2.25	2.25	0.69
7/12/2011	16:45	386	2.35	2.28	2.25	0.69
7/12/2011	16:46	386	2.32	2.24	2.25	0.68
7/12/2011	16:47	386	2.42	2.41	2.33	0.82
7/12/2011	16:48	386	2.42	2.42	2.44	0.95
7/12/2011	16:49	386	2.34	2.46	2.49	0.96
7/12/2011	16:50	385	2.19	2.29	2.41	0.76
7/12/2011	16:51	386	2.32	2.28	2.29	0.73
7/12/2011	16:52	386	2.40	2.37	2.33	0.80
7/12/2011	16:53	386	2.41	2.38	2.34	0.85
7/12/2011	16:54	386	2.41	2.34	2.32	0.79
7/12/2011	16:55	386	2.43	2.35	2.28	0.81
7/12/2011	16:56	386	2.45	2.38	2.30	0.84
7/12/2011	16:57	386	2.41	2.29	2.26	0.75
7/12/2011	16:58	387	2.36	2.30	2.29	0.72
7/12/2011	16:59	387	2.37	2.32	2.33	0.75
7/12/2011	17:00	387	2.30	2.24	2.29	0.68
7/12/2011	17:01	386	2.21	2.26	2.36	0.70
7/12/2011	17:02	387	2.22	2.29	2.42	0.78
7/12/2011	17:03	387	2.24	2.25	2.38	0.75
7/12/2011	17:04	386	2.27	2.40	2.44	0.86
7/12/2011	17:05	387	2.22	2.37	2.49	0.86
7/12/2011	17:06	387	2.40	2.29	2.26	0.72
7/12/2011	17:07	386	2.46	2.40	2.29	0.85
7/12/2011	17:08	386	2.43	2.36	2.32	0.84
7/12/2011	17:09	387	2.42	2.45	2.46	0.96
7/12/2011	17:10	387	2.44	2.41	2.45	0.95
7/12/2011	17:11	387	2.41	2.45	2.48	0.95
7/12/2011	17:12	386	2.22	2.37	2.51	0.90
7/12/2011	17:13	387	2.43	2.50	2.50	0.98
7/12/2011	17:14	387	2.40	2.44	2.48	0.97
7/12/2011	17:15	387	2.41	2.41	2.46	0.95
7/12/2011	17:16	387	2.37	2.44	2.46	0.93
7/12/2011	17:17	387	2.24	2.37	2.48	0.90
7/12/2011	17:18	387	2.25	2.27	2.42	0.74
7/12/2011	17:19	387	2.44	2.41	2.34	0.87
7/12/2011	17:20	387	2.42	2.45	2.48	0.96
7/12/2011	17:21	387	2.40	2.46	2.49	0.96
7/12/2011	17:22	387	2.42	2.45	2.42	0.93
7/12/2011	17:23	387	2.43	2.48	2.50	0.98
7/12/2011	17:24	387	2.43	2.43	2.45	0.95
7/12/2011	17:25	386	2.22	2.25	2.40	0.78
7/12/2011	17:26	387	2.44	2.41	2.36	0.85
7/12/2011	17:27	387	2.46	2.45	2.42	0.92
7/12/2011	17:28	387	2.42	2.46	2.49	0.97
7/12/2011	17:29	387	2.43	2.42	2.52	0.97
7/12/2011	17:30	387	2.38	2.46	2.44	0.96
7/12/2011	17:31	387	2.26	2.32	2.46	0.84
7/12/2011	17:32	387	2.42	2.42	2.40	0.89
7/12/2011	17:33	386	2.41	2.42	2.41	0.93

ตารางที่ ข-23 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-06 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
7/12/2011	17:34	387	2.42	2.44	2.45	0.94
7/12/2011	17:35	387	2.43	2.44	2.49	0.96
7/12/2011	17:36	387	2.38	2.45	2.46	0.96
7/12/2011	17:37	387	2.41	2.45	2.49	0.97
7/12/2011	17:38	387	2.21	2.29	2.42	0.77
7/12/2011	17:39	387	2.25	2.26	2.40	0.71
7/12/2011	17:40	387	2.25	2.25	2.35	0.74
7/12/2011	17:41	387	2.26	2.24	2.26	0.70
7/12/2011	17:42	387	2.32	2.28	2.25	0.67
7/12/2011	17:43	387	2.35	2.28	2.24	0.69
7/12/2011	17:44	387	2.44	2.38	2.35	0.85
7/12/2011	17:45	387	2.45	2.48	2.45	0.94
7/12/2011	17:46	387	2.44	2.40	2.38	0.88
7/12/2011	17:47	386	2.43	2.46	2.48	0.96
7/12/2011	17:48	387	2.29	2.41	2.49	0.92
7/12/2011	17:49	387	2.29	2.28	2.26	0.70
7/12/2011	17:50	387	2.46	2.46	2.43	0.93
7/12/2011	17:51	387	2.45	2.44	2.49	0.95
7/12/2011	17:52	387	2.43	2.49	2.52	0.99
7/12/2011	17:53	387	2.42	2.44	2.43	0.94
7/12/2011	17:54	387	2.44	2.44	2.48	0.96
7/12/2011	17:55	387	2.42	2.42	2.49	0.96
7/12/2011	17:56	387	2.41	2.43	2.50	0.96
7/12/2011	17:57	387	2.45	2.44	2.46	0.96
7/12/2011	17:58	387	2.44	2.43	2.46	0.97
7/12/2011	17:59	387	2.46	2.49	2.50	0.98
7/12/2011	18:00	387	2.41	2.41	2.48	0.95
7/12/2011	18:01	387	2.45	2.48	2.40	0.94
7/12/2011	18:02	387	2.43	2.48	2.40	0.94
7/12/2011	18:03	387	2.42	2.45	2.49	0.96
7/12/2011	18:04	387	2.45	2.45	2.43	0.96
7/12/2011	18:05	387	2.44	2.48	2.41	0.94
7/12/2011	18:06	387	2.43	2.42	2.48	0.96
7/12/2011	18:07	387	2.40	2.43	2.45	0.95
7/12/2011	18:08	387	2.35	2.44	2.46	0.94
7/12/2011	18:09	387	2.32	2.21	2.28	0.67
7/12/2011	18:10	387	2.48	2.38	2.30	0.83
7/12/2011	18:11	387	2.38	2.33	2.29	0.78
เฉลี่ย		**385.95**	**2.36**	**2.38**	**2.40**	**0.86**

ตารางที่ ข-24 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-06

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
7/12/2011	15:21	386	41.27	41.82	40.83	19.98
7/12/2011	15:22	385	41.27	41.82	40.82	20.04
7/12/2011	15:23	386	41.19	41.67	40.65	19.92
7/12/2011	15:24	386	41.37	41.93	40.97	20.14
7/12/2011	15:25	386	41.35	41.98	40.96	20.11
7/12/2011	15:26	386	41.28	41.92	40.86	20.05
7/12/2011	15:27	386	41.31	41.87	40.89	20.08
7/12/2011	15:28	386	41.26	41.77	40.86	20.03
7/12/2011	15:29	386	41.21	41.75	40.87	20.00
7/12/2011	15:30	385	41.19	41.57	40.67	19.95
7/12/2011	15:31	385	41.18	41.61	40.86	20.01
7/12/2011	15:32	385	41.23	41.70	40.86	20.04
7/12/2011	15:33	385	41.15	41.68	40.82	20.02
7/12/2011	15:34	385	41.00	41.47	40.63	19.85
7/12/2011	15:35	385	40.96	41.42	40.47	19.79
7/12/2011	15:36	385	41.44	41.86	41.00	20.18
7/12/2011	15:37	385	40.89	41.26	40.36	19.74
7/12/2011	15:38	385	41.00	41.43	40.51	19.82

ตารางที่ ข-24 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-06 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
7/12/2011	15:39	385	41.23	41.62	40.86	20.02
7/12/2011	15:40	385	41.39	41.81	40.88	20.13
7/12/2011	15:41	385	41.06	41.51	40.58	19.87
7/12/2011	15:42	385	40.95	41.29	40.50	19.76
7/12/2011	15:43	385	41.27	41.69	40.82	20.02
7/12/2011	15:44	385	40.97	41.45	40.48	19.81
7/12/2011	15:45	385	41.15	41.51	40.74	19.94
7/12/2011	15:46	385	41.16	41.65	40.82	20.02
7/12/2011	15:47	385	41.23	41.70	40.76	20.04
7/12/2011	15:48	385	41.19	41.74	40.73	19.99
7/12/2011	15:49	385	41.51	41.95	40.97	20.22
7/12/2011	15:50	385	41.35	41.85	40.90	20.15
7/12/2011	15:51	385	41.47	42.00	41.07	20.26
7/12/2011	15:52	385	41.08	41.61	40.56	19.88
7/12/2011	15:53	385	41.39	41.89	40.91	20.17
7/12/2011	15:54	385	41.10	41.59	40.68	19.92
7/12/2011	15:55	385	41.18	41.67	40.60	19.96
7/12/2011	15:56	385	41.26	41.65	40.71	20.00
7/12/2011	15:57	385	41.23	41.73	40.75	20.02
7/12/2011	15:58	385	41.37	41.81	40.83	20.11
7/12/2011	15:59	385	40.89	41.47	40.46	19.79
7/12/2011	16:00	385	41.47	41.99	41.07	20.26
7/12/2011	16:01	385	41.45	41.93	40.98	20.19
7/12/2011	16:02	386	41.51	41.89	40.94	20.14
7/12/2011	16:03	386	41.43	41.83	41.04	20.14
7/12/2011	16:04	386	41.28	41.66	40.81	20.00
7/12/2011	16:05	386	41.23	41.68	40.75	19.96
7/12/2011	16:06	385	41.21	41.52	40.70	19.93
7/12/2011	16:07	386	41.00	41.37	40.50	19.79
7/12/2011	16:08	385	41.10	41.46	40.65	19.87
7/12/2011	16:09	385	41.20	41.47	40.66	19.92
7/12/2011	16:10	385	41.38	41.69	40.88	20.06
7/12/2011	16:11	385	41.28	41.73	40.86	20.06
7/12/2011	16:12	386	41.25	41.57	40.70	19.93
7/12/2011	16:13	386	40.91	41.37	40.54	19.77
7/12/2011	16:14	386	40.99	41.34	40.47	19.76
7/12/2011	16:15	386	41.25	41.63	40.71	19.95
7/12/2011	16:16	385	41.07	41.55	40.71	19.93
7/12/2011	16:17	385	41.05	41.47	40.58	19.85
7/12/2011	16:18	385	41.41	41.89	40.99	20.16
7/12/2011	16:19	385	40.95	41.38	40.50	19.77
7/12/2011	16:20	385	41.19	41.59	40.75	19.98
7/12/2011	16:21	385	41.23	41.58	40.72	19.98
7/12/2011	16:22	386	40.90	41.39	40.46	19.75
7/12/2011	16:23	386	41.22	41.78	40.79	20.03
7/12/2011	16:24	386	40.76	41.37	40.33	19.67
7/12/2011	16:25	385	41.02	41.59	40.58	19.89
7/12/2011	16:26	385	41.08	41.73	40.71	19.99
7/12/2011	16:27	385	41.23	41.74	40.67	20.00
7/12/2011	16:28	385	40.83	41.36	40.41	19.74
7/12/2011	16:29	385	40.79	41.31	40.27	19.65
7/12/2011	16:30	385	41.08	41.58	40.51	19.87
7/12/2011	16:31	385	41.19	41.73	40.75	20.02
7/12/2011	16:32	385	41.14	41.67	40.67	19.94
7/12/2011	16:33	385	40.89	41.42	40.42	19.78
7/12/2011	16:34	385	41.08	41.58	40.62	19.88
7/12/2011	16:35	386	40.87	41.30	40.34	19.66
7/12/2011	16:36	385	40.71	41.30	40.34	19.67
7/12/2011	16:37	385	40.91	41.35	40.39	19.73
7/12/2011	16:38	385	41.04	41.42	40.63	19.86
7/12/2011	16:39	385	40.88	41.25	40.40	19.70
7/12/2011	16:40	385	41.06	41.43	40.56	19.83
7/12/2011	16:41	385	41.12	41.53	40.58	19.88
7/12/2011	16:42	385	40.89	41.29	40.39	19.73
7/12/2011	16:43	386	41.11	41.49	40.56	19.87
7/12/2011	16:44	386	40.88	41.34	40.62	19.78
7/12/2011	16:45	386	41.07	41.53	40.66	19.87
7/12/2011	16:46	386	40.95	41.37	40.52	19.77
7/12/2011	16:47	386	41.14	41.53	40.71	19.93
7/12/2011	16:48	386	41.21	41.59	40.66	19.96
7/12/2011	16:49	386	41.26	41.75	40.90	20.03

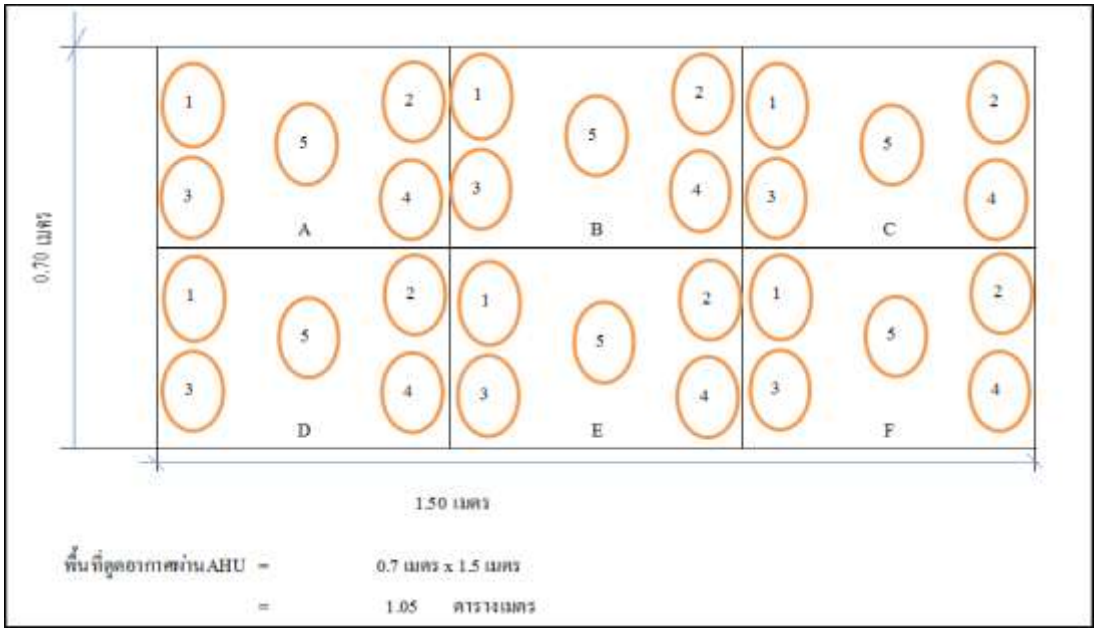
ตารางที่ ข-24 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-06 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
7/12/2011	16:50	386	41.03	41.38	40.56	19.80
7/12/2011	16:51	386	41.13	41.60	40.65	19.89
7/12/2011	16:52	386	41.18	41.66	40.73	19.97
7/12/2011	16:53	386	41.15	41.51	40.62	19.90
7/12/2011	16:54	386	41.05	41.46	40.60	19.85
7/12/2011	16:55	386	41.07	41.49	40.65	19.87
7/12/2011	16:56	386	40.92	41.31	40.54	19.76
7/12/2011	16:57	386	41.11	41.49	40.54	19.84
7/12/2011	16:58	386	41.11	41.53	40.64	19.88
7/12/2011	16:59	386	41.28	41.78	40.79	20.01
7/12/2011	17:00	387	41.11	41.54	40.55	19.83
7/12/2011	17:01	387	41.08	41.61	40.58	19.84
7/12/2011	17:02	387	41.10	41.68	40.58	19.88
7/12/2011	17:03	387	41.30	41.78	40.82	20.02
7/12/2011	17:04	387	41.03	41.52	40.55	19.80
7/12/2011	17:05	386	41.18	41.68	40.65	19.91
7/12/2011	17:06	387	41.39	41.76	40.75	20.01
7/12/2011	17:07	387	41.15	41.71	40.74	19.92
7/12/2011	17:08	387	41.51	41.95	40.95	20.12
7/12/2011	17:09	387	41.26	41.79	40.68	19.97
7/12/2011	17:10	387	41.06	41.50	40.55	19.76
7/12/2011	17:11	387	41.25	41.71	40.73	19.93
7/12/2011	17:12	387	41.25	41.74	40.78	19.97
7/12/2011	17:13	387	41.27	41.78	40.72	19.96
7/12/2011	17:14	387	41.08	41.66	40.75	19.84
7/12/2011	17:15	387	41.16	41.51	40.72	19.80
7/12/2011	17:16	387	41.47	41.94	41.04	20.15
7/12/2011	17:17	387	41.49	41.77	40.90	20.05
7/12/2011	17:18	387	41.14	41.53	40.71	19.85
7/12/2011	17:19	387	41.58	42.05	41.08	20.20
7/12/2011	17:20	387	41.37	41.76	40.89	20.01
7/12/2011	17:21	387	41.28	41.78	40.82	19.97
7/12/2011	17:22	387	41.20	41.53	40.71	19.87
7/12/2011	17:23	387	41.39	41.70	40.89	20.01
7/12/2011	17:24	387	41.12	41.41	40.57	19.76
7/12/2011	17:25	387	41.04	41.44	40.55	19.73
7/12/2011	17:26	387	41.11	41.50	40.65	19.80
7/12/2011	17:27	387	41.02	41.39	40.56	19.71
7/12/2011	17:28	387	41.11	41.47	40.72	19.79
7/12/2011	17:29	387	41.06	41.44	40.57	19.75
7/12/2011	17:30	387	41.23	41.63	40.79	19.92
7/12/2011	17:31	387	41.26	41.58	40.73	19.88
7/12/2011	17:32	387	41.27	41.54	40.64	19.83
7/12/2011	17:33	387	41.52	41.89	41.11	20.11
7/12/2011	17:34	387	41.23	41.53	40.80	19.88
7/12/2011	17:35	387	41.13	41.49	40.65	19.84
7/12/2011	17:36	387	41.15	41.53	40.67	19.86
7/12/2011	17:37	387	41.04	41.51	40.52	19.76
7/12/2011	17:38	387	41.25	41.68	40.73	19.94
7/12/2011	17:39	387	40.96	41.44	40.46	19.68
7/12/2011	17:40	387	40.87	41.34	40.40	19.65
7/12/2011	17:41	387	40.86	41.34	40.46	19.67
7/12/2011	17:42	387	41.22	41.74	40.59	19.89
7/12/2011	17:43	387	41.20	41.60	40.65	19.86
7/12/2011	17:44	387	40.97	41.50	40.47	19.73
7/12/2011	17:45	387	41.02	41.39	40.46	19.71
7/12/2011	17:46	387	40.94	41.45	40.43	19.70
7/12/2011	17:47	387	40.90	41.33	40.36	19.67
7/12/2011	17:48	387	41.02	41.66	40.62	19.83
7/12/2011	17:49	387	41.10	41.59	40.55	19.80
7/12/2011	17:50	387	40.98	41.58	40.58	19.76
7/12/2011	17:51	387	41.26	41.74	40.65	19.91
7/12/2011	17:52	387	41.14	41.68	40.72	19.87
7/12/2011	17:53	387	41.18	41.60	40.81	19.91
7/12/2011	17:54	387	40.99	41.47	40.50	19.76
7/12/2011	17:55	387	41.41	41.89	40.91	20.07
7/12/2011	17:56	387	41.14	41.47	40.56	19.83
7/12/2011	17:57	387	40.94	41.35	40.46	19.70
7/12/2011	17:58	387	41.14	41.66	40.73	19.90
7/12/2011	17:59	387	41.00	41.43	40.50	19.71

ตารางที่ ข-24 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-05 (ต่อ)

7/12/2011	18:00	387	40.96	41.37	40.51	19.70
7/12/2011	18:01	387	41.15	41.49	40.64	19.82
7/12/2011	18:02	387	40.84	41.29	40.38	19.64
7/12/2011	18:03	387	41.08	41.51	40.60	19.80
7/12/2011	18:04	387	40.96	41.36	40.51	19.70
7/12/2011	18:05	387	40.88	41.33	40.51	19.70
7/12/2011	18:06	387	41.15	41.58	40.67	19.87
7/12/2011	18:07	387	40.96	41.36	40.42	19.69
7/12/2011	18:08	387	41.13	41.41	40.57	19.75
7/12/2011	18:09	387	41.05	41.50	40.60	19.79
7/12/2011	18:10	387	40.91	41.25	40.50	19.63
7/12/2011	18:11	387	40.95	41.30	40.43	19.66
7/12/2011	18:12	387	40.89	41.30	40.50	19.69
7/12/2011	18:13	387	40.86	41.28	40.49	19.68
7/12/2011	18:14	387	40.87	41.29	40.35	19.62
7/12/2011	18:15	386	40.87	41.34	40.42	19.66
7/12/2011	18:16	386	40.92	41.37	40.46	19.71
7/12/2011	18:17	386	40.83	41.38	40.43	19.67
7/12/2011	18:18	386	40.81	41.38	40.36	19.67
7/12/2011	18:19	386	40.88	41.46	40.39	19.73
7/12/2011	18:20	386	41.06	41.46	40.52	19.77
7/12/2011	18:21	386	40.98	41.45	40.46	19.73
เฉลี่ย		**385.96**	**41.13**	**41.57**	**40.66**	**19.88**

8.ข้อมูลตรวจวัดการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศ AC-CB-07



รูปที่ ข-7 จุดตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่านหน่วยเครื่องส่งลมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเย็นด้านกลับของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-07

ตารางที่ ข-25 ข้อมูลตรวจวัดความเร็วลมผ่านAHUของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-07

วันที่	เวลา	A					B					C					D				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
07/21/11	13:00	230	270	290	440	370	330	300	470	480	460	330	350	420	430	450	380	490	340	420	410
07/21/11	13:15	260	320	320	400	420	310	340	490	480	450	330	390	470	440	460	420	460	420	400	420
07/21/11	13:30	310	340	310	400	420	400	410	490	400	420	420	460	450	450	480	430	430	410	350	420
07/21/11	13:45	330	410	410	390	400	410	430	480	470	440	410	400	420	420	450	310	450	370	360	420
07/21/11	14:00	390	330	430	410	440	370	440	490	460	470	400	450	450	460	470	410	480	410	420	390

วันที่	เวลา	E					F				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
07/21/11	13:00	400	440	400	410	440	460	480	410	390	420
07/21/11	13:15	400	400	410	420	430	490	430	430	360	390
07/21/11	13:30	440	430	380	430	440	470	410	410	380	440
07/21/11	13:45	470	460	410	410	440	450	430	420	390	430
07/21/11	14:00	420	440	420	440	410	500	450	420	430	400

ความเร็วเฉลี่ย 412.6 fpm = 2.10 m/s

ตารางที่ ข-26 ข้อมูลตรวจวัดความชื้นอุณหภูมิของอากาศเย็นด้านออกอากาศเย็นด้านกลับและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-07

วันที่	เวลา	Return									
		A		B		C		D		E	
		อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น
		°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH
07/21/11	13:00	28.29	41.66	28.52	41.92	28.58	41.92	29	40.15	28.75	40.7
07/21/11	13:15	28.65	41.1	28.57	41.5	28.67	41.5	28.96	41.59	28.62	42.49
07/21/11	13:30	28.72	40.64	28.56	41.57	28.79	41.57	28.94	41.15	28.54	42.65
07/21/11	13:45	28.84	41.24	28.59	41.01	28.76	41.01	28.75	40.49	28.46	43.42
07/21/11	14:00	28.89	40.82	28.57	41.55	28.83	41.55	28.58	41.21	28.56	42.37

วันที่	เวลา	Return		Supply		อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม
		อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	
		°C	% RH	°C	% RH	°C
07/21/11	13:00	28.76	42.78	7.92	83.56	33.7
07/21/11	13:15	28.76	42.67	7.52	83.90	33.4
07/21/11	13:30	28.85	43.19	7.54	84.17	34.6
07/21/11	13:45	28.78	42.8	7.71	84.96	33.9
07/21/11	14:00	28.81	43.59	7.77	84.37	33.1

Return	อุณหภูมิ	°C	28.68	Supply	อุณหภูมิ	°C	7.69	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	°C	33.74
	ความชื้น	% RH	41.47		ความชื้น	% RH	84.19			

ตารางที่ ข-27 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-07

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/21/11	11:55	387	5.18	4.99	5.14	1.72
07/21/11	11:56	387	4.95	5.32	5.17	1.77
07/21/11	11:57	387	5.00	4.76	5.25	1.61
07/21/11	11:58	387	5.07	4.90	5.13	1.60
07/21/11	11:59	387	4.99	4.90	5.02	1.53
07/21/11	12:00	388	4.83	4.75	5.44	1.66
07/21/11	12:01	387	5.41	5.37	5.10	2.00
07/21/11	12:02	388	5.06	4.91	4.84	1.48
07/21/11	12:03	388	5.24	5.39	5.32	2.04
07/21/11	12:04	388	5.16	4.93	4.94	1.56
07/21/11	12:05	388	4.87	4.97	5.24	1.70
07/21/11	12:06	388	5.22	5.23	5.27	1.91
07/21/11	12:07	388	5.26	4.92	5.06	1.73
07/21/11	12:08	388	5.18	4.89	5.15	1.71
07/21/11	12:09	388	5.23	5.16	5.13	1.84
07/21/11	12:10	388	5.15	4.98	4.99	1.62
07/21/11	12:11	388	4.97	4.89	4.92	1.47
07/21/11	12:12	388	4.84	5.29	5.47	1.80
07/21/11	12:13	388	5.10	4.95	4.85	1.51
07/21/11	12:14	388	5.44	5.37	5.13	1.99
07/21/11	12:15	388	4.90	4.85	5.29	1.57
07/21/11	12:16	388	5.32	5.31	5.13	1.98
07/21/11	12:17	388	4.94	4.95	4.97	1.53
07/21/11	12:18	388	5.02	5.25	5.32	1.85
07/21/11	12:19	388	5.26	4.92	5.08	1.70
07/21/11	12:20	388	5.21	5.26	5.19	1.85
07/21/11	12:21	388	5.01	5.13	5.32	1.75
07/21/11	12:22	388	5.22	5.07	5.01	1.74
07/21/11	12:23	388	4.93	5.02	5.17	1.68
07/21/11	12:24	387	5.25	5.40	5.18	1.96
07/21/11	12:25	388	5.50	5.15	5.06	1.85
07/21/11	12:26	388	5.10	4.90	4.83	1.45
07/21/11	12:27	388	5.13	5.44	5.34	2.03
07/21/11	12:28	388	5.14	4.97	4.86	1.52
07/21/11	12:29	388	4.83	4.93	5.29	1.70
07/21/11	12:30	387	5.31	5.22	5.03	1.83
07/21/11	12:31	388	5.02	5.00	5.03	1.59
07/21/11	12:32	388	5.11	4.98	5.16	1.75
07/21/11	12:33	388	5.18	4.97	5.16	1.71
07/21/11	12:34	388	4.94	5.18	5.22	1.74
07/21/11	12:35	388	5.18	5.09	4.94	1.70
07/21/11	12:36	388	4.98	4.80	5.10	1.58
07/21/11	12:37	388	5.27	5.44	5.24	2.07
07/21/11	12:38	387	5.07	5.06	4.90	1.55
07/21/11	12:39	387	4.79	5.21	5.46	1.88
07/21/11	12:40	388	5.01	4.90	4.91	1.48
07/21/11	12:41	388	5.34	5.26	5.07	1.93
07/21/11	12:42	388	4.97	4.99	4.98	1.56
07/21/11	12:43	387	4.98	5.25	5.34	1.82
07/21/11	12:44	388	5.08	5.32	5.29	1.83
07/21/11	12:45	388	4.90	5.09	5.23	1.75
07/21/11	12:46	388	5.10	5.16	5.18	1.77
07/21/11	12:47	387	4.91	5.05	5.19	1.68
07/21/11	12:48	387	4.90	5.00	5.41	1.72
07/21/11	12:49	387	4.97	4.77	5.36	1.61
07/21/11	12:50	387	4.98	4.78	5.10	1.55
07/21/11	12:51	388	4.99	4.77	4.92	1.47
07/21/11	12:52	387	4.95	4.79	5.02	1.50
07/21/11	12:53	388	4.89	4.80	4.94	1.44
07/21/11	12:54	388	4.99	4.93	5.07	1.55
07/21/11	12:55	388	4.94	5.21	5.32	1.83
07/21/11	12:56	387	5.18	4.91	5.13	1.70
07/21/11	12:57	388	5.07	5.09	5.08	1.70
07/21/11	12:58	387	5.14	5.14	5.21	1.87
07/21/11	12:59	387	5.15	5.33	5.23	1.95
07/21/11	13:00	388	5.10	5.36	5.34	1.98
07/21/11	13:01	387	4.83	5.19	5.45	1.80
07/21/11	13:02	387	4.89	5.29	5.42	1.92
07/21/11	13:03	387	4.92	5.38	5.36	1.95
07/21/11	13:04	387	4.94	4.92	5.32	1.70
07/21/11	13:05	387	4.95	4.91	5.21	1.70

ตารางที่ ข-27 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-07 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/21/11	13:06	387	5.01	4.92	5.30	1.71
07/21/11	13:07	387	5.10	4.91	5.05	1.63
07/21/11	13:08	387	5.10	4.93	4.89	1.59
07/21/11	13:09	387	4.90	4.82	5.21	1.59
07/21/11	13:10	386	4.87	5.09	5.26	1.79
07/21/11	13:11	386	4.80	5.14	5.44	1.80
07/21/11	13:12	386	5.08	5.47	5.26	2.06
07/21/11	13:13	386	5.39	5.24	5.06	1.93
07/21/11	13:14	386	5.39	5.22	5.05	1.91
07/21/11	13:15	386	5.37	5.23	5.03	1.93
07/21/11	13:16	386	5.22	5.25	5.10	1.98
07/21/11	13:17	385	5.14	5.24	5.06	1.87
07/21/11	13:18	385	5.17	5.29	5.01	1.83
07/21/11	13:19	385	4.90	5.30	5.14	1.77
07/21/11	13:20	385	5.09	5.05	5.10	1.82
07/21/11	13:21	385	4.99	5.08	5.21	1.85
07/21/11	13:22	386	5.34	5.14	5.11	1.96
07/21/11	13:23	386	5.03	4.90	4.71	1.49
07/21/11	13:24	386	4.85	4.66	5.06	1.51
07/21/11	13:25	386	4.76	4.86	5.34	1.67
07/21/11	13:26	386	4.83	4.92	5.32	1.71
07/21/11	13:27	386	4.91	4.91	5.22	1.72
07/21/11	13:28	386	5.02	4.91	5.30	1.75
07/21/11	13:29	386	5.03	4.85	5.10	1.72
07/21/11	13:30	386	4.90	5.18	5.09	1.82
07/21/11	13:31	386	5.11	4.99	4.92	1.67
07/21/11	13:32	386	4.85	5.01	4.98	1.58
07/21/11	13:33	386	4.92	4.82	4.70	1.44
07/21/11	13:34	386	4.74	4.64	4.55	1.11
07/21/11	13:35	386	4.69	5.03	5.15	1.56
07/21/11	13:36	386	4.91	5.05	4.97	1.70
07/21/11	13:37	386	5.09	5.01	4.83	1.65
07/21/11	13:38	386	5.06	4.74	4.68	1.45
07/21/11	13:39	386	4.70	4.69	4.78	1.26
07/21/11	13:40	386	4.82	4.77	4.84	1.37
07/21/11	13:41	386	4.83	4.64	4.90	1.33
07/21/11	13:42	387	4.83	4.67	4.70	1.25
07/21/11	13:43	387	4.98	4.87	4.76	1.36
07/21/11	13:44	388	5.10	4.90	4.79	1.48
07/21/11	13:45	389	4.93	4.79	4.75	1.29
07/21/11	13:46	389	4.86	4.64	4.79	1.13
07/21/11	13:47	389	4.84	5.11	5.14	1.63
07/21/11	13:48	388	5.03	4.80	4.74	1.32
07/21/11	13:49	389	4.80	4.75	4.97	1.30
07/21/11	13:50	390	5.09	5.07	5.06	1.65
07/21/11	13:51	391	4.79	4.91	4.85	1.33
07/21/11	13:52	390	4.77	4.86	5.19	1.45
07/21/11	13:53	390	5.02	4.90	4.95	1.51
07/21/11	13:54	390	5.05	4.86	4.77	1.30
07/21/11	13:55	390	4.72	4.87	5.06	1.36
07/21/11	13:56	389	5.15	4.89	4.91	1.57
07/21/11	13:57	388	4.75	4.53	5.01	1.22
07/21/11	13:58	387	5.05	5.14	4.98	1.74
07/21/11	13:59	386	4.85	4.62	4.60	1.17
07/21/11	14:00	386	4.70	4.97	5.06	1.58
07/21/11	14:01	385	5.02	4.69	4.75	1.39
07/21/11	14:02	385	4.77	4.59	4.89	1.39
07/21/11	14:03	385	4.99	4.90	4.72	1.53
07/21/11	14:04	384	4.79	4.64	4.56	1.22
07/21/11	14:05	384	4.89	4.79	4.93	1.57
07/21/11	14:06	384	4.94	4.74	4.72	1.40
07/21/11	14:07	384	4.71	4.68	4.62	1.16
07/21/11	14:08	384	4.53	4.66	5.09	1.44
07/21/11	14:09	384	5.08	4.86	4.82	1.58
07/21/11	14:10	384	4.75	4.54	4.59	1.18
07/21/11	14:11	384	4.68	4.89	5.00	1.58
07/21/11	14:12	383	4.85	4.62	4.68	1.30
07/21/11	14:13	384	4.69	4.66	5.01	1.42
07/21/11	14:14	384	4.86	4.94	4.92	1.53
07/21/11	14:15	384	4.75	4.76	4.85	1.43
07/21/11	14:16	384	4.83	4.66	4.60	1.26

ตารางที่ ข-27 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-07 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/21/11	14:17	383	4.68	4.78	5.02	1.56
07/21/11	14:18	384	4.90	4.69	4.71	1.37
07/21/11	14:19	383	4.51	4.79	5.11	1.41
07/21/11	14:20	384	4.90	4.67	4.56	1.25
07/21/11	14:21	384	4.56	4.52	4.89	1.29
07/21/11	14:22	384	4.75	5.03	4.92	1.66
07/21/11	14:23	385	4.85	4.64	4.64	1.26
07/21/11	14:24	385	4.74	4.71	4.76	1.25
07/21/11	14:25	388	4.74	4.94	5.09	1.44
07/21/11	14:26	389	4.85	4.72	5.08	1.33
07/21/11	14:27	388	4.90	4.75	4.66	1.24
07/21/11	14:28	389	4.87	4.71	4.72	1.19
07/21/11	14:29	388	4.75	4.67	5.07	1.27
07/21/11	14:30	388	5.25	5.01	4.86	1.64
07/21/11	14:31	392	4.85	4.69	4.97	1.27
07/21/11	14:32	389	5.03	4.89	4.74	1.33
07/21/11	14:33	390	4.83	5.01	5.21	1.56
07/21/11	14:34	389	5.14	5.01	4.84	1.51
07/21/11	14:35	389	4.90	4.78	4.82	1.29
07/21/11	14:36	389	4.85	5.02	4.87	1.49
07/21/11	14:37	389	4.78	4.92	4.86	1.30
07/21/11	14:38	388	4.77	5.00	4.92	1.41
07/21/11	14:39	389	5.00	4.95	4.86	1.52
07/21/11	14:40	389	4.80	4.63	4.97	1.23
07/21/11	14:41	389	5.16	4.92	4.83	1.48
07/21/11	14:42	389	4.71	5.02	5.23	1.48
07/21/11	14:43	389	5.14	4.85	4.77	1.37
07/21/11	14:44	389	4.76	4.95	5.18	1.54
07/21/11	14:45	389	4.87	4.71	4.80	1.22
07/21/11	14:46	389	4.80	4.79	4.89	1.30
07/21/11	14:47	389	4.92	4.79	4.86	1.39
07/21/11	14:48	387	4.77	5.00	5.03	1.52
07/21/11	14:49	386	4.93	4.82	4.95	1.49
07/21/11	14:50	385	4.80	4.69	4.66	1.27
07/21/11	14:51	385	4.85	5.03	4.99	1.70
07/21/11	14:52	385	4.77	4.70	4.56	1.15
07/21/11	14:53	385	4.59	4.55	5.00	1.22
07/21/11	14:54	385	5.14	5.03	4.89	1.70
เฉลี่ย		**387.02**	**4.97**	**4.95**	**5.02**	**1.58**

ตารางที่ ข-28 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-07

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/21/11	11:58	387	59.08	60.01	59.09	33.14
07/21/11	11:59	387	58.87	59.81	58.79	33.03
07/21/11	12:00	387	58.86	59.73	58.83	33.02
07/21/11	12:01	387	58.91	59.84	58.84	33.05
07/21/11	12:02	388	58.71	59.60	58.73	32.96
07/21/11	12:03	388	58.51	59.45	58.54	32.82
07/21/11	12:04	388	58.56	59.53	58.52	32.87
07/21/11	12:05	388	58.68	59.65	58.62	32.96
07/21/11	12:06	388	58.83	59.80	58.87	33.05
07/21/11	12:07	388	58.60	59.52	58.55	32.84
07/21/11	12:08	388	58.20	59.05	58.15	32.55
07/21/11	12:09	388	58.73	59.65	58.68	32.91
07/21/11	12:10	388	58.66	59.63	58.65	32.86
07/21/11	12:11	388	58.54	59.42	58.51	32.77
07/21/11	12:12	388	58.48	59.43	58.48	32.78
07/21/11	12:13	388	58.70	59.62	58.67	32.92
07/21/11	12:14	388	58.56	59.57	58.51	32.83
07/21/11	12:15	388	58.62	59.56	58.58	32.87
07/21/11	12:16	388	58.78	59.80	58.74	33.00
07/21/11	12:17	388	58.55	59.46	58.46	32.78
07/21/11	12:18	388	58.59	59.56	58.53	32.84
07/21/11	12:19	388	58.66	59.56	58.59	32.88

ตารางที่ ข-28 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-07 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/21/11	12:20	388	58.53	59.37	58.46	32.78
07/21/11	12:21	388	58.42	59.34	58.43	32.71
07/21/11	12:22	388	58.52	59.41	58.51	32.75
07/21/11	12:23	388	58.74	59.69	58.76	32.91
07/21/11	12:24	387	58.76	59.63	58.70	32.90
07/21/11	12:25	388	58.62	59.62	58.55	32.85
07/21/11	12:26	388	58.77	59.68	58.74	32.92
07/21/11	12:27	388	58.73	59.66	58.70	32.92
07/21/11	12:28	388	58.76	59.74	58.84	32.97
07/21/11	12:29	388	58.98	59.89	58.97	33.08
07/21/11	12:30	387	58.79	59.69	58.71	32.93
07/21/11	12:31	388	58.97	59.89	58.93	33.06
07/21/11	12:32	388	58.90	59.81	58.82	33.04
07/21/11	12:33	388	58.39	59.34	58.37	32.73
07/21/11	12:34	388	58.19	59.10	58.23	32.57
07/21/11	12:35	388	58.60	59.54	58.54	32.82
07/21/11	12:36	388	58.53	59.41	58.46	32.76
07/21/11	12:37	387	58.65	59.62	58.65	32.86
07/21/11	12:38	387	58.36	59.24	58.40	32.65
07/21/11	12:39	387	58.37	59.31	58.28	32.67
07/21/11	12:40	388	58.05	59.03	57.96	32.47
07/21/11	12:41	388	58.19	59.01	58.24	32.55
07/21/11	12:42	388	58.19	59.09	58.10	32.53
07/21/11	12:43	387	58.07	58.92	58.05	32.43
07/21/11	12:44	388	58.14	59.05	58.13	32.47
07/21/11	12:45	387	58.08	59.03	57.94	32.45
07/21/11	12:46	387	58.20	59.19	58.27	32.56
07/21/11	12:47	387	58.07	58.93	58.00	32.42
07/21/11	12:48	387	57.96	58.91	57.94	32.38
07/21/11	12:49	387	58.13	59.13	58.11	32.50
07/21/11	12:50	387	57.91	58.93	57.90	32.35
07/21/11	12:51	387	57.99	58.90	57.97	32.40
07/21/11	12:52	387	57.89	58.84	57.88	32.34
07/21/11	12:53	387	57.97	58.92	57.95	32.38
07/21/11	12:54	388	58.22	59.07	58.18	32.55
07/21/11	12:55	387	57.83	58.79	57.78	32.32
07/21/11	12:56	387	57.96	58.70	57.82	32.31
07/21/11	12:57	387	57.79	58.60	57.82	32.23
07/21/11	12:58	387	57.68	58.53	57.65	32.16
07/21/11	12:59	387	57.87	58.58	57.76	32.23
07/21/11	13:00	387	57.83	58.81	57.80	32.30
07/21/11	13:01	387	57.74	58.59	57.67	32.20
07/21/11	13:02	387	57.58	58.54	57.53	32.11
07/21/11	13:03	387	57.79	58.76	57.72	32.25
07/21/11	13:04	387	57.44	58.50	57.34	32.02
07/21/11	13:05	387	57.60	58.47	57.47	32.07
07/21/11	13:06	387	57.73	58.65	57.74	32.20
07/21/11	13:07	387	57.63	58.59	57.61	32.14
07/21/11	13:08	387	57.64	58.59	57.67	32.17
07/21/11	13:09	386	57.79	58.70	57.74	32.23
07/21/11	13:10	386	57.60	58.62	57.61	32.14
07/21/11	13:11	386	57.73	58.65	57.74	32.19
07/21/11	13:12	386	57.55	58.44	57.49	32.06
07/21/11	13:13	386	57.50	58.29	57.39	31.98
07/21/11	13:14	386	57.50	58.35	57.45	32.02
07/21/11	13:15	385	57.32	58.28	57.29	31.90
07/21/11	13:16	385	57.65	58.55	57.59	32.10
07/21/11	13:17	385	57.63	58.63	57.65	32.12
07/21/11	13:18	385	57.67	58.52	57.65	32.12
07/21/11	13:19	385	57.51	58.52	57.48	32.05
07/21/11	13:20	385	57.56	58.50	57.50	32.05
07/21/11	13:21	386	57.45	58.34	57.42	31.98
07/21/11	13:22	386	57.56	58.44	57.47	32.05
07/21/11	13:23	386	57.88	58.83	57.87	32.28
07/21/11	13:24	386	57.73	58.60	57.65	32.16
07/21/11	13:25	386	57.55	58.36	57.50	32.02
07/21/11	13:26	386	57.63	58.47	57.57	32.08
07/21/11	13:27	386	57.58	58.53	57.56	32.08
07/21/11	13:28	386	57.48	58.38	57.51	32.02
07/21/11	13:29	386	57.65	58.47	57.56	32.11
07/21/11	13:30	386	57.63	58.61	57.69	32.16

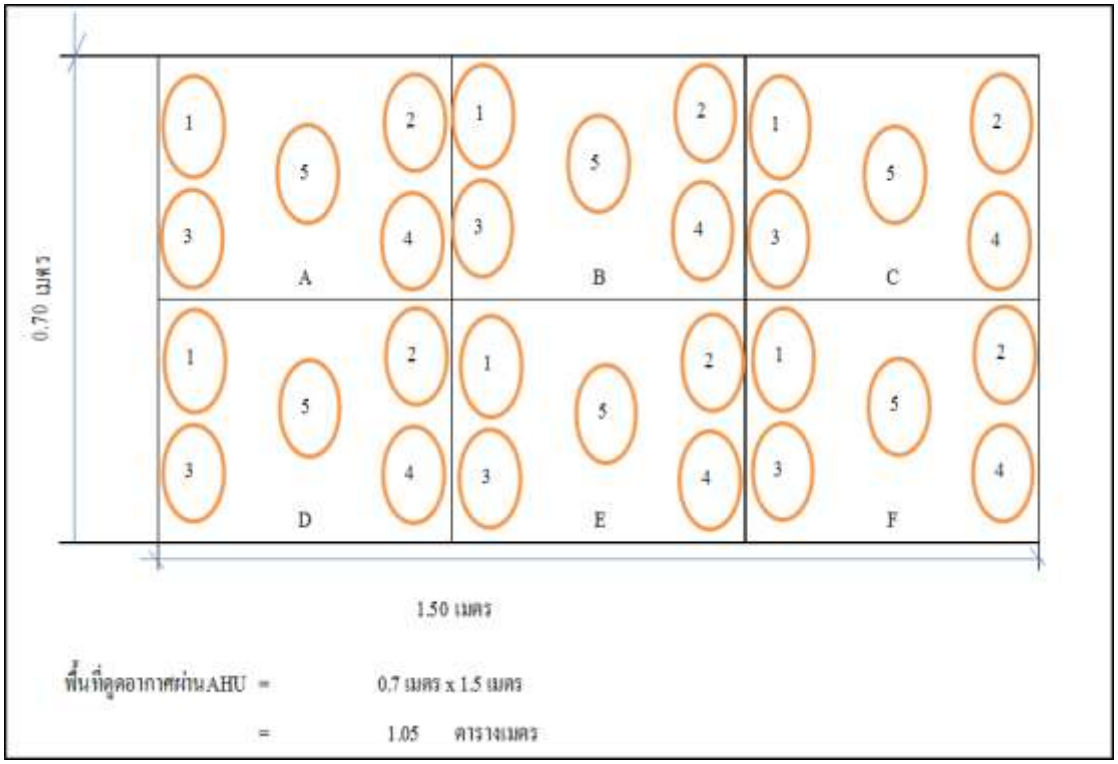
ตารางที่ ข-28 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-07 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/21/11	13:31	386	57.73	58.60	57.64	32.18
07/21/11	13:32	386	56.54	57.42	56.55	31.41
07/21/11	13:33	386	56.21	57.05	56.13	31.15
07/21/11	13:34	386	56.69	57.52	56.50	31.44
07/21/11	13:35	386	56.33	57.17	56.26	31.21
07/21/11	13:36	386	56.42	57.28	56.38	31.28
07/21/11	13:37	386	56.25	57.16	56.25	31.18
07/21/11	13:38	386	56.41	57.25	56.31	31.25
07/21/11	13:39	386	56.47	57.28	56.29	31.27
07/21/11	13:40	386	56.50	57.37	56.50	31.35
07/21/11	13:41	386	56.66	57.55	56.55	31.44
07/21/11	13:42	387	56.02	56.87	56.00	31.02
07/21/11	13:43	387	56.31	57.04	56.15	31.17
07/21/11	13:44	388	56.31	57.20	56.44	31.31
07/21/11	13:45	388	56.60	57.43	56.28	31.38
07/21/11	13:46	388	56.40	57.36	56.26	31.33
07/21/11	13:47	388	56.39	57.43	56.55	31.42
07/21/11	13:48	389	56.84	57.76	56.65	31.62
07/21/11	13:49	390	56.63	57.36	56.55	31.47
07/21/11	13:50	390	56.18	57.40	56.30	31.34
07/21/11	13:51	390	56.30	56.97	56.54	31.31
07/21/11	13:52	390	56.37	56.86	56.15	31.21
07/21/11	13:53	390	56.69	57.19	55.97	31.34
07/21/11	13:54	390	56.63	56.96	56.04	31.26
07/21/11	13:55	390	56.58	57.23	56.00	31.32
07/21/11	13:56	388	56.24	57.39	56.57	31.36
07/21/11	13:57	387	56.48	57.28	56.33	31.35
07/21/11	13:58	386	56.32	57.21	56.45	31.28
07/21/11	13:59	386	56.46	57.40	56.46	31.36
07/21/11	14:00	385	56.55	57.35	56.44	31.34
07/21/11	14:01	385	56.62	57.45	56.53	31.38
07/21/11	14:02	385	56.42	57.40	56.37	31.30
07/21/11	14:03	384	56.58	57.44	56.55	31.38
07/21/11	14:04	384	56.57	57.39	56.52	31.35
07/21/11	14:05	384	56.28	57.05	56.23	31.15
07/21/11	14:06	384	56.31	57.20	56.33	31.20
07/21/11	14:07	384	56.44	57.28	56.39	31.24
07/21/11	14:08	384	56.29	57.15	56.34	31.18
07/21/11	14:09	384	56.37	57.31	56.26	31.20
07/21/11	14:10	384	56.53	57.33	56.56	31.33
07/21/11	14:11	384	56.36	57.28	56.42	31.25
07/21/11	14:12	384	56.36	57.31	56.32	31.23
07/21/11	14:13	384	56.30	57.27	56.41	31.21
07/21/11	14:14	384	56.37	57.28	56.42	31.25
07/21/11	14:15	384	56.37	57.17	56.28	31.19
07/21/11	14:16	384	56.49	57.31	56.45	31.29
07/21/11	14:17	384	56.44	57.29	56.54	31.28
07/21/11	14:18	384	56.50	57.37	56.56	31.32
07/21/11	14:19	384	56.33	57.10	56.25	31.17
07/21/11	14:20	384	56.49	57.34	56.42	31.29
07/21/11	14:21	384	56.31	57.11	56.30	31.18
07/21/11	14:22	384	56.37	57.27	56.40	31.24
07/21/11	14:23	385	56.47	57.33	56.38	31.29
07/21/11	14:24	386	56.31	57.23	56.37	31.25
07/21/11	14:25	389	56.26	57.09	55.86	31.15
07/21/11	14:26	388	56.29	57.05	56.18	31.18
07/21/11	14:27	388	56.34	57.20	56.17	31.25
07/21/11	14:28	389	56.29	57.18	56.21	31.25
07/21/11	14:29	388	56.30	57.44	56.30	31.34
07/21/11	14:30	389	56.65	57.57	56.55	31.51
07/21/11	14:31	393	56.48	57.36	56.40	31.48
07/21/11	14:32	390	56.50	57.18	56.70	31.46
07/21/11	14:33	389	56.06	56.77	56.31	31.13
07/21/11	14:34	389	56.54	57.25	55.99	31.31
07/21/11	14:35	389	56.50	57.03	56.10	31.27
07/21/11	14:36	389	56.26	57.34	56.58	31.38
07/21/11	14:37	389	56.66	57.24	56.39	31.40
07/21/11	14:38	389	56.49	57.43	56.21	31.38
07/21/11	14:39	389	56.49	57.15	56.34	31.33
07/21/11	14:40	389	56.23	57.53	56.46	31.41
07/21/11	14:41	389	56.68	57.33	55.91	31.34
07/21/11	14:42	389	56.57	57.21	55.87	31.29

ตารางที่ ข-28 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-07 (ต่อ)

07/21/11	14:43	389	56.13	57.31	56.48	31.33
07/21/11	14:44	389	56.16	57.28	56.65	31.37
07/21/11	14:45	389	56.33	57.11	56.29	31.25
07/21/11	14:46	389	56.33	56.95	56.16	31.20
07/21/11	14:47	389	56.34	57.11	55.98	31.21
07/21/11	14:48	387	56.31	57.07	56.20	31.20
07/21/11	14:49	386	56.14	57.11	56.34	31.18
07/21/11	14:50	385	56.16	57.10	56.22	31.15
07/21/11	14:51	385	56.17	57.00	56.05	31.10
07/21/11	14:52	385	56.15	56.97	56.04	31.06
07/21/11	14:53	385	56.15	57.05	55.99	31.08
07/21/11	14:54	385	56.10	56.88	56.09	31.06
07/21/11	14:55	385	56.05	57.08	56.02	31.08
07/21/11	14:56	385	56.15	57.09	56.13	31.14
07/21/11	14:57	385	56.33	56.97	56.08	31.14
เฉลี่ย		**386.94**	**57.31**	**58.20**	**57.26**	**31.92**

8.ข้อมูลตรวจวัดการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศ AC-CB-08



รูปที่ ข-8 จุดตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่านหน่วยเครื่องส่งลมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเย็นด้านกลับของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-08

ตารางที่ ข-29 ข้อมูลตรวจวัดความเร็วลมผ่านAHUของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-08

วันที่	เวลา	A					B					C					D				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
07/21/11	13:00	310	410	450	480	440	420	480	400	490	480	410	420	460	480	450	420	430	420	470	480
07/21/11	13:15	430	430	460	490	440	430	460	390	500	490	450	480	470	480	470	440	470	440	490	490
07/21/11	13:30	440	420	440	460	440	420	480	420	510	460	460	480	470	480	490	430	420	430	510	520
07/21/11	13:45	380	440	460	440	430	420	470	430	480	470	470	490	490	480	480	440	450	420	500	500
07/21/11	14:00	320	430	460	450	440	410	490	420	480	490	480	510	460	470	470	480	460	460	490	500

วันที่	เวลา	E					F				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
07/21/11	13:00	480	460	470	450	490	440	390	430	390	450
07/21/11	13:15	490	450	480	490	480	420	420	440	450	490
07/21/11	13:30	490	470	470	500	470	430	440	430	480	530
07/21/11	13:45	500	450	480	500	480	450	450	420	470	510
07/21/11	14:00	490	480	490	480	490	460	470	420	480	470

ความเร็วเฉลี่ย 458 fpm = 2.33 m/s

ตารางที่ ข-30 ข้อมูลตรวจวัดความชื้นอุณหภูมิของอากาศเย็นด้านออกอากาศเย็นด้านกลับและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-08

วันที่	เวลา	Return									
		A		B		C		D		E	
		อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น
		°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH
07/21/11	13:00	30.24	36.9	30.16	37.34	29.16	42.51	29.18	39.58	29.79	38.84
07/21/11	13:15	30.61	35.67	30.53	37.81	29.73	38.52	28.64	39.95	29.96	38.7
07/21/11	13:30	30.51	37.21	30.53	38.2	29.86	41.65	28.38	40.74	29.23	37.94
07/21/11	13:45	29.76	38.25	30.04	38.38	29.96	39.32	28.07	40.95	29.17	41.11
07/21/11	14:00	29.37	39.59	29.91	39.2	30.49	39.12	27.13	43.15	29.77	39.55

วันที่	เวลา	Return		Supply		อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม
		F				
		อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	
		°C	% RH	°C	% RH	°C
07/21/11	13:00	30.46	38.48	7.92	83.56	33.7
07/21/11	13:15	30.13	38.02	7.52	83.90	33.4
07/21/11	13:30	29.9	38.94	7.54	84.17	34.6
07/21/11	13:45	29.2	39.53	7.71	84.96	33.9
07/21/11	14:00	28.97	41.2	7.77	84.37	33.1

Return	อุณหภูมิ	°C	29.63	Supply	อุณหภูมิ	°C	7.69	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	°C	33.74
	ความชื้น	% RH	39.21		ความชื้น	% RH	84.19			

ตารางที่ ข-31 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-08

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/20/11	15:11	387	5.14	5.07	5.11	1.75
07/20/11	15:12	388	4.98	4.80	5.14	1.54
07/20/11	15:13	388	5.48	5.13	5.03	1.82
07/20/11	15:14	388	4.82	4.99	5.47	1.75
07/20/11	15:15	388	5.25	4.98	4.87	1.53
07/20/11	15:16	388	4.92	4.89	5.14	1.53
07/20/11	15:17	388	5.06	5.08	5.39	1.77
07/20/11	15:18	388	5.30	5.15	5.03	1.75
07/20/11	15:19	388	4.94	5.02	5.34	1.76
07/20/11	15:20	388	5.21	5.06	5.00	1.71
07/20/11	15:21	388	5.13	5.26	5.23	1.88
07/20/11	15:22	388	4.97	4.86	5.15	1.57
07/20/11	15:23	388	5.22	5.03	4.99	1.63
07/20/11	15:24	389	5.18	5.49	5.29	2.05
07/20/11	15:25	390	5.03	4.84	5.03	1.47
07/20/11	15:26	390	5.40	5.34	5.14	1.93
07/20/11	15:27	391	5.06	5.06	5.36	1.74
07/20/11	15:28	392	5.07	5.14	5.19	1.62
07/20/11	15:29	391	5.29	5.38	5.19	1.84
07/20/11	15:30	392	5.18	5.10	4.99	1.64
07/20/11	15:31	392	5.24	5.32	5.31	1.91
07/20/11	15:32	392	5.03	5.10	5.41	1.68
07/20/11	15:33	392	5.19	5.05	4.91	1.43
07/20/11	15:34	392	5.49	5.17	5.16	1.81
07/20/11	15:35	392	5.53	5.38	5.16	1.95
07/20/11	15:36	392	5.00	5.16	5.45	1.78
07/20/11	15:37	392	5.21	5.01	5.11	1.59
07/20/11	15:38	392	5.36	5.45	5.10	1.91
07/20/11	15:39	392	5.10	5.15	5.44	1.79
07/20/11	15:40	392	5.29	5.16	5.09	1.72
07/20/11	15:41	391	5.18	5.29	5.30	1.91
07/20/11	15:42	392	5.06	5.00	5.29	1.60
07/20/11	15:43	392	5.29	5.07	5.07	1.65
07/20/11	15:44	392	4.97	5.24	5.55	1.76
07/20/11	15:45	392	5.45	5.17	5.18	1.77
07/20/11	15:46	392	5.10	5.27	5.53	1.87
07/20/11	15:47	392	5.38	5.40	5.24	1.96
07/20/11	15:48	391	5.38	5.39	5.16	1.88
07/20/11	15:49	392	5.34	5.03	5.24	1.67
07/20/11	15:50	392	5.33	5.14	5.02	1.60
07/20/11	15:51	392	5.23	5.14	5.08	1.63
07/20/11	15:52	392	4.99	5.19	5.40	1.71
07/20/11	15:53	392	5.57	5.23	5.18	1.91
07/20/11	15:54	392	5.05	4.93	5.48	1.60
07/20/11	15:55	392	5.27	5.08	5.08	1.61
07/20/11	15:56	392	5.26	5.49	5.30	1.99
07/20/11	15:57	392	5.10	5.18	5.54	1.80
07/20/11	15:58	392	5.08	5.14	5.22	1.63
07/20/11	15:59	393	5.06	5.44	5.25	1.83
07/20/11	16:00	393	5.26	5.16	5.19	1.70
07/20/11	16:01	393	5.31	5.33	5.22	1.83
07/20/11	16:02	392	5.09	5.03	5.25	1.59
07/20/11	16:03	393	4.93	5.30	5.50	1.80
07/20/11	16:04	393	5.65	5.23	5.18	1.83
07/20/11	16:05	393	4.90	5.30	5.57	1.89
07/20/11	16:06	393	5.21	4.98	5.09	1.53
07/20/11	16:07	390	5.25	5.32	5.31	1.95
07/20/11	16:08	390	5.10	5.05	5.15	1.67
07/20/11	16:09	390	5.06	5.16	5.13	1.67
07/20/11	16:10	390	5.25	5.23	4.99	1.81
07/20/11	16:11	390	5.10	4.89	5.16	1.58
07/20/11	16:12	390	5.29	5.09	5.02	1.70
07/20/11	16:13	390	4.89	5.25	5.52	1.84
07/20/11	16:14	390	5.21	5.11	5.03	1.64
07/20/11	16:15	390	5.10	5.50	5.47	2.00
07/20/11	16:16	390	5.07	4.91	5.00	1.48
07/20/11	16:17	391	5.24	4.98	4.97	1.56
07/20/11	16:18	390	5.02	5.36	5.37	1.91
07/20/11	16:19	388	5.09	5.05	5.03	1.60
07/20/11	16:20	390	5.21	5.00	5.17	1.75
07/20/11	16:21	390	5.15	5.23	5.24	1.82

ตารางที่ ข-31 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-08 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/20/11	16:22	390	5.21	5.24	5.05	1.72
07/20/11	16:23	389	4.99	4.86	5.25	1.60
07/20/11	16:24	390	5.60	5.42	5.16	2.05
07/20/11	16:25	390	4.94	4.77	5.14	1.50
07/20/11	16:26	390	5.15	5.05	4.89	1.51
07/20/11	16:27	390	5.45	5.30	5.07	1.89
07/20/11	16:28	390	5.08	5.37	5.37	1.93
07/20/11	16:29	390	4.93	5.09	5.01	1.61
07/20/11	16:30	390	5.15	5.00	5.19	1.70
07/20/11	16:31	390	5.03	5.32	5.24	1.77
07/20/11	16:32	389	5.29	5.21	5.13	1.77
07/20/11	16:33	390	5.19	4.98	4.98	1.57
07/20/11	16:34	390	4.97	4.91	5.38	1.61
07/20/11	16:35	390	5.40	5.09	5.06	1.69
07/20/11	16:36	390	5.24	5.47	5.34	2.06
07/20/11	16:37	389	4.98	5.33	5.46	1.92
07/20/11	16:38	389	5.18	5.03	5.03	1.60
07/20/11	16:39	389	5.05	5.27	5.34	1.89
07/20/11	16:40	389	5.15	5.14	4.98	1.70
07/20/11	16:41	389	4.89	5.27	5.23	1.75
07/20/11	16:42	390	5.18	5.32	5.29	1.88
07/20/11	16:43	389	5.06	4.92	4.90	1.52
07/20/11	16:44	389	5.18	5.02	4.98	1.61
07/20/11	16:45	390	5.40	5.48	5.16	2.01
07/20/11	16:46	390	4.95	5.23	5.56	1.82
07/20/11	16:47	390	4.97	5.00	5.27	1.65
07/20/11	16:48	389	5.27	5.00	5.01	1.67
07/20/11	16:49	390	5.38	5.23	5.00	1.81
07/20/11	16:50	389	5.10	5.26	5.26	1.83
07/20/11	16:51	389	5.06	5.01	5.26	1.71
07/20/11	16:52	389	5.30	5.10	4.95	1.70
07/20/11	16:53	388	5.14	5.30	5.27	1.91
07/20/11	16:54	388	5.05	5.37	5.45	1.98
07/20/11	16:55	388	5.14	5.03	4.92	1.57
07/20/11	16:56	388	4.98	5.29	5.49	1.92
07/20/11	16:57	388	4.85	4.89	5.16	1.60
07/20/11	16:58	388	4.98	4.94	5.01	1.54
07/20/11	16:59	387	5.33	4.95	5.02	1.71
07/20/11	17:00	387	5.21	5.29	5.11	1.83
07/20/11	17:01	387	5.01	5.09	5.33	1.71
07/20/11	17:02	388	5.10	4.99	4.94	1.60
07/20/11	17:03	387	5.29	5.10	5.00	1.73
07/20/11	17:04	387	5.24	5.42	5.22	2.02
07/20/11	17:05	387	5.03	4.85	5.15	1.55
07/20/11	17:06	388	5.21	5.01	4.85	1.59
07/20/11	17:07	388	5.16	5.38	5.21	1.99
07/20/11	17:08	387	4.94	4.85	5.00	1.54
07/20/11	17:09	387	5.33	5.10	5.01	1.79
07/20/11	17:10	387	5.07	4.92	5.31	1.81
07/20/11	17:11	387	5.00	5.08	5.06	1.66
07/20/11	17:12	387	5.18	5.14	5.21	1.87
07/20/11	17:13	387	4.90	4.95	5.25	1.67
07/20/11	17:14	387	5.32	5.05	4.99	1.72
07/20/11	17:15	387	5.13	5.46	5.38	2.08
07/20/11	17:16	387	4.89	4.74	5.02	1.48
07/20/11	17:17	387	5.38	5.14	5.01	1.82
07/20/11	17:18	387	5.02	5.18	5.38	1.92
07/20/11	17:19	387	4.98	5.01	5.00	1.60
07/20/11	17:20	387	5.25	4.89	5.08	1.67
07/20/11	17:21	387	5.22	5.27	5.21	1.87
07/20/11	17:22	387	5.10	4.91	4.97	1.58
07/20/11	17:23	387	5.32	5.22	5.14	1.87
07/20/11	17:24	387	4.84	5.24	5.48	1.84
07/20/11	17:25	387	4.94	4.82	5.17	1.51
07/20/11	17:26	388	5.38	5.44	5.22	2.02
07/20/11	17:27	387	4.89	4.89	5.27	1.58
07/20/11	17:28	387	5.22	4.93	4.92	1.57
07/20/11	17:29	387	5.01	5.10	5.36	1.88
07/20/11	17:30	387	5.07	5.05	4.92	1.62
07/20/11	17:31	387	5.03	4.98	5.15	1.68
07/20/11	17:32	387	5.01	5.15	5.16	1.79

ตารางที่ ข-31 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-08 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/20/11	17:33	387	5.06	4.92	5.02	1.56
07/20/11	17:34	387	5.30	5.46	5.19	2.01
07/20/11	17:35	387	4.99	4.84	5.05	1.44
07/20/11	17:36	386	5.48	5.16	5.11	1.89
07/20/11	17:37	386	4.86	4.84	5.01	1.49
07/20/11	17:38	387	5.24	5.33	5.31	2.02
07/20/11	17:39	387	4.94	5.02	4.97	1.60
07/20/11	17:40	386	5.27	5.16	4.98	1.77
07/20/11	17:41	387	5.10	4.86	5.23	1.72
07/20/11	17:42	386	5.14	5.14	5.02	1.74
07/20/11	17:43	386	4.87	5.05	5.15	1.70
07/20/11	17:44	386	5.36	5.02	5.09	1.85
07/20/11	17:45	387	5.10	5.02	4.93	1.58
07/20/11	17:46	386	5.05	5.42	5.36	2.04
07/20/11	17:47	386	5.06	4.93	4.79	1.49
07/20/11	17:48	387	4.97	5.11	5.37	1.78
07/20/11	17:49	387	5.30	5.16	4.93	1.77
07/20/11	17:50	386	5.05	5.01	4.97	1.67
07/20/11	17:51	386	5.07	4.82	5.29	1.69
07/20/11	17:52	386	5.00	4.92	5.15	1.69
07/20/11	17:53	386	5.13	5.23	5.23	1.91
07/20/11	17:54	386	4.92	4.76	5.13	1.54
07/20/11	17:55	386	5.34	5.08	5.01	1.74
07/20/11	17:56	386	5.03	5.42	5.46	1.99
07/20/11	17:57	386	5.01	4.78	4.89	1.47
07/20/11	17:58	385	5.00	5.33	5.30	1.92
07/20/11	17:59	386	5.23	4.91	4.98	1.68
07/20/11	18:00	386	5.02	5.22	5.18	1.82
07/20/11	18:01	386	5.10	4.91	4.92	1.62
07/20/11	18:02	386	5.00	5.11	5.06	1.70
07/20/11	18:03	386	5.06	5.16	5.21	1.85
07/20/11	18:04	386	5.00	4.94	4.87	1.54
07/20/11	18:05	385	5.38	5.16	5.11	1.96
07/20/11	18:06	386	4.75	5.32	5.44	1.90
07/20/11	18:07	386	5.06	4.95	4.82	1.50
07/20/11	18:08	386	5.30	5.02	4.93	1.77
07/20/11	18:09	386	4.93	4.93	5.26	1.78
07/20/11	18:10	386	5.22	5.25	4.97	1.82
เฉลี่ย		**388.80**	**5.14**	**5.12**	**5.16**	**1.74**

ตารางที่ ข-32 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-08

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/20/11	12:10	393	58.60	60.02	59.01	33.17
07/20/11	12:11	393	58.78	60.29	59.32	33.35
07/20/11	12:12	393	58.48	59.88	58.94	33.10
07/20/11	12:13	393	58.94	60.34	59.24	33.38
07/20/11	12:14	393	58.92	60.33	59.25	33.37
07/20/11	12:15	393	58.81	60.39	59.29	33.35
07/20/11	12:16	392	58.53	60.02	58.99	33.15
07/20/11	12:17	393	58.78	60.14	59.23	33.29
07/20/11	12:18	393	58.55	60.11	59.13	33.20
07/20/11	12:19	393	58.87	60.20	59.42	33.37
07/20/11	12:20	393	59.07	60.34	59.32	33.43
07/20/11	12:21	393	58.79	60.26	59.14	33.30
07/20/11	12:22	393	58.71	60.44	59.46	33.38
07/20/11	12:23	393	58.67	60.13	59.35	33.27
07/20/11	12:24	393	58.78	60.22	59.29	33.31
07/20/11	12:25	393	58.89	60.28	59.55	33.40
07/20/11	12:26	393	58.81	60.33	59.24	33.32
07/20/11	12:27	393	59.08	60.45	59.66	33.52
07/20/11	12:28	391	58.47	59.94	59.01	33.05

ตารางที่ ข-32 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-08 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/20/11	12:29	389	58.68	60.10	59.18	33.14
07/20/11	12:30	389	58.83	60.16	59.48	33.28
07/20/11	12:31	389	59.01	60.43	59.40	33.38
07/20/11	12:32	389	58.53	59.95	58.90	33.02
07/20/11	12:33	389	59.15	60.60	59.71	33.49
07/20/11	12:34	388	59.30	60.71	59.76	33.55
07/20/11	12:35	388	59.19	60.67	59.82	33.53
07/20/11	12:36	389	59.27	60.71	59.84	33.57
07/20/11	12:37	388	59.21	60.71	59.84	33.56
07/20/11	12:38	388	58.68	60.17	59.23	33.15
07/20/11	12:39	388	59.22	60.64	59.77	33.50
07/20/11	12:40	388	59.60	61.06	60.13	33.77
07/20/11	12:41	388	59.71	61.12	60.24	33.83
07/20/11	12:42	388	59.11	60.57	59.62	33.42
07/20/11	12:43	388	59.63	61.03	60.12	33.76
07/20/11	12:44	388	59.21	60.69	59.76	33.50
07/20/11	12:45	388	58.89	60.27	59.43	33.26
07/20/11	12:46	388	58.84	60.21	59.32	33.21
07/20/11	12:47	388	59.41	60.85	59.96	33.62
07/20/11	12:48	388	59.27	60.71	59.80	33.53
07/20/11	12:49	388	59.57	60.98	60.05	33.75
07/20/11	12:50	388	59.56	60.99	60.12	33.78
07/20/11	12:51	388	58.98	60.44	59.50	33.35
07/20/11	12:52	388	58.81	60.26	59.30	33.23
07/20/11	12:53	388	58.81	60.17	59.23	33.19
07/20/11	12:54	387	58.85	60.36	59.45	33.25
07/20/11	12:55	388	58.90	60.36	59.48	33.27
07/20/11	12:56	388	58.95	60.37	59.40	33.29
07/20/11	12:57	388	59.10	60.56	59.65	33.43
07/20/11	12:58	388	59.43	60.87	60.03	33.64
07/20/11	12:59	388	59.03	60.53	59.60	33.38
07/20/11	13:00	387	58.73	60.12	59.22	33.12
07/20/11	13:01	387	59.01	60.45	59.56	33.33
07/20/11	13:02	387	58.91	60.37	59.47	33.26
07/20/11	13:03	387	58.85	60.27	59.40	33.20
07/20/11	13:04	387	58.68	60.16	59.26	33.10
07/20/11	13:05	387	58.82	60.18	59.27	33.14
07/20/11	13:06	387	58.68	60.14	59.18	33.09
07/20/11	13:07	387	58.58	60.00	59.08	33.00
07/20/11	13:08	387	58.69	60.11	59.17	33.09
07/20/11	13:09	387	58.83	60.22	59.37	33.19
07/20/11	13:10	387	58.74	60.13	59.24	33.12
07/20/11	13:11	387	58.76	60.20	59.38	33.17
07/20/11	13:12	387	58.83	60.27	59.38	33.20
07/20/11	13:13	387	58.73	60.10	59.18	33.10
07/20/11	13:14	387	58.71	60.17	59.29	33.13
07/20/11	13:15	387	58.83	60.24	59.37	33.19
07/20/11	13:16	387	58.97	60.41	59.48	33.28
07/20/11	13:17	387	59.03	60.42	59.49	33.31
07/20/11	13:18	387	59.24	60.72	59.81	33.49
07/20/11	13:19	387	59.76	61.14	60.29	33.81
07/20/11	13:20	387	59.47	60.97	60.09	33.67
07/20/11	13:21	387	58.68	60.09	59.19	33.07
07/20/11	13:22	387	58.95	60.43	59.50	33.29
07/20/11	13:23	387	58.75	60.12	59.34	33.14
07/20/11	13:24	387	58.83	60.19	59.35	33.17
07/20/11	13:25	387	59.71	61.14	60.22	33.79
07/20/11	13:26	387	58.99	60.44	59.57	33.33
07/20/11	13:27	387	59.71	61.14	60.27	33.81
07/20/11	13:28	387	59.73	61.23	60.28	33.84
07/20/11	13:29	387	59.66	61.11	60.21	33.78
07/20/11	13:30	387	59.30	60.68	59.86	33.53
07/20/11	13:31	387	59.19	60.58	59.78	33.45
07/20/11	13:32	387	59.17	60.50	59.66	33.40
07/20/11	13:33	387	59.33	60.75	59.94	33.57
07/20/11	13:34	387	59.18	60.55	59.69	33.42
07/20/11	13:35	387	59.01	60.42	59.63	33.33
07/20/11	13:36	387	59.38	60.82	59.97	33.62
07/20/11	13:37	387	59.54	60.98	60.09	33.70
07/20/11	13:38	387	59.48	60.87	60.01	33.64
07/20/11	13:39	387	59.38	60.84	59.93	33.59

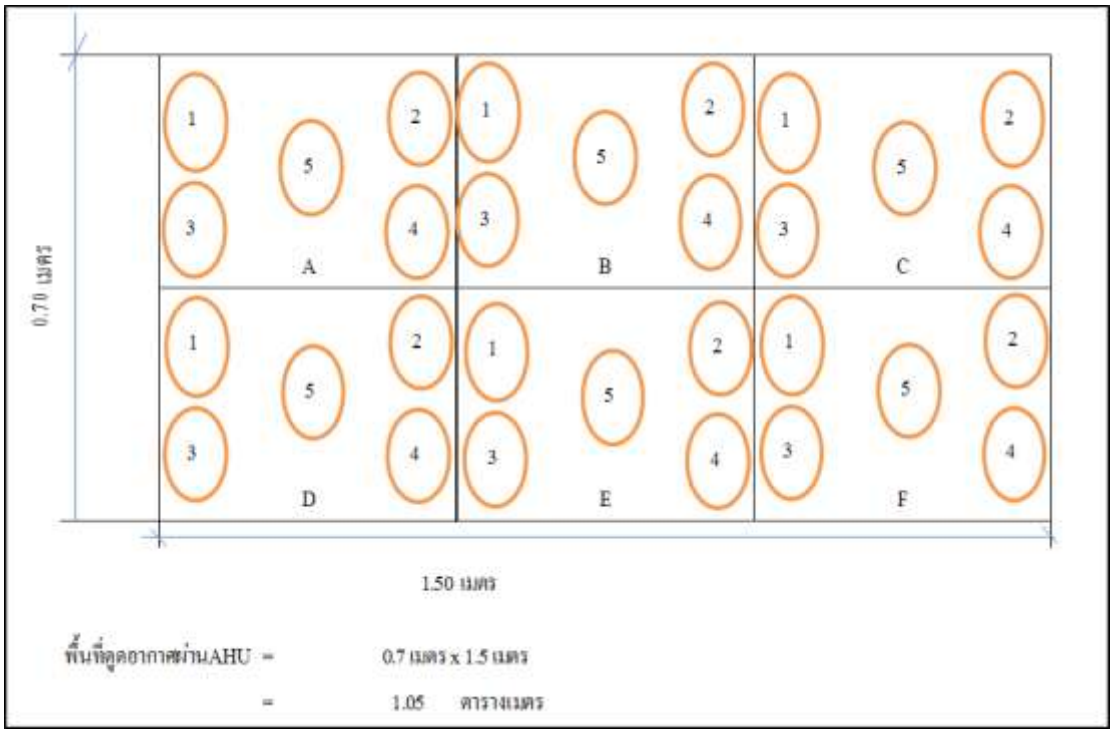
ตารางที่ ข-32 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-08 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/20/11	13:40	387	58.97	60.34	59.54	33.28
07/20/11	13:41	387	58.76	60.20	59.38	33.17
07/20/11	13:42	387	59.09	60.45	59.60	33.36
07/20/11	13:43	387	58.71	60.10	59.25	33.10
07/20/11	13:44	387	58.74	60.21	59.22	33.15
07/20/11	13:45	387	59.09	60.55	59.60	33.40
07/20/11	13:46	387	59.16	60.56	59.74	33.44
07/20/11	13:47	387	59.01	60.58	59.65	33.41
07/20/11	13:48	387	59.54	60.99	60.16	33.74
07/20/11	13:49	387	59.08	60.50	59.57	33.38
07/20/11	13:50	387	58.60	60.04	59.21	33.08
07/20/11	13:51	387	58.71	60.28	59.35	33.20
07/20/11	13:52	387	58.73	60.10	59.24	33.13
07/20/11	13:53	387	58.58	60.01	59.13	33.06
07/20/11	13:54	387	58.68	60.17	59.30	33.16
07/20/11	13:55	387	58.83	60.28	59.45	33.24
07/20/11	13:56	387	58.78	60.22	59.31	33.20
07/20/11	13:57	387	58.68	60.09	59.21	33.10
07/20/11	13:58	387	58.99	60.53	59.52	33.34
07/20/11	13:59	387	59.10	60.57	59.71	33.43
07/20/11	14:00	387	59.03	60.55	59.68	33.40
07/20/11	14:01	387	59.25	60.66	59.93	33.54
07/20/11	14:02	387	59.16	60.60	59.77	33.48
07/20/11	14:03	387	59.38	60.83	60.01	33.60
07/20/11	14:04	387	59.09	60.56	59.72	33.43
07/20/11	14:05	387	59.02	60.44	59.50	33.35
07/20/11	14:06	387	58.90	60.35	59.56	33.31
07/20/11	14:07	387	58.61	59.96	59.16	33.05
07/20/11	14:08	387	58.86	60.37	59.41	33.26
07/20/11	14:09	387	59.00	60.36	59.41	33.29
07/20/11	14:10	387	58.43	59.88	59.09	32.97
07/20/11	14:11	387	59.03	60.49	59.63	33.38
07/20/11	14:12	387	58.90	60.34	59.42	33.27
07/20/11	14:13	387	58.53	59.97	59.19	33.05
07/20/11	14:14	387	58.59	60.02	59.06	33.04
07/20/11	14:15	387	58.31	59.78	58.86	32.88
07/20/11	14:16	387	58.54	60.01	59.05	33.01
07/20/11	14:17	387	58.70	60.10	59.16	33.10
07/20/11	14:18	387	59.01	60.45	59.57	33.36
07/20/11	14:19	387	58.70	60.08	59.27	33.13
07/20/11	14:20	387	59.32	60.80	59.93	33.58
07/20/11	14:21	387	59.18	60.71	59.84	33.52
07/20/11	14:22	387	59.19	60.60	59.89	33.46
07/20/11	14:23	387	58.94	60.32	59.45	33.25
07/20/11	14:24	387	58.77	60.24	59.34	33.18
07/20/11	14:25	387	58.82	60.28	59.35	33.20
07/20/11	14:26	387	58.83	60.27	59.42	33.22
07/20/11	14:27	387	58.98	60.41	59.53	33.34
07/20/11	14:28	387	59.14	60.61	59.66	33.44
07/20/11	14:29	387	58.70	60.17	59.41	33.20
07/20/11	14:30	387	58.74	60.24	59.40	33.20
07/20/11	14:31	387	58.99	60.53	59.48	33.34
07/20/11	14:32	387	59.29	60.74	59.79	33.53
07/20/11	14:33	387	58.92	60.34	59.48	33.27
07/20/11	14:34	387	58.84	60.27	59.45	33.26
07/20/11	14:35	388	58.66	59.97	59.13	33.07
07/20/11	14:36	387	58.56	59.93	59.01	33.00
07/20/11	14:37	387	58.86	60.26	59.41	33.23
07/20/11	14:38	386	59.24	60.65	59.73	33.45
07/20/11	14:39	385	59.42	60.82	59.89	33.55
07/20/11	14:40	384	59.22	60.73	59.86	33.43
07/20/11	14:41	387	59.02	60.50	59.60	33.37
07/20/11	14:42	386	59.01	60.37	59.55	33.31
07/20/11	14:43	386	59.02	60.44	59.63	33.36
07/20/11	14:44	386	59.11	60.43	59.58	33.37
07/20/11	14:45	386	58.82	60.09	59.31	33.16
07/20/11	14:46	386	58.31	59.76	58.85	32.87
07/20/11	14:47	386	58.36	59.80	58.98	32.90
07/20/11	14:48	386	58.48	59.73	58.97	32.92
07/20/11	14:49	386	58.38	59.70	58.83	32.85
07/20/11	14:50	386	58.60	60.02	59.18	33.04

ตารางที่ ข-32 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-08 (ต่อ)

07/20/11	14:51	385	58.40	59.86	59.11	32.95
07/20/11	14:52	385	58.48	59.94	59.02	32.97
07/20/11	14:53	385	58.58	59.92	59.06	32.98
07/20/11	14:54	385	58.54	59.94	59.23	33.03
07/20/11	14:55	385	58.62	60.06	59.17	33.05
07/20/11	14:56	386	58.76	60.24	59.49	33.21
07/20/11	14:57	386	58.98	60.35	59.53	33.30
07/20/11	14:58	385	58.92	60.37	59.50	33.27
07/20/11	14:59	385	59.06	60.56	59.72	33.38
07/20/11	15:00	385	59.31	60.75	59.95	33.55
07/20/11	15:01	386	58.89	60.22	59.45	33.23
07/20/11	15:02	386	59.17	60.53	59.77	33.44
07/20/11	15:03	386	59.18	60.66	59.79	33.45
07/20/11	15:04	387	58.99	60.43	59.55	33.30
07/20/11	15:05	387	59.13	60.55	59.76	33.44
07/20/11	15:06	387	59.11	60.48	59.69	33.41
07/20/11	15:07	387	59.16	60.52	59.74	33.41
07/20/11	15:08	387	59.56	61.05	60.08	33.71
07/20/11	15:09	387	59.56	61.03	60.17	33.75
07/20/11	15:10	387	59.34	60.82	59.96	33.62
เฉลี่ย		**387.55**	**58.96**	**60.40**	**59.51**	**33.32**

9.ข้อมูลตรวจวัดการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศ AC-CB-09



รูปที่ ข-9 จุดตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศผ่านหน่วยเครื่องส่งลมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเย็นด้านกลับของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-09

ตารางที่ ข-33 ข้อมูลตรวจวัดความเร็วลมผ่านAHUของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-09

วันที่	เวลา	A					B					C					D				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
07/20/11	13:00	200	300	400	560	580	350	360	550	530	540	320	310	610	580	550	630	620	580	600	620
07/20/11	13:15	320	320	380	550	560	340	340	550	500	530	270	330	570	590	580	620	630	650	630	610
07/20/11	13:30	350	550	580	520	580	320	320	510	500	550	300	320	590	590	580	650	550	610	610	570
07/20/11	13:45	310	600	600	590	610	320	550	520	520	550	310	510	570	590	610	570	640	590	590	570
07/20/11	14:00	520	570	570	540	590	510	540	530	550	590	500	550	570	620	620	620	590	620	640	580

วันที่	เวลา	E					F				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
07/20/11	13:00	590	670	650	620	600	430	570	610	570	370
07/20/11	13:15	600	610	650	630	630	550	590	580	580	580
07/20/11	13:30	630	610	620	610	600	600	580	620	570	600
07/20/11	13:45	620	630	620	590	630	570	580	520	580	480
07/20/11	14:00	580	580	640	620	600	570	550	620	590	480

ความเร็วเฉลี่ย 542.1 fpm = 2.75 m/s

ตารางที่ ข-34 ข้อมูลตรวจวัดความชื้นอุณหภูมิของอากาศเย็นด้านออกอากาศเย็นด้านกลับและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-09

วันที่	เวลา	Return									
		A		B		C		D		E	
		อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น
		°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH	°C	% RH
07/20/11	13:00	30.62	29.87	30.36	30.75	29.8	32.37	30	30	31	33
07/20/11	13:15	30.94	29.98	29.87	32.69	29.46	32.47	29	30	31	32
07/20/11	13:30	30.43	30.16	29.62	32.37	28.84	34.47	30	31	31	33
07/20/11	13:45	30.65	29.97	29.65	32.08	28.75	34.36	30	31	31	32
07/20/11	14:00	30.98	29.98	29.87	33.56	28.59	35.7	30	29	31	33

วันที่	เวลา	Return		Supply		อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม
		F				
		อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	
		°C	% RH	°C	% RH	°C
07/20/11	13:00	31	33	7.92	83.56	33.7
07/20/11	13:15	31	33	7.52	83.90	33.4
07/20/11	13:30	30	33	7.54	84.17	34.6
07/20/11	13:45	30	33	7.71	84.96	33.9
07/20/11	14:00	30	34	7.77	84.37	33.1

Return	อุณหภูมิ	°C	30.20	Supply	อุณหภูมิ	°C	7.69	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม	°C	33.74
	ความชื้น	% RH	32		ความชื้น	% RH	84.19			

ตารางที่ ข-35 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-09

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/21/11	9:50	389	2.33	2.33	2.41	1.33
07/21/11	9:51	389	2.29	2.33	2.40	1.31
07/21/11	9:52	389	2.32	2.36	2.42	1.33
07/21/11	9:53	389	2.29	2.37	2.40	1.32
07/21/11	9:54	389	2.33	2.33	2.39	1.32
07/21/11	9:55	389	2.32	2.32	2.42	1.32
07/21/11	9:56	389	2.30	2.35	2.43	1.33
07/21/11	9:57	389	2.28	2.35	2.37	1.31
07/21/11	9:58	389	2.32	2.34	2.41	1.33
07/21/11	9:59	389	2.30	2.32	2.41	1.32
07/21/11	10:00	389	2.34	2.35	2.35	1.32
07/21/11	10:01	389	2.34	2.36	2.40	1.34
07/21/11	10:02	389	2.33	2.33	2.43	1.33
07/21/11	10:03	389	2.30	2.36	2.33	1.31
07/21/11	10:04	388	2.32	2.35	2.41	1.32
07/21/11	10:05	388	2.30	2.34	2.42	1.33
07/21/11	10:06	388	2.30	2.34	2.37	1.31
07/21/11	10:07	389	2.30	2.30	2.36	1.31
07/21/11	10:08	388	2.33	2.32	2.41	1.32
07/21/11	10:09	388	2.33	2.36	2.41	1.33
07/21/11	10:10	388	2.33	2.37	2.40	1.33
07/21/11	10:11	388	2.32	2.33	2.43	1.33
07/21/11	10:12	388	2.35	2.34	2.35	1.32
07/21/11	10:13	388	2.27	2.33	2.43	1.31
07/21/11	10:14	388	2.34	2.32	2.41	1.32
07/21/11	10:15	389	2.30	2.37	2.40	1.33
07/21/11	10:16	388	2.35	2.33	2.40	1.32
07/21/11	10:17	388	2.33	2.37	2.43	1.34
07/21/11	10:18	388	2.32	2.33	2.37	1.31
07/21/11	10:19	388	2.34	2.34	2.39	1.32
07/21/11	10:20	388	2.29	2.32	2.42	1.32
07/21/11	10:21	388	2.28	2.36	2.39	1.32
07/21/11	10:22	388	2.33	2.34	2.39	1.32
07/21/11	10:23	388	2.30	2.32	2.42	1.32
07/21/11	10:24	388	2.30	2.37	2.36	1.32
07/21/11	10:25	388	2.33	2.32	2.39	1.31
07/21/11	10:26	388	2.32	2.36	2.41	1.33
07/21/11	10:27	388	2.29	2.36	2.36	1.31
07/21/11	10:28	388	2.32	2.34	2.37	1.31
07/21/11	10:29	388	2.32	2.34	2.40	1.32
07/21/11	10:30	388	2.30	2.33	2.42	1.32
07/21/11	10:31	388	2.32	2.33	2.39	1.32
07/21/11	10:32	388	2.34	2.34	2.42	1.33
07/21/11	10:33	389	2.30	2.34	2.37	1.31
07/21/11	10:34	389	2.29	2.34	2.39	1.32
07/21/11	10:35	388	2.32	2.32	2.35	1.30
07/21/11	10:36	388	2.32	2.34	2.37	1.31
07/21/11	10:37	388	2.34	2.36	2.39	1.33
07/21/11	10:38	389	2.29	2.32	2.41	1.31
07/21/11	10:39	388	2.30	2.34	2.39	1.31
07/21/11	10:40	388	2.34	2.28	2.35	1.30
07/21/11	10:41	388	2.28	2.36	2.42	1.33
07/21/11	10:42	388	2.32	2.32	2.33	1.29
07/21/11	10:43	388	2.27	2.34	2.41	1.31
07/21/11	10:44	388	2.29	2.28	2.32	1.28
07/21/11	10:45	388	2.27	2.33	2.36	1.30
07/21/11	10:46	388	2.28	2.32	2.36	1.30
07/21/11	10:47	388	2.28	2.32	2.37	1.30
07/21/11	10:48	388	2.29	2.35	2.40	1.32
07/21/11	10:49	388	2.33	2.29	2.40	1.31
07/21/11	10:50	388	2.26	2.33	2.32	1.29
07/21/11	10:51	388	2.16	2.25	2.34	1.25
07/21/11	10:52	388	2.20	2.28	2.28	1.25
07/21/11	10:53	388	2.28	2.33	2.40	1.31
07/21/11	10:54	388	2.29	2.20	2.29	1.26
07/21/11	10:55	388	2.26	2.33	2.35	1.29
07/21/11	10:56	388	2.33	2.33	2.36	1.32
07/21/11	10:57	388	2.28	2.33	2.40	1.31
07/21/11	10:58	388	2.30	2.37	2.41	1.33
07/21/11	10:59	388	2.19	2.26	2.39	1.27
07/21/11	11:00	388	2.34	2.36	2.39	1.33

ตารางที่ ข-35 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-09 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/21/11	11:01	388	2.32	2.28	2.41	1.31
07/21/11	11:02	388	2.30	2.34	2.29	1.29
07/21/11	11:03	388	2.26	2.33	2.39	1.30
07/21/11	11:04	388	2.24	2.28	2.44	1.30
07/21/11	11:05	388	2.30	2.30	2.37	1.30
07/21/11	11:06	388	2.28	2.34	2.40	1.31
07/21/11	11:07	388	2.35	2.33	2.34	1.31
07/21/11	11:08	388	2.26	2.30	2.30	1.28
07/21/11	11:09	388	2.26	2.29	2.43	1.31
07/21/11	11:10	388	2.36	2.32	2.37	1.32
07/21/11	11:11	388	2.30	2.35	2.29	1.29
07/21/11	11:12	388	2.27	2.34	2.39	1.31
07/21/11	11:13	388	2.28	2.27	2.42	1.30
07/21/11	11:14	388	2.32	2.34	2.36	1.32
07/21/11	11:15	388	2.29	2.33	2.42	1.32
07/21/11	11:16	388	2.36	2.30	2.36	1.31
07/21/11	11:17	388	2.26	2.20	2.27	1.24
07/21/11	11:18	388	2.34	2.36	2.35	1.32
07/21/11	11:19	388	2.28	2.35	2.42	1.32
07/21/11	11:20	388	2.34	2.35	2.36	1.32
07/21/11	11:21	388	2.25	2.34	2.29	1.28
07/21/11	11:22	388	2.26	2.32	2.41	1.30
07/21/11	11:23	388	2.34	2.34	2.36	1.32
07/21/11	11:24	388	2.28	2.30	2.41	1.31
07/21/11	11:25	388	2.32	2.35	2.36	1.31
07/21/11	11:26	388	2.27	2.30	2.40	1.30
07/21/11	11:27	388	2.34	2.34	2.36	1.31
07/21/11	11:28	388	2.26	2.32	2.37	1.29
07/21/11	11:29	388	2.26	2.20	2.34	1.26
07/21/11	11:30	388	2.30	2.32	2.35	1.30
07/21/11	11:31	388	2.30	2.41	2.35	1.33
07/21/11	11:32	388	2.26	2.33	2.39	1.30
07/21/11	11:33	388	2.25	2.26	2.39	1.28
07/21/11	11:34	388	2.32	2.30	2.34	1.30
07/21/11	11:35	388	2.28	2.37	2.41	1.32
07/21/11	11:36	388	2.34	2.33	2.35	1.31
07/21/11	11:37	388	2.28	2.34	2.43	1.32
07/21/11	11:38	388	2.30	2.35	2.35	1.31
07/21/11	11:39	388	2.30	2.28	2.39	1.30
07/21/11	11:40	388	2.28	2.35	2.34	1.30
07/21/11	11:41	388	2.33	2.28	2.39	1.31
07/21/11	11:42	388	2.27	2.36	2.36	1.30
07/21/11	11:43	388	2.27	2.28	2.42	1.30
07/21/11	11:44	388	2.29	2.35	2.34	1.31
07/21/11	11:45	388	2.33	2.30	2.42	1.32
07/21/11	11:46	388	2.29	2.35	2.36	1.31
07/21/11	11:47	388	2.33	2.32	2.39	1.31
07/21/11	11:48	388	2.25	2.30	2.28	1.27
07/21/11	11:49	388	2.29	2.30	2.40	1.31
07/21/11	11:50	388	2.28	2.27	2.30	1.27
07/21/11	11:51	388	2.26	2.33	2.40	1.30
07/21/11	11:52	388	2.32	2.29	2.35	1.30
07/21/11	11:53	388	2.32	2.30	2.29	1.28
07/21/11	11:54	388	2.27	2.33	2.40	1.30
07/21/11	11:55	388	2.32	2.29	2.37	1.30
07/21/11	11:56	388	2.28	2.36	2.35	1.31
07/21/11	11:57	388	2.28	2.34	2.41	1.31
07/21/11	11:58	388	2.32	2.32	2.36	1.31
07/21/11	11:59	388	2.28	2.33	2.40	1.31
07/21/11	12:00	388	2.30	2.32	2.32	1.29
07/21/11	12:01	388	2.26	2.29	2.41	1.29
07/21/11	12:02	388	2.32	2.29	2.39	1.30
07/21/11	12:03	388	2.29	2.40	2.37	1.32
07/21/11	12:04	388	2.27	2.34	2.43	1.32
07/21/11	12:05	388	2.34	2.30	2.37	1.31
07/21/11	12:06	388	2.29	2.32	2.39	1.31
07/21/11	12:07	388	2.29	2.32	2.33	1.29
07/21/11	12:08	388	2.29	2.28	2.39	1.30
07/21/11	12:09	388	2.27	2.35	2.35	1.30
07/21/11	12:10	388	2.29	2.29	2.42	1.31
07/21/11	12:11	388	2.32	2.35	2.36	1.31

ตารางที่ ข-35 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ AHU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-09 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/21/11	12:12	388	2.30	2.30	2.42	1.31
07/21/11	12:13	388	2.28	2.32	2.30	1.29
07/21/11	12:14	388	2.26	2.32	2.34	1.29
07/21/11	12:15	388	2.30	2.26	2.40	1.30
07/21/11	12:16	388	2.29	2.33	2.36	1.30
07/21/11	12:17	388	2.28	2.40	2.33	1.31
07/21/11	12:18	388	2.27	2.36	2.37	1.31
07/21/11	12:19	388	2.28	2.25	2.36	1.28
07/21/11	12:20	388	2.32	2.30	2.34	1.30
07/21/11	12:21	388	2.30	2.33	2.41	1.32
07/21/11	12:22	388	2.29	2.35	2.40	1.31
07/21/11	12:23	388	2.29	2.32	2.35	1.30
07/21/11	12:24	388	2.32	2.33	2.39	1.31
07/21/11	12:25	388	2.27	2.35	2.39	1.31
07/21/11	12:26	388	2.33	2.29	2.41	1.32
07/21/11	12:27	388	2.32	2.39	2.35	1.32
07/21/11	12:28	388	2.30	2.28	2.41	1.30
07/21/11	12:29	388	2.33	2.32	2.36	1.30
07/21/11	12:30	388	2.26	2.35	2.40	1.31
07/21/11	12:31	388	2.28	2.28	2.40	1.30
07/21/11	12:32	388	2.33	2.34	2.36	1.31
07/21/11	12:33	388	2.27	2.34	2.39	1.31
07/21/11	12:34	388	2.32	2.26	2.33	1.28
07/21/11	12:35	388	2.32	2.34	2.41	1.32
07/21/11	12:36	388	2.28	2.36	2.36	1.30
07/21/11	12:37	388	2.22	2.29	2.43	1.29
07/21/11	12:38	388	2.34	2.30	2.40	1.32
07/21/11	12:39	387	2.34	2.37	2.33	1.31
07/21/11	12:40	387	2.28	2.32	2.39	1.30
07/21/11	12:41	387	2.32	2.33	2.35	1.30
07/21/11	12:42	387	2.27	2.32	2.42	1.30
07/21/11	12:43	387	2.30	2.34	2.39	1.31
07/21/11	12:44	387	2.32	2.30	2.37	1.30
07/21/11	12:45	387	2.27	2.39	2.41	1.32
07/21/11	12:46	387	2.34	2.32	2.37	1.31
07/21/11	12:47	386	2.27	2.37	2.36	1.30
07/21/11	12:48	386	2.27	2.32	2.39	1.30
07/21/11	12:49	386	2.35	2.29	2.35	1.30
เฉลี่ย		**388.08**	**2.30**	**2.33**	**2.38**	**1.31**

ตารางที่ ข-36 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-09

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/20/11	12:03	392	58.15	59.94	59.49	32.95
07/20/11	12:04	392	56.97	59.09	58.21	32.27
07/20/11	12:05	393	57.18	58.67	58.49	32.25
07/20/11	12:06	392	57.27	58.98	58.61	32.31
07/20/11	12:07	392	57.26	58.70	58.51	32.25
07/20/11	12:08	393	57.14	58.53	58.28	32.14
07/20/11	12:09	393	57.57	59.51	58.72	32.58
07/20/11	12:10	393	57.75	59.34	58.83	32.54
07/20/11	12:11	393	58.07	60.04	58.53	32.73
07/20/11	12:12	393	57.73	59.39	57.93	32.35
07/20/11	12:13	393	57.76	59.48	59.34	32.73
07/20/11	12:14	393	58.32	59.82	59.22	32.90
07/20/11	12:15	393	57.55	59.00	57.53	32.20
07/20/11	12:16	393	57.48	59.16	58.98	32.53
07/20/11	12:17	392	57.35	58.32	57.98	32.04
07/20/11	12:18	393	57.52	58.67	57.99	32.16
07/20/11	12:19	393	58.01	60.03	59.84	33.01
07/20/11	12:20	393	58.22	60.32	59.82	33.08
07/20/11	12:21	393	58.68	59.92	59.15	33.05
07/20/11	12:22	393	58.57	59.76	58.84	32.84
07/20/11	12:23	393	57.92	59.12	58.24	32.48
07/20/11	12:24	393	58.22	59.11	58.20	32.50

ตารางที่ ข-36 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-09 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/20/11	12:25	393	57.69	59.61	59.15	32.72
07/20/11	12:26	393	57.51	59.58	58.87	32.57
07/20/11	12:27	393	57.73	59.35	59.34	32.70
07/20/11	12:28	393	56.69	58.91	58.24	32.09
07/20/11	12:29	388	58.02	59.56	58.31	32.43
07/20/11	12:30	389	57.89	60.11	59.01	32.72
07/20/11	12:31	389	58.13	60.41	59.10	32.82
07/20/11	12:32	389	57.90	59.69	59.61	32.77
07/20/11	12:33	389	58.94	60.31	58.79	32.99
07/20/11	12:34	389	59.65	61.59	60.28	33.71
07/20/11	12:35	388	58.14	59.55	58.41	32.54
07/20/11	12:36	389	58.01	60.13	58.55	32.74
07/20/11	12:37	388	58.95	59.87	59.58	32.99
07/20/11	12:38	389	58.28	60.65	59.38	33.00
07/20/11	12:39	388	58.60	59.72	59.08	32.76
07/20/11	12:40	389	58.12	59.62	59.41	32.75
07/20/11	12:41	388	58.78	60.49	59.25	33.06
07/20/11	12:42	388	57.48	59.19	59.07	32.37
07/20/11	12:43	388	58.18	59.17	59.00	32.57
07/20/11	12:44	388	58.21	59.62	58.41	32.49
07/20/11	12:45	388	58.13	59.41	58.01	32.42
07/20/11	12:46	388	57.69	59.43	59.17	32.55
07/20/11	12:47	388	58.25	60.62	59.33	32.88
07/20/11	12:48	388	59.54	60.96	59.71	33.37
07/20/11	12:49	388	60.09	61.06	60.06	33.58
07/20/11	12:50	389	58.29	60.51	60.09	33.01
07/20/11	12:51	388	57.89	59.59	58.32	32.46
07/20/11	12:52	388	57.39	59.66	58.45	32.38
07/20/11	12:53	388	57.61	58.60	58.85	32.29
07/20/11	12:54	387	57.21	58.96	58.54	32.17
07/20/11	12:55	388	57.93	59.25	58.36	32.31
07/20/11	12:56	387	57.47	59.22	58.60	32.16
07/20/11	12:57	388	57.32	59.39	58.70	32.32
07/20/11	12:58	388	59.15	61.25	60.37	33.51
07/20/11	12:59	388	58.36	59.71	59.93	32.79
07/20/11	13:00	387	58.01	59.81	58.78	32.52
07/20/11	13:01	387	58.29	59.43	58.54	32.51
07/20/11	13:02	387	57.48	59.38	59.06	32.40
07/20/11	13:03	387	57.08	59.22	57.74	32.02
07/20/11	13:04	387	57.42	58.36	58.54	32.07
07/20/11	13:05	387	57.26	58.76	58.70	32.10
07/20/11	13:06	387	58.48	59.38	58.45	32.49
07/20/11	13:07	387	58.16	59.08	59.00	32.48
07/20/11	13:08	387	57.48	59.70	58.96	32.44
07/20/11	13:09	387	58.14	60.09	59.17	32.73
07/20/11	13:10	387	58.12	59.57	58.37	32.41
07/20/11	13:11	387	57.91	59.18	58.29	32.26
07/20/11	13:12	387	58.26	59.26	58.44	32.46
07/20/11	13:13	387	57.53	59.00	59.12	32.37
07/20/11	13:14	387	57.98	59.56	59.07	32.62
07/20/11	13:15	387	57.55	59.34	58.76	32.32
07/20/11	13:16	387	58.14	58.75	58.08	32.22
07/20/11	13:17	387	58.00	59.39	58.28	32.36
07/20/11	13:18	387	58.39	60.20	59.68	32.99
07/20/11	13:19	387	57.74	59.27	59.18	32.49
07/20/11	13:20	387	57.52	59.50	59.27	32.45
07/20/11	13:21	387	57.48	59.56	58.62	32.38
07/20/11	13:22	387	58.12	59.38	58.52	32.44
07/20/11	13:23	387	58.07	59.90	58.55	32.56
07/20/11	13:24	387	58.21	59.20	59.15	32.63
07/20/11	13:25	387	58.76	60.43	59.70	33.13
07/20/11	13:26	387	57.61	59.82	59.06	32.51
07/20/11	13:27	387	58.72	60.04	59.19	32.91
07/20/11	13:28	387	58.36	59.95	59.64	32.81
07/20/11	13:29	387	58.29	60.26	59.29	32.90
07/20/11	13:30	387	57.93	58.87	58.84	32.30
07/20/11	13:31	387	58.16	59.63	58.83	32.57
07/20/11	13:32	387	58.46	59.25	58.85	32.48
07/20/11	13:33	387	57.75	59.17	58.90	32.37
07/20/11	13:34	387	57.31	59.33	58.46	32.26

ตารางที่ ข-36 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-09 (ต่อ)

วันที่	เวลา	Voltage	กระแส			Power
		(V)	A1	A2	A3	(kW)
07/20/11	13:35	387	57.44	58.78	58.59	32.12
07/20/11	13:36	387	57.87	59.33	58.33	32.35
07/20/11	13:37	387	59.10	60.62	59.32	33.19
07/20/11	13:38	386	58.49	59.76	58.46	32.63
07/20/11	13:39	387	57.37	59.19	58.87	32.29
07/20/11	13:40	387	57.82	59.06	57.87	32.18
07/20/11	13:41	387	57.11	58.41	58.90	32.06
07/20/11	13:42	387	57.57	59.27	58.34	32.23
07/20/11	13:43	387	57.86	59.71	58.65	32.49
07/20/11	13:44	387	57.22	59.01	58.59	32.16
07/20/11	13:45	387	57.50	59.14	58.67	32.36
07/20/11	13:46	387	57.63	58.57	57.70	32.01
07/20/11	13:47	387	56.99	59.04	57.95	32.04
07/20/11	13:48	387	58.98	60.57	59.62	33.25
07/20/11	13:49	387	58.60	59.95	58.76	32.83
07/20/11	13:50	387	57.58	58.59	58.59	32.20
07/20/11	13:51	387	58.31	60.08	58.80	32.77
07/20/11	13:52	387	57.85	59.41	59.39	32.52
07/20/11	13:53	387	58.21	59.12	59.14	32.59
07/20/11	13:54	387	57.81	59.98	58.40	32.50
07/20/11	13:55	387	58.67	59.65	58.69	32.70
07/20/11	13:56	387	57.92	59.12	58.47	32.38
07/20/11	13:57	387	57.19	58.55	58.18	31.93
07/20/11	13:58	387	57.20	58.15	58.28	31.88
07/20/11	13:59	387	57.63	59.29	58.25	32.28
07/20/11	14:00	387	57.98	60.12	59.43	32.81
07/20/11	14:01	387	58.88	59.69	59.04	32.87
07/20/11	14:02	387	56.89	59.19	57.58	31.96
07/20/11	14:03	387	56.90	58.90	57.28	31.80
07/20/11	14:04	387	57.34	58.95	57.87	31.99
07/20/11	14:05	387	57.60	59.89	59.02	32.51
07/20/11	14:06	387	57.66	59.94	58.67	32.57
07/20/11	14:07	387	57.73	59.29	58.14	32.20
07/20/11	14:08	387	57.32	58.71	58.46	32.13
07/20/11	14:09	387	57.15	59.18	58.46	32.18
07/20/11	14:10	387	57.19	58.83	58.28	32.06
07/20/11	14:11	387	58.45	59.78	58.26	32.65
07/20/11	14:12	387	57.84	58.61	58.37	32.21
07/20/11	14:13	387	57.92	59.66	58.06	32.45
07/20/11	14:14	387	57.74	59.09	59.31	32.48
07/20/11	14:15	387	57.06	59.40	58.00	32.08
07/20/11	14:16	387	57.63	59.14	58.73	32.32
07/20/11	14:17	387	56.85	59.06	58.49	32.06
07/20/11	14:18	387	58.61	59.79	58.98	32.74
07/20/11	14:19	387	58.14	59.18	58.91	32.55
07/20/11	14:20	387	57.74	59.49	59.07	32.58
07/20/11	14:21	387	56.83	58.86	58.15	31.97
07/20/11	14:22	386	58.28	59.68	58.76	32.52
07/20/11	14:23	387	56.74	58.49	58.38	31.83
07/20/11	14:24	387	57.00	58.88	58.29	32.01
07/20/11	14:25	387	56.98	58.40	58.10	31.81
07/20/11	14:26	387	58.29	59.31	59.27	32.64
07/20/11	14:27	387	57.46	59.56	58.85	32.52
07/20/11	14:28	387	57.82	59.08	58.01	32.25
07/20/11	14:29	387	57.04	57.89	57.75	31.62
07/20/11	14:30	387	57.74	58.92	57.71	32.10
07/20/11	14:31	387	56.52	58.45	57.89	31.72
07/20/11	14:32	387	58.13	59.14	58.24	32.32
07/20/11	14:33	387	58.07	59.42	58.14	32.39
07/20/11	14:34	387	58.70	60.01	58.71	32.77
07/20/11	14:35	388	58.22	59.95	59.30	32.79
07/20/11	14:36	388	57.04	58.86	57.95	31.97
07/20/11	14:37	387	57.21	59.17	57.81	32.00
07/20/11	14:38	386	57.26	59.24	58.77	32.26
07/20/11	14:39	386	57.85	59.81	59.47	32.56
07/20/11	14:40	383	58.83	59.76	58.78	32.71
07/20/11	14:41	387	57.73	59.58	59.00	32.54
07/20/11	14:42	386	59.10	60.10	59.09	32.96
07/20/11	14:43	386	57.50	58.24	57.59	31.88
07/20/11	14:44	387	57.18	59.43	58.32	32.25
07/20/11	14:45	386	57.26	59.20	57.87	32.04

ตารางที่ ข-36 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารวมของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ AC-CB-09 (ต่อ)

07/20/11	14:46	386	56.90	58.87	57.53	31.89
07/20/11	14:47	386	56.60	58.90	57.70	31.82
07/20/11	14:48	386	56.67	58.28	58.07	31.71
07/20/11	14:49	386	56.87	58.76	58.62	32.04
07/20/11	14:50	386	57.74	58.80	57.87	32.09
07/20/11	14:51	386	57.53	58.49	58.60	32.15
07/20/11	14:52	385	57.46	58.45	58.68	32.10
07/20/11	14:53	385	57.71	59.25	58.04	32.24
07/20/11	14:54	385	57.44	59.35	58.53	32.28
07/20/11	14:55	386	57.15	58.46	57.54	31.81
07/20/11	14:56	386	57.23	57.79	57.68	31.66
07/20/11	14:57	386	57.57	58.06	57.74	31.79
07/20/11	14:58	385	57.87	59.48	59.26	32.44
07/20/11	14:59	385	58.70	60.57	59.49	32.98
07/20/11	15:00	386	57.92	59.26	57.99	32.30
07/20/11	15:01	386	57.86	58.46	58.10	32.02
07/20/11	15:02	386	57.63	58.80	59.06	32.34
เฉลี่ย		**387.90**	**57.82**	**59.38**	**58.67**	**32.44**

ข-2. ข้อมูลจากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมจะแบ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการแบ่งทีมของการตรวจวัดและเก็บข้อมูลซึ่งมี 2 ทีม ซึ่งแบ่งออกเป็นข้อมูลการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของทีมผู้ทำการวิจัย และ ทีมตรวจวัดและเก็บข้อมูลของทางโรงงาน

1. ข้อมูลการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของทีมผู้ทำการวิจัย

ตารางที่ ข-37 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของ Absorption Chiller, Chilled Water Pump และ AHU

วันที่	เวลา	Chilled Water Pump	AHUห้อง ISBL HVAC	AHUห้อง Control room	AHUห้อง Laboratory	Absorption Chiller
		(kW)	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)
16/1/2012	15:15:00	33.3	5.871	8.14	4.427	2.645
16/1/2012	15:30:00	33.373	5.86	8.132	4.424	2.71
16/1/2012	15:45:00	33.372	5.866	8.155	4.43	2.746
16/1/2012	16:00:00	33.416	5.873	8.151	4.425	2.714
16/1/2012	16:15:00	33.434	5.875	8.14	4.424	2.714
16/1/2012	16:30:00	33.527	5.867	8.154	4.434	2.693
16/1/2012	16:45:00	33.374	5.872	8.154	4.437	2.673
16/1/2012	17:00:00	33.52	5.87	8.155	4.445	2.619
16/1/2012	17:15:00	33.351	5.872	8.166	4.44	2.633
16/1/2012	17:30:00	33.347	5.865	8.15	4.441	2.59
16/1/2012	17:45:00	33.361	5.87	8.163	4.44	2.585
16/1/2012	18:00:00	33.514	5.873	8.168	4.452	2.535
16/1/2012	18:15:00	33.351	5.868	8.156	4.442	2.546
16/1/2012	18:30:00	33.064	5.851	8.134	4.437	2.468
16/1/2012	18:45:00	33.596	5.865	8.16	4.412	2.46
16/1/2012	19:00:00	33.38	5.871	8.178	4.406	2.371
16/1/2012	19:15:00	33.503	5.87	8.175	4.407	2.413
16/1/2012	19:30:00	33.496	5.866	8.169	4.398	2.386
16/1/2012	19:45:00	33.474	5.872	8.167	4.402	2.468
16/1/2012	20:00:00	33.373	5.876	8.163	4.396	2.453
16/1/2012	20:15:00	33.549	5.874	8.173	4.398	2.449
16/1/2012	20:30:00	33.519	5.877	8.188	4.396	2.493
16/1/2012	20:45:00	33.499	5.882	8.178	4.4	2.447
16/1/2012	21:00:00	33.533	5.88	8.173	4.401	2.461
16/1/2012	21:15:00	33.555	5.88	8.174	4.399	2.431
16/1/2012	21:30:00	33.48	5.882	8.177	4.435	2.485
16/1/2012	21:45:00	33.468	5.882	8.178	4.421	2.483
16/1/2012	22:00:00	33.413	5.882	8.165	4.411	2.439
16/1/2012	22:15:00	33.412	5.874	8.18	4.408	2.43
16/1/2012	22:30:00	33.495	5.881	8.178	4.399	2.417
16/1/2012	22:45:00	33.319	5.879	8.166	4.404	2.452
16/1/2012	23:00:00	33.482	5.878	8.173	4.409	2.404
16/1/2012	23:15:00	33.493	5.882	8.174	4.405	2.42
16/1/2012	23:30:00	33.555	5.877	8.172	4.4	2.404
16/1/2012	23:45:00	33.381	5.876	8.179	4.4	2.435
17/1/2012	0:00:00	32.928	5.88	8.173	4.408	2.408
17/1/2012	0:15:00	32.977	5.877	8.176	4.408	2.419
17/1/2012	0:30:00	32.666	5.877	8.169	4.412	2.403
17/1/2012	0:45:00	33.124	5.869	8.159	4.402	2.45
17/1/2012	1:00:00	32.803	5.864	8.141	4.393	2.434
17/1/2012	1:15:00	32.939	5.867	8.16	4.393	2.442
17/1/2012	1:30:00	32.979	5.876	8.168	4.397	2.427
17/1/2012	1:45:00	32.982	5.875	8.153	4.402	2.442
17/1/2012	2:00:00	33.114	5.874	8.157	4.399	2.454
17/1/2012	2:15:00	33.166	5.882	8.165	4.408	2.442
17/1/2012	2:30:00	33.163	5.877	8.157	4.408	2.488
17/1/2012	2:45:00	33.175	5.872	8.156	4.395	2.454
17/1/2012	3:00:00	33.075	5.879	8.168	4.408	2.438
17/1/2012	3:15:00	33.079	5.878	8.153	4.401	2.467
17/1/2012	3:30:00	32.805	5.872	8.164	4.407	2.457
17/1/2012	3:45:00	32.872	5.874	8.137	4.399	2.446

ตารางที่ ข-37 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของ Absorption Chiller, Pump และ AHU (ต่อ)

วันที่	เวลา	Chilled Water Pump	AHUห้อง ISBL HVAC	AHUห้อง Control room	AHUห้อง Laboratory	Absorption Chiller
		(kW)	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)
17/1/2012	4:00:00	32.833	5.866	8.156	4.385	2.408
17/1/2012	4:15:00	32.455	5.869	8.154	4.376	2.383
17/1/2012	4:30:00	32.517	5.865	8.151	4.378	2.401
17/1/2012	4:45:00	32.518	5.868	8.152	4.376	2.374
17/1/2012	5:00:00	32.505	5.864	8.145	4.38	2.411
17/1/2012	5:15:00	32.444	5.868	8.162	4.382	2.415
17/1/2012	5:30:00	32.419	5.879	8.172	4.395	2.371
17/1/2012	5:45:00	32.634	5.872	8.139	4.38	2.402
17/1/2012	6:00:00	32.319	5.875	8.145	4.377	2.371
17/1/2012	6:15:00	32.567	5.883	8.175	4.401	2.395
17/1/2012	6:30:00	32.492	5.866	8.146	4.385	2.406
17/1/2012	6:45:00	32.559	5.881	8.165	4.388	2.403
17/1/2012	7:00:00	32.545	5.888	8.173	4.391	2.406
17/1/2012	7:15:00	32.601	5.891	8.172	4.394	2.4
17/1/2012	7:30:00	33.109	5.894	8.198	4.4	2.45
17/1/2012	7:45:00	32.66	5.899	8.184	4.405	2.397
17/1/2012	8:00:00	33.221	5.896	8.189	4.405	2.423
17/1/2012	8:15:00	32.908	5.898	8.182	4.401	2.428
17/1/2012	8:30:00	32.754	5.888	8.194	4.404	2.453
17/1/2012	8:45:00	32.69	5.89	8.184	4.399	2.42
17/1/2012	9:00:00	32.595	5.906	8.2	4.412	2.746
17/1/2012	9:15:00	33.187	5.896	8.189	4.414	2.715
17/1/2012	9:30:00	33.116	5.895	8.184	4.412	2.502
17/1/2012	9:45:00	33.084	5.898	8.184	4.415	2.358
17/1/2012	10:00:00	32.966	5.906	8.196	4.419	2.307
17/1/2012	10:15:00	33.221	5.909	8.206	4.42	2.331
17/1/2012	10:30:00	33.193	5.903	8.205	4.41	2.307
17/1/2012	10:45:00	32.968	5.907	8.207	4.399	2.155
17/1/2012	11:00:00	32.97	5.911	8.203	4.415	2.208
17/1/2012	11:15:00	33.259	5.905	8.215	4.415	2.257
17/1/2012	11:30:00	33.217	5.903	8.2	4.408	2.298
17/1/2012	11:45:00	33.332	5.906	8.188	4.404	2.322
17/1/2012	12:00:00	33.234	5.905	8.207	4.415	2.348
17/1/2012	12:15:00	33.307	5.908	8.202	4.419	2.365
17/1/2012	12:30:00	33.339	5.905	8.194	4.414	2.41
17/1/2012	12:45:00	33.099	5.899	8.183	4.415	2.444
17/1/2012	13:00:00	33.115	5.888	8.171	4.412	2.467
17/1/2012	13:15:00	33.098	5.886	8.157	4.431	2.598
17/1/2012	13:30:00	32.998	5.889	8.176	4.444	2.674
17/1/2012	13:45:00	32.698	5.891	8.171	4.428	2.614
17/1/2012	14:00:00	33.184	5.893	8.17	4.427	2.648
17/1/2012	14:15:00	32.848	5.895	8.182	4.465	2.713
17/1/2012	14:30:00	32.933	5.893	8.189	4.467	2.749
17/1/2012	14:45:00	32.673	5.894	8.175	4.462	2.756
17/1/2012	15:00:00	32.428	5.893	8.183	4.454	2.795
17/1/2012	15:15:00	32.249	5.89	8.191	4.467	2.751
17/1/2012	15:30:00	32.333	5.897	8.178	4.466	2.618
17/1/2012	15:45:00	32.29	5.895	8.182	4.427	2.382
17/1/2012	16:00:00	32.269	5.895	8.194	4.427	2.421
17/1/2012	16:15:00	32.186	5.903	8.189	4.439	2.374
17/1/2012	16:30:00	32.477	5.901	8.189	4.44	2.337
17/1/2012	16:45:00	31.973	5.904	8.197	4.443	2.35
17/1/2012	17:00:00	32.619	5.907	8.191	4.442	2.377
17/1/2012	17:15:00	32.276	5.893	8.173	4.43	2.376
17/1/2012	17:30:00	32.392	5.898	8.176	4.43	2.389
17/1/2012	17:45:00	32.426	5.886	8.176	4.427	2.407
17/1/2012	18:00:00	32.182	5.888	8.164	4.426	2.366
17/1/2012	18:15:00	32.32	5.87	8.147	4.411	2.358
17/1/2012	18:30:00	32.168	5.861	8.154	4.408	2.376
17/1/2012	18:45:00	32.004	5.864	8.153	4.401	2.36
17/1/2012	19:00:00	32.157	5.871	8.173	4.405	2.38
17/1/2012	19:15:00	32.459	5.885	8.188	4.414	2.404
17/1/2012	19:30:00	32.402	5.895	8.194	4.42	2.4
17/1/2012	19:45:00	32.301	5.896	8.202	4.42	2.45
17/1/2012	20:00:00	32.159	5.899	8.202	4.433	2.46
17/1/2012	20:15:00	32.523	5.882	8.185	4.408	2.486
17/1/2012	20:30:00	32.026	5.888	8.179	4.406	2.451
17/1/2012	20:45:00	32.139	5.882	8.182	4.404	2.456
17/1/2012	21:00:00	32.581	5.878	8.187	4.405	2.492
17/1/2012	21:15:00	32.508	5.883	8.178	4.401	2.488
17/1/2012	21:30:00	32.049	5.888	8.175	4.395	2.525

ตารางที่ ข-37 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของ Absorption Chiller, Pump และ AHU (ต่อ)

วันที่	เวลา	Chilled Water Pump	AHUห้อง ISBL HVAC	AHUห้อง Control room	AHUห้อง Laboratory	Absorption Chiller
		(kW)	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)
17/1/2012	21:45:00	32.112	5.882	8.179	4.4	2.511
17/1/2012	22:00:00	32.133	5.88	8.183	4.396	2.53
17/1/2012	22:15:00	32.253	5.871	8.158	4.391	2.55
17/1/2012	22:30:00	31.888	5.88	8.162	4.384	2.53
17/1/2012	22:45:00	31.947	5.883	8.163	4.379	2.537
17/1/2012	23:00:00	32.351	5.88	8.176	4.389	2.568
17/1/2012	23:15:00	32.181	5.877	8.162	4.388	2.57
17/1/2012	23:30:00	31.983	5.905	8.187	4.414	2.549
17/1/2012	23:45:00	31.95	5.898	8.191	4.41	2.557
18/1/2012	0:00:00	32.097	5.892	8.201	4.403	2.564
18/1/2012	0:15:00	31.83	5.886	8.169	4.39	2.568
18/1/2012	0:30:00	32.149	5.88	8.16	4.379	2.547
18/1/2012	0:45:00	31.627	5.86	8.133	4.372	2.521
18/1/2012	1:00:00	32.046	5.863	8.17	4.377	2.595
18/1/2012	1:15:00	31.803	5.866	8.163	4.375	2.558
18/1/2012	1:30:00	31.84	5.864	8.147	4.38	2.52
18/1/2012	1:45:00	31.907	5.865	8.156	4.379	2.57
18/1/2012	2:00:00	31.886	5.867	8.147	4.382	2.522
18/1/2012	2:15:00	31.86	5.859	8.163	4.374	2.548
18/1/2012	2:30:00	31.781	5.88	8.15	4.381	2.495
18/1/2012	2:45:00	31.92	5.862	8.152	4.384	2.532
18/1/2012	3:00:00	31.756	5.863	8.157	4.385	2.494
18/1/2012	3:15:00	31.831	5.87	8.16	4.387	2.503
18/1/2012	3:30:00	31.867	5.867	8.156	4.38	2.471
18/1/2012	3:45:00	31.911	5.874	8.153	4.385	2.448
18/1/2012	4:00:00	31.909	5.875	8.14	4.386	2.422
18/1/2012	4:15:00	31.888	5.868	8.158	4.374	2.42
18/1/2012	4:30:00	32.101	5.872	8.159	4.38	2.422
18/1/2012	4:45:00	31.744	5.86	8.14	4.373	2.376
18/1/2012	5:00:00	32.007	5.873	8.148	4.378	2.416
18/1/2012	5:15:00	31.637	5.858	8.113	4.369	2.313
18/1/2012	5:30:00	32.085	5.868	8.168	4.369	2.43
18/1/2012	5:45:00	31.919	5.863	8.154	4.373	2.362
18/1/2012	6:00:00	31.923	5.867	8.162	4.382	2.373
18/1/2012	6:15:00	31.865	5.86	8.122	4.375	2.37
18/1/2012	6:30:00	32.018	5.865	8.156	4.374	2.381
18/1/2012	6:45:00	31.96	5.877	8.194	4.377	2.332
18/1/2012	7:00:00	32.057	5.886	8.185	4.388	2.399
18/1/2012	7:15:00	32.476	5.882	8.18	4.376	2.365
18/1/2012	7:30:00	32.241	5.893	8.179	4.392	2.407
18/1/2012	7:45:00	32.737	5.901	8.206	4.402	2.401
18/1/2012	8:00:00	32.519	5.9	8.194	4.398	2.432
18/1/2012	8:15:00	31.872	5.903	8.187	4.395	2.434
18/1/2012	8:30:00	32.329	5.893	8.178	4.39	2.484
18/1/2012	8:45:00	32.152	5.898	8.18	4.405	2.753
18/1/2012	9:00:00	32.061	5.898	8.184	4.432	2.673
18/1/2012	9:15:00	32.252	5.9	8.189	4.418	2.722
18/1/2012	9:30:00	32.261	5.897	8.169	4.408	2.805
18/1/2012	9:45:00	32.069	5.893	8.169	4.41	2.869
18/1/2012	10:00:00	32.227	5.894	8.167	4.442	2.929
18/1/2012	10:15:00	32.332	5.898	8.141	4.459	3.051
18/1/2012	10:30:00	32.051	5.902	8.11	4.458	2.973
18/1/2012	10:45:00	32.653	5.918	8.134	4.488	3.117
18/1/2012	11:00:00	32.074	5.9	8.129	4.463	3.072
18/1/2012	11:15:00	32.024	5.901	8.106	4.463	3.045
18/1/2012	11:30:00	32.776	5.896	8.107	4.472	3.078
18/1/2012	11:45:00	32.872	5.901	8.109	4.46	2.936
18/1/2012	12:00:00	32.31	5.906	8.239	4.459	2.889
18/1/2012	12:15:00	32.927	5.903	8.352	4.47	2.916
18/1/2012	12:30:00	32.676	5.9	8.359	4.466	2.898
18/1/2012	12:45:00	33.094	5.902	8.362	4.468	2.863
18/1/2012	13:00:00	32.864	5.88	8.378	4.451	2.984
18/1/2012	13:15:00	32.674	5.88	8.38	4.445	2.966
18/1/2012	13:30:00	32.836	5.883	8.389	4.453	2.951
18/1/2012	13:45:00	32.486	5.885	8.4	4.458	2.912
18/1/2012	14:00:00	32.743	5.89	8.408	4.459	2.91
18/1/2012	14:15:00	32.851	5.889	8.401	4.466	2.885
18/1/2012	14:30:00	32.734	5.894	8.402	4.459	2.89
18/1/2012	14:45:00	32.871	5.897	8.405	4.458	2.884
18/1/2012	15:00:00	32.716	5.897	8.396	4.468	2.871
18/1/2012	15:15:00	32.954	5.897	8.393	4.472	2.921

ตารางที่ ข-37 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของ Absorption Chiller, Pump และ AHU (ต่อ)

วันที่	เวลา	Chilled Water Pump	AHUห้อง ISBL HVAC	AHUห้อง Control room	AHUห้อง Laboratory	Absorption Chiller
		(kW)	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)
18/1/2012	15:30:00	32.81	5.902	8.396	4.465	2.939
18/1/2012	15:45:00	32.605	5.905	8.401	4.47	2.933
18/1/2012	16:00:00	33.102	5.906	8.409	4.465	2.913
18/1/2012	16:15:00	32.91	5.898	8.409	4.462	2.875
18/1/2012	16:30:00	32.932	5.892	8.395	4.458	2.872
18/1/2012	16:45:00	32.74	5.899	8.4	4.433	2.794
18/1/2012	17:00:00	33.054	5.904	8.395	4.442	2.754
18/1/2012	17:15:00	32.597	5.887	8.383	4.425	2.741
18/1/2012	17:30:00	32.193	5.883	8.389	4.422	2.758
18/1/2012	17:45:00	32.652	5.88	8.397	4.421	2.731
18/1/2012	18:00:00	32.953	5.885	8.387	4.42	2.701
18/1/2012	18:15:00	33.107	5.88	8.396	4.41	2.722
18/1/2012	18:30:00	32.623	5.878	8.392	4.407	2.717
18/1/2012	18:45:00	32.694	5.877	8.396	4.406	2.687
18/1/2012	19:00:00	32.824	5.878	8.4	4.427	2.718
18/1/2012	19:15:00	32.428	5.879	8.397	4.428	2.701
18/1/2012	19:30:00	32.873	5.875	8.392	4.419	2.692
18/1/2012	19:45:00	33.292	5.886	8.402	4.427	2.644
18/1/2012	20:00:00	33.434	5.882	8.409	4.426	2.634
18/1/2012	20:15:00	33.354	5.887	8.408	4.429	2.653
18/1/2012	20:30:00	32.865	5.881	8.403	4.42	2.637
18/1/2012	20:45:00	33.113	5.893	8.422	4.445	2.633
18/1/2012	21:00:00	33.173	5.894	8.424	4.435	2.633
18/1/2012	21:15:00	33.036	5.887	8.417	4.428	2.667
18/1/2012	21:30:00	33.222	5.886	8.409	4.426	2.648
18/1/2012	21:45:00	33.045	5.887	8.416	4.439	2.636
18/1/2012	22:00:00	33.027	5.891	8.416	4.438	2.66
18/1/2012	22:15:00	32.939	5.873	8.396	4.416	2.667
18/1/2012	22:30:00	33.082	5.869	8.401	4.423	2.665
18/1/2012	22:45:00	33.204	5.874	8.409	4.424	2.63
18/1/2012	23:00:00	33.181	5.879	8.414	4.427	2.671
18/1/2012	23:15:00	33.399	5.878	8.408	4.42	2.674
18/1/2012	23:30:00	33.227	5.88	8.411	4.418	2.673
18/1/2012	23:45:00	33.208	5.885	8.413	4.425	2.66
19/1/2012	0:00:00	33.215	5.879	8.417	4.421	2.657
19/1/2012	0:15:00	33.401	5.888	8.411	4.425	2.676
19/1/2012	0:30:00	33.305	5.881	8.405	4.422	2.664
19/1/2012	0:45:00	32.908	5.885	8.404	4.42	2.608
19/1/2012	1:00:00	33.221	5.879	8.407	4.43	2.636
19/1/2012	1:15:00	33.167	5.88	8.407	4.418	2.638
19/1/2012	1:30:00	33.235	5.88	8.409	4.415	2.617
19/1/2012	1:45:00	33.392	5.877	8.4	4.417	2.6
19/1/2012	2:00:00	33.153	5.875	8.396	4.424	2.618
19/1/2012	2:15:00	33.385	5.868	8.403	4.418	2.635
19/1/2012	2:30:00	33.338	5.872	8.41	4.407	2.62
19/1/2012	2:45:00	33.308	5.864	8.4	4.388	2.564
19/1/2012	3:00:00	33.196	5.868	8.409	4.399	2.627
19/1/2012	3:15:00	33.483	5.863	8.398	4.388	2.597
19/1/2012	3:30:00	33.183	5.861	8.383	4.38	2.569
19/1/2012	3:45:00	33.057	5.862	8.388	4.389	2.582
19/1/2012	4:00:00	33.398	5.867	8.39	4.381	2.571
19/1/2012	4:15:00	33.185	5.867	8.399	4.389	2.545
19/1/2012	4:30:00	33.2	5.878	8.407	4.393	2.547
19/1/2012	4:45:00	33.184	5.87	8.399	4.389	2.525
19/1/2012	5:00:00	33.414	5.877	8.411	4.395	2.547
19/1/2012	5:15:00	33.308	5.871	8.4	4.387	2.544
19/1/2012	5:30:00	33.31	5.874	8.399	4.393	2.5
19/1/2012	5:45:00	33.12	5.871	8.391	4.383	2.517
19/1/2012	6:00:00	33.423	5.873	8.402	4.388	2.522
19/1/2012	6:15:00	33.332	5.875	8.401	4.394	2.499
19/1/2012	6:30:00	33.41	5.866	8.389	4.39	2.524
19/1/2012	6:45:00	33.214	5.876	8.413	4.396	2.501
19/1/2012	7:00:00	33.388	5.879	8.407	4.4	2.51
19/1/2012	7:15:00	33.36	5.883	8.409	4.395	2.514
19/1/2012	7:30:00	33.465	5.877	8.408	4.396	2.482
19/1/2012	7:45:00	33.453	5.893	8.417	4.399	2.494
19/1/2012	8:00:00	33.271	5.889	8.416	4.396	2.518
19/1/2012	8:15:00	33.336	5.886	8.42	4.404	2.506
19/1/2012	8:30:00	33.322	5.873	8.406	4.392	2.535
19/1/2012	8:45:00	33.443	5.895	8.421	4.415	2.586
19/1/2012	9:00:00	33.432	5.899	8.432	4.407	2.802
19/1/2012	9:15:00	33.298	5.898	8.43	4.414	2.831

ตารางที่ ข-37 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของ Absorption Chiller, Pump และ AHU (ต่อ)

วันที่	เวลา	Chilled Water Pump	AHUห้อง ISBL HVAC	AHUห้อง Control room	AHUห้อง Laboratory	Absorption Chiller
		(kW)	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)
19/1/2012	9:30:00	33.471	5.89	8.421	4.414	2.642
19/1/2012	9:45:00	33.434	5.898	8.418	4.406	2.587
19/1/2012	10:00:00	33.439	5.908	8.44	4.414	2.547
19/1/2012	10:15:00	33.44	5.901	8.43	4.417	2.504
19/1/2012	10:30:00	33.289	5.9	8.436	4.421	2.448
19/1/2012	10:45:00	33.539	5.909	8.442	4.417	2.479
19/1/2012	11:00:00	33.442	5.901	8.424	4.416	2.455
19/1/2012	11:15:00	33.293	5.902	8.422	4.41	2.517
19/1/2012	11:30:00	33.421	5.908	8.434	4.405	2.54
19/1/2012	11:45:00	33.392	5.906	8.428	4.442	2.538
19/1/2012	12:00:00	33.396	5.9	8.433	4.42	2.586
19/1/2012	12:15:00	33.43	5.895	8.422	4.427	2.612
19/1/2012	12:30:00	33.662	5.89	8.413	4.48	2.781
19/1/2012	12:45:00	33.363	5.891	8.413	4.459	2.727
19/1/2012	13:00:00	33.369	5.873	8.386	4.44	2.731
19/1/2012	13:15:00	33.369	5.871	8.385	4.45	2.751
19/1/2012	13:30:00	33.433	5.874	8.398	4.462	2.772
19/1/2012	13:45:00	33.442	5.884	8.433	4.448	2.779
19/1/2012	14:00:00	33.316	5.883	8.438	4.435	2.69
19/1/2012	14:15:00	33.578	5.889	8.444	4.433	2.722
19/1/2012	14:30:00	33.416	5.884	8.437	4.426	2.749
19/1/2012	14:45:00	33.41	5.891	8.418	4.414	2.712
19/1/2012	15:00:00	33.695	5.884	8.389	4.459	2.772
19/1/2012	15:15:00	33.552	5.883	8.397	4.477	2.862
19/1/2012	15:30:00	33.464	5.882	8.383	4.481	2.841
19/1/2012	15:45:00	33.469	5.881	8.399	4.448	2.815
19/1/2012	16:00:00	33.432	5.89	8.415	4.414	2.71
19/1/2012	16:15:00	33.47	5.894	8.413	4.424	2.671
19/1/2012	16:30:00	33.445	5.876	8.41	4.417	2.673
19/1/2012	16:45:00	33.452	5.884	8.409	4.424	2.668
19/1/2012	17:00:00	33.484	5.898	8.407	4.42	2.629
19/1/2012	17:15:00	33.636	5.889	8.396	4.412	2.596
19/1/2012	17:30:00	33.491	5.891	8.408	4.418	2.633
19/1/2012	17:45:00	33.508	5.877	8.39	4.406	2.6
19/1/2012	18:00:00	33.437	5.873	8.384	4.408	2.588
19/1/2012	18:15:00	33.448	5.857	8.382	4.402	2.607
19/1/2012	18:30:00	33.368	5.857	8.378	4.394	2.584
19/1/2012	18:45:00	33.461	5.869	8.385	4.401	2.549
19/1/2012	19:00:00	33.569	5.874	8.403	4.401	2.553
19/1/2012	19:15:00	33.566	5.887	8.413	4.407	2.533
19/1/2012	19:30:00	33.474	5.894	8.422	4.413	2.526
19/1/2012	19:45:00	33.469	5.888	8.418	4.418	2.545
19/1/2012	20:00:00	33.615	5.898	8.426	4.428	2.484
19/1/2012	20:15:00	33.387	5.887	8.425	4.427	2.511
19/1/2012	20:30:00	33.54	5.896	8.436	4.44	2.463
19/1/2012	20:45:00	33.57	5.896	8.425	4.438	2.436
19/1/2012	21:00:00	33.556	5.899	8.439	4.439	2.451
19/1/2012	21:15:00	33.494	5.905	8.439	4.44	2.414
19/1/2012	21:30:00	33.567	5.891	8.412	4.418	2.459
19/1/2012	21:45:00	33.475	5.885	8.408	4.414	2.403
19/1/2012	22:00:00	33.556	5.89	8.409	4.422	2.428
19/1/2012	22:15:00	33.395	5.886	8.404	4.415	2.411
19/1/2012	22:30:00	33.447	5.893	8.418	4.425	2.392
19/1/2012	22:45:00	33.46	5.89	8.424	4.422	2.398
19/1/2012	23:00:00	33.529	5.893	8.421	4.423	2.392
19/1/2012	23:15:00	33.47	5.893	8.425	4.422	2.428
19/1/2012	23:30:00	33.518	5.897	8.437	4.426	2.399
19/1/2012	23:45:00	33.516	5.896	8.433	4.424	2.424
20/1/2012	0:00:00	33.63	5.897	8.43	4.422	2.395
20/1/2012	0:15:00	33.512	5.902	8.44	4.432	2.412
20/1/2012	0:30:00	33.602	5.894	8.437	4.432	2.406
20/1/2012	0:45:00	33.541	5.891	8.419	4.425	2.386
20/1/2012	1:00:00	33.558	5.892	8.424	4.428	2.389
20/1/2012	1:15:00	33.549	5.891	8.424	4.423	2.369
20/1/2012	1:30:00	33.578	5.888	8.423	4.421	2.387
20/1/2012	1:45:00	33.53	5.885	8.423	4.422	2.371
20/1/2012	2:00:00	33.585	5.889	8.418	4.421	2.401
20/1/2012	2:15:00	33.45	5.891	8.428	4.417	2.392
20/1/2012	2:30:00	33.523	5.884	8.412	4.416	2.406
20/1/2012	2:45:00	33.519	5.884	8.411	4.421	2.393
20/1/2012	3:00:00	33.484	5.881	8.412	4.422	2.399

ตารางที่ ข-37 ข้อมูลตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของ Absorption Chiller, Pump และ AHU (ต่อ)

วันที่	เวลา	Chilled Water Pump	AHUห้อง ISBL HVAC	AHUห้อง Control room	AHUห้อง Laboratory	Absorption Chiller
		(kW)	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)
20/1/2012	3:15:00	33.444	5.895	8.41	4.414	2.428
20/1/2012	3:30:00	33.377	5.888	8.422	4.399	2.368
20/1/2012	3:45:00	33.449	5.885	8.413	4.387	2.381
20/1/2012	4:00:00	33.524	5.882	8.412	4.385	2.401
20/1/2012	4:15:00	33.554	5.878	8.417	4.386	2.446
20/1/2012	4:30:00	33.534	5.881	8.421	4.384	2.425
20/1/2012	4:45:00	33.52	5.88	8.411	4.389	2.417
20/1/2012	5:00:00	33.535	5.878	8.412	4.389	2.389
20/1/2012	5:15:00	33.67	5.872	8.411	4.387	2.377
20/1/2012	5:30:00	33.49	5.863	8.401	4.388	2.372
20/1/2012	5:45:00	33.487	5.87	8.404	4.378	2.343
20/1/2012	6:00:00	33.527	5.87	8.404	4.361	2.244
20/1/2012	6:15:00	33.461	5.873	8.4	4.383	2.336
20/1/2012	6:30:00	33.467	5.87	8.408	4.382	2.344
20/1/2012	6:45:00	33.495	5.881	8.428	4.399	2.323
20/1/2012	7:00:00	33.465	5.889	8.425	4.402	2.383
20/1/2012	7:15:00	33.4	5.899	8.426	4.391	2.379
20/1/2012	7:30:00	33.56	5.906	8.431	4.405	2.411
20/1/2012	7:45:00	33.504	5.903	8.422	4.395	2.357
20/1/2012	8:00:00	33.528	5.901	8.433	4.399	2.415
20/1/2012	8:15:00	33.536	5.91	8.431	4.394	2.409
20/1/2012	8:30:00	33.442	5.91	8.433	4.404	2.437
20/1/2012	8:45:00	33.537	5.916	8.43	4.407	2.43
20/1/2012	9:00:00	33.498	5.892	8.422	4.378	2.44
20/1/2012	9:15:00	33.535	5.898	8.423	4.402	2.434
20/1/2012	9:30:00	33.527	5.909	8.431	4.39	2.475
20/1/2012	9:45:00	33.487	5.905	8.435	4.394	2.55
20/1/2012	10:00:00	33.638	5.905	8.435	4.408	2.843
20/1/2012	10:15:00	33.553	5.904	8.437	4.445	2.942
20/1/2012	10:30:00	33.623	5.9	8.434	4.448	2.741
20/1/2012	10:45:00	33.657	5.91	8.436	4.428	2.619
เฉลี่ย		**32.99**	**5.88**	**8.29**	**4.41**	**2.55**

ตารางที่ ข-38 อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมอัตราการการไหลน้ำเย็นน้ำหล่อเย็นและอุณหภูมิน้ำเย็น

วันที่	เวลา	อุณหภูมิน้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิน้ำออก (°C)	อุณหภูมิน้ำสิ่งแวดล้อม(°C)	อัตราการไหลน้ำเย็น (litre/s)	อัตราการไหลน้ำหล่อเย็น (litre/s)
16/1/2012	14:54	7.395	5.204	35.941	38.72	94.67
16/1/2012	15:09	7.594	5.403	36.143	39	94.6
16/1/2012	15:24	7.295	4.806	36.445	38.83	94.76
16/1/2012	15:39	7.195	4.707	36.143	38.83	94.83
16/1/2012	15:54	7.295	5.104	35.234	38.69	94.99
16/1/2012	16:09	7.992	5.701	35.84	38.92	95.02
16/1/2012	16:24	7.992	5.502	36.143	39.11	94.89
16/1/2012	16:39	7.295	4.806	35.638	38.83	94.99
16/1/2012	16:54	7.096	4.905	34.931	38.72	94.99
16/1/2012	17:09	7.893	5.601	36.042	39.08	95.08
16/1/2012	17:24	8.391	5.8	36.748	38.75	94.92
16/1/2012	17:39	8.69	5.601	36.345	38.94	95.02
16/1/2012	17:54	8.889	6.397	36.345	39.56	95.12
16/1/2012	18:09	8.889	6.098	35.941	38.86	94.96
16/1/2012	18:24	8.69	5.701	34.123	38.56	94.96
16/1/2012	18:39	8.49	5.701	34.123	39.19	95.02
16/1/2012	18:54	8.59	6.198	34.729	38.89	94.92
16/1/2012	19:09	8.49	5.8	34.426	38.89	94.7
16/1/2012	19:24	8.49	5.999	34.224	38.86	94.6
16/1/2012	19:39	8.391	6.098	34.022	38.81	94.6
16/1/2012	19:54	8.789	5.9	34.325	36.75	94.54
16/1/2012	20:09	8.49	6.397	34.022	39.03	94.7
16/1/2012	20:24	8.789	5.8	33.719	38.89	94.83
16/1/2012	20:39	8.291	6.695	34.022	38.81	94.7
16/1/2012	20:54	8.59	6.297	33.719	39.08	94.57
16/1/2012	21:09	8.69	6.596	32.71	38.89	94.73
16/1/2012	21:24	8.391	5.303	34.426	39.06	94.79
16/1/2012	21:39	7.594	6.297	34.628	38.61	94.79

ตารางที่ ข-38 อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมอัตราการการไหลน้ำเย็นน้ำหล่อเย็นและอุณหภูมิน้ำเย็น (ต่อ)

วันที่	เวลา	อุณหภูมิน้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิน้ำออก (°C)	อุณหภูมิน้ำสิ่งแวดล้อม(°C)	อัตราการไหลน้ำเย็น (litre/s)	อัตราการไหลน้ำหล่อเย็น (litre/s)
16/1/2012	21:54	9.088	5.204	34.628	36.08	94.79
16/1/2012	22:09	8.989	6.496	33.618	38.86	94.99
16/1/2012	22:24	9.188	5.9	33.315	39	94.99
16/1/2012	22:39	9.188	6.198	34.123	38.75	94.89
16/1/2012	22:54	7.992	6.297	33.618	40.86	94.63
16/1/2012	23:09	8.291	5.502	33.618	38.92	94.63
16/1/2012	23:24	8.889	6.198	33.416	40.81	94.67
16/1/2012	23:39	8.59	5.8	33.114	39.22	94.41
16/1/2012	23:54	8.59	6.098	33.013	38.72	94.5
17/1/2012	0:09	8.69	5.8	33.013	40.06	94.57
17/1/2012	0:24	8.291	5.601	32.71	39	94.63
17/1/2012	0:39	8.59	5.9	32.912	39.42	94.63
17/1/2012	0:54	8.391	5.701	33.114	38.89	94.67
17/1/2012	1:09	8.49	5.601	32.811	41.53	94.6
17/1/2012	1:24	8.59	6.198	33.315	38.86	94.7
17/1/2012	1:39	8.69	6.098	33.416	38.89	94.73
17/1/2012	1:54	8.59	5.701	33.215	41.61	94.86
17/1/2012	2:09	8.69	6.198	32.912	38.75	94.96
17/1/2012	2:24	8.391	5.999	33.013	38.78	94.89
17/1/2012	2:39	8.49	5.701	32.71	39.83	94.89
17/1/2012	2:54	8.59	5.999	32.811	38.94	94.99
17/1/2012	3:09	8.49	5.999	33.215	38.92	94.96
17/1/2012	3:24	8.391	5.601	32.508	39.83	94.83
17/1/2012	3:39	8.391	6.198	32.609	38.81	94.83
17/1/2012	3:54	8.49	5.701	32.71	41.78	94.73
17/1/2012	4:09	8.291	5.8	32.407	38.72	94.73
17/1/2012	4:24	8.49	5.999	32.71	38.97	94.7
17/1/2012	4:39	8.789	6.297	32.811	36.5	94.6
17/1/2012	4:54	8.39	5.999	32.811	39.06	94.83
17/1/2012	5:09	8.49	5.502	32.71	41.56	94.63
17/1/2012	5:24	8.49	6.198	32.71	38.86	94.67
17/1/2012	5:39	8.291	5.8	32.71	38.97	94.6
17/1/2012	5:54	8.59	5.9	32.811	42.11	94.63
17/1/2012	6:09	8.391	6.198	32.508	38.89	94.47
17/1/2012	6:24	8.291	5.701	32.71	38.81	94.41
17/1/2012	6:39	8.291	5.9	32.71	41.03	94.5
17/1/2012	6:54	8.391	5.701	32.508	38.72	94.83
17/1/2012	7:09	8.49	5.999	32.609	37.67	94.86
17/1/2012	7:24	8.391	5.601	32.811	39.11	94.76
17/1/2012	7:39	8.092	6.098	32.811	37.53	95.02
17/1/2012	7:54	8.391	5.701	32.609	39	94.76
17/1/2012	8:09	8.49	6.098	33.013	39	94.86
17/1/2012	8:24	8.49	5.701	33.013	38.81	94.7
17/1/2012	8:39	8.59	5.999	32.811	38.83	94.57
17/1/2012	8:54	8.69	6.198	33.013	38.69	94.73
17/1/2012	9:09	8.59	5.701	32.609	38.81	94.86
17/1/2012	9:24	8.69	6.297	32.71	39	94.99
17/1/2012	9:39	8.49	5.8	32.306	38.81	94.99
17/1/2012	9:54	8.59	6.098	32.205	38.89	94.96
17/1/2012	10:09	8.49	5.9	32.003	38.94	94.76
17/1/2012	10:24	8.49	5.9	31.599	38.97	94.96
17/1/2012	10:39	8.49	5.999	31.902	39.47	94.96
17/1/2012	10:54	8.391	5.9	31.801	38.78	94.6
17/1/2012	11:09	8.291	5.9	31.7	38.89	94.44
17/1/2012	11:24	8.092	5.601	32.003	38.75	94.41
17/1/2012	11:39	7.893	5.8	31.801	39.06	94.54
17/1/2012	11:54	7.992	5.502	31.801	38.94	94.67
17/1/2012	12:09	7.893	5.701	31.599	38.83	94.73
17/1/2012	12:24	7.395	5.204	32.609	38.94	94.63
17/1/2012	12:39	6.697	5.303	31.801	38.92	94.83
17/1/2012	12:54	7.893	5.9	32.104	38.83	94.76
17/1/2012	13:09	7.893	5.005	32.811	39.06	94.86
17/1/2012	13:24	7.694	4.905	32.609	38.94	94.89
17/1/2012	13:39	7.694	4.707	32.912	38.78	94.99
17/1/2012	13:54	7.893	5.104	32.811	38.81	94.86
17/1/2012	14:09	8.291	5.303	33.416	39.72	94.86
17/1/2012	14:24	8.092	5.303	35.234	38.97	94.73
17/1/2012	14:39	8.192	5.502	35.84	38.72	94.86
17/1/2012	14:54	7.893	5.303	36.345	38.92	94.89
17/1/2012	15:09	7.594	4.905	35.234	38.83	95.05
17/1/2012	15:24	7.992	5.005	35.335	38.67	94.86

ตารางที่ ข-38 อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมอัตราการการไหลน้ำเย็นน้ำหล่อเย็นและอุณหภูมิน้ำเย็น (ต่อ)

วันที่	เวลา	อุณหภูมิน้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิน้ำออก (°C)	อุณหภูมิน้ำสิ่งแวดล้อม(°C)	อัตราการไหลน้ำเย็น (litre/s)	อัตราการไหลน้ำหล่อเย็น (litre/s)
17/1/2012	15:39	7.096	5.204	35.436	40.19	94.83
17/1/2012	15:54	6.598	4.011	34.325	39.22	94.79
17/1/2012	16:09	7.494	5.502	33.82	38.78	94.73
17/1/2012	16:24	7.992	5.601	34.83	39.08	94.67
17/1/2012	16:39	8.192	5.701	35.84	38.83	94.37
17/1/2012	16:54	7.594	5.601	35.234	39.06	94.47
17/1/2012	17:09	7.793	4.905	35.941	38.81	94.57
17/1/2012	17:24	8.391	6.098	36.244	38.64	94.21
17/1/2012	17:39	8.49	5.701	35.941	39	94.41
17/1/2012	17:54	8.789	6.297	35.638	38.89	94.5
17/1/2012	18:09	8.69	6.198	35.436	38.78	94.44
17/1/2012	18:24	8.69	5.9	35.133	38.64	94.57
17/1/2012	18:39	9.088	5.999	35.234	38.75	94.67
17/1/2012	18:54	7.793	6.397	35.133	38.72	94.63
17/1/2012	19:09	8.59	5.303	34.628	39	94.73
17/1/2012	19:24	9.387	6.596	34.628	38.78	94.67
17/1/2012	19:39	8.889	5.9	33.618	38.75	94.76
17/1/2012	19:54	9.188	6.496	33.215	38.89	94.83
17/1/2012	20:09	8.59	5.999	33.719	38.64	94.89
17/1/2012	20:24	8.69	5.8	34.022	38.83	94.96
17/1/2012	20:39	8.59	6.098	33.013	39.72	94.96
17/1/2012	20:54	8.69	5.701	33.114	39.19	95.05
17/1/2012	21:09	8.59	6.098	33.517	38.89	95.15
17/1/2012	21:24	8.49	5.999	33.618	39.17	95.21
17/1/2012	21:39	8.59	5.999	33.82	40.14	95.05
17/1/2012	21:54	8.49	6.098	33.517	38.89	95.08
17/1/2012	22:09	8.391	5.8	33.416	38.89	94.99
17/1/2012	22:24	8.59	5.9	33.215	38.72	94.89
17/1/2012	22:39	8.69	6.098	33.719	36.5	94.83
17/1/2012	22:54	8.59	6.098	33.315	39.06	94.89
17/1/2012	23:09	8.49	5.8	33.719	38.94	94.96
17/1/2012	23:24	8.391	5.701	33.315	38.81	95.12
17/1/2012	23:39	8.391	5.701	33.215	41.44	94.96
17/1/2012	23:54	8.49	5.999	33.315	39	94.86
18/1/2012	0:09	8.59	5.601	33.215	36.08	94.79
18/1/2012	0:24	8.49	6.098	33.315	39.06	94.89
18/1/2012	0:39	9.088	6.695	33.114	36.14	94.76
18/1/2012	0:54	8.391	5.701	33.416	38.94	94.79
18/1/2012	1:09	8.49	5.701	33.618	38.97	94.6
18/1/2012	1:24	8.889	6.496	33.416	36.83	94.67
18/1/2012	1:39	8.391	5.601	32.407	39.06	94.5
18/1/2012	1:54	8.889	6.496	32.609	36.64	94.63
18/1/2012	2:09	8.49	5.8	32.508	38.92	94.44
18/1/2012	2:24	8.989	6.397	32.407	36.19	94.47
18/1/2012	2:39	8.391	5.8	32.71	39	94.57
18/1/2012	2:54	8.59	5.9	33.013	38.67	94.54
18/1/2012	3:09	8.391	5.999	33.114	38.92	94.67
18/1/2012	3:24	8.49	5.701	33.215	38.89	94.7
18/1/2012	3:39	8.49	6.098	33.114	40.81	94.76
18/1/2012	3:54	8.49	5.8	32.609	38.97	94.5
18/1/2012	4:09	8.69	6.297	32.912	40.39	94.67
18/1/2012	4:24	8.391	5.8	32.205	39.11	94.79
18/1/2012	4:39	8.49	5.999	32.104	38.83	94.92
18/1/2012	4:54	8.391	5.601	32.104	40.47	94.99
18/1/2012	5:09	8.291	5.9	32.205	38.72	94.73
18/1/2012	5:24	8.391	5.8	32.003	39.47	94.83
18/1/2012	5:39	8.391	5.999	32.205	38.97	94.73
18/1/2012	5:54	8.49	5.8	32.205	39.28	94.63
18/1/2012	6:09	8.49	6.098	32.205	38.94	94.7
18/1/2012	6:24	8.291	5.502	31.599	39.92	94.83
18/1/2012	6:39	8.291	6.098	32.003	38.75	94.99
18/1/2012	6:54	8.291	5.601	31.7	38.81	94.99
18/1/2012	7:09	8.391	6.098	32.104	38.92	94.83
18/1/2012	7:24	8.391	5.8	32.205	39.14	94.96
18/1/2012	7:39	8.391	5.999	32.205	40	95.15
18/1/2012	7:54	8.291	5.8	31.902	39.17	95.12
18/1/2012	8:09	8.192	5.601	32.306	38.86	95.02
18/1/2012	8:24	8.092	5.9	31.902	38.78	94.83
18/1/2012	8:39	7.992	5.303	32.407	38.86	94.92
18/1/2012	8:54	8.291	5.701	32.609	38.86	95.25
18/1/2012	9:09	8.192	5.8	32.811	38.33	95.12

ตารางที่ ข-38 อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมอัตราการการไหลน้ำเย็นน้ำหล่อเย็นและอุณหภูมิน้ำเย็น (ต่อ)

วันที่	เวลา	อุณหภูมิน้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิน้ำออก (°C)	อุณหภูมิน้ำสิ่งแวดล้อม(°C)	อัตราการไหลน้ำเย็น (litre/s)	อัตราการไหลน้ำหล่อเย็น (litre/s)
18/1/2012	9:24	7.992	5.9	32.912	38.75	94.99
18/1/2012	9:39	7.793	5.9	33.416	38.83	94.99
18/1/2012	9:54	8.789	4.209	33.618	39.14	94.99
18/1/2012	10:09	7.096	4.607	33.618	38.25	94.6
18/1/2012	10:24	6.299	5.701	35.436	38.11	94.63
18/1/2012	10:39	7.594	6.198	35.234	39.31	94.73
18/1/2012	10:54	8.59	4.707	36.345	41.58	94.76
18/1/2012	11:09	7.096	5.303	35.436	38.86	94.83
18/1/2012	11:24	8.192	5.601	35.638	39.31	94.86
18/1/2012	11:39	8.092	4.905	35.941	39.97	94.86
18/1/2012	11:54	7.494	4.707	35.638	42.11	94.89
18/1/2012	12:09	7.295	4.806	39.374	42.5	94.79
18/1/2012	12:24	7.395	4.806	40.484	41.94	94.76
18/1/2012	12:39	7.395	5.104	40.08	41.75	94.7
18/1/2012	12:54	8.092	5.005	38.364	40.86	94.57
18/1/2012	13:09	8.291	5.104	38.263	40.11	94.6
18/1/2012	13:24	8.291	5.403	37.758	40.08	94.76
18/1/2012	13:39	8.49	5.701	37.859	40.08	94.96
18/1/2012	13:54	8.391	5.403	37.859	39.42	94.89
18/1/2012	14:09	8.391	4.905	37.253	39.17	95.02
18/1/2012	14:24	8.391	5.104	37.253	39.39	94.96
18/1/2012	14:39	8.291	5.502	36.95	39.36	94.99
18/1/2012	14:54	8.291	5.701	36.95	39.42	94.92
18/1/2012	15:09	8.092	5.403	37.051	39.64	94.96
18/1/2012	15:24	7.793	5.005	36.748	39.5	94.76
18/1/2012	15:39	7.096	4.309	34.729	39.36	94.79
18/1/2012	15:54	7.494	4.707	35.941	39.19	94.76
18/1/2012	16:09	8.192	5.502	36.95	39.67	94.67
18/1/2012	16:24	8.291	5.9	36.546	39.31	94.67
18/1/2012	16:39	7.395	5.005	35.436	39.5	94.73
18/1/2012	16:54	7.096	4.508	35.335	39.67	94.89
18/1/2012	17:09	8.192	5.701	36.244	39.22	94.67
18/1/2012	17:24	8.789	5.999	37.859	39.67	94.7
18/1/2012	17:39	8.889	5.502	36.244	39.33	94.54
18/1/2012	17:54	8.889	6.198	36.042	39.31	94.41
18/1/2012	18:09	9.088	6.297	35.84	39.25	94.34
18/1/2012	18:24	7.494	6.496	35.739	39.36	94.28
18/1/2012	18:39	8.192	5.8	34.729	38.97	94.31
18/1/2012	18:54	9.088	6.198	35.032	39.33	94.44
18/1/2012	19:09	8.69	5.999	35.032	38.67	94.67
18/1/2012	19:24	8.789	5.701	34.628	38.94	94.7
18/1/2012	19:39	8.789	5.701	34.527	38.78	94.57
18/1/2012	19:54	8.889	6.297	34.325	38.94	94.44
18/1/2012	20:09	8.789	6.198	33.719	39.06	94.6
18/1/2012	20:24	8.789	5.701	34.325	38.94	94.44
18/1/2012	20:39	8.69	5.8	34.224	38.83	94.31
18/1/2012	20:54	8.889	6.297	34.022	39	94.44
18/1/2012	21:09	8.69	5.9	33.82	38.97	94.44
18/1/2012	21:24	8.69	5.502	34.123	38.97	94.57
18/1/2012	21:39	8.789	6.098	33.618	38.92	94.6
18/1/2012	21:54	8.789	6.198	34.022	38.67	94.7
18/1/2012	22:09	8.69	5.999	33.82	38.97	94.73
18/1/2012	22:24	8.59	5.502	34.123	38.61	94.76
18/1/2012	22:39	8.889	6.098	33.719	38.89	94.63
18/1/2012	22:54	8.69	6.198	33.921	38.67	94.7
18/1/2012	23:09	8.69	5.999	33.921	38.92	94.73
18/1/2012	23:24	8.69	5.502	33.921	38.89	94.67
18/1/2012	23:39	8.789	5.999	33.315	39	94.57
18/1/2012	23:54	8.789	6.198	33.517	38.75	94.63
19/1/2012	0:09	8.69	6.098	33.618	39	94.83
19/1/2012	0:24	8.69	5.502	33.618	38.81	94.86
19/1/2012	0:39	8.59	5.8	33.416	38.86	94.86
19/1/2012	0:54	8.789	6.198	33.416	39.08	94.73
19/1/2012	1:09	8.69	5.9	33.416	38.83	94.7
19/1/2012	1:24	8.59	5.502	33.618	39.06	94.7
19/1/2012	1:39	8.789	6.198	33.416	38.97	94.86
19/1/2012	1:54	8.69	6.098	32.71	38.83	94.63
19/1/2012	2:09	8.59	5.601	33.114	38.97	94.47
19/1/2012	2:24	8.69	5.8	33.315	38.75	94.54
19/1/2012	2:39	8.49	6.098	33.618	38.89	94.6
19/1/2012	2:54	8.49	5.601	33.013	39	94.76

ตารางที่ ข-38 อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมอัตราการการไหลน้ำเย็นน้ำหล่อเย็นและอุณหภูมิน้ำเย็น (ต่อ)

วันที่	เวลา	อุณหภูมิน้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิน้ำออก (°C)	อุณหภูมิน้ำสิ่งแวดล้อม(°C)	อัตราการไหลน้ำเย็น (litre/s)	อัตราการไหลน้ำหล่อเย็น (litre/s)
19/1/2012	3:09	8.59	5.701	33.517	38.75	94.7
19/1/2012	3:24	8.59	6.297	33.215	39	94.47
19/1/2012	3:39	8.49	5.701	33.416	38.81	94.44
19/1/2012	3:54	8.49	5.8	33.114	38.81	94.37
19/1/2012	4:09	8.49	6.098	33.315	38.94	94.44
19/1/2012	4:24	8.59	5.601	33.517	38.86	94.37
19/1/2012	4:39	8.59	5.999	33.416	39	94.41
19/1/2012	4:54	8.69	6.198	33.416	38.94	94.63
19/1/2012	5:09	8.49	5.502	33.114	38.83	94.73
19/1/2012	5:24	8.49	6.098	33.618	39.06	94.76
19/1/2012	5:39	8.49	5.9	33.215	38.81	94.57
19/1/2012	5:54	8.59	5.701	33.416	38.81	94.37
19/1/2012	6:09	8.59	6.198	33.114	39	94.6
19/1/2012	6:24	8.59	5.701	32.811	38.86	94.6
19/1/2012	6:39	8.59	5.9	33.315	38.86	94.54
19/1/2012	6:54	8.59	6.198	33.013	38.86	94.57
19/1/2012	7:09	8.49	5.502	32.71	38.75	94.44
19/1/2012	7:24	8.49	5.999	32.306	38.81	94.6
19/1/2012	7:39	8.391	5.9	32.306	38.97	94.7
19/1/2012	7:54	8.391	5.403	32.407	38.92	94.7
19/1/2012	8:09	8.391	6.098	32.306	38.89	94.79
19/1/2012	8:24	8.391	5.701	32.508	38.81	94.6
19/1/2012	8:39	8.391	5.502	32.407	38.94	94.57
19/1/2012	8:54	8.291	5.999	32.71	38.64	94.76
19/1/2012	9:09	8.291	5.701	33.013	38.89	94.67
19/1/2012	9:24	8.192	5.303	32.104	38.97	94.63
19/1/2012	9:39	8.391	5.999	32.609	38.94	94.86
19/1/2012	9:54	8.49	5.9	32.71	38.86	94.83
19/1/2012	10:09	8.69	5.601	33.013	38.67	94.73
19/1/2012	10:24	8.789	6.297	32.912	38.83	94.73
19/1/2012	10:39	8.49	5.502	32.609	38.94	94.73
19/1/2012	10:54	8.391	5.8	32.508	38.78	94.83
19/1/2012	11:09	7.992	5.701	32.205	39.03	94.73
19/1/2012	11:24	7.893	5.005	32.407	38.92	94.73
19/1/2012	11:39	7.893	5.502	31.801	38.83	94.63
19/1/2012	11:54	7.793	5.403	32.508	38.97	94.63
19/1/2012	12:09	7.793	4.707	33.921	38.83	94.63
19/1/2012	12:24	7.992	4.905	31.7	38.92	94.7
19/1/2012	12:39	7.893	5.204	35.739	38.97	94.76
19/1/2012	12:54	7.992	5.303	33.719	38.89	94.57
19/1/2012	13:09	7.992	5.204	33.618	38.97	94.57
19/1/2012	13:24	8.291	5.005	36.748	38.92	94.54
19/1/2012	13:39	8.192	4.806	36.345	38.94	94.54
19/1/2012	13:54	8.192	5.601	36.345	39.03	94.37
19/1/2012	14:09	8.192	5.601	36.748	39	94.41
19/1/2012	14:24	7.992	5.104	36.546	38.89	94.5
19/1/2012	14:39	7.594	5.204	36.95	38.83	94.6
19/1/2012	14:54	8.391	4.806	37.051	38.89	94.73
19/1/2012	15:09	8.989	5.403	35.739	39.17	94.83
19/1/2012	15:24	8.391	6.198	36.546	38.89	94.96
19/1/2012	15:39	9.088	5.303	35.032	38.89	94.89
19/1/2012	15:54	8.291	5.005	35.335	38.86	94.89
19/1/2012	16:09	8.49	5.701	35.638	38.78	94.67
19/1/2012	16:24	8.49	6.198	35.335	38.97	94.6
19/1/2012	16:39	8.49	5.8	35.436	38.92	94.73
19/1/2012	16:54	8.391	5.303	34.729	38.78	94.73
19/1/2012	17:09	8.59	6.198	34.628	38.94	94.73
19/1/2012	17:24	8.49	5.8	34.224	38.94	94.54
19/1/2012	17:39	8.49	5.502	33.618	38.78	94.5
19/1/2012	17:54	8.59	6.297	33.215	38.83	94.6
19/1/2012	18:09	8.59	5.8	33.719	38.86	94.41
19/1/2012	18:24	8.59	5.601	34.123	38.97	94.47
19/1/2012	18:39	8.59	6.297	33.921	39.06	94.5
19/1/2012	18:54	8.49	5.701	33.618	38.94	94.57
19/1/2012	19:09	8.49	5.8	33.416	38.94	94.73
19/1/2012	19:24	8.49	6.198	33.315	38.78	94.63
19/1/2012	19:39	8.49	5.403	33.416	38.72	94.73
19/1/2012	19:54	8.59	6.098	32.912	38.92	94.63
19/1/2012	20:09	8.49	5.9	33.416	38.75	94.6
19/1/2012	20:24	8.391	5.701	33.315	38.92	94.73
19/1/2012	20:39	8.391	6.198	32.912	38.92	94.7

ตารางที่ ข-38 อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมอัตราการการไหลน้ำเย็นน้ำหล่อเย็นและอุณหภูมิน้ำเย็น (ต่อ)

วันที่	เวลา	อุณหภูมิน้ำเข้า ($^{\circ}$C)	อุณหภูมิน้ำออก ($^{\circ}$C)	อุณหภูมิน้ำสิ่งแวดล้อม($^{\circ}$C)	อัตราการไหลน้ำเย็น (litre/s)	อัตราการไหลน้ำหล่อเย็น (litre/s)
19/1/2012	20:54	8.391	5.403	33.215	38.89	94.89
19/1/2012	21:09	8.391	6.198	32.205	38.89	94.79
19/1/2012	21:24	8.291	5.601	33.215	38.92	94.6
19/1/2012	21:39	8.391	5.9	33.114	38.78	94.54
19/1/2012	21:54	8.391	5.999	32.407	39.08	94.28
19/1/2012	22:09	8.49	5.701	32.306	38.89	94.31
19/1/2012	22:24	8.49	6.297	31.801	38.94	94.34
19/1/2012	22:39	8.49	5.502	32.003	38.75	94.37
19/1/2012	22:54	8.59	6.397	32.104	38.97	94.5
19/1/2012	23:09	8.49	5.601	31.7	38.92	94.44
19/1/2012	23:24	8.49	6.098	31.498	38.86	94.47
19/1/2012	23:39	8.391	5.8	31.397	38.92	94.34
19/1/2012	23:54	8.391	5.701	31.7	39	94.44
20/1/2012	0:09	8.49	6.198	31.498	39	94.47
20/1/2012	0:24	8.391	5.502	31.599	38.92	94.67
20/1/2012	0:39	8.49	6.198	31.397	38.81	94.08
20/1/2012	0:54	8.391	5.502	31.498	38.97	94.25
20/1/2012	1:09	8.59	6.297	31.498	38.92	94.25
20/1/2012	1:24	8.391	5.502	31.498	39	94.34
20/1/2012	1:39	8.391	6.098	31.599	38.86	94.21
20/1/2012	1:54	8.49	5.8	31.7	38.97	94.28
20/1/2012	2:09	8.49	5.9	31.7	38.75	94.44
20/1/2012	2:24	8.391	5.9	31.599	38.94	94.6
20/1/2012	2:39	8.391	5.601	31.195	38.86	94.73
20/1/2012	2:54	8.59	6.198	31.498	39.08	94.63
20/1/2012	3:09	8.391	5.403	31.599	38.92	94.57
20/1/2012	3:24	8.391	6.297	31.599	38.89	94.63
20/1/2012	3:39	8.391	5.502	31.397	38.92	94.6
20/1/2012	3:54	8.49	6.198	31.498	38.83	94.7
20/1/2012	4:09	8.291	5.701	31.498	38.94	94.79
20/1/2012	4:24	8.291	5.8	31.195	38.78	94.76
20/1/2012	4:39	8.391	5.999	31.094	38.83	94.79
20/1/2012	4:54	8.291	5.601	31.195	38.81	94.83
20/1/2012	5:09	8.291	6.198	31.094	38.92	94.79
20/1/2012	5:24	8.291	5.403	30.892	38.83	94.83
20/1/2012	5:39	8.291	6.297	30.892	39.03	94.63
20/1/2012	5:54	7.992	5.403	30.993	38.81	94.63
20/1/2012	6:09	8.391	6.397	31.094	38.97	94.79
20/1/2012	6:24	8.291	5.303	30.993	38.92	94.67
20/1/2012	6:39	8.291	6.297	31.094	38.86	94.6
20/1/2012	6:54	8.291	5.303	31.094	39.06	94.5
20/1/2012	7:09	8.291	6.198	30.892	39	94.79
20/1/2012	7:24	8.192	5.303	30.993	39.03	94.99
20/1/2012	7:39	8.391	6.297	31.195	38.94	95.08
20/1/2012	7:54	8.192	5.403	31.397	39.03	95.02
20/1/2012	8:09	8.391	5.999	31.498	38.83	95.05
20/1/2012	8:24	8.192	5.701	31.498	39	94.86
20/1/2012	8:39	8.192	5.701	31.397	38.81	94.96
20/1/2012	8:54	8.391	6.098	31.599	38.72	94.96
20/1/2012	9:09	8.391	5.502	31.801	38.69	94.96
20/1/2012	9:24	8.391	6.098	31.801	39	94.89
20/1/2012	9:39	7.992	5.104	31.902	39	94.79
20/1/2012	9:54	8.192	5.8	32.306	39.11	94.83
20/1/2012	10:09	8.391	5.701	32.609	38.89	94.67
20/1/2012	10:24	8.092	4.905	33.013	38.22	94.5
20/1/2012	10:39	8.192	5.601	33.114	39.03	94.37
ค่าเฉลี่ย		**8.36**	**5.74**	**33.58**	**39.02**	**94.71**

ตารางที่ ข-39 อัตราการไหลไอน้ำร้อนกับอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกทุกๆ 30 วินาที วันที่ 16/1/2012

No.	Steam flow		Chilled water out
	Kg/h	Ton/h	°C
1	1458.5	1.4585	7.5
2	1142	1.142	7
3	580.8	0.5808	6.4
4	309.5	0.3095	6.4
5	656.8	0.6568	7
6	1313	1.313	7.5
7	1343	1.343	7.6
8	1313.4	1.3134	7.2
9	701.8	0.7018	6.7
10	439.1	0.4391	6.5
11	539.2	0.5392	6.9
12	1074.5	1.0745	7.4
13	1384.3	1.3843	7.5
14	1387.8	1.3878	7.4
15	1000.5	1.0005	6.9
16	609.1	0.6091	6.6
17	497.4	0.4974	6.7
18	962.2	0.9622	7.2
19	1414.3	1.4143	7.5
20	1398	1.398	7.5
21	1335.3	1.3353	7.1
22	687.3	0.6873	6.6
23	440.4	0.4404	6.5
24	625	0.625	7.1
25	1239.1	1.2391	7.3
26	1353.3	1.3533	7.5
27	1392.9	1.3929	7.3
28	792.3	0.7923	6.8
29	532.6	0.5326	6.5
30	569.6	0.5696	6.8
เฉลี่ย	949.7666667	0.949766667	7.03

ตารางที่ ข-40 ข้อมูลอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าขาออกอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาเข้าขาออกทุกๆ 30 วินาที วันที่ 20/1/2012

No.	Cooling water in	Cooling water out	Chilled water in	Chilled water out
1	32.4	35.2	9.1	7.4
2	32.4	35.3	9.1	7
3	32.4	35.2	9.1	6.5
4	32.4	34.9	9	6.5
5	32.4	34.7	9	6.8
6	32.4	34.7	9	7.3
7	32.4	34.9	9.1	7.5
8	32.4	35.2	9.1	7.3
9	32.4	35.2	9.1	6.8
10	32.4	35.1	9	6.5
11	32.4	34.8	9	6.7
12	32.4	34.7	9	7.1
13	32.4	34.9	9.1	7.4
14	32.4	35.1	9.1	7.4
15	32.4	35.3	9.1	7.1
16	32.4	35.2	9.1	6.6
17	32.5	35	9	6.4
18	32.4	34.8	9	6.8
19	32.5	34.8	9	7.3
20	32.5	35	9.1	7.5
21	32.5	35.3	9.1	7.3
22	32.5	35.3	9.1	6.8
23	32.5	35.2	9	6.3
24	32.5	34.9	9	6.6
25	32.5	34.8	9	7.2
26	32.5	34.9	9	7.5
27	32.5	35.2	9.1	7.5
28	32.5	35.3	9.1	7.1
29	32.5	35.3	9	6.5
30	32.5	35.1	9	6.4
เฉลี่ย	32.44333333	35.04333333	9.05	6.97

2. ข้อมูลการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของทีมจากทางโรงงาน

ตารางที่ ข-41 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก อุณหภูมิไอน้ำอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก Absorption Chiller วันที่ 16 ม.ค. 55

Time	Unit	8:00	11:00	14:00	17:00	20:00	23:00	2:00	5:00
CHW i/l temp.	deg C	-	-	-	9.2	8.8	8.9	8.9	8.8
CHW o/l temp.	deg C	-	-	-	6.8	6.8	6.5	6.7	6.8
CWS temp.	deg C	-	-	-	32.5	32.5	32.3	32.6	32.3
CWR temp.	deg C	-	-	-	34.6	34.6	34.8	34.5	34.5
Steam temp.	deg C	-	-	-	117.6	117.6	120.8	120.3	118.2

ตารางที่ ข-42 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก อุณหภูมิไอน้ำอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก Absorption Chiller วันที่ 17 ม.ค. 55

Time	Unit	8:00	11:00	14:00	17:00	20:00	23:00	2:00	5:00
CHW i/l temp.	deg C	8.9	8.9	9.2	8.8	9	8.9	9	9
CHW o/l temp.	deg C	6.8	6.8	7.3	7.6	6.5	6.6	7	7.3
CWS temp.	deg C	32.4	32.8	33	32.2	32.6	32.4	32.2	32.2
CWR temp.	deg C	34.3	34.6	35.7	34.9	35.4	34.8	34.6	34.2
Steam temp.	deg C	118.5	118.8	123.7	117.7	121.9	119.6	116.2	114.5

ตารางที่ ข-43 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก อุณหภูมิไอน้ำอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก Absorption Chiller วันที่ 18 ม.ค. 55

Time	Unit	8:00	11:00	14:00	17:00	20:00	23:00	2:00	5:00
CHW i/l temp.	deg C	9	9.2	9.2	9.1	9.1	9.2	9.1	9
CHW o/l temp.	deg C	7.3	7.8	6.8	6.9	7.3	6.6	6.6	6.5
CWS temp.	deg C	33.2	33.7	33.5	33.4	32.7	33	32.8	32.6
CWR temp.	deg C	36	35.9	36.4	36.3	35.5	35.7	35.1	34.9
Steam temp.	deg C	121.7	115.6	122.3	120.8	121.3	120.5	119.4	118.7

ตารางที่ ข-44 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก อุณหภูมิไอน้ำอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก Absorption Chiller วันที่ 19 ม.ค. 55

Time	Unit	8:00	11:00	14:00	17:00	20:00	23:00	2:00	5:00
CHW i/l temp.	deg C	9.1	9.1	9.2	9.4	9	9.1	9.1	8.9
CHW o/l temp.	deg C	6.5	6.9	7	7.4	6.7	7.2	7.3	7.1
CWS temp.	deg C	32.8	32.7	32.9	33.1	32.3	32.1	32	32.1
CWR temp.	deg C	35.8	35.5	35.5	35.9	34.6	34.8	34.4	34.4
Steam temp.	deg C	120.3	119.8	118.2	118	116.1	117.4	116.3	117

ตารางที่ ข-45 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก อุณหภูมิไอน้ำอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก Absorption Chiller วันที่ 20 ม.ค. 55

Time	Unit	8:00	11:00	14:00	17:00	20:00	23:00	2:00	5:00
CHW i/l temp.	deg C	9.4	9.1	-	-	-	-	-	-
CHW o/l temp.	deg C	7.5	7.4	-	-	-	-	-	-
CWS temp.	deg C	32.7	32.7	-	-	-	-	-	-
CWR temp.	deg C	35.5	35.2	-	-	-	-	-	-
Steam temp.	deg C	121	117.4	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ข-46 สรุปข้อมูลอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก อุณหภูมิไอน้ำอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า-ออก Absorption Chiller 16- 20 ม.ค.55

ITEM/Unit	deg C
CHW i/l temp.	9.05
CHW o/l temp.	6.98
CWS temp.	32.65
CWR temp.	35.13
Steam temp.	118.94

ตารางที่ ข-47 ความดันไอน้ำอัตราการไหลไอน้ำสู่ Absorption Chiller และอุณหภูมิน้ำเข้าออก Cooling Tower วันที่ 16 ม.ค. 55

Time	Unit	8:00	11:00	14:00	17:00	20:00	23:00	2:00	5:00
CHW Flow	**TPH**	-	-	-	139.76	140.05	139.8	139.72	139.64
Steam		-	-	-					
Pressure	**barg**	-	-	-	1.27	1.32	1.23	1.42	1.58
Flow	**TPH**	-	-	-	0.89	0.93	0.57	0.59	0.97
CW temp.		-	-	-					
Main supply	**deg C**	-	-	-	33.27	32.7	32.74	32.84	32.72
Main return	**deg C**	-	-	-	41.83	41.2	41.25	41.29	41.14

ตารางที่ ข-48 ความดันไอน้ำอัตราการไหลไอน้ำสู่ Absorption Chiller และอุณหภูมิน้ำเข้าออก Cooling Tower วันที่ 17 ม.ค. 55

Time	Unit	8:00	11:00	14:00	17:00	20:00	23:00	2:00	5:00
CHW Flow	**TPH**	139.71	139.92	139.63	141.1	139.93	139.8	133.67	143
Steam									
Pressure	**barg**	1.23	1.54	1.67	1.04	1.38	1.85	0.81	1.42
Flow	**TPH**	0.81	1.08	1.36	0.78	0.53	1.08	0.66	1.17
CW temp.									
Main supply	**deg C**	32.8	32.14	33.61	32.5	32.75	33.3	33.18	32.67
Main return	**deg C**	41.49	40.5	42.38	41.26	41.1	41.84	42.87	42.15

ตารางที่ ข-49 ความดันไอน้ำอัตราการไหลไอน้ำสู่ Absorption Chiller และอุณหภูมิน้ำเข้าออก Cooling Tower วันที่ 18 ม.ค. 55

Time	Unit	8:00	11:00	14:00	17:00	20:00	23:00	2:00	5:00
CHW Flow	**TPH**	140.15	140.41	143.15	143.4	139.8	140.01	139.8	140.2
Steam									
Pressure	**barg**	1.19	1.43	1.12	1.12	1.33	1.32	1.2	1.43
Flow	**TPH**	0.46	0.25	0.62	0.67	0.72	0.53	0.62	1.27
CW temp.									
Main supply	**deg C**	32.8	34.5	33.81	33.56	33.2	33.38	33.19	33.1
Main return	**deg C**	42	43.1	43.11	42.42	42.1	41.76	41.43	41.8

ตารางที่ ข-50 ความดันไอน้ำอัตราการไหลไอน้ำสู่ Absorption Chiller และอุณหภูมิน้ำเข้าออก Cooling Tower วันที่ 19 ม.ค. 55

Time	Unit	8:00	11:00	14:00	17:00	20:00	23:00	2:00	5:00
CHW Flow	**TPH**	140.26	139.95	140.34	139.91	140.5	139.2	139.9	139.6
Steam									
Pressure	**barg**	1.56	1.3	1.04	1.21	1.2	0.9	1.32	1.03
Flow	**TPH**	1.37	0.74	0.36	1.3	1.28	0.76	0.62	0.4
CW temp.									
Main supply	**deg C**	32.8	32.94	33.5	33.14	32.8	32.4	32.4	32.5
Main return	**deg C**	41.4	42.16	41.84	41.76	41.28	41.42	40.54	41.11

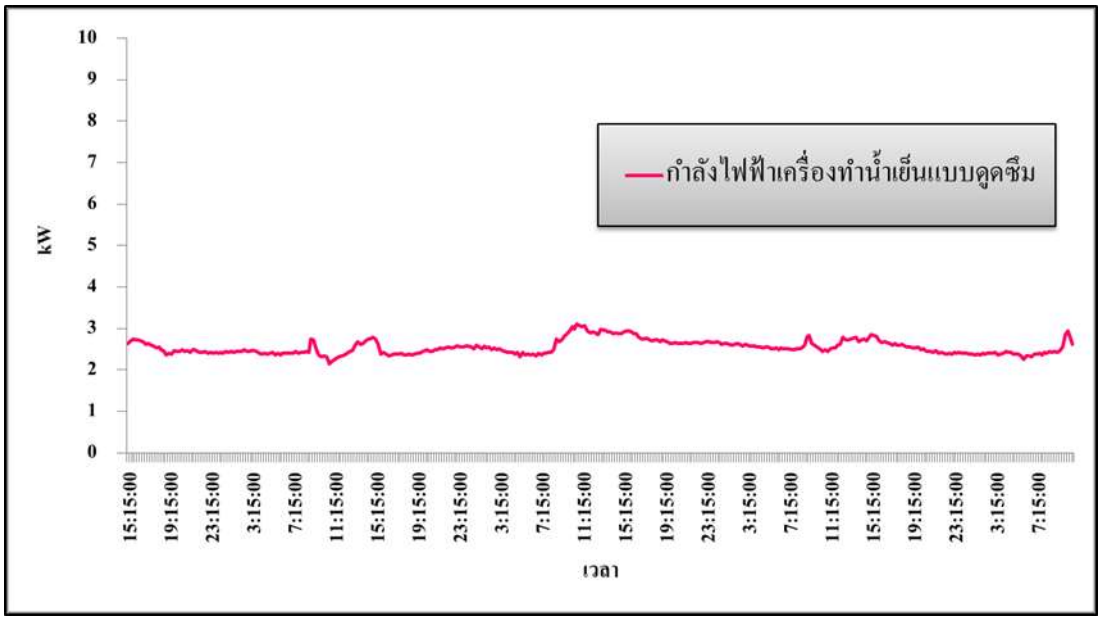
ตารางที่ ข-51 ความดันไอน้ำอัตราการไหลไอน้ำสู่ Absorption Chiller และอุณหภูมิน้ำเข้าออก Cooling Tower วันที่ 20 ม.ค. 55

Time	Unit	8:00	11:00	14:00	17:00	20:00	23:00	2:00	5:00
CHW Flow	**TPH**	140.2	140.12	-	-	-	-	-	-
Steam									
Pressure	**barg**	0.87	0.96	-	-	-	-	-	-
Flow	**TPH**	0.14	0.4	-	-	-	-	-	-
CW temp.									
Main supply	**deg C**	32.5	33.08	-	-	-	-	-	-
Main return	**deg C**	41.18	41.4	-	-	-	-	-	-

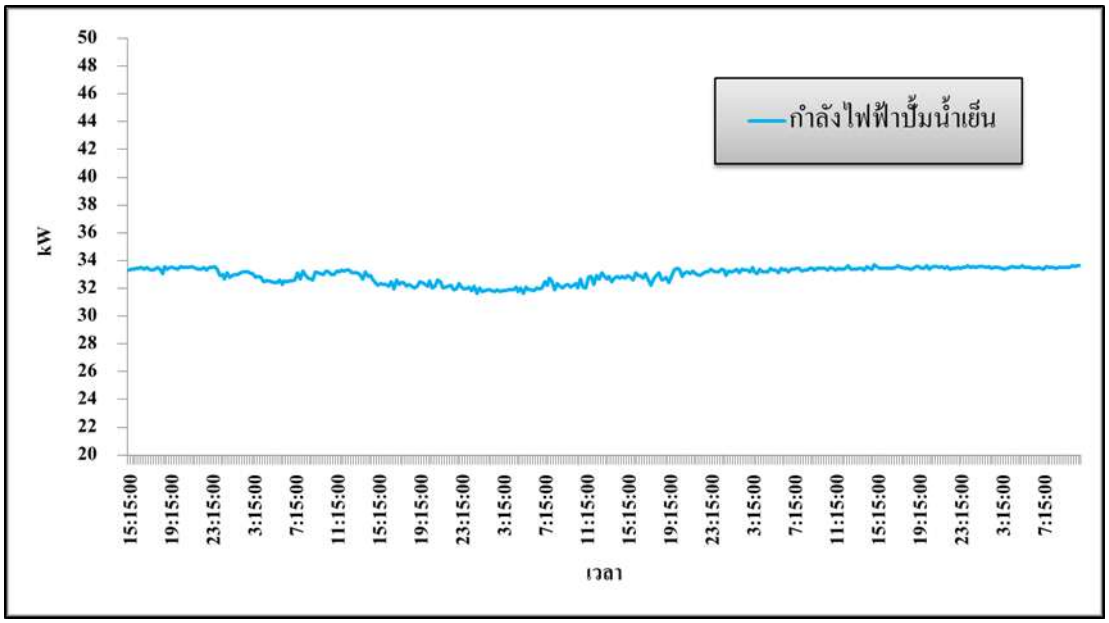
ตารางที่ ข-52 สรุปความดันไอน้ำอัตราการไหลไอน้ำสู่ Absorption Chiller และอุณหภูมิน้ำเข้าออก Cooling Tower วันที่ 16- 20 ม.ค. 55

ITEM	Unit	Value
CHW Flow	**TPH**	140.08
Steam		
Pressure	**barg**	1.27
Flow	**TPH**	0.77
CW temp.		
Main supply	**deg C**	32.99
Main return	**deg C**	41.68

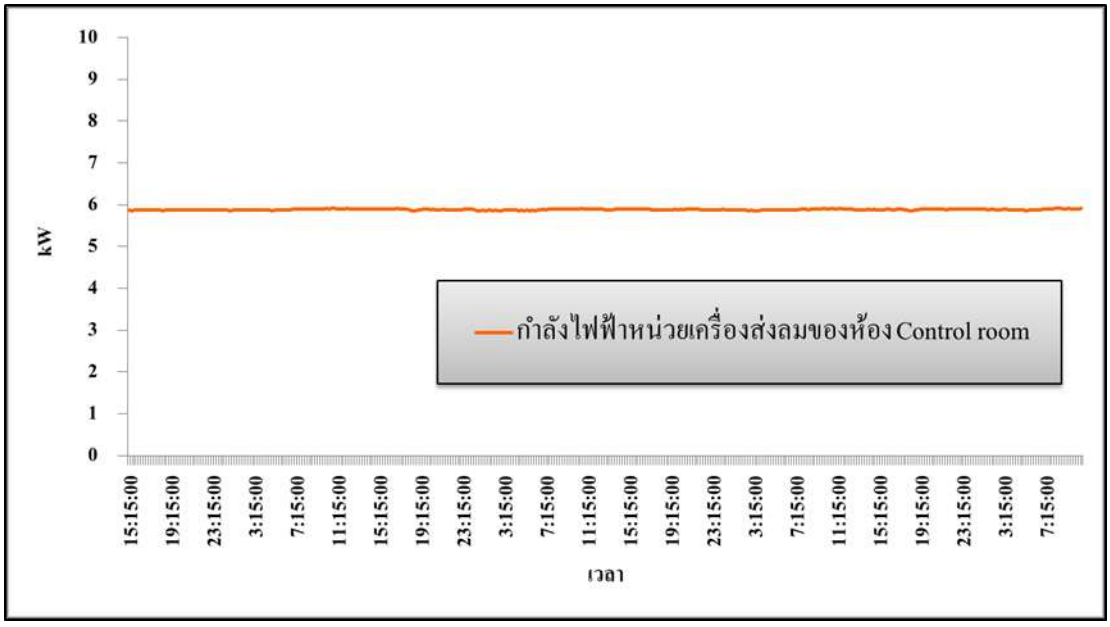
3. กราฟกำลังไฟฟ้าของข้อมูลจากการตรวจวัดและเก็บข้อมูล



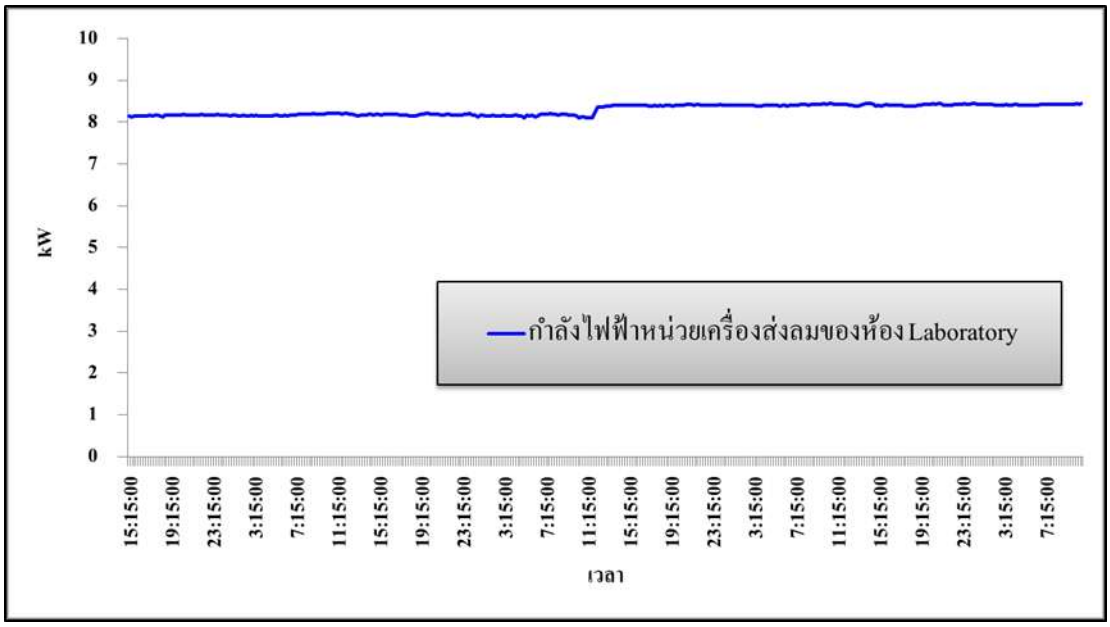
รูปที่ ข-10 กราฟกำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมระยะเวลาบันทึก 4 วัน ทุกๆ 15 นาที



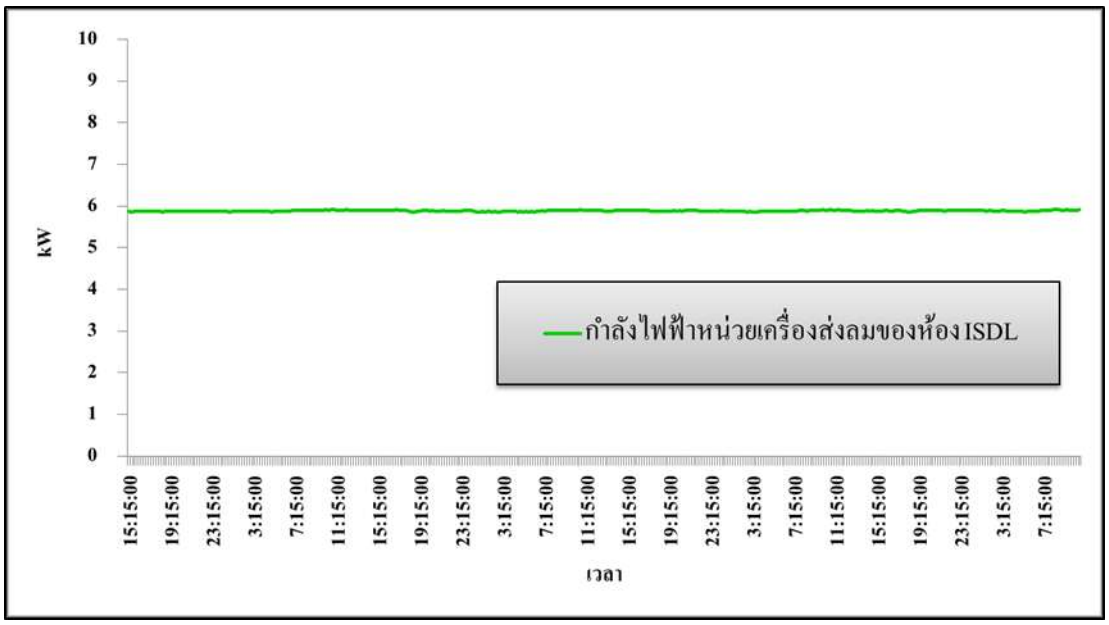
รูปที่ ข-11 กราฟกำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำเย็นระยะเวลาบันทึก 4 วัน ทุกๆ 15 นาที



รูปที่ ข-12 กราฟกำลังไฟฟ้าของหน่วยเครื่องส่งลมของห้อง Control room



รูปที่ ข-13 กราฟกำลังไฟฟ้าของหน่วยเครื่องส่งลมของห้อง Laboratory



รูปที่ ข-14 กราฟกำลังไฟฟ้าของหน่วยเครื่องส่งลมของห้อง ISDL

4. ข้อมูลการคำนวณหาขนาดการใช้กำลังฟ้าของปั๊มส่งน้ำเย็นที่ใช้ในระบบปรับอากาศแบบดูดซึม ขนาดพิกัดการทำความเย็น 132 TR

4.1 การคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำเย็นของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาด 132 TR

โดยการคำนวณจะใช้สมการที่ 4.9

$$CL_{ab} = FL_{CHW} \times (T_{CHR}-T_{CHS}) \times Cp_{CHW} \quad (4.9)$$

โดยค่าต่างๆที่ใช้ในการคำนวณได้สรุปอยู่ในตารางที่ ข-53

ตารางที่ ข-53 สรุปค่าที่ใช้ในการคำนวณหากำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำเย็นของระบบขนาด 132 TR

รายละเอียด	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
อัตราการทำความเย็นจริงของระบบ 270 TR	$CL_{ab\ 270\ TR}$	345.79	kW
อัตราการทำความเย็นจริงของระบบ 132 TR	$CL_{ab\ 132\ TR}$	345.79	kW
อัตราการไหลของน้ำเย็นของระบบ 270 TR	$FL_{CHW\ 270\ TR}$	39.05	litre/s
ผลต่างอุณหภูมิน้ำเย็นเฉลี่ยของระบบ 270 TR	$(T_{CHR}-T_{CHS})_{\ 270\ TR}$	2.1	°C
ผลต่างอุณหภูมิน้ำเย็นเฉลี่ยของระบบ 132 TR (มาตรฐานปกติ)	$(T_{CHR}-T_{CHS})_{\ 132\ TR}$	5	°C

อัตราการทำความเย็นจริงของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาด 270 TR มีค่าเท่ากับ

จากสมการที่ 4.9

$$CL_{ab\ 270\ TR} = FL_{CHW\ 270\ TR} \times (T_{CHR}-T_{CHS})_{270\ TR} \times Cp_{CHW}$$

$$345.79 = 39.05 \times 2.1 \times Cp_{CHW} \quad \text{(ข-1)}$$

อัตราการทำความเย็นจริงของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาด 132 TR มีค่าเท่ากับ

จากสมการที่ 4.9

$$CL_{ab\ 132\ TR} = FL_{CHW\ 132\ TR} \times (T_{CHR}-T_{CHS})_{132\ TR} \times Cp_{CHW}$$

$$345.79 = FL_{CHW\ 132\ TR} \times 5 \times Cp_{CHW} \quad \text{(ข-2)}$$

ดังนั้นอัตราการทำความเย็นจริงมีค่าเท่ากันสมการที่ ข-1 เท่ากับ ข-2

$$FL_{CHW\ 132\ TR} \times 5 \times Cp_{CHW} = 39.05 \times 2.1 \times Cp_{CHW}$$

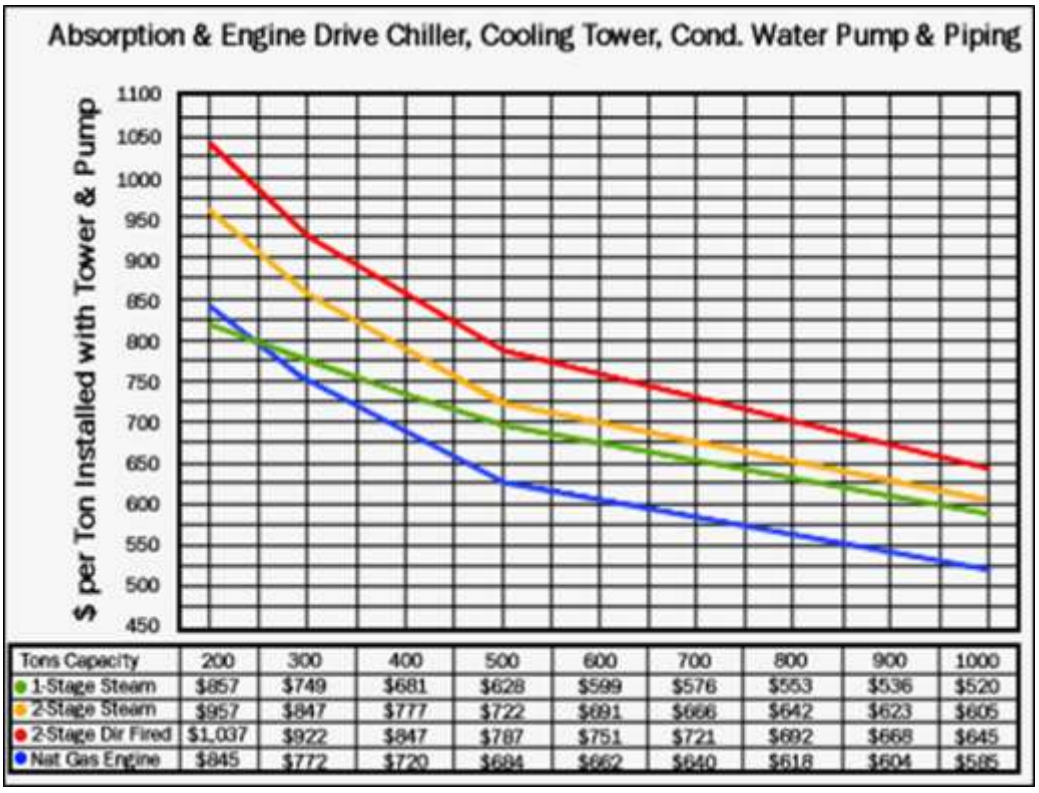
$$FL_{CHW\ 132\ TR} = 16.4 \text{ litre/s}$$

ดังนั้นจากระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาดพิกัดการทำความเย็น 270 TR อัตราการไหลของน้ำเย็นในระบบ 39.05 litre/s ปั๊มน้ำเย็นใช้กำลังไฟฟ้า 32.99 kW (จากข้มูลตรวจวัดจริง) เพราะฉะนั้นอัตราการไหลของน้ำเย็นของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาด 132 TR มีค่าเท่ากับ 16.4 litre/s จะใช้กำลังไฟฟ้า 13.85 kW เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ตั้งสมมติฐานว่าระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาด 132 TR นั้นใช้ปั๊มน้ำเย็นที่มีขนาดเล็กลงส่งผลให้อัตราไหลของน้ำเย็นมีค่าลดลงในขณะเดียวกันท่อน้ำเย็นก็มีขนาดลดลงด้วย ดังนั้นความดันตกที่เกิดขึ้นภายในระบบท่อน้ำเย็นจึงค่าเท่าเดิม เป็นผลให้กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการขับปั๊มน้ำเย็นแปรผันตามอัตราไหลของน้ำเย็น

ภาคผนวก ค

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ทางด้านพลังงานและประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนและระบบปรับอากาศแบบดูดซึมแล้วยังได้ทำการคำนวณวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการลงทุนในการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมเพื่อทำหน้าที่ในการทำงานแทนที่ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระยะเวลาการคืนทุนเมื่อทำการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาดพิกัดของการทำความเย็น 270 TR และระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาดพิกัดของการทำความเย็น 132 TR โดยได้ใช้ราคาของการลงทุนติดตั้งระบบโดยใช้ราคากลางในการวิเคราะห์จากกราฟราคากลางในรูปที่ ค-1 ซึ่งเป็นราคากลางของการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม, ปั๊มส่งน้ำ, หอทำความเย็น, ระบบท่อต่างๆ แต่ราคากลางของการลงทุนติดตั้งในกราฟรูปที่ ค-1 นี้เป็นราคากลางในปี พ.ศ. 2538 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้มีการคิดค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากอัตราเงินเฟ้อในปี พ.ศ. 2538 ถึง พ.ศ. 2555 บวกค่าใช้จ่ายจากอัตราเงินเฟ้อนี้เพิ่มเข้าไป



Tons Capacity	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1-Stage Steam	$857	$749	$681	$628	$599	$576	$553	$536	$520
2-Stage Steam	$957	$847	$777	$722	$691	$666	$642	$623	$605
2-Stage Dir Fired	$1,037	$922	$847	$787	$751	$721	$692	$668	$645
Nat Gas Engine	$845	$772	$720	$684	$662	$640	$618	$604	$585

รูปที่ ค-1 กราฟราคากลางของการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

จากการพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระยะเวลาการคืนทุนในการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมโดยได้ใช้เงื่อนไขต่างๆได้แสดงไว้ในตารางที่ ค-1 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ ค-1 เงื่อนไขต่างๆที่ใช้วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

รายการเงื่อนไข	ข้อมูล
1. ชั่วโมงการทำงานของระบบปรับอากาศต่อวัน	24 ชั่วโมง
2. ชั่วโมงการทำงานของระบบปรับอากาศต่อปี	8,760 ชั่วโมง
3. พลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดไปได้ต่อปีเมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาด 270 TR	774,258.24 kWh/ปี
4. พลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดไปได้ต่อปีเมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาด 132 TR	946,304.64 kWh/ปี
5. ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (kW/h)	3 บาท/หน่วย
6. อัตราเงินเฟ้อ (ดัชนีผู้บริโภคทั่วไป) จากธนาคารแห่งประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 ถึง พ.ศ. 2555	47.42 %
7. อัตราแลกเปลี่ยนเงินดอลลาร์สหรัฐปี พ.ศ. 2555	31 บาท/ดอลลาร์
8. อัตราภาษีมูลค่าเพิ่ม	7 %

จากเงื่อนไขในตารางที่ ค-1 จะนำมาใช้ในการคำนวณหาราคาการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึม ซึ่งค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึมเพื่อทำหน้าที่ทดแทนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนได้แสดงไว้ในตารางที่ ค-2

ตารางที่ ค-2 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

รายการ	ราคา
1. หน่วยเครื่องส่งลมจำนวน 3 เครื่อง ของปี 2555 (ราคารวมภาษี)	468,660 บาท
2. เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมขนาด 270 ตันความเย็น, ปั๊มส่งน้ำ, หอทำความเย็นและระบบท่อต่างๆของปี พ.ศ. 2538 (กราฟรูปที่ ค-1)	798 ดอลลาร์ต่อตันความเย็น
3. เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมขนาด 132 ตันความเย็น, ปั๊มส่งน้ำ, หอทำความเย็นและระบบท่อต่างๆของปี พ.ศ. 2538 (กราฟรูปที่ ค-1)	930 ดอลลาร์ต่อตันความเย็น
4. ค่าแรงการติดตั้งระบบ	37 เปอร์เซ็นของค่าของทั้งหมด

ตัวอย่างการคำนวณระยะเวลาคืนทุน

ค.1 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบดูดซึม

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (TIC) ของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาด 270 TR

1.) ค่าหน่วยเครื่องส่งลมจำนวน 3 เครื่อง

ราคา = 468,660 บาท

2.) ค่าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมขนาด 270 TR, ปั๊มส่งน้ำ, หอทำความเย็นและระบบท่อต่างๆ

ราคา = (ค่าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม, ปั๊มส่งน้ำ, หอทำความเย็นและระบบท่อต่างๆ)
× ตันความเย็น × อัตราแลกเปลี่ยนเงินดอลลาร์สหรัฐ

= 798 × 270 × 31

= 6,679,260 บาท

3.) ราคาเพิ่มจากอัตราเงินเฟ้อตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 – 2555

ราคา = (ค่าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม, ปั๊มส่งน้ำ, หอทำความเย็นและระบบท่อต่างๆ) × 0.4742

= 6,679,260 × 0.4742

= 3,167,305.09 บาท

4.) ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม

ราคา = [(ค่าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม, ปั๊มส่งน้ำ, หอทำความเย็นและระบบท่อต่างๆ) + ราคาเพิ่มจากอัตราเงินเฟ้อ] × 0.07

= (6,679,260 + 3,167,305.09) × 0.07

= 689,259.56 บาท

5.) ค่าแรงการติดตั้งระบบคิดเป็น 37 % ของราคาระบบทั้งหมด

ราคา = [(ค่าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม, ปั๊มส่งน้ำ, หอทำความเย็นและระบบท่อต่างๆ) + ราคาเพิ่มจากอัตราเงินเฟ้อ + ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม] × 0.37

= (6,679,260 + 3,167,305.09 + 689,259.56) × 0.37

= 3,898,255.12 บาท

6.) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบทั้งหมด

ราคา = ค่าหน่วยเครื่องส่งลมจำนวน 3 เครื่อง + (ค่าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม, ปั๊มส่งน้ำ, หอทำความเย็นและระบบท่อต่างๆ) + ราคาเพิ่มจากอัตราเงินเฟ้อ + ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม + ค่าแรงการติดตั้งระบบ

= 468,660 + 6,679,260 + 3,167,305.09 + 689,259.56 + 3,898,255.12

= 14,902,739.77 บาท

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (TIC) ของระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาด 132 TR

1.) ค่าหน่วยเครื่องส่งลมจำนวน 3 เครื่อง

ราคา = 468,660 บาท

2.) ค่าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมขนาด 132 TR, ปั๊มส่งน้ำ, หอทำความเย็นและระบบท่อต่างๆ

ราคา = (ค่าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม, ปั๊มส่งน้ำ, หอทำความเย็นและระบบท่อต่างๆ)
× ตันความเย็น × อัตราแลกเปลี่ยนเงินดอลลาร์สหรัฐ

= 930 × 132 × 31

= 3,805,560 บาท

3.) ราคาเพิ่มจากอัตราเงินเฟ้อตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 – 2555

ราคา = (ค่าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม, ปั๊มส่งน้ำ, หอทำความเย็นและระบบท่อต่างๆ)
× 0.4742

= 3,805,560 × 0.4742

= 1,804,596.55 บาท

4.) ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม

ราคา = [(ค่าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม, ปั๊มส่งน้ำ, หอทำความเย็นและระบบท่อต่างๆ)
+ ราคาเพิ่มจากอัตราเงินเฟ้อ] × 0.07

= (3,805,560 + 1,804,596.55) × 0.07

= 392,710.96 บาท

5.) ค่าแรงการติดตั้งระบบคิดเป็น 37 % ของราคาระบบทั้งหมด

ราคา = [(ค่าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม, ปั๊มส่งน้ำ, หอทำความเย็นและระบบท่อต่างๆ) + ราคาเพิ่มจากอัตราเงินเฟ้อ + ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม] × 0.37

= (3,805,560 + 1,804,596.55 + 392,710.96) × 0.37

= 2,221,060.98 บาท

6.) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบทั้งหมด

ราคา = ค่าหน่วยเครื่องส่งลมจำนวน 3 เครื่อง + (ค่าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม, ปั๊มส่งน้ำ, หอทำความเย็นและระบบท่อต่างๆ) + ราคาเพิ่มจากอัตราเงินเฟ้อ + ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม + ค่าแรงการติดตั้งระบบ

= 468,660 + 3,805,560 + 1,804,596.55 + 392,710.96 + 2,221,060.98

= 8,692,588.49 บาท

ค.2 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี

ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาด 270 TR

ค่าไฟฟ้า (NCF) = พลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดไปได้ต่อปี × ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

= 774,258.24 × 3

= 2,322,774.72 บาทต่อปี

ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาด 132 TR

ค่าไฟฟ้า (NCF) = พลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดไปได้ต่อปี × ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

= 946,304.64 × 3

= 2,838,913.92 บาทต่อปี

ค.3 ระยะเวลาคืนทุน

ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาด 270 TR

จากสมการ

n = TIC / NCF

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุนสุทธิ / ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ต่อปี

= 14,902,739.77 / 2,322,774.72

= 6.42 ปี

ระบบปรับอากาศแบบดูดซึมขนาด 132 TR

จากสมการ

n = TIC / NCF

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุนสุทธิ / ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ต่อปี

= 8,692,588.49 / 2,838,913.92

= 3.06 ปี

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นายธนินท์รัฐ วิทยาไกรสิน

เกิดวันที่ 26 เมษายน พ.ศ. 2531

ประวัติการศึกษา -สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนบดินทรเดชา(สิงห์ สิงหเสนี)

-สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ในปีการศึกษา 2552

-เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย