

การจัดการปรับปรุงระบบปรับอากาศเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้า
โดยเปลี่ยนระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียวชนิดแยกส่วน
เป็นแบบส่วนกลางชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ:
กรณีศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต (อาคาร 1, 2, 3 และ 4)

อนุชา คุณทะวงษ์

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีในอาคาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

พ.ศ. 2550

**Improvement of Air-Conditioning System for Energy Saving
by Changing from Split Type to Water-Cooled System:
Case Study of Dhurakij Pundit University (Building No. 1 – 4)**

Anucha Khuntawong

**A Thematic Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science**

**Department of Building Technology Management
Graduate School, Dhurakij Pundit University**

2007

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จได้ด้วยดี ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ ดร.รังสิต ศรจิตติ กรรมการที่ปรึกษาสารนิพนธ์ อาจารย์นิตยา จันทร์เรือง महाผล กรรมการสารนิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุทัย ไชยวงศ์วิไลน กรรมการสารนิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ให้แนวทางและให้คำปรึกษา ตลอดจนถึงให้คำแนะนำในเรื่องต่างๆ จนทำให้ผู้ศึกษาสามารถทำการศึกษาในครั้งนี้ได้อย่างถูกต้องและสำเร็จเรียบร้อยด้วยดี พร้อมทั้งให้แง่คิดในเชิงวิชาการที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้ศึกษา นอกจากนี้แล้วผู้ศึกษาใคร่ขอขอบคุณ คุณเหล็กกล้า ศรีสุริยชัย และคุณทนงศักดิ์ ศิริรงค์ ที่กรุณาให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับแบบแปลนอาคารเรียนของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณอย่างยิ่งต่อ บิดา มารดา และครอบครัวของผู้ศึกษาที่มีส่วนช่วยเหลือและให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา หากสารนิพนธ์เล่มนี้มีผลดีและก่อให้เกิดประโยชน์ต่อส่วนรวมแล้ว ผู้ศึกษาขอมอบความดีนี้ให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

อนุชา คุณทะวงษ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ฅ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ที่มาของการศึกษา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	4
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา.....	4
2. ทฤษฎีและงานศึกษาที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ความหมายของการปรับอากาศ.....	6
2.2 เครื่องปรับอากาศแบบหน่วยเดียว.....	6
2.3 งานศึกษาที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.4 การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์.....	11
3. วิธีดำเนินการศึกษา.....	13
3.1 การรวบรวมข้อมูล.....	13
3.2 การออกแบบและการประมาณราคากระบบ Water Cooled Chiller.....	14
3.3 การเปรียบเทียบพลังงานรวม.....	18
3.4 การคำนวณระยะเวลาคืนทุน.....	18
3.5 ระยะเวลาการศึกษา.....	18
4. ผลการศึกษา.....	19
4.1 จำนวนเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันและการใช้พลังงาน.....	19
4.2 การใช้ห้องเรียนในแต่ละภาคเรียน.....	19
4.3 ขนาดของเครื่องปรับอากาศ.....	20

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.4 ผลการเปรียบเทียบพลังงานรวมเครื่องปรับอากาศที่ทำงานตาม เวลาเรียนจริงและทำงานทุกวันวันละ 9 ชั่วโมง.....	21
4.5 ผลการศึกษาค่าใช้จ่ายในการลงทุน.....	24
4.6 ผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุน.....	25
5. สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา.....	27
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	27
5.2 วิจารณ์ผลการศึกษา.....	27
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	28
บรรณานุกรม.....	29
ภาคผนวก.....	31
ก การจัดการด้านการจัดซื้อจัดหาวัสดุอุปกรณ์.....	32
ข วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ.....	33
ค การจัดการด้านการติดตั้งระบบปรับอากาศของอาคาร.....	37
ง รายละเอียดบัญชีราคารายการวัสดุอุปกรณ์.....	42
จ การบำรุงรักษาอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ.....	50
ฉ รายการตรวจสอบการทำงานของระบบปรับอากาศ.....	52
ช การออกแบบท่อน้ำ.....	59
ประวัติผู้เขียน.....	61

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดี่ยวและแบบ ส่วนกลาง.....	3
3.1 สรุปการทำงานของ Water Cooled Chiller ในสภาวะต่าง ๆ ตามโหลด...	16
4.1 จำนวนและขนาดของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบัน.....	19
4.2 การใช้ห้องเรียนของแต่ละอาคารจำแนกตามภาคเรียน.....	20
4.3 ขนาดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบันเปรียบเทียบกับเครื่องปรับ อากาศใหม่.....	20
4.4 พลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันและแบบใหม่ทำงาน ตามเวลาเรียนจริง.....	22
4.5 พลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันและแบบใหม่ทำงาน วันละ 9 ชั่วโมง.....	23
4.6 บัญชีรายการวัสดุอุปกรณ์.....	24

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1 ระบบการทำความเย็นแบบชนิดแยกส่วน (ระบบที่ใช้ในปัจจุบัน).....	13
3.2 ไดอะแกรมระบบปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ.....	15
4.1 ขนาดของเครื่องปรับอากาศเปรียบเทียบระหว่างระบบในปัจจุบันกับ ระบบใหม่.....	21
4.2 พลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศในแต่ละภาคเรียนจำแนกตาม เงื่อนไขการทำงาน.....	24

หัวข้อสารนิพนธ์	การจัดการปรับปรุงระบบปรับอากาศเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยเปลี่ยนระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียวชนิดแยกส่วนเป็นแบบส่วนกลางชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต (อาคาร 1, 2, 3 และ 4)
ชื่อผู้เขียน	อนุชา คุณทะวงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.รังสิต ศรีจิตติ
สาขาวิชา	การจัดการเทคโนโลยีในอาคาร
ปีการศึกษา	2550

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการปรับปรุงระบบปรับอากาศเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยการเปลี่ยนระบบปรับอากาศจากแบบหน่วยเดียวชนิดแยกส่วน เป็นแบบส่วนกลางชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-Cooled Chiller) สำหรับอาคารเรียน 1, 2, 3 และ 4 ของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต โดยได้รวบรวมข้อมูลจำนวนชั่วโมงการใช้ห้องเรียนของแต่ละอาคารในปีการศึกษา 2548 ขนาดของเครื่องปรับอากาศระบบปัจจุบันและระบบใหม่ เพื่อเปรียบเทียบพลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศในแต่ละอาคารโดยแบ่งเป็น 3 ภาคเรียน การเปรียบเทียบได้พิจารณาสถานการณ์จำนวน 2 รูปแบบ คือ กรณีที่ระบบปรับอากาศทำงานตามเวลาเรียนจริงและกรณีสมมติให้ระบบปรับอากาศทำงานทุกเครื่องและทุกวัน วันละ 9 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาประมาณราคาในการลงทุนและคำนวณระยะเวลาคืนทุน

การเปรียบเทียบการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศทั้งสอง พบว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ 1,071,912 kWh สำหรับกรณีที่ระบบปรับอากาศทำงานตามเวลาเรียนจริง และ 2,510,094 kWh สำหรับกรณีสมมติให้ระบบปรับอากาศทำงานทุกเครื่องและทุกวัน การประมาณราคาต้นทุนประกอบด้วยค่าเครื่องจักรและวัสดุอุปกรณ์ เช่น เครื่องทำน้ำเย็น หอผึ่งน้ำระบายความร้อน เครื่องสูบน้ำ วาล์ว ท่อและข้อต่อ เป็นต้น นอกจากนี้มีค่าใช้จ่ายอื่นจากงานไฟฟ้า งานรื้อถอนงานสร้างห้องเครื่อง Chiller และงานทดสอบระบบ รวมเป็นเงินทั้งสิ้นประมาณ 37.2 ล้านบาท จากมูลค่าเงินลงทุนดังกล่าวได้ระยะเวลาคืนทุนในสถานการณ์ทั้ง 2 รูปแบบเท่ากับ 11.6 ปี และ 4.9 ปี ตามลำดับ ผลการศึกษาที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจปรับปรุงระบบปรับอากาศของมหาวิทยาลัยต่อไป

คำสำคัญ: ระบบปรับอากาศ / ระบบปรับอากาศแบบส่วนกลางชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ /
ระยะเวลาคืนทุน

Thematic Paper Title Energy Saving by Replacing Split Type Air-Conditioning Systems by Water-Cooled Chiller: Case Study of Dhurakij Pundit University (Building No. 1 – 4)

Author Anucha Khuntawong

Thematic Paper Advisor Dr.Rangsit Sarachitti

Department Building Technology Management

Academic Year 2007

ABSTRACT

The main objective of this study was to assess energy saving and estimate a payback period if air-conditioning (AC) systems were to be changed from split type to water-cooled chiller in buildings 1, 2, 3 and 4 of Dhurakij Pundit University. Records on real operation time, sizes, and energy consumptions of the AC systems in each building in the academic year 2005, covering 3 semesters, were reviewed. Further estimate was made on new water-cooled chiller system in terms of energy required and investment cost. Comparisons of the two systems on their energy consumptions were based on two scenarios – real operation time and full load operation (9 hour daily).

The energy saving of 1,071,912 kWh and 2,510,094 kWh for the two scenarios respectively were reported. The investment cost of the new system, including hardware, construction, and testing and commissioning costs was 37.2 million baht. The hardware consisted of water-cooled chiller, water pump, cooling tower, and others. The payback periods were 11.6 years for the first scenario and 4.9 years for the second. The results should be beneficial to the university regarding replacement of the AC system in the future.

Keywords: air-conditioning system / water-cooled chiller / payback period

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของการศึกษา

ระบบปรับอากาศยังคงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับอาคารในศตวรรษนี้ และมีแนวโน้มจะเพิ่มขนาดและจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากประเทศไทยกำลังพัฒนาจากประเทศเกษตรกรรม ซึ่งแรงงานส่วนใหญ่อยู่ในที่โล่ง ไปสู่ประเทศอุตสาหกรรมซึ่งแรงงานในการผลิตและการประกอบธุรกิจจะอยู่ภายในอาคารที่มีการปรับอากาศ โดยเหตุที่พลังงานที่ใช้กับระบบปรับอากาศมีสัดส่วนประมาณ 60% ของพลังงานทั้งหมดในแต่ละอาคาร การประหยัดพลังงานสำหรับระบบปรับอากาศจึงมีความสำคัญมาก มิใช่เพียงเพื่อลดค่าใช้จ่ายในอาคารลงเท่านั้น แต่ยังช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของโลกโดยส่วนรวมอีกด้วย ทั้งนี้เพราะระบบปรับอากาศของอาคารเกือบทุกหลังให้พลังงานไฟฟ้าซึ่งได้จากการเผาเชื้อเพลิงจำพวกฟอสซิล (Fossil Fuel) เช่น น้ำมันเตา ถ่านหิน ซึ่งเป็นจำนวนถึง 92% มีเพียง 8% เท่านั้นที่ได้จากพลังงานน้ำ ผลการสันดาปของเชื้อเพลิงเหล่านี้คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิบรรยากาศของโลกสูงขึ้นประมาณ 0.3 – 0.6 °C ในช่วง 100 ปีที่ผ่านมา (ข้อมูลจากองค์การอุตุนิยมวิทยาโลกเมื่อ 1990) หากไม่มีการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องจักรกลต่างๆ ซึ่งรวมถึงระบบปรับอากาศแล้วโลกจะร้อนขึ้นไปกว่านี้อีก ซึ่งย่อมหามาถึงว่า อาคารแต่ละหลังต้องใช้เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ขึ้นและก่อให้เกิดก๊าซ CO₂ อันทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นต่อไปอีกวนเวียนเช่นนี้ตลอดไปไม่รู้จบ

การประหยัดพลังงานสำหรับอาคารเก่า คู่กันข้างเป็นที่ยุ่ยากและต้องการระยะเวลาพอสมควรในการพิสูจน์ผลการดำเนินงาน อีกทั้งการดำเนินการอย่างหนึ่งอย่างใดกับระบบวิศวกรรมภายในอาคารบางครั้งก็จะกระทบต่อการประกอบการของอาคาร และก็เป็นต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง ซึ่งรวมถึงเครื่องมือและช่างเทคนิคที่มีประสบการณ์ นอกเหนือไปจากการไม่ให้ความสนใจเท่าที่ควรในเรื่องการลงทุนอุปกรณ์เพื่อช่วยประหยัดพลังงานของเจ้าของอาคารเอง ปัจจัยดังที่ได้กล่าวมานี้เป็นหนทางที่ทำให้การประหยัดพลังงานไม่ประสบผลเท่าที่ควรเว้นเสียแต่ว่าจะมีมาตรการเชิงบังคับมาควบคุม

อย่างไรก็ดีการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารเก่า ควรจะพิจารณาลำดับการปรับปรุงดังต่อไปนี้

1. การประหยัดพลังงาน โดยการปรับปรุง ปรับแต่งและจัดการใช้งานของอุปกรณ์ในระบบวิศวกรรมให้เหมาะสม โดยไม่ต้องลงทุนอุปกรณ์แต่อย่างใด
 2. การประหยัดพลังงาน โดยการติดตั้งอุปกรณ์เสริมเข้าไปในระบบวิศวกรรม เพื่อให้การทำงานและการใช้งานมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะมีเงินลงทุนบ้าง
 3. การประหยัดพลังงาน โดยการปรับปรุงระบบวิศวกรรมใหม่ มีการเลือกใช้เทคโนโลยีและระบบวิศวกรรมใหม่ให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะต้องลงทุนพอสมควร
- การปรับปรุงการใช้พลังงานสำหรับอาคาร ไม่ว่าจะเป็นอาคารเก่าที่ใช้งานมาแล้ว ระยะเวลาหนึ่ง หรืออาคารใหม่ที่เพิ่งเริ่มใช้งาน ล้วนแล้วแต่มีความสำคัญและจำเป็นทั้งสิ้น อันเนื่องมาจากความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว และไม่หยุดนิ่งของเทคโนโลยีใหม่ๆ ซึ่งมุ่งหวังจะเพิ่มประสิทธิภาพและสงวนรักษาการใช้พลังงาน อาคารหลังหนึ่งๆ โดยทั่วไปจะต้องใช้ระยะเวลาในการออกแบบอาคารอย่างน้อยครึ่งปี และต้องใช้เวลาในการก่อสร้างอาคารไม่น้อยกว่า 2 ปี ทั้งนี้ไม่รวมถึงระยะเวลาที่ต้องใช้ในการคิดหาความเหมาะสมเชิงเศรษฐศาสตร์ของอาคาร ซึ่งจะเห็นได้ว่าอาคารที่ได้ใช้งานนับจากวันนี้ ก็คืออาคารที่ได้ออกแบบและใช้เทคโนโลยีเมื่อไม่น้อยกว่า 2 ปีที่ผ่านมา ในช่วงระยะเวลา 2 ปี จะมีการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงและพัฒนา ไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยีของระบบวิศวกรรมและหน่วยของพลังงานอยู่ตลอดเวลา และสิ่งนี้ก็เป็นเหตุผลสำคัญที่อาคารจำเป็นต้องติดตามและปรับปรุง เทคโนโลยีของระบบวิศวกรรมในอาคารให้สอดคล้องกับยุคสมัยอยู่เสมอ

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ก่อตั้งมา 38 ปี เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในอาคารของมหาวิทยาลัยส่วนมากจะเป็นแบบหน่วยเดี่ยวชนิดแยกส่วน (Split Type) ซึ่งเมื่อใช้งานไปนานๆ ประสิทธิภาพจะต่ำลง ทำให้ใช้ปริมาณไฟฟ้ามาก การควบคุมการประหยัดพลังงานจะควบคุมได้ยาก วิธีหนึ่งที่จะช่วยขจัดปัญหาได้ คือ การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบหน่วยเดี่ยวชนิดแยกส่วนเป็นแบบส่วนกลางชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Chiller) โดยมีห้องเครื่อง Chiller Plant จำนวน 1 ห้อง แล้วเดินท่อน้ำเย็นไปจ่ายยังอาคารแต่ละหลัง ซึ่งแนวทางนี้แม้ว่าจะต้องลงทุนสูง แต่ในระยะยาวจะเป็นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Chiller)

ระบบปรับอากาศแบบนี้ จะใช้น้ำเป็นตัวกลางในการทำความเย็น โดยมีเครื่องทำน้ำเย็นเป็นอุปกรณ์หลัก ซึ่งภายในเครื่องจะประกอบไปด้วยวงจรทำความเย็นทั้งหมด แต่ความเย็นจากส่วน Evaporator ในเครื่องทำน้ำเย็นนี้ไม่ได้นำไปใช้ทำความเย็นให้กับพื้นที่ปรับอากาศโดยตรง ทั้งนี้จะทำให้น้ำซึ่งเป็นตัวกลางเย็น โดยการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นส่วน

Evaporator กับน้ำ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนี้ เรียกว่า Cooler น้ำเย็นที่ผลิตได้จะถูกส่งไปยังเครื่องเป่าลมเย็นชนิด Coil น้ำ (Chilled Water AHU, FCU) ซึ่งติดตั้งตามพื้นที่ต่างๆ โดยใช้เครื่องสูบน้ำเย็นเป็นอุปกรณ์ในการหมุนเวียนน้ำ เครื่องทำน้ำเย็นนั้นมีอยู่หลายประเภท โดยอาจแบ่งได้ดังนี้

1. แบ่งตามลักษณะของคอนเดนเซอร์ (Condenser) ได้แก่ คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled) หรือคอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-Cooled)

2. แบ่งตามชนิดของคอมเพรสเซอร์ (Compressor) เช่น

- แบบลูกสูบ (Reciprocate)
- แบบ Rotary Screw Compressor
- แบบ Scroll Compressor
- แบบ Centrifugal Compressor

นอกจากนี้โดยทั่วไปมักจะระบุถึงสารทำความเย็นที่ใช้ในระบบ ได้แก่ CFC-11, HCFC-22, HCFC-123, HFC-134a เป็นต้น

ในระบบปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็น (Chilled Water System) จะต้องติดตั้งระบบท่อน้ำเย็น และกรณีที่ใช้ Water-Cooled Chiller ก็จำเป็นจะต้องเพิ่มส่วนระบบท่อน้ำหล่อเย็น (Condenser Water System) ซึ่งจะอาศัย Cooling Tower เป็นอุปกรณ์ในการระบายความร้อน

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

ตารางที่ 1.1 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดี่ยวและแบบส่วนกลาง

แบบ	ข้อดี	ข้อจำกัด
1. แบบหน่วยเดี่ยว	- ราคาถูก - ติดตั้งง่าย - ใช้พื้นที่ไม่มาก	- อายุการใช้งานสั้น - เกิดสนิมง่าย - ควบคุมอัตโนมัติได้ยาก
2. แบบส่วนกลาง	- ประสิทธิภาพสูง - บำรุงรักษาง่าย - ควบคุมอัตโนมัติได้ง่าย	- ลงทุนสูง - ใช้พื้นที่มาก

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาแนวทางจัดการปรับปรุงระบบปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงานของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต โดยการเปลี่ยนระบบปรับอากาศจากแบบหน่วยเดี่ยวชนิดแยกส่วน เป็นแบบส่วนกลางชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ
2. เพื่อประมาณราคาการลงทุนและระยะเวลาคืนทุนของการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบส่วนกลางชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของอาคารเรียนมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตจะเลือกใช้แนวทางการปรับปรุงระบบปรับอากาศจากแบบหน่วยเดี่ยวชนิดแยกส่วนเป็นแบบส่วนกลางชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ กรณีศึกษาอาคารเรียนรวมจำนวน 4 อาคาร คือ อาคาร 1 อาคาร 2 อาคาร 3 และอาคาร 4
2. รวบรวมข้อมูลชั่วโมงการใช้ห้องเรียนและรายละเอียดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบัน โดยใช้ข้อมูลในปีการศึกษา 2548 พร้อมทั้งจัดทำแบบแปลนของระบบปรับอากาศในแต่ละอาคาร
3. เปรียบเทียบข้อมูลเชิงเทคนิคของเครื่องปรับอากาศเพื่อคัดเลือกประเภท ตลอดจนเปรียบเทียบพลังงานรวม (kWh) ของเครื่องปรับอากาศระบบปัจจุบันและระบบใหม่
4. การเปรียบเทียบต้นทุนและระยะเวลาการคืนทุน มิได้คำนึงถึงการเพิ่มเติมหอผึ่งน้ำระบายความร้อน (Cooling Tower) สำหรับระบบปรับอากาศใหม่ และเปรียบเทียบการบำรุงรักษาระหว่างระบบปรับอากาศปัจจุบันและระบบใหม่
5. ในการคำนวณระยะเวลาคืนทุนไม่ได้รวมค่าของเงินที่เปลี่ยนไป และคิดเฉพาะเงินลงทุนเท่านั้น โดยไม่ได้รวมถึงค่าการบำรุงรักษาและค่าปลีกย่อยอื่น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

1. สามารถนำไปเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์และตัดสินใจในการปรับปรุงระบบปรับอากาศสำหรับอาคารต่างๆ ในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
2. ทราบค่าใช้จ่ายโดยประมาณในการปรับปรุง และสามารถยื่นเรื่องให้สถาบันหรือหน่วยงานของรัฐ เช่น การไฟฟ้าฝ่ายผลิต ที่สนับสนุนเงินลงทุนในการจัดการเพื่อ

การประหยัดพลังงาน เพื่อปรับปรุงระบบปรับอากาศแล้วผ่นชำระคืนภายหลัง (ในกรณีที่มีมหาวิทยาลัยต้องการกู้)

3. บุคลากรฝ่ายช่างและซ่อมบำรุงของมหาวิทยาลัย มีการพัฒนาความรู้และทักษะการทำงานให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น โดยอาจจัดให้มีการฝึกอบรมอย่างต่อเนื่องในเรื่องการทำงานและการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศที่มีวิวัฒนาการและเทคโนโลยีที่ก้าวหน้า

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานศึกษาที่เกี่ยวข้อง

ประเทศไทยตามสภาพภูมิศาสตร์ตั้งอยู่บริเวณเขตร้อนและชื้น อุณหภูมิสูงสุดจะแปรเปลี่ยนระหว่าง 33°C ถึง 38°C ในวันๆ หนึ่งค่าพิสัยของการเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 10°C ถึง 12°C และเดือนเมษายนจะถือว่าเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนที่สุดของปี ส่วนค่าอุณหภูมิต่ำสุดจะอยู่ระหว่าง 14°C ถึง 26°C ซึ่งพิสัยของการเปลี่ยนแปลงจะอยู่ระหว่าง 12°C ถึง 16°C ค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 55% ถึง 100% สำหรับกรุงเทพมหานครนั้นตั้งอยู่ที่ $13^{\circ}44'\text{N}$ ซึ่งจะมีค่าอุณหภูมิต่ำสุดในฤดูหนาวประมาณ 15°C และค่าสูงสุดในฤดูร้อนประมาณ 35°C ด้วยสภาวะภูมิอากาศดังกล่าวข้างต้น การปรับอากาศ (การลดความชื้นและลดอุณหภูมิ) จึงมีความจำเป็นสำหรับอาคารและที่พักอาศัยเพื่อความสบายของคน

2.1 ความหมายของการปรับอากาศ

การปรับอากาศเพื่อความสบายและสุขภาพ หมายถึง การควบคุมสภาวะของอากาศ ดังนี้

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

2.2 เครื่องปรับอากาศแบบหน่วยเดียว

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

ก. แบบเครื่องติดหน้าต่าง (Window Type)

เครื่องแบบนี้ส่วนประกอบต่างๆ รวมอยู่ในตัวถัง (Casing) อันเดียวกัน ขนาดทำความเย็น (Cooling Capacity) ของเครื่องที่โรงงานผลิตขายอยู่ระหว่าง 8,000 Btu/h ไปจนถึงขนาด 30,000 Btu/h (2 ½ ตัน) ซึ่งขนาดโตกว่านี้จะมีน้ำหนักมากเกินไป โรงงานจึงไม่ผลิต

ความเหมาะสมของเครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่างสะดวกในการติดตั้งมักจะเจาะช่องที่กำแพงหรือผนังพร้อมทำวงกบไม้หรือวางบนขอบวงกบหน้าต่างแต่ต้องระมัดระวังให้ด้านหลังของเครื่องสามารถเป่าลมออกทิ้งได้สะดวก จะทำให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นสูงสุด ระบบไฟฟ้าที่จะใช้จะเป็น 220/1/50 สำหรับเครื่องขนาด 1 ตัน (12,000 Btu/h) จะกินไฟฟ้าราว (9 แอมแปร์) ถ้าเจ้าของบ้านติดเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตันควรเปลี่ยนมิเตอร์จาก 5 แอมแปร์เป็น 15 แอมแปร์

ในงานที่ต้องการโยกย้ายเครื่องได้สะดวกหรือต้องการเครื่องติดตั้งอย่างเร่งด่วน การทำความเย็นโดยใช้เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง จะคล่องตัวใช้งานได้ดีที่สุด แต่ก็มีปัญหาเรื่องเสียงดังจากเครื่อง

ข. แบบเครื่องชนิดแยกส่วน (Split Type)

ในปัจจุบันเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน จะระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled) เครื่องปรับอากาศ 1 ชุด จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือเครื่องเป่าลมเย็น (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 Condensing Unit) จะเป็นส่วนที่ติดตั้งอยู่นอกอาคาร มักจะวางบนกันสาด หลังคาที่มีพื้นเรียบหรือวางบนแท่นคอนกรีตบนพื้นดิน เครื่องส่วนนี้ต้องวางให้มีการพ่นลมร้อนทิ้งสู่อากาศได้สะดวก เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการทำความเย็นได้เต็มที่ เครื่องประกอบด้วย ตัวคอมเพรสเซอร์ หรือหม้ออัดน้ำยา (Compressor) พัดลมระบายความร้อนพร้อมมอเตอร์ (Condenser Fan and Condenser Fan Motor) คอนเดนเซอร์หรือ

คอยล์ร้อน (Condenser Coil) ระบบควบคุม (Control) การทำงานเครื่อง ส่วนนี้โรงงานจะพ่นสีให้มีความทนทานต่อดินฟ้าอากาศได้ดี เครื่องระบายความร้อนขนาดโตกว่า 5 ตันขึ้นไป จะมีน้ำหนักมากเวลาไปวางบนกันสาดหรือพื้นดิน

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศุภชัย ปัญญาวิวัฒน์ (2546) ศึกษาศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานในส่วนทำน้ำเย็น อาคารสำนักงานแห่งหนึ่งความสูง 2 ชั้น พื้นที่ปรับอากาศ 28,860 ตารางเมตร ใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบหอยโข่งขนาด 400 ตันทำความเย็นจำนวน 2 ชุด บีมน้ำเย็นจำนวน 2 ชุด ขนาด 40 แรงม้า อัตราการไหลต่อตันทำความเย็น 3.0 GPM/TR บีบเคมิใช้งานทั้งสองชุดตลอดเวลา พลังงานไฟฟ้าต่อพิภพการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นเท่ากับ 1.2 kW/TR ใช้วาล์วสามทางควบคุมปริมาณน้ำที่ AHU แต่ละชุดจำนวน 20 ชุด

ชั่วโมงการเดินระบบปรับอากาศที่ภาระโหลดต่างๆ ตลอดทั้งปี มีดังนี้

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

ที่ภาระการปรับอากาศต่ำกว่า 50 % เครื่องทำน้ำเย็นจะเดินเพียง 1 ชุด แต่บีมน้ำเย็นยังเดินใช้งานจำนวนสองชุด โดยส่งน้ำเย็นไปยัง AHU ผ่านวาล์วสามทางกลับมาโดยไม่ผ่านเข้าคอยล์เย็น AHU ในกรณีนี้ที่กลับเข้ามายังเครื่องทำน้ำเย็น จะแยกผ่านเครื่องทำน้ำเย็นที่ไม่เดินอุณหภูมิน้ำออก 50 °F และน้ำส่วนที่ผ่านเครื่องทำน้ำเย็นที่เดินอุณหภูมิน้ำออก 41 °F แล้วน้ำสองกระแสผสมกันได้อุณหภูมิ 45.5 °F ตามที่ต้องการ แล้วส่งไปจ่ายยัง AHU ต่างๆ

กลยุทธ์ในการอนุรักษ์พลังงานในกรณีนี้สามารถดำเนินการได้ดังนี้

1. บีมน้ำเย็นมีขนาดใหญ่กว่าความต้องการ ซึ่งเกิดจากขณะออกแบบและเลือกใช้บีมน้ำได้เพื่อความดันตกคร่อมบีมน้ำ ดังนั้นเมื่อใช้งานจริง เซดที่เกิดขึ้นจะน้อยกว่าที่ออกแบบ ส่งผลให้อัตราการไหลของน้ำเย็นสูงกว่าความต้องการของเครื่องทำน้ำเย็นใน กรณีทั่วไปความต้องการของเครื่องทำน้ำเย็น 2.2 ถึง 2.4 GPM/Tr แต่ขณะใช้งานอัตราการไหลที่ออกจากบีมน้ำเย็น 3.0 GPM/Tr มากกว่าความต้องการ 25% ดังนั้นเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานสามารถทำได้โดยเปลี่ยนใบพัดบีมน้ำใหม่ หรือถ้าบีมน้ำเก่ามากก็ควรเปลี่ยนบีมน้ำใหม่ให้มีขนาดเหมาะสม

2. ขณะภาวะการปรับอากาศต่ำกว่า 50 % นั้น จะมีเครื่องทำน้ำเย็นเดินเครื่องเพียง 1 ชุด แต่ปั๊มน้ำเย็นยังเดินสองชุด ซึ่งมากเกินไป ควรพิจารณาเดินปั๊มน้ำเท่าจำนวนเครื่องทำน้ำเย็นที่เดิน ดังนั้นน้ำเย็นจะไม่มีกรลัดวงจร (by pass) ผ่านเครื่องทำน้ำเย็นที่ไม่มีเดิน อาคารจะสามารถปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตั้งไว้ 41 °F ให้สูงขึ้นเป็น 45.5 °F ซึ่งจะทำให้เครื่องทำน้ำเย็นประหยัดพลังงานขึ้น

3. ติดตั้งหรือปิดวาล์วเส้นทางบายพาสของวาล์วสามทางที่ AHU แต่ละตัวดังนั้นวาล์วดังกล่าวจะกลายเป็นวาล์วสองทาง น้ำที่ไหลในวงจรจะลดลงประมาณ 30% และที่ภาวะไหลต่ำลง น้ำก็จะไหลในวงจรลดลงด้วย แต่น้ำเย็นที่ไหลผ่านเครื่องทำน้ำเย็นจะต้องคงที่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงต้องเดินท่อบายพาสบริเวณเสดเคอร์ของท่อส่งและท่อจ่ายแล้วติดตั้งวาล์วควบคุมความดัน (pressure control valve) เพื่อให้ น้ำเย็นส่วนเกินไหลกลับเข้าปั๊มน้ำ ส่งผลให้ลดความดันตกคร่อมในระบบลงได้ ดังนั้นปั๊มน้ำก็จะใช้กำลังงานลดลง แต่กรณีดังกล่าวควรพิจารณาติดตั้งระบบควบคุมรอบการหมุนของปั๊ม (variable speed drive) ในขณะที่ภาวะไหลต่ำ 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

ไพบูลย์ หังสพฤกษ์ (2534) การเลือกใช้อุปกรณ์และระบบการปรับอากาศให้ประหยัดพลังงาน

ภายหลังจากการคำนวณภาวะการทำความเย็นที่ภาวะ การใช้งานสูงสุด ต่ำสุด และอื่นๆ แล้ว ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมกับงานนั้นขนาด และจำนวนของเครื่องปรับอากาศที่ควรใช้ ตัวประกอบที่ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณา คือ

- ก. เครื่องปรับอากาศจะต้องมีความสามารถในการทำความเย็นได้เพียงพอ เมื่อมีภาวะความร้อนสูงสุดนั่นคือ ต้องเลือกเครื่องให้มีความสามารถทำความเย็นรวมเพียงพอ
- ข. เครื่องปรับอากาศจะต้องทำงานที่สมรรถนะสูง ที่ภาวะของการใช้งานต่างๆ ของอาคาร นั่นคือต้องเลือกเครื่องที่มีขนาดพอเหมาะกับภาวะการทำความเย็นที่ภาวะสูงสุด 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 วิฑูราภรณ์ (2545) การใช้ค่าประสิทธิภาพของพลังงานในการวิเคราะห์อาคาร โดยทั่วไปในประเทศไทยจะมีการใช้พลังงานในรูปของพลังงานไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ โดยระบบปรับอากาศภายในอาคารจะเป็นระบบที่ใช้พลังงานมากเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาคือระบบไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์และเครื่องใช้ในสำนักงาน

ในระบบปรับอากาศ ถ้าเป็นอาคารขนาดใหญ่มักจะนิยมเลือกใช้ระบบทำน้ำเย็น โดยใช้เครื่องทำน้ำเย็นในการผลิตน้ำเย็นเพื่อทำให้บริเวณต่างๆ ภายในอาคารมีสภาวะอากาศที่เหมาะสม เครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้จะมีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้กันมากมักจะเป็นแบบระบบอัดไอโดยตัวเครื่องทำน้ำเย็นจะประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นอีแวปโปเรเตอร์คอนเดนเซอร์ เอ็กซ์แพนชันและคอมเพรสเซอร์ ทั้งนี้พลังงานไฟฟ้าจะเข้าสู่มอเตอร์เพื่อใช้ขับคอมเพรสเซอร์ ดังนั้นวัฏจักรของการอัดไอดังกล่าวจะตรงกันข้ามกับวัฏจักรที่ให้กำลังงานโดยทั่วไปซึ่งจะให้ค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่ได้ ด้วยเหตุนี้นิยามของค่าประสิทธิภาพที่ใช้ทั่วไปจึงไม่อาจนำมาใช้กับวัฏจักรของการอัดไอได้ โดยเทอมที่ใช้บอกประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นจะได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (COP) ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพของพลังงาน (EER) และค่าอัตราการใช้ไฟต่อตันความเย็น (kW/TR) ค่าต่างๆ ที่กล่าวถึงนี้จะเป็นเทอมที่ใช้อธิบายถึงสัดส่วนของพลังงานที่ต้องใช้ในการขจัดปริมาณความร้อนออกจากบริเวณที่ต้องการเพื่อให้มีสภาวะอากาศที่เหมาะสม ดังนั้นในแง่ของการประหยัดพลังงาน ค่าต่างๆ เหล่านี้จึงถือได้ว่าเป็นค่าที่สำคัญในการประมาณการเกี่ยวกับพลังงานที่จะประหยัดได้ภายหลังจากการติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ดีกว่า นอกจากนี้การที่เราจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าต่างๆ ดังกล่าวระหว่างเครื่องทำน้ำเย็นที่เสนอซึ่งมีประสิทธิภาพที่ดีกับเครื่องทำน้ำเย็นที่ถูกใช้เป็นตัวฐาน ค่าที่ใช้เป็นฐานนี้ควรจะถูกคำนวณมาจากประสิทธิภาพ

ต่ำสุดที่ทำได้ของเครื่องที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ในขณะที่ค่าประสิทธิภาพของเครื่องที่ถูกเสนอเพื่อมาแทนที่จะได้มาจากข้อมูลของผู้ผลิตและสถาบันรับรองต่างๆ

ในการประมาณการพลังงานที่ประหยัดได้นั้น วิธีที่ง่ายที่สุดจะใช้การตั้งสมมติฐานว่าระบบที่นำเสนอและระบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจะมีความทำงานที่สภาวะการทำความเย็นเดียวกันและความแตกต่างจะอยู่ที่ค่า COP เท่านั้น ดังนั้นค่าดังกล่าวจะเป็นตัวชี้ขาดว่าระบบไหนจะดีกว่ากันแต่ในความเป็นจริงแล้ว อาคารที่มีขนาดใหญ่จะมีลักษณะของภาระการทำความเย็นที่แปรเปลี่ยนไปตามตลอดเวลา ดังนั้นวิธีการคำนวณแบบง่ายๆ ดังกล่าวไม่สามารถที่จะสะท้อนถึงการแปรเปลี่ยนตรงนี้ได้ดีมากนัก

2.4 การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

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

ค่าใช้จ่าย และผลตอบแทน

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 ผลที่ได้รับจากการประเมินการลงทุนโดยวิธีนี้จะทำให้ทราบว่า จะได้รับเงินคืนทุนช้าหรือเร็วเท่าใด ถ้าคืนทุนได้เร็วเท่าใดก็จะดีมากขี้นเท่านั้น เพราะโอกาสเสี่ยงต่อการขาดทุนในอนาคตมีน้อยลง และสามารถนำเงินที่คืนทุนไปลงทุนไปลงทุนในกิจการอื่นได้ วิธีระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น เป็นวิธีที่คิดแบบง่ายๆ และเป็นที่ยอมรับ แต่มีข้อเสียคือ ไม่ได้พิจารณาถึงผลตอบแทนที่ได้รับหลังระยะเวลาคืนทุนแล้ว และไม่พิจารณาการปรับมูลค่าเงินตามเวลา ซึ่งสามารถหาได้ดังนี้

สำหรับในกรณีที่ผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายในแต่ละปีมีค่าเท่ากันทุกปี ระยะเวลาคืนทุนหาได้ดังนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{เงินลงทุน} \div \text{กระแสเงินสดสุทธิ}$$

โดยที่กระแสเงินสดสุทธิต่อปี (Net Annual Cash Flow) มีค่าเท่ากับกระแสเงินสดที่ได้รับต่อปีลบด้วยกระแสเงินสดที่จ่ายต่อปี

บทที่ 3

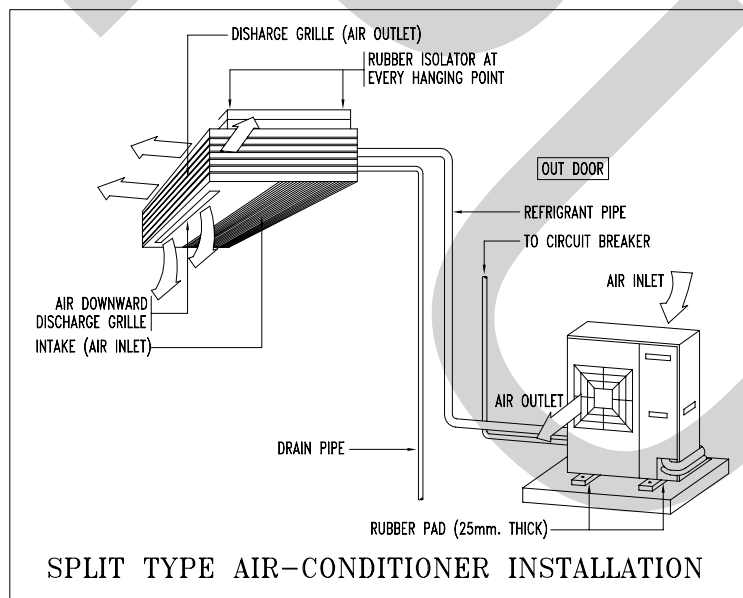
วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษาค้างนี้ได้อัตราการใช้งานในระบบปรับอากาศของแต่ละอาคารและประมาณราคา (cost estimation) ในการลงทุน หากจะเปลี่ยนระบบปรับอากาศจากระบบเดิมเป็นระบบ Water Cooled Chiller พื้นที่ศึกษาอาคารเรียน 1, 2, 3 และ 4 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต เพื่อประเมินระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น

3.1 การรวบรวมข้อมูล

3.1.1 ระบบปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบัน

การใช้อุปกรณ์เครื่องปรับอากาศในปัจจุบันเป็นแบบชนิดแยกส่วน ซึ่งมีรายละเอียดตามรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ระบบการทำความเย็นแบบชนิดแยกส่วน (ระบบที่ใช้ในปัจจุบัน)

3.2.2 การใช้งานเครื่องปรับอากาศในแต่ละอาคาร

จัดทำและรวบรวมข้อมูลจำนวนชั่วโมงการใช้เครื่องปรับอากาศของอาคาร 1 อาคาร 2 อาคาร 3 และอาคาร 4 จากลักษณะของอาคารเรียน คือ จำนวนชั้นและห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศ ข้อมูลที่นำมาศึกษาเป็นข้อมูลเมื่อปีการศึกษา 2548 ซึ่งได้จากการสอบถามและขอแบบแปลนจากฝ่ายช่างและซ่อมบำรุง และฝ่ายจัดทำตารางสอนและสอบได้ สำนักวิชาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

3.2 การออกแบบและการประมาณราคาในระบบ Water Cooled Chiller

3.2.1 การจัดทำ Diagram ของระบบปรับอากาศใหม่

ระบบปรับอากาศใหม่ที่จะใช้เปรียบเทียบในการศึกษานี้ จะใช้ระบบปรับอากาศแบบชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (รูปที่ 3.2) ซึ่งอุปกรณ์หลักที่สำคัญของระบบมีดังนี้ ส่วนที่ติดตั้งในห้องเครื่อง ประกอบด้วย

- เครื่องทำน้ำเย็น (Water Cooled Chiller) CH-1, 2, 3, 4
- เครื่องสูบน้ำ (Water Pump) CDP-1, 2, 3, 4/ CHP-1, 2, 3, 4
- หอระบายความร้อน (Cooling Tower) CT-1, 2, 3, 4

ส่วนที่ติดตั้งในห้องเรียนแต่ละห้อง ประกอบด้วย

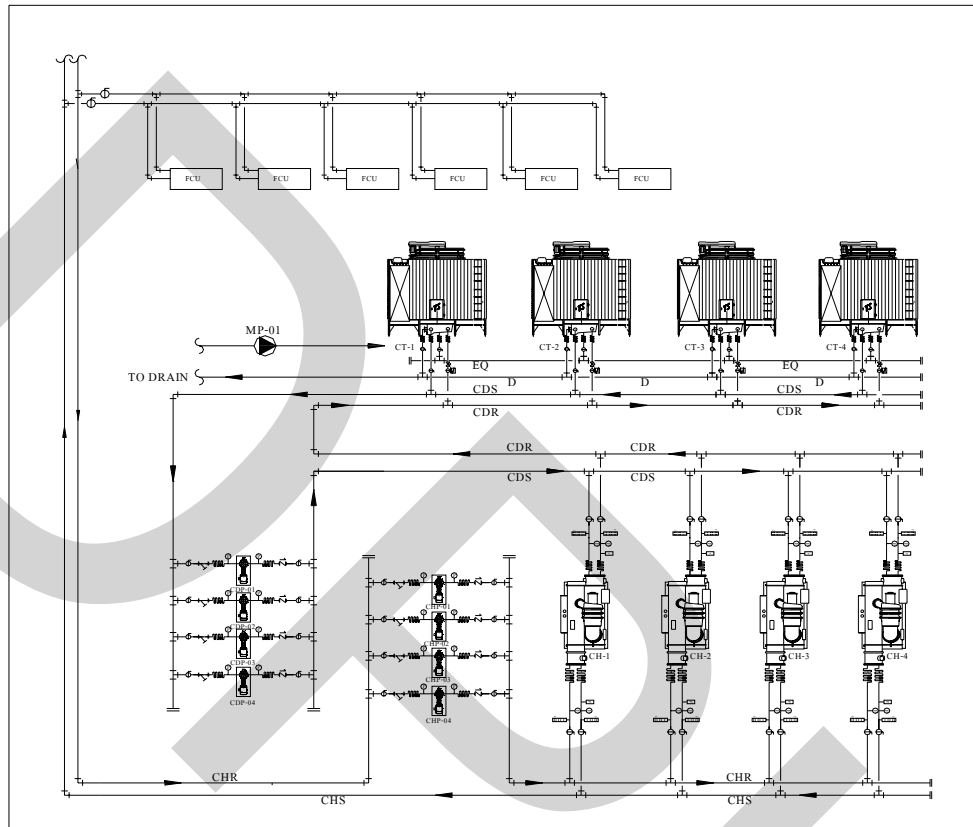
- เครื่องส่งลมเย็น (Fan Coil Unit & Air Handling Unit)

3.2.2 การเลือกขนาดของ Water Cooled Chiller ที่จะนำมาใช้ในระบบปรับอากาศใหม่

ในการเลือก Water Cooled Chiller ผู้ออกแบบส่วนใหญ่จะเลือก Part load ในการทำงาน ของ Water Cooled Chiller อยู่ที่จำนวน 4 ช่วง เช่น Part load ที่ 100%, 80%, 50% และ 25% หรือ Part load ที่ 100%, 80%, 50% และ 30% เป็นต้น เพื่อให้เครื่องสามารถทำงานได้ตามที่กำหนดในการศึกษารั้วนี้ได้เลือกใช้ Part load ที่ 100%, 80%, 50% และ 30%

จากโหลดของการศึกษารั้วนี้ทั้ง 4 อาคารแบ่งตามเปอร์เซ็นต์การทำงานของ Water Cooled Chiller ได้ดังนี้

1. โหลดที่ใช้ในอาคารทั้ง 4 อาคาร ถ้าเครื่องทำงาน 100% โหลดจะเท่ากับ 1000 TR
2. โหลดที่ใช้ในอาคารทั้ง 4 อาคาร ถ้าเครื่องทำงาน 80% โหลดจะเท่ากับ 800 TR
3. โหลดที่ใช้ในอาคารทั้ง 4 อาคาร ถ้าเครื่องทำงาน 50% โหลดจะเท่ากับ 500 TR
4. โหลดที่ใช้ในอาคารทั้ง 4 อาคาร ถ้าเครื่องทำงาน 30% โหลดจะเท่ากับ 300 TR



รูปที่ 3.2 ไดอะแกรมระบบปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ฉะนั้นเลือก Water Cooled Chiller สำหรับใช้ในงานนี้จำนวน 4 ชุด ดังนี้

- ขนาด 300 TR จำนวน 3 ชุด
- ขนาด 200 TR จำนวน 1 ชุด

การทำงานตาม Part load ที่ 100%, 80%, 50% และ 30% จะแสดงการทำงานของ Chiller ว่าจะใช้ขนาดเท่าใด และจำนวน Chiller ที่จะต้องมีกี่ตัว รายละเอียดตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สรุปการทำงานของ Water Cooled Chiller ในสภาวะต่าง ๆ ตามโหลด

ลำดับที่	การทำงานของ Water Cooled Chiller (%)	จำนวนของเครื่องที่ทำงาน	
		ขนาด 300 TR	ขนาด 200 TR
1	100	3	1
2	80	2	1
3	50	1	1
4	30	1	-

3.2.3 การออกแบบระบบท่อและระบบวาล์ว

รายละเอียดการออกแบบยึดถือตามข้อกำหนดมาตรฐานการปรับอากาศและระบายอากาศของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (ว.ส.ท.) ดังนี้

1. ทำการออกแบบระบบท่อน้ำเย็นที่ต่อเข้า FCU ทั้งหมดโดยคิด Flow rate ที่ 2.4 GPM./1 ตันความเย็น แล้วเปิดตารางที่ 3.3 การออกแบบท่อน้ำในระบบปิดเพื่อหาขนาดท่อน้ำเย็น โดยการออกแบบท่อน้ำเย็นนี้ ต้องหุ้มฉนวนยางชนิด Closed Cell Elastomeric Thermal
2. ทำการออกแบบระบบท่อน้ำหล่อเย็น ที่ต่อเข้าระหว่างเครื่องทำน้ำเย็น กับ Cooling Tower เพื่อระบายความร้อนโดยคิด Flow rate ที่ 3.0 GPM./1 ตันความเย็น แล้วเปิดตารางที่ 3.4 การออกแบบท่อน้ำในระบบเปิดเพื่อหาขนาดของท่อน้ำหล่อเย็น โดยท่อทั้งหมดเป็นชนิด Black Steel Pipe SCH. 40 Seam
3. เลือกวาล์วชนิดต่าง ๆ โดยใช้ Working Pressure ที่ 200 Psi W.O.G วาล์ว ขนาดเล็กกว่า $\phi 2''$ ใช้แบบต่อด้วยเกลียว, ขนาด $\phi 2 \frac{1}{2}''$ ขึ้นไปต่อแบบหน้างาน

3.2.4 การถอดแบบระบบท่อน้ำและระบบวาล์ว

เมื่อออกแบบเสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะถึงขั้นตอนการถอดแบบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ถอดแบบจะเริ่มจากการวัดระยะของระบบท่อน้ำเย็นและระบบท่อน้ำหล่อเย็น, ท่อน้ำทิ้ง, ฉนวนหุ้มท่อน้ำเย็น เมื่อเสร็จจากขั้นตอนนี้แล้วก็จะรวมจำนวนวาล์ว เข้าออกสำหรับอุปกรณ์ คือ เครื่องสูบน้ำ, เครื่องทำน้ำเย็น, Cooling Tower, FCU, AHU

2. การเพื่อวัสดุ นอกจากจะคำนึงถึงการเสียหายแล้ว ยังต้องรวมปัญหาของวัสดุและความผิดพลาดของช่าง เช่น การตัดท่อผิด การติดตั้งผิดตำแหน่งต้องรื้อทิ้ง เนื่องจากเกิดการตกจากที่สูงแตกหัก เป็นต้น โดยทั่วไปอาจประมาณเกินร้อยละ 10-15 หรือตามความเหมาะสม ขึ้นอยู่กับประสบการณ์จริงของผู้ประมาณการ
3. การวัดท่อในแนวตั้ง ท่อแยกย่อยต่างๆ ต้องจัดทำแบบฟอร์มเตือนความจำ หรือ Check List ตรวจสอบความถูกต้องในแต่ละจุดหรือทำการวัดแล้วลึ้มบวกรวเข้าไป ปัจจุบันมีอุปกรณ์ช่วยวัดคือเครื่อง Curvimeter มีหลายมาตราส่วนให้ปรับให้ตรงตามมาตราส่วนในแบบ
4. ในการนับจำนวนหรือวัดปริมาณ จะใช้ดินสอสีทำเครื่องหมายลงในแบบเพื่อให้ทราบว่าส่วนตัวใดได้นับไปแล้ว เพื่อป้องกันการสับสน และให้แยกสีแตกต่างกัน เมื่อตรวจนับวัสดุคนละชนิดกัน
5. สรุปจำนวนวัสดุ-อุปกรณ์ทั้งหมด เพื่อเตรียมนำไปให้ผู้จำหน่ายสินค้าเสนอราคากลับมาให้

3.2.5 รวบรวมข้อมูลราคาวัสดุ-อุปกรณ์จากผู้แทนจำหน่าย

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

3.2.6 คัดเลือกวัสดุ-อุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในโครงการ

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

3.2.7 จัดทำตารางบัญชีวัสดุ-อุปกรณ์ (BOQ) และใส่ราคาประมาณการวัสดุ-อุปกรณ์

ในตารางบัญชีวัสดุ-อุปกรณ์ จะบอกถึงค่าวัสดุ/ค่าอุปกรณ์/ค่าแรงงานในการติดตั้ง พร้อมทั้งมีค่าดำเนินการและกำไร (Overhead & Profit) โดยราคาคงกล่าวยังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% ซึ่งสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงในการใส่ราคาประมาณการมีดังนี้

1. การใส่ราคาวัสดุ-อุปกรณ์ ต้องใส่ราคาที่แท้จริงในปัจจุบัน ที่จำหน่ายในท้องตลาด

2. ค่าแรงงานขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของช่าง การกำหนดค่าแรงเป็นตัวแปรที่สำคัญ เพราะบางครั้งในงานเดียวกันใช้คนงาน 2 คน แต่ถ้ากำหนดไว้ 3 คน ทำให้ค่าแรงเกิดความแตกต่าง ขึ้นอยู่กับผู้ประมาณราคาว่ามีพื้นฐาน หรือข้อมูลคนงาน หรือความพร้อมของงานปัญหาการทำงาน บางครั้งอาจใช้วิธีเหมาค่าแรง โดยทั่วไปแล้วจะใช้ข้อมูลสถิติค่าแรงเดิมอยู่แล้วหรือถ้าไม่มีก็อาจใช้วิธีเทียบเคียงจากที่อื่นแล้วปรับแก้ให้เหมาะสม
3. นอกจากค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและค่าแรงแล้ว ยังต้องมีค่าใช้จ่ายพิเศษอื่นๆ อีกดังนี้ ค่าทดสอบ ค่าบำรุงรักษา ค่าประสานงาน ค่าเบ็ดเตล็ด ค่าดำเนินงาน ค่าไร ภาษี

3.3 การเปรียบเทียบพลังงานรวม

ในการเปรียบเทียบพลังงานรวม (kWh) ของเครื่องปรับอากาศระบบเดิมและระบบใหม่ มีการเปรียบเทียบ 2 ลักษณะ คือ

1. เปรียบเทียบพลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศ ที่ทำงานตามเวลาเรียนจริง
2. เปรียบเทียบพลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศ ที่ทำงานวันละ 9 ชั่วโมง ทุกวัน และทุกห้อง

นอกจากนี้การเปรียบเทียบพลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศในปีการศึกษา 2548 ยังได้แบ่งออกเป็น 3 ภาคเรียน คือ ภาคเรียนที่ 1/2548 ภาคเรียน 2/2548 และภาคเรียนที่ 3/2548

3.4 การคำนวณระยะเวลาคืนทุน

โดยคำนวณว่าเงินที่ลงทุนไปทั้งหมดจะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาที่ปี ซึ่งหาได้จาก

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{เงินลงทุน} \div \text{กระแสเงินสดสุทธิ}$$

เมื่อได้ค่าออกมาแล้วจะทำให้ตัดสินใจได้ว่าการลงทุนของระบบปรับอากาศใหม่นี้ จะเหมาะสมหรือไม่ กับการลงทุน

3.5 ระยะเวลาการศึกษา

การศึกษานี้ได้ดำเนินการในช่วงเดือนธันวาคม 2549 ถึงเดือนพฤษภาคม 2550

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกระบบปรับอากาศใหม่เป็นแบบส่วนกลางชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ ผลการศึกษาได้รวบรวมรายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบระบบปรับอากาศแบบเดิมซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 จำนวนเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันและการใช้พลังงาน

จำนวนและขนาดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้ในปัจจุบันจำแนกตามอาคารแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 จำนวนและขนาดของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบัน

อาคาร	จำนวนชั้น	เครื่องปรับอากาศ		
		จำนวนห้อง	จำนวนเครื่อง (ชุด)	ขนาด (Btu/h)
1	5	26	53	2,324,000
2	5	26	57	2,226,000
3	10	57	125	4,454,000
4	4	26	51	2,835,000

4.2 การใช้ห้องเรียนในแต่ละภาคเรียน

การใช้ห้องเรียนของแต่ละอาคารในแต่ละภาคเรียนแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งเป็นการรวมชั่วโมงของแต่ละอาคาร

ตารางที่ 4.2 การใช้ห้องเรียนของแต่ละอาคารจำแนกตามภาคเรียน

(หน่วย : ชั่วโมง)

อาคาร	ภาคเรียนที่ 1/2548	ภาคเรียนที่ 2/2548	ภาคเรียนที่ 3/2548
1	23,432.00	21,864.00	4,388.00
2	25,616.00	22,848.00	4,176.96
3	82,888.00	74,848.00	27,972.00
4	17,664.00	17,960.00	992.00
รวม	149,600.00	137,520.00	37,528.96

4.3 ขนาดของเครื่องปรับอากาศ

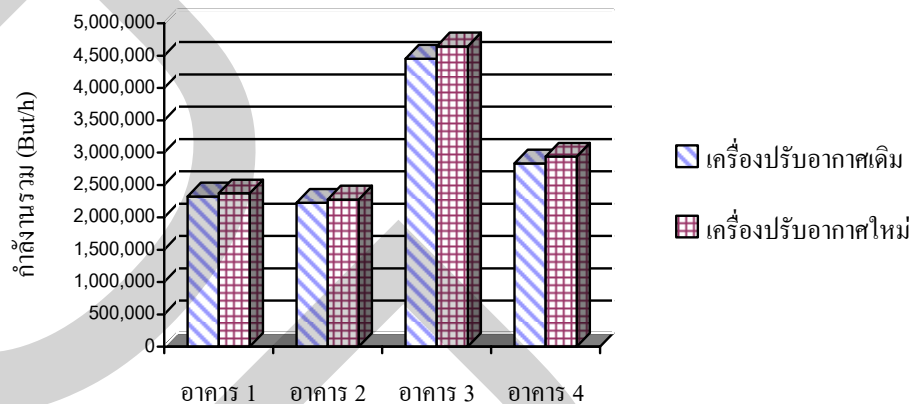
ตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.1 เป็นการเปรียบเทียบขนาดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบันซึ่งเป็นข้อมูลเมื่อปีการศึกษา 2548 และเครื่องปรับอากาศแบบใหม่ จะเห็นได้ว่าเครื่องปรับอากาศระบบใหม่มีขนาด (Btu/h) มากกว่า สาเหตุมาจากขนาดเครื่องปรับอากาศที่ผลิตในปัจจุบันแตกต่างจากในอดีตโดยมีปริมาณ Btu/h เพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม เช่น

เครื่องปรับอากาศเดิมขนาด 48,000 Btu/h	ปัจจุบันผลิตขนาด 50,000 Btu/h
เครื่องปรับอากาศเดิมขนาด 24,000 Btu/h	ปัจจุบันผลิตขนาด 25,500 Btu/h
เครื่องปรับอากาศเดิมขนาด 18,000 Btu/h	ปัจจุบันผลิตขนาด 18,900 Btu/h
เครื่องปรับอากาศเดิมขนาด 36,000 Btu/h	ปัจจุบันผลิตขนาด 37,100 Btu/h

ตารางที่ 4.3 ขนาดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบันเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศใหม่

อาคาร	เครื่องปรับอากาศในปัจจุบัน (Btu/h)	เครื่องปรับอากาศใหม่ (Btu/h)
1	2,324,000	2,372,700
2	2,226,000	2,277,000
3	4,454,000	4,644,800
4	2,835,000	2,939,500
รวม	11,839,000	12,234,000

จากรายละเอียดดังกล่าวทำให้ผลรวมของขนาดเครื่องปรับอากาศไม่เท่ากัน ถ้าเดินเครื่องเต็มที 100% จะมีผลต่อการประหยัดไฟแตกต่างกันประมาณ 3% ซึ่งโอกาสที่จะเดินเครื่อง 100% มีน้อยมาก เพราะห้องเรียนไม่ได้ใช้งานพร้อมกันทุกห้อง



รูปที่ 4.1 ขนาดของเครื่องปรับอากาศเปรียบเทียบระหว่างระบบในปัจจุบันกับระบบใหม่

4.4 ผลการเปรียบเทียบพลังงานรวมเครื่องปรับอากาศที่ทำงานตามเวลาเรียนจริงและทำงานทุกวันวันละ 9 ชั่วโมง

ผลการเปรียบเทียบพลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 สถานการณ์ คือ กรณีคำนวณตามเวลาเรียนจริงและกรณีทำงานทุกวันวันละ 9 ชั่วโมง ได้แสดงในตารางที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ ในทั้งสองตารางสำหรับการใช้ระบบปรับอากาศแบบใหม่ ได้แยกส่วนของการใช้พลังงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของห้องเรียนและส่วนของห้องเครื่อง (ดูหัวข้อที่ 3.2) โดยในส่วนของห้องเรียนจะคิดเฉพาะท่อส่งลมเย็น สำหรับส่วนของห้องเครื่องจะสามารถหาพลังงานรวมได้จากการรวมค่าพลังงาน (kWh) ของเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) เครื่องสูบน้ำ (Water Pump) และหอระบายความร้อน (Cooling Tower) ซึ่งค่าพลังงานในส่วนของห้องเครื่องเมื่อรวมตลอดทั้งปีการศึกษาเป็นดังนี้

- กรณีคิดตามเวลาเรียนจริงเท่ากับ 740,918 kWh
- กรณีทำงานทุกวันวันละ 9 ชั่วโมงเท่ากับ 1,764,000 kWh

เพื่อการเปรียบเทียบ ค่าดังกล่าวจำเป็นต้องกระจายไปในแต่ละภาคเรียน ในที่นี้ได้ใช้การกระจายโดยคิดตามสัดส่วนของค่าพลังงานรวมในส่วนของห้องเรียน

ตารางที่ 4.4 พลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันและแบบใหม่ที่ทำงานตามเวลาเรียนจริง

อาคาร	พลังงานรวม (kWh) ของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบัน				พลังงานรวม (kWh) ของเครื่องปรับอากาศใหม่			
	ภาคเรียนที่ 1	ภาคเรียนที่ 2	ภาคเรียนที่ 3	รวม	ภาคเรียนที่ 1	ภาคเรียนที่ 2	ภาคเรียนที่ 3	รวม
อาคาร 1	143,690	132,828	28,824	305,342	4,922	4,545	984	10,451
อาคาร 2	165,449	147,356	27,694	340,499	5,567	4,947	934	11,448
อาคาร 3	453,611	407,114	142,820	1,003,545	16,418	14,664	4,831	35,913
อาคาร 4	111,695	113,676	3,655	229,026	3,802	3,870	98	7,770
รวมทั้ง 4อาคาร	874,445	800,974	202,993	1,878,412	30,709	28,026	6,847	65,582
ห้องเครื่อง	-	-	-	-	346,943	316,619	77,356	740,918
รวม	874,445	800,974	202,993	1,878,412	377,652	344,645	84,203	806,500

- ผลการเปรียบเทียบพลังงานรวมเครื่องปรับอากาศที่ทำงานตามเวลาเรียนจริงจาก ตารางที่ 4.4 ทั้ง 3 ภาคเรียน มีพลังงานรวมแตกต่างกันหาได้ดังนี้
 - พลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันเท่ากับ

$$874,445 + 800,974 + 202,993 = 1,878,412 \text{ kWh}$$
 - พลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศแบบใหม่เท่ากับ

$$30,709 + 28,026 + 6,847 + 740,918 = 806,500 \text{ kWh}$$
 ดังนั้นผลต่างเท่ากับ $1,878,412 - 806,500 = 1,071,912 \text{ kWh}$

ตารางที่ 4.5 พลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันและแบบใหม่ที่ทำงานวันละ 9 ชั่วโมง

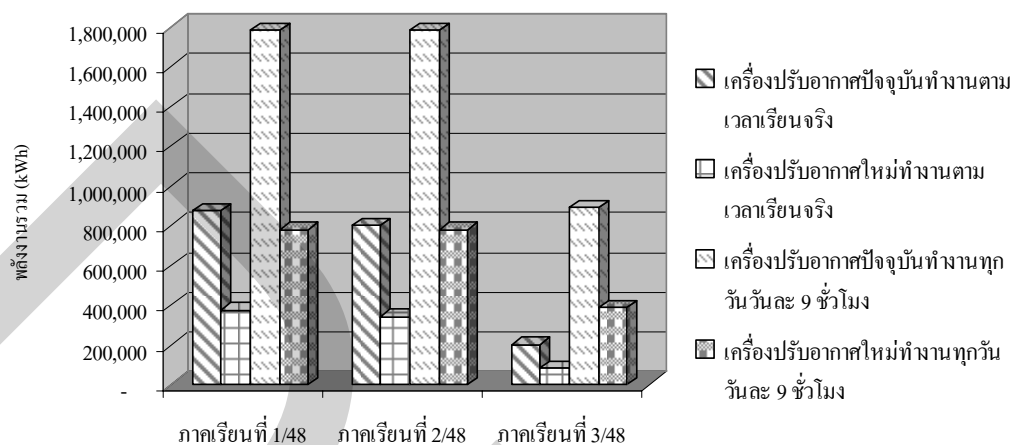
อาคาร	พลังงานรวม (kWh) ของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบัน				พลังงานรวม (kWh) ของเครื่องปรับอากาศใหม่			
	ภาคเรียนที่ 1	ภาคเรียนที่ 2	ภาคเรียนที่ 3	รวม	ภาคเรียนที่ 1	ภาคเรียนที่ 2	ภาคเรียนที่ 3	รวม
อาคาร 1	317,193	317,193	158,597	792,983	10,816	10,816	5,408	27,040
อาคาร 2	366,253	366,253	183,127	915,633	12,302	12,302	6,151	30,755
อาคาร 3	704,826	704,826	352,413	1,762,065	26,516	26,516	13,258	66,290
อาคาร 4	394,655	394,655	197,328	986,683	23,656	23,656	11,828	59,140
รวมทั้ง 4อาคาร	1,782,927	1,782,927	891,465	4,457,319	73,290	73,290	36,645	183,225
ห้องเครื่อง	-	-	-	-	705,600	705,600	352,800	1,764,000
รวม	1,782,927	1,782,927	891,465	4,457,319	778,890	778,890	389,445	1,947,225

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

- ผลการเปรียบเทียบพลังงานรวมเครื่องปรับอากาศที่ทำงานวันละ 9 ชั่วโมง ทุกวัน และทุกห้อง จากตารางที่ 4.5 ทั้ง 3 ภาคเรียน มีพลังงานรวมแตกต่างกันหาได้ดังนี้
 - พลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันเท่ากับ

$$1,782,927 + 1,782,927 + 891,465 = 4,457,319 \text{ kWh}$$
 - พลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศแบบใหม่เท่ากับ

$$73,290 + 73,290 + 36,645 + 1,764,000 = 1,947,225 \text{ kWh}$$
- ดังนั้นผลต่างเท่ากับ $4,457,319 - 1,947,225 = 2,510,094 \text{ kWh}$



รูปที่ 4.2 พลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศในแต่ละภาคเรียนจำแนกตามเงื่อนไขการทำงาน

4.5 ผลการศึกษาค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ในการประมาณราคาค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบใหม่ มีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ ค่าแรงงานติดตั้ง งานรื้อถอนเครื่องปรับอากาศเดิม งานห้องเครื่อง Chiller งานทดสอบระบบ งานบำรุงรักษา และค่าดำเนินการ แสดงในตารางที่ 4.6 โดยราคาทั้งหมดยังไม่ได้รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%

ตารางที่ 4.6 บัญชีราคารายการวัสดุอุปกรณ์

รายการที่	รายละเอียดวัสดุ-อุปกรณ์	รวมราคาค่าของ-ค่าแรง (บาท)
1	WATER COOLED CHILLER	12,580,000
2	AIR HANDLING & FAN COIL UNIT	4,296,120
3	COOLING TOWER	1,400,000
4	CHIILED WATER PUMP	770,000
5	CONDENSER WATER PUMP	742,000
6	MAKE UP WATER PUMP	58,500
7	WATER TREATMENT SYSTEM	296,500
8	PIPE & FITTING	3,991,550

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

รายการที่	รายละเอียดวัสดุ-อุปกรณ์	รวมราคาค่าของ-ค่าแรง (บาท)
9	PIPE INSULATION	1,753,760
10	VALVE & ACCESSORIES	7,325,192
11	ELECTRICAL WORK	2,800,000
12	TEST & COMMISSIONING	240,000
13	งานรื้อถอน	300,000
14	ห้องเครื่อง CHILLER	600,000
	รวม	37,153,622

4.6 ผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุน

ถ้าคิดค่าไฟฟ้าที่หน่วยละ 3 บาทต่อหน่วย โดยเงินลงทุนทั้งหมด 37,153,622 บาท (รายละเอียดในภาคผนวก ง)

วิธีคิดแบบที่ 1 กรณีคิดพลังงานรวม (kWh) ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานตามเวลาเรียนจริง

$$\begin{aligned} \text{ค่าไฟฟ้า (ตลอดปี)} &= \text{พลังงานรวมที่แตกต่าง} \times \text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย} \\ &= 1,071,912 \text{ kWh} \times 3 \text{ บาท/kWh} \\ &= 3,215,736 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \text{เงินลงทุน} \div \text{กระแสเงินสดสุทธิ} \\ &= (37,153,622 \text{ บาท}) \div (3,215,736 \text{ บาท/ปี}) \\ &= 11.6 \text{ ปี} \end{aligned}$$

วิธีคิดแบบที่ 2 กรณีคิดพลังงานรวม (kWh) ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานวันละ 9 ชั่วโมง ทุกวัน

$$\begin{aligned} \text{ค่าไฟฟ้า (ตลอดปี)} &= \text{พลังงานรวมที่แตกต่าง} \times \text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย} \\ &= 2,510,094 \text{ kWh} \times 3 \text{ บาท/kWh} \\ &= 7,530,282 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \text{เงินลงทุน} \div \text{กระแสเงินสดสุทธิ} \\
 &= (37,153,622 \text{ บาท}) \div (7,530,282 \text{ บาท/ปี}) \\
 &= 4.9 \text{ ปี}
 \end{aligned}$$

จากวิธีคิดทั้ง 2 วิธีจะเห็นได้ว่า แตกต่างกันมากในด้านระยะเวลาคืนทุน

วิธีคิดแบบที่ 1 เป็นการคิดเฉพาะเวลาเรียนจริงเท่านั้น โดยเครื่องปรับอากาศจะทำงานตามภาระจริง เครื่องปรับอากาศส่วนที่ไม่ได้ทำงานไม่ได้นำมารวมด้วย คือ ติดตั้งอยู่เฉยๆ ไม่เปิดเครื่องทำงาน จึงเป็นการลงทุนซื้อเครื่อง Fan Coil Unit เพิ่มเติมแต่ไม่ได้ใช้งานเต็มที่ จึงทำให้ระยะเวลาคืนทุนยาวเป็น 13 ปี

วิธีคิดแบบที่ 2 เป็นการคิดการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยสมมติให้ทำงานทุกวันวันละ 9 ชั่วโมง จึงทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มสูงขึ้นกว่าวิธีคิดแบบที่ 1 และระยะเวลาคืนทุนจะเร็วกว่าแบบวิธีคิดแบบที่ 1

สำหรับขั้นตอนการติดตั้งวัสดุอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศระบบใหม่ พร้อมทั้งรายการวัสดุอุปกรณ์แสดงรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ข และภาคผนวก ค เมื่อติดตั้งแล้วเสร็จจะต้องมีการบำรุงรักษา ซึ่งขั้นตอนการบำรุงรักษาและระยะเวลาในการบำรุงรักษาได้แสดงรายละเอียดในภาคผนวก จ และภาคผนวก ฉ

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาสรุปได้ดังนี้

วิธีคิดแบบที่ 1 กรณีคิดพลังงานรวม ของเครื่องปรับอากาศระบบใหม่ที่ทำงานตามเวลาเรียนจริงใช้เงินลงทุน 37.2 ล้านบาท และมีระยะเวลาคืนทุน 11.6 ปี

วิธีคิดแบบที่ 2 กรณีคิดพลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศระบบใหม่ที่ทำงานวันละ 9 ชั่วโมง ทุกวันและทุกเครื่อง ใช้เงินลงทุน 37.2 ล้านบาท และมีระยะเวลาคืนทุน 4.9 ปี

5.2 วิจารณ์ผลการศึกษา

1. เครื่องปรับอากาศระบบใหม่ ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงในการก่อสร้างห้องเครื่อง สำหรับติดตั้งเครื่อง Chiller และจะต้องมีพื้นที่เพียงพอสำหรับติดตั้งหอผึ่งน้ำเพื่อที่จะให้ระบบระบายความร้อนได้ดี

2. การลงทุนของระบบใหม่ต้องลงทุนสูงมาก เพราะ Water Cooled Chiller ราคาแพง ในระบบนี้ต้องใช้หอผึ่งน้ำระบายความร้อน (Cooling Tower) ซึ่งต้องใช้น้ำเดิมจึงต้องเสียค่าใช้จ่ายเรื่องของน้ำเดิมระบบด้วย

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

4. ระยะเวลาคืนทุนตามวิธีคิดแบบที่ 1 ใช้ระยะเวลาคืนทุนนานมากถึง 11.6 ปี ซึ่งไม่คุ้มกับการลงทุน เพราะระยะเวลาคืนทุนควรอยู่ในช่วงประมาณ 5 ปี

5. ระยะเวลาคืนทุนตามวิธีคิดที่ 2 ใช้ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 5 ปี ซึ่งเป็นวิธีคิดเปรียบเทียบกับวิธีคิดที่ 1 ระยะเวลาคืนทุนแตกต่างกันมาก แต่การทำงานของเครื่องต้องทำงานทุกวันและทุกเครื่อง วันละ 9 ชั่วโมง ซึ่งในความเป็นจริงเป็นไปได้ยากมากที่เครื่องจะทำงานลักษณะนี้ จึงเห็นว่าการปรับเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศนี้ไม่เหมาะสมและไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

โดยสรุปไม่ควรจะเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเป็นระบบ Water Cooled Chiller ทั้งนี้ควร จะศึกษาระบบปรับอากาศแบบอื่นๆ หลายๆ แบบเพื่อหาข้อสรุปความเหมาะสมและคุ้มค่ากับการ ลงทุน

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งนี้มีข้อเสนอแนะที่จะเป็นทางเลือกในการปรับปรุงระบบปรับอากาศ ให้ประหยัดพลังงานอีกหลายวิธี เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยต่อไปในอนาคตมีดังนี้คือ

1. ใช้เครื่องปรับอากาศระบบเดิม (แยกส่วน) แต่เปลี่ยนเป็นชนิดประหยัดไฟเบอร์ 5 โดยท่อน้ำยา ท่อน้ำทิ้ง และฉนวนหุ้มท่อยังคงใช้ของเดิม
2. เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเดิม (แยกส่วน) เป็นแบบ VRV (Variable Refrigerant Volume) หรือแบบ Multi Split System ซึ่งเป็นแบบที่ใช้ CDU 1 ชุด ต่อ FCU หลายชุด โดยท่อน้ำยา บางส่วนสามารถใช้ของเดิมได้
3. เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ (แยกส่วน) เป็นแบบส่วนกลางชนิดระบายความร้อนด้วย อากาศ (Air Cooled Chiller) ซึ่งจะลดพื้นที่ในการติดตั้ง Cooling Tower ลง ทำให้มูลค่าการลงทุน ลดลง
4. เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ (แยกส่วน) เป็นแบบส่วนกลางชนิดระบายความร้อนด้วย อากาศ โดยแต่ละอาคารแยกอิสระต่อกัน คือ อาคาร 1 หลัง มีระบบดังกล่าว 1 ชุด และมีห้องเครื่อง 1 ห้อง ก็จะทำให้การควบคุมการทำงานแต่ละอาคารง่ายขึ้น
5. การติดตั้งเครื่องปรับอากาศเดิม (แยกส่วน) เฉพาะห้องทำงานของอาจารย์และ เจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัย ส่วนห้องเรียนต่างๆ ใช้เป็นเครื่องปรับอากาศแบบส่วนกลาง ก็จะทำให้ ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ เพราะเครื่องปรับอากาศจะทำงานแยกจากกัน ในกรณีทำงานไม่พร้อมกันมี อาจารย์หรือเจ้าหน้าที่บางท่านทำงานนอกเวลา หรือวันหยุดก็จะสามารถใช้เฉพาะเครื่องปรับอากาศ แบบแยกส่วนเท่านั้น

ซึ่งจากที่กล่าวมาทั้ง 5 แนวทาง สามารถใช้กับอาคารในมหาวิทยาลัยได้ทุกระบบ ซึ่ง จะต้องมีการศึกษาต่อไปในอนาคตว่าระบบใดจะเหมาะสมและมีประสิทธิภาพที่สุด เพื่อประโยชน์ สูงสุดในการลงทุนเปลี่ยนระบบปรับอากาศของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

ปฐ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

หนังสือ

กวี หวังนิเวศน์กุล. (2548). การประมาณราคางานวิศวกรรมก่อสร้าง. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
 วัชร มั่งวิฑิตกุล. (2548). กระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงานสำหรับอาคารและ
 โรงงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: เรียบ ยู เพาเวอร์.

บทความ

เชิดพันธ์ วิฑูราภรณ์. (2545, ตุลาคม). “ปัจจัยความเสี่ยงในการลงทุนเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ.” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 16. หน้า 587-588.
 ไพบูลย์ หังสพฤกษ์. (2534). “การประหยัดพลังงานในการปรับอากาศ.” บทความวิชาการชุดที่ 1
 ชมรมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย. หน้า 62-63.
 ศุภชัย ปัญญาวิโร. (2546). “การประหยัดพลังงานในส่วนน้ำเย็นของระบบปรับอากาศ แบบทำน้ำเย็น.” ระบบปรับอากาศ ชุดที่ 2: 40 เรื่องน่ารู้เทคนิคการปรับอากาศ. หน้า 165-168.

เอกสารอื่นๆ

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

วิทยานิพนธ์

บุตรบำรุง ธรรมโชติ. (2541). การประหยัดพลังงานในอาคารพาณิชย์: กรณีศึกษาอาคารพหลโยธิน
 อาคารกสิกรไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล.
 กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

การจัดการด้านการจัดซื้อจัดหาวัสดุอุปกรณ์

ในการติดตั้งจะต้องมีการเลือกวัสดุ-อุปกรณ์ที่จะใช้ในการติดตั้ง ปัจจัยสำคัญที่ควรคำนึง คือ

1. เวลาในการส่งมอบ ความเชื่อมั่น ราคา การให้บริการและการอำนวยความสะดวกโดยมีแหล่งจัดหาสำคัญได้แก่
 - ตัวแทนจำหน่ายที่ได้รับการแต่งตั้งจากผู้ผลิต
 - ผู้จำหน่ายในท้องถิ่น ซึ่งมีการจำหน่ายอุปกรณ์และอะไหล่ของแท้ที่ถูกต้องตามข้อกำหนดและมาตรฐาน
2. ราคาที่ถูกต้อง (Right Price) ราคาควรอยู่ในระดับไม่เกินจากราคามาตรฐานของตลาด แต่มีคุณภาพที่ถูกต้องตามข้อกำหนดการใช้งาน
3. คุณภาพที่ถูกต้อง (Right Quality) ตรงตามมาตรฐานและข้อกำหนด
4. รูปแบบสัญญาที่ถูกต้อง (Right Contract) การออกเอกสารสั่งซื้อควรมีความเจาะจงและชัดเจน โดยมีความถูกต้องตามกฎหมาย เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาขึ้นในอนาคต
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 เพื่อได้รับบริการในระดับที่สร้างความพึงพอใจต่อผู้ใช้งานสูงสุด

วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบปรับอากาศของโครงการนี้ มีผลิตภัณฑ์หลายชนิดที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย หาซื้อได้ง่าย ราคาถูก คุณภาพดี ซึ่งรายละเอียดของผู้แทนจำหน่ายและระยะเวลาการสั่งซื้อตามภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข
วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ

ตารางที่ ข.1 รายการวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการและบริษัทที่ขาย

ลำดับ ที่	รายการวัสดุอุปกรณ์	ระยะเวลา จัดซื้อ (วัน)	ยี่ห้อ	บริษัทที่ขาย	โทรศัพท์
1	Water Cooled Chiller	120	Trane	แอร์โค	02-656-8777
			York	ยอร์ก (ประเทศไทย)	02-717-1260-70
			Carrier	แคร์เรีย (ประเทศไทย)	02-751-4777
2	Air Handling & Fan Coil Unit	60	Trane	แอร์โค	02-656-8777
			York	ยอร์ก (ประเทศไทย)	02-717-1260-70
			Carrier	แคร์เรีย (ประเทศไทย)	02-751-4777
3	Cooling Tower	60	Liang Chi	เหลียงชี	02-738-1788
			Thai Cooling	ไทยคูลลิ่งทาวเวอร์	02-462-8110
			Shinwa	เฮ็กมี	02-216-4920
4	Chilled & Condenser Water Pump	90	Paco	สหพีร์เอ็นจิเนียริง	02-216-9081-3
			Crane	อินเตอร์โปรเจก	02-337-5148
			ITT	อัมรินทร์เทคโนโลยี	02-734-7436-42
5	Make Up Water Pump	60	Paco	สหพีร์เอ็นจิเนียริง	02-216-9081-3
			Crane	อินเตอร์โปรเจก	02-337-5148
			ITT	อัมรินทร์เทคโนโลยี	02-734-7436-42
6	Water Treatment System	30	Dynamic	ไดนามิคซัพพลาย	02-722-3470
			Water Doctor	วอเตอร์ดีออกเตอร์	02-559-2920-2
			สยามเคมีท ริทส์	สยามเคมีทริทส์	02-887-8598

ลำดับ ที่	รายการวัสดุอุปกรณ์	ระยะเวลา จัดซื้อ (วัน)	ยี่ห้อ	บริษัทที่ขาย	โทรศัพท์
7	Black Steel Pipe	30	Sahathai	เฉลิมชัยมาร์เก็ตติ้ง	02-476-8221
			Thai Union	ไพพ์ไลน์ ซีสเท็ม	02-896-7619
			Cotco	คอตโก้-เอสวี	02-285-2992
8	Galvanized Steel Pipe	30	Sahathai	เฉลิมชัยมาร์เก็ตติ้ง	02-476-8221-3
			Thai Union	ไพพ์ไลน์ ซีสเท็ม	02-896-7619
			Cotco	คอตโก้-เอสวี	02-285-2992
9	PVC Pipe	30	ท่อน้ำไทย	เฉลิมชัยมาร์เก็ตติ้ง	02-476-8221-3
			ตราช้าง	มิตรอภัย	02-938-1790
10	Pipe Insulation	30	Aeroflex	ตะวันออก อิมพอร์ต	02-249-3976
			Thermafex	เทอร์มาเฟลค อินซูเลชั่น	02-933-6370-2
			Armafex	พรพรหมเม็ททอล	02-628-6100
11	Butterfly Valve	30	Crane	แมสเทคลิงค์	02-942-1433
			Kitz	เคซีเอ็มหานคร	02-678-2530-40
			Toyo	กรุงไทยอุปกรณ์	02-225-8241
12	Gate Valve	30	Crane	แมสเทคลิงค์	02-942-1433
			Kitz	เคซีเอ็มหานคร	02-678-2530-40
			Toyo	กรุงไทยอุปกรณ์	02-225-8241
13	Balancing Valve	30	MNG	แสงชัยอิกวิปเมนต์	02-628-2600
			Crane	แมสเทคลิงค์	02-942-1433
14	Check Valve	30	Valmatic	ซีสโกเอ็นจิเนียริง	02-615-2525
			Crane	แมสเทคลิงค์	02-942-1433
			Tozen	โตเซน(ประเทศไทย)	02-367-5721
15	Strainer	30	Crane	แมสเทคลิงค์	02-942-1433
			Kitz	เคซีเอ็มหานคร	02-678-2530-40
			Tozen	โตเซน(ประเทศไทย)	02-367-5721

ลำดับ ที่	รายการวัสดุอุปกรณ์	ระยะเวลา จัดซื้อ (วัน)	ยี่ห้อ	บริษัทที่ขาย	โทรศัพท์
16	Flexible Connection	30	Mason	เมสัน อะคูสติคส์	02-750-3595
			Tozen	โตเซน(ประเทศไทย)	02-367-5721
			Topflex	เอพีซี อินเตอร์เทรด	02-349-4111
17	Automatic Air Vent	30	Valmatic	ชีส โกเอ็นจิเนียริง	02-615-2525
			Metraflex	หาญเอ็นจิเนียริง	02-203-0357
			Crispin	แมสเทคลิงค์	02-942-1433
18	Pressure Gauge	30	Weiss	หาญเอ็นจิเนียริง	02-203-0357
			Weksler	เอ็มเจ เอ็มเค	02-887-2887
			Treice	แมสเทคลิงค์	02-942-1433
19	Thermometer	30	Weiss	หาญเอ็นจิเนียริง	02-203-0357
			Weksler	เอ็มเจ เอ็มเค	02-887-2887
			Treice	แมสเทคลิงค์	02-942-1433
20	Flow Switch	30	Johnson	แมสเทคลิงค์	02-942-1433
			Mc Donnell	หาญเอ็นจิเนียริง	02-203-0357
21	Pressure Relief Valve	30	Watts	ITP POWER	02-319-1031-40
			Bermad	เอเชียแปซิฟิก	02-539-4147-9
			Claval	สทพีเอ็นจิเนียริง	02-216-9081-3
22	2-Way Valve	60	Johnson	แมสเทคลิงค์	02-942-1433
			Honeywell	แสงชัยอควิปเมนท์	02-628-2600
			Danfoss	เอ็น ลิงค์ เอ็นจิเนียริง	02-522-3245-6
23	Thermostat	60	Johnson	แมสเทคลิงค์	02-942-1433
			Honeywell	แสงชัยอควิปเมนท์	02-628-2600
			Danfoss	เอ็น ลิงค์ เอ็นจิเนียริง	02-522-3245-6
24	Spring Isolator	30	Tozen	โตเซน(ประเทศไทย)	02-367-5721
			Mason	เมสัน อะคูสติคส์	02-750-3595

ลำดับ ที่	รายการวัสดุอุปกรณ์	ระยะเวลา จัดซื้อ (วัน)	ยี่ห้อ	บริษัทที่ขาย	โทรศัพท์
25	Conduit	30	TAS	สหโชคชัย	02-215-0558
			SMS	บุญธนาภัณฑ์	02-236-0054
			UI	KSE	02-706-1032
26	Cable	30	Phelps Dodge	CSS	02-960-1001
			Bangkok Cable	BCC	02-254-4550-9
			Yazaki	UN	02-234-5686
27	Circuit Breaker	60	Square-D	SQD Group	02-437-0100
			ABB	ไทยรุ่งโรจน์	02-744-5534-8
			Siemens	แสงชัยอิควิปเมนท์	02-628-2600
28	LV Switch Board	60	TIC	TIC	02-813-6950
			ESI	ESI	02-312-1208
			SMD	SMD	02-802-4501
29	Wire Way & Cable Tray	60	SCI	SCI	02-361-8129
			B-Line	แอมเท็ค	02-872-9021
			UI	KSE	02-706-1032

ภาคผนวก ค
การจัดการด้านการติดตั้งระบบปรับอากาศของอาคาร

ตารางที่ ค.1 การติดตั้งระบบปรับอากาศของอาคาร

รายการ	รายละเอียดในการติดตั้ง	กำหนดแล้วเสร็จ (วัน)
1	<u>ห้องเครื่อง Chiller</u>	
	1.1) ขนาดของห้องเครื่องมีพื้นที่เท่ากับ 12x8 เมตร ซึ่งภายในจะประกอบไปด้วย Water Cooled Chiller และ Water Pump ต่างๆ ตำแหน่งจะอยู่ระหว่าง อาคาร 2 และอาคาร 3	30 วัน (ขั้นตอนที่ 1.1)
	1.2) การติดตั้ง Water Cooled Chiller ต้องเตรียมช่าง เครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ 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)
	1.3) การติดตั้ง Cooling Tower โดยตำแหน่งติดตั้งอยู่บนหลังคาของห้องเครื่อง Chiller ติดตั้งท่อน้ำพร้อม Valve ต่างๆ เช่น Butterfly Valve, Motorized Butterfly Valve, Flexible Connection, เข้าออก Cooling Tower	
	1.4) ติดตั้ง Chilled Water Pump, Condenser Water Pump, Make Up 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 เพื่อเช็คความดันแตกต่างของ Header ทั้งสอง	
	1.6) ตรวจสอบรอยรั่วต่างๆ ของรอยต่อ (TEST น้ำ)	

รายการ	รายละเอียดในการติดตั้ง	กำหนดแล้วเสร็จ (วัน)
	หมายเหตุ <ul style="list-style-type: none"> - ระยะเวลาการสั่งซื้อ Water Cooled Chiller ใช้เวลาสั่งประมาณ 4 เดือน ควรเดินท่อ และ Valve เอาไว้ก่อน โดยทำ Shop Drawing ระยะท่อเข้า-ออก Chiller ไว้ เมื่อ Water Cooled Chiller มาจะได้ต่อได้อย่างแม่นยำ - การหุ้มฉนวนค้ำท่อน้ำเย็น, Chiller, Chilled Water Pump จะหุ้มภายหลังจากผ่านการ Test รอยรั่วแล้ว - เดินท่อ สายไฟฟ้าพร้อมติดตั้งตู้คอนโทรล 	
2.	การติดตั้งอาคาร 1 (อาคาร 5 ชั้น)	30 วัน
	2.1) เดินท่อน้ำเย็นทั้งท่อส่ง-และท่อกลับ จากห้องเครื่องมายังอาคาร 1 โดยทำ Hanger & Support รองรับท่อในแนวนอน และแนวค้ำ แล้วเดินท่อ Riser ตั้งแต่ชั้น 1 ถึงชั้น 5 ด้านปลายท่อส่งและท่อกลับ จุดสูงสุดติดตั้ง Automatic Air Vent 2 ชุด Riser จุดที่แยกเข้าแต่ละชั้น ติดตั้งข้อต่อสามทางไว้	
	2.2) เดินท่อ Branch ของแต่ละชั้น ไปหาตำแหน่งที่ติดตั้ง FCU ติดตั้งวาล์วเข้าออก FCU ที่งไว้ คือ Gate Valve, Balancing Valve, Two-Way Valve, Strainer, Flexible Connection, เดินท่อร้อยสายไฟติดตั้ง Thermostat	
	2.3) Test น้ำตรวจเช็คหารอยรั่ว เมื่อตรวจเช็คเรียบร้อยแล้วทำการหุ้มฉนวนท่อน้ำเย็น	
	2.4) ดำเนินการติดตั้งอาคารอื่นต่อไป	
3.	การติดตั้งอาคาร 2 (อาคาร 5 ชั้น)	30 วัน
	3.1) ชั้นตอนต่างๆ เหมือนกับการติดตั้งที่อาคาร 1 คือ เดินท่อ Riser ของน้ำเย็น เดินท่อ Branch ของชั้น 1 - ชั้น 5 พร้อมติดตั้ง Automatic Air Vent ที่จุดสูงสุด ของ Riser 2 ชุด	
	3.2) เดินท่อ Branch เข้าจ่ายยัง FCU ของแต่ละชั้นพร้อมติดตั้ง Valve เข้าออก FCU ทุกเครื่องแล้วปิด Valve ไว้ เดินท่อร้อยสายไฟ ติดตั้ง Thermostat	
	3.3) Test Pressure หารอยรั่ว โดยจะต้อง Test ตามมาตรฐานสากล	
	3.4) เมื่อเรียบร้อยแล้วก็หุ้มฉนวนท่อน้ำเย็นทั้งหมด ซึ่งมาตรฐานที่ผู้ออกแบบใช้กันส่วนใหญ่ คือ ท่อขนาด ϕ 2 1/2" และเล็กกว่าใช้ฉนวนหนา 1" ท่อขนาด ϕ 3" - ϕ 6" ใช้ฉนวนหนา 1 1/2" ท่อ ϕ 8" และใหญ่กว่าใช้ฉนวนหนา 2"	

รายการ	รายละเอียดในการติดตั้ง	กำหนดแล้วเสร็จ (วัน)
	3.4) ท่อน้ำทิ้งใช้ฉนวนหนา 3/4" สำหรับ Pump และ Valve ต่างๆ จะหุ้มฉนวนหนาไม่น้อยกว่า 1 1/2"	
4.	การติดตั้งอาคาร 3 (อาคาร 10 ชั้น)	60 วัน
	4.1) เดินท่อน้ำเย็นจากเมนที่แยกออกมาจากห้องเครื่องแล้วต่อเข้าอาคาร 3 ซึ่งเป็นอาคารสูง 10 ชั้น โดยเมนมีแยกไปจ่ายให้ยัง อาคาร 4 ด้วย	
	4.2) เดินท่อ Riser ก่อน จากชั้น 1- ชั้น 10 ด้านบนสุดของ Riser ติดตั้ง Automatic Air Vent จำนวน 2 ชุด	
	4.3) เดินท่อ Branch เข้าจ่ายยัง FCU ของแต่ละชั้นพร้อมติดตั้ง Valve เข้าออก FCU ทุกเครื่องแล้วปิด Valve ไว้ เดินท่อย่อยสายไฟ ติดตั้ง Thermostat	
	4.4) Test Pressure ทารอยรั่วแล้วหุ้มฉนวน	
5.	การติดตั้งอาคาร 4 (อาคาร 4 ชั้น)	30 วัน
	5.1) เดินท่อเมนที่ต่อมาจากอาคาร 3 เข้ามายังอาคาร ติดตั้ง Hanger & Support เดินท่อน้ำเย็น Riser จากชั้น 1 ไปยังชั้น 4 Automatic Air Vent ที่จุดสูงสุด ของ Riser 2 ชุด	
	5.2) เดินท่อ Branch เข้าจ่ายยัง FCU ของแต่ละชั้นพร้อมติดตั้ง VALVE เข้าออก FCU ทุกเครื่องแล้วปิด Valve ไว้ เดินท่อย่อยสายไฟ ติดตั้ง Thermostat	
	5.3) Test Pressure ของท่อน้ำเย็นทารอยรั่ว ถ้าเรียบร้อยแล้วก็หุ้มฉนวน	
6.	งานที่เหลือของแต่ละอาคารที่ต้องติดตั้ง	
	6.1) ติดตั้ง Water Cooled Chiller ที่ห้องเครื่อง	15 วัน
	6.2) ติดตั้ง FCU ที่อาคาร 1 โดยไม่ให้กระทบกับการเรียนการสอนของมหาวิทยาลัย อาจติดตั้งในช่วงกลางคืนหรือวันหยุด ซึ่งจะต้องประสานงานกับมหาวิทยาลัยให้เรียบร้อยก่อนนำเครื่อง Split Type ออกแล้วติด FCU ตัวใหม่เข้าไปแทน	30 วัน
	6.3) เมื่อติดตั้ง FCU เสร็จแล้วตรวจเช็คทดสอบรอยรั่ว	
	6.4) เช็กระบบท่อ ทำความสะอาดภายในด้วยสารเคมีแล้ว Drain น้ำออก พร้อมทั้งทำความสะอาด Strainer ทุกตัว จนกระทั่งปราศจากสิ่งสกปรกและสิ่งแปลกปลอม	

รายการ	รายละเอียดในการติดตั้ง	กำหนดแล้วเสร็จ (วัน)
	6.4) (ต่อ) ใดๆ ที่เป็นอุปสรรค ชัดขวางการไหลเวียนของน้ำ	
	6.5) เช็กระบบไฟฟ้า ตู้คอนโทรลทั้งหมด ให้เรียบร้อยพร้อมใช้งาน	
	6.6) เดินเครื่องปรับแต่ง Flow ที่ Balancing Valve ของแต่ละเครื่อง เมื่อเรียบร้อยแล้วให้หุ้มฉนวนท่อ, Valve ส่วนที่เหลือให้หมด พร้อมทำสัญลักษณ์ ตัวอักษรบอกทิศทางและชนิดของท่อ	
	6.7) ติดตั้ง FCU ใหม่และรีดอนเครื่องเดิมออกของอาคาร 2 ซึ่งวิธีการเหมือนอาคาร 1	30 วัน
	6.8) ติดตั้ง FCU ใหม่และรีดอนเครื่องเดิมออกของอาคาร 3 ซึ่งวิธีการเหมือนอาคาร 1	60 วัน
	6.9) ติดตั้ง FCU ใหม่และรีดอนเครื่องเดิมออกของอาคาร 4 ซึ่งวิธีการเหมือนอาคาร 1	30 วัน
	<p>6.10) เมื่อเดินเครื่องพร้อมกันทุกอาคารแล้ว ต้องตรวจสอบอีกครั้งว่าเป็นไปตามข้อกำหนดหรือเปล่า โดยต้องตรวจสอบการทำงานของแต่ละเครื่องอีกครั้งว่าเครื่องทำงานได้ประสิทธิภาพสูงสุดแล้ว ในการติดตั้งระบบปรับอากาศของโครงการนี้ จะใช้เวลาประมาณ 180 วัน โดยสามารถใช้ช่างทำงานประมาณ 3 ชุด แบ่งการทำงานได้ดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - ช่างชุดที่ 1 ติดตั้งในส่วนห้องเครื่องและอาคาร 4 ใช้ช่างประมาณ 20 คน - ช่างชุดที่ 2 ติดตั้งในส่วนอาคาร 1 และ 2 ใช้ช่างประมาณ 20 คน - ช่างชุดที่ 3 ติดตั้งในส่วนอาคาร 3 ใช้ช่างประมาณ 30 คน 	
	<p>ระยะเวลาในการติดตั้งจะเร็วหรือช้ากว่านี้ อาจเปลี่ยนแปลงได้ โดยจะขึ้นอยู่กับการใช้ห้องเรียนของแต่ละอาคารว่าจะสามารถงดการเรียนการสอนในส่วนนั้นแล้วย้ายห้องไปเรียนอาคารอื่นชั่วคราวจนกว่าจะติดตั้งเสร็จ ซึ่งเป็นดุลยพินิจของมหาวิทยาลัย สำหรับเครื่องเก่าที่รีดออกมา มหาวิทยาลัยต้องคัดเลือกเครื่องที่สามารถใช้งานได้ เก็บสำรองไว้สำหรับอาคารอื่น ส่วนเครื่องที่ประสิทธิภาพต่ำอายุการใช้งานมากแล้ว ควรนำไปกำจัดหรือขายเป็นเศษเหล็ก เพื่อที่จะได้นำวัสดุไป recycle นำมาผลิตวัสดุตัวอื่น</p>	



ภาคผนวก ง
รายละเอียดบัญชีราคารายการวัสดุอุปกรณ์

ตารางที่ ง.1 บัญชีราคารายการวัสดุอุปกรณ์

รายการที่	รายละเอียดวัสดุ-อุปกรณ์	รวมราคาค่าของ-ค่าแรง (บาท)
1	WATER COOLED CHILLER	12,580,000
2	AIR HANDLING & FAN COIL UNIT	4,296,120
3	COOLING TOWER	1,400,000
4	CHILLED WATER PUMP	770,000
5	CONDENSER WATER PUMP	742,000
6	MAKE UP WATER PUMP	58,500
7	WATER TREATMENT SYSTEM	296,500
8	PIPE & FITTING	3,991,550
9	PIPE INSULATION	1,753,760
10	VALVE & ACCESSORIES	7,325,192
11	ELECTRICAL WORK	2,800,000
12	TEST & COMMISSIONING	240,000
13	งานร้อยท่อ	300,000
14	ห้องเครื่อง CHILLER	600,000
	รวม	37,153,622

โครงการ : การปรับปรุงระบบปรับอากาศอาคาร 1, 2, 3 และ 4 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ระบบ : ปรับอากาศ

ITEM	DESCRIPTION	UNIT	QTY	PRICE				
				MATERIAL		LABOUR		TOTAL
				PER UNIT	TOTAL	PER UNIT	TOTAL	
1	WATER COOLED CHILLER							
1.1	- CH-01	SET	1	3,230,000	3,230,000	50,000	50,000	3,280,000
1.2	- CH-02	SET	1	3,230,000	3,230,000	50,000	50,000	3,280,000
1.3	- CH-03	SET	1	3,230,000	3,230,000	50,000	50,000	3,280,000
1.4	- CH-04	SET	1	2,700,000	2,700,000	40,000	40,000	2,740,000
	TOTAL ITEM 1				12,390,000		190,000	12,580,000
2	AIR HANDLING & FAN COIL UNIT							
2.1	- CAP 9000 BTU	SET	4	7,000	28,000	1,500	6,000	34,000
2.2	- CAP 12,000 BTU	SET	5	7,000	35,000	1,500	7,500	42,500
2.3	- CAP 13,000 BTU	SET	4	7,000	28,000	1,500	6,000	34,000
2.4	- CAP 14,000 BTU	SET	2	7,000	14,000	1,500	3,000	17,000
2.5	- CAP 18,000 BTU	SET	5	7,200	36,000	1,500	7,500	43,500
2.6	- CAP 20,000 BTU	SET	1	8,720	8,720	1,500	1,500	10,220
2.7	- CAP 24,000 BTU	SET	11	8,720	95,920	1,500	16,500	112,420
2.8	- CAP 25,000 BTU	SET	15	8,720	130,800	1,500	22,500	153,300
2.9	- CAP 26,000 BTU	SET	2	10,800	21,600	1,500	3,000	24,600
2.10	- CAP 30,000 BTU	SET	3	11,840	35,520	1,500	4,500	40,020
2.11	- CAP 32,000 BTU	SET	1	11,840	11,840	1,500	1,500	13,340
2.12	- CAP 33,000 BTU	SET	1	11,840	11,840	1,500	1,500	13,340
2.13	- CAP 36,000 BTU	SET	117	11,840	1,385,280	1,500	175,500	1,560,780
2.14	- CAP 48,000 BTU	SET	73	15,920	1,162,160	1,500	109,500	1,271,660
2.15	- CAP 50,000 BTU	SET	1	15,920	15,920	1,500	1,500	17,420
2.16	- CAP 60,000 BTU	SET	38	17,600	668,800	1,500	57,000	725,800
2.17	- CAP 120,000 BTU	SET	1	31,520	31,520	3,000	3,000	34,520
2.18	- CAP 250,000 BTU	SET	1	57,200	57,200	6,000	6,000	63,200
2.19	- CAP 280,000 BTU	SET	1	76,000	76,000	8,500	8,500	84,500
	TOTAL ITEM 2				3,854,120		442,000	4,296,120

โครงการ : การปรับปรุงระบบปรับอากาศอาคาร 1, 2, 3 และ 4 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ระบบ : ปรับอากาศ

ITEM	DESCRIPTION	UNIT	QTY	PRICE				TOTAL
				MATERIAL		LABOUR		
				PER UNIT	TOTAL	PER UNIT	TOTAL	
3	COOLING TOWER							
3.1	- CT-01	SET	1	340,000	340,000	10,000	10,000	350,000
3.2	- CT-02	SET	1	340,000	340,000	10,000	10,000	350,000
3.3	- CT-03	SET	1	340,000	340,000	10,000	10,000	350,000
3.4	- CT-04	SET	1	340,000	340,000	10,000	10,000	350,000
	TOTAL ITEM 3				1,360,000		40,000	1,400,000
4	CHILLED WATER PUMP							
4.1	- CHP-01	SET	1	185,000	185,000	7,500	7,500	192,500
4.2	- CHP-02	SET	1	185,000	185,000	7,500	7,500	192,500
4.3	- CHP-03	SET	1	185,000	185,000	7,500	7,500	192,500
4.4	- CHP-04	SET	1	185,000	185,000	7,500	7,500	192,500
	TOTAL ITEM 4				740,000		30,000	770,000
5	CONDENSER WATER PUMP							
5.1	- CDP-01	SET	1	178,000	178,000	7,500	7,500	185,500
5.2	- CDP-02	SET	1	178,000	178,000	7,500	7,500	185,500
5.3	- CDP-03	SET	1	178,000	178,000	7,500	7,500	185,500
5.4	- CDP-04	SET	1	178,000	178,000	7,500	7,500	185,500
	TOTAL ITEM 5				712,000		30,000	742,000
6	MAKE UP WATER PUMP							
6.1	- MWP-01	SET	1	55,000	55,000	3,500	3,500	58,500
	TOTAL ITEM 6				55,000		3,500	58,500
7	WATER TRETMENT SYSTEM							
7.1	- WATER SOFTENER	SET	1	120,000	120,000	2,500	2,500	122,500
7.2	- STORAGE CHEMICAL FOR 1 YEAR	SET	1	50,000	50,000	0	0	50,000
7.3	- CHEMICALL FEEDER	SET	1	45,000	45,000	1,500	1,500	46,500

โครงการ : การปรับปรุงระบบปรับอากาศอาคาร 1, 2, 3 และ 4 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ระบบ : ปรับอากาศ

ITEM	DESCRIPTION	UNIT	QTY	PRICE				TOTAL
				MATERIAL		LABOUR		
				PER UNIT	TOTAL	PER UNIT	TOTAL	
7.4	- AUTOMATIC BEED OFF	SET	1	40,000	40,000	1,000	1,000	41,000
7.5	- EXPANSION TANK	SET	1	35,000	35,000	1,500	1,500	36,500
	TOTAL ITEM 7				290,000		6,500	296,500
8	PIPE & FITTING							
8.1	BLACK STEEL PIPE SCH.40 SEAM							
	- ϕ 1/2"	M.	50	35	1,750	38	1,900	3,650
	- ϕ 3/4"	M.	100	46	4,600	50	5,000	9,600
	- ϕ 1"	M.	612	68	41,616	70	42,840	84,456
	- ϕ 1 1/4"	M.	690	90	62,100	80	55,200	117,300
	- ϕ 1 1/2"	M.	386	107	41,302	105	40,530	81,832
	- ϕ 2"	M.	886	143	126,698	140	124,040	250,738
	- ϕ 2 1/2"	M.	742	225	166,950	175	129,850	296,800
	- ϕ 3"	M.	288	297	85,536	210	60,480	146,016
	- ϕ 4"	M.	102	435	44,370	280	28,560	72,930
	- ϕ 5"	M.	166	602	99,932	350	58,100	158,032
	- ϕ 6"	M.	268	766	205,288	420	112,560	317,848
	- ϕ 8"	M.	112	1,170	131,040	560	62,720	193,760
	- ϕ 10"	M.	72	2,624	188,928	700	50,400	239,328
	- ϕ 14"	M.	80	4,342	347,360	980	78,400	425,760
8.2	GALVANIZED STEEL PIPE CLASS B	LOT	1	35,000	35,000	1,500	1,500	36,500
8.3	PVC. PIPE CLASS 8.5	LOT	1	210,000	210,000	35,000	35,000	245,000
8.4	FITTING	LOT	1	930,000	930,000	0	0	930,000
8.5	HANGER & SUPPORT	LOT	1	228,000	228,000	114,000	114,000	342,000
8.6	PAINTING	LOT	1	35,000	35,000	5,000	5,000	40,000
	TOTAL ITEM 8				2,985,470		1,006,080	3,991,550
9	PIPE INSULATION							
	- ϕ 1/2" THICK 1 1/2"	M.	50	138	6,900	10	500	7,400

โครงการ : การปรับปรุงระบบปรับอากาศอาคาร 1, 2, 3 และ 4 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ระบบ : ปรับอากาศ

ITEM	DESCRIPTION	UNIT	QTY	PRICE				
				MATERIAL		LABOUR		TOTAL
				PER UNIT	TOTAL	PER UNIT	TOTAL	
- ϕ 3/4"	THICK 1 1/2"	M.	100	150	15,000	15	1,500	16,500
- ϕ 1"	THICK 1 1/2"	M.	612	194	118,728	20	12,240	130,968
- ϕ 1 1/4"	THICK 1 1/2"	M.	690	223	153,870	25	17,250	171,120
- ϕ 1 1/2"	THICK 1 1/2"	M.	386	240	92,640	30	11,580	104,220
- ϕ 2"	THICK 1 1/2"	M.	886	285	252,510	40	35,440	287,950
- ϕ 2 1/2"	THICK 1 1/2"	M.	742	334	247,828	50	37,100	284,928
- ϕ 3"	THICK 1 1/2"	M.	288	377	108,576	60	17,280	125,856
- ϕ 4"	THICK 2"	M.	90	583	52,470	80	7,200	59,670
- ϕ 5"	THICK 2"	M.	166	642	106,572	100	16,600	123,172
- ϕ 6"	THICK 2"	M.	252	763	192,276	120	30,240	222,516
- ϕ 8"	THICK 2"	M.	64	875	56,000	160	10,240	66,240
- ϕ 10"	THICK 2"	M.	60	1,062	63,720	200	12,000	75,720
ADHESIVE		LOT	1	74,000	74,000	3,500	3,500	77,500
TOTAL ITEM 9					1,541,090		212,670	1,753,760
10	VALVE & ACCESSORIES							
10.1	BUTTERFLY VALVE							
- ϕ 2"		EA.	16	1,413	22,608	240	3,840	26,448
- ϕ 2 1/2"		EA.	24	1,595	38,280	300	7,200	45,480
- ϕ 3"		EA.	24	1,744	41,856	360	8,640	50,496
- ϕ 4"		EA.	6	2,035	12,210	420	2,520	14,730
- ϕ 6"		EA.	16	3,520	56,320	540	8,640	64,960
- ϕ 8"		EA.	24	6,930	166,320	800	19,200	185,520
10.2	GATE VALVE							
- ϕ 1/2"		EA.	8	360	2,880	60	480	3,360
- ϕ 3/4"		EA.	34	636	21,624	90	3,060	24,684
- ϕ 1"		EA.	300	900	270,000	120	36,000	306,000
- ϕ 1 1/4"		EA.	224	1,392	311,808	150	33,600	345,408
- ϕ 2"		EA.	2	2,730	5,460	240	480	5,940

โครงการ : การปรับปรุงระบบปรับอากาศอาคาร 1, 2, 3 และ 4 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ระบบ : ปรับอากาศ

ITEM	DESCRIPTION	UNIT	QTY	PRICE				
				MATERIAL		LABOUR		TOTAL
				PER UNIT	TOTAL	PER UNIT	TOTAL	
	- ϕ 2 1/2"	EA.	4	5,760	23,040	300	1,200	24,240
10.3	BALANCING VALVE							
	- ϕ 1/2"	EA.	4	1,308	5,232	60	240	5,472
	- ϕ 3/4"	EA.	17	1,542	26,214	90	1,530	27,744
	- ϕ 1"	EA.	150	1,698	254,700	120	18,000	272,700
	- ϕ 1 1/4"	EA.	112	2,022	226,464	150	16,800	243,264
	- ϕ 2"	EA.	1	3,360	3,360	240	240	3,600
	- ϕ 2 1/2"	EA.	2	6,810	13,620	300	600	14,220
	- ϕ 8"	EA.	4	42,360	169,440	800	3,200	172,640
10.4	CHECK VALVE							
	- ϕ 6"	EA.	4	7,380	29,520	540	2,160	31,680
	- ϕ 8"	EA.	4	11,700	46,800	800	3,200	50,000
10.5	STRAINER							
	- ϕ 1/2"	EA.	4	228	912	60	240	1,152
	- ϕ 3/4"	EA.	17	348	5,916	90	1,530	7,446
	- ϕ 1"	EA.	150	540	81,000	120	18,000	99,000
	- ϕ 1 1/4"	EA.	112	756	84,672	150	16,800	101,472
	- ϕ 2"	EA.	1	1,932	1,932	240	240	2,172
	- ϕ 2 1/2"	EA.	2	2,820	5,640	300	600	6,240
	- ϕ 6"	EA.	4	7,860	31,440	540	2,160	33,600
	- ϕ 8"	EA.	4	12,960	51,840	800	3,200	55,040
10.6	FLEXIBLE CONNECTION							
	- ϕ 1/2"	EA.	8	1,236	9,888	60	480	10,368
	- ϕ 3/4"	EA.	34	1,266	43,044	90	3,060	46,104
	- ϕ 1"	EA.	300	1,332	399,600	120	36,000	435,600
	- ϕ 1 1/4"	EA.	224	1,758	393,792	150	33,600	427,392
	- ϕ 2"	EA.	2	2,184	4,368	240	480	4,848
	- ϕ 2 1/2"	EA.	4	1,338	5,352	300	1,200	6,552
	- ϕ 4"	EA.	4	2,202	8,808	420	1,680	10,488

โครงการ : การปรับปรุงระบบปรับอากาศอาคาร 1, 2, 3 และ 4 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ระบบ : ปรับอากาศ

ITEM	DESCRIPTION	UNIT	QTY	PRICE				
				MATERIAL		LABOUR		TOTAL
				PER UNIT	TOTAL	PER UNIT	TOTAL	
	- ϕ 6"	EA.	16	3,702	59,232	540	8,640	67,872
	- ϕ 8"	EA.	24	6,438	154,512	800	19,200	173,712
10.7	AUTOMATIC AIR VENT							
	- ϕ 3/4"	EA.	12	3,000	36,000	120	1,440	37,440
10.8	PRESSURE GAUGE	EA.	604	1,000	604,000	200	120,800	724,800
10.9	THERMOMETER	EA.	588	1,600	940,800	200	117,600	1,058,400
10.10	FLOW SWITCH	EA.	8	3,500	28,000	200	1,600	29,600
10.11	PRESSURE RELIEF VALVE	EA.	1	65,000	65,000	540	540	65,540
10.12	2-WAY VALVE							
	- ϕ 1/2"	EA.	4	1,876	7,504	60	240	7,744
	- ϕ 3/4"	EA.	17	1,988	33,796	90	1,530	35,326
	- ϕ 1"	EA.	150	2,793	418,950	120	18,000	436,950
	- ϕ 1 1/4"	EA.	112	8,120	909,440	150	16,800	926,240
	- ϕ 2"	EA.	1	13,720	13,720	240	240	13,960
	- ϕ 2 1/2"	EA.	2	28,924	57,848	300	600	58,448
10.13	THERMOSTAT	EA.	286	650	185,900	200	57,200	243,100
10.14	SPRING ISOLATOR	LOT	1	250,000	250,000	30,000	30,000	280,000
	TOTAL ITEM 10				6,640,662		684,530	7,325,192
11	ELECTRICAL WORK	LOT	1	2,500,000	2,500,000	300,000	300,000	2,800,000
	TOTAL ITEM 11				2,500,000		300,000	2,800,000
12	TEST & COMMISSIONING	LOT	1	200,000	200,000	40,000	40,000	240,000
	TOTAL ITEM 12				200,000		40,000	240,000
13	งานร้อยถอน	LOT	1	200,000	200,000	100,000	100,000	300,000
	TOTAL ITEM 13				200,000		100,000	300,000
14	ห้องเครื่อง CHILLER	LOT	1	400,000	400,000	200,000	200,000	600,000

โครงการ : การปรับปรุงระบบปรับอากาศอาคาร 1, 2, 3 และ 4 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ระบบ : ปรับอากาศ

ITEM	DESCRIPTION	UNIT	QTY	PRICE				TOTAL
				MATERIAL		LABOUR		
				PER UNIT	TOTAL	PER UNIT	TOTAL	
	TOTAL ITEM 14				400,000		200,000	600,000

ภาคผนวก จ

การบำรุงรักษาอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ

การบำรุงรักษาอุปกรณ์ปรับอากาศหลังจากมีการออกแบบและติดตั้งระบบปรับอากาศเป็นอย่างดีแล้วจัดเป็นงานสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งจำเป็นต้องปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง จึงจะสามารถประหยัดพลังงานได้ตามจุดมุ่งหมายของการออกแบบได้อย่างแท้จริง

ดังนั้นเพื่อให้ผู้รับผิดชอบโดยตรงในการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศสามารถดำเนินการอนุรักษ์หรือประหยัดพลังงานได้อย่างถูกต้องและตรงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ควรจะมีความเข้าใจดังนี้

1. จุดประสงค์ของการบำรุงรักษา

การบำรุงรักษาระบบเครื่องปรับอากาศที่ถูกต้อง คือ การรักษาอุปกรณ์และส่วนประกอบต่างๆ ให้อยู่ในสภาพที่อยู่เสมอเพื่อผลดังนี้

- ก. ให้เครื่องอยู่ในสภาพใช้งานได้มากที่สุด
- ข. ลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้และค่าใช้จ่ายในการใช้งาน
- ค. ความปลอดภัยในการใช้งาน
- ง. ลดการหยุดทำงานเนื่องจากอุบัติเหตุหรือความเสียหาย
- จ. ให้อายุการใช้งานยาวนานขึ้น
- ฉ. ให้ทำงานด้วยความเรียบร้อย โดยการมีตารางการบำรุงรักษาที่เหมาะสม การตรวจสอบเป็นระยะๆ การแบ่งงานการบำรุงรักษาที่เหมาะสม การประหยัดกำลังคน การควบคุมการจ่าย และการใช้วัสดุที่ถูกต้อง

เพื่อหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุและความเสียหาย อุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งอุปกรณ์นิรภัยจะต้องได้รับการตรวจสอบและบำรุงรักษาเป็นระยะๆ ให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ มาตรการดังกล่าวเรียกว่า “การควบคุมการบำรุงรักษาเพื่อป้องกัน” ซึ่งมีความสำคัญเหมือนกับการให้ยาป้องกันโรคต่างๆ แก่คน

2. แนวทางการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ

- ก. จะต้องมีเอกสารที่จำเป็นในการบำรุงรักษา ดังนี้
 - แบบก่อสร้างและข้อกำหนดทางเทคนิค (Design drawing and specification)
 - แบบติดตั้งจริง (As built drawing)

- แบบ Shop drawing พร้อมบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบ หรือเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดของวัสดุและอุปกรณ์ในระหว่างการก่อสร้าง
 - เอกสารขออนุมัติวัสดุและอุปกรณ์
 - บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการปรับแต่งระบบปรับอากาศหลังการติดตั้งแล้วเสร็จ (Commissioning and startup sheet)
 - คู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษาพร้อมข้อมูลทางเทคนิคของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบปรับอากาศ
 - รายการ Spare part ของอุปกรณ์ต่างๆ พร้อมรายชื่อและที่อยู่ติดต่อบริษัทผู้จำหน่ายอุปกรณ์
 - 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 หรือซ่อมบำรุงตามความจำเป็น (Condition based on maintenance) หรือต้องเผื่อเวลาและ spare อุปกรณ์สำหรับการซ่อมแซม (On failure maintenance)
 - การฝึกอบรมและการประชุมภายใน
- ทั้งนี้เพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพโดยรวม

และเกิดการอนุรักษ์พลังงานอย่างต่อเนื่อง

ภาคผนวก ฉ

รายการตรวจสอบการทำงานของระบบปรับอากาศ

ตารางที่ ฉ.1 รายการตรวจสอบเครื่องทำน้ำเย็น

หัวข้อ	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก 3 เดือน	ทุกปี
1	คอมเพรสเซอร์ (Compressor)				
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	ตรวจสอบระบบการไหลกลับของน้ำมันหล่อลื่นจาก Compressor		●		
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	●			

หัวข้อ	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก 3 เดือน	ทุกปี
1.18	ตรวจสอบอุณหภูมิขดลวด	●			
1.19	ตรวจสอบชั่วโมงการทำงาน		●		
1.20	ตรวจสอบ % LOAD	●			
2	เครื่องควบแน่น (Condenser)				
2.1	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นด้านเข้า	●			
2.2	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นด้านออก	●			
2.3	ตรวจสอบความดันของน้ำหล่อเย็นด้านเข้า	●			
2.4	ตรวจสอบความดันของน้ำหล่อเย็นด้านออก	●			
2.5	ตรวจสอบสวิตช์ควบคุมการไหล (Flow switch)		●		
2.6	ตรวจสอบ Pipe Connection		●		
2.7	ทำความสะอาด STRAINER			●	
3	อีแวพอเรเตอร์ (Evaporator)				
3.1	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำเย็นด้านเข้า	●			
3.2	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำเย็นด้านออก	●			
3.3	ตรวจสอบความดันของน้ำเย็นด้านเข้า	●			
3.4	ตรวจสอบความดันของน้ำเย็นด้านออก	●			
3.5	ตรวจสอบสวิตช์ควบคุมการไหล (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				●

หัวข้อ	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก 3 เดือน	ทุกปี
4	ระบบไฟฟ้าและระบบควบคุม				
4.1	ตรวจสอบ FUSE		●		
4.2	ตรวจสอบ CONTROL RELAY		●		
4.3	ตรวจสอบและกวดขันขั้วต่อสายไฟ		●		
4.4	ตรวจสอบ CURENT LIMITING CONTROL		●		
4.5	ตรวจสอบ COMPRESSOR WINDING				●
5	อื่นๆ				
5.1	ตรวจสอบข้อมูลใน LOG SHEET ที่บันทึกไว้	●			
5.2	ตรวจสอบสภาพภายนอก เช่น ระดับแท่นเครื่อง สปริงกันสะเทือน ฉนวนกันความร้อน สายไฟ		●		
5.3	ตรวจสอบการทำงานของ VALVE ต่างๆ หน้าเครื่อง			●	

ตารางที่ จ.2 รายการตรวจสอบหอฝิ่งน้ำ

หัวข้อ	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกสัปดาห์	ทุกเดือน	ทุก 6 เดือน	ทุกปี
1	พัดลม					
1.1	ตรวจเสียงดังผิดปกติ	•				
1.2	ตรวจการสั่นสะเทือน	•				
1.3	กวาดน๊อต				•	
1.4	ทำความสะอาด				•	
1.5	ตรวจสอบลิ้ม				•	
2	มอเตอร์ขับ					
2.1	ตรวจเสียงดังผิดปกติ	•				
2.2	กวาดน๊อต				•	
2.3	ทำความสะอาด				•	
2.4	ตรวจขั้วต่อของสายไฟ				•	
2.5	วัดกระแสที่ใช้	•				
2.6	วัดแรงดันไฟฟ้า	•				
3	เกียร์					
3.1	ตรวจเสียงดังผิดปกติ	•				
3.2	ตรวจการรั่วซึมของน้ำมันเกียร์	•				
3.3	ตรวจระดับน้ำมันเกียร์		•			
3.4	ตรวจน้ำในน้ำมันเกียร์			•		
3.5	กวาดน๊อต				•	
3.6	ทำความสะอาด				•	
3.7	เปลี่ยนน้ำมันเกียร์					•

หัวข้อ	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกสัปดาห์	ทุกเดือน	ทุก 6 เดือน	ทุกปี
4	ฟิลเลอร์					
4.1	ทำความสะอาด				•	
5	ระบบจ่ายน้ำ					
5.1	ตรวจการอุดตัน	•				
5.2	ทำความสะอาด			•		
5.3	ตรวจความเร็วรอบ	•				
6	เปลือกนอก/ตัวถัง					
6.1	กวาดน้ำ					•
6.2	ทำความสะอาด					•
7	ลูกลอย					
7.1	ตรวจการรั่วซึม	•				
8	ฐานมอเตอร์					
8.1	ตรวจความแข็งแรง					•
9	ช่องทางลมเข้า					
9.1	ทำความสะอาด				•	
10	ระบบน้ำทิ้ง					
10.1	ตรวจระบายน้ำทิ้ง	•				

ตารางที่ ๓.3 รายการตรวจสอบเครื่องสูบน้ำ

หัวข้อ	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก 3 เดือน	ทุกปี
1	ตรวจสอบ COUPLING และ ALIGNMENT			●	
2	ตรวจสอบ BEARINGS เพื่อตรวจเดิมจาระบี		●		
3	ตรวจสอบ MECHANICAL SEAL		●		
4	ตรวจสอบ FLEXIBLE JOINT		●		
5	ตรวจสอบการทำงานของ VALVE หน้าเครื่องสูบน้ำ		●		
6	ทำความสะอาด STRAINER			●	
7	ตรวจสอบการทำงานอัตโนมัติของวาล์วลูกลอย		●		
8	ตรวจสอบและกวดขันขั้วต่อสายไฟ			●	
9	ทำความสะอาดถังเก็บน้ำที่เครื่องสูบน้ำสูบน้ำขึ้นมา				●
10	ตรวจสอบแผงไฟฟ้าควบคุม			●	
11	ตรวจสอบความดันด้านดูด	●			
12	ตรวจสอบความดันด้านส่ง	●			
13	ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าป้องกันแต่ละเฟส	●			
14	ตรวจสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าแต่ละเฟส	●			
15	ตรวจสอบชั่วโมงการทำงาน	●			
16	ตรวจสอบข้อมูลใน LOG SHEET ที่บันทึกไว้	●			
17	ตรวจสอบสภาพภายนอก เช่นระดับแท่นเครื่อง สปริง กันสะเทือน สายไฟ		●		

ตารางที่ ๓.4 รายการตรวจสอบเครื่องส่งลมเย็น

หัวข้อ	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก 3 เดือน	ทุกปี
1	ทำความสะอาด AIR FILTER		●		
2	ตรวจสอบ BEARING เพื่อตรวจเดิมจาระบี		●		
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	ทำความสะอาดอาคารรับน้ำทิ้ง				●
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 สปริง กันสะเทือน สายไฟฟ้า	●			

ภาคผนวก ช
การออกแบบท่อน้ำ

ตารางที่ ช.1 การออกแบบท่อน้ำในระบบปิด (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
<p>Note: The above capacities are based on a maximum pressure drop of 4 feet Per 100 and a maximum velocity of 10 feet per second.</p>		

ตารางที่ ช.2 การออกแบบท่อน้ำในระบบเปิด (HVAC Design Manual ของ Lee Kandrick)

ALLOWABLE FLOW RATES FOR COOLING TOWER PIPING			
STANDARD WEIGHT STEEL PIPE			
GPM	PUMP DISCHARGE PIPING	PUMP SUCTION PIPING	TONS@ 3 GPM/TON
0 - 6	1"	1-1/4"	0 - 2
7 - 15	1-1/4"	1-1/2"	2 - 5
16 - 21	1-1/2"	2"	5 - 7
22 - 39	2"	2-1/2"	7 - 13
40 - 66	2-1/2"	3"	13 - 22
67 - 120	3"	3-1/2"	22 - 40
121 - 165	3-1/2"	4"	40 - 55
166 - 210	4"	5"	55 - 70
211 - 360	5"	6"	70 - 120
361 - 600	6"	8"	120 - 200
601 - 900	8"	10"	200 - 300
901 - 1500	10"	12"	300 - 500
1501 - 2100	12"	14"	500 - 700
2101 - 2700	14"	16"	700 - 900
2701 - 3300	16"	18"	900 - 1100
3301 - 4500	18"	20"	1100 - 1500
4501 - 5400	20"	24"	1500 - 1800
5401 - 7800	24"	30"	1800 - 2600
<p>* Check amount of head available to make water flow from sump of cooling tower to suction of pump. Cooling tower sump must always be above condenser water pump.</p>			

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล
ประวัติการศึกษา

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

นายอนุชา คุณทะวงษ์
อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต (อศ.บ.)
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ปีการศึกษา 2539
ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายขาย
บริษัท เอ็ม อี อี จำกัด
เลขที่ 19/25-27 ถนนกรุงเทพ – นนทบุรี
ตำบลตลาดขวัญ อำเภอเมือง
จังหวัดนนทบุรี 11000