การศึกษาเปรียบเทียบระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

สถานศึกษา : กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต (อาคาร 8)

ชานน ไชยวุฒิเสรี

การศึกษารายบุคคลนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม
วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2562

A Comparative Study of Air-conditioning Systems for Energy Conservation in Educational Buildings: A Case Study of Dhurakij Pundit University (Building 8)

Chanon Chaiwutthisaree

An Individual Study Submitted in Partial Fulfillment of the

Requirements for the Degree of Master of Engineering

College of Innovative Technology and Engineering

Dhurakij Pundit University

2019

ใบรับรองการศึกษารายบุคคล

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อการศึกษารายบุคคล การศึกษาเปรียบเทียบระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร สถานศึกษา:กรณีศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (อาคาร 8)

เสนอโดย ชานน ไชยวุฒิเสรี

สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบการศึกษารายบุคคลแล้ว

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรเดช วุฒิพรพันธ์)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์)

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์)

คณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 20 เดือน กันยายน พ.ศ. 2562

หัวข้อการศึกษารายบุคคล	การศึกษาเปรียบเทียบระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอาคารสถานศึกษา:กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต (อาคาร 8)
ชื่อผู้เขียน	ชานน ไขยวุฒิเสรี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์
สาขาวิชา	การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา	2561

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการจัดการพลังงานและปรับปรุงระบบปรับอากาศสำหรับอาคารเรียน (อาคาร 8) ของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนระบบปรับอากาศจากแบบปัจจุบันซึ่งเป็นระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) เป็นแบบรวมศูนย์ประเภท Variable Refrigerant Volume (VRV) และแบบชนิดส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Chiller) โดยได้รวบรวมข้อมูลจำนวนชั่วโมงการใช้ห้องเรียนของอาคาร 8 ในปีการศึกษา 2560 ขนาดของเครื่องปรับอากาศระบบปัจจุบันและระบบใหม่ การศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าและวิเคราะห์ทางเศรษศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องปรับอากาศในแต่ละห้องเรียนโดยแบ่งเป็น 3 ภาคการศึกษา การเปรียบเทียบทางด้านพลังงานไฟฟ้าได้พิจารณาสถานการณ์ 2 รูปแบบด้วยกัน คือ กรณีที่ระบบปรับอากาศทำงานตามเวลาเรียนจริงและกรณีสมมติให้ระบบปรับอากาศทำงานทุกเครื่องและ 9 ชั่วโมงต่อวัน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาประมาณราคาในการลงทุนและคำนวณระยะเวลาคืนทุน ผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศพบว่า กรณีที่ระบบปรับอากาศทำงานตามเวลาเรียนจริงระบบปรับอากาศแบบ VRV สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 705,948.59 kWh และสำหรับแบบ Air-Cooled Chiller สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 727,707.06 kWh สำหรับกรณีการทำงานวันละ 9 ชั่วโมง พบว่าระบบปรับอากาศแบบ VRV สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 1,340,496.90 kWh และแบบ Air-Cooled Chiller สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 1,288,726.02 kWh ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าสำหรับระบบปรับอากาศแบบ VRV มีเงินลงทุนอยู่ที่ 23,421,900 ล้านบาท และสำหรับระบบแบบ Air-Cooled Chiller รวมเป็นเงินทั้งสิ้นประมาณ 23,750,000 ล้านบาท จากมูลค่าเงินลงทุนดังกล่าวได้ระยะเวลาคืนทุนของแบบ Air-Cooled Chiller อยู่ที่ 10 ปี กับ 6 ปี และสำหรับแบบแอร์รวมศูนย์ (VRV) อยู่ที่ 11 ปี กับ 5 ปี ตามลำดับ ผลการศึกษา

ที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการปรับปรุงระบบปรับอากาศของมหาวิทยาลัยต่อไป และ กรณีไม่เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Spit Type) จะมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 2,153,803.68 kWh ต่อปี กรณีศึกษาต่อไปถึง 5 ปี จะอยู่ที่ 10,769,018.40 kWh และมีค่าไฟฟ้าต่อปีอยู่ที่ 12,211,361.28 บาทต่อปี กรณีศึกษาต่อไปถึง 5 ปี จะอยู่ที่ 61,056,806.40 บาท กรณีเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ เป็นระบบแอร์รวมศูนย์ (VRV) จะมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 678,228.40 kWh ต่อปี กรณีศึกษาต่อไปถึง 5 ปี จะอยู่ที่ 3,391,142 kWh และมีค่าไฟฟ้าต่อปีอยู่ที่ 3,996,345.60 บาท กรณีศึกษาต่อไปถึง 5 ปี จะอยู่ที่ 19,981,728 บาท

คำสำคัญ : ระบบปรับอากาศ, ระบบปรับอากาศแบบส่วนกลางชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ, อาคารเรียน

An Individual Study Title	A Comparative Study of Air-conditioning Systems for Energy Conservation in Educational Buildings: A Case Study of Dhurakij Pundit University (Building 8)
Author	Chanon Chaiwutthisaree
An Individual Study Advisor	Asst.Prof.Aumnad Phdungsilp,Phd,Tekn,Dr.
Department	Engineering Management
Academic Year	2018

Abstract

The objective in this study is to investigate energy management strategies and to improve an air conditioning system for the university building (Building 8) at Durakit Pundit University for energy-savings. This study was investigated by analyzing the current air-conditioning system (Split Type) compared to Variable Refrigerant Volume (VRV) and air-cooled chiller. Initially, data of building's operating time in academic year 2017 and sizes of current and new air-conditioning systems were collected. Energy consumption and economic performance for each classroom were then analyzed for three semesters. Analysis of energy consumption was performed based on two cases: actual situation and turning on all air conditioners for 9 hours per day. Next, collected data were used to estimate the investment cost and payback period of installing the new air-conditioning systems. The results of the actual situation showed that the VRV and air-cooled chiller systems could save energy up to 705.948 MWh and 727.707 MWh, respectively. For operating time of 9 hours per day, the VRV and air-cooled chiller systems were able to save energy up to 1,340.496 MWh and 1,288.726 MWh. Regarding the economic performance, the investment costs of the VRV and air-cooled chiller were equal to 23,421,900 and 23,750,000 million baht, respectively. The payback period of two cases was 10 years and 6 years for the air-cooled chiller, and 11 years and 5 years for VRV. The results obtained from this study can be used to make a decision for further improvement of the air conditioning systems. And in case of not replacing the new air conditioner Split type air conditioning system (Spit Type) will have electricity consumption at 2,153,803.68 kWh per year. Further study for 5 years will be at 10,769,018.40 kWh and have annual electricity bills at

12,211,361.28 baht per year. The case study for the next 5 years will be at 61,056,806.40 baht in case of changing the new air conditioner. Is a centralized air conditioning system (VRV). Electricity consumption is 678,228.40 kWh per year. The next 5 years of study will be 3,391,142 kWh and have an annual electricity charge of 3,996,345.60 baht for the next 5 years. Will be at 19,981,728 baht

Keywords: Air-conditioning System, Central Air-conditioning System with Air-cooled Chiller, Educational Building

กิตติกรรมประกาศ

การทำการศึกษารายบุคคลฉบับนี้ เกี่ยวกับเรื่องการศึกษาเปรียบเทียบระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอาคารสถานศึกษา กรณีศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต อาคาร 8 ครั้งนี้สำเร็จด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ควบคุมและให้คำแนะนำตลอดมา ซึ่งได้ให้แนวความคิดและคำแนะนำในการดำเนินงานตลอดจนให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินงาน อันเป็นประโยชน์ต่อการทำการศึกษารายบุคคลนี้

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ โดยเฉพาะหน่วยงานทะเบียนและงานอาคารและสถานที่ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูล และขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้การทำการศึกษารายบุคคลสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ประโยชน์ อันใดที่เกิดจากการทำการศึกษารายบุคคลนี้ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านและขอขอบคุณท่านที่ไม่ได้กล่าวนามทั้งหมดนี้ด้วย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติมิตรของผู้วิจัยซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและส่งเสริม เป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งเจ้าหน้าที่สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านงานประสานข้อมูล สถานที่ขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ชานน ไชยวุฒิเสรี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ฆ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่

1. บทนำ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 2

1.3 ขอบเขตของการศึกษา..... 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.2 เครื่องปรับอากาศแบบหน่วยเดียว..... 5

2.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ..... 6

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 7

3. วิธีการดำเนินการศึกษา..... 13

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย..... 12

3.2 การรวบรวมข้อมูล..... 13

3.3 การออกแบบและการประมาณราคาระบบ Air Cooled Chiller..... 14

3.4 การออกแบบและการประมาณราคาระบบปรับอากาศแบบ VRV,VRF..... 15

3.5 การเปรียบเทียบพลังงานรวม..... 18

3.6 การคำนวณระยะเวลาคืนทุน..... 18

3.7 ระยะเวลาการศึกษา..... 18

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

4. ผลการศึกษา..... 19
4.1 จำนวนเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันและการใช้พลังงาน..... 19
4.2 การใช้ห้องเรียนในแต่ละภาคเรียน..... 20
4.3 ขนาดของเครื่องปรับอากาศ..... 20
4.4 ผลการเปรียบเทียบพลังงารรวมเครื่องปรับอากาศที่ทำงานตามเวลาเรียนจริง ทำงานทุกวัน วันละ 9 ชั่วโมง..... 21
4.5 ผลการศึกษาค่าใช้จ่ายในการลงทุน..... 24
4.6 ผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุน..... 26
4.7 กรณีไม่เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ..... 28
5. สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา..... 30
5.1 สรุปผลการศึกษา..... 30
5.2 วิจารณ์ผลการศึกษา..... 31
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 31
บรรณานุกรม..... 32
ภาคผนวก..... 34
ก. การจัดการด้านการจัดซื้อจัดหาอุปกรณ์..... 35
ข. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ..... 37
ค. การจัดการด้านการติดตั้งระบบปรับอากาศของอาคาร..... 41
ง. รายละเอียดบัญชีราคารายการวัสดุอุปกรณ์..... 45
จ. การบำรุงรักษาอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ..... 48
ฉ. รายการตรวจสอบการทำงานของระบบปรับอากาศ..... 51
ช. การออกแบบท่อน้ำในระบบ..... 57
ประวัติผู้เขียน..... 59

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 จำนวนเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันและการใช้พลังงาน..... 19
4.2 การใช่ห้องเรียนของแต่ละอาคารจำแนกตามภาคเรียน..... 20
4.3 ขนาดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในปัจุบันเปรียบเทียบเครื่องปรับอากาศใหม่.. 21
4.4 พลังงานเครื่องปรับอากาศปัจจุบันและแบบใหม่ที่ทำงานตามเวลาเรียนจริง.... 22
4.5 พลังงานเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันและแบบใหม่ที่ทำงานวันละ 9 ชั่วโมง... 23
4.6 บัญชีราคารายการวัสดุอุปกรณ์ระบบปรับอากาศแบบ Chiller Air Cooled..... 25
4.7 บัญชีราคารายการวัสดุอุปกรณ์ระบบปรับอากาศแบบแอร์รวมศูนย์..... 25

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

3.1 ระบบการทำความเย็นแบบชนิดแยกส่วน(ระบบที่ใช้ในปัจจุบัน)..... 12

3.2 ไดอะแกรมระบบปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ..... 13

3.3 ไดอะแกรมระบบปรับอากาศแบบแอร์รวมศูนย์ (VRV)..... 15

3.4 ไดอะแกรมระบบปรับอากาศแบบแอร์รวมศูนย์ (VRV) 16

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบปรับอากาศยังคงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับอาคารในศตวรรษนี้ และมีแนวโน้มจะเพิ่มขนาดและจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากประเทศไทยกำลังพัฒนาจากประเทศเกษตรกรรม ซึ่งแรงงานส่วนใหญ่อยู่ในที่โล่ง ไปสู่ประเทศอุตสาหกรรมซึ่งแรงงานในการผลิตและการประกอบธุรกิจจะอยู่ภายในอาคารที่มีการปรับอากาศ โดยเหตุที่พลังงานที่ใช้กับระบบปรับอากาศมีสัดส่วนประมาณ 60% ของพลังงานทั้งหมดในแต่ละอาคาร การประหยัดพลังงานสำหรับระบบปรับอากาศจึงมีความสำคัญมาก มิใช่เพียงเพื่อลดค่าใช้จ่ายในอาคารลงเท่านั้น แต่ยังช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของโลกโดยส่วนรวมอีกด้วย ทั้งนี้เพราะระบบปรับอากาศของอาคารเกือบทุกหลังให้พลังงานไฟฟ้าซึ่งได้จากการเผาเชื้อเพลิงจำพวกฟอสซิล (Fossil Fuel) เช่น น้ำมันเตา ถ่านหิน ซึ่งเป็นจำนวนถึง 92% มีเพียง 8% เท่านั้นที่ได้จากพลังงานน้ำ ผลการสันดาปของเชื้อเพลิงเหล่านี้ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิบรรยากาศของโลกสูงขึ้นประมาณ 0.3 – 0.6 ^oC ในช่วง 100 ปีที่ผ่านมา (ข้อมูลจากองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก 1990) หากไม่มีการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องจักรกลต่างๆ ซึ่งรวมถึงระบบปรับอากาศแล้ว โลกจะร้อนขึ้นไปกว่านี้อีก ซึ่งย่อมหมายถึงว่า อาคารแต่ละหลังต้องใช้เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ขึ้นและก่อให้เกิดก๊าซ CO_2 อันทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นต่อไปอีก

การประหยัดพลังงานสำหรับอาคารเก่า ดูค่อนข้างเป็นที่ยุ่งยากและต้องการระยะเวลาพอสมควรในการพิสูจน์ผลการดำเนินงาน อีกทั้งการดำเนินการอย่างหนึ่งอย่างใดกับระบบวิศวกรรมภายในอาคารบางครั้งก็จะกระทบต่อการประกอบการของอาคาร และก็จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีชั้นสูง ซึ่งรวมถึงเครื่องมือและช่างเทคนิคที่มีประสบการณ์ นอกเหนือไปจากการไม่ให้ความสนใจเท่าที่ควรในเรื่องการลงทุนอุปกรณ์เพื่อช่วยประหยัดพลังงานของเจ้าของอาคารเอง ปัจจัยดังที่ได้กล่าวมานี้เป็นหนทางที่ทำให้การประหยัดพลังงานไม่ประสบผลเท่าที่ควรเว้นเสียแต่ว่าจะมีมาตรการเชิงบังคับมาควบคุม อย่างไรก็ดีการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารเก่า ควรจะพิจารณาลำดับการปรับปรุงดังต่อไปนี้

1. การประหยัดพลังงาน โดยการปรับปรุง ปรับแต่งและจัดการใช้งานของอุปกรณ์ในระบบวิศวกรรมให้เหมาะสม โดยไม่ต้องลงทุนอุปกรณ์แต่อย่างใด

2. การประหยัดพลังงาน โดยการติดตั้งอุปกรณ์เสริมเข้าไว้ในระบบวิศวกรรม เพื่อให้การทำงานและการใช้งานมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะมีเงินลงทุนบ้าง

3. การประหยัดพลังงาน โดยการปรับปรุงระบบวิศวกรรมใหม่ มีการเลือกใช้เทคโนโลยีและระบบวิศวกรรมใหม่ให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะต้องลงทุนพอสมควรการปรับปรุงการใช้พลังงานสำหรับอาคาร ไม่ว่าจะเป็นอาคารเก่าที่ใช้งานมาแล้วระยะเวลาหนึ่ง หรืออาคารใหม่ที่เพิ่งเริ่มใช้งานล้วนแล้วแต่มีความสำคัญและจำเป็นทั้งสิ้น อันเนื่องมาจากความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว และไม่หยุดนิ่งของเทคโนโลยีใหม่ๆ ซึ่งมุ่งหวังจะเพิ่มประสิทธิภาพและสงวนรักษาการใช้พลังงาน อาคารหลังหนึ่งๆ โดยทั่วไปจะต้องใช้ระยะเวลาในการออกแบบอาคารอย่างน้อยครึ่งปี และต้องใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารไม่น้อยกว่า 2 ปี ทั้งนี้ไม่รวมถึงระยะเวลาที่ต้องใช้ในการคิดหาความเหมาะสมเชิงเศรษฐศาสตร์ของอาคาร ซึ่งจะเห็นได้ว่าอาคารที่ได้ใช้งานนับจากวันนี้ ก็คืออาคารที่ได้ออกแบบและใช้เทคโนโลยีเมื่อไม่น้อยกว่า 2 ปีที่ผ่านมา ในช่วงระยะเวลา 2 ปี จะมีการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงและพัฒนา ไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยีของระบบวิศวกรรมและหน่วยของพลังงานอยู่ตลอดเวลา และสิ่งนี้ก็เป็นเหตุผลสำคัญที่อาคารจำเป็นต้องติดตามและปรับปรุงเทคโนโลยีของระบบวิศวกรรมในอาคารให้สอดคล้องกับยุคสมัยอยู่เสมอ

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ก่อตั้งมา 50 ปี เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในอาคารของมหาวิทยาลัยส่วนมากจะเป็นแบบหน่วยเดียวชนิดแยกส่วน (Split Type) ซึ่งเมื่อใช้งานไปนานๆ ประสิทธิภาพจะต่ำลง ทำให้ใช้ปริมาณไฟฟ้ามาก การควบคุมการประหยัดพลังงานจะควบคุมได้ยาก วิธีหนึ่งที่จะช่วยขจัดปัญหาได้ คือ การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบหน่วยเดียวชนิดแยกส่วนเป็นแบบแอร์รวมศูนย์ประเภท Variable Refrigerant Volume (VRV) โดยมี คอยล์ร้อน (Outdoor Unit) 1 ตัว แล้วเดินท่อน้ำยาไปจ่าย คอยล์เย็น (Indoor Unit) ได้หลายตัว และเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบส่วนกลางชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Chiller) 2 แนวทางนี้แม้ว่าจะต้องลงทุนสูง แต่ในระยะยาวจะเป็นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาแนวทางจัดการปรับปรุงระบบปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงานของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ โดยการเปลี่ยนระบบปรับอากาศจากแบบหน่วยเดียวชนิดแยกส่วน เป็นแบบแอร์รวมศูนย์ (VRV) และแบบชนิดส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Chiller)

2. เพื่อประมาณราคาการลงทุนและระยะเวลาคืนทุนของการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบแอร์รวมศูนย์ (VRV) และแบบชนิดส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Chiller)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของอาคารเรียนมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์จะเลือกใช้แนวทางการปรับปรุงระบบปรับอากาศจากแบบหน่วยเดียวชนิดแยกส่วนเป็นแบบแอร์รวมศูนย์ (VRV) และแบบชนิดส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Chiller) กรณีศึกษาอาคารเรียนรวมจำนวน 1 อาคาร (อาคาร 8 คณะนิเทศศาสตร์)

1.3.1 รวบรวมข้อมูลชั่วโมงการใช้ห้องเรียนและรายละเอียดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบัน โดยใช้ข้อมูลในปีการศึกษา 2560

1.3.2 เปรียบเทียบข้อมูลเชิงเทคนิคของเครื่องปรับอากาศเพื่อคัดเลือกประเภท ตลอดจนเปรียบเทียบพลังงานรวม (kWh) ของเครื่องปรับอากาศระบบปัจจุบันและระบบใหม่

1.3.3 ในการคำนวณระยะเวลาคืนทุนไม่ได้รวมค่าของเงินที่เปลี่ยนไป และคิดเฉพาะเงินลงทุนเท่านั้นโดยไม่ได้รวมถึงค่าการบำรุงรักษาและค่าปลีกย่อยอื่น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถนำไปเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์และตัดสินใจในการปรับปรุงระบบปรับอากาศสำหรับอาคารต่างๆ ในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

1.4.2 ทราบค่าใช้จ่ายโดยประมาณในการปรับปรุง และสามารถยื่นเรื่องให้สถาบันหรือหน่วยงานของรัฐ เช่น การไฟฟ้าฝ่ายผลิต ที่สนับสนุนเงินลงทุนในการจัดการเพื่อการประหยัดพลังงาน เพื่อปรับปรุงระบบปรับอากาศแล้วผ่อนชำระคืนภายหลัง (ในกรณีที่มหาวิทยาลัยต้องการกู้)

1.4.3 บุคลากรฝ่ายช่างและซ่อมบำรุงของมหาวิทยาลัย มีการพัฒนาความรู้และทักษะการทำงานให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น โดยอาจจัดให้มีการฝึกอบรมอย่างต่อเนื่องในเรื่องการทำ งานและการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศที่มีวิวัฒนาการและเทคโนโลยีที่ก้าวหน้า

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประเทศไทยตามสภาพภูมิศาสตร์ตั้งอยู่บริเวณเขตร้อนและชื้นอุณหภูมิสูงสุดจะแปรเปลี่ยนระหว่าง 33 องศา ถึง 38 องศา ในวันๆ หนึ่งค่าพิสัยของการเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 10 องศา ถึง 12 องศา และเดือนเมษายนจะถือว่าเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนที่สุดของปีส่วนค่าอุณหภูมิต่ำสุดจะอยู่ระหว่าง 14 องศา ถึง 26 องศา ซึ่งพิสัยของการเปลี่ยนแปลงจะอยู่ระหว่าง 12 องศา ถึง 16 องศา ค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 55% ถึง 100% สำหรับกรุงเทพมหานครนั้นตั้งอยู่ที่ 13 องศา 'N ซึ่งจะมีค่าอุณหภูมิต่ำสุดในฤดูหนาวประมาณ 15 องศา และค่าสูงสุดในฤดู ร้อนประมาณ 35 o C ด้วยสภาวะภูมิอากาศดังกล่าวข้างต้น การปรับอากาศ (การลดความชื้นและลดอุณหภูมิ) จึงมีความจำเป็นสำหรับอาคารและที่พักอาศัยเพื่อความสุขสบายของคน

2.1 แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การปรับอากาศเพื่อความสุขสบายและสุขภาพ หมายถึง การควบคุมสภาวะของอากาศดังนี้

1. อุณหภูมิ
2. ควบคุมความชื้น
3. การเคลื่อนไหวของอากาศ
4. ความสะอาดของอากาศ
5. การระบายอากาศ

2.2 เครื่องปรับอากาศแบบหน่วยเดียว

เครื่องปรับอากาศแบบหน่วยเดียวเป็นเครื่องปรับอากาศที่นิยมใช้ในอาคารต่างๆ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ เครื่องปรับอากาศชนิดติดหน้าต่าง (Window Type) ชนิดแยกส่วน (Split Type) ชนิดเป็นชุด (Package Unit) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

แบบเครื่องติดหน้าต่าง (Window Type) 5 : เครื่องแบบนี้ส่วนประกอบต่างๆ รวมอยู่ในตัวถัง (Casing) อันเดียวกัน ขนาดทำความเย็น(Cooling Capacity)ของเครื่องที่โรงงานผลิตขายอยู่ระหว่าง 8,000 Btu/hไปจนถึงขนาด 30,000 Btu/h (2 ½ ตัน) ซึ่งขนาดโตกว่านี้จะมีน้ำหนักมากเกินไป โรงงานจึงไม่ผลิต ความเหมาะสมของเครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่างสะดวกในการติดตั้งมักจะเจาะช่องที่กำแพงหรือผนังพร้อมทำวงกบไม้หรือวางบนขอบวงกบหน้าต่างแต่ต้องระมัดระวังให้ด้านหลังของเครื่องสามารถเป่าลมออกทิ้งได้สะดวก จะทำให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นสูงสุด ระบบไฟฟ้าที่จะใช้เป็น 220/1/50 สำหรับเครื่องขนาด 1 ตัน (12,000 Btu/h) จะกินไฟฟ้าราว (9 แอมแปร์) ถ้าเจ้าของบ้านติดเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตันควรเปลี่ยนมิเตอร์จาก 5 แอมแปร์เป็น 15 แอมแปร์ในงานที่ต้องการโยกย้ายเครื่องได้สะดวกหรือต้องการเครื่องติดตั้งอย่างเร่งด่วน การทำความเย็นโดยใช้เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง จะคล่องตัวใช้งานได้ดีที่สุด แต่มักมีปัญหาเรื่องเสียงดังจากเครื่อง

แบบเครื่องชนิดแยกส่วน (Split Type) : ในปัจจุบันเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน จะระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled) เครื่องปรับอากาศ 1 ชุด จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เครื่องเป่าลมเย็น (Fan-Coil Unit) และเครื่องระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Condensing Unit) ซึ่งจะอธิบายดังรายละเอียดแต่ละส่วนได้ดังนี้

1. เครื่องเป่าลมเย็น (Fan Coil Unit or Air Handling Unit) จะเป็นส่วนที่ติดตั้งภายในอาคาร ตัวเครื่องประกอบด้วย ตัวพัดลม (Blower) มอเตอร์ขับพัดลม (Blower Motor) สำหรับเครื่องเป่าลมเย็นขนาดเล็ก (1 ตัน ถึง 5 ตัน) มอเตอร์พัดลมจะขับให้พัดลมหมุนโดยตรง โดยมีแกนมอเตอร์และแกนพัดลมอยู่ในแนวเดียวกัน (Direct Drive) ส่วนขนาดของเครื่องเป่าลมเย็นขนาดใหญ่ (5 ตันขึ้นไป) จะถูกขับโดยสายพาน เราสามารถปรับรอบการหมุนของพัดลมได้ (Belt Drive) มีคอยล์เย็น (Evaporator) และแผงกรองอากาศ (Air Filter)

2. เครื่องระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Chiller) จะเป็นส่วนที่ติดตั้งอยู่นอกอาคาร มักจะวางบนกันสาด หลังคาที่มีพื้นเรียบหรือวางบนแท่นคอนกรีตบนพื้นดิน เครื่องส่วนนี้ต้องวางให้มีการพ่นลมร้อนทิ้งสู่อากาศได้สะดวก เพื่อจะให้ได้ประสิทธิภาพการทำความเย็นได้เต็มที่ เครื่องประกอบด้วย ตัวคอมเพรสเซอร์ หรือหม้ออัดน้ำยา (Compressor) พัดลมระบายความร้อนพร้อมมอเตอร์ (Condenser Fan and Condenser Fan Motor) คอนเดนเซอร์หรือคอยล์ร้อน (Condenser Coil) ระบบควบคุม (Control) การทำงานเครื่อง ส่วนนี้โรงงานจะพ้นสีให้มีความทนทานต่อดินฟ้าอากาศได้ดี เครื่องระบายความร้อนขนาดโตกว่า 5 ตันขึ้นไป จะมีน้ำหนักมากเวลาไปวางบนกันสาดหรือพื้นดิน

2.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

บุตรบำรุง ธรรมโชติ (2541) ในการจัดการด้านพลังงานในโรงงานหรืออาคาร เพื่อให้มีการใช้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น หลังจากที่ได้ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์สถานภาพการใช้พลังงานของอุปกรณ์ต่างๆ ระบบหรือกระบวนการผลิต เพื่อประเมินหาวิธีหรือแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงานหรือลดต้นทุนด้านพลังงานแล้ว ผลการประเมินทางเทคนิคอาจพบว่ามีหลายวิธีหรือแนวทางที่สามารถดำเนินการได้ ซึ่งบางวิธีอาจทำได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย เช่น วิธีการปรับปรุงทางด้านการดำเนินงาน ส่วนบางวิธีที่ต้องปรับปรุงทางด้านอุปกรณ์อาจจำเป็นต้องการการลงทุน การลงทุนด้านพลังงานก็เหมือนกับการลงทุนในโครงการทั่วไป ซึ่งจะต้องทำการวิเคราะห์ เปรียบเทียบผลตอบแทนที่จะได้รับ และค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปในเวลาใดเวลาหนึ่ง ฉะนั้นในขั้นตอนถัดมาก็คือ การจัดทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการลงทุนในแต่ละแนวทางการประหยัดพลังงานที่ผ่านการประเมินศักยภาพทางเทคนิคแล้วเพื่อเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจว่าที่จะดำเนินการลงทุนตามที่เสนอหรือไม่

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไพบูลย์ หังสพฤกษ์ การเลือกใช้อุปกรณ์และระบบการปรับอากาศให้ประหยัดพลังงาน ภายหลังจากการคำนวณภาระการทำความเย็นที่ภาวะ การใช้งานสูงสุด ต่ำสุด และอื่นๆ แล้ว ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมกับงานนั้นขนาด และจำนวนของเครื่องปรับอากาศที่ควรใช้ ตัวประกอบที่ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณา คือ

ก. เครื่องปรับอากาศจะต้องมีความสามารถในการทำความเย็นได้เพียงพอ เมื่อมีภาระความร้อนสูงสุดนั่นคือ ต้องเลือกเครื่องให้มีความสามารถทำความเย็นรวมเพียงพอ

ข. เครื่องปรับอากาศจะต้องทำงานที่สมรรถนะสูง ที่ภาระของการใช้งานต่างๆ ของอาคาร นั่นคือต้องเลือกเครื่องที่มีขนาดพอเหมาะกับภาระการทำความเย็นที่ภาระสูงสุด และต่ำสุด

ค. เลือกเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง

ง. เลือกระบบและออกแบบระบบต่างๆ ให้ใช้พลังงานน้อย

การเลือกเครื่องทำความเย็นสำหรับระบบปรับอากาศ ควรเลือกโดยพิจารณาตัวประกอบดังต่อไปนี้

ก. เลือกเครื่องที่มีความสามารถทำความเย็นได้เพียงพอกับภาระ

ข. เลือกเครื่องที่มีค่า COP หรือ EER สูง ที่ภาระการใช้งานต่างๆ

ค. เลือกเครื่องที่บำรุงรักษา และใช้งานได้สะดวก

ง. เลือกจำนวนเครื่องให้เครื่องทำงานได้ COP หรือ EER สูง ที่ภาระสูงสุดและภาระต่ำสุด และให้มีเครื่องชุดสำรองที่มีขนาดที่ประหยัด

เชิดพันธ์ วิทูราภรณ์ (2545) การใช้ค่าประสิทธิภาพของพลังงานในการวิเคราะห์อาคาร โดยทั่วๆ ไปในประเทศไทยจะมีการใช้พลังงานในรูปของพลังงานไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ โดยระบบปรับอากาศภายในอาคารจะเป็นระบบที่ใช้พลังงานมากเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาคือระบบไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์และเครื่องใช้ในสำนักงาน ในระบบปรับอากาศ ถ้าเป็นอาคารขนาดใหญ่มักจะนิยมเลือกใช้ระบบทำน้ำเย็น โดยใช้เครื่องทำน้ำเย็นในการผลิตน้ำเย็นเพื่อทำให้บริเวณต่างๆ ภายในอาคารมีสภาวะอากาศที่เหมาะสม เครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้จะมีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้กันมากมักจะเป็นแบบระบบอัดไอโดยตัวเครื่องทำน้ำเย็นจะประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นอีแวปปอเรเตอร์คอนเดนเซอร์ เอ็กซ์แพนชั่นและคอมเพรสเซอร์ ทั้งนี้พลังงานไฟฟ้าจะเข้าสู่มอเตอร์เพื่อใช้ขับคอมเพรสเซอร์ ดัง

นั้นวัฏจักรของการอัดไอดังกล่าวจะตรงกันข้ามกับวัฏจักรที่ให้กำลังงานโดยทั่วไปซึ่งจะให้ค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่ได้ด้วยเหตุนี้นิยามของคำว่าประสิทธิภาพที่ใช้ทั่วไปจึงไม่อาจนำมาใช้กับวัฏจักรของการอัดไอได้ โดยเทอมที่ใช้บอกประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นจะได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (COP) ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพของพลังงาน (EER) และค่าอัตราการใช้ไฟต่อตันความเย็น (kW/TR) ค่าต่างๆ ที่กล่าวถึงนี้จะเป็นเทอมที่ใช้อธิบายถึงสัดส่วนของพลังงานที่ต้องใช้ในการขจัดปริมาณความร้อนออกจากบริเวณที่ต้องการเพื่อให้มีสภาวะอากาศที่เหมาะสม ดังนั้นในแง่ของการประหยัดพลังงาน ค่าต่างๆ เหล่านี้จึงถือได้ว่าเป็นค่าที่สำคัญในการประมาณการเกี่ยวกับพลังงานที่จะประหยัดได้ภายหลังจากการติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ดีกว่า นอกจากนี้การที่เราจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าต่างๆ ดังกล่าวระหว่างเครื่องทำน้ำเย็นที่เสนอซึ่งมีประสิทธิภาพที่ดีกับเครื่องทำน้ำเย็นที่ถูกใช้เป็นตัวฐาน ค่าที่ใช้เป็นฐานนี้ควรจะถูกคำนวณมากจากประสิทธิภาพต่ำสุดที่ทำได้ของเครื่องที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ในขณะที่ค่าประสิทธิภาพของเครื่องที่ถูกเสนอเพื่อมาแทนที่จะได้มาจากข้อมูลของผู้ผลิตและสถาบันรับรองต่างๆ

ในการประมาณการพลังงานที่ประหยัดได้นั้น วิธีที่ง่ายที่สุดจะใช้การตั้งสมมติฐานว่าระบบที่นำเสนอและระบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจะมีการทำงานที่สภาวะการทำความเย็นเดียวกันและความแตกต่างจะอยู่ที่ค่า COP เท่านั้น ดังนั้นค่าดังกล่าวจะเป็นตัวชี้ขาดว่าระบบไหนจะดีกว่ากันแต่ในความเป็นจริงแล้ว อาคารที่มีขนาดใหญ่จะมีลักษณะของภาระการทำความเย็นที่แปรเปลี่ยนไปมาตลอดเวลา ดังนั้นวิธีการคำนวณแบบง่ายๆ ดังกล่าวไม่สามารถที่จะสะท้อนถึงการแปรเปลี่ยนตรงนี้ได้ดีมากนัก

ศุภชัย ปัญญาวีร์ กลยุทธ์ในการอนุรักษ์พลังงานในส่วนทำน้ำเย็นอาคารสำนักงานแห่งหนึ่งความสูง 2 ชั้น พื้นที่ปรับอากาศ 28,860 ตารางเมตร ใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบหอยโข่งขนาด 400 ตันทำความเย็นจำนวน 2 ชุด ปั๊มน้ำเย็นจำนวน 2 ชุด ขนาด 40แรงม้า อัตราการไหลต่อตันทำความเย็น 3.0 GPM/TR ปั๊มเดิมใช้งานทั้งสองชุดตลอดเวลา พลังงานไฟฟ้าต่อพิกัดการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นเท่ากับ 1.2 kW/TR ใช้วาล์วสามทางควบคุมปริมาณน้ำที่ AHU แต่ละชุดจำนวน 20 ชุด

ชั่วโมงการเดินระบบปรับอากาศที่ภาระโหลดต่างๆ ตลอดทั้งปี มีดังนี้

%โหล	ชั่วโมง/ปี
100	400
67	900
50	500
33	2,200

ที่ภาระการปรับอากาศต่ำกว่า 50 % เครื่องทำน้ำเย็นจะเดินเพียง 1 ชุด แต่ปั๊มน้ำเย็นยังเดินใช้งานจำนวนสองชุด โดยส่งน้ำเย็นไปยัง AHU ผ่านวาล์วสามทางกลับมาโดยไม่ผ่านเข้าคอยล์เย็น AHU ในกรณีน้ำที่กลับเข้ามายังเครื่องทำน้ำเย็น จะแยกผ่านเครื่องทำน้ำเย็นที่ไม่เดินอุณหภูมิน้ำออก 50 oF และน้ำส่วนที่ผ่านเครื่องทำน้ำเย็นที่เดินอุณหภูมิน้ำออก 41 oF แล้วน้ำสองกระแสมาผสมกันได้อุณหภูมิ 45.5 oF ตามที่ต้องการ แล้วส่งไปจ่ายยัง AHU ต่างๆ

กลยุทธ์ในการอนุรักษ์พลังงานในกรณีนี้สามารถดำเนินการได้ดังนี้

1. ปั๊มน้ำเย็นมีขนาดใหญ่กว่าความต้องการ ซึ่งเกิดจากขณะออกแบบและเลือกใช้ปั๊มน้ำได้เผื่อความดันตกคร่อมปั๊มน้ำ ดังนั้นเมื่อใช้งานจริง เฮดที่เกิดขึ้นจะน้อยกว่าที่ออกแบบ ส่งผลให้อัตราการไหลของน้ำเย็นสูงกว่าความต้องการของเครื่องทำน้ำเย็นใน กรณีทั่วไปความต้องการของเครื่องทำน้ำเย็น 2.2 ถึง 2.4 GPM/Tr แต่ขณะใช้งานอัตราการไหลที่ออกจากปั๊มน้ำเย็น 3.0 GPM/Tr มากกว่าความต้องการ 25% ดังนั้นเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานสามารถทำได้โดยเปลี่ยนใบพัดปั๊มน้ำใหม่ หรือถ้าปั๊มน้ำเก่ามากก็ควรเปลี่ยนปั๊มใหม่ให้มีขนาดเหมาะสม

2. ขณะภาระการปรับอากาศต่ำกว่า 50 % นั้น จะมีเครื่องทำน้ำเย็นเดินเครื่องเพียง 1 ชุด แต่ปั๊มน้ำเย็นยังเดินสองชุด ซึ่งมากเกินไป ควรพิจารณาเดินปั๊มน้ำเท่าจำนวนเครื่องทำน้ำเย็นที่เกิน ดังนั้นน้ำเย็นจะไม่มีการลัดวงจร (by pass) ผ่านเครื่องทำน้ำเย็นที่ไม่มีการเดิน อาคารจะสามารถปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตั้งไว้ 41 oF ให้สูงขึ้นเป็น 45.5 oF ซึ่งจะทำให้เครื่องทำน้ำเย็นประหยัดพลังงานขึ้น

3. ติดตั้งหรือปิดวาล์วเส้นทางบายพาสของวาล์วสามทางที่ AHU แต่ละตัวดังนั้นวาล์วดังกล่าวจะกลายเป็นวาล์วสองทาง น้ำที่ไหลในวงจรจะลดลงประมาณ 30% และที่ภาระโหลดต่ำลงน้ำก็จะไหลในวงจรลดลงด้วย แต่น้ำเย็นที่ไหลผ่านเครื่องทำน้ำเย็นจะต้องคงที่ตลอดเวลา ดังนั้นจึง

ต้องเดินท่อบายพาสบริเวณเฮดเดอร์ของท่อส่งและท่อจ่ายแล้วติดตั้งวาล์วควบคุมความดัน (pressure control valve) เพื่อให้น้ำเย็นส่วนเกินไหลกลับเข้าปั๊มน้ำ ส่งผลให้ลดความดันตกคร่อมในระบบลงได้ ดังนั้นปั๊มน้ำก็จะใช้กำลังงานลดลง แต่กรณีดังกล่าวควรพิจารณาติดตั้งระบบควบคุมรอบการหมุนของปั๊ม (variable speed drive) ในขณะที่ภาระโหลดต่ำ น้ำจะผ่านทางบายพาส มากความดันตกคร่อมนั้นจะลดลง อัตราการไหลของน้ำที่ปั๊มส่งเข้าเครื่องทำน้ำเย็นจะสูงกว่าความต้องการของเครื่องทำน้ำเย็น ดังนั้นควรลดรอบการหมุนของปั๊มลง ซึ่งจะส่งผลให้อัตราการไหลได้ตามต้องการ และจะสามารถประหยัดพลังงานในปั๊มน้ำเย็นได้มากขึ้น การประหยัดพลังงานในส่วนทำน้ำเย็นของระบบปรับอากาศแบบทำน้ำเย็นของแต่ละอาคาร สามารถดำเนินการได้อย่างน้อย 10% ของพลังงานที่ใช้ทั้งระบบ เพียงแต่จัดการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ อย่างเหมาะสม ซึ่งยังมีอีกหลายมาตรการที่ยังไม่ได้กล่าวในบทความนี้ เช่น การใช้ VSD Control Pump, Chiller Sequencing, Optimum Start-Stop, soft Start เป็นต้น

อนุชา คุณทะวงษ์ (2550) การจัดการปรับปรุงระบบปรับอากาศเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยเปลี่ยนระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียวชนิดแยกส่วนเป็นแบบส่วนกลางชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ กรณีศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต (อาคาร 1,2,3 และ 4)

ระบบปรับอากาศแบบนี้มีประสิทธิภาพสูง โดยเฉพาะเครื่องทำน้ำเย็นในปัจจุบันสามารถพัฒนาให้ใช้กระแสไฟฟ้าต่ำกว่า 0.7 kW/TR จึงเป็นที่นิยมใช้ในอาคารขนาดใหญ่ เช่น ศูนย์การค้า โรงแรม โรงพยาบาล หรือสำนักงานบางแห่ง

ค่าใช้จ่ายและผลตอบแทน : ขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์ทางการเงิน คือ การประมาณค่าใช้จ่ายต่างๆ และผลตอบแทนทั้งหมดที่คาดว่าจะได้รับแต่มาตรการประหยัดพลังงาน โดยใช้ข้อมูลผลการประเมินทางเทคนิคของแต่ละมาตรการที่ได้เสนอไว้ ค่าใช้จ่ายของมาตรการประหยัดพลังงานประกอบด้วย เงินลงทุน ได้แก่ ค่าอุปกรณ์วัสดุ ค่าใช้จ่ายในการวางแผนและออกแบบ ค่าติดตั้ง เป็นต้น และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ได้แก่ ค่าพลังงาน ค่าแรงงาน ค่าบำรุงรักษา และค่าอื่นๆ การตีค่าของค่าใช้จ่ายก็ประมาณได้จากราคาตามท้องตลาด

ระยะเวลาคืนทุน : ระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period) คือ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิสะสมจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าเงินลงทุน ผลที่ได้รับจากการประเมินการลงทุนโดยวิธีนี้จะทำให้ทราบว่าจะได้รับเงินคืนทุนช้าหรือเร็วเท่าใด ถ้าคืนทุนได้เร็วเท่าใดก็จะดี

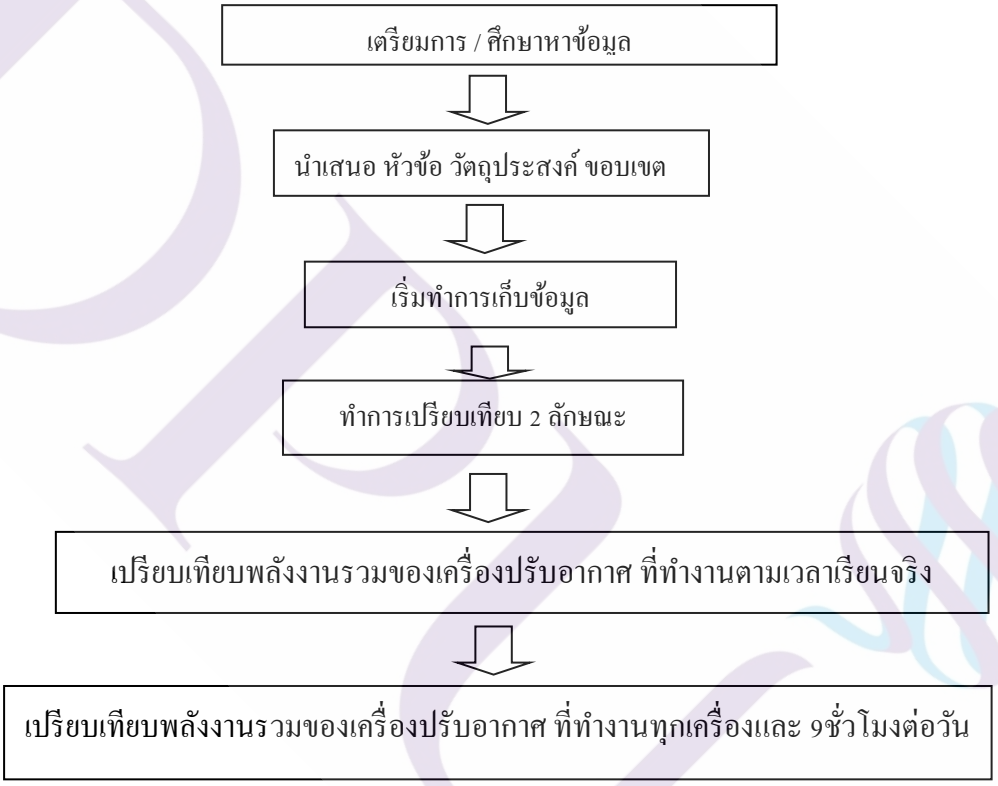
มากขึ้นเท่านั้น เพราะโอกาสเสี่ยงต่อการขาดทุนในอนาคตมีน้อยลง และสามารถนำเงินที่คืนทุนไปลงทุนในกิจการอื่นได้ วิธีระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น เป็นวิธีที่คิดแบบง่ายๆ และเป็นที่นิยมใช้ แต่มีข้อเสียคือ ไม่ได้พิจารณาถึงผลตอบแทนที่ได้รับหลังระยะเวลาคืนทุนแล้ว และไม่พิจารณาการปรับมูลค่าเงินตามเวลา ซึ่งสามารถหาได้ดังนี้

สำหรับในกรณีที่ผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายในแต่ละปีมีค่าเท่ากันทุกปี ระยะเวลาคืนทุนหาได้ดังนี้ ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน ÷ กระแสเงินสดสุทธิ

โดยที่กระแสเงินสดสุทธิต่อปี (Net Annual Cash Flow) มีค่าเท่ากับกระแสเงินสดที่ได้รับต่อปีลบด้วยกระแสเงินสดที่จ่ายต่อปี

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการศึกษา

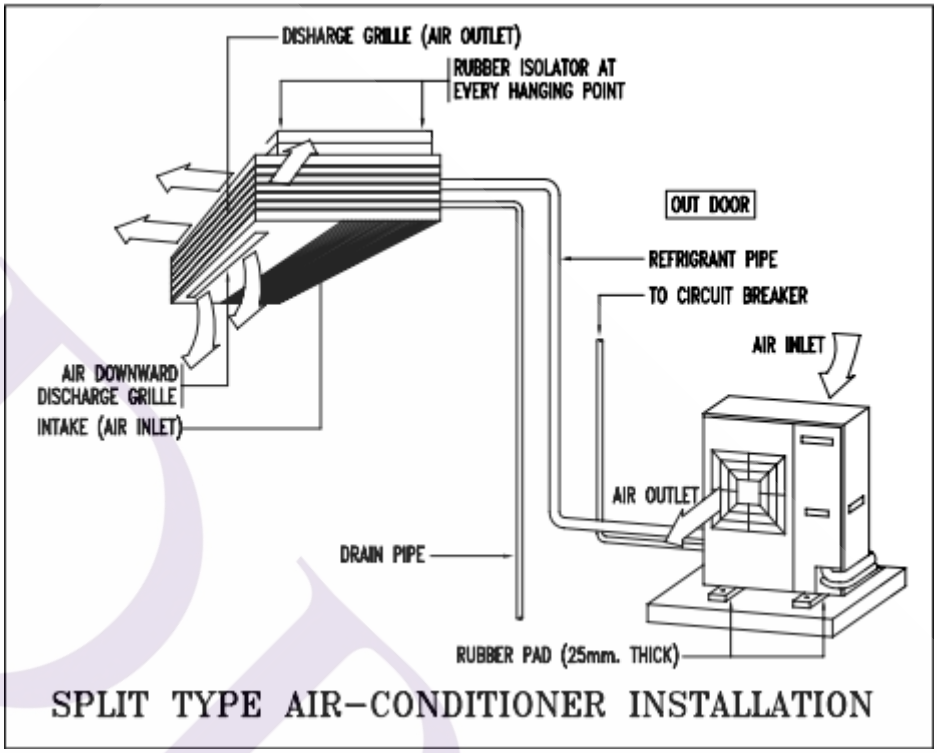
3.1 วิธีดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 3.1 วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ได้หาอัตราการใช้งานในระบบปรับอากาศของแต่ละอาคารและประมาณราคา (Cost Estimation) ในการลงทุน หากจะเปลี่ยนระบบปรับอากาศจากระบบเดิมเป็นระบบแบบแอร์รวมศุนย์(VRV) และแบบส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Chiller) พื้นที่ศึกษาอาคารเรียน 8 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ เพื่อประเมินระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น

3.2 การรวบรวมข้อมูล



ภาพที่ 3.2 ระบบการทำความเย็นแบบชนิดแยกส่วน (ระบบที่ใช้ในปัจจุบัน)

การใช้งานเครื่องปรับอากาศในแต่ละอาคาร จัดทำและรวบรวมข้อมูลจำนวนชั่วโมงการใช้เครื่องปรับอากาศของอาคาร 8 จากลักษณะของอาคารเรียน คือ จำนวนชั้นและห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศ ข้อมูลที่นำมาศึกษาเป็นข้อมูลเมื่อปีการศึกษา 2560 ซึ่งได้จากการสอบถามและขอแบบแปลนจากฝ่ายช่างและซ่อมบำรุง และฝ่ายจัดทำตารางสอนและสอบไล่ สำนักวิชาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

3.3 การออกแบบและการประมาณราคาระบบ Air-Cooled Chiller

3.3.1 การจัดทำ Diagram ของระบบปรับอากาศใหม่

ระบบปรับอากาศใหม่ที่จะใช้เปรียบเทียบในการศึกษานี้ จะใช้ระบบปรับอากาศแบบชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (รูปที่ 3.2) ซึ่งอุปกรณ์หลักที่สำคัญของระบบมีดังนี้ ส่วนที่ติดตั้งในห้องเครื่อง ประกอบด้วย

เครื่องทำน้ำเย็น (Air-Cooled Chiller) CH-1, 2, 3

เครื่องสูบน้ำ (Water Pump) CHP-1, 2, 3

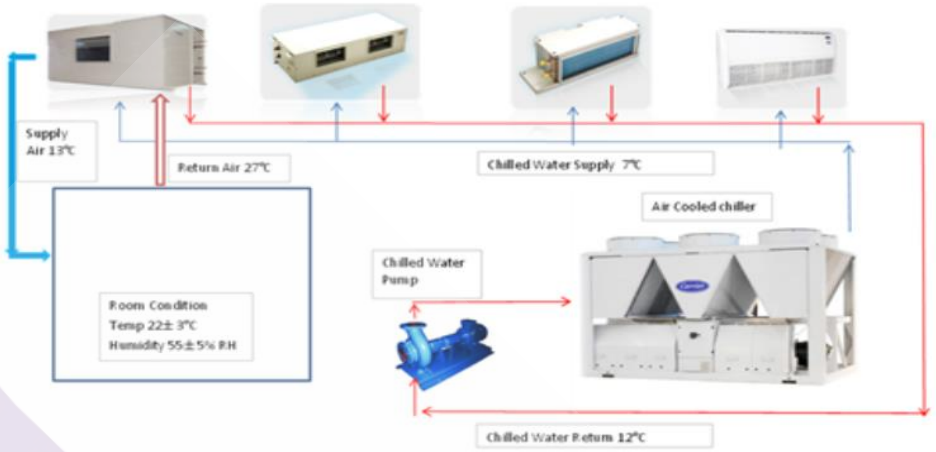
ส่วนที่ติดตั้งในห้องเรียนแต่ละห้อง ประกอบด้วย

เครื่องส่งลมเย็น (Fan Coil Unit & Air Handling Unit)

3.3.2 การเลือกขนาดของ Air-Cooled Chiller ที่จะนำมาใช้ในระบบปรับอากาศใหม่

ในการเลือก Air-Cooled Chiller ผู้ออกแบบส่วนใหญ่จะเลือก Part load ในการทำงานของ Air-Cooled Chiller อยู่ที่จำนวน 4 ช่วง เช่น Part load ที่ 100%, 90%, 80%,70% และ 60% หรือ Part load ที่ 100%, 80%, 50% และ 30% เป็นต้น เพื่อให้เครื่องสามารถทำงานได้ตามที่กำหนด ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้ Part load ที่ 100%, 90%, 80%,70% และ 60% จากโหลดของการศึกษาครั้งนี้ แบ่งตามเปอร์เซ็นต์การทำงานของ Air-Cooled Chiller ได้ดังนี้

1. โหลดที่ใช้ในอาคาร ถ้าเครื่องทำงาน 100% โหลดจะเท่ากับ 484 TR
2. โหลดที่ใช้ในอาคาร ถ้าเครื่องทำงาน 90% โหลดจะเท่ากับ 436 TR
3. โหลดที่ใช้ในอาคาร ถ้าเครื่องทำงาน 80% โหลดจะเท่ากับ 387 TR
4. โหลดที่ใช้ในอาคา ถ้าเครื่องทำงาน 70% โหลดจะเท่ากับ 339 TR
5. โหลดที่ใช้ในอาคา ถ้าเครื่องทำงาน 60% โหลดจะเท่ากับ 290 TR



ภาพที่ 3.3 ไดอะแกรมระบบปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

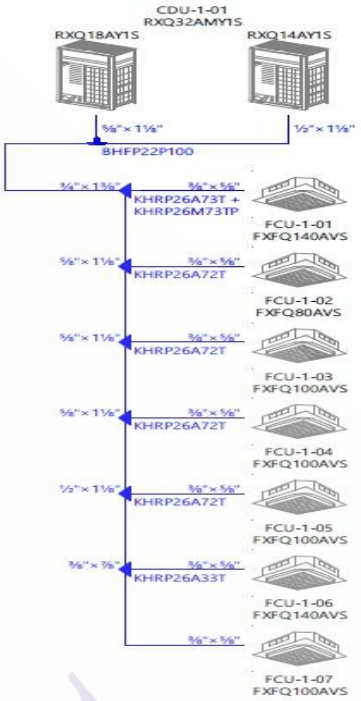
3.4 การออกแบบและการประมาณราคาระบบปรับอากาศแบบประเภท Variable Refrigerant Volume (VRV,VRF)

3.4.1 การจัดทำ Diagram ของระบบปรับอากาศใหม่

ระบบปรับอากาศใหม่ที่จะใช้เปรียบเทียบในการศึกษานี้ จะใช้ระบบปรับอากาศแบบชนิดรวมศูนย์ (VRV) (รูปที่ 3.4) ซึ่งอุปกรณ์หลักที่สำคัญของระบบมีดังนี้ ส่วนที่ติดตั้งด้านนอกประกอบด้วย ชุดคอยล์ร้อน (Condensing Unit)

ส่วนที่ติดตั้งในห้องเรียนแต่ละห้อง ประกอบด้วย เครื่องส่งลมเย็น (Fan Coil Unit) iTouch Manager, Remote Controller และ Room Thermo

3.4.2 การเลือกขนาดของระบบปรับอากาศแบบแอร์รวมศูนย์ที่จะนำมาใช้ในระบบปรับอากาศใหม่ในการเลือกระบบปรับอากาศแบบแอร์รวมศูนย์ผู้ออกแบบส่วนใหญ่จะเลือก Part load ในการ ทำงานของระบบ อยู่ที่จำนวน 6 ช่วง เช่น Part load ที่ 100%,90%, 80%,70%,60%,และ 50% หรือ Part load ที่ 100%, 80%, 50% และ 30% เป็นต้น เพื่อให้เครื่องสามารถทำงานได้ตามที่กำหนด



ภาพที่ 3.4 ไดอะแกรมระบบปรับอากาศแบบแอร์รวมศูนย์ (VRV)

3.4.3 การออกแบบระบบท่อและระบบวาล์ว

รายละเอียดการออกแบบยึดถือตามข้อกำหนดมาตรฐานการปรับอากาศและระบายอากาศของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (ว.ส.ท.) ดังนี้

1. ทำการออกแบบระบบท่อน้ำเย็นที่ต่อเข้า AHU หรือ FCU ทั้งหมดโดยคิด Flow rate ที่ 2.4 GPM./1 ตันความเย็น แล้วเปิดตารางที่ 3.3 การออกแบบท่อน้ำในระบบปิดเพื่อหาขนาดท่อน้ำเย็น โดยการออกแบบท่อน้ำเย็นนี้ ต้องหุ้มฉนวนยางชนิด Closed Cell Elastomeric Thermal

2. เลือกวาล์วชนิดต่าง ๆ โดยใช้ Working Pressure ที่ 200 Psi W.O.G วาล์ว ขนาดเล็กกว่าφ2” ใช้แบบต่อด้วยเกลียว, ขนาด φ 2 ½” ขึ้นไปต่อแบบหน้าจาน

3.4.4 การถอดแบบระบบท่อน้ำและระบบวาล์ว เมื่อออกแบบเสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะถึงขั้นตอนการถอดแบบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ถอดแบบจะเริ่มจากการวัดระยะของระบบท่อน้ำเย็น, ท่อน้ำทิ้ง, ฉนวนหุ้มท่อน้ำเย็น เมื่อเสร็จจากขั้นตอนนี้แล้วก็จะรวมจำนวนวาล์ว เข้าออกสำหรับอุปกรณ์ คือ เครื่องสูบน้ำ, เครื่องทำน้ำเย็น, FCU, AHU

2. การเผื่อวัสดุนอกจากจะคำนึงถึงการเสียเศษแล้ว ยังต้องรวมปัญหาของวัสดุและความผิดพลาดของช่าง เช่น การตัดท่อผิด การติดตั้งผิดตำแหน่งต้องรื้อทิ้ง เผื่อเนื่องจากการตกจากที่สูงแตกหัก เป็นต้น โดยทั่วไปอาจประมาณเกินร้อยละ 10-15 หรือตามความเหมาะสม ขึ้นอยู่กับประสบการณ์จริงของผู้ประมาณการ

3. การวัดท่อในแนวดิ่ง ท่อแยกย่อยต่างๆ ต้องจัดทำแบบฟอร์มเตือนความจำ หรือ Check List ตรวจสอบความถูกต้องในแต่ละจุดหรือทำการวัดแล้วลืมบวกเข้าไป ปัจจุบันมีอุปกรณ์ช่วยวัดคือเครื่อง Curvimeter มีหลายมาตราส่วนให้ปรับให้ตรงตามมาตราส่วนในแบบ

4. ในการนับจำนวนหรือวัดปริมาณ จะใช้ดินสอสีทำเครื่องหมายลงในแบบเพื่อให้ทราบว่าส่วนตัวใดได้นับไปแล้ว เพื่อป้องกันการสับสน และให้แยกสีแตกต่างกันเมื่อตรวจนับวัสดุคนละชนิดกัน

5. สรุปจำนวนวัสดุ-อุปกรณ์ทั้งหมด เพื่อเตรียมนำไปให้ผู้จำหน่ายสินค้าเสนอราคากลับมาให้

3.4.5 รวบรวมข้อมูลราคาวัสดุ-อุปกรณ์จากผู้แทนจำหน่าย

ขอราคาจากผู้แทนจำหน่ายประมาณ 3 ยี่ห้อ โดยขอใบเสนอราคาจากผู้จำหน่ายแต่ละยี่ห้อ ทุกรายการ เพื่อตรวจสอบราคา และเปรียบเทียบจากรายการราคา Price List ที่มีอยู่ หรือเทียบจากงานเก่า ๆ ที่ผ่านมา ที่เคยใช้วัสดุ-อุปกรณ์ ประเภทและยี่ห้อเดียวกัน

3.4.6 คัดเลือกวัสดุ-อุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในโครงการ

วัสดุ-อุปกรณ์ที่นำมาใช้เป็นยี่ห้อที่ใช้กันแพร่หลายในปัจจุบัน ราคาไม่แพง ถูกต้องตามข้อกำหนดมีของพร้อมใช้ ระยะเวลาการส่งของ ไม่เกินระยะเวลาที่กำหนด มีการรับประกันสินค้าในระยะเวลา 1 ปี มีทีมงานบำรุงรักษาที่ดี มีความสามารถ เมื่อเกิดปัญหาสามารถแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว

3.5 การเปรียบเทียบพลังงานรวม

ในการเปรียบเทียบพลังงานรวม (kWh) ของเครื่องปรับอากาศระบบเดิมและระบบใหม่ มีการเปรียบเทียบ 2 ลักษณะ คือ

1. เปรียบเทียบพลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศ ที่ทำงานตามเวลาเรียนจริง
2. เปรียบเทียบพลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศ ที่ทำงานวันละ 9 ชั่วโมง ทุกวัน และทุกห้อง นอกจากนี้การเปรียบเทียบพลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศในปีการศึกษา 2560 ยังได้แบ่งออกเป็น 3 ภาคเรียน คือ ภาคเรียนที่ 1/2560 ภาคเรียน 2/2560 และภาคเรียนที่ 3/2560
3. เปรียบเทียบกรณีไม่เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่

3.6 การคำนวณระยะเวลาคืนทุน

โดยคำนวณว่าเงินที่ลงทุนไปทั้งหมดจะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลากี่ปี ซึ่งหาได้จาก ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน ÷ กระแสเงินสดสุทธิ เมื่อได้ค่าออกมาแล้วจะทำให้ตัดสินใจได้ว่าการลงทุนของระบบปรับอากาศใหม่นี้ จะเหมาะสมหรือไม่ กับการลงทุน

3.7 ระยะเวลาการศึกษา

การศึกษานี้ได้ดำเนินการในช่วงเดือนกันยายน 2561 ถึงเดือนพฤษภาคม 2562

บทที่ 4
ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกระบบปรับอากาศใหม่เป็นแบบแอร์รวมศูนย์และระบบปรับอากาศแบบส่วนกลางชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศผลการศึกษา ได้รวบรวมรายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบระบบปรับอากาศแบบเดิมซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 จำนวนเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันและการใช้พลังงาน

จำนวนและขนาดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้ในปัจจุบันจำแนกตามอาคารแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 จำนวนและขนาดของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบัน

อาคาร	จำนวนชั้น	เครื่องปรับอากาศ		
		จำนวนห้อง	จำนวนเครื่อง (ชุด)	ขนาด BTU
8	7	77	167	5,844,970

จากตาราง 4.1 เห็นได้ว่า ภายในอาคาร 8 ทั้ง 7 ชั้น มีเครื่องปรับอากาศ จำนวนทั้งสิ้น 167 เครื่อง จาก 77 ห้อง โดยมีขนาดรวมทั้งหมด 5,844,970 BTU

4.2 การใช้ห้องเรียนในแต่ละภาคเรียน

การใช้ห้องเรียนของแต่ละอาคารในแต่ละภาคเรียนแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งเป็นการรวมชั่วโมงของแต่ละอาคาร

ตารางที่ 4.2 การใช้ห้องเรียนของแต่ละอาคารจำแนกตามภาคเรียน

อาคาร	ภาคเรียนที่ 1/2560	ภาคเรียนที่ 2/2560	ภาคเรียนที่ 3/2560
8	51,948	51,570	21,010

จากตาราง 4.2 เห็นได้ว่าภายในอาคาร 8 ภาคเรียนที่ 1/2560 มีจำนวนการใช้ห้องเรียนมากที่สุด คิดเป็น 51,948 ชม. ถัดมาเป็น ภาคเรียนที่ 2/2560 อยู่ที่ 51,570 ชม. และ ภาคเรียนที่ใช้ห้องเรียนน้อยที่สุดคือ ภาคเรียนที่ 3/2560 คิดเป็น 21,010 ชม. ดังนั้นหากวิเคราะห์ตามผลรวมจากการใช้ห้องเรียนแล้ว ภาคเรียนที่มีการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศมากที่สุด คือ ภาคเรียนที่ 1/2560 และน้อยที่สุด คือ ภาคเรียนที่ 3/2560 โดยนับจากจำนวนชั่วโมงของการใช้ห้องเรียนที่เกิดขึ้นในแต่ละภาคเรียน

4.3 ขนาดของเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 4.3 เป็นการเปรียบเทียบขนาดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบันซึ่งเป็นข้อมูลเมื่อปีการศึกษา 2560 และเครื่องปรับอากาศแบบใหม่ จะเห็นได้ว่าเครื่องปรับอากาศระบบใหม่มีขนาด (Btu/h) มากกว่า สาเหตุมาจากขนาดเครื่องปรับอากาศที่ผลิต ในปัจจุบันแตกต่างจากในอดีตโดยมีปริมาณ Btu/h เพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม เช่น

1. เครื่องปรับอากาศเดิมขนาด 48,000 Btu/h ปัจจุบันผลิตขนาด 50,000 Btu/h
2. เครื่องปรับอากาศเดิมขนาด 24,000 Btu/h ปัจจุบันผลิตขนาด 25,500 Btu/h
3. เครื่องปรับอากาศเดิมขนาด 18,000 Btu/h ปัจจุบันผลิตขนาด 18,900 Btu/h
4. เครื่องปรับอากาศเดิมขนาด 36,000 Btu/h ปัจจุบันผลิตขนาด 37,100 Btu/h

ตารางที่ 4.3 ขนาดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบันเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศใหม่

อาคาร	เครื่องปรับอากาศ ปัจจุบัน (2560) Btu	เครื่องปรับอากาศแบบ รวมศูนย์ (VRV) BTU	เครื่องปรับอากาศแบบ Air-Cooled Chiller BTU
8	5,844,970	5,863,000	6,539,400

จากรายละเอียดดังกล่าวทำให้ผลรวมของขนาดเครื่องปรับอากาศไม่เท่ากัน ซึ่งเครื่องปรับอากาศในปัจจุบัน ซึ่งเป็นข้อมูลเมื่อปีการศึกษา 2560 มีผลรวมน้อยที่สุดอยู่ที่ 5,844,970 BTU ถัดมาเป็น เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (VRV) คิดเป็น 5,863,000 BTU และเครื่องปรับอากาศแบบ Air-Cooled Chiller ซึ่งมีขนาดรวมสูงสุด อยู่ที่ 6,539,400 BTU โดยหากวิเคราห์ตามผลรวมของขนาด BTU ของเครื่องปรับอากาศแบบใหม่แล้ว เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (VRV) จะมีขนาดน้อยกว่าเครื่องปรับอากาศแบบ Air-Cooled Chiller ค่อนข้างมากและมีขนาดใกล้เคียงกลับ เครื่องปรับอากาศในปัจจุบัน ทั้งนี้หากเดินเครื่องเต็มที่ 100% จะมีผลต่อการประหยัดไฟแตกต่างกันประมาณ 3%-5% ถึงแม้ว่าผลรวมของขนาด BTU ของเครื่องปรับอากาศใหม่จะสูงกว่า แต่โอกาสที่จะเดินเครื่อง 100% มีน้อยมาก เพราะห้องเรียนไม่ได้ใช้งานพร้อมกันทุกห้อง

4.4 ผลการเปรียบเทียบพลังงานรวมเครื่องปรับอากาศที่ทำงานตามเวลาเรียนจริงและทำงานทุกเครื่องและ 9 ชั่วโมง ต่อวัน

ผลการเปรียบเทียบพลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 สถานการณ์ คือ กรณีคำนวณตามเวลาเรียนจริงและกรณีทำงานทุกเครื่องและ 9 ชั่วโมงต่อวัน ได้แสดงในตารางที่ 4.4 และ 4.5ตามลำดับ ในทั้งสองตารางสำหรับการใช้ระบบปรับอากาศแบบใหม่ ได้แยกส่วนของการใช้พลังงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของห้องเรียนและส่วนของห้องเครื่อง (ดูหัวข้อที่ 3.2) โดยในส่วนของห้องเรียนจะคิดเฉพาะท่อส่งลมเย็น สำหรับส่วนของห้องเครื่องจะสามารถหาพลังงานรวมได้จากการรวมค่าพลังงาน (kWh) ของเครื่องทำน้ำเย็น (Air-Cooled Chiller) เครื่องสูบน้ำ (Water Pump) ซึ่งค่าพลังงานเมื่อรวมตลอดทั้งปีการศึกษาเป็นดังนี้

กรณีคิดตามเวลาเรียนจริงเท่ากับ 192,798.6 kWh

กรณีทำงานทุกเครื่องและ 9 ชั่วโมงต่อวัน เท่ากับ 1,436,303.30 kWh

เพื่อการเปรียบเทียบ ค่าดังกล่าวจำเป็นต้องกระจายไปในแต่ละภาคเรียน ในที่นี้ได้ใช้การกระจายโดยคิดตามสัดส่วนของค่าพลังงานรวมในส่วนของห้องเรียน

ตารางที่ 4.4 พลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันและแบบใหม่ที่ทำงานตามเวลาเรียนจริง

อาคาร	พลังงาน (kWh) รวมของระบบปรับอากาศปัจจุบัน (Spit Type)			
8	ภาคการศึกษาที่ 1	ภาคการศึกษาที่ 2	ภาคการศึกษาที่ 3	รวม
	311,475.85	316,420.09	124,333.81	**752,229.75**
	พลังงานรวม (kWh) ระบบปรับอากาศแบบ (VRV)			
	ภาคการศึกษาที่ 1	ภาคการศึกษาที่ 2	ภาคการศึกษาที่ 3	รวม
	19,274.40	19,078.20	7,928.56	**46,281.16**
	พลังงานรวม (kWh) ระบบปรับอากาศชนิดส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Chiller)			
	ภาคการศึกษาที่ 1	ภาคการศึกษาที่ 2	ภาคการศึกษาที่ 3	รวม
	10,390.74	10,250.73	3,881.22	**24,522.69**

ผลการเปรียบเทียบพลังงานรวมเครื่องปรับอากาศที่ทำงานตามเวลาเรียนจริงจากตารางที่ 4.4 ทั้ง 3 ภาคเรียน มีพลังงานรวมแตกต่างกันหาได้ดังนี้

พลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันเท่ากับ 311,475.85 + 316,420.09 + 124,333.81 = 752,229.75 kWh

พลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศแบบแอร์รวมศูนย์เท่ากับ 19,274.40 + 19,078.20 + 7,928.56 = 46,281.16 kWh

พลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศแบบชนิดส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ 10,390.74 + 10,250.73 + 3,881.22 = 24,522.69 kWh

ผลต่างแอร์เก่ากับแอร์แบบรวมศูนย์ VRV เท่ากับ 752,229.75 - 46,281.16 = 705,948.59 kWh ผลต่างแอร์เก่ากับระบบแอร์ Chiller เท่ากับ 752,229.75 -24,522.69 = 727,707.06 kWh

โดยหากวิเคราะห์ตามผลต่างตามพลังงานรวมของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (VRV) และระบบปรับอากาศชนิดส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Chiller) แล้วเห็นได้ว่าระบบปรับอากาศแบบ VRV มีอัตราการใช้พลังงานน้อยกว่าระบบปรับอากาศแบบ Air-Cooled Chiller อยู่ที่ 21,758.47 kWh (727,707.06-705,948.59 = 21,758.47) นับตามการทำงานของเวลาเรียนจริงที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 4.5 พลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันและแบบใหม่ที่ทำงานทุกเครื่อง และ 9 ชั่วโมงต่อวัน

อาคาร	พลังงาน (kWh) รวมของระบบปรับอากาศปัจจุบัน (Spit Type)			
8	ภาคการศึกษาที่ 1	ภาคการศึกษาที่ 2	ภาคการศึกษาที่ 3	รวม
	665,334.90	665,334.90	275,914.80	**1,606,584.60**
	พลังงานรวม (kWh) ระบบปรับอากาศแบบ (VRV)			
	ภาคการศึกษาที่ 1	ภาคการศึกษาที่ 2	ภาคการศึกษาที่ 3	รวม
	108,840.60	108,816.30	48,430.80	**266,087.70**
	พลังงานรวม (kWh) ระบบปรับอากาศชนิดส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Chiller)			
	ภาคการศึกษาที่ 1	ภาคการศึกษาที่ 2	ภาคการศึกษาที่ 3	รวม
	108,620.73	144,769.41	64,468.44	**317,858.58**

ในตารางที่ 4.5 ค่าพลังงานรวมของภาคเรียนที่ 1 และภาคเรียนที่ 2 ทั้งในการใช้เครื่องปรับอากาศปัจจุบันและเครื่องปรับอากาศแบบใหม่มีค่าเท่ากัน เพราะแต่ละอาคารคิดจำนวนชั่วโมงเรียนเท่ากัน และกำหนดให้เครื่องปรับอากาศทำงานวันละ 9 ชั่วโมงทุกวันเช่นเดียวกัน จึงทำให้ได้ค่าที่เท่ากัน

ผลการเปรียบเทียบพลังงานรวมเครื่องปรับอากาศที่ทำงานตามเวลาเรียนจริงจากตารางที่ 4.5 ทั้ง 3 ภาคเรียน มีพลังงานรวมแตกต่างกันหาได้ดังนี้

พลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันเท่ากับ 665,334.90 + 665,334.90 + 275,914.80 = 1,606,584.60 kWh

พลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศแบบแอร์รวมศูนย์เท่ากับ 108,840.60 + 108,816.30 + 48,430.80 = 266,087.70 kWh

พลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศแบบชนิดส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ 108,620.73 + 144,769.41 + 64,468.44 = 317,858.58 kWh

ผลต่างแอร์เก่ากับแอร์แบบรวมศูนย์ VRV เท่ากับ 1,606,584.60-266,087.70 = 1,340,496.90 kWh

ผลต่างแอร์เก่ากับระบบแอร์ Chiller เท่ากับ 1,606,584.60 - 317,858.58= 1,288,726.02 kWh

โดยหากวิเคราะห์ตามผลต่างตามพลังงานรวมของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (VRV) และระบบปรับอากาศชนิดส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Chiller) แล้ว ระบบปรับอากาศแบบ Air-Cooled Chiller มีอัตราการใช้พลังงานน้อยกว่าระบบปรับอากาศแบบระบบปรับอากาศแบบ VRV อยู่ที่ 51,770.88 kWh (1,340,496.90-1,288,726.02 = 51,770.88) หากนับตามการทำงานของทุกเครื่อง 9 ชั่วโมงต่อวัน ทั้งนี้โอกาสที่จะเดินเครื่อง 100% มีน้อยมาก เนื่องจากในห้องเรียนไม่ได้ใช้งานพร้อมกันทุกห้อง

อีกทั้ง จากการศึกษาในครั้งนี้จะพบว่าระบบปรับอากาศปัจจุบันจะมีค่า kWh เนื่องจากได้ถูกใช้งานมานานหลายปี จึงมีการกินไฟมากกว่าระบบปรับอากาศอื่นๆ

4.5 ผลการศึกษาค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ในการประมาณราคาค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบใหม่ มีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ ค่าแรงงานติดตั้ง งานรื้อถอนเครื่องปรับอากาศเดิม งานห้องเครื่อง Chiller งานระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (VRV) งานทดสอบระบบ งานบำรุงรักษา และค่าดำเนินการ แสดงในตารางที่ 4.6 และ4.7 โดยราคาทั้งหมดยังไม่ได้รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% ทั้งนี้ เงินลงทุนของระบบปรับอากาศแบบ Air-Cooled Chiller อยู่ที่ 23,750,000 บาท และเงินลงทุนของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (VRV) อยู่ที่ 23,421,900 บาท

ตารางที่ 4.6 บัญชีราคารายการวัสดุอุปกรณ์ระบบปรับอากาศแบบ Air-Cooled Chiller

รายการ	รายละเอียดวัสดุ-อุปกรณ์	รวมค่าของค่าแรง(บาท)
1	AIR COOLED CHILLER	13,500,000
2	AIR HANDLING & FAN COIL UNIT	6,000,000
3	CHIILED WATER PUMP	1,000,000
5	PIPE & FITTING	800,000
6	PIPE INSULATION	600,000
7	VALVE & ACCESSORIES	1,000,000
8	ELECTRICAL WORK	200,000
9	TEST & COMMISSIONING	150,000
10	DEMOLITION WORK	300,000
11	PLANT CHILLER	200,000
12	MAINTENANCE	500,000
	TOTAL	24,250,000

ตารางที่ 4.7 บัญชีราคารายการวัสดุอุปกรณ์ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (VRV)

รายการ	รายละเอียดวัสดุ-อุปกรณ์	รวมค่าของค่าแรง(บาท)
1	AIR HANDLING & FAN COIL UNIT	1,800,000
2	CEILING MOUNTED CASSETTE	6,671,900
3	CONDENSING VRV	12,000,000
4	iTOUCH MANAGER	150,000
5	REMOTE CONTROLLER	200,000
6	PIPE & FITTING	500,000
7	PIPE INSULATION	600,000
8	VALVE & ACCESSORIES	1,000,000
9	ELECTRICAL WORK	200,000
10	TEST & COMMISSIONING	100,000
11	DEMOLITION WORK	200,000
12	MAINTENANCE	500,000
	TOTAL	23,921,900

4.6 ผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุน

ถ้าคิดค่าไฟฟ้าที่หน่วยละ 3 บาทต่อหน่วย โดยเงินลงทุนของระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ Air-Cooled Chiller ทั้งหมด 24,250,000 บาท (รายละเอียดในภาคผนวก)

วิธีคิดแบบที่ 1 กรณีคิดพลังงานรวม (kWh) ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานตามเวลาเรียนจริง

ค่าไฟฟ้า (ตลอดปี) = พลังงานรวมที่แตกต่าง × ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

= 727,707.06 kWh × 3 บาท/kWh

= 2,183,121.18 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน ÷ กระแสเงินสดสุทธิ

= (24,250,000 บาท) ÷ (2,183,121.18 บาท/ปี)

= 11 ปี

วิธีคิดแบบที่ 2 กรณีคิดพลังงานรวม (kWh) ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานทุกเครื่องและ 9 ชั่วโมงต่อวัน

ค่าไฟฟ้า (ตลอดปี) = พลังงานรวมที่แตกต่าง × ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

= 1,288,726.02 kWh × 3 บาท/kWh

= 3,866,178.06 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน ÷ กระแสเงินสดสุทธิ

= (24,250,000 บาท) ÷ (3,866,178.06บาท/ปี)

= 6.2 ปี

ถ้าคิดค่าไฟฟ้าที่หน่วยละ 3 บาทต่อหน่วย โดยเงินลงทุนของระบบปรับอากาศแบบแอร์รวมศูนย์(VRV) ทั้งหมด 23,421,900 บาท (รายละเอียดในภาคผนวก)

วิธีคิดแบบที่ 1 กรณีคิดพลังงานรวม (kWh) ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานตามเวลาเรียนจริง

ค่าไฟฟ้า (ตลอดปี) = พลังงานรวมที่แตกต่าง × ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

= 705,948.59 kWh × 3 บาท/kWh

= 2,117,845.77 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน ÷ กระแสเงินสดสุทธิ

= (23,921,900 บาท) ÷ (2,117,845.77 บาท/ปี)

= 11.2 ปี

วิธีคิดแบบที่ 2 กรณีคิดพลังงานรวม (kWh) ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานทุกเครื่องและ 9 ชั่วโมงต่อวัน

ค่าไฟฟ้า (ตลอดปี) = พลังงานรวมที่แตกต่าง × ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

= 1,340,496.90 kWh × 3 บาท/kWh

= 4,021,490.70 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน ÷ กระแสเงินสดสุทธิ

= (23,921,900 บาท) ÷ (4,021,490.70 บาท/ปี)

= 5.9 ปี

โดยผลรวมของค่าไฟฟ้า (ตลอดปี) นับตามการทำงานของเวลาเรียนจริงที่เกิดขึ้นระหว่างระบบปรับอากาศแบบ Air-Cooled Chiller และระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (VRV) เห็นได้ว่าค่าไฟฟ้าตลอดปีของ ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (VRV) มีค่าใช้จ่ายทั้งหมดอยู่ที่ 2,117,845.77 บาท ต่อปี ซึ่งน้อยกว่าค่าไฟฟ้าตลอดปีของระบบปรับอากาศแบบ Air-Cooled Chiller ซึ่งอยู่ที่ 2,183,121.18 บาท ต่างกันอยู่ที่ 65,275.41 บาทต่อปี ในส่วนของระยะเวลาการคืนทุนของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (VRV) อยู่ที่ 11.2 ปี และแบบ Air-Cooled Chiller อยู่ที่ 11 ปี

ในส่วน ผลรวมของค่าไฟฟ้า (ตลอดปี) นับตามการทำงานทุกเครื่องและ 9 ชั่วโมงต่อวันระหว่างระบบปรับอากาศแบบ Air-Cooled Chiller และระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (VRV) เห็นได้ว่าค่าไฟฟ้าตลอดปีของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (VRV) อยู่ที่ 4,021,490.70 บาท ระยะเวลาการคืนทุน 5.9 ปี และ ระบบปรับอากาศแบบ Air-Cooled Chiller อยู่ที่ 3,866,178.06 บาท ระยะเวลาการคืนทุน 6.2 ปี ซึ่งหากมีการทำงานแบบจำนวนเต็ม 9 ชั่วโมงทุกเครื่องแล้ว ระบบปรับอากาศแบบ Air-Cooled Chiller จะประหยัดพลังงานได้มากกว่า อยู่ที่ 155,312.64 บาท แต่โอกาสที่จะเดินเครื่อง 100% มีน้อยมาก เพราะห้องเรียนไม่ได้ใช้งานพร้อมกันทุกห้อง

จากวิธีคิดทั้ง 2 วิธี จะเห็นได้ว่า แตกต่างกันมากในด้านระยะเวลาคืนทุน

วิธีคิดแบบที่ 1 เป็นการคิดเฉพาะเวลาเรียนจริงเท่านั้นโดยเครื่องปรับอากาศจะทำงานตามภาระจริง เครื่องปรับอากาศส่วนที่ไม่ได้ทำงานไม่ได้นำมารวมด้วย คือ ติดตั้งอยู่เฉยๆ ไม่เปิดเครื่องทำงาน จึงเป็นการลงทุนซื้อเครื่อง AHU & FCU เพิ่มเติมแต่มิได้ใช้งานเต็มที่ จึงทำให้ระยะเวลาคืนทุนยาวกว่า

วิธีคิดแบบที่ 2 เป็นการคิดการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยสมมติให้ทำงานทุกวันวันละ 9 ชั่วโมง จึงทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มสูงขึ้นกว่าวิธีคิดแบบที่ 1 และระยะเวลาคืนทุนจะเร็วกว่าแบบวิธีคิดแบบที่ 1 สำหรับขั้นตอนการติดตั้งวัสดุอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศระบบใหม่ พร้อมทั้งรายการวัสดุอุปกรณ์แสดงรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก และภาคผนวก เมื่อติดตั้งแล้วเสร็จจะต้องมีการบำรุงรักษา ซึ่งขั้นตอนการบำรุงรักษาและระยะเวลาในการบำรุงรักษาได้แสดงรายละเอียดในภาคผนวก จ และภาคผนวก ฉ

4.7 กรณีไม่เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ

กรณีไม่เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Spit Type) จะมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 2,153,803.68 kWh ต่อปี และกรณีศึกษาต่อไปถึง 5 ปี จะมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 10,769,018.40 kWh

ในส่วนของค่าไฟฟ้า สำหรับระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Spit Type) จะอยู่ที่ 12,211,361.28 บาทต่อปี และกรณีศึกษาต่อไปถึง 5 ปี จะมีค่าไฟฟ้าอยู่ที่ 61,056,806.40 บาท

กรณีเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ เป็นระบบแอร์รวมศูนย์ (VRV) จะมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 678,228.40 kWh ต่อปี และกรณีศึกษาต่อไปถึง 5 ปี จะมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 3,391,142 kWh

ในส่วนของค่าไฟฟ้าสำหรับระบบแอร์รวมศูนย์ (VRV) จะอยู่ที่ 3,996,345.60 บาทต่อปี และในกรณีศึกษาต่อไปถึง 5 ปี ค่าไฟฟ้าจะอยู่ที่ 19,981,728 บาท

ผลการเปรียบเทียบ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน และระบบปรับอากาศแบบแอร์รวมศูนย์ มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ต่างกันหาได้ดังนี้

ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า สำหรับกรณีศึกษา 1 ปี

ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า (ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน - ระบบปรับอากาศแบบแอร์รวมศูนย์)

2,153,803.68 kWh - 678,228.40 kWh = 1,475,575.28 kWh ต่อปี

ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า สำหรับกรณีศึกษา 5 ปี

ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า (ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน - ระบบปรับอากาศแบบแอร์รวมศูนย์)

10,769,018.40 kWh - 3,391,142 kWh = 7,377,876.4 kWh ต่อ 5 ปี

จากผลต่างดังกล่าว เห็นได้ว่า ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบระบบปรับอากาศแบบแอร์รวมศูนย์ จะน้อยกว่า ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Spit Type) อยู่ที่ 1,475,575.28 kWh ต่อปี และสำหรับกรณีศึกษาต่อไป 5 ปี จะอยู่ที่ 7,377,876.4 kWh

สำหรับผลการเปรียบเทียบ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน และระบบปรับอากาศแบบแอร์รวมศูนย์ มีค่าไฟฟ้า ต่างกันหาได้ดังนี้

ค่าไฟฟ้า สำหรับกรณีศึกษา 1 ปี

ค่าไฟฟ้า (ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน - ระบบปรับอากาศแบบแอร์รวมศูนย์)

12,211,361.28 บาท – 3,996,345.60 บาท = 8,215,015.68 บาท

ค่าไฟฟ้า สำหรับกรณีศึกษา 5 ปี

61,056,806.4 บาท – 19,981,728 บาท= 41,075,078.4 บาท

จากผลต่างดังกล่าว เห็นได้ว่าค่าไฟฟ้าของแบบระบบปรับอากาศแบบแอร์รวมศูนย์ จะน้อยกว่า ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Spit Type) อยู่ที่ 8,215,015.68 บาทต่อปี และสำหรับกรณีศึกษาต่อไป 5 ปี จะอยู่ที่ 41,075,078.4 บาท

หมายเหตุ : ค่ากำลังไฟฟ้า (Kw) ของเครื่องปรับอากาศเดิม บางเครื่องจาก Nameplate และบางเครื่องได้จากการวัดกระแสไฟฟ้าจริง เมื่อปีการศึกษา 2560 จากฝ่ายอาคารมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

ในการศึกษาเรื่อง " การศึกษาเปรียบเทียบระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอาคารสถานศึกษา : กรณีศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต (อาคาร 8) " จากการศึกษาสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาสรุปได้ 2 วิธีดังนี้

1. กรณีคิดตามเวลาเรียนจริง พลังงานรวม ของระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Chiller) ที่ทำงานตามเวลาเรียนจริงใช้เงินลงทุน 23,750,000 บาท และมีระยะเวลาคืนทุน 10 ปี พลังงานรวม ของระบบแอร์แบบรวมศูนย์ (VRV) ที่ทำงานตามเวลาเรียนจริง ใช้เงินลงทุน 23,421,900 บาท และมีระยะเวลาคืนทุน 11 ปี

2. กรณีคิดตามเวลาทำงาน 9 ชั่วโมงต่อวัน พลังงานรวม ของระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Chiller) ที่ทำงานวันละ 9 ชั่วโมง ทุกวันและทุกเครื่อง ใช้เงินลงทุน 23,750,000 บาท และมีระยะเวลาคืนทุน 6 ปี พลังงานรวมของระบบแอร์แบบรวมศูนย์ (VRV) ที่ทำงานวันละ 9 ชั่วโมง ทุกวันและทุกเครื่อง ใช้เงินลงทุน 23,421,900 บาท และมีระยะเวลาคืนทุน 5 ปี

3. กรณีไม่เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ กรณีไม่เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Spit Type) จะมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 2,153,803.68 kWh ต่อปี กรณีศึกษาต่อไปถึง 5 ปี จะอยู่ที่ 10,769,018.40 kWh และมีค่าไฟฟ้าค่อปีอยู่ที่ 12,211,361.28 บาทต่อปี กรณีศึกษาต่อไปถึง 5 ปี จะอยู่ที่ 61,056,806.40 บาท

กรณีเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ เป็นระบบแอร์รวมศูนย์ (VRV) จะมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 678,228.40 kWh ต่อปี กรณีศึกษาต่อไปถึง 5 ปี จะอยู่ที่ 3,391,142 kWh และมีค่าไฟฟ้าต่อปีอยู่ที่ 3,996,345.60 บาท กรณีศึกษาต่อไปถึง 5 ปี จะอยู่ที่ 19,981,728 บาท

5.2 วิจารณ์ผลการศึกษา

1. เครื่องปรับอากาศระบบใหม่ ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงในการก่อสร้างห้องเครื่องสำหรับติดตั้งเครื่อง Chiller

2. การลงทุนของระบบใหม่ทั้ง 2 แบบ ต้องลงทุนสูงมาก เพราะราคาแพง

3. การควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศของโครงการนี้ ถ้าใช้ระบบควบคุม Chiller Plant Manager จะสามารถประหยัดพลังงานในส่วนทำน้ำเย็นของระบบปรับอากาศของอาคารได้อย่างน้อย 10% ของพลังงานที่ใช้ทั้งระบบ แต่ข้อสำคัญ คือ ระบบดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง

โดยสรุปไม่ควรจะเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเป็นระบบ Air-Cooled Chiller เนื่องจากอาคารเรียนไม่ได้ใช้งานพร้อมกันทุกห้อง

แต่ควรเปลี่ยนเปลี่ยนเป็นเครื่องปรับอากาศแบบแอร์รวมศูนย์ (VRV) เนื่องจากมีค่าประหยัดพลังงานมากกว่าทั้งระบบเก่าและระบบ Air-Cooled Chiller

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งนี้มีข้อเสนอแนะที่จะเป็นทางเลือกในการปรับปรุงระบบปรับอากาศให้ประหยัดพลังงานอีกหลายวิธี เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยต่อไปในอนาคตมีดังนี้คือ

1. ใช้เครื่องปรับอากาศระบบเดิม (แยกส่วน) แต่เปลี่ยนเป็นชนิดประหยัดไฟเบอร์ 5 โดยท่อน้ำยา ท่อน้ำทิ้ง และฉนวนหุ้มท่อยังคงใช้ของเดิม

2. การติดตั้งเครื่องปรับอากาศเดิม (แยกส่วน) เฉพาะห้องทำงานของอาจารย์และเจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัย ส่วนห้องเรียนต่างๆ ใช้เป็นเครื่องปรับอากาศแบบส่วนกลาง ก็จะทำให้ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ เพราะเครื่องปรับอากาศจะทำงานแยกจากกัน ในกรณีทำงานไม่พร้อมกันมีอาจารย์หรือเจ้าหน้าที่บางท่านทำงานนอกเวลา หรือวันหยุดก็จะสามารถใช้เฉพาะเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเท่านั้น

3. รับคำร้องขอการสนับสนุนจากกองทุนอนุรักษ์พลังงาน และสรุปความเห็นเสนอผู้มีอำนาจอนุมัติพิจารณา

4. ประกาศหัวข้อโครงการวิจัย และ/หรือ โครงการพัฒนาและสาธิตเพื่อสรรหาผู้ที่มีความเหมาะสมเป็นผู้รับเงินสนับสนุนจากกองทุนอนุรักษ์พลังงาน

การปรับปรุงอาคารซึ่งจากที่กล่าวมาทั้ง 4 แนวทาง สามารถใช้กับอาคารในมหาวิทยาลัยได้ทุกระบบ ซึ่งจะต้องมีการศึกษาต่อไปในอนาคตว่าระบบใดจะเหมาะสมและมีประสิทธิภาพที่สุดเพื่อประโยชน์สูงสุดในการลงทุนเปลี่ยนระบบปรับอากาศของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กวี หวังนิเวศน์กุล. (2548). การประมาณราคางานวิศวกรรมก่อสร้าง. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ด ยูเคชั่น.

วัชระ มั่งวิทิตกุล. (2548). กระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงานสำหรับอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: เรียล ยู เพาเวอร์.

เชิดพันธ์ วิทูราภรณ์. (2545, ตุลาคม). “ปัจจัยความเสี่ยงในการลงทุนเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ.” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 16. หน้า 587-588.

ไพบูลย์ หังสพฤกษ์. (2534). “การประหยัดพลังงานในการปรับอากาศ.” บทความวิชาการชุดที่ 1 ชมรมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย. หน้า 62-63.

ศุภชัย ปัญญาวีร์. (2546). “การประหยัดพลังงานในส่วนน้ำเย็นของระบบปรับอากาศ แบบทำน้ำเย็น.” ระบบปรับอากาศ ชุดที่ 2: 40 เรื่องน่ารู้เทคนิคการปรับอากาศ. หน้า 165-168.

จักรพันธ์ ภวังค์คะรัตน์. (2548, กรกฎาคม). “ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่.” เอกสารประกอบการบรรยาย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. หน้า 43-48.

อนุชา คุณทะวงษ์ (2550). การจัดการปรับปรุงระบบปรับอากาศเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยเปลี่ยนระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียวชนิดแยกส่วนเป็นแบบส่วนกลางชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต (อาคาร1,2,3,4)

สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีในอาคาร บัณฑิตวิทยาลัย กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การจัดการด้านการจัดซื้อจัดหาวัสดุอุปกรณ์

ในการติดตั้งจะต้องมีการเลือกวัสดุ-อุปกรณ์ที่จะใช้ในการติดตั้ง ปัจจัยสำคัญที่ควรคำนึง คือ

1. เวลาในการส่งมอบ ความเชื่อมั่น ราคา การให้บริการและการอำนวยความสะดวกโดยมีแหล่งจัดหาสำคัญได้แก่

- ตัวแทนจำหน่ายที่ได้รับการแต่งตั้งจากผู้ผลิต
- ผู้จำหน่ายในท้องที่ ซึ่งมีการจำหน่ายอุปกรณ์และอะไหล่ของแท้ที่ถูกต้องตามข้อกำหนดและมาตรฐาน

2. ราคาที่ถูกต้อง (Right Price) ราคาควรอยู่ในระดับไม่เกินจากราคามาตรฐานของตลาดแต่มีคุณภาพที่ถูกต้องตามข้อกำหนดการใช้งาน

3. คุณภาพที่ถูกต้อง (Right Quality) ตรงตามมาตรฐานและข้อกำหนด

4. รูปแบบสัญญาที่ถูกต้อง (Right Contract) การออกเอกสารสั่งซื้อควรมีความเจาะจงและชัดเจน โดยมีความถูกต้องตามกฎหมาย เพื่อไม่ให้เกิดปัญหา ขึ้นในอนาคต

5. การส่งมอบในสถานที่ที่ถูกต้อง (Right Place of Delivery)

6. วิธีการที่ถูกต้อง (Right Procedure) โดยมีการพัฒนาระบบ เพื่อให้มีรูปแบบของการจัดซื้อที่เป็นมาตรฐานและมีความถูกต้อง

7. การบริการหลังการขาย มีความสำคัญมาก ระหว่างผู้ผลิตและผู้ซื้อในระยะยาว และสร้างความเชื่อมั่นต่อการให้บริการ ดังนั้นผู้ผลิตหรือผู้จำหน่าย จะต้องสนับสนุน และให้การบริการต่อผู้ใช้งาน เช่น การให้รายละเอียดทางเทคนิค แคตตาล็อก และการบริการหลังการขาย เป็นต้น ซึ่งการบริการหลังการขาย เป็นปัจจัยหนึ่งในการคัดเลือกผู้จำหน่าย เพื่อได้รับบริการในระดับที่สร้างความพึงพอใจต่อผู้ใช้สูงสุดวัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบปรับอากาศของโครงการนี้ มีผลิตภัณฑ์หลายชนิดที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย หาซื้อได้ง่าย ราคาถูก คุณภาพดี ซึ่งรายละเอียดของผู้แทนจำหน่ายและระยะเวลาการสั่งซื้อตามภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข
วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ

ตารางที่ ข.1 รายการวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการและบริษัทที่ขาย

ลำดับที่	รายการอุปกรณ์	ระยะเวลาจัดซื้อ	ยี่ห้อ	บริษัทที่ขาย	เบอร์โทร
1	Air-Cooled Chiller	120 วัน	Daikin	Siam Daikin Sales	02-838-3200
2	Air Handling & Fan Coil Unit	60	Daikin	Siam Daikin Sales	02-838-3200
3	Chilled & Condenser Water Pump	120	Paco	สหพีร์เอ็นจิเนียริ่ง	02-216-9081-3
4	Black Steel Pipe	30	Sahathai	เฉลิมชัยมาร์เก็ตติ้ง	02-476-8221
5	Galvanized Steel Pipe	30	Sahathai	เฉลิมชัยมาร์เก็ตติ้ง	02-476-8221
6	PVC Pipe	30	ตราช้าง	ธงไทโชค	02-938-1730
7	Pipe Insulation	30	Armaflex	พรพรหมเม็ททอล	02-628-6100
8	Butterfly Valve	30	Crane	แมสเทคลิ้งค์	02-942-1433
9	Gate Valve	30	Crane	แมสเทคลิ้งค์	02-942-1433

ลำดับที่	รายการอุปกรณ์	ระยะเวลาจัดซื้อ	ยี่ห้อ	บริษัทที่ขาย	เบอร์โทร
10	Balancing Valve	30	Crane	แมสเทคลิ้งค์	02-942-1433
11	Check Valve	30	Tozen	โตเซน (ประเทศไทย)	02-367-5721
12	Strainer	30	Crane	แมสเทคลิ้งค์	02-942-1433
13	Flexible Connection	30	Mason	เมสัน อะคูสติกส์	02-750-3595
14	Automatic Air Vent	30	Metraflex	หาญเอ็นจิเนียริ่ง	02-203-0357
15	Pressure Gauge	30	Weksler	เอ็มเจ เอ็มเค	02-887-2887
16	Thermometer	30	Weksler	เอ็มเจ เอ็มเค	02-887-2887
17	Flow Switch	30	Johnson	แมสเทคลิ้งค์	02-942-1433
18	Pressure Relief Valve	30	Watts	ITP POWER	02-319-1031-40
19	2-Way Valve	60	Johnson	แมสเทคลิ้งค์	02-942-1433
20	Thermostat	30	Honeywell	แสงชัยอิควิปเม้นท์	02-628-2600
21	Spring Isolator	30	Tozen	โตเซน (ประเทศไทย)	02-367-5721

ลำดับที่	รายการอุปกรณ์	ระยะเวลาจัดซื้อ	ยี่ห้อ	บริษัทที่ขาย	เบอร์โทร
22	Conduit	30	TAS	สหโชคชัย	02-215-0558
23	Cable	30	Phelps Dodge	CSS	02-960-1001
24	Circuit Breaker	30	Siemens	แสงชัยอิควิปเม้นท์	02-628-2600
25	LV Switch Board	30	ESI	ESI	02-312-1208
26	Wire Way & Cable Tray	30	UI	KSE	02-706-1032

ภาคผนวก ค
การจัดการด้านการติดตั้งระบบปรับอากาศของอาคาร

ตารางที่ ค.1 การติดตั้งระบบปรับอากาศของอาคาร

รายการ	รายละเอียดในการติดตั้ง	กำหนดแล้วเสร็จ (วัน)
1	**<u>Plan Chiller</u>**	
	1.1) ขนาดของห้องเครื่องมีพื้นที่เท่ากับ 12x8 เมตร ซึ่งภายในจะประกอบไปด้วย Air-Cooled Chiller และ Water Pump ต่างๆ	30 วัน ขั้นตอนที่ 1.1
	1.2) การติดตั้ง Air-Cooled Chiller ต้องเตรียมช่าง เครื่องมือ และวัสดุ-อุปกรณ์ ให้พร้อม ติดตั้ง Chiller เข้ายังแท่นคอนกรีตที่ได้จัดเตรียมไว้ ติดตั้งท่อน้ำเข้า-ออก Chiller ติดตั้ง Butterfly Valve ติดตั้ง Flexible Connection ติดตั้ง Flow Switch ติดตั้ง Pressure Snubber, Needle Valve, Pressure Gauge, Thermo Well, Thermometer ของ Chiller ทั้ง 4 ชุด	15 วัน ขั้นตอนที่ 1.2-1.6
	1.4) ติดตั้ง Chilled Water Pump ติดตั้งท่อน้ำพร้อม Valve ต่างๆ เช่น ด้านส่งของ Pump จะต้องติดตั้ง Butterfly Valve, Flexible Connection, Check Valve, Needle Valve, Pressure Snubber, Pressure Gauge ส่วนด้านดูดจะต้องติดตั้ง Butterfly Valve, Flexible Connection, Strainer, Needle Valve, Pressure Snubber, Pressure Gauge	
	1.5) ติดตั้ง Water Softener, By Pass Feeder ติดตั้ง	

	Pressure Differential Valve ที่ Header ระหว่างทางเข้าและทางออกของ Chiller เพื่อเช็ค ความดันแตกต่างของ Header ทั้งสอง	
	1.6) ตรวจสอบรอยรั่วต่างๆ ของรอยต่อ (TEST น้ำ)	
	หมายเหตุ - ระยะเวลาการสั่งซื้อ Air-Cooled Chiller ใช้เวลาสั่ง ประมาณ 4 เดือน ควรเดินท่อ และ Valve เอาไว้ก่อน โดยทำ Shop Drawing ระยะท่อเข้า- ออก Chiller ไว้ Air-Cooled Chiller มาจะได้ต่อได้อย่าง แม่นยำ - การหุ้มฉนวนด้านท่อน้ำเย็น, Chiller, Chilled Water Pump จะหุ้ม ภายหลังจากผ่านการ Test รอยรั่วแล้ว - เดินท่อ สายไฟฟ้าพร้อมติดตั้งตู้คอนโทรล	
2	**<u>การติดตั้งในอาคาร</u>**	30 วัน
	2.1) เดินท่อน้ำเย็นทั้งท่อส่ง-และท่อกลับ จากชั้นด่านฟ้า มายังอาคาร โดยทำ Hanger & Support รองรับท่อใน แนวนอน และแนวดิ่ง แล้วเดินท่อ Riser ตั้งแต่ชั้น 7 ถึงชั้น 1 ด้านปลายท่อส่งและท่อกลับ จุดสูงสุดติด Automatic Air Vent 2 ชุด Riser จุดที่แยกเข้าอต่ละชั้น ติดตั้งข้อต่อสามทางไว้	
	2.2) เดินท่อ Branch ของแต่ละชั้นไปหาตำแหน่งที่ติดตั้ง FCU ติดตั้งวาล์วเข้าออก FCU ทิ้งไว้ คือ Gate Valve, Balancing Valve, Two-Way Valve, Strainer, Flexible	

	Connection, เดินท่อร้อยสายไฟติดตั้ง Thermostat	
	2.3) Test น้ำตรวจเช็คหารอยรั่ว เมื่อตรวจเช็คเรียบร้อย แล้วทำการหุ้มฉนวนท่อน้ำเย็น	
	2.4) เมื่อเรียบร้อยแล้วก็หุ้มฉนวนท่อน้ำเย็นทั้งหมด ซึ่ง มาตรฐานที่ผู้ออกแบบใช้ กันส่วนใหญ่ คือ ท่อขนาดφ 2 1/2" และเล็กกว่าใช้ฉนวน หนา 1" ท่อขนาด φ 3" - φ 6" ใช้ฉนวนหนา 1 1/2" ท่อ φ 8" และใหญ่กว่าใช้ ฉนวนหนา 2"	
	2.4) เช็คระบบไฟฟ้า ตู้คอนโทรลทั้งหมด ให้เรียบร้อย พร้อมใช้งาน	
	2.5) เดินเครื่องปรับแต่ง Flow ที่ Balancing Valve ของแต่ ละเครื่อง เมื่อเรียบร้อยแล้วให้หุ้มฉนวนท่อ, Valve ส่วนที่ เหลือให้หมด พร้อมทำสัญลักษณ์ ตัวอักษรบอกทิศทาง และชนิดของท่อ	
	2.6) เมื่อเดินเครื่องพร้อมกันทั้งอาคารแล้ว ต้องตรวจสอบ อีกครั้งว่าเป็นไปตามข้อกำหนดหรือเปล่า โดยต้อง ตรวจสอบการทำงานของแต่ละเครื่องอีกครั้งว่า เครื่องทำงานได้ประสิทธิภาพสูงสุดแล้ว ในการติดตั้ง ระบบปรับอากาศของ โครงการนี้ จะใช้เวลาประมาณ 180 วัน โดยสามารถใช้ช่างทำงานประมาณ 3 ชุด แบ่งการทำงานได้ดังนี้ - ช่างชุดที่ 1 ติดตั้งในส่วน Plan Chiller ใช้ช่างประมาณ 20 คน - ช่างชุดที่ 2 ติดตั้งในส่วนอาคาร ใช้ช่างประมาณ 20 คน - ช่างชุดที่ 3 ทำการประกอบท่อและทาสีที่ Shop ใช้ช่าง ประมาณ 20 คน	

ภาคผนวก ง
รายละเอียดบัญชีราคารายการวัสดุอุปกรณ์

ตารางที่ ง.1 บัญชีราคารายการวัสดุอุปกรณ์

รายการ	รายละเอียดวัสดุ-อุปกรณ์	รวมค่าของค่าแรง(บาท)
1	AIR COOLED CHILLER	13,500,000
2	AIR HANDLING & FAN COIL UNIT	6,000,000
3	CHIILED WATER PUMP	1,000,000
5	PIPE & FITTING	800,000
6	PIPE INSULATION	600,000
7	VALVE & ACCESSORIES	1,000,000
8	ELECTRICAL WORK	200,000
9	TEST & COMMISSIONING	150,000
10	DEMOLITION WORK	300,000
11	PLANT CHILLER	200,000
12	MAINTENANCE	500,000
	TOTAL	24,250,000

รายการ	รายละเอียดวัสดุ-อุปกรณ์	รวมค่าของค่าแรง(บาท)
1	AIR HANDLING & FAN COIL UNIT	1,800,000
2	CEILING MOUNTED CASSETTE	6,671,900
3	CONDENSING VRV	12,000,000
4	iTOUCH MANAGER	150,000
5	REMOTE CONTROLLER	200,000
6	PIPE & FITTING	500,000
7	PIPE INSULATION	600,000
8	VALVE & ACCESSORIES	1,000,000
9	ELECTRICAL WORK	200,000
10	TEST & COMMISSIONING	100,000
11	DEMOLITION WORK	200,000
12	MAINTENANCE	500,000
	TOTAL	23,921,900

ภาคผนวก จ
การบำรุงรักษาอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ

การบำรุงรักษาอุปกรณ์ปรับอากาศหลังจากมีการออกแบบและติดตั้งระบบปรับอากาศเป็นอย่างดีแล้วจัดเป็นงานสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งจำเป็นต้องปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง จึงจะสามารถประหยัด
พลังงานได้ตามจุดมุ่งหมายของการออกแบบได้อย่างแท้จริง

ดังนั้นเพื่อให้ผู้รับผิดชอบโดยตรงในการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศสามารถดำเนินการอนุรักษ์หรือประหยัดพลังงานได้อย่างถูกต้องและตรงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ควรจะมีความเข้าใจดังนี้

1. จุดประสงค์ของการบำรุงรักษา

การบำรุงรักษาระบบเครื่องปรับอากาศที่ถูกต้อง คือ การรักษาอุปกรณ์และส่วนประกอบต่างๆ ให้อยู่ในสภาพดีอยู่เสมอเพื่อผลดังนี้

ก. ให้เครื่องอยู่ในสภาพใช้งานได้มากที่สุด

ข. ลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้และค่าใช้จ่ายในการใช้งาน

ค. ความปลอดภัยในการใช้งาน

ง. ลดการหยุดทำงานเนื่องจากอุบัติเหตุหรือความเสียหาย

จ. ให้อายุการใช้งานยาวนานขึ้น

ฉ. ให้ทำงานด้วยความเรียบร้อย โดยการมีตารางการบำรุงรักษาที่เหมาะสม การตรวจสอบเป็นระยะๆ การแบ่งงานการบำรุงรักษาที่เหมาะสม การประหยัด

กำลังคน การควบคุมการจ่าย และการใช้วัสดุที่ถูกต้องเพื่อหลีกเหลียงอุบัติเหตุและความเสียหาย อุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งอุปกรณ์นิรภัยจะต้องได้รับการตรวจสอบและบำรุงรักษาเป็นระยะๆ ให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ มาตรการดังกล่าวเรียกว่า “การควบคุมการบำรุงรักษาเพื่อป้องกัน” ซึ่งมีความสำคัญเหมือนกับการให้ยาป้องกันโรคต่างๆ แก่คน

2. แนวทางการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ

ก. จะต้องมีเอกสารที่จำเป็นในการบำรุงรักษา ดังนี้

- แบบก่อสร้างและข้อกำหนดทางเทคนิค (Design drawing andspecification)
- แบบติดตั้งจริง (As built drawing)
- แบบ Shop drawing พร้อมบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบหรือเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดของวัสดุและอุปกรณ์ในระหว่างการก่อสร้าง
- เอกสารขออนุมัติวัสดุและอุปกรณ์
- บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการปรับแต่งระบบปรับอากาศหลังการติดตั้งแล้ว

เสร็จ (Commissioning and startup sheet)

- คู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษาพร้อมข้อมูลทางเทคนิคของอุปกรณ์ต่างๆในระบบปรับอากาศ
- รายการ Spare part ของอุปกรณ์ต่างๆ พร้อมรายชื่อและที่อยู่ติดต่อบริษัท

ผู้จำหน่วยอุปกรณ์

- รายชื่อและที่อยู่ติดต่อบริษัทที่ติดตั้งและดูแลรักษาระบบปรับอากาศ
- วิดีโอเทปของการฝึกอบรมการใช้งาน- เอกสารแสดงการใช้กำลังไฟฟ้า เช่น ใบเสร็จค่าไฟ

ข. จะต้องมีการตรวจวัดและจดบันทึกค่าต่างๆ ทางเทคนิคเพื่อนำมาใช้ในการอนุรักษ์พลังงาน ดังนี้

- อุณหภูมิ
- ความดัน
- กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานหรือปริมาณกระแสไฟ (Ampere) และแรงดันไฟฟ้า(Volt) ที่ใช้
- อัตราการไหล

ค. จะต้องมีการวางแผนและจัดตารางเวลาในการบำรุงรักษาที่ชัดเจนเกี่ยวกับ

- กำลังคนที่ต้องใช้
- เวลาและความถี่ที่ต้องใช้
- รายการอุปกรณ์และชิ้นส่วนที่ต้องบำรุงรักษา
- จัดลำดับแนววิธีในการบำรุงรักษา คือ เป็น Preventive maintenance หรือ

ซ่อมบำรุงตามความจำเป็น (Condition based on maintenance) หรือต้องเผื่อเวลาและ spare อุปกรณ์สำหรับการซ่อมแซม

(On failuremaintenance)

- การฝึกอบรมและการประชุมภายในทั้งนี้เพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพโดยรวมและเกิดการอนุรักษ์พลังงานอย่างต่อเนื่อง

ภาคผนวก ฉ
รายการตรวจสอบการทำงานของระบบปรับอากาศ

ตารางที่ ฉ.1 รายการตรวจสอบเครื่องทำน้ำเย็น

หัวข้อ	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก3เดือน	ทุกปี
1	**<u>คอมเพรสเซอร์ (Compressor)</u>**				
1.1	ตรวจสอบความดันน้ำมันหล่อลื่นด้าน High		•		
1.2	ตรวจสอบความดันน้ำมันหล่อลื่นด้าน Low		•		
1.3	ตรวจสอบ CUTOUT SETTING ของความดันน้ำมันหล่อลื่น		•		
1.4	ตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น		•		
1.5	ตรวจสอบ Oil Heater			•	
1.6	ตรวจสอบระดับน้ำมันหล่อลื่นเพื่อตรวจเติม			•	
1.7	ตรวจสอบระบบการไหลกลับของน้ำมันหล่อลื่นจากCompressor		•		
1.8	เปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น		•		
1.9	เปลี่ยนไส้กรองน้ำมันหล่อลื่น				
1.10	ตรวจสอบความดันของสารทำความเย็นใน Evaporator			•	
1.11	ตรวจสอบความดันของสารทำความเย็นใน Condenser	•			
1.12	ตรวจสอบอุณหภูมิของสารทำความเย็นใน Evaporator	•			
1.13	ตรวจสอบอุณหภูมิของสารทำความเย็นใน Condenser	•			
1.14	ตรวจสอบกระแสไฟป้อนแต่ละเฟส	•			

1.15	ตรวจสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าแต่ละเฟส	•			
1.16	ตรวจสอบกำลังไฟฟ้า	•			
1.17	ตรวจสอบ Power Factor	•			
1.18	ตรวจสอบอุณหภูมิขดลวด	•			
1.19	ตรวจสอบชั่วโมงการทำงาน		•		
หัวข้อ	**<u>รายการตรวจสอบ</u>**	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก3เดือน	ทุกปี
2	**<u>เครื่องควบแน่น (Condenser)</u>**				
2.1	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นด้านเข้า	•			
2.2	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นด้านออก	•			
2.3	ตรวจสอบความดันของน้ำหล่อเย็นด้านเข้า	•			
2.4	ตรวจสอบความดันของน้ำหล่อเย็นด้านออก	•			
2.5	ตรวจสอบสวิทช์ควบคุมการไหล (Flow switch)		•		
2.6	ตรวจสอบ Pipe Connection		•		
2.7	ทำความสะอาด STRAINER			•	
3	**<u>อีแวปอเรเตอร์ (Evaporator)</u>**				
3.1	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำเย็นด้านเข้า	•			
3.2	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำเย็นด้านออก	•			
3.3	ตรวจสอบความดันของน้ำเย็นด้านเข้า	•			
3.4	ตรวจสอบความดันของน้ำเย็นด้านออก	•			
3.5	ตรวจสอบสวิทช์ควบคุมการไหล (Flow switch)		•		
3.6	ตรวจสอบ Pipe Connection		•		
3.7	ทำความสะอาด STRAINER			•	
3.8	ตรวจสอบ FROST DEVICES			•	
3.9	ตรวจสอบ SIGHT GLASS			•	

3.10	เปลี่ยน REFRIGERANT DRYER				•
4	**<u>ระบบไฟฟ้าและระบบควบคุม</u>**				
4.1	ตรวจสอบ FUSE		•		
4.2	ตรวจสอบ CONTROL RELAY		•		
4.3	ตรวจสอบและกวดขันขั้วต่อสายไฟ		•		
4.4	ตรวจสอบ CURENT LIMITING CONTROL		•		
4.5	ตรวจสอบ COMPRESSOR WINDING		•		
หัวข้อ	รายการที่ตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก3เดือน	ทุกปี
5	**อื่นๆ**				
5.1	ตรวจสอบข้อมูลใน LOG SHEET ที่บันทึกไว้	•			
5.2	ตรวจสอบสภาพภายนอก เช่น ระดับ แท่นเครื่องสปริงกันสะเทือน ฉนวนกันความร้อน สายไฟ		•		
5.3	ตรวจสอบการทำงานของ VALVE ต่างๆ หน้าเครื่อง			•	

ตารางที่ ฉ.2 รายการตรวจสอบเครื่องสูบน้ำ

หัวข้อ	รายการที่ตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก3เดือน	ทุกปี
1	ตรวจสอบ COUPLING และ ALIGNMENT			•	
2	ตรวจสอบ BEARINGS เพื่อตรวจเติมจาระบี		•		
3	ตรวจสอบ MECHANICAL SEAL		•		
4	ตรวจสอบ FLEXIBLE JOINT		•		
5	ตรวจสอบการทำงานของ VALVE หน้าเครื่องสูบน้ำ		•		

6	ทำความสะอาด STRAINER			•	
7	ตรวจสอบการทำงานอัตโนมัติของวาล์วลูกลอย		•		
8	ตรวจสอบและกวดขันขั้วต่อสายไฟ			•	
9	ทำความสะอาดถังเก็บน้ำที่เครื่องสูบน้ำสูบขึ้นมา				•
10	ตรวจสอบแผงไฟฟ้าควบคุม			•	
11	ตรวจสอบความดันด้านดูด	•			
12	ตรวสจอบความดันด้านส่ง	•			
13	ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าป้องแต่ละเฟส	•			
14	ตรวจสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าแต่ละเฟส	•			
15	ตรวจสอบชั่วโมงการทำงาน	•			
16	ตรวจสอบข้อมูลใน LOG SHEET ที่บันทึกไว้	•			
17	ตรวจสอบสภาพภายนอก เช่นระดับแท่นเครื่อง สปริง กันสะเทือน สายไฟ		•		

ตารางที่ ฉ.3 รายการตรวจสอบเครื่องส่งลมเย็น

หัวข้อ	รายการที่ตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก3เดือน	ทุกปี
1	ทำความสะอาด AIR FILTER		•		
2	ตรวจสอบ BEARING เพื่อตรวจเติมจาระบี		•		
3	ตรวจสอบความตึงของสายพาน		•		
4	ตรวจสอบอุปกรณ์ THERMOSTAT			•	
5	ตรวจสอบการทำงานของ CONTROL VALVE			•	
6	ตรวจสอบการทำงานของ BALANCING VALVE			•	
7	ตรวจสอบการทำงานของ AIR DAMPER			•	

8	ตรวจสอบรอยรั่วของ Cooling Coil		•		
9	ทำความสะอาด Cooling Coil			•	
10	ทำความสะอาดถาดรองรับน้ำทิ้ง				•
11	ตรวจสอบและกวดขันข้อต่อสายไฟ			•	
12	ตรวจสอบแผงไฟฟ้าควบคุม			•	
13	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำเย็นเข้า	•			
14	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำเย็นออก	•			
15	ตรวจสอบอุณหภูมิ/ความชื้นของลมจ่าย	•			
16	ตรวจสอบอุณหภูมิ/ความชื้นของลมกลับ	•			
17	ตรวจสอบกระแสไฟป้อนแต่ละเฟส	•			
18	ตรวจสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าแต่ละเฟส	•			
19	ตรวจสอบชั่วโมงการทำงาน		•		
20	ตรวจสอบข้อมูลใน LOG SHEET ที่บันทึกไว้	•			
21	ตรวจสอบสภาพภายนอก เช่น ระดับแท่นเครื่อง สปริงกันสะเทือน สายไฟฟ้า	•			

ภาคผนวก ช
การออกแบบท่อน้ำ

ตารางที่ ช.1 การออกแบบท่อน้ำในระบบ (HVAC Design Manual ของ Lee Kendrick)

ALLOWABLE FLOW RATES FOR CLOSED SYSTEM PIPING STANDARD WEIGHT STEEL PIPE		
PIPE SIZE	**FLOW RANGE**	**PRESSURE DROP RANGE**
1/2”	0 - 2 GPM	0 – 4 ft/100
3/4”	3 - 4 GPM	2.5 – 4 ft/100
1”	5 - 7.5 GPM	2.0 – 4 ft/100
1-1/4”	8 - 16 GPM	1.25 – 4 ft/100
1-1/2”	17 - 24 GPM	2 – 4 ft/100
2”	25 - 48 GPM	1.25 – 4 ft/100
2-1/2”	49 - 77 GPM	2 – 4 ft/100
3”	78 - 140 GPM	1.5 – 4 ft/100
4”	141 - 280 GPM	1.25 – 4 ft/100
5”	281 - 500 GPM	1.5 – 4 ft/100
6”	501 - 800 GPM	1.75 – 4 ft/100
8”	801 - 1700 GPM	1.0 – 4 ft/100
10”	1701 - 1700 GPM	1.25 – 2.75 ft/100
12”	2501 - 2500 GPM	1.25 – 2.25 ft/100
14”	3601 - 4200 GPM	1.25 – 2.0 ft/100
16”	4201 - 5500 GPM	1.0 – 1.75 ft/100
18”	5501 - 7000 GPM	0.9 – 1.50 ft/100
20”	7001 - 9000 GPM	0.8 – 1.25 ft/100
24”	9001 - 13000 GPM	0.6 – 1.00 ft/100

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	ชานน ไชยวุฒิเสรี
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2558 ปริญญาตรี สาขา วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ วิทยาเขตนนทบุรี
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิศวกรโครงการ (QS-MEP) บริษัท อาร์คาดิส (ไทยแลนด์) จำกัด Arcadis Thailand Co.,Ltd.