



การศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ที่ใช้ในพื้นที่ร้านค้า  
ของโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสถานีสุขุมวิท

สุภัททิ์ ภูมิรักษ์

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอาคาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

พ.ศ. 2554

**Solution of large air conditioning systems used in shop floor area  
of the Sukhumvit subway station.**

**Supak Phumirak**

เลขทะเบียน.....	0222469.....
วันลงทะเบียน.....	- 5 ก.ย. 2555
เลขเรียกหนังสือ.....	บร. 93521
	ส 34 ก
	[2554]
	ค 1

**A Thematic Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science  
Department of Building Technology Management  
Graduate School, Dhurakit Pundit University**

**2011**



## ใบรับรองสารนิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต


หัวข้อสารนิพนธ์ การศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาาระบบปรับอากาศขนาดใหญ่  
ที่ใช้ในพื้นที่ร้านค้าของโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสถานีสุขุมวิท


เสนอโดย สุภักดิ์ ภูมิรักษ์  
สาขาวิชา การจัดการเทคโนโลยีอาคาร

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ติกะ บุญนาค


ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบสารนิพนธ์แล้ว

  
..... ประธานกรรมการ  
(อาจารย์ ดร.ประศาสน์ จันทราทิพย์)

  
..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ติกะ บุญนาค)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุภาพ แยมไตรพัฒน์)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิศา จิตรน้อมรัตน์)

วันที่ 30 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2554

### กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาคำเนิรการจัดทำสารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยได้อย่างสมบูรณ์ ก็เนื่องด้วยได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจากอาจารย์ ศศ.ดร.ติกะ บุนนาค ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษา และข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดการศึกษา ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ทำนนี้คุณค่าและประโยชน์จากสารนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้ศึกษาใคร่ขออุทิศความดีให้ พระคุณบิดา มารดา คณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน

สุภักดิ์ ภูมิรักษ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๘
กิตติกรรมประกาศ.....	๑
สารบัญตาราง.....	๘
สารบัญภาพ.....	๙
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน.....	4
2. แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 แนวคิด ทฤษฎีระบบปรับอากาศ.....	5
2.2 กฎหมายว่าด้วยการอนุรักษ์พลังงาน.....	20
2.3 การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ.....	22
2.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
3. ระเบียบวิธีวิจัย.....	27
3.1 พื้นที่และระบบปรับอากาศที่ทำการศึกษา.....	27
3.2 กรอบแนวคิดในการศึกษา.....	32
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.....	37
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	41
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	43
4. ผลการศึกษา.....	47
4.1 ผลการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น.....	47
4.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้อยู่ปัจจุบัน.....	47

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 ผลการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller).....	49
4.4 ผลการศึกษาค่าอุปกรณ์รวมค่าแรงติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller).....	50
4.5 ผลการศึกษาค่าบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ.....	50
4.6 ผลการศึกษาค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า.....	51
4.7 ผลการประหยัดค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษา.....	52
4.8 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ในการเปรียบเทียบ การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) .....	53
4.9 ผลการศึกษาค่าใช้จ่ายการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นกับการติดตั้งเครื่องทำ น้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Brand M .....	55
4.10 การศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นเปรียบเทียบกับ การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง Brand M.....	56
4.11 การศึกษาอัตราการไหลการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็น.....	59
4.12 ผลการศึกษาระยะไหลภายในสถานีและภาระไหลการเชื่อมต่อ ท่อน้ำเย็นเมื่อเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทำงาน 1 เครื่อง.....	60
4.13 ผลการศึกษาระยะไหลภายในสถานีและภาระไหลการเชื่อมต่อ ท่อน้ำเย็นเมื่อเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทำงาน 2 เครื่อง.....	61
4.14 ผลการศึกษาระบายความร้อนของ Cooling Tower ทำงาน 1 เครื่อง.....	61
4.15 ผลการศึกษาระบายความร้อนของ Cooling Tower ทำงาน 2 เครื่อง.....	62
4.16 การบำรุงรักษาและระยะเวลาในการบำรุงรักษา ระบบปรับอากาศขนาดใหญ่.....	63
5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	70
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	70
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	74
5.3 ข้อเสนอแนะเพื่อทำการศึกษาต่อ.....	75

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม.....	77
ภาคผนวก.....	80
ก. ผลการตรวจวัดและการคำนวณ.....	81
ข. การจัดการด้านการจัดซื้อจัดหาวัสดุอุปกรณ์.....	96
ค. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ใน โครงการนี้.....	97
ง. การจัดการด้านการติดตั้งระบบปรับอากาศของพื้นที่ชั้นร้านค้า.....	99
จ. รายละเอียดบัญชีราคารายการอุปกรณ์.....	103
ฉ. การบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ.....	107
ช. รายการตรวจสอบการทำงานของระบบปรับอากาศ.....	109
ซ. แบบการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Multitrack.....	114
ประวัติผู้เขียน.....	123

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ระยะเวลาดำเนินงาน.....	4
2.1 แสดงรอบการหมุนของ Sprinkler ตามขนาดของ Cooling Tower.....	18
2.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะและอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของ เครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก .....	21
2.3 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าต่อต้านความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller).....	22
3.1 แบบฟอร์มฉบับที่การทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller).....	42
4.1 แสดงรายการตรวจสอบเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller).....	65
4.2 แสดงรายการตรวจสอบหอผึ่งน้ำ.....	67
4.3 แสดงรายการตรวจสอบเครื่องสูบน้ำ.....	68
4.4 แสดงรายการตรวจสอบเครื่องส่งลมเย็น.....	69



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของระบบปรับอากาศแต่ละประเภท.....	6
2.2 องค์ประกอบหลักของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่.....	7
2.3 โครงสร้างเครื่องทำน้ำเย็น.....	8
2.4 คอมเพรสเซอร์แบบกันหอย.....	9
2.5 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ.....	10
2.6 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู.....	10
2.7 คอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่ง.....	11
2.8 คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ.....	12
2.9 คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ.....	12
2.10 อีวาพอเรเตอร์.....	13
2.11 การทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น.....	14
2.12 เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller).....	16
2.13 หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower).....	17
2.14 เครื่องสูบน้ำ (Pump).....	18
2.15 เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit).....	19
3.1 (ก) สถานีรถไฟฟ้ามหานคร.....	28
3.1 (ข) พื้นที่ภายในสถานี.....	28
3.2 พื้นที่ภายในชั้นร้านค้าสถานี.....	29
3.3 การติดตั้งระบบปรับอากาศภายในสถานี.....	30
3.4 การติดตั้งระบบปรับอากาศในพื้นที่ร้านค้า.....	31
3.5 พื้นที่ห้องเครื่อง Chiller Retail และพื้นที่ห้องเครื่อง Chiller Station.....	32
3.6 ตำแหน่งการเจาะผนังเพื่อเดินท่อน้ำเย็นจากห้อง A/C Plant ฟังสถานี.....	33
3.7 ตำแหน่งการเจาะผนังเพื่อเดินท่อน้ำเย็นจากห้อง A/C Plant ฟังชั้น Retail.....	33
3.8 ตำแหน่งการตัดต่อท่อระบบปรับอากาศหลัก (Station) ภายในห้อง A/C Plant.....	34
3.9 พื้นที่กवरเดินท่อน้ำเย็นจากห้อง A/C Plant ฟังสถานีไปยัง ห้อง A/C Plant ฟังชั้น Retail.....	35

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.10 เครื่องวัดทางไฟฟ้า รุ่น PM820.....	37
3.11 การแสดงผลของเครื่องบันทึกค่าการใช้ไฟฟ้า.....	38
3.12 แสดงผลการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น.....	38
3.13 Power & Quality Analyzer.....	39
3.14 เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าชนิดคลิปแอมป์.....	40
3.15 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น.....	40
3.16 ความดัน - เอนทาลปี (P-h diagram) ของวัฏจักร การทำน้ำเย็นแบบอัดไอ.....	43
3.17 วัฏจักรเครื่องทำน้ำเย็น.....	44
4.1 ค่าประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ปัจจุบัน.....	48
4.2 ค่าอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อต้านความเย็น (kW/Ton) ของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) .....	48
4.3 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller).....	49
4.4 ค่าอุปกรณ์รวมค่าแรงติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller).....	50
4.5 ค่าบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ.....	51
4.6 ค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller).....	52
4.7 ผลการประหยัดค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษา.....	52
4.8 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์การใช้ NPV.....	53
4.9 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยการใช้เกณฑ์ IRR.....	54
4.10 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์ PB.....	55
4.11 ค่าอุปกรณ์รวมค่าแรงติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) และการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็น.....	56
4.12 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์ NPV.....	57
4.13 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์ IRR.....	58
4.14 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์ PB.....	58
4.15 อัตราการไหลของ Pump น้ำเย็นและภาระไหลคภายในสถานี.....	59
4.16 ภาระไหลคทำความเย็นเมื่อเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทำงาน 1 เครื่อง.....	60

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.17 ภาระโหลดภายในสถานีเมื่อเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทำงาน 2 เครื่อง.....	61
4.18 การระบายความร้อนเมื่อ Cooling Tower ทำงาน 1 เครื่อง.....	62
4.19 การระบายความร้อนเมื่อ Cooling Tower ทำงาน 2 เครื่อง.....	63
5.1 พื้นที่ทางเข้าและพื้นที่ในการติดตั้งในสถานีสุขุมวิท.....	71
5.2 การขนย้ายเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ลงในพื้นที่ในสถานีสุขุมวิท.....	71
5.3 เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ติดตั้งใช้ในสถานีหลัก (Station).....	72
5.4 พื้นที่ชั้นร้านค้าที่เปิดให้บริการ.....	73
5.5 แนวการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นจากสถานีหลัก (Station) มายังชั้นร้านค้า.....	74

หัวข้อสารนิพนธ์	การศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ที่ใช้ในพื้นที่ร้านค้าของโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสถานีสุขุมวิท
ชื่อผู้เขียน	สุภัทดิ์ ภูมิรักษ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ดร. ตีเกะ บุนนาค
สาขาวิชา	การจัดการเทคโนโลยีอาคาร
ปีการศึกษา	2554

### บทคัดย่อ

การศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ที่ใช้ในพื้นที่ร้านค้าของโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสถานีสุขุมวิท ให้สามารถทำความเย็นในพื้นที่ร้านค้าได้ตลอดเวลาในช่วงเวลาที่เปิดให้บริการ โดยขอบเขตของงานเป็นการศึกษาแนวทางในการเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ให้เหมาะสมกับพื้นที่การติดตั้งรวมถึงการใช้พลังงาน เปรียบเทียบกับแนวทางการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็น ในการศึกษาจะมุ่งเน้นทางด้านเศรษฐศาสตร์ ในการลงทุนและหาจุดคุ้มทุนของการใช้ระบบปรับอากาศในการเปรียบเทียบแนวทางการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นกับการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

ผลการวิเคราะห์ด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ในแต่ละชนิด พบว่าการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Brand M สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคปรับอากาศได้ปีละ 261,110 kwh หรือ 46.6% และประหยัดค่าบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ 90,000 บาทต่อปี หรือประหยัดค่าบำรุงรักษาระบบปรับอากาศได้ถึง 69.25% หากรวมมูลค่าการประหยัดในส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาระบบปรับอากาศในพื้นที่ชั้นร้านค้าสถานีสุขุมวิท พบว่าสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ปีละ 873,330 บาทต่อปีหรือ 48.25% โดยมีระยะจุดคุ้มทุนของโครงการ 3.8 ปี เป็นโครงการที่เหมาะสมที่จะนำมาปรับปรุงระบบปรับอากาศในพื้นที่ร้านค้าที่สถานีสุขุมวิทให้สามารถทำความเย็นได้ตลอดเวลาในช่วงเวลาที่เปิดให้บริการเพื่อความสะดวกสบายกับผู้เช่าร้านค้าและลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการเมื่อเปรียบเทียบการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็น

คำสำคัญ: ประหยัดพลังงาน ระยะเวลาคืนทุน นวัตกรรมใหม่

Thematic Paper Title      Solution of large air conditioning systems used in shop floor area of  
the Sukhumvit subway station.

Author                      Supak Phumirak

Thematic Paper Advisor    Asst. Prot. Dr. Tika Bunnag

Department                Building Technology Management

Academic Year              2011

**ABSTRACT**

This thematic study ways to solve problems large air conditioning systems used in shop floor, Sukhumvit subway stations. Can provide cooling in the shop floor at any time during the open. The scope of work is to study ways to select cold water (Chiller) to suit the area, including the installation of energy. Compared with the approach of cold water pipe connection. The study will focus on economics. For investment and for the cost of air conditioning in comparison approach of cold water pipes connected to the installation of cold water (Chiller).

The analysis of energy consumption and expenses for the maintenance of cold water (Chiller) to each other. Found that the installation of cold water (Chiller) performance of Brand M can reduce the use of air power in the region was 261,110 kwh annually, or 46.6%. and air conditioning systems maintenance costs 90,000 baht per year, or air conditioning system maintenance costs by up to 69.25% for total cost savings in terms of energy consumption and maintenance cost of air conditioning systems in the shop floor, Sukhumvit station. It can reduce the cost per year 873,330 per year or 48.25%, with the cost of the project period of 3.8 years. Project is suitable to improve the air conditioning system in the shop floor, Sukhumvit station. Can provide cooling at any time during the opening serve to comfort the shop tenants and customers to use the service when compared to cold water line connection.

Keywords: save energy, payback period, innovation

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตและการพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานเพื่อตอบสนองความเจริญทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของประเทศได้เพิ่มสูงขึ้นต่อเนื่อง แต่เนื่องจากประเทศไทยมีแหล่งพลังงานภายในประเทศไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงต้องนำเข้าพลังงานส่วนหนึ่งจากต่างประเทศซึ่งทำให้เป็นภาระของประเทศในการลงทุนเพื่อจัดหาพลังงานไว้ใช้ตามความต้องการที่เพิ่มขึ้น จากข้อมูลสถิติพลังงานของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน พบว่าในปี พ.ศ. 2550 ประเทศไทยมีมูลค่าการนำเข้าพลังงานเกือบ 9 แสนล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 18 ของมูลค่าการนำเข้ารวม โดยมีมูลค่าการใช้พลังงานต่อการผลิตมวลรวม (GDP) อยู่ร้อยละ 17.7 และมีมูลค่าการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายประมาณ 1.5 ล้านล้านบาท ซึ่งเพิ่มจากปีก่อนร้อยละ 11.8

ในส่วนของภาคการผลิตและบริการต่างๆ มีการใช้พลังงานเป็นปัจจัยนำเข้าที่สำคัญในช่วงปี พ.ศ. 2550-2551 ราคาพลังงานเชิงพาณิชย์ได้เพิ่มสูงขึ้นเป็นประวัติการณ์ จึงทำให้ต้นทุนของสินค้าและบริการต่างๆเพิ่มสูงขึ้นมาก ผู้ประกอบการจึงต้องพยายามที่จะลดต้นทุนการผลิตลงวิธีการหนึ่งซึ่งจะช่วยลดต้นทุนของธุรกิจลงได้ คือ การลดต้นทุนพลังงาน โดยการใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งต้องอาศัยความรู้ในเรื่องของการประเมินสภาพการใช้พลังงานและการสูญเสียพลังงาน รวมทั้งวิเคราะห์หาศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานที่มีความเหมาะสม

ปัจจุบันการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารขนาดใหญ่โดยทั่วไปประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศและระบบอื่นๆ โดยมีสัดส่วนในอาคารอยู่ที่ 20% 65% และ 15% ตามลำดับซึ่งเมื่อพิจารณาพลังงานสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในสำนักงาน/โรงงาน และพลังงานสำหรับระบบปรับอากาศภายในอาคาร จะพบว่าระบบปรับอากาศจะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานสูงที่สุด โดยการใช้พลังงานเพื่อระบบปรับอากาศจะมีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงสุด คือประมาณ 50 ถึง 70% ของการใช้พลังงานรวมทั้งหมด ซึ่งการใช้พลังงานดังกล่าวถือเป็นต้นทุนผันแปรตัวหนึ่งในการแข่งขันทางธุรกิจรวมทั้งยังเป็นต้นทุนของประเทศชาติด้วย

หากพิจารณาการใช้พลังงานในส่วนที่รองลงมาจากระบบปรับอากาศจะเป็นระบบแสงสว่าง 20-30% ในส่วนของการใช้พลังงานอื่นๆ ได้แก่ เครื่องใช้สำนักงาน, ลิฟต์โดยสารและปั๊มน้ำในระบบสุขาภิบาล ซึ่งมีปริมาณการใช้อยู่ที่ 10-20% (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551: 6) ทั้งนี้การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบทำความเย็นขนาดใหญ่ ประมาณ 80% เป็นการใช้พลังงานสำหรับเครื่องทำความเย็น (Chiller) ที่เหลืออีก 20% เป็นการใช้พลังงานสำหรับเครื่องสูบน้ำเย็น, หอระบายความร้อนและเครื่องส่งลมเย็น

ดังนั้นเมื่อพิจารณาแนวทางในการลดการใช้พลังงานในระบบประกอบอาคารจะเห็นว่าปัจจัยที่มีผลกับการอนุรักษ์พลังงานอย่างมากที่สุดคือระบบปรับอากาศซึ่งการพิจารณาคัดเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) มาใช้กับระบบปรับอากาศในพื้นที่ชั้นร้านค้าสถานีสุขุมวิทโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินจะมีส่วนสำคัญทำให้สามารถควบคุมปริมาณการใช้พลังงานในสถานีและสามารถทำให้ความสบายกับผู้เช่าร้านค้าและลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการอย่างเหมาะสมโดยพิจารณาคัดเลือกระบบที่ปรับอากาศแล้วดีพอใช้พลังงานน้อยที่สุด ทำให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นผลดีต่อสถานประกอบการแล้วยังช่วยลดการนำเข้ามาพลังงาน รวมถึงชะลอการสร้างโรงงานผลิตไฟฟ้าที่ต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีจำกัด รวมทั้งลดปัญหากระทบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งจะมีผลต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์ในอนาคตได้อีกทางหนึ่งด้วย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้ระบบปรับอากาศพื้นที่ชั้นร้านค้า สถานีสุขุมวิท เปรียบเทียบแนวทางการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นกับการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) รวมถึงหาจุดคุ้มทุนเมื่อเลือกใช้ระบบปรับอากาศแบบต่างๆและให้เกิดการใช้พลังงานต่อการทำความเย็นในพื้นที่ที่เหมาะสมที่สุด
2. เพื่อหาขนาดประเภทของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้กับพื้นที่ชั้นร้านค้า สถานีสุขุมวิทอย่างเหมาะสมโดยใช้พลังงานต่อการทำความเย็นในพื้นที่น้อยที่สุด

## 1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ในการศึกษาจะศึกษาที่สถานีสุขุมวิทพื้นที่ชั้นร้านค้า
  - มีขนาดพื้นที่ทั้งหมด 3,933 ตารางเมตร เป็นพื้นที่ปรับอากาศ 2,580 ตารางเมตร
2. ศึกษาแนวทางในการเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ให้เหมาะสมกับพื้นที่การติดตั้งรวมถึงการใช้พลังงาน เปรียบเทียบแนวทางการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นกับการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

3. การศึกษาจะมุ่งเน้นทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนและหาจุดคุ้มทุนของการใช้ระบบปรับอากาศในการเปรียบเทียบแนวทางการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นกับการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำไปเป็นฐานข้อมูลในการตัดสินใจในการปรับปรุงระบบปรับอากาศพื้นที่ชั้นร้านค้า ภายในโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินส่วนใต้สถานีต่อไป
2. เป็นข้อมูลในการเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) อย่างเหมาะสมในด้านประสิทธิภาพการใช้งานกับอาคารที่ติดตั้งในโครงการรถไฟฟ้าใต้ดิน
3. ลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในองค์กรเป็นการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัติการอนุรักษ์พลังงาน



ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาดำเนินงาน

ลำดับ ที่	รายละเอียด	ค.ค.		พ.ย.		ธ.ค.		ม.ค.		ก.พ.		มี.ค.		เม.ย.		พ.ค.																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31						
1	สำรวจพื้นที่ติดตั้ง พร้อมคำนวณหา ขนาด Chiller																																					
2	หาข้อมูลขนาด Chiller จากผู้ผลิต																																					
3	ทำฐานรองรับ Chiller																																					
4	ทำการติดตั้ง Chiller พร้อมตู้ Control																																					
5	ทดสอบการทำงาน ของระบบ																																					
6	เก็บบันทึกค่าการ ใช้พลังงานของ Chiller																																					
7	สรุปผลจัดทำ รูปเล่มวิทยานิพนธ์																																					

## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 แนวคิด ทฤษฎีระบบปรับอากาศ

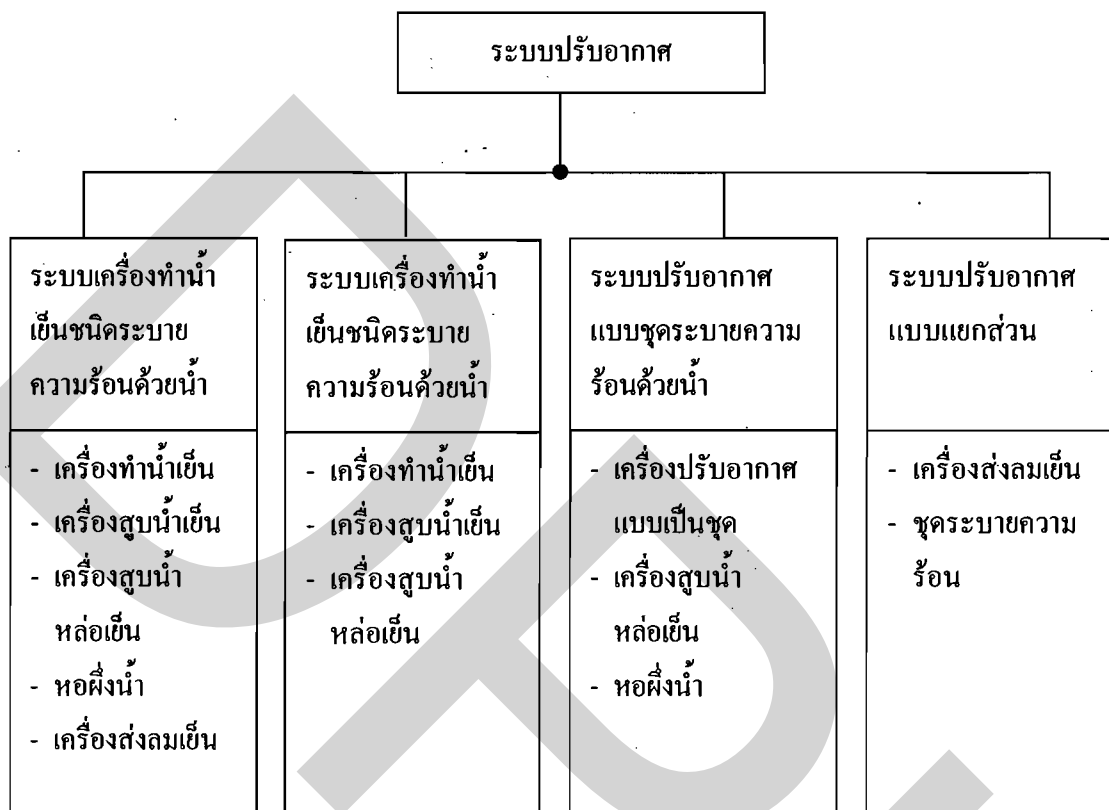
ในปัจจุบันระบบปรับอากาศเป็นระบบวิศวกรรมที่มีความจำเป็นสำหรับอาคารและอุตสาหกรรมบางประเภท โดยระบบปรับอากาศมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

- ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศในห้องปรับอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งานและความสุขสบายของคน
- ควบคุมให้การหมุนเวียนและถ่ายเทอากาศในห้องปรับอากาศเหมาะสมกับการใช้งาน
- ลดฝุ่นละอองของอากาศภายในห้องปรับอากาศและเนื่องจากห้องปรับอากาศเป็นห้องปิดมิดชิดดังนั้นการปรับอากาศจึงช่วยลดมลภาวะ กลิ่น ฝุ่นละอองและเสียงของอากาศภายนอกที่มีผลกระทบต่อห้องปรับอากาศ

##### 2.1.1 ชนิดและส่วนประกอบหลักของระบบปรับอากาศ

- ระบบปรับอากาศที่ใช้กันมากในปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่
- ระบบเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ
- ระบบเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ
- ระบบปรับอากาศแบบเป็นชุดชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ
- ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

ส่วนประกอบหลักของระบบปรับอากาศแต่ละประเภท แสดงได้ดังภาพที่ 2.1



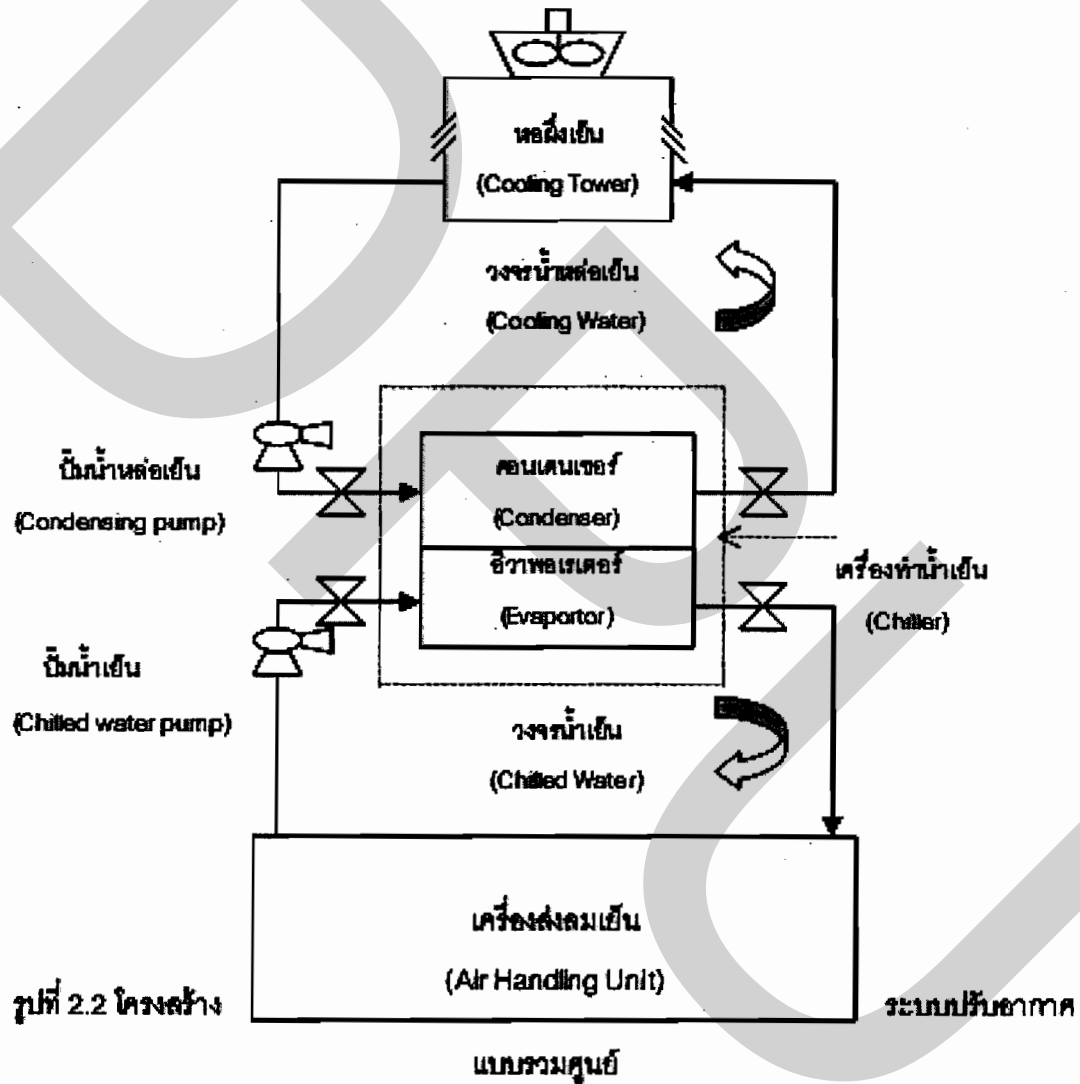
ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบหลักของระบบปรับอากาศแต่ละประเภท

2.1.2 ระบบเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Chiller)

ระบบเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำเป็นระบบปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ที่สุด และมีอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด โดยการแบ่งเป็น 2 วงจร คือ วงจรน้ำเย็นและวงจรน้ำระบายความร้อน โดยวงจรน้ำเย็นเริ่มจากเครื่องสูบน้ำเย็น ส่งน้ำเข้าไปปรับความเย็นจากสารทำความเย็นที่ Evaporator เพื่อให้อุณหภูมิน้ำเย็นได้ตามต้องการแล้วจึงส่งน้ำเย็นไปยังอุปกรณ์ส่งจ่ายลมเย็น (AHU FCU) โดยอุปกรณ์ส่งจ่ายลมเย็นแต่ละชุดจะมีลิ้นควบคุมปริมาณน้ำ ซึ่งได้รับสัญญาณจากอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ โดยถ้าอุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศสูง จะส่งสัญญาณให้ลิ้นเปิดน้ำเข้าชุดต่อแลกเปลี่ยนความร้อนมากขึ้น หลังจากนั้นรับความร้อนจากอากาศที่แลกเปลี่ยนแล้วจะกลับไปปรับความเย็นจาก Evaporator อีก โดยการควบของเครื่องสูบน้ำเย็น ดังภาพที่ 2.2

วงจรน้ำระบายความร้อนจะเริ่มจากเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน ส่งน้ำเข้าไปปรับความร้อนจากสารทำความเย็นที่ Condenser น้ำร้อนที่ได้จะถูกส่งไประบายความร้อนที่หอผึ่งน้ำ (Cooling

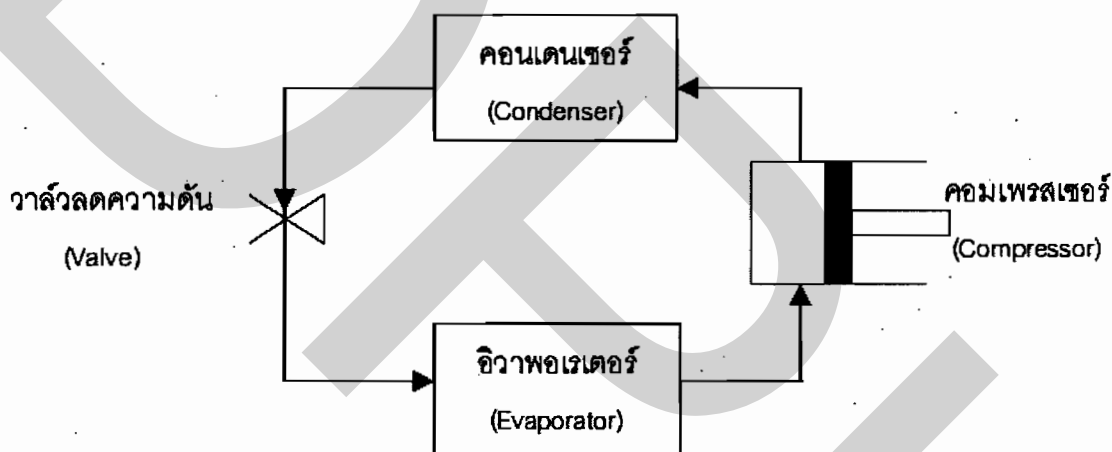
Tower) ซึ่งที่หอผึ่งน้ำนั้น น้ำจะถูกระบายความร้อนด้วยอากาศที่อยู่แวดล้อม หลังจากอุณหภูมิน้ำลดลงตามต้องการจะถูกส่งไปเข้า Condenser อีกครั้ง โดยการดูดของเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน ดังนั้นการประหยัดพลังงานในระบบนี้ จะต้องเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์แต่ละอุปกรณ์ให้สูงที่สุด และใช้งานให้สัมพันธ์กับภาระการปรับอากาศ แสดงการทำงานดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 องค์ประกอบหลักของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ (Water Cooled Chiller)

### 2.1.3 โครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

เครื่องทำน้ำเย็นเป็นเครื่องจักรในส่วนทำความเย็นให้กับระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์และเป็นส่วนที่ใช้พลังงานสูงที่สุดในระบบปรับอากาศประเภทนี้ มักใช้กับอาคารขนาดใหญ่ที่ต้องการความเย็นตั้งแต่ 100 ตันความเย็น สมรรถนะของเครื่องมีตั้งแต่ประมาณเครื่องละ 3 ถึง 8000 Tonr ขึ้นไป แต่ส่วนใหญ่มักไม่เกิน 2000 Tonr ต่อตัว มีทั้งระบายความร้อนด้วยอากาศและน้ำ ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศมักพบในระบบปรับอากาศขนาดกลางมีขนาดไม่เกิน 400 Tonr โดยมีโครงสร้างดังภาพที่ 2.3

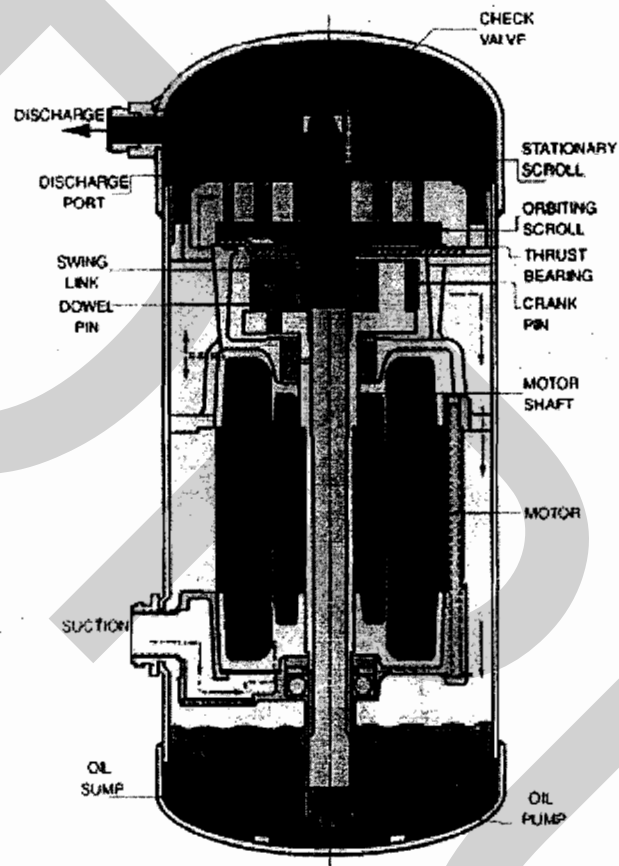


ภาพที่ 2.3 โครงสร้างเครื่องทำน้ำเย็น

#### 1. คอมเพรสเซอร์ (Compressor)

คอมเพรสเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เพิ่มความดันของสารทำความเย็น โดยการดูดและอัดมีผลให้ความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้สารทำความเย็นเกิดการไหลเวียนในระบบ ส่งต่อไปยังคอนเดนเซอร์ (Condenser) คอมเพรสเซอร์มีหลายชนิดแตกต่างกันไปตามการใช้งานและตามประเภทเครื่องปรับอากาศ ดังนี้

1.1 คอมเพรสเซอร์แบบสโครล (Scroll Compressor) หรือคอมเพรสเซอร์แบบ  
ก้นหอยใช้กับเครื่องทำน้ำเย็นขนาดเล็ก ซึ่งมีสมรรถนะระหว่าง 15 ถึง 60 Tonr ดังภาพที่ 2.4



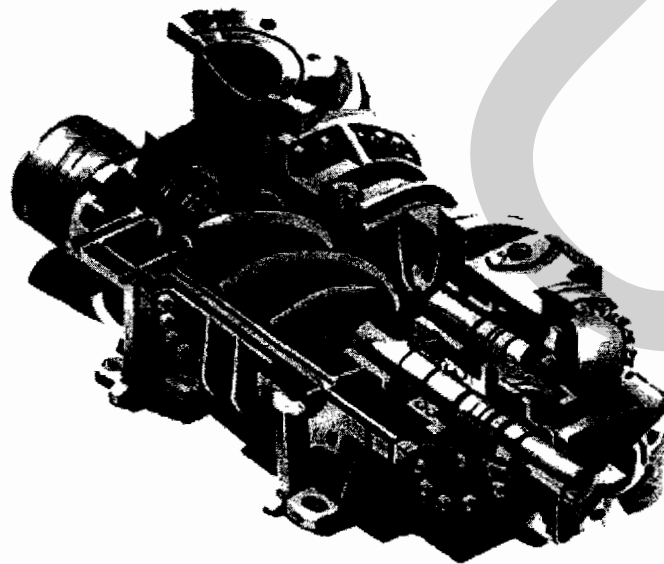
ภาพที่ 2.4 คอมเพรสเซอร์แบบก้นหอย

1.2 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor) ใช้กับเครื่องทำน้ำเย็น  
ขนาดไม่เกิน 200 Tonr ดังภาพที่ 2.5



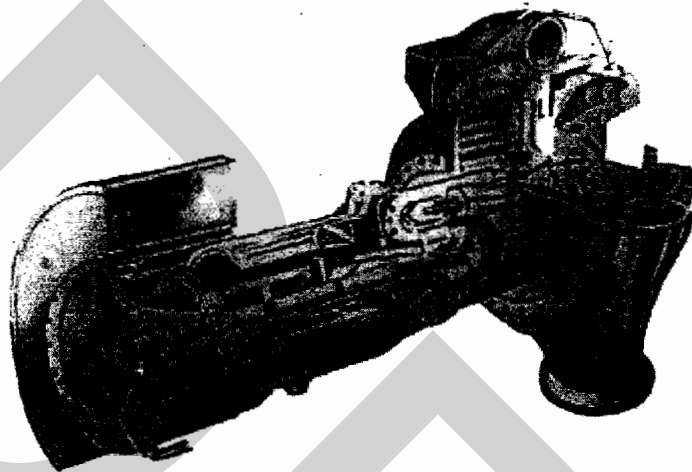
ภาพที่ 2.5 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ

1.3 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw Compressor) ใช้กับเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 50  
ถึง 1300 Tonr ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู

1.4 คอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่ง (Centrifugal Compressor) ใช้กับ เครื่องทำน้ำเย็น  
ขนาด 150 ถึง 8000 Tonr ดังภาพที่ 2.7



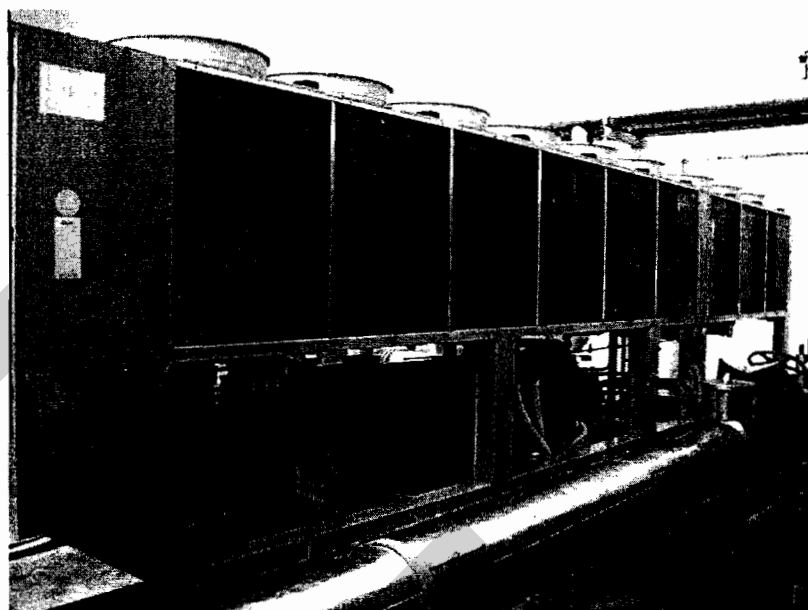
ภาพที่ 2.7 คอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่ง

## 2. คอนเดนเซอร์ (Condenser)

คอนเดนเซอร์เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่รับสารทำความเย็นที่มีความดันและอุณหภูมิสูงเข้ามาในขดท่อทองแดงแล้วระบายความร้อนออกสู่บรรยากาศภายนอกทำให้ ไอสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิสูงและความดันสูงจากคอมเพรสเซอร์กลั่นตัวเป็นของเหลว ส่งต่อให้แก่อุปกรณ์จ่ายสารทำความเย็นอีกครั้งหนึ่ง มีด้วยกัน 2 แบบคือแบบระบายความร้อนด้วยอากาศและแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

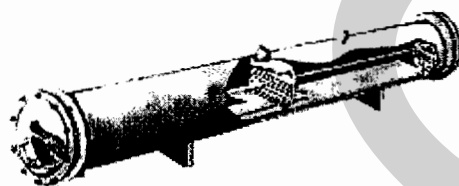
2.1 คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled) ใช้กับเครื่องปรับอากาศ ตั้งแต่ขนาดตั้งแต่ 1 Tonr จนถึงขนาดใหญ่แต่ไม่เกิน 400 Tonr มีลักษณะเป็นแผงคอยล์ทองแดงที่มีครีมนูนมีเย็บติดอยู่โดยรอบและมีพัดลมดูดอากาศเย็นจากภายนอกอาคารให้ไหลผ่านแผงคอยล์นี้ดังภาพที่ 2.8





ภาพที่ 2.8 คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

2.2 คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled) ใช้กับเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ ขนาด 3 ถึง 8000 Tonr มีลักษณะเป็นท่อทองแดงที่มีน้ำหล่อเย็นไหลอยู่ภายในเพื่อรับความร้อนจากสารทำความเย็นที่อยู่ภายนอก ดังภาพที่ 2.9



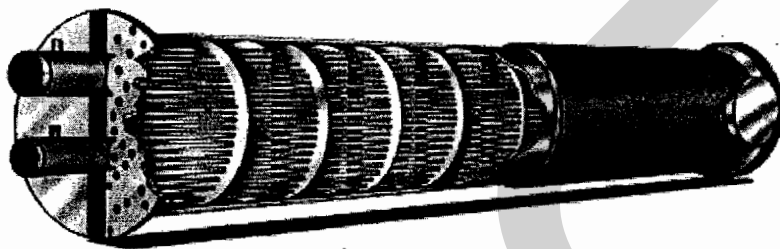
ภาพที่ 2.9 คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

### 3. อุปกรณ์จ่ายสารทำความเย็น (Valve)

อุปกรณ์จ่ายสารทำความเย็น (Valve) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้อนสารทำความเย็นของเหลวอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำในปริมาณที่เหมาะสมเข้าสู่อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ในกรณีของเครื่องทำน้ำเย็น อัตราการป้อนสารทำความเย็นแปรตามปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร อุปกรณ์นี้มีหลายชนิด ได้แก่ วาล์วระยะเหวสารทำความเย็นชนิดทำงานด้วยอุณหภูมิ (Thermostatic Expansion Valve) ติดตั้งในเครื่องทำน้ำเย็นขนาดเล็กกว่า 200 Tonr ในกรณีที่ต้องการป้อนสารทำความเย็น อย่างถูกต้องแม่นยำอาจใช้ ลิ้นขยายอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Expansion Valve) ที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครโพรเซสเซอร์ แต่ในกรณีเครื่องทำน้ำเย็นขนาดมากกว่า 200 Tonr จะใช้วาล์วลูกกลอยหรือเรียกว่าแผ่นโลหะรูเล็ก (Orifice Plate)

### 4. อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator)

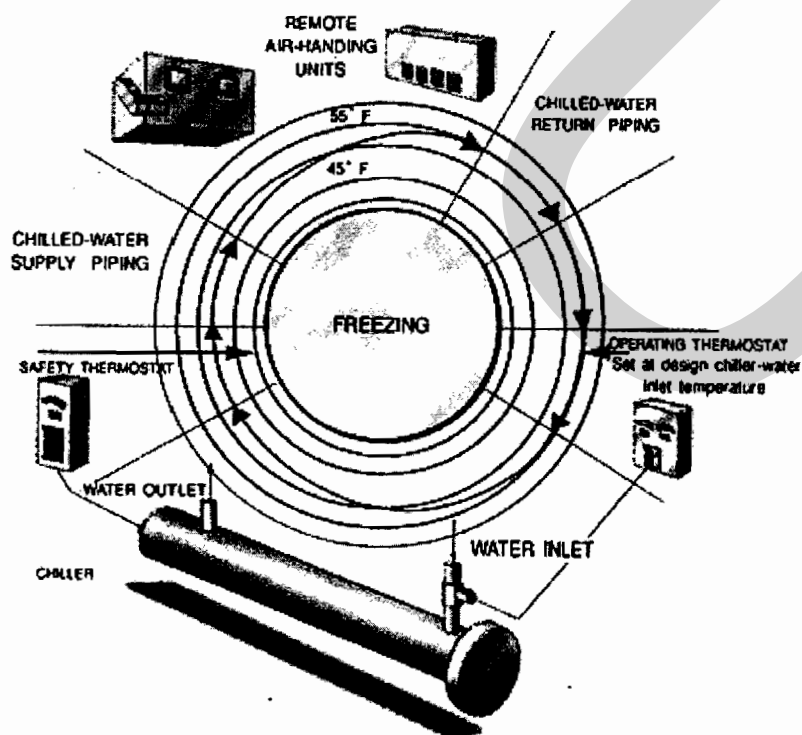
อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับสารทำความเย็นเหลวอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำไหลอยู่ภายในท่อทองแดงและรับความร้อนจากน้ำเย็น (Chilled water) ที่มีอุณหภูมิสูงซึ่งไหลอยู่รอบนอกท่อทองแดงถ่ายเทความร้อนเพื่อทำให้อุณหภูมิน้ำเย็นลดลง ดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 อีวาพอเรเตอร์

### 2.1.4 หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นมีดังนี้ ตัวอิวาพอเรเตอร์ของเครื่องทำน้ำเย็น จะทำความเย็นให้แก่ น้ำเย็น (Chilled Water) ที่ออกจากอิวาพอเรเตอร์มีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาฟาเรนไฮต์ จะถูกเครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump) ส่งไปยังคอยล์ทำความเย็น (Air Handling Unit) ที่ตั้งอยู่ตามห้องและส่วนต่างๆ ของอาคาร อากาศร้อนขึ้นที่สกปรกภายในอาคาร จะถูกเครื่องส่งลมดูด ผ่านแผ่นกรองอากาศและคอยล์ทำความเย็นทำให้อากาศสะอาด พร้อมทั้งมี อุณหภูมิและความชื้นลดลง ในขณะเดียวกันน้ำเย็น (Chilled Water) ที่รับความร้อนจากอากาศ ภายในอาคารจะมี อุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 55 องศาฟาเรนไฮต์ จากนั้นถูกเครื่องสูบน้ำเย็นส่งเข้าสู่อิวา พอเรเตอร์เพื่อคาย ความร้อนนี้ให้แก่สารทำความเย็นอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำที่ไหลอยู่ภายใน ตัวอิวาพอเรเตอร์นั้น อีกทอดหนึ่งจะมีอุณหภูมิลดลงเหลือ 45 องศาฟาเรนไฮต์ดั้งเดิม อุณหภูมิ น้ำ เย็นในเครื่องทำน้ำ เย็น (Chilled System) จึงมีค่าแปรเปลี่ยนระหว่าง 45 ถึง 55 องศาฟาเรนไฮต์ ตลอดเวลา ส่วนสารทำความเย็นอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำภายในอิวาพอเรเตอร์ เมื่อได้รับความ ร้อนจากน้ำเย็นอุณหภูมิ 55 องศาฟาเรนไฮต์ จะระเหยกกลายเป็นไอถูกคอมเพรสเซอร์ดูดเข้าไป และ อัดออกมาเป็น ไอที่อุณหภูมิและความดันสูงส่งเข้าไปในคอนเดนเซอร์ เพื่อระบายความร้อน ออกสู่ บรรยากาศภายนอกอาคารทำให้อากาศทำความเย็นกลั่นตัวเป็นของเหลวไหลผ่านอุปกรณ์ป้อนสารทำ ความเย็น เพื่อป้อนเข้าสู่อิวาพอเรเตอร์และรับความร้อนจากน้ำเย็นอีกครั้งหนึ่ง ดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 การทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

2.1.5 ผลกระทบต่อการคัดเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) จากการคำนวณหาภาระการทำความเย็น

2.1.5.1 หากภาระการทำความเย็นที่หามาได้สูงเกินความเป็นจริง ทำให้ได้ระบบปรับอากาศที่ใหญ่เกินความต้องการ ซึ่งทำให้เกิดผลเสียดังนี้

- ค่าใช้จ่ายของระบบปรับอากาศทั้งในส่วนของต้นทุนและการใช้งานสูงเกินความจำเป็น

- สูญเสียพื้นที่ในการติดตั้งมาก
- ประสิทธิภาพต่ำมากที่ภาระทำความเย็นบางส่วน
- สมรรถนะในการลดความชื้นต่ำ
- อายุการใช้งานสั้นเนื่องเครื่องทำงาน Part load บ่อยครั้ง

2.1.5.2 หากภาระการทำความเย็นที่ได้ต่ำกว่าความเป็นจริงทำให้ได้ระบบปรับอากาศที่เล็กเกินไป ซึ่งทำให้เกิดผลเสียดังนี้

- ระบบปรับอากาศที่ได้ไม่สามารถทำให้ผู้เช่าร้านค้าหรือผู้ใช้บริการได้รับความสุขสบายในช่วงเวลาที่มีภาระทำความเย็นสูง

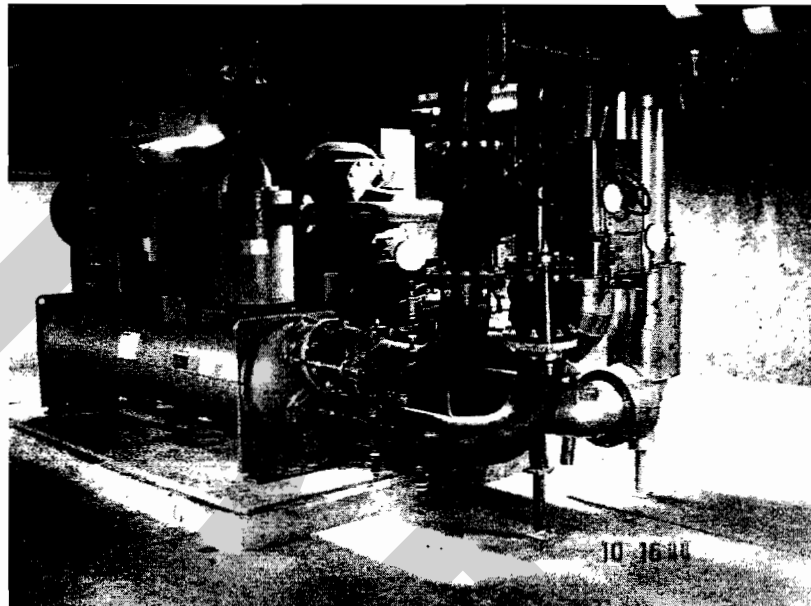
- เครื่องทำความเย็นทำงานหนักหรือทำงานเกินพิกัด

2.1.5.3 หากภาระทำความเย็นที่หาได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงและออกแบบระบบปรับอากาศที่อย่างถูกต้องเหมาะสม จะได้ระบบปรับอากาศที่มีขนาดพอดี ซึ่งทำให้ได้ผลดีคือ

- ประหยัดค่าใช้จ่าย
- ใช้พื้นที่ไม่มากเกินความเป็นจริง
- เครื่องทำความเย็นทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ
- ผู้เช่าร้านค้าและผู้ใช้บริการได้รับความสุขสบายตลอดเวลา

2.1.6 มาตรฐานการตรวจสอบการใช้งานอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่

1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เป็นอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้น้ำเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศที่อยู่ในห้องปรับอากาศเป็นส่วนใหญ่ที่ใช้พลังงานสูงที่สุดในระบบปรับอากาศ จะต้องทำการตรวจสอบการใช้งานอุปกรณ์และปรับตั้งให้เหมาะสมเพื่อให้ระบบทำงานได้เต็มประสิทธิภาพใช้พลังงานน้อยสุด ดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.12 เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

- อัตราการไหลของน้ำเย็นต้องได้ตามมาตรฐานการออกแบบของผู้ผลิตประมาณ 2.4 GPM/TR ที่อุณหภูมิน้ำเย็นเข้าและออกต่างกัน 10 °F และภาระเต็มพิกัดเพื่อให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนสูงที่สุด

- อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต้องได้ตามมาตรฐานการออกแบบของผู้ผลิตประมาณ 3 GPM/TR ที่อุณหภูมิน้ำเข้าและออกต่างกัน 10 °F และภาระเต็มพิกัด

- ปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นให้สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยทุกๆ 1 °F ที่ปรับให้สูงขึ้นจะส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานที่เครื่องอัดประมาณ 1.5 – 2 %

- ทำความสะอาดคอนเดนเซอร์สม่ำเสมออย่างน้อยทุก 6 เดือน หรือดูจากอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่ออกจากคอนเดนเซอร์จะต้องสูงกว่าอุณหภูมิสารทำความเย็นไม่เกิน 6 °F

- เครื่องอัดแบบแรงเหวี่ยงควรปรับตั้ง Current Limit Load ในช่วง 80 – 90% เพราะเป็นจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

- อุณหภูมิน้ำเข้าระบายความร้อนควรจะต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยทุกๆ 1 °F ของน้ำที่เข้ามีอุณหภูมิลดลงส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานที่เครื่องอัดประมาณ 1.5 – 2 %

2. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนของน้ำหล่อเย็นที่มีอุณหภูมิสูงให้มีอุณหภูมิลดลงตามค่าที่กำหนดโดยใช้อากาศเป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อนทิ้งสู่

บรรยากาศซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีส่วนสำคัญจะต้องทำการตรวจสอบการใช้งานอุปกรณ์และปรับตั้งให้เหมาะสมเพื่อให้ระบบทำงานได้เต็มประสิทธิภาพใช้พลังงานน้อยสุด ดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.13 หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower)

- อุณหภูมิน้ำที่ได้ไม่ควรสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศที่เข้าระบายความร้อนเกิน  $6^{\circ}\text{F}$  ซึ่งถ้าสูงมากอาจเกิดความสกปรกของ Filling ส่งผลให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศลดต่ำลงซึ่งอาจเกิดจากปริมาณลมน้อยเกินไป, ปริมาณน้ำมากเกินไป, การกระจายน้ำไม่เต็มพื้นที่เนื่องจากรูกระจายน้ำตัน, การรั่วไหลของน้ำที่ Sprinkler head หรืออาจเกิดจากลมที่เป่าทิ้งหมุนวนกลับเข้ามาระบายความร้อน

- อากาศที่เข้าระบายความร้อนจะต้องมีอุณหภูมิและความชื้นต่ำ
- อัตราการไหลของน้ำจะต้องไม่เกินพิกัดการออกแบบโดยทั่วไปไม่เกิน 3 GPM/TR เพราะถ้ามากกว่าอากาศจะส่งผลให้อุณหภูมิน้ำที่ได้สูง
- อัตราการไหลของอากาศจะต้องไม่น้อยกว่าพิกัดการออกแบบ โดยทั่วไปประมาณ 180 – 250 GPM/TR เพราะถ้าต่ำเกินไปการระบายความร้อนให้กับน้ำได้น้อยลง
- ทำความสะอาด Filling และถาดน้ำรวมทั้งหัวฉีดเป็นประจำทุก 1 เดือน และเปลี่ยน Filling เมื่อหมดอายุการใช้งาน
- รอบการหมุนของ Sprinkler Pipe จะต้องได้ตามพิกัดการออกแบบ โดยทั่วไปดัง

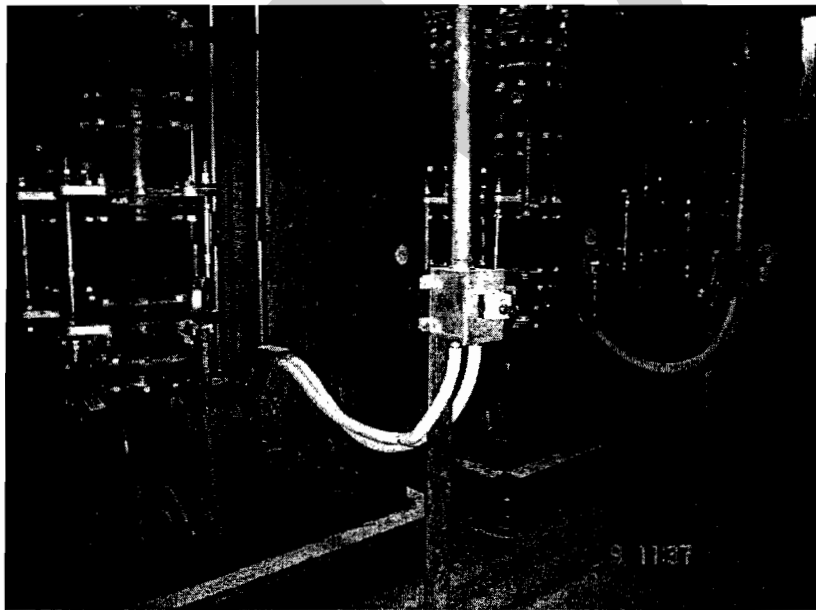
ตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงรอบการหมุนของ Sprinkler ตามขนาดของ Cooling Tower

ขนาด Cooling Tower (TR)	3	5 - 30	40 - 60	80-250	300-350	400-700	800-1500
รอบการหมุนของ Sprinkler Pipe	12-17	7-10	5-8	3-7	3.5 - 5	2.5 - 4	2 - 3

ที่มา : คู่มือการฝึกอบรมการพัฒนาบุคลากรด้านการตรวจวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงานในอาคารธุรกิจ

1. เครื่องสูบน้ำเย็นและเครื่องสูบน้ำระบายความร้อนเป็นอุปกรณ์หมุนเวียนน้ำเย็นและน้ำหล่อเย็นจะต้องทำการตรวจสอบการใช้งานอุปกรณ์และปรับตั้งให้เหมาะสมเพื่อให้ระบบทำงานได้เต็มประสิทธิภาพใช้พลังงานน้อยสุด ดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.14 เครื่องสูบน้ำ (Pump)

- การต่อเครื่องสูบน้ำแบบขนานมาควรเชื่อมต่อท่อทางเข้าและทางออกแบบตัวที เพราะจะมีการสูญเสียความดันมากกว่าการต่อแบบตัววาย และท่อร่วมควรมีขนาดใหญ่
- มอเตอร์ขนาดต่ำกว่า 10 แรงม้าเมื่อใหม่ควรเปลี่ยนใหม่ เพราะถ้านำไปพันใหม่ แต่ครั้งประสิทธิภาพของมอเตอร์ลดลงประมาณ 4%

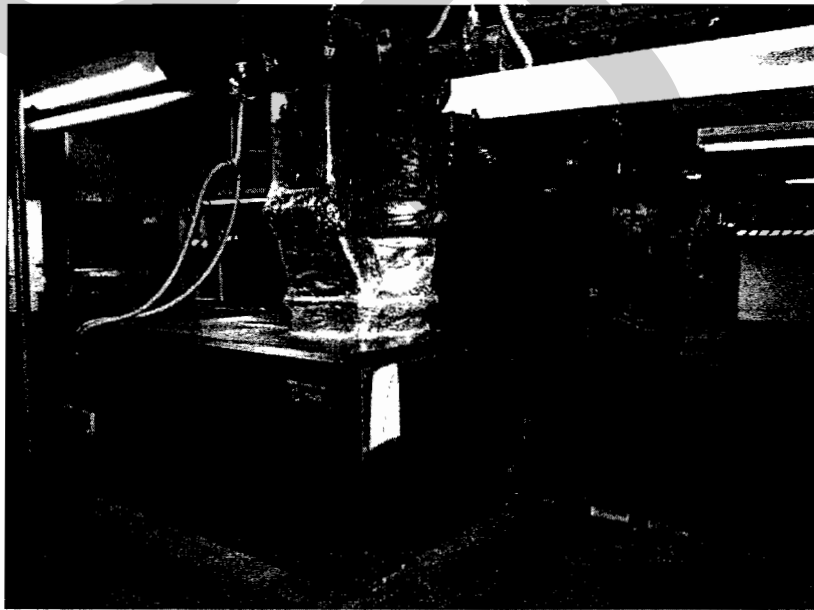
- ไม่ควรเลือกเครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่แล้วทำการหริวาล์วน้ำเพราะประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำจะลดต่ำลง ควรใช้วิธีลดรอบเครื่องสูบน้ำหรือลดขนาดใบพัดหรือเปลี่ยนเครื่องสูบน้ำใหม่

- ควรใช้มอเตอร์ที่มีขนาด 80-90% ของภาระเพราะทุกๆ 10% ของภาระที่ต่ำกว่า 80% จะทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์ลดลง 1%

- ควรทำความสะอาด Strainer สม่ำเสมอเพื่อให้ น้ำไหลได้สะดวก

- ควรเลือกเครื่องสูบน้ำเครื่องที่มีค่า GPM สูงสุดเป็นหลัก

2. อุปกรณ์ส่งลมเย็น (AHU, FCU) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่จ่ายลมเย็นให้กับพื้นที่ปรับอากาศจะต้องทำการตรวจสอบการใช้งานอุปกรณ์และปรับตั้งให้เหมาะสมเพื่อให้ระบบทำงานได้เต็มประสิทธิภาพใช้พลังงานน้อยสุด ดังภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.15 เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit)

- อุณหภูมิผิวขดท่อต้องต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (dew point) ของอากาศที่เข้าไปรับความร้อน

- อุณหภูมิอากาศที่ออกจากขดท่อความเย็นจะต้องสูงกว่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากขดท่อความเย็นไม่เกิน 6 °F ถ้าต่างกันมากอาจเกิดจากปริมาณน้ำเย็นน้อยกว่าปริมาณอากาศ หรือความสกปรกของพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน



- อัตราการไหลของอากาศที่ผ่านขดท่อความเย็นควรประมาณ 300 – 400 CFM/TR ถ้าต่ำเกินไปอาจเกิดจากรองอากาศตัน หรือขดท่อความเย็นสกปรกหรือมอเตอร์พัดลมชำรุด
- อัตราการไหลของน้ำเย็นที่ผ่านควรถูกได้ตามมาตรฐานที่ผู้ผลิตกำหนด โดยทั่วไปประมาณ 2.4 GPM/TR ที่อุณหภูมิน้ำเย็นเข้าและออกต่างกัน 10 °F และภาระเต็มพิกัด
- อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะต้องใช้งานได้ปกติ โดยจะเปิดเต็มเมื่ออุณหภูมิอากาศสูงกว่าที่ปรับตั้งและปิดสนิทเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าที่ปรับตั้งไว้
- ควรทำความสะอาด Strainer เป็นประจำเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำไหลน้อยเกินไป
- ควรปรับตั้งอุณหภูมิในบริเวณปรับอากาศให้สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้และปรับการกระจายลมในพื้นที่ให้เหมาะสม โดยต้องไม่มีจุดอับและทำการปรับสมดุลอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

## 2.2 กฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

วิกฤติการขาดแคลนน้ำมันที่เกิดขึ้นในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2516 ทำให้เกิดการเรียนรู้ว่าการอนุรักษ์พลังงานเป็นเรื่องสำคัญ และมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการแสวงหามาตรการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในรูปแบบต่างๆและในที่สุดรัฐบาลได้ออกพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ขึ้น รวมทั้งพระราชกฤษฎีกาและกฎกระทรวงต่างๆ ที่ออกตามความในพระราชบัญญัติดังกล่าวพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ประกาศใช้เมื่อวันที่ 3 เมษายน 2535 กำหนดให้กลุ่มเป้าหมายคือโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม มีหน้าที่ต้องดูแลการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างมีระบบและได้ออกประกาศล่าสุดเมื่อวันที่ 28 สิงหาคม 2552 เรื่องการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะและค่าประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าต่อต้นความเย็น ขั้นต่ำของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคาร พ.ศ. 2552 เพื่ออนุรักษ์การใช้พลังงานในอาคารซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### 2.2.1 ประกาศกระทรวงพลังงาน

เรื่อง การกำหนดสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นและค่าพลังงานไฟฟ้าต่อต้นความเย็นของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคาร พ.ศ. 2552

เครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศ หมายความว่าอุปกรณ์ที่ทำให้น้ำไหลผ่านมีอุณหภูมิต่ำลงเพื่อนำไปใช้ในการปรับอากาศหรือหล่อเย็น โดยใช้วัฏจักรการทำความเย็น โดยการอัดไอหรือดูดกลืน

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ หน่วยเป็นวัตต์ กับพิกัดกำลังไฟฟ้า หน่วยเป็นวัตต์

ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น หมายความว่า ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นของระบบปรับอากาศโดยกำหนดในรูปของค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน หมายถึง อัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ หน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมง กับพิกัดกำลังไฟฟ้า หน่วยเป็นวัตต์

ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันทำความเย็น หมายถึง อัตราส่วนระหว่างพิกัดกำลังไฟฟ้า หน่วยเป็นกิโลวัตต์ กับขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องทำน้ำเย็น หน่วยเป็นตันทำความเย็น

ข้อ 2 ระบบปรับอากาศประเภทและขนาดต่างๆ ที่ติดตั้งในอาคารต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ ค่าประสิทธิภาพในการทำความเย็นในรูปของอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานและค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นดังต่อไปนี้

(1) เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะหรืออัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะและอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

ขนาดของเครื่องปรับอากาศ (วัตต์)	ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (วัตต์ต่อวัตต์)	อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (บีทียูต่อชั่วโมงต่อวัตต์)
ไม่เกิน 12000	3.22	11

(2) ระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ต้องมีค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นและส่วนประกอบของระบบปรับอากาศดังต่อไปนี้

ก. เครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศต้องมีค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันทำความเย็นไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องทำความเย็น (Chiller)

ประเภทของเครื่องทำความเย็นสำหรับระบบปรับอากาศ		ขนาดความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระพิกัดของเครื่องทำความเย็น (ตันความเย็น)	ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)
ชนิดการระบายความร้อน	แบบของเครื่องอัด		
ระบายความร้อนด้วยอากาศ	ทุกชนิด	น้อยกว่า 300	1.33
		มากกว่า 300	1.31
ระบายความร้อนด้วยน้ำ	แบบลูกสูบ	ทุกขนาด	1.24
	แบบโรตารี แบบสกรู หรือแบบสกรอลล์	น้อยกว่า 150	0.89
		มากกว่า 150	0.78
	แบบแรงเหวี่ยง	น้อยกว่า 500	0.76
มากกว่า 500		0.62	

### 2.3 การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ

การอนุรักษ์พลังงานหรือการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ ซึ่งเป็นระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดในอาคารสามารถแบ่งแนวทางการแก้ไขปรับปรุงให้ระบบปรับอากาศทำงานได้เต็มประสิทธิภาพและใช้พลังงานน้อยที่สุดได้ 4 วิธี

1. การใช้งานอุปกรณ์ที่มีอยู่เดิมในระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพ
  - การปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำความเย็น (Chiller) ให้สูงขึ้น การปรับตั้งอุณหภูมิของน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำความเย็น จะมีผลต่อความสิ้นเปลืองพลังงานอย่างมาก การปรับเพิ่มอุณหภูมิของน้ำเย็นขึ้น 1<sup>o</sup>F จะทำให้พลังงานที่ใช้ในเครื่องทำความเย็นลดลง 1.5 – 2%
  - การลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจาก Cooling Tower ลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นจาก Cooling Tower ที่เข้าสู่ Condenser สามารถประหยัดพลังงานของเครื่องทำความเย็น (Chiller) ได้ 1.5 – 2%
  - การควบคุมความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดทำการหยุดเครื่องเป่าลมเย็นที่ใช้บริเวณที่มีความสำคัญน้อยชั่วขณะและควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็น
  - ทำการจัดตารางเดินเครื่องให้เหมาะสมพยายามจัดลำดับเครื่องให้สอดคล้องกับปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารอยู่เสมอ หากเดินเครื่องทำความเย็นให้น้อยสุดและให้ทำความเย็นเต็มที่ตามสมรรถนะของแต่ละชุดช่วยประหยัดพลังงานได้เป็นจำนวนมาก
  - การใช้ Return Air และ Outside Air ที่เหมาะสม

2. การปรับปรุงระบบปรับอากาศที่ใช้งานอยู่ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
  - การหุ้มฉนวนท่อน้ำเย็นให้มีความหนาที่เหมาะสม
  - การเลือกใช้อุปกรณ์ระหว่างอากาศเสียและอากาศบริสุทธิ์
3. การออกแบบอาคารที่มีการปรับอากาศ การออกแบบระบบปรับอากาศ การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
  - การออกแบบระบบปรับอากาศ ต้องสัมพันธ์กับงานด้านสถาปัตยกรรมและอื่นๆ ดังนี้ เช่น การจัดทิศทางของอาคาร การใช้ผิวสะท้อนแสง กระจกสะท้อนแสง การบังแสง รูปร่าง ผงังหลังคา หน้าที่ต่างของอาคาร
    - การประเมินภาระทำความเย็นที่เหมาะสมกับพื้นที่
    - การเลือกอุปกรณ์ระบบปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ชนิดของเครื่องทำน้ำเย็นต้องพิจารณาคัดเลือกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อตันทำความเย็นต่ำสุด การใช้เครื่องทำน้ำเย็นหลายๆตัวที่ภาระโหลดการทำความเย็นต่างกัน การใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบปรับความเร็วรอบได้ การใช้พัดลมที่มีประสิทธิภาพสูง การใช้ Duty Cycling การใช้โปรแกรมเปิด ปิดเครื่องอย่างมีประสิทธิภาพ
4. การบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศให้เหมาะสม
  - การทำความสะอาด
  - การหล่อลื่น
  - การเปลี่ยนอุปกรณ์ตามอายุ
  - การปรับแต่งระบบให้ทำงานได้ถูกต้อง

#### 2.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการอนุรักษ์พลังงาน โดยการปรับปรุงเปรียบเทียบเปลี่ยนมาใช้ระบบปรับอากาศประสิทธิภาพสูงได้มี สุวรรณ รุ่งเรืองมานา (2541) ได้ทำการวิเคราะห์โครงการอนุรักษ์พลังงานในอาคารของรัฐ กรณีศึกษา อาคารกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ซึ่งศึกษาถึงการเปรียบเทียบทางเลือก ระหว่างการปรับเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงกับกรณีที่ไม่มีการปรับเปลี่ยน โดยจะเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุด ตามหลักสัมฤทธิ์ภาพตามต้นทุน ผลการศึกษาพบว่าโครงการอนุรักษ์พลังงานของรัฐ ควรได้รับการสนับสนุนให้ดำเนินการเพื่อที่จะได้เป็น โครงการตัวอย่างแก่ภาคเอกชน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับพระราชบัญญัติการอนุรักษ์พลังงาน ที่มีผลให้ภาคเอกชนจะต้องทำการอนุรักษ์พลังงานในอาคารและ โรงงานที่จะส่งผลในการประหยัดพลังงานของประเทศและยังทำให้การใช้พลังงานของประเทศมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

ศุภชัย ปัญญาวิวัฒน์ (2546) การใช้ การบำรุงรักษาและการปรับปรุงระบบปรับอากาศ เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน

ระบบปรับอากาศเมื่อใช้งานในระยะเวลาหนึ่งจะทำให้สมรรถนะลดลงทำให้เกิดการใช้พลังงานสูงขึ้น หรือมีการใช้งานที่ไม่ถูกต้องก็ทำให้เกิดการใช้พลังงานสูงขึ้นเช่นกัน ดังนั้นผู้ดูแลระบบปรับอากาศจะต้องศึกษาถึงการ ใช้ การดูแลรักษาและปรับปรุงระบบเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดดังนี้

1. ควรปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นให้สูงขึ้น เมื่อสภาวะอากาศภายนอกมีอุณหภูมิต่ำ โดยทั่วไปควรปรับตั้งอยู่ที่ประมาณ 46 – 48 ° F
2. ปรับตั้งอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนให้ต่ำที่สุด โดยการเปิดหอดังน้ำเย็นเพิ่มขึ้นและทำความสะอาดหอดังน้ำรวมทั้งคอนเดนเซอร์อย่างสม่ำเสมอ โดยทั่วไปควรปรับตั้งอุณหภูมิให้อยู่ประมาณ 85 – 90 ° F
3. ขดท่อความร้อน (Condenser) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็น ดังนั้นจึงต้องทำความสะอาดพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนอย่างสม่ำเสมอ จะส่งผลทำให้เกิดการประหยัดพลังงานมาก
4. แผ่นกรองอากาศและขดท่อความเย็น (Evaporator) จะต้องหมั่นทำความสะอาดเพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างสารทำความเย็นกับอากาศหรือระหว่างน้ำกับอากาศมีประสิทธิภาพสูงสุดซึ่งจะทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน
5. ทำความสะอาดหัวฉีด (Nozzle ของหอดังน้ำ) เนื่องจากเมื่อใช้ไปนานๆ จะเกิดตะกรัน ตะไคร่น้ำและสิ่งสกปรกต่างๆเกาะทำให้เกิดการอุดตันหรือหัวฉีดเล็กกลง ส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากหอดังน้ำสูง ทำให้เครื่องทำน้ำเย็นมีสมรรถนะลดลง
6. ทำความสะอาดอ่างน้ำและฟิลลิ่งของหอดังน้ำอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้หอดังน้ำทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
7. ควรทดสอบและบาลานซ์ระบบทั้งหมด ทั้งระบบน้ำเย็นและระบบลมอย่างน้อยปีละครั้ง เนื่องจากใช้งานระบบปรับอากาศไประยะหนึ่งอุปกรณ์ต่างๆ จะมีประสิทธิภาพลดลง ดังนั้นจึงต้องทดสอบและปรับสมดุลระบบเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการใช้งานคืออยู่เสมอ
8. ควรเดินเครื่องทำน้ำเย็นและอุปกรณ์ประกอบ เช่น เครื่องส่งลมเย็น, เครื่องสูบน้ำเย็น, เครื่องสูบน้ำระบายความร้อน หอดังน้ำ ฯลฯ ให้อยู่ในตำแหน่งที่มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ภาระทำความเย็นที่ต้องการ

9. ปรับแต่งคุณภาพน้ำที่เติมเข้าหอผึ่งน้ำและปรับแต่งน้ำที่ไหลเวียนอยู่ในระบบระบายความร้อน ซึ่งจะช่วยให้หอผึ่งน้ำและคอนเดนเซอร์มีประสิทธิภาพในการระบายความร้อนสูง ทำให้ความดันในคอนเดนเซอร์ไม่สูงและคอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานลดลง

10. ตรวจสอบสภาพของฉนวนต่างๆที่หุ้มเครื่องทำน้ำเย็น เครื่องส่งลมเย็นและท่อน้ำ หากมีการชำรุดหรือเสื่อมสภาพให้ดำเนินการแก้ไขเพื่อป้องกันความร้อนจากบรรยากาศที่จะถ่ายเทเข้าสู่ท่อน้ำเย็นและอากาศเย็นซึ่งจะทำให้ภาระการปรับอากาศสูงขึ้น

ไพบูลย์ หังสพฤกษ์ (2534) การเลือกใช้อุปกรณ์และระบบการปรับอากาศให้ประหยัดพลังงาน

ภายหลังจากการคำนวณภาระการทำความเย็นที่ภาวการณ์ใช้งาน สูงสุด ต่ำสุดและอื่นๆ แล้ว ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมกับงานและจำนวนของเครื่องปรับอากาศที่ควรใช้ ตัวประกอบที่ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาคือ

1. เครื่องปรับอากาศจะต้องมีความสามารถในการทำความเย็นอย่างเพียงพอ เมื่อมีภาระความร้อนสูงสุดนั่นคือ ต้องเลือกเครื่องให้มีความสามารถทำความเย็นรวมเพียงพอ

2. เครื่องปรับอากาศจะต้องทำงานที่สมรรถนะสูง ที่ภาระของการทำงานต่างๆ อาคารนั้นคือต้องเลือกเครื่องที่มีขนาดพอเหมาะกับภาระการทำความเย็นที่ภาระสูงสุดและต่ำสุด

3. เลือกเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง

4. เลือกระบบและออกแบบระบบต่างๆให้ใช้พลังงานน้อย

การเลือกเครื่องทำความเย็นสำหรับระบบปรับอากาศควรเลือกโดยพิจารณาตัวประกอบต่างๆดังต่อไปนี้

1. เลือกเครื่องที่มีความสามารถทำความเย็นเพียงพอกับภาระ

2. เลือกเครื่องที่มีค่า COP หรือ EER สูงที่ภาระการทำงานต่างๆ

3. เลือกเครื่องที่บำรุงรักษาและใช้งานได้สะดวก

4. เลือกจำนวนเครื่องให้เครื่องทำงานได้ COP หรือ EER สูงที่ภาระสูงสุดและภาระต่ำสุดและให้มีเครื่องชุดสำรองที่มีขนาดที่ประหยัด

เชิดพันธ์ วิฑูราภรณ์ (2545) การใช้ค่าประสิทธิภาพของพลังงานในการวิเคราะห์อาคาร โดยทั่วไปในประเทศไทยจะมีการใช้พลังงานในรูปของพลังงานไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ โดยระบบปรับอากาศภายในอาคารจะเป็นระบบที่ใช้พลังงานมากเป็นอันดับหนึ่งรองลงมาก็คือระบบไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์และเครื่องใช้สำนักงานในระบบปรับอากาศ ถ้าเป็นอาคารขนาดใหญ่มักจะนิยมใช้เครื่องทำน้ำเย็น โดยใช้เครื่องทำน้ำเย็นในการผลิตน้ำเย็นเพื่อทำให้บริเวณต่างๆภายในอาคารมีสภาวะอากาศที่เหมาะสม เครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้จะมีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้กันมากจะเป็นแบบระบบ

อัดไอดีโดยตัวเครื่องทำน้ำเย็นจะประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นอีแวปอเรเตอร์ คอนเดนเซอร์ เอ็กซ์แพนชันและคอมเพรสเซอร์ ทั้งนี้พลังงานไฟฟ้าจะเข้าสู่มอเตอร์เพื่อไปขับคอมเพรสเซอร์ ดังนั้นวัฏจักรของระบบอัดไอดีดังกล่าวจะตรงกันข้ามกับวัฏจักรที่ให้กำลังงานโดยทั่วไปซึ่งจะให้ค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่ได้ ด้วยเหตุนี้นิยามของค่าประสิทธิภาพที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจึงไม่อาจนำมาใช้กับวัฏจักรการอัดไอดีได้ โดยเทอมที่ใช้บอกประสิทธิภาพการของเครื่องทำน้ำเย็นจะได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (COP) ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพของพลังงาน (EER) และค่าอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/TR) ค่าต่างๆที่กล่าวถึงนี้จะเป็นเทอมที่ใช้อธิบายถึงสัดส่วนการใช้พลังงานที่ต้องใช้ในการขจัดปริมาณความร้อนออกจากบริเวณที่ต้องการเพื่อให้มีสภาวะอากาศที่เหมาะสม ดังนั้นในแง่ของการประหยัดพลังงาน ค่าต่างๆ เหล่านี้จึงถือได้ว่าเป็นค่าที่สำคัญในการประมาณการเกี่ยวกับพลังงานที่จะประหยัดได้ภายหลังจากการติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่คิดว่ นอกจากนี้การที่เราจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าต่างๆ ดังกล่าวระหว่างเครื่องทำน้ำเย็นที่เสนอที่มีประสิทธิภาพที่ดีกับเครื่องทำน้ำเย็นที่ถูกใช้เป็นตัวฐาน ค่าที่ใช้เป็นฐานนี้ควรจะถูกคำนวณมาจากประสิทธิภาพต่ำสุดที่ได้ของเครื่องที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ในขณะที่ค่าประสิทธิภาพของเครื่องที่ถูกเสนอเพื่อมาแทนที่จะได้มาจากข้อมูลการผลิตและสถาบันรองรับต่างๆ

ในการประมาณการ พลังงานที่ประหยัดได้นั้น วิธีที่ง่ายที่สุดจะใช้การตั้งสมมติฐานว่าระบบที่นำเสนอและระบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจะมีการทำงานที่สภาวะการทำความเย็นเดียวกันและความแตกต่างจะอยู่ที่ค่า COP เท่านั้น ดังนั้นค่าดังกล่าวจะเป็นตัวชี้ขาดว่าระบบไหนจะดีกว่ากัน แต่ในความเป็นจริงแล้ว อาคารที่มีขนาดใหญ่จะมีลักษณะของภาระการทำความเย็นที่แปรเปลี่ยนไปมาตลอดเวลา ดังนั้นวิธีคำนวณแบบง่ายๆ ดังกล่าวไม่สามารถที่จะสะท้อนถึงการแปรเปลี่ยนครั้งนี้ได้ดีมากนัก

### บทที่ 3

#### ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษากาการปฏิบัติงานครั้งนี้เพื่อศึกษาเป็นข้อมูลในการพิจารณาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ขนาด 150 Tonr เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบปรับอากาศ ในพื้นที่ชั้นร้านค้า สถานีสุขุมวิท ในโครงการรถไฟฟ้าใต้ดิน

#### 3.1 พื้นที่และระบบปรับอากาศที่ทำการศึกษา

##### 3.1.1 ข้อมูลพื้นที่

ชื่อพื้นที่ : สถานีสุขุมวิท โครงการรถไฟฟ้าใต้ดิน เป็นสถานีที่ 7 ในโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินส่วนใต้

ที่ตั้งสถานีสุขุมวิท : ตั้งอยู่ที่ ถนนอโศก เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร

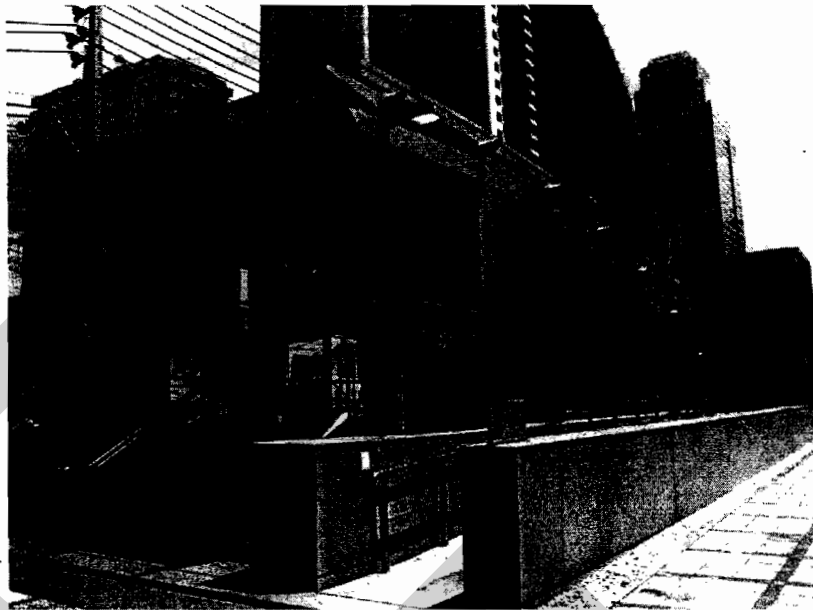
##### 3.1.2 โครงสร้างภายในสถานีสุขุมวิท

มีการออกแบบพื้นที่ภายในสถานีแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ซึ่งมีชั้นที่ 1 เป็นชั้น Retail ได้ออกแบบให้เป็นพื้นที่ชั้นร้านค้า มีขนาดพื้นที่ 3,933 ตารางเมตร ชั้นที่ 2 ออกแบบไว้เป็นพื้นที่ปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่และเป็นพื้นที่ออกบัตรโดยสาร (Concourse) มีขนาดพื้นที่ 4,577 ตารางเมตร ชั้นที่ 3 ซึ่งเป็นชั้นล่างสุดได้ออกแบบเป็นพื้นที่ชานชลา (Platform) มีขนาดพื้นที่ 4,577 ตารางเมตร ภายในสถานีมีระดับความลึกจากพื้นดินระดับถนนถึงชั้นชานชลา 17 เมตร มีทางเข้า-ออก (Entrance) ในสถานี 3 ทาง

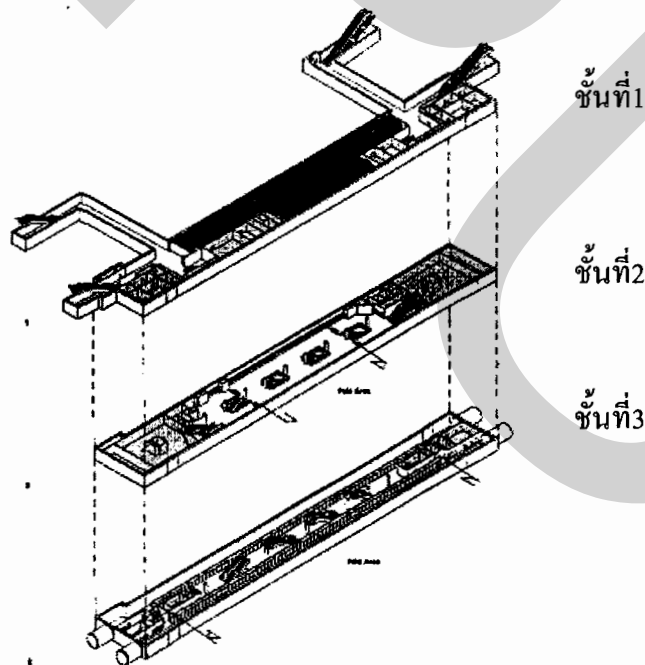
1. ทางเข้า - ออก (Entrance) ด้านข้างสยามสมาคม ถนนอโศกมนตรี
2. ทางเข้า - ออก (Entrance) ตรงข้ามตลาดอโศก ซอยสุขุมวิท 23
3. ทางเข้า - ออก (Entrance) หน้าตลาดอโศก โรบินสัน สถานีอโศกรถไฟฟ้าบีทีเอส

ดั่งภาพที่ 3.1 (ก) 3.1 (ข)





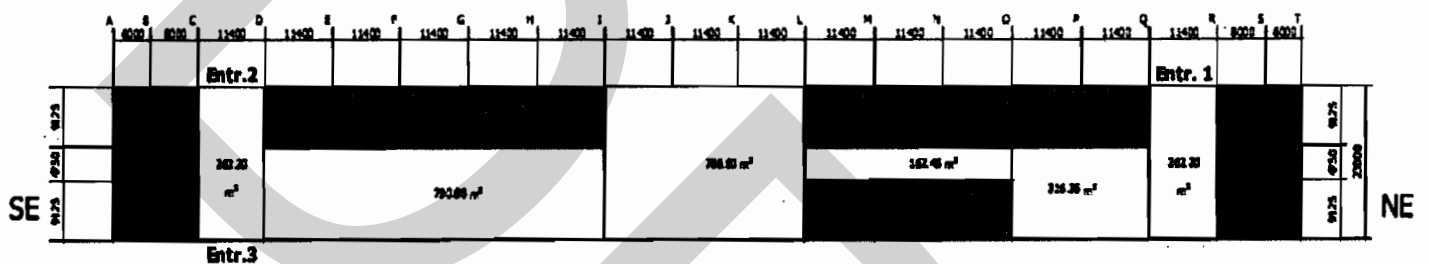
ภาพที่ 3.1 (ก) สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสถานีสุขุมวิท



ภาพที่ 3.1 (ข) พื้นที่ภายในสถานีสุขุมวิท

- 3.1.3 พื้นที่ภายในชั้นร้านค้าสถานีสุมวิทดังภาพที่ 3.2  
พื้นที่ภายในชั้นร้านค้ามีพื้นที่ทั้งหมด 3,933 ตารางเมตร  
เป็นพื้นที่ปรับอากาศทั้งหมด 2,580 ตารางเมตร

## Retail Level SUK



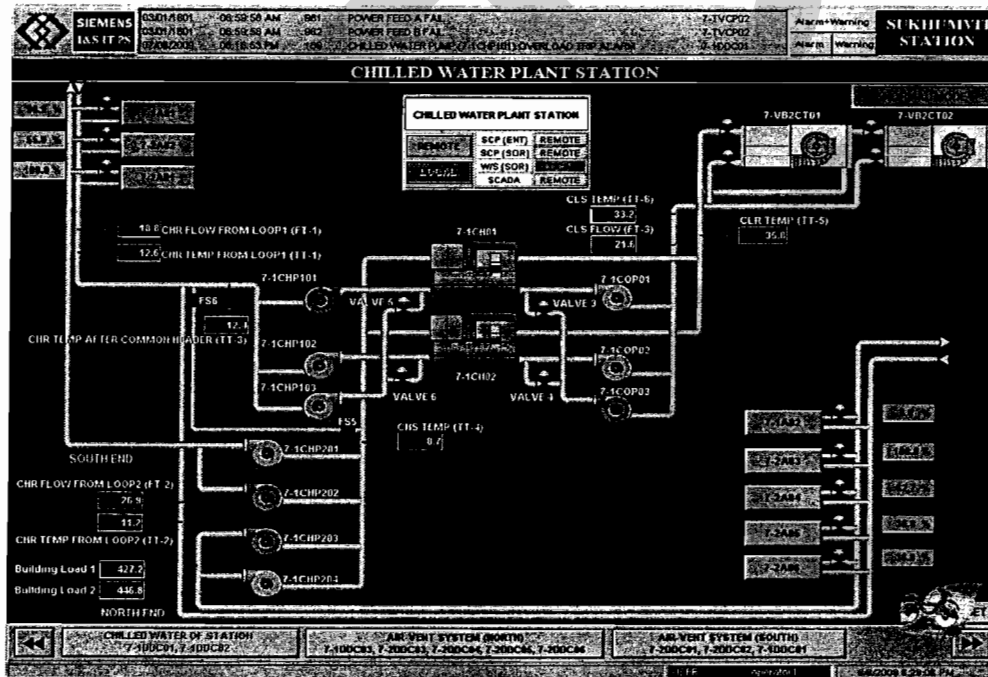
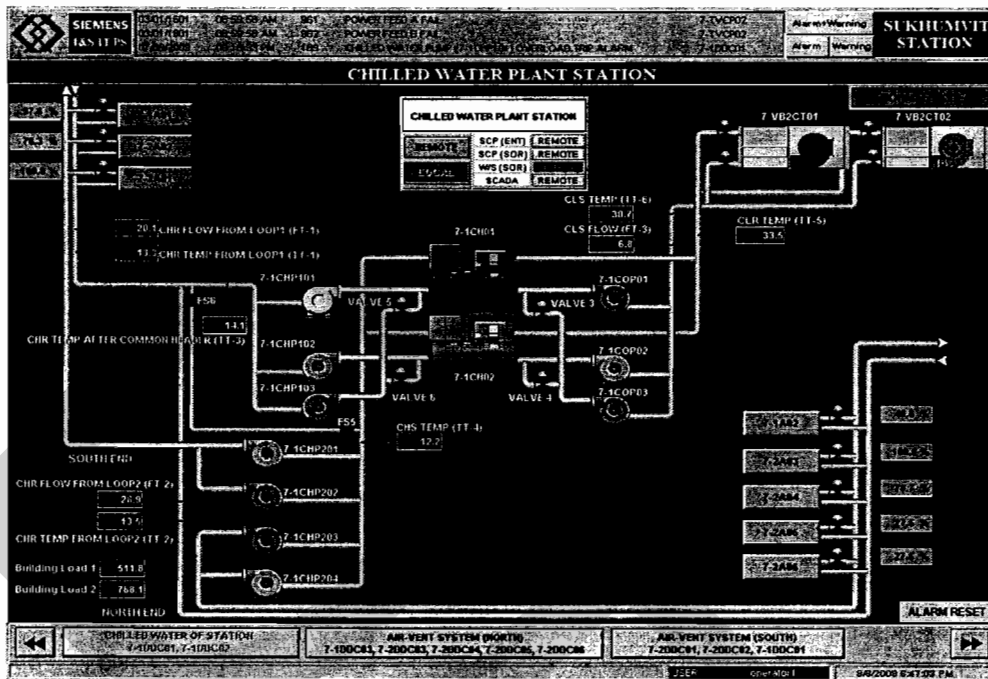
พื้นที่ปรับอากาศภายในชั้น Retail SUK ทั้งหมด (เดินพื้นเหลือง) เท่ากับ 2580.68 m<sup>2</sup>

ภาพที่ 3.2 พื้นที่ภายในชั้นร้านค้าสถานีสุุมวิท

### 3.1.4 ระบบปรับอากาศหลักในสถานีสุุมวิท

ภายในพื้นที่สถานีสุุมวิทมีการออกแบบระบบปรับอากาศหลักเป็นแบบ Water Cooled Chiller ถ่ายความเย็นในพื้นที่ชั้นออกบัตรโดยสาร (Concourse) และชั้นชานชะลา (Platform) มีการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) 2 ชุด สลับกันทำงานหรือทำงานพร้อมกันเมื่อภาระโหลดภายในสถานีเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 3.3) เพื่อป้องกันมิให้กระทบต่อการให้บริการเดินรถและผู้โดยสารที่เข้ามาใช้บริการ โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์ประกอบของระบบ Water Cooled Chiller ดังนี้

- |                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) | 2 เครื่อง                    |
| 2. Cooling Tower              | 2 ชุด                        |
| 3. Condenser Water Pump       | 3 ชุด (Standby 1 ชุด)        |
| 4. Secondary Water Pump       | 4 ชุด (Standby ฝั่งละ 1 ชุด) |
| 5. Primary Water Pump         | 3 ชุด (Standby 1 ชุด)        |

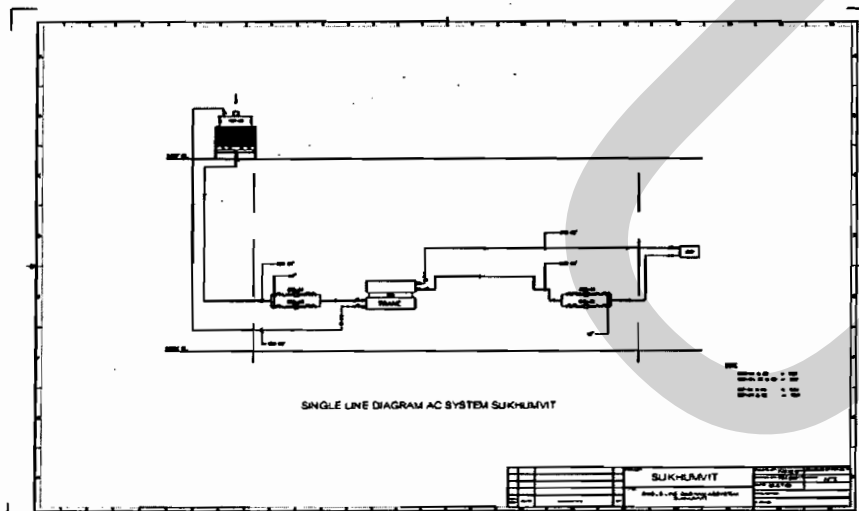


ภาพที่ 3.3 การติดตั้งระบบปรับอากาศภายในสถานีสุขุมวิท

### 3.1.5 ระบบปรับอากาศภายในพื้นที่ชั้นร้านค้า

สำหรับพื้นที่ชั้นร้านค้ามีการออกแบบระบบปรับอากาศแยกอิสระจากพื้นที่หลัก (Station) โดยใช้ระบบปรับอากาศเป็นแบบ Water Cooled Chiller ง่ายความสะดวกในในพื้นที่ร้านค้า มีการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เพียง 1 ชุด (ภาพที่ 3.4) ไม่มีเครื่องสำรอง (Standby) ปัจจุบันเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ได้เปิดใช้งานมาเป็นระยะเวลาประมาณ 5 ปี ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการ Breakdown ของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) หรือหากตรวจพบอุปกรณ์ประกอบเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เกิดการชำรุด อาจกระทบต่อการทำความเย็นในพื้นที่ชั้นร้านค้า เนื่องจากต้องใช้เวลาในการซ่อมบำรุงไม่น้อยกว่า 1 สัปดาห์เพื่อแก้ไขให้ระบบพร้อมใช้งานได้ปกติ โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์ประกอบของระบบ Water Cooled Chiller ดังนี้

1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)	1 เครื่อง
2. Cooling Tower	1 ชุด
3. Condenser Water Pump	2 ชุด (Standby 1 ชุด)
4. Chilled Water Pump	2 ชุด (Standby 1 ชุด)
5. เครื่องส่งลมเย็น (AHU)	3 ชุด
6. เครื่องส่งลมเย็น (FCU)	22 ชุด



ภาพที่ 3.4 การติดตั้งระบบปรับอากาศในพื้นที่ชั้นร้านค้า

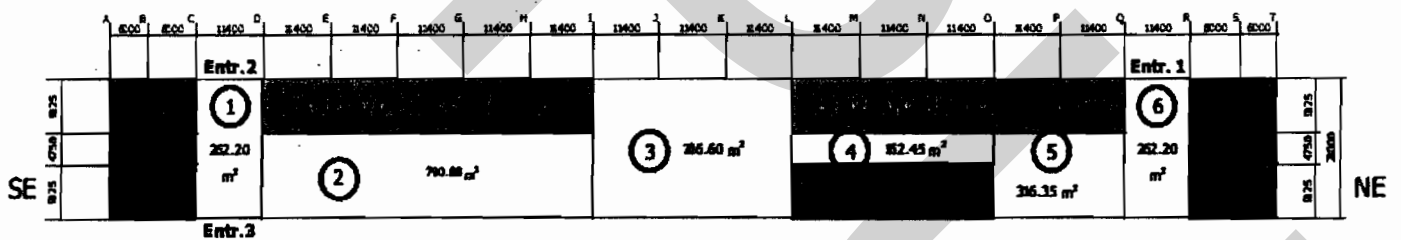
### 3.2 กรอบแนวคิดในการศึกษา

ในการศึกษานี้เพื่อพิจารณาคัดเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่จะนำมาติดตั้งเพื่อแก้ไขปรับปรุงระบบปรับอากาศภายในพื้นที่ชั้นร้านค้า สถานีสุขุมวิทให้ระบบปรับอากาศใช้งานได้ตลอดเวลาในช่วงเวลาที่เปิดให้บริการ เพื่อไม่ให้กระทบต่อผู้เช่าร้านค้าหรือลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการ ในกรณีที่เครื่องเกิดการชำรุด Breakdown หรือต้องหยุดเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เพื่อซ่อมบำรุงครั้งใหญ่ (Overhaul) โดยพิจารณาในด้านการใช้พลังงานเป็นหลัก

#### 3.2.1 การแก้ไขปรับปรุงระบบปรับอากาศพื้นที่ชั้น Retail มีอยู่ 2 แนวทาง

1. แนวทางการปรับปรุงระบบปรับอากาศโดยเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นของระบบปรับอากาศหลัก (Station) จากห้องเครื่อง A/C Plant Chiller Station ต่อเข้ากับท่อน้ำเย็นในห้องเครื่อง A/C Plant Chiller Retail 1 ดังภาพที่ 3.5

### Retail Level SUK

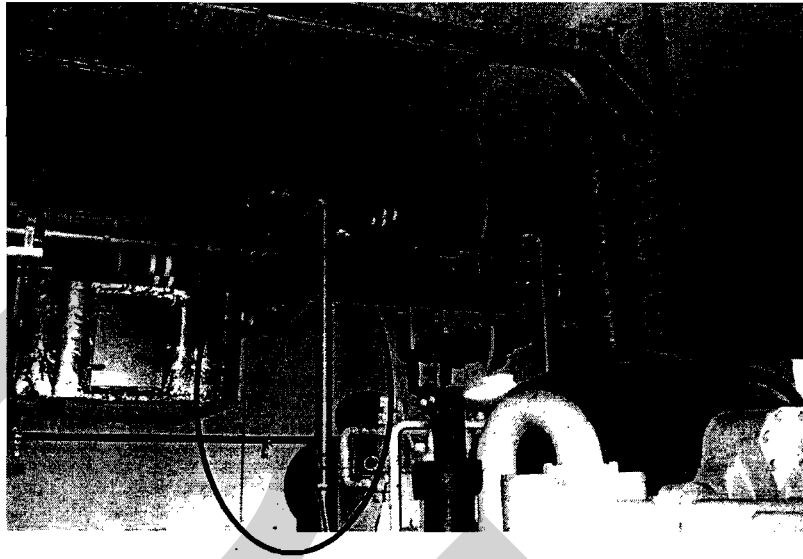


พื้นที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 คือพื้นที่ห้องปรับอากาศชั้น Retail SUK ทั้งหมด 6.51 พื้นทั้งหมดเท่ากับ 2580.68 m<sup>2</sup>

ภาพที่ 3.5 พื้นที่ห้องเครื่อง Chiller Retail และพื้นที่ห้องเครื่อง Chiller Station

เนื่องจากพื้นที่ชั้นร้านค้าภายในสถานีสุขุมวิท ปัจจุบันมีผู้เช่าร้านค้าเข้ามาตกแต่งกันพื้นที่ดำเนินกิจกรรมค้าขายต่างๆมากมาย หากจะทำการปรับปรุงระบบปรับอากาศโดยการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นจากระบบปรับอากาศหลัก (Station) ต่อเข้ากับท่อน้ำเย็นของชั้น Retail อาจจะมีผลกระทบต่อผู้เช่าร้านค้าในขณะที่ทำการติดตั้ง ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้

- ดำเนินการเจาะผนังภายในห้อง A/C Plant ฝั่งติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของระบบปรับอากาศหลัก (Station) ตรงตำแหน่งที่วางไว้เพื่อดำเนินการเดินท่อน้ำเย็นไปยังพื้นที่ห้อง A/C Plant ฝั่ง Retail ดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 ตำแหน่งการเจาะผนังเพื่อเดินท่อน้ำเย็นจากห้อง A/C Plant ฟังสถานี

- ดำเนินการเจาะผนังภายในห้อง A/C Plant ฟังติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของชั้น Retail ตรงตำแหน่งที่วงไว้เพื่อดำเนินการเดินท่อน้ำเย็น ดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 ตำแหน่งการเจาะผนังเพื่อเดินท่อน้ำเย็นจากห้อง A/C Plant ฟังชั้น Retail

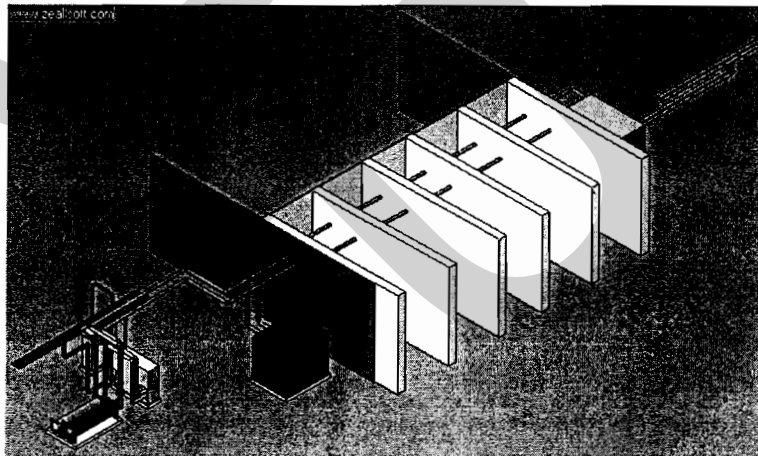
- ดำเนินการตัดต่อเชื่อมท่อน้ำเย็นภายในห้อง A/C Plant ของระบบปรับอากาศหลัก (Station) ไปเชื่อมต่อยังท่อน้ำเย็นภายในห้อง A/C Plant ของชั้น Retail ตรงตำแหน่งที่วงไว้ดังภาพที่

3.8



ภาพที่ 3.8 ตำแหน่งการตัดต่อท่อน้ำเย็นระบบปรับอากาศหลัก (Station) ภายในห้อง A/C Plant

- ดำเนินการเดินท่อน้ำเย็นจากห้อง A/C Plant ภายในสถานีไปยังพื้นที่ห้อง A/C Plant ชั้น Retail ตรงตำแหน่งที่วงไว้ ต้องผ่านพื้นที่ชั้นร้านค้าซึ่งมีการตกแต่งกันพื้นที่ทำให้ยากลำบากในการดำเนินการและอาจจะกระทบต่อผู้เช่าร้านค้าหรือต้องปิดร้านค้าชั่วคราวเพื่อสะดวกในการทำงาน ดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 พื้นที่การเดินท่อน้ำเย็นจากห้อง A/C Plant ฟังสถานี ไปยังห้อง A/C Plant ฟังชั้น Retail

## 2. แนวทางการปรับปรุงระบบปรับอากาศโดยติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เพิ่มเพื่อ สำรอง

แนวทางการปรับปรุงระบบปรับอากาศในพื้นที่ชั้นร้านค้าเพื่อให้ระบบปรับอากาศมีสมรรถนะการทำงานสูง สร้างความน่าเชื่อถือต่อผู้เช่าร้านค้าและผู้ให้บริการ จะต้องติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เพิ่มอีกหนึ่งเครื่อง ในการที่จะคัดเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) มาทำการติดตั้งทำความเย็นในพื้นที่ชั้นร้านค้าจะต้องพิจารณาในเรื่องการประหยัดพลังงานเป็นหลัก เนื่องจากระบบปรับอากาศ เป็นระบบที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดในพื้นที่ร้านค้า โดยระบบมีหน้าที่ปรับลดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศในพื้นที่ร้านค้าให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมกับความสบาย



ของผู้ใช้บริการ อุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงานในระบบปรับอากาศได้แก่ เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ดังนั้นในการคัดเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) จึงได้พิจารณาเปรียบเทียบหลักการทำงานระหว่าง เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทั่วไปและเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่เป็นสุดยอดแห่งเทคโนโลยีสมัยใหม่ ของ Multistack ที่ใช้ Compressor แบบ Turbocor ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ในกรณีติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทั่วไป

- ใช้พลังงานมากเมื่อเดินที่ Part Load
- การติดตั้งยาก
- การขนย้ายเพื่อการติดตั้งยาก
- ใช้เวลาในการซ่อมบำรุงรักษานาน
- เกิด Vibration มาก
- ใช้น้ำยาในระบบมาก เมื่อซ่อมรั่ว
- ต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำมันและกรองน้ำมันทุก 5,000 ชั่วโมง
- Compressor มีเสียงดังมาก
- กินกระแสมากขณะ Start โดยใช้กระแสในการ Start 450-600A

ในกรณีติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบประสิทธิภาพสูง รุ่น MTW-500

- ประหยัดพลังงานกว่าเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทั่วไปเฉลี่ยประมาณ 30-40%
- ทำงานตามภาระ โหลดที่ต้องการจริง
- การติดตั้งง่าย
- การขนย้ายเพื่อการติดตั้งสะดวก
- ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยกว่าแบบเดิม
- สามารถเพิ่มหรือลด ขนาดความเย็นได้
- ใช้ Magnetic bearing จึงไม่ใช้น้ำมันในการหล่อลื่น
- ใช้น้ำยาในระบบน้อย ทำให้ประหยัดค่าบำรุงรักษา
- มีเสียงเบาเพราะ
- ช่วยลด ค่า Peak ในการ Start เพราะเป็นระบบ Soft Start เพียง 6A
- ระบบควบคุมนำสมัย หน้าจอแบบ Touch screen ง่ายสำหรับช่างที่บำรุงรักษา

ดังนั้นจากการเปรียบเทียบการทำงาน จึงเห็นควรพิจารณาคัดเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบ Multistack รุ่น MTW-500 นำมาติดตั้งทำความเย็นในพื้นที่ชั้นร้านค้า

### 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

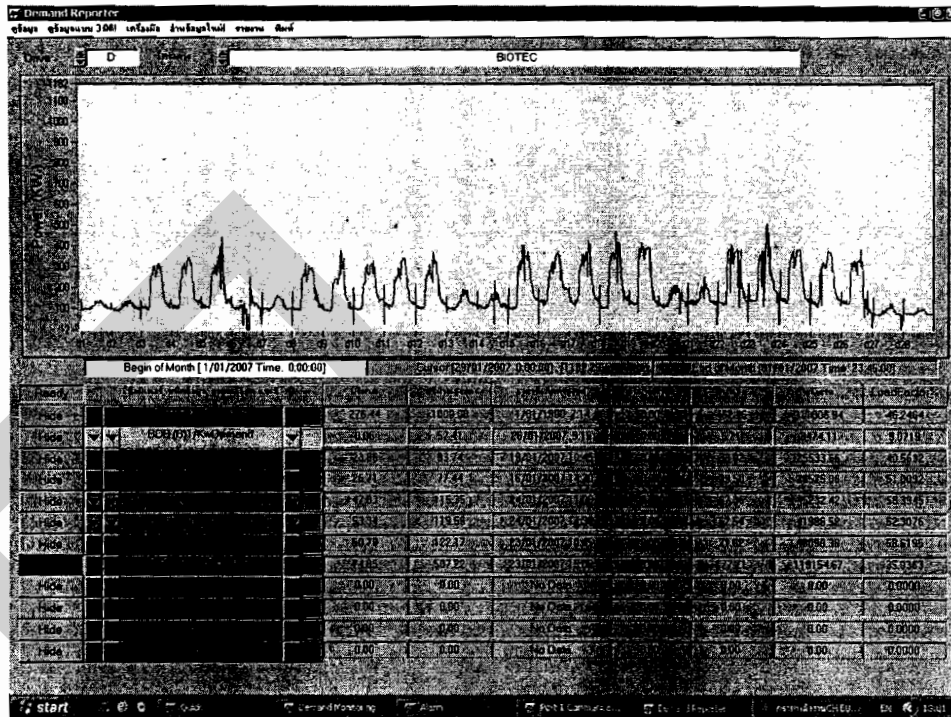
เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลทางด้านไฟฟ้าและค่าการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อใช้ในการคำนวณหาการใช้พลังงานตามเงื่อนไขต่างๆ เครื่องมือวัดจะต้องมีความถูกต้องแม่นยำ (Accuracy) เชื่อถือได้โดยมีการสอบเทียบจากผู้ผลิตหรือหน่วยงานที่เชื่อถือได้ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกผลการทดลองมีดังนี้

#### 3.3.1 เครื่องมือวัดและบันทึกค่าการใช้ไฟฟ้า (Power Monitoring)

เป็นเครื่องมือวัดที่ช่วยในการบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารซึ่งสามารถตรวจวัดและบันทึกค่าการใช้งานต่างๆ ได้แบบ Real time เช่น ค่าแรงดันไฟฟ้า (Volt) ค่ากระแส (Amp.) ค่าตัวประกอบกำลัง (Power factor) ความถี่ (Frequency) ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า (kVA, kW.) และ หน่วยการใช้ไฟฟ้า (kW-h.) ซึ่งสามารถแสดงในรูปแบบกราฟให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าทางไฟฟ้า และในรูปของข้อมูลตัวเลขที่สามารถนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นได้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าทางไฟฟ้าของอาคารคือผลิตภัณฑ์ Power Logic (Schneider Electric) โดยใช้เครื่องมือวัดรุ่น PM820 (ภาพที่ 3.10) ที่มีค่า%ความคลาดเคลื่อน (IEC/ANSI energy accuracy class) เท่ากับ 0.5 สำหรับการบันทึกค่าการใช้พลังงานของ Chiller plant



ภาพที่ 3.10 เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า รุ่น PM820



ภาพที่ 3.11 การแสดงผลของเครื่องบันทึกค่าการใช้ไฟฟ้า

### 3.3.2 เครื่องบันทึกการทำงานของเครื่องทำความเย็น (Chiller Operation)

เป็นเครื่องมือในการตรวจวัดและบันทึกค่าการทำงานของ Chiller plant โดยสามารถแสดงสถานะและบันทึกค่าการทำงานของระบบทำน้ำเย็น (ภาพที่ 3.12) โดยแยกค่าของ Chiller แต่ละเครื่องได้ เช่น เฟอร์เซ็นต์การทำงานของเครื่อง Compressor อุณหภูมิอากาศภายนอก แรงดันสารทำความเย็น อุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำเย็น



ภาพที่ 3.12 แสดงผลการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น

### 3.3.3 เครื่องบันทึกและวิเคราะห์คุณภาพทางไฟฟ้า (Power & Quality Analyzer)

ผลิตภัณฑ์ CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A 8334 (ภาพที่ 3.13) เป็นเครื่องมือบันทึกค่าและวิเคราะห์คุณภาพทางไฟฟ้า เช่น ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด หน่วยการใช้ไฟฟ้า ความถี่ ฮาร์มอนิก และอื่นๆ ซึ่งจะใช้ในการบันทึกค่าทางไฟฟ้าในส่วนย่อยของระบบในเครื่องทำน้ำเย็นและปั๊มสูบน้ำเย็นเพื่อใช้ในการพิจารณาการใช้ไฟฟ้าในแต่ละอุปกรณ์ ค่าความคลาดเคลื่อนดังนี้

Accuracy: Voltage/Current:  $\pm 0.5\%$ , Power:  $\pm 1\%$

Power factor:  $\pm 0.01$

Frequency:  $\pm 0.01$  Hz

THD (total harmonic distortion):  $\pm 1\%$  L  $\pm 2$  pts

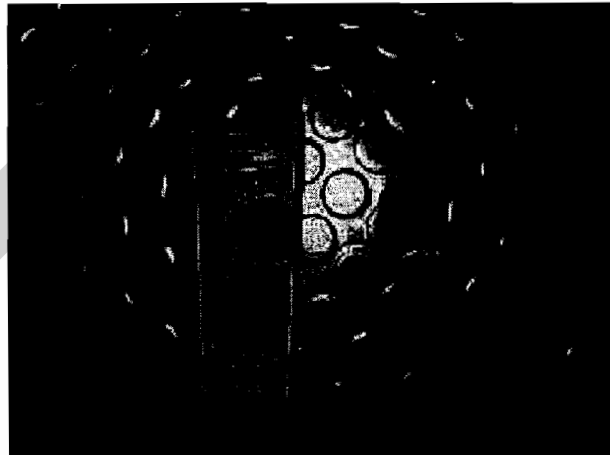
Energy:  $\pm 1\%$  L



ภาพที่ 3.13 Power & Quality Analyzer

### 3.3.4 เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าชนิด คลิปแอมป์(Digital clamp meter)

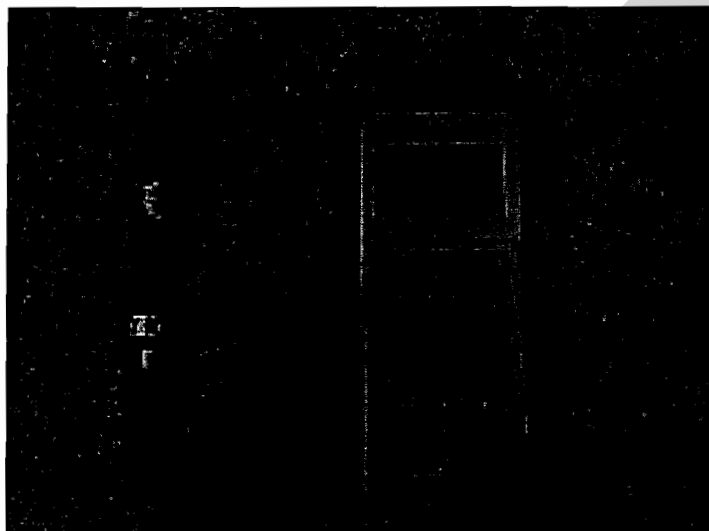
ผลิตภัณฑ์ FLUKE รุ่น 337 (ภาพที่ 3.14) สามารถใช้วัดค่าแรงดันกระแสสลับได้ในช่วง 200 V.-600 V. และวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ในช่วง 200A.-600 A. ใช้สำหรับวัดค่าทางไฟฟ้าในส่วนย่อยของระบบในเครื่องทำน้ำเย็นและปั๊มสูบน้ำเย็นเพื่อใช้ในการพิจารณาการใช้ไฟฟ้าในแต่ละอุปกรณ์ ค่าความคลาดเคลื่อน  $\pm 1\%$



ภาพที่ 3.14 เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าชนิดคลิปแอมป์

เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น(Digital humidity / temp. meter)

ผลิตภัณฑ์ DIGICON รุ่น HT-765 (ภาพที่ 3.15) ใช้สำหรับเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นภายนอกและภายในอาคาร เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการเปรียบเทียบกับค่าต่างๆในระบบเครื่องทำความเย็นค่าความคลาดเคลื่อน  $\pm 2\%$



ภาพที่ 3.15 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น

### 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในระบบทำความเย็นของอาคาร โดยทั่วไปจะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการทำงานของระบบทำความเย็นมีหลายปัจจัยเช่นการซ่อมบำรุง การติดตั้ง อัตราการไหลของน้ำเย็น สภาพอากาศ ความยาวของระบบท่อน้ำเย็น การตั้งค่าการทำงานและการควบคุมระบบ แต่เนื่องจากการศึกษานี้จะทำการตรวจวัดและวิเคราะห์ค่าการทำงานในช่วงระยะเวลาและฤดูกาลเดียวกัน รวมทั้งตำแหน่งติดตั้งของเครื่องทำความเย็นทั้ง 2 เครื่องอยู่ในบริเวณเดียวกัน จึงถือว่าปัจจัยจากสภาพอากาศ และระยะความยาวของระบบท่อน้ำเย็นคงที่ ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็น ซึ่งในการศึกษาจะทำการเก็บข้อมูลการทำงานของ เครื่องทำน้ำเย็นปัจจุบันและเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูงโดยทำการจดบันทึกค่าพารามิเตอร์การทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นลงในแบบฟอร์ม (ตาราง 3.1) ทุกๆ 30 นาที จนครบชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นในแต่ละวัน ใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นปัจจุบันประมาณ 1 อาทิตย์ หลังจากนั้นจะเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (ตาราง 3.2) โดยมีค่าที่ทำการจดบันทึกการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นต่างๆ ดังนี้

- 3.4.1 Cooling set point (°C)
- 3.4.2 อุณหภูมิน้ำเย็นก่อนเข้า Evaporator (°C)
- 3.4.3 อุณหภูมิน้ำเย็นออกจาก Evaporator (°C)
- 3.4.4 เปอร์เซนต์การทำงานของ Chiller (%)
- 3.4.5 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นก่อนเข้า Condenser (°C)
- 3.4.6 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นออกจาก Condenser (°C)
- 3.4.7 อุณหภูมิสารทำความเย็นใน Evaporator (°C)
- 3.4.8 แรงดันสารทำความเย็นใน Evaporator (PSI)
- 3.4.9 อุณหภูมิสารทำความเย็นค้ำจ่ายของ Compressor (°C)
- 3.4.10 อุณหภูมิสารทำความเย็นใน Condenser (°C)
- 3.4.11 แรงดันสารทำความเย็นใน Condenser (PSI)
- 3.4.12 อุณหภูมิภายนอก (°C)
- 3.4.13 ค่ากำลังไฟฟ้าของ Chiller Plant (kW.)
- 3.4.14 ค่าพลังงานไฟฟ้าของ Chiller Plant (kW-h.)
- 3.4.15 อัตราการไหลของน้ำเย็น (GPM.)

ตารางที่ 3.1 แบบฟอร์มจดบันทึกการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

เครื่องทำความเย็นแบบอัดแก๊ส.....		.....		.....		.....		.....		.....		.....		.....	
ชื่อ		ยี่ห้อ		ขนาด (HP)		จำนวนคอมปริสเซอร์		ชนิดคอมปริสเซอร์		ความดัน		ชนิดคอมปริสเซอร์		ชนิดคอมปริสเซอร์	
Temp	%RH	Hei	Outlet	ΔT	Inlet	Outlet	ΔP	GRM	Lyтик	%ของ	คอมปริสเซอร์	คอมปริสเซอร์	คอมปริสเซอร์	คอมปริสเซอร์	คอมปริสเซอร์

บันทึกการทำงานของ.....											
วันที่			เวลาที่			สถานที่			ชื่อผู้บันทึก		
Time	Day	Month	Hour	Minute	Second	Room	Area	Building	Name	Position	Signature

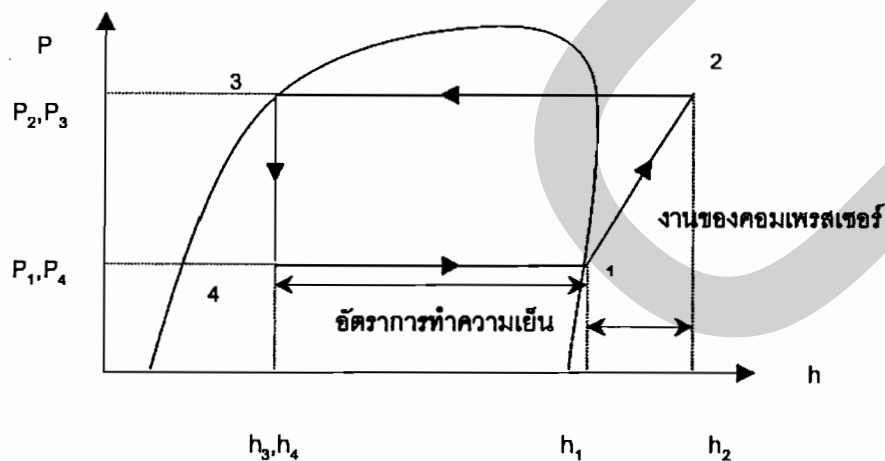
### 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศภายในสารนิพนธ์ฉบับนี้เน้นเฉพาะการวิเคราะห์ส่วนที่มีการใช้พลังงานสูงสุดในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ซึ่งได้แก่ เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เท่านั้น โดยในสารนิพนธ์ฉบับนี้จะหาประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นโดยอ้างอิงจากมาตรฐาน ARI STANDARD 550-590-98 (AIR CONDITIONING & REFRIGERATION INSTITUTE) และจากกฎกระทรวงซึ่งออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

การวิเคราะห์การใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นจะมุ่งเน้นไปที่ค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า เพื่อนำผลมาทำการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ หาจุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน

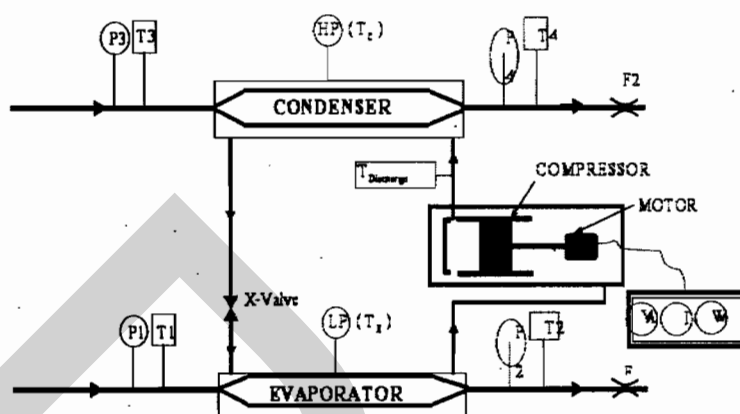
#### 3.5.1 การวัดการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

การวัดและเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นจะอาศัยอัตราส่วน 3 ค่า (ARI 2003) ได้แก่ ประสิทธิภาพเชิงสมรรถนะ COP (Coefficient of Performance) อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานหรือ EER (Energy Efficiency Ratio) และอัตราส่วนกิโลวัตต์ต่อตันความเย็น การใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นจะอาศัยการวิเคราะห์จากขบวนการทำความเย็นแบบวัฏจักรอัดไอ (Vapor compression refrigeration cycle) ซึ่งขบวนการทางอุณหพลศาสตร์ของวัฏจักรดังกล่าวแสดงบนแผนภาพ ความดัน - เอนทาลปีจำเพาะ ( $P-h$  diagram) ดังภาพที่ 3.16 สามารถเปรียบเทียบกับวัฏจักรการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นได้ดังภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.16 ความดัน-เอนทาลปี ( $P-h$  diagram) ของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ





ภาพที่ 3.17 วงจรเครื่องทำน้ำเย็น

### 3.5.2 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการจดบันทึกการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ตารางที่ 3.1 มาคำนวณหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ดังตาราง 3.2

จากข้อมูลการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นนำค่ากิโลวัตต์ต่อตันความเย็นไปคำนวณหาค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า เพื่อเปรียบเทียบผลประหยัดต่อปี และหาระยะเวลาคืนทุนในการพิจารณาคัดเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) นำมาติดตั้งทำความเย็นภายในพื้นที่ชั้นร้านค้า สถานีสุขุมวิท โดยพิจารณาที่ค่าอัตราส่วนกิโลวัตต์ต่อตันความเย็นต่ำสุดและค่ากิโลวัตต์ต่อตันความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ต้องอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กฎกระทรวงกำหนดในด้านการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ

### 3.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่จะทำการศึกษา ซึ่งมีการวิเคราะห์ คือ การใช้เครื่องมือทางการเงินเข้าช่วยวิเคราะห์การตัดสินใจลงทุนในโครงการ โดยทั่วไปมักใช้เกณฑ์ PB NPV IRR

กระบวนการในการวิเคราะห์และตัดสินใจลงทุนในโครงการจะเริ่มจาก

1. หาทางเลือกหรือชนิดของการลงทุนที่ควรนำมาพิจารณา
2. ประมาณกระแสเงินสดที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เงินสดลงทุนเริ่มแรก กระแสเงินสดสุทธิรายปีตลอดอายุของการลงทุน และกระแสเงินสดปีสุดท้ายของการสิ้นสุดการลงทุน
3. เมื่อหากระแสเงินสดสุทธิได้แล้ว ก็นำมาประเมินค่าโครงการด้วยวิธี หาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) หามูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) หาผลตอบแทนของโครงการลงทุน (IRR)

### 3.5.3.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

เกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุนรูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้กันก็คือ ระยะเวลาคืนทุน เกณฑ์นี้ตัดความสำคัญเรื่องเวลาออกไปจากการวิเคราะห์ เพียงพิจารณาว่าโครงการใดสามารถคืนทุนได้เร็วที่สุดก็จะเลือกลงทุนในโครงการนั้น แต่นั่นก็ดีเกณฑ์นี้ยังมีปัญหาดังนี้

- เกณฑ์ระยะเวลาคืนทุน จะไม่พิจารณาช่วงระยะเวลาของการได้มาซึ่งกระแสเงินสดของโครงการ ซึ่งสิ่งนี้แสดงให้เห็นว่า เกณฑ์ระยะเวลาคืนทุนด้อยกว่าเกณฑ์ NPV
- เกณฑ์ระยะเวลาคืนทุน ไม่ให้ความสำคัญกับกระแสเงินสดที่เข้ามาหลังระยะคืนทุน
- ไม่ได้คำนึงถึงมูลค่าของเงินตราตามเวลา

จะเห็นว่าเกณฑ์ระยะเวลาคืนทุนมุ่งเน้น โครงการที่คืนทุนเร็วที่สุดโดยไม่สนใจผลประโยชน์หลังระยะเวลาคืนทุน ซึ่งจะนำไปสู่การตัดสินใจที่ผิดพลาด แม้กระนั้นก็ตามด้วยหลักการง่ายๆของเกณฑ์ระยะคืนทุนดังกล่าว ผู้ที่อยู่ในสถานการณ์ซึ่งต้องทำการตัดสินใจเลือกโครงการเล็กๆจำนวนมาก โดยเฉพาะนักธุรกิจก็ยังคงใช้เกณฑ์นี้อยู่เสมอ

### 3.5.3.2 มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิ ( Net Present Value ; NPV )

ค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการใดก็ตามคือ ผลรวมของค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิ ในแต่ละปีตลอดอายุโครงการ หรือ คือผลต่างระหว่างค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดรับสุทธิทั้งโครงการกับค่าปัจจุบันของเงินลงทุน หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจคือจะต้องเลือกโครงการที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิต่ำกว่าศูนย์ เพราะโครงการลงทุนนั้นให้ผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนของเงินทุนหรือหมายถึงโครงการนั้นมีผลกำไรนั่นเอง เกณฑ์ NPV มีข้อสมมติฐานหรือคุณสมบัติที่สำคัญหลายประการซึ่งทำให้เป็นเกณฑ์ที่นิยมใช้

- NPV ของโครงการหนึ่งเป็นผลมาจากการรวม NPV แบบสะสมในแต่ละปีตลอดอายุโครงการ คุณลักษณะเช่นนี้ไม่ปรากฏในเกณฑ์การตัดสินใจแบบอื่น
- การคำนวณหา NPV ขึ้นกับการคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงอัตราดอกเบี้ย ค่า NPV สามารถคำนวณได้โดยใช้อัตราส่วนลดที่แปรผันตามเวลา สูตร NPV โดยทั่วไปจึงเป็นดังนี้

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{(B_t - C_t)}{1 + r^t}$$

- โดย  $\sum_{t=1}^n$  = คือผลบวกตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึงปีที่ n  
 $B_t$  = กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตั้งแต่ปีที่ 1 ถึงปีที่ n  
 $C_t$  = เงินจ่ายลงทุนหรือกระแสเงินสดจ่ายรายปีตั้งแต่ปีที่ 1 ถึงปีที่ n  
 $t$  = ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ 1 - n  
 $n$  = อายุของโครงการ  
 $r$  = อัตราส่วนลดที่กำหนดให้ในปีที่ t (อัตราดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสของเงินทุน)

### 3.5.3.3 อัตราผลตอบแทนลดค่าของโครงการ ( Internal Rate of Return ; IRR )

เกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุนอีกรูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้กันทั่วไปก็คือ อัตราผลตอบแทนภายใน หรือ IRR IRR มีความสัมพันธ์กับ NPV โดยที่เหตุผลพื้นฐานเบื้องหลังนั้น IRR ก็คือเกณฑ์ซึ่งพยายามที่ค้นหาตัวเลขใดๆ ตัวหนึ่ง ซึ่งนำมาใช้ตัดสินใจในโครงการได้อย่างรวบรัด ตัวเลขดังกล่าวไม่ได้ขึ้นกับอัตราดอกเบี้ย แต่ขึ้นกับกระแสผลประโยชน์สุทธิที่คิดหักแล้วของโครงการ ทั้ง IRR ก็คืออัตราส่วนลด  $r$  ที่ทำให้ NPV ของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์

$$NPV = 0 = \sum_{t=1}^n \frac{(B_t - C_t)}{1+r^t}$$

- โดย  $\sum_{t=1}^n$  = คือผลบวกตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึงปีที่ n  
 $B_t$  = กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตั้งแต่ปีที่ 1 ถึงปีที่ n  
 $C_t$  = เงินจ่ายลงทุนหรือกระแสเงินสดจ่ายรายปีตั้งแต่ปีที่ 1 ถึงปีที่ n  
 $t$  = ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ 1 - n  
 $n$  = อายุของโครงการ  
 $r$  = อัตราส่วนลดที่กำหนดให้ในปีที่ t (อัตราดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสของเงินทุน)

เหตุผลหนึ่งที่ทำให้ IRR เป็นที่นิยมใช้ก็คือผู้วิเคราะห์โครงการสามารถใช้เกณฑ์นี้ได้โดยไม่ต้องรู้ค่าอัตราส่วนลด ซึ่งก็คือต้นทุนของเงินทุน เพราะในการคำนวณหาค่า IRR ไม่จำเป็นต้องใช้อัตราส่วนลด แต่ถ้าจะทำการตัดสินใจ ก็จำเป็นต้องใช้อัตราส่วนลด นั่นคือ ถ้า IRR มีค่ามากกว่า ต้นทุนของเงินทุน แสดงว่าเป็นโครงการที่คุ้มค่าแก่การลงทุน แต่ถ้า IRR มีค่าน้อยกว่า ต้นทุนของเงินทุน ก็จะไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

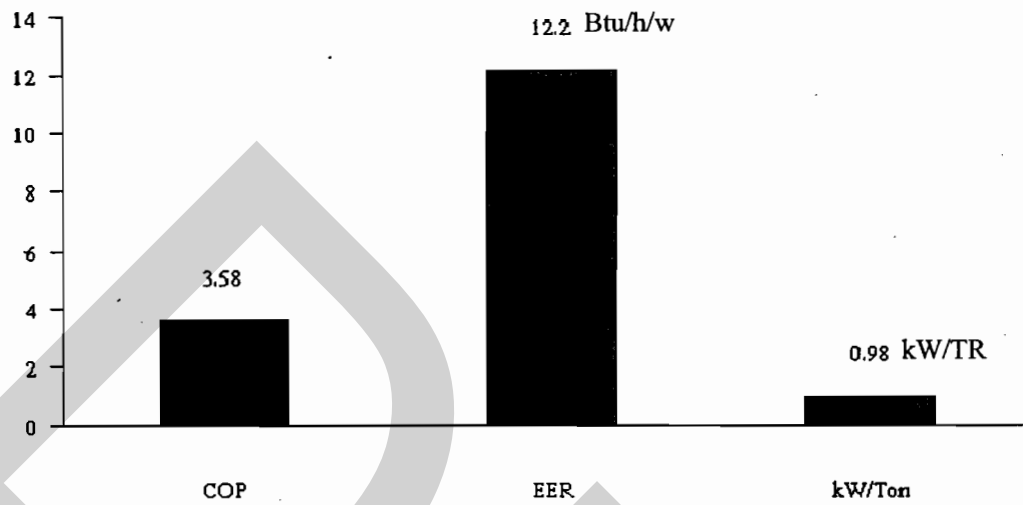
การศึกษานี้เพื่อหาแนวทางปรับปรุงระบบปรับอากาศให้สามารถทำความเย็นได้ตลอดในช่วงเวลาที่เปิดให้บริการในพื้นที่ชั้นร้านค้า สถานีสุขุมวิท ซึ่งเป็นการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างแนวทางการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นกับการพิจารณาคัดเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) นำมาติดตั้ง โดยได้พิจารณาเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ Multistack (Brand M) เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ Train (Brand T) เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ York (Brand Y) ได้รวบรวมผลการศึกษานี้ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.1 ผลการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

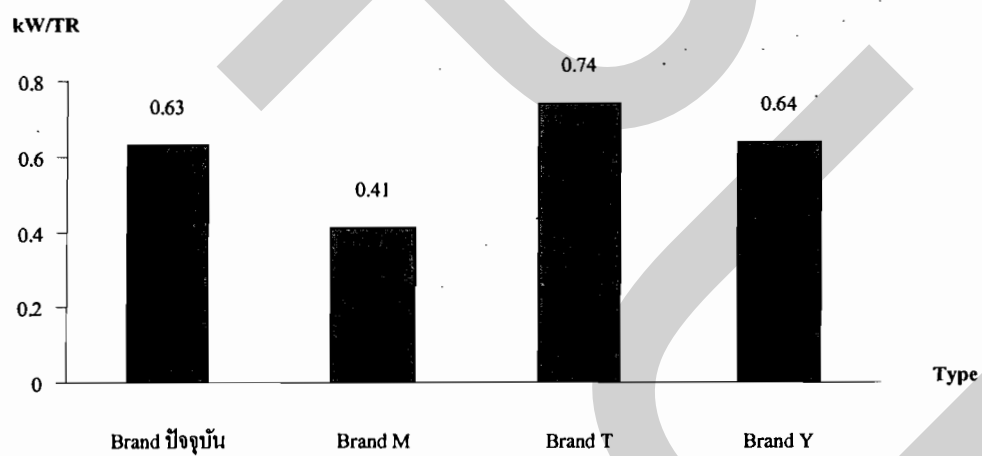
พื้นที่ชั้นร้านค้า สถานีสุขุมวิท ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ มีเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) 1 เครื่องขนาด 150 Tonr เปิดใช้งาน 13.5 ชม/ วัน มีพื้นที่ปรับอากาศของชั้นร้านค้าทั้งหมด 2,580 m<sup>2</sup>

#### 4.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้อยู่ปัจจุบัน

ปัจจุบันเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้งานในพื้นที่ชั้นร้านค้าเป็นเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้งานกันทั่วไปชนิด Shell and Tube ได้เปิดใช้งานมาเป็นระยะเวลาประมาณ 6 ปี มีการบำรุงรักษา (Preventive Maintenance) ตามแผนงานที่กำหนดไว้ตลอดเวลา ได้ตรวจวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) พบว่าอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/TR) มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน ในการพิจารณาคัดเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) นำมาติดตั้งทำความเย็นในพื้นที่ชั้นร้านค้า ต้องพิจารณาในด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลักเพื่ออนุรักษ์การใช้พลังงานในอาคารตามนโยบายของรัฐบาล ซึ่งประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ปัจจุบันแสดงได้ดังภาพที่ 4.1 และเกณฑ์มาตรฐานค่าอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/TR) ของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แต่ละชนิดแสดงได้ดังภาพที่ 4.2



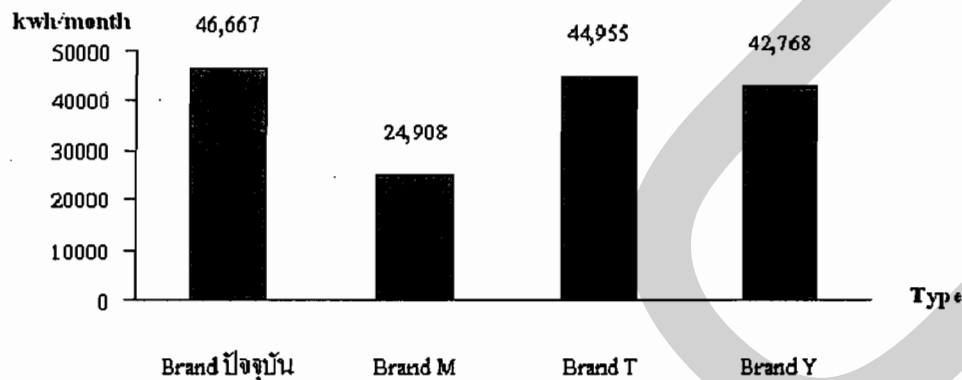
ภาพที่ 4.1 ค่าประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ปัจจุบัน



ภาพที่ 4.2 ค่าอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/TR) ของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

#### 4.3 ผลการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

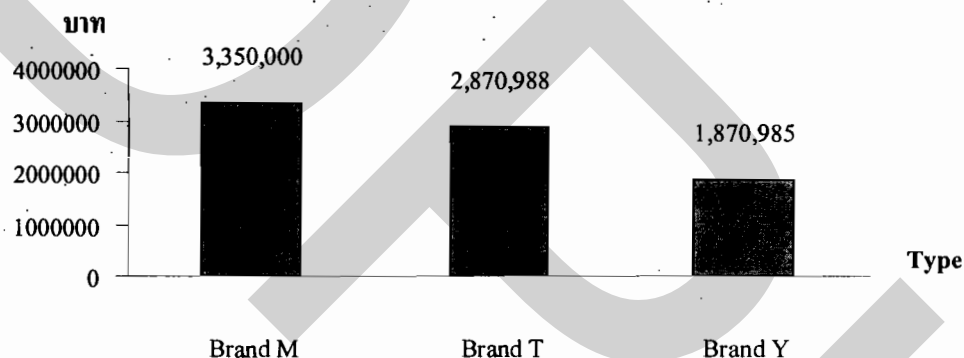
เมื่อพิจารณาการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) Brand T, Brand Y และเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้งานอยู่ปัจจุบัน เป็นเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้งานกันทั่วไปชนิด Shell and Tube ที่ใช้คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw Compressor) ในการดูดและอัดไอสารทำความเย็น ซึ่งใช้กระแสในคอนสแตนต์สูงกว่าปกติ 3 – 5 เท่า ส่งผลให้ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดจะสูงมากเมื่อเริ่มเดินเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) Brand T, Brand Y และเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้งานอยู่ปัจจุบันจะสูงกว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง Brand M ที่ใช้ Magnetic bearing เป็นส่วนประกอบของคอมเพรสเซอร์ แบบไร้ความเสียดทาน ชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ทำงานโดยไม่ต้องใช้น้ำมันหล่อลื่น ทำให้คอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานในการทำควมเย็นน้อยและมีอัตราการการใช้พลังงานในขณะสตาร์ทน้อยมากเมื่อเทียบกับคอมเพรสเซอร์แบบทั่วไป ผลการใช้พลังงานไฟฟ้าแสดงได้ดังภาพที่ 4.3 สำหรับประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) โดยทั่วไปจะหาจากอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อตันทำความเย็น (kW/TR) ซึ่งอัตราค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อตันทำความเย็น (kW/TR) ของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แต่ละชนิดแสดงได้ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.3 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

#### 4.4 ผลการศึกษาค่าอุปกรณ์รวมค่าแรงติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

ในการประมาณค่าใช้จ่ายในการลงทุนการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ในพื้นที่ชั้นร้านค้า มีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการจัดหาอุปกรณ์ รวมทั้งค่าแรงการติดตั้ง ซึ่งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) Brand M มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูงเนื่องจากเป็นเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง มีการใช้พลังงานที่ต่ำมาก สามารถประหยัดพลังงานในอาคารได้ถึง 30 – 40 % ในขณะที่ราคาอุปกรณ์ก็สูงกว่าเป็นเท่าตัวเมื่อเทียบเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) Brand T และ Brand Y ดังภาพที่ 4.4 แต่ก็คุ้มค่ากับการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากราคาของพลังงานที่มีการปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและอายุของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ก็มีการใช้งานมากกว่า 15 – 20 ปี

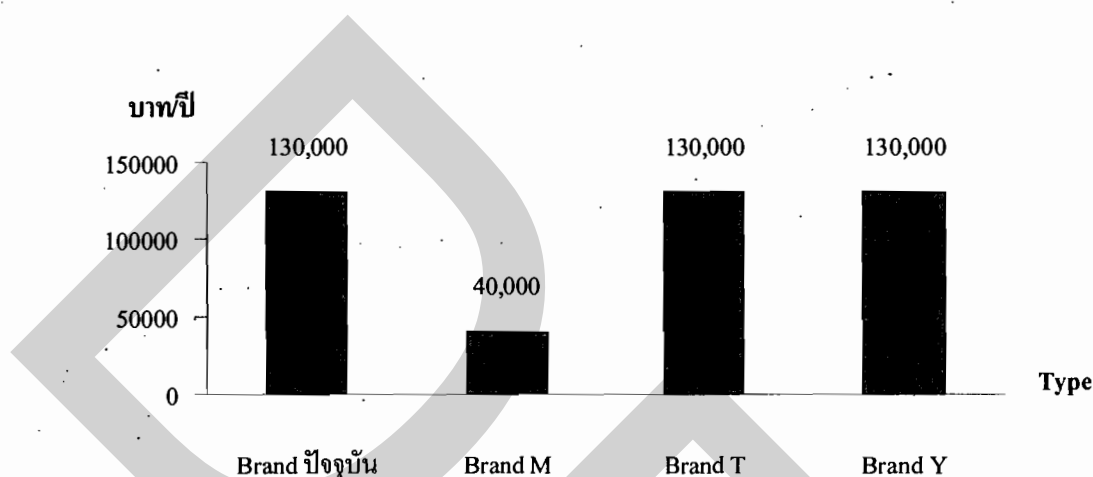


ภาพที่ 4.4 ค่าอุปกรณ์รวมค่าแรงติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

#### 4.5 ผลการศึกษาค่าบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ

การบำรุงรักษาระบบปรับอากาศที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Brand M จะมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ Brand T Brand Y และเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้งานอยู่ปัจจุบัน เนื่องจากใช้ Magnetic bearing เป็นส่วนประกอบของคอมเพรสเซอร์ แบบไร้ความเสียดทาน ชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ทำงานโดยไม่ต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นจึงไม่ต้องทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำมัน เปลี่ยน Oil Filter และใช้ปริมาณสารทำความเย็นน้อยกว่า สำหรับการบำรุงรักษาเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ Brand T Brand Y และเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้งานอยู่ปัจจุบันจะต้องทำการเติมสารเคมีเข้าระบบ เปลี่ยนถ่ายน้ำมัน เปลี่ยน Oil Filter ทำการล้างทำความสะอาด Tube และหากระบบมีการรั่วซึมต้องทำการซ่อมแล้วเติมสารทำความเย็นเข้าระบบซึ่งใช้สารทำความเย็นปริมาณมาก ราคาสูง ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องทำน้ำเย็น

(Chiller) ที่ใช้งานอยู่ปัจจุบันและของ Brand T, Brand Y อยู่ในเกณฑ์ที่สูงรายละเอียดแสดงได้ดังภาพที่ 4.5

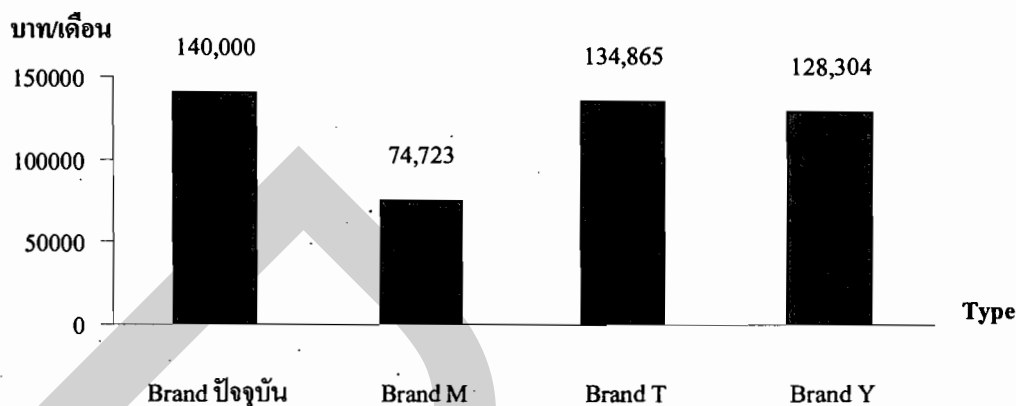


ภาพที่ 4.5 ค่าบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ

#### 4.6 ผลการศึกษาค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) Brand T Brand Y และเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้งานอยู่ปัจจุบัน เป็นเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้งานกันทั่วไป ชนิด Shell and Tube ที่ใช้คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw Compressor) ในการดูดและอัดไอสารทำความเย็น ซึ่งใช้กระแสในคอนสแตนต์สูงกว่าปกติ 3-5 เท่า ส่งผลให้ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดจะสูงมากเมื่อเริ่มเดินเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) Brand T Brand Y และเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้งานอยู่ปัจจุบันจะสูงกว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง Brand M ที่ใช้ Magnetic bearing เป็นส่วนประกอบของคอมเพรสเซอร์ แบบไร้ความเสียดทาน ชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ทำงานโดยไม่ต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นทำให้คอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานในการทำความเย็นน้อยและมีอัตราการการใช้พลังงานในขณะสตาร์ทน้อยมากเมื่อเทียบกับคอมเพรสเซอร์แบบทั่วไป สำหรับค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า โดยทั่วไปจะใช้เกณฑ์อัตราค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อตันทำความเย็น (kW/TR) จากภาพที่ 4.2 และระยะเวลาที่เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทำงานในแต่ละวันนำมาคำนวณประมาณค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า ซึ่งค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าแสดงได้ดังภาพที่ 4.6

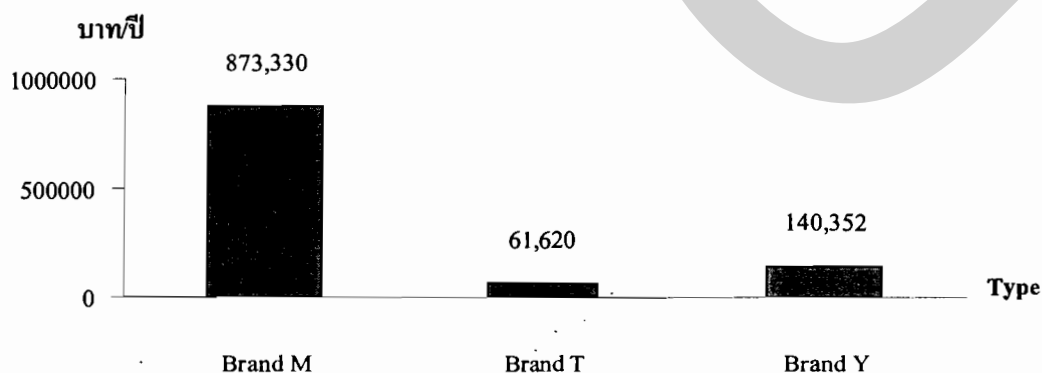




ภาพที่ 4.6 ค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

#### 4.7 ผลการประหยัดค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษา

เมื่อพิจารณาการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Brand M ที่ใช้ Magnetic bearing เป็นส่วนประกอบของคอมเพรสเซอร์ แบบไร้ความเสียดทาน ชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ทำงานโดยไม่ต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นทำให้คอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานในการทำควมเย็นน้อยและมีอัตราการการใช้พลังงานในขณะสตาร์ทน้อยมากเมื่อเทียบกับคอมเพรสเซอร์แบบทั่วไป และไม่ต้องทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำมัน เปลี่ยน Oil Filter และใช้ปริมาณสารทำความเย็นน้อยกว่า ส่งผลให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้ารวมทั้งค่าบำรุงรักษาได้มากกว่าเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ Brand T และ Brand Y หากคิดเป็นเปอร์เซ็นต์สามารถประหยัดได้ประมาณ 48% ต่อปี ผลการประหยัดแสดงได้ดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 ผลการประหยัดค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษา

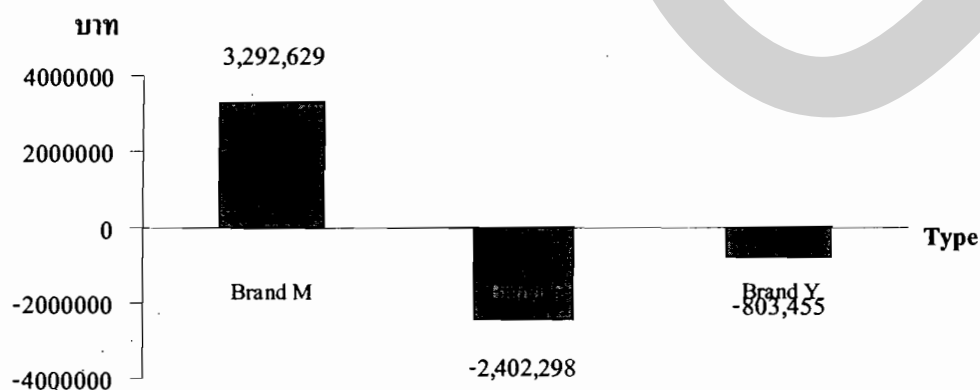
#### 4.8 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ในการเปรียบเทียบการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

การประเมินโครงการลงทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นการนำกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายมาทำการประเมินเพื่อตัดสินใจว่าควรลงทุนในโครงการนั้นๆ หรือไม่และควรเลือกโครงการใดที่จะทำให้งานได้รับผลประโยชน์สูงสุด โดยมีเครื่องมือที่ใช้ประเมินโครงการที่นิยมใช้ต่างๆ ไปดังนี้

- การวิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์ NPV หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจคือ จะต้องเลือกโครงการที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่มากกว่าศูนย์ เพราะโครงการลงทุนนั้นให้ผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนของเงินทุนหรือหมายถึงโครงการนั้นมีผลกำไรนั่นเอง หรือเกณฑ์ในการตัดสินใจ

1.  $NPV = 0$  หมายความว่าอัตราผลตอบแทนของโครงการเท่ากับต้นทุนของเงินทุนพอดี
2.  $NPV = +$  หมายความว่าลงทุนแล้วมีผลกำไรหรือโครงการนั้นทำให้มูลค่าของกิจการเพิ่มขึ้น
3.  $NPV = -$  หมายความว่าโครงการนั้นลงทุนแล้วขาดทุน
4. ถ้าเป็นโครงการที่ทดแทนกันได้ จะเลือกโครงการที่ให้ NPV สูงกว่า

นำผลการประหยัดค่าใช้จ่ายดังภาพที่ 4.7 มาวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิโครงการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ Brand M เมื่อสิ้นสุดโครงการจะให้ผลตอบแทนเป็นบวกมีผลกำไร 3,292,629 บาท นั้นแสดงว่าโครงการนี้คุ้มค่าต่อการลงทุน เมื่อเปรียบเทียบกับการลงทุนการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ Brand T และ Brand Y เมื่อได้คิดเป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิสิ้นสุดโครงการแล้วให้ผลตอบแทนมีค่าติดลบจะขาดทุนเป็นจำนวนเงิน 2,402,298 บาท และ 803,455 บาทตามลำดับ ดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยเกณฑ์การใช้ NPV

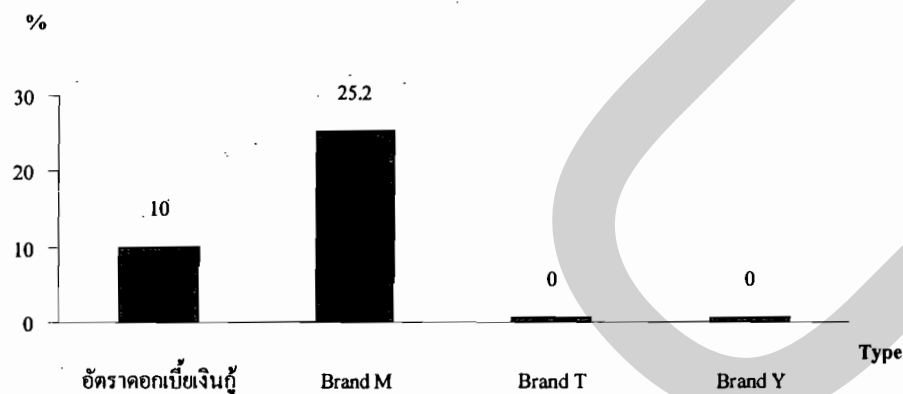
- การวิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์ IRR ส่วนหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจก็จะต้องเลือกโครงการที่มีค่า IRR มากกว่าอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำและต้องมีค่าสูงสุด หรือเกณฑ์ในการตัดสินใจ

1. IRR ของโครงการคือ อัตราผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการนั้น
2.  $IRR =$  ต้นทุนของเงินทุน คือโครงการนั้นให้อัตราผลตอบแทนเท่ากับต้นทุนของ

เงินทุน

3. เลือก  $IRR >$  ต้นทุนของเงินทุน
4. ปฏิเสธ  $IRR <$  ต้นทุนของเงินทุน
5. กรณีเป็นโครงการที่ทดแทนกันเลือก IRR ที่มากกว่า

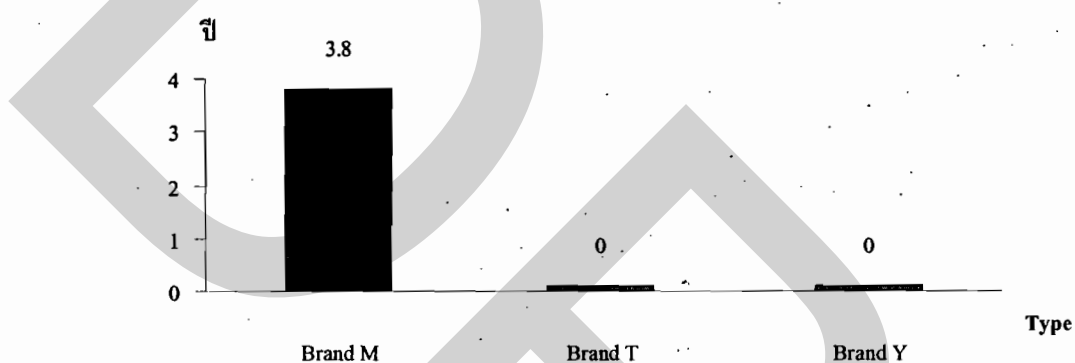
นำผลการประหยัดค่าใช้จ่ายดังภาพที่ 4.7 มาวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ ติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ Brand M เมื่อสิ้นสุดโครงการจะให้ผลตอบแทนมีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าเท่ากับ 25.2% ซึ่งมากกว่าอัตราดอกเบี้ยจ่ายที่ 10% นั้นแสดงว่าโครงการนี้คุ้มค่าต่อการลงทุน สำหรับการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ Brand T และ Brand Y ไม่จำเป็นต้องนำมาคิดอัตราผลตอบแทนภายในเนื่องจากผลการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าติดลบทั้งคู่แสดงว่าโครงการนี้เมื่อลงทุนไปแล้วจะขาดทุน ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยการใช้เกณฑ์ IRR

- การวิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์ PB หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจก็ต้องเลือกโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุดและมีความเสี่ยงน้อยที่สุด จากผลการประหยัดค่าใช้จ่ายดังภาพที่ 4.7 นำผลมาวิเคราะห์พบว่าระยะเวลาคืนทุนโครงการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ Brand M ใช้

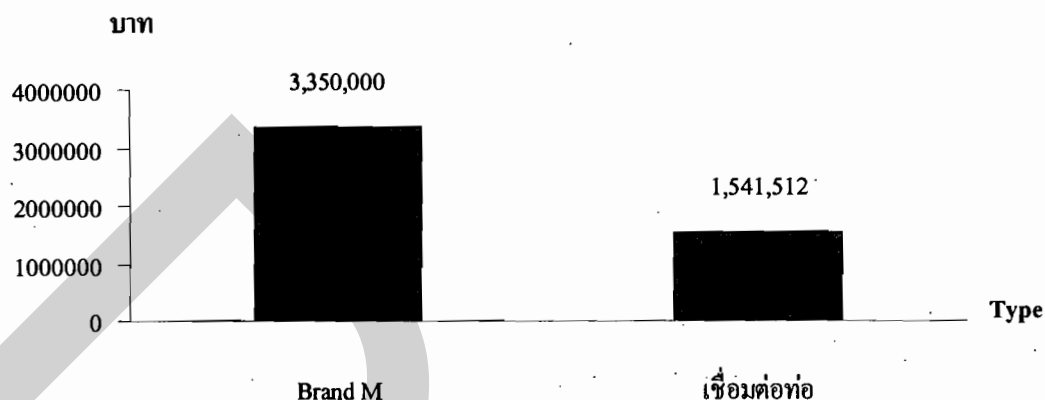
ระยะเวลาในการคืนทุน 3.8 ปี ซึ่งอายุของโครงการคือ 15 ปี สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาต่ออีกเป็นระยะเวลาประมาณ 11 ปี ซึ่งถือว่าคุ้มค่าต่อการลงทุน สำหรับการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ Brand T และ Brand Y ไม่จำเป็นต้องนำมาคิดระยะเวลาในการคืนทุน เนื่องจากผลการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าติดลบทั้งคู่แสดงว่า โครงการนี้เมื่อลงทุนไปแล้วจะขาดทุน ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์ PB

#### 4.9 ผลการศึกษาค่าใช้จ่ายการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นกับการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Brand M

เมื่อพิจารณาคัดเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Brand M ที่ใช้ Magnetic bearing เป็นส่วนประกอบของคอมเพรสเซอร์ แบบไร้ความเสียดทาน ชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ทำงานโดยไม่ต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นทำให้คอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานในการทำความเย็นน้อย และมีอัตราการการใช้พลังงานในขณะสตาร์ทน้อยมากเมื่อเทียบกับคอมเพรสเซอร์แบบทั่วไป สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาได้ประมาณ 48% ต่อปีในขณะที่ราคาค่าอุปกรณ์ที่สูงกว่าเป็นเท่าตัวเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องทำน้ำเย็นดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.11 ค่าอุปกรณ์รวมค่าแรงติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) และการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็น

#### 4.10 การศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ ในการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นเปรียบเทียบกับ การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Brand M

การประเมินโครงการลงทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นการนำกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายมาทำการประเมินเพื่อตัดสินใจว่าควรลงทุนในโครงการนั้นๆ หรือไม่และควรเลือกโครงการใดที่จะทำให้กิจการได้รับผลประโยชน์สูงสุด โดยมีเครื่องมือที่ใช้ประเมินโครงการที่นิยมใช้ทุกๆ ไปดังนี้

- การวิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์ NPV หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจคือ จะต้องเลือกโครงการที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่มากกว่าศูนย์ เพราะโครงการลงทุนนั้นให้ผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนของเงินทุนหรือหมายถึงโครงการนั้นมีผลกำไรนั่นเอง หรือเกณฑ์ในการตัดสินใจ

1.  $NPV = 0$  หมายความว่าอัตราผลตอบแทนของโครงการเท่ากับต้นทุนของเงินทุนพอดี

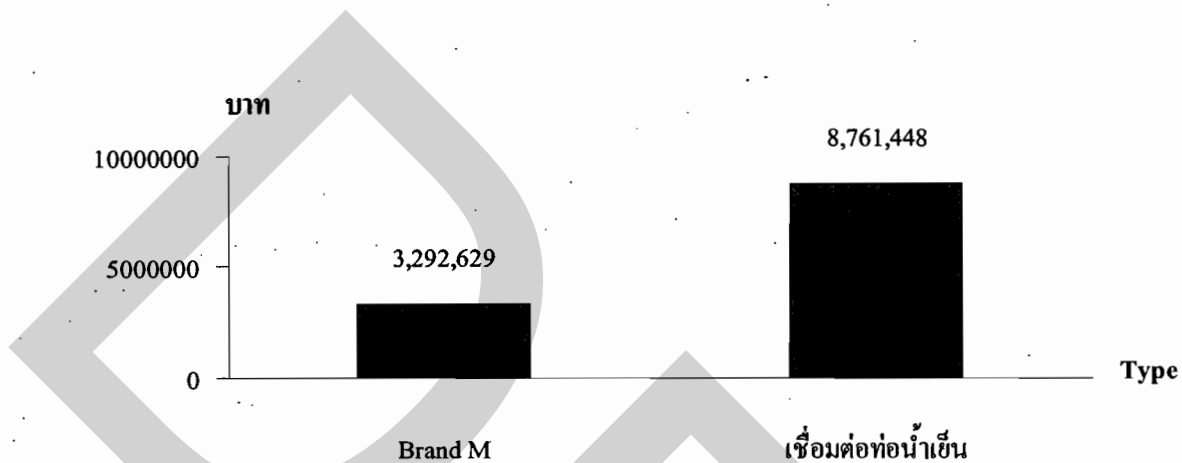
2.  $NPV = +$  หมายความว่าลงทุนแล้วมีผลกำไรหรือโครงการนั้นทำให้มูลค่าของกิจการเพิ่มขึ้น

3.  $NPV = -$  หมายความว่าโครงการนั้นลงทุนแล้วขาดทุน

4. ถ้าเป็นโครงการที่ทดแทนกันได้ จะเลือกโครงการที่ให้ NPV สูงกว่า

นำผลการประหยัดค่าใช้จ่ายดังภาพที่ 4.7 มาวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิโครงการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ Brand M เมื่อสิ้นสุดโครงการจะให้ผลตอบแทนเป็นบวกมีผลกำไร 3,292,629 บาท นั้นแสดงว่าโครงการนี้คุ้มค่าต่อการลงทุน และเมื่อเปรียบเทียบกับโครงการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็น เมื่อสิ้นสุดโครงการจะให้ผลตอบแทนเป็นบวกเช่นกันมีค่า 8,761,448 บาท เป็นโครงการที่

คุ้มค่าต่อการลงทุนเหมือนกันเมื่อเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์ แต่ต้องพิจารณาถึงผลกระทบในการติดตั้งควบคู่กันไปด้วย ดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์ NPV

- การวิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์ IRR หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจคือจะต้องเลือกโครงการที่มีค่า IRR มากกว่าอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำและต้องมีค่าสูงสุด หรือเกณฑ์ในการตัดสินใจ

1. IRR ของโครงการคือ อัตราผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการนั้น
2. IRR = ต้นทุนของเงินทุน คือโครงการนั้นให้อัตราผลตอบแทนเท่ากับต้นทุนของเงินทุน

3. เลือก IRR > ต้นทุนของเงินทุน

4. ปฏิเสธ IRR < ต้นทุนของเงินทุน

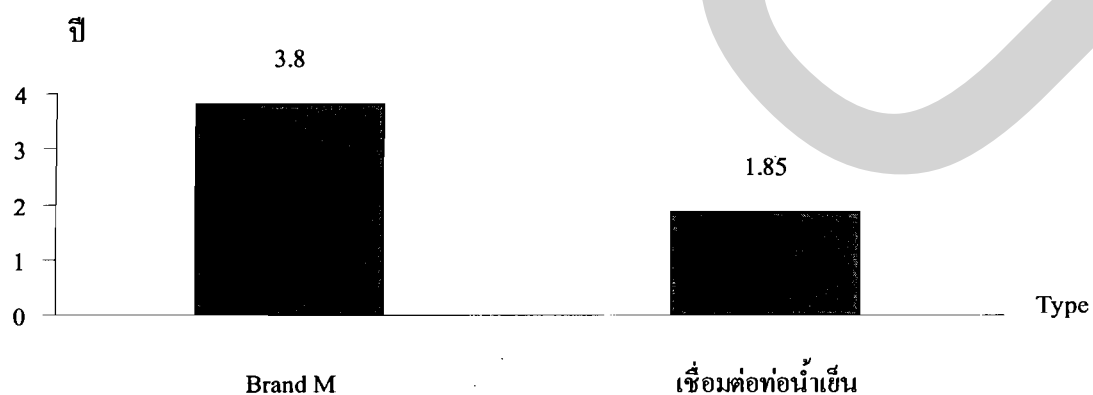
5. กรณีเป็นโครงการที่ทดแทนกันเลือก IRR ที่มากกว่า

นำผลการประหยัดค่าใช้จ่ายดังภาพที่ 4.7 มาวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนภายในโครงการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ Brand M เมื่อสิ้นสุดโครงการจะให้ผลตอบแทนมีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าเท่ากับ 25.2% ซึ่งมากกว่าอัตราดอกเบี้ยจ่ายที่ 10% นั้นแสดงว่าโครงการนี้คุ้มค่าต่อการลงทุน เมื่อเปรียบเทียบกับโครงการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็น เมื่อสิ้นสุดโครงการจะให้ผลตอบแทนภายในเท่ากับ 54.33% ซึ่งมากกว่าอัตราดอกเบี้ยจ่ายที่ 10% เป็นโครงการที่คุ้มค่าต่อการลงทุนเหมือนกันเมื่อเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์ แต่ต้องพิจารณาถึงผลกระทบในการติดตั้งควบคู่กันไปด้วย ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์โดยใช้เกณฑ์ IRR

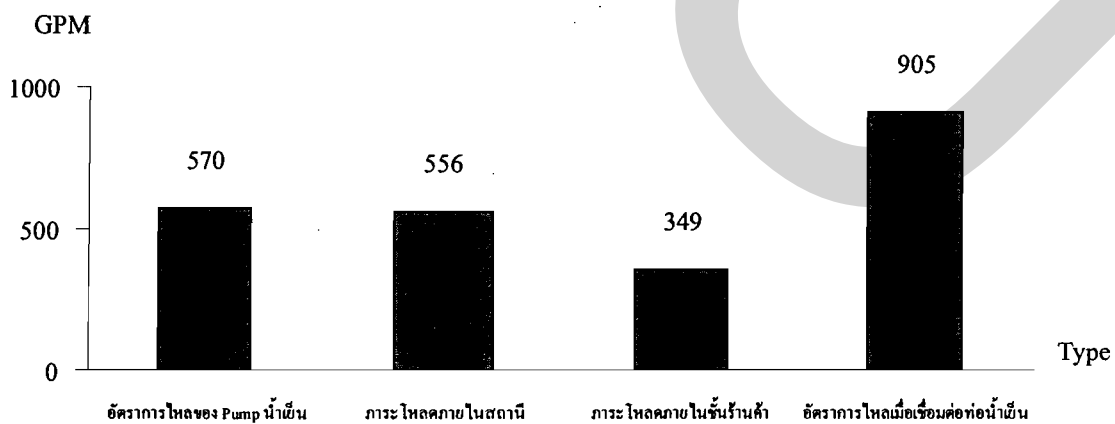
- การวิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์ PB หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจคือต้องเลือกโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุดและมีความเสี่ยงน้อยที่สุด จากผลการประหยัดค่าใช้จ่ายดังภาพที่ 4.7 นำผลมาวิเคราะห์พบว่าระยะเวลาคืนทุนโครงการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ Brand M ใช้ระยะเวลาในการคืนทุน 3.8 ปี ซึ่งอายุของโครงการคือ 15 ปี สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาต่ออีกเป็นระยะเวลาประมาณ 11 ปี ซึ่งถือว่าคุ้มค่าต่อการลงทุน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับ การเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นซึ่งใช้ระยะเวลาในการคืนทุน 1.85 ปี แต่ไม่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ ในการพิจารณาตัดเลือกต้องพิจารณาถึงผลกระทบ ปัญหาและอุปสรรคในการติดตั้งประกอบ ดังภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์ PB

#### 4.11 การศึกษาอัตราการไหลการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็น

เนื่องจากระบบปรับอากาศภายในสถานีสุมวิทมีการติดตั้งใช้งานอยู่ 2 ชุด แยกอิสระจากกัน ชุดที่ 1 จ่ายความเย็นให้ชั้นออกบัตรโดยสารและชั้นชานชะลาภายในสถานีซึ่งเป็นระบบปรับอากาศหลักใช้ระบบส่งน้ำเย็นแบบ Primary – Secondary Loop แบ่งวงจรการจ่ายน้ำเย็นให้กับโหลดออกเป็น 2 วงจร คือวงจรฝั่ง Sound และวงจรฝั่ง North มี Pump ส่งน้ำเย็นทางด้าน Secondary ฝั่งละ 2 ตัวสลับกันทำงานวันละ 1 ตัว สามารถส่งปริมาณน้ำเย็นได้สูงสุดที่อัตราการไหล 570 GPM ในแต่ละฝั่ง ในการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นจะทำการเชื่อมต่อท่อจากฝั่ง Sound ซึ่งมีภาระโหลดน้ำเย็นปัจจุบันทั้งหมด 556 GPM ส่วนชุดที่ 2 เป็นระบบจ่ายน้ำเย็นแบบ Primary only จ่ายความเย็นให้กับพื้นที่ชั้นร้านค้าภายในสถานี มีภาระโหลดน้ำเย็นทั้งหมด 349 GPM เมื่อพิจารณาข้อมูลอัตราการไหลของวงจรน้ำเย็นในกรณีทำการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นมาใช้ยังพื้นที่ชั้นร้านค้า จะมีภาระโหลดน้ำเย็นรวมทั้งหมด 905 GPM ซึ่งมากกว่าประสิทธิภาพของ Pump ที่ใช้งานอยู่ปัจจุบัน จะต้องทำการเปลี่ยน Motor และ Pump ชุดใหม่เพื่อให้สามารถจ่ายปริมาณน้ำเย็นได้เพียงพอต่อความต้องการของภาระโหลดและต้องทำการ Balance ปรับตั้งอัตราการไหลของระบบจ่ายน้ำไปยัง AHU และ FCU ใหม่ ซึ่งต้องใช้เวลาในการทดสอบ อาจส่งผลให้ระบบปรับอากาศทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ มีผลกระทบต่อผู้ใช้บริการภายในสถานีและชั้นร้านค้าที่เปิดให้บริการอยู่ ณ ปัจจุบัน หรืออาจปิดสถานีชั่วคราวเพื่อความสะดวกในการทำงาน ซึ่งปัจจุบันทางสถานีได้ให้ผู้รับเหมาเข้าทำงานได้ หลังจากสถานีเปิดให้บริการเท่านั้น เพื่อป้องกันมิให้กระทบต่อการให้บริการของลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการภายในสถานี ดังภาพที่ 4.14

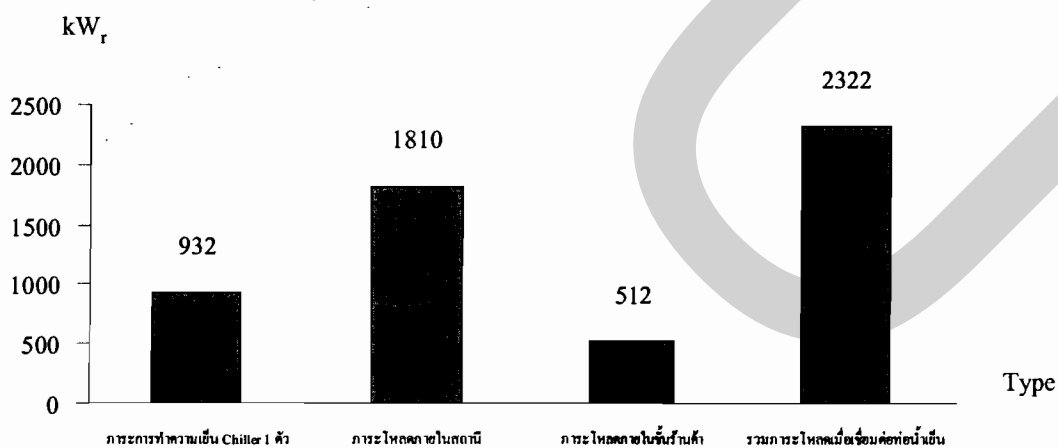


ภาพที่ 4.15 อัตราการไหลของ Pump น้ำเย็นและภาระโหลดภายในสถานี



#### 4.12 ผลการศึกษาภาระโหลดภายในสถานีและภาระโหลดการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นเมื่อเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทำงาน 1 เครื่อง

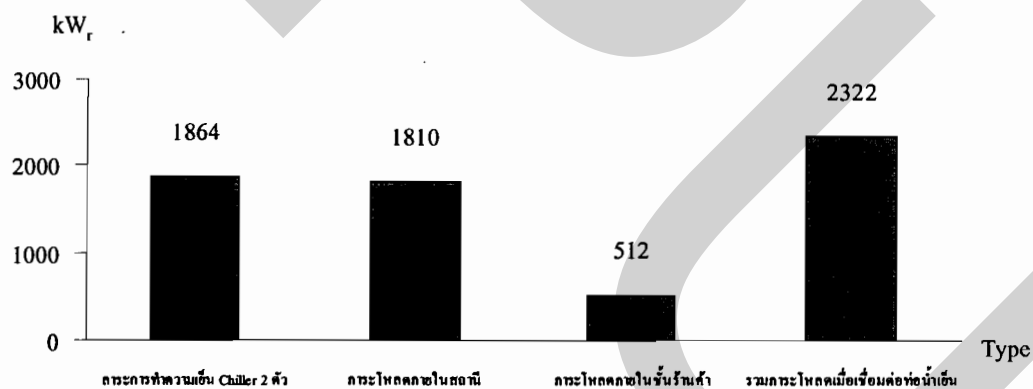
ระบบปรับอากาศภายในสถานี ได้มีการออกแบบติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) 2 เครื่อง มีประสิทธิภาพในการทำความเย็นต่อเครื่อง 932 kW<sub>r</sub> ให้ช่วยกันทำงานในกรณีที่ภาระโหลดภายในสถานีเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เครื่องเดียวอาจไม่สามารถทำความเย็นได้ตามค่าอุณหภูมิที่กำหนด กรณีที่มีโหลดผู้โดยสารเข้ามาใช้บริการพร้อมกันเป็นจำนวนมากเช่น ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น หรือมีอากาศจากภายนอกที่ไม่ได้มีการปรับลดอุณหภูมิไหลเข้ามาภายในสถานี ส่งผลให้อุณหภูมิภายในสถานีเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งภาระโหลดภายในสถานีเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ขึ้นกับจำนวนผู้โดยสารที่เข้ามาใช้บริการ เมื่อพิจารณาทำการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นของระบบปรับอากาศหลัก (Station) ถ่ายทำความเย็นให้กับพื้นที่ชั้นร้านค้าจะส่งผลให้ภาระ โหลดจากพื้นที่ชั้นร้านค้ารวมกับภาระ โหลดภายในสถานีเพิ่มมากกว่าประสิทธิภาพในการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เมื่อทำงานเครื่องเดียว ในกรณีที่เครื่องทำความเย็น (Chiller) อีกเครื่องอาจจะชำรุดหรือทำการซ่อม Overhaul ระบบ จะส่งผลให้เครื่องทำความเย็น (Chiller) ทำงานเครื่องเดียวไม่สามารถทำความเย็นได้ตามค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ อาจจะมีผลกระทบต่อลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการภายในสถานี ซึ่งจะไม่ตรงกับนโยบายของบริษัทที่มุ่งเน้นการให้บริการ โดยคำนึงถึงความพึงพอใจของลูกค้าเป็นหลัก ดังภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.16 ภาระโหลดทำความเย็นเมื่อเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทำงาน 1 เครื่อง

#### 4.13 ผลการศึกษาภาระโหลดภายในสถานีและภาระโหลดการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นเมื่อเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทำงาน 2 เครื่อง

ระบบปรับอากาศภายในสถานี เมื่อเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทำงานพร้อมกัน 2 เครื่อง จะมีประสิทธิภาพในการทำความเย็นภายในสถานี 1,864 kW<sub>r</sub> ในกรณีที่มีโหลดผู้โดยสารเข้ามาใช้บริการพร้อมกันเป็นจำนวนมากเช่น ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น หรือมีอากาศจากภายนอกที่ไม่ได้มีการปรับลดอุณหภูมิไหลเข้ามาภายในสถานี ส่งผลให้อุณหภูมิภายในสถานีเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งภาระโหลดภายในสถานีเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาขึ้นอยู่กับจำนวนผู้โดยสารที่เข้ามาใช้บริการ เมื่อพิจารณาทำการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นของระบบปรับอากาศหลัก (Station) ข่ายทำความเย็นให้กับพื้นที่ชั้นร้านค้าจะส่งผลให้ภาระโหลดจากพื้นที่ชั้นร้านค้ารวมกับภาระโหลดภายในสถานีเพิ่มมากกว่าประสิทธิภาพในการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นทั้ง 2 เครื่องเมื่อทำงานพร้อมกัน จะส่งผลให้เครื่องทำความเย็น (Chiller) ไม่สามารถทำความเย็นได้ตามค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ อาจจะมีผลกระทบต่อลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการภายในสถานี ซึ่งจะไม่ตรงกับนโยบายของบริษัทที่มุ่งเน้นการให้บริการ โดยคำนึงถึงความพึงพอใจของลูกค้าเป็นหลัก ดังภาพที่ 4.16

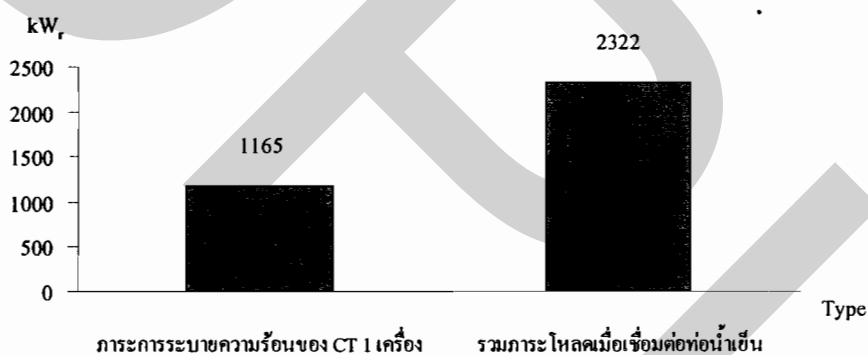


ภาพที่ 4.17 ภาระโหลดภายในสถานีเมื่อเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทำงาน 2 เครื่อง

#### 4.14 ผลการศึกษาภาระการระบายความร้อนของ Cooling Tower ทำงาน 1 เครื่อง

การออกแบบระบบปรับอากาศภายในสถานีได้มีการออกแบบติดตั้ง Cooling Tower ไว้ 2 ชุด ทำงานแยกอิสระจากกัน Cooling Tower 1 ชุดนำพาความร้อนออกไประบายทิ้งของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) 1 เครื่อง มีประสิทธิภาพในการนำพาความร้อนออกไประบายทิ้งต่อเครื่อง 1,165 kW<sub>r</sub> ในขณะที่เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) 1 เครื่อง จะมีประสิทธิภาพในการทำความเย็น 932 kW<sub>r</sub> ซึ่ง

เป็นการออกแบบไว้เหมาะสมและเพียงพอต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) 1 เครื่อง เมื่อพิจารณาทำการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นของระบบปรับอากาศหลัก (Station) จำทำความเย็นให้กับพื้นที่ชั้นร้านค้าจะส่งผลให้ภาระ โหลดจากพื้นที่ชั้นร้านค้ารวมกับภาระ โหลดภายในสถานีเพิ่มมากกว่าประสิทธิภาพในการนำพาความร้อนออกไประบายทิ้งของ Cooling Tower เมื่อทำงานเครื่องเดียว หากในกรณีที่ Cooling Tower อีกเครื่องอาจจะชำรุดหรือทำการซ่อม Overhaul ระบบจะส่งผลให้ Cooling Tower ทำงานเครื่องเดียวไม่สามารถนำพาความร้อนออกไประบายทิ้งได้ตามค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ จะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ไม่สามารถทำความเย็นได้ตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้ อาจจะมีผลกระทบต่อลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการภายในสถานี ซึ่งจะไม่ตรงกับนโยบายของบริษัทที่มุ่งเน้นการให้บริการ โดยคำนึงถึงความพึงพอใจของลูกค้าเป็นหลัก ดังภาพที่ 4.17

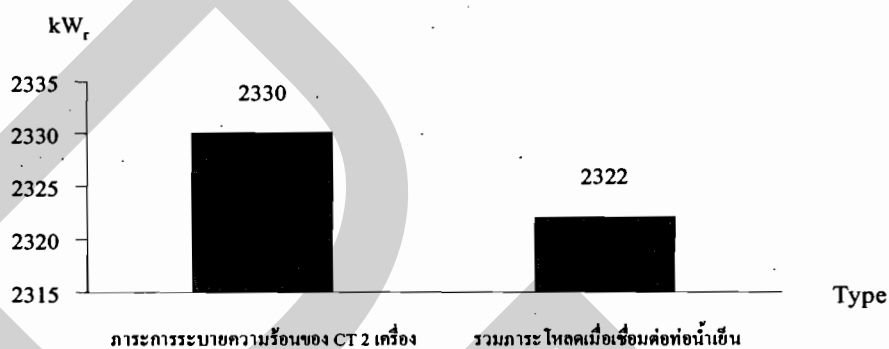


ภาพที่ 4.18 การระบายความร้อนเมื่อ Cooling Tower ทำงาน 1 เครื่อง

#### 4.15 ผลการศึกษาภาระการระบายความร้อนของ Cooling Tower เมื่อทำงาน 2 เครื่อง

ระบบปรับอากาศภายในสถานี เมื่อ Cooling Tower ทำงานพร้อมกันจะมีประสิทธิภาพในการนำพาความร้อนออกไประบายทิ้ง 2,330 kW, ในกรณีที่มีโหลดผู้โดยสารเข้ามาใช้บริการพร้อมกันเป็นจำนวนมากเช่น ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น หรือมีอากาศจากภายนอกที่ไม่ได้มีการปรับลดอุณหภูมิไหลเข้ามาภายในสถานี ส่งผลให้อุณหภูมิภายในสถานีเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งภาระ โหลดภายในสถานีเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาขึ้นอยู่กับจำนวนผู้โดยสารที่เข้ามาใช้บริการ เมื่อพิจารณาทำการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นของระบบปรับอากาศหลัก (Station) จำทำความเย็นให้กับพื้นที่ชั้นร้านค้าจะส่งผลให้ภาระ โหลดจากพื้นที่ชั้นร้านค้ารวมกับภาระ โหลดภายในสถานีเพิ่มมากกว่าประสิทธิภาพในการนำพาความร้อนออกไประบายทิ้งของ Cooling Tower 2 เครื่องเมื่อทำงานพร้อมกัน จะส่งผล

ให้เครื่องทำความเย็น (Chiller) ไม่สามารถทำความเย็นได้ตามค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ อาจจะมีผลกระทบต่อลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการภายในสถานี ซึ่งจะไม่ตรงกับนโยบายของบริษัทฯ ที่มุ่งเน้นการให้บริการ โดยคำนึงถึงความพึงพอใจของลูกค้าเป็นหลัก ดังภาพที่ 4.18



ภาพที่ 4.19 การระบายความร้อนเมื่อ Cooling Tower ทำงาน 2 เครื่อง

#### 4.16 การบำรุงรักษาและระยะเวลาในการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศขนาดใหญ่

การบำรุงรักษาอุปกรณ์ปรับอากาศหลังจากมีการออกแบบและติดตั้งระบบปรับอากาศเป็นอย่างดีแล้วจัดเป็นงานสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งจำเป็นต้องปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง จึงสามารถประหยัดพลังงานได้ตามจุดมุ่งหมายของการออกแบบได้อย่างแท้จริง

ดังนั้นเพื่อให้ผู้รับผิดชอบโดยตรงในการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศสามารถดำเนินการอนุรักษ์หรือประหยัดพลังงานได้อย่างถูกต้องและตรงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ควรจะมีความเข้าใจดังนี้

##### 4.16.1 จุดประสงค์ของการบำรุงรักษา

การบำรุงรักษาระบบปรับอากาศที่ถูกต้อง คือ การรักษาอุปกรณ์และส่วนประกอบต่างๆ ให้อยู่ในสภาพคืออยู่เสมอเพื่อผลดังนี้

- ให้เครื่องอยู่ในสภาพใช้งานได้มากที่สุด
- ลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้และค่าใช้จ่ายในการใช้งาน
- ความปลอดภัยในการทำงาน
- ลดการหยุดการทำงานเนื่องจากอุบัติเหตุและความเสียหาย
- ให้อายุการใช้งานยาวนานขึ้น
- ให้ทำงานด้วยความเรียบร้อย โดยการมีตารางบำรุงรักษาที่เหมาะสม การตรวจสอบ

เป็นระยะๆ การแบ่งงานการบำรุงรักษาที่เหมาะสม การประหยัดกำลังคน การควบคุมค่าใช้จ่ายและการใช้วัสดุที่ถูกต้อง

#### 4.16.2 แนวทางการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ

ก. จะต้องมีเอกสารที่จำเป็นในการบำรุงรักษา ดังนี้

- แบบก่อสร้างและข้อกำหนดทางเทคนิค (Design drawing and specification)
- แบบติดตั้งจริง ( As built drawing )
- แบบ Shop drawing พร้อมบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบหรือเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดของวัสดุและอุปกรณ์ในระหว่างก่อสร้าง
- เอกสารขออนุมัติวัสดุและอุปกรณ์
- บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการปรับแต่งระบบปรับอากาศหลังการติดตั้งแล้วเสร็จ

(Commissioning and startup sheet)

- คู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษาพร้อมข้อมูลทางเทคนิคของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบปรับอากาศ

- รายการ Spare part ของอุปกรณ์ต่างๆ พร้อมรายชื่อและที่อยู่ติดต่อบริษัทผู้จำหน่ายอุปกรณ์

- รายชื่อและที่อยู่ติดต่อบริษัทที่ติดตั้งและดูแลระบบปรับอากาศ

- เอกสารแสดงการใช้กำลังไฟฟ้า เช่น ใบเสร็จค่าไฟ

ข. จะต้องมีการตรวจวัดและจดบันทึกค่าต่างๆทางเทคนิคเพื่อนำมาใช้ในการอนุรักษ์พลังงาน ดังนี้

- อุณหภูมิ

- ความดัน

- กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานหรือปริมาณกระแสไฟฟ้า (Ampere) และแรงดันไฟฟ้า

(Volt) ที่ใช้

- อัตราการไหล

ค. จะต้องมีการวางแผนและจัดตารางเวลาในการบำรุงรักษาที่ชัดเจนเกี่ยวกับ

- กำลังคนที่ใช้

- เวลาและความถี่ที่ต้องใช้

- รายการอุปกรณ์และชิ้นส่วนที่ต้องบำรุงรักษา

- จัดลำดับแนววิธีในการบำรุงรักษา คือ เป็น Preventive Maintenance หรือ ซ่อม

บำรุงตามความจำเป็น (Condition based on maintenance)

- การฝึกอบรมและการประชุมภายใน

#### 4.16.3 ระยะเวลาในการตรวจสอบบำรุงรักษาระบบปรับอากาศขนาดใหญ่

การตรวจสอบบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่กำหนดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุและแก้ไขข้อขัดข้องต่างๆของตัวเครื่อง สามารถทำได้ด้วยการตรวจสอบสภาพตัวเครื่อง การทำความสะอาด และการหล่อลื่นอย่างถูกวิธี การปรับแต่งให้เครื่องทำงานตามวัตถุประสงค์ตามคำแนะนำของคู่มือ รวมทั้งการตรวจสอบและเปลี่ยนอะไหล่ตามกำหนดเวลา มีรายการตรวจสอบดังนี้

- เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เป็นอุปกรณ์ทำความเย็น โดยใช้น้ำเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศที่อยู่ในห้องปรับอากาศเป็นส่วนใหญ่ที่ใช้พลังงานสูงที่สุดในระบบปรับอากาศ จะต้องทำการตรวจสอบการใช้งานอุปกรณ์เพื่อให้ระบบทำงานได้เต็มประสิทธิภาพใช้พลังงานน้อยสุด มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงรายการตรวจสอบเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

ลำดับที่	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก 3 เดือน	ทุกปี
1	คอมเพรสเซอร์ (Compressor)				
1.1	ตรวจสอบความดันน้ำมันหล่อลื่นด้าน High				
1.2	ตรวจสอบความดันน้ำมันหล่อลื่นด้าน Low				
1.3	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น				
1.4	ตรวจสอบ Oil Heater				
1.5	เปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น				
1.6	เปลี่ยน Oil Filter				
1.7	ตรวจสอบความดันของสารทำความเย็นใน Evaporator				
1.8	ตรวจสอบความดันของสารทำความเย็นใน Condenser				
1.9	ตรวจสอบอุณหภูมิของสารทำความเย็นใน Evaporator				
1.10	ตรวจสอบอุณหภูมิของสารทำความเย็นใน Condenser				
1.11	ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าป้อนแต่ละเฟส				
1.12	ตรวจสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าแต่ละเฟส				
1.13	ตรวจสอบกำลังไฟฟ้า				
1.14	ตรวจสอบชั่วโมงการทำงาน				
1.15	ตรวจสอบ % Load				
2	เครื่องควบแน่น (Condenser)				
2.1	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นด้านเข้า				

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ลำดับที่	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก 3 เดือน	ทุกปี
2.2	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นด้านออก				
2.3	ตรวจสอบความดันของน้ำหล่อเย็นด้านเข้า				
2.4	ตรวจสอบความดันของน้ำหล่อเย็นด้านออก				
2.5	ตรวจสอบสวิตช์ควบคุมการไหล (Flow Switch)				
2.6	ตรวจสอบ Pipe Connection				
2.7	ทำความสะอาด Strainer				
3	<b>อีแวปอเรเตอร์ (Evaporator)</b>				
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	ทำการเปลี่ยน Oil Refrigerant				
4	<b>ระบบไฟฟ้าและระบบควบคุม</b>				
4.1	ตรวจสอบ Fuse				
4.2	ตรวจสอบ Control Relay				
4.3	ตรวจสอบและกวดขันขั้วต่อสายไฟ				
4.4	ตรวจสอบ Compressor Winding				
5	<b>อื่นๆ</b>				
5.1	ตรวจสอบข้อมูลใน Log sheet ที่บันทึกไว้				
5.2	ตรวจสอบสภาพภายนอกเช่นสปริงกันสะเทือน				
5.3	ตรวจสอบการทำงานของ Valve ต่างๆ				

- หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนของน้ำหล่อเย็นที่มีอุณหภูมิสูงให้มีอุณหภูมิลดลงตามค่าที่กำหนด โดยใช้อากาศเป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อนทิ้งสู่

บรรยากาศซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีส่วนสำคัญจะต้องทำการตรวจสอบการใช้งานอุปกรณ์และปรับตั้งให้เหมาะสมเพื่อให้ระบบทำงานได้เต็มประสิทธิภาพใช้พลังงานน้อยสุด มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงรายการตรวจสอบหอผึ่งน้ำ

ลำดับที่	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก 6 เดือน	ทุกปี
1	พัดลม				
1.1	ตรวจเสียงคังผิดปกติ				
1.2	ตรวจการสั่นสะเทือน				
1.3	กวคเนื้อด				
1.4	ทำความสะอาด Blower				
2	มอเตอร์				
2.1	ตรวจเสียงคังผิดปกติ				
2.2	กวคเนื้อด				
2.3	ทำความสะอาด				
2.4	ตรวจขั้วต่อสายของสายไฟ				
2.5	วัดกระแสไฟฟ้าที่ใช้				
2.6	วัดแรงดันไฟฟ้า				
3	ฟิลเลอร์				
3.1	ทำความสะอาด				
4	ระบบจ่ายน้ำ				
4.1	ตรวจการอุดตัน				
4.2	ทำความสะอาด				
5	เปลือกนอก / ตัวถัง				
5.1	กวคเนื้อด				
5.3	ทำความสะอาด				
6	ลูกลอย				
6.1	ตรวจการรั่วซึม				
7	ฐานมอเตอร์				
7.1	ตรวจสอบความแข็งแรง				



- เครื่องสูบน้ำเย็นและเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน เป็นอุปกรณ์หมุนเวียนน้ำเย็น และน้ำหล่อเย็นจะต้องทำการตรวจสอบการใช้งานอุปกรณ์และปรับตั้งให้เหมาะสมเพื่อให้ระบบทำงานได้เต็มประสิทธิภาพใช้พลังงานน้อยสุด มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงรายการตรวจสอบเครื่องสูบน้ำ

ลำดับที่	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก 3 เดือน	ทุกปี
1	ตรวจสอบ COUPLING และ ALIGNMENT				
2	ตรวจสอบ Bearing				
3	ตรวจสอบ Mechanical Seal				
4	ตรวจสอบ Flexible Joint				
5	ทำความสะอาด Strainer				
6	ตรวจสอบและกวดขันข้อต่อสายไฟ				
7	ตรวจสอบความดันด้านดูด				
8	ตรวจสอบความดันด้านอัด				
9	ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าแต่ละเฟส				
10	ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าแต่ละเฟส				
11	ตรวจสอบชั่วโมงการทำงาน				
12	ตรวจสอบสภาพภายนอก เช่น สปริงแท่นเครื่อง				

- เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่จ่ายลมเย็นให้กับพื้นที่ ปรับอากาศจะต้องทำการตรวจสอบการใช้งานอุปกรณ์และปรับตั้งให้เหมาะสมเพื่อให้ระบบทำงานได้เต็มประสิทธิภาพใช้พลังงานน้อยสุด รายละเอียดดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงรายการตรวจสอบเครื่องส่งลมเย็น

ลำดับที่	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก 3 เดือน	ทุกปี
1	ทำความสะอาด Air Filter				
2	ตรวจสอบ Bearing				
3	ตรวจสอบความตึงของสายพาน				
4	ตรวจสอบอุณหภูมิตั้ง Thermostat				
5	ตรวจสอบการทำงานของ Control Valve				
6	ตรวจสอบ Balancing Valve				
7	ตรวจสอบการทำงานของ Air Damper				
8	ตรวจสอบการรั่วของ Cooling Coil				
9	ทำความสะอาด Cooling Coil				
10	ทำความสะอาดถาดน้ำทิ้ง				
11	ตรวจสอบและกวดขันข้อต่อสายไฟ				
12	ตรวจสอบแผงไฟฟ้าควบคุม				
13	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำออก				
14	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำเข้า				
15	ตรวจสอบอุณหภูมิ/ ความชื้นลมจ่าย				
16	ตรวจสอบอุณหภูมิ/ ความชื้นลมกลับ				
17	ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าแต่ละเฟส				
18	ตรวจสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าแต่ละเฟส				
19	ตรวจสอบชั่วโมงการทำงาน				
20	ตรวจสอบข้อมูลใน Log Sheet				
21	ตรวจสอบสภาพภายนอก เช่น สปริงแท่นเครื่อง				

สำหรับขั้นตอนการตรวจวัดการคำนวณ การปรับปรุงระบบปรับอากาศในพื้นที่ชั้น  
ร้านค้า พร้อมทั้งรายการวัสดุอุปกรณ์แสดงรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ก ภาคผนวก ค และภาค  
ผนวก ง

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 การศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบแนวทางการปรับปรุงระบบปรับอากาศในพื้นที่ชั้นร้านค้าสถานีสุภูมิวิท เชียงเศรษฐศาสตร์

ผลที่ได้จากการศึกษาโครงการปรับปรุงระบบปรับอากาศในพื้นที่ชั้นร้านค้าสถานีสุภูมิวิทในการพิจารณาคัดเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ให้เหมาะสมกับพื้นที่ในด้านการใช้พลังงานและแนวทางการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทางด้านเศรษฐศาสตร์ในด้านการลงทุนและจุดคุ้มทุนของโครงการ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

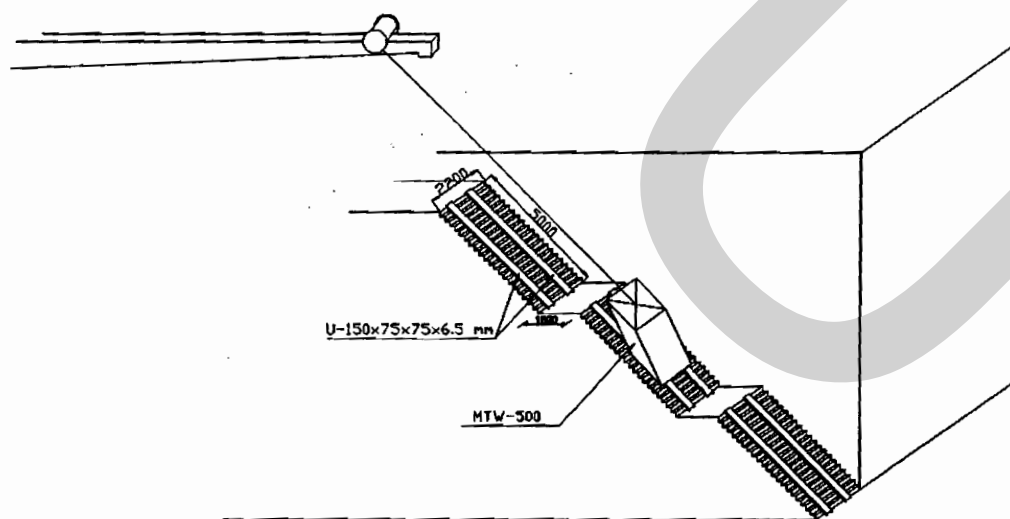
1. ในด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ในแต่ละชนิด พบว่าการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Brand M สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคการปรับอากาศได้ปีละ 261,110 kwh หรือ 46.6% และประหยัดค่าบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ 90,000 บาทต่อปี หรือประหยัดค่าบำรุงรักษาระบบปรับอากาศได้ถึง 69.2% เนื่องจากเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง Brand M เป็นเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) นวัตกรรมใหม่ ที่ใช้ Magnetic bearing เป็นส่วนประกอบของคอมเพรสเซอร์ แบบไร้ความเสียดทาน ชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ทำงานโดยไม่ต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นทำให้คอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานในการทำควมเย็นน้อยและมีอัตราการการใช้พลังงานในขณะสตาร์ทน้อยมาก ไม่ต้องทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำมัน, เปลี่ยน Oil Filter และใช้ปริมาณสารทำความเย็นน้อยกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบทั่วไป ชนิด Shell and Tube ที่ใช้คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw Compressor) ในการดูดและอัดไอสารทำความเย็น ใช้กระแสในคอนสแตนท์สูงกว่าปกติ 3-5 เท่า หากรวมมูลค่าการประหยัดในส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาระบบปรับอากาศในพื้นที่ชั้นร้านค้าสถานีสุภูมิวิท พบว่าสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ปีละ 873,330 บาทต่อปี หรือ 48.25% โดยมีระยะจุดคุ้มทุนของโครงการ 3.8 ปี

2. ในด้านการติดตั้งและการขนย้ายเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ต้องคำนึงถึงขนาดและน้ำหนักของตัวเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ด้วย เนื่องจากพื้นที่ทางเข้าและพื้นที่ในการติดตั้งในสถานีมีขนาดจำกัด ดังภาพ 5.1 และระยะทางในการขนย้ายจากพื้นที่ทางเข้าจากระดับถนนลงไปยังพื้นที่

ในสถานี่มีความลึกประมาณ 15 เมตร หลังคา Entrant ไม่สามารถรองรับการขนอุปกรณ์ที่มีน้ำหนักมากได้ ดังภาพที่ 5.2



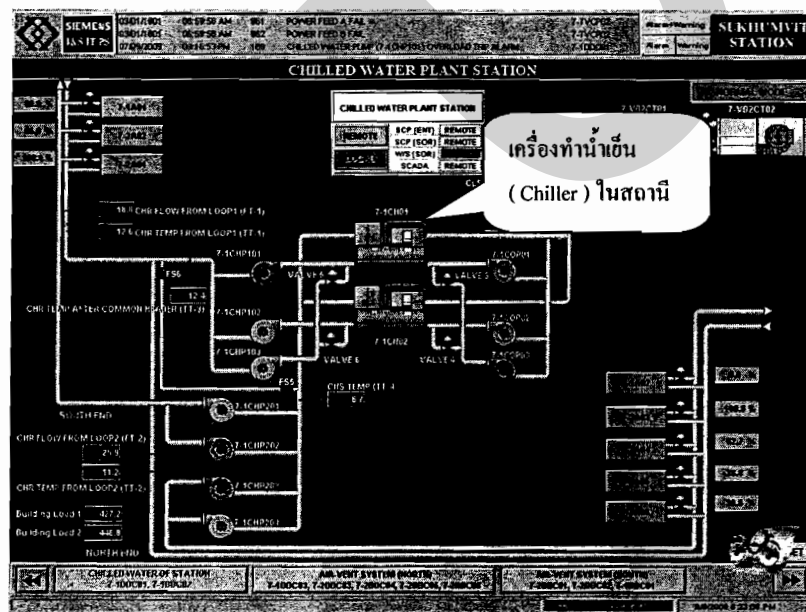
ภาพที่ 5.1 พื้นที่ทางเข้าและพื้นที่ในการติดตั้งในสถานี่สุขุมวิท



ภาพที่ 5.2 การขนย้ายเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ลงในพื้นที่ในสถานี่สุขุมวิท

3. โครงการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นเปรียบเทียบกับ การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Brand M ในด้านค่าใช้จ่ายโครงการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นจากสถานีหลัก (Station) จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่าย 1,808,488 บาทต่อปี โดยมีระยะจุดคุ้มทุนของโครงการ 1.85 ปี แต่จะมีผลกระทบในด้านต่างๆดังนี้

3.1 ในด้านการใช้พลังงานไม่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ เนื่องจากเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ติดตั้งทำความเย็นในพื้นที่หลัก (Station) ยังคงเป็นเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ชนิด Shell and Tube ที่ใช้คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw Compressor) ในการดูดและอัดไอสารทำความเย็น ที่ใช้กระแสในคอนสแตนท์สูงกว่าปกติ 3-5 เท่า ติดตั้งใช้งานมาตั้งแต่เปิดโครงการ ประสิทธิภาพในการทำความเย็นลดลงตามอายุการใช้งานของเครื่อง ซึ่งอาจส่งผลให้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใช้พลังงานในการทำความเย็นสูงกว่าปกติ ซึ่งไม่ตรงกับวัตถุประสงค์ที่มุ่งเน้นแนวทางการปรับปรุงระบบปรับอากาศโดยคำนึงถึงการลดการใช้พลังงานให้เหมาะสมและใช้พลังงานน้อยที่สุด ดังภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.3 เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ติดตั้งใช้งานในสถานีหลัก (Station)

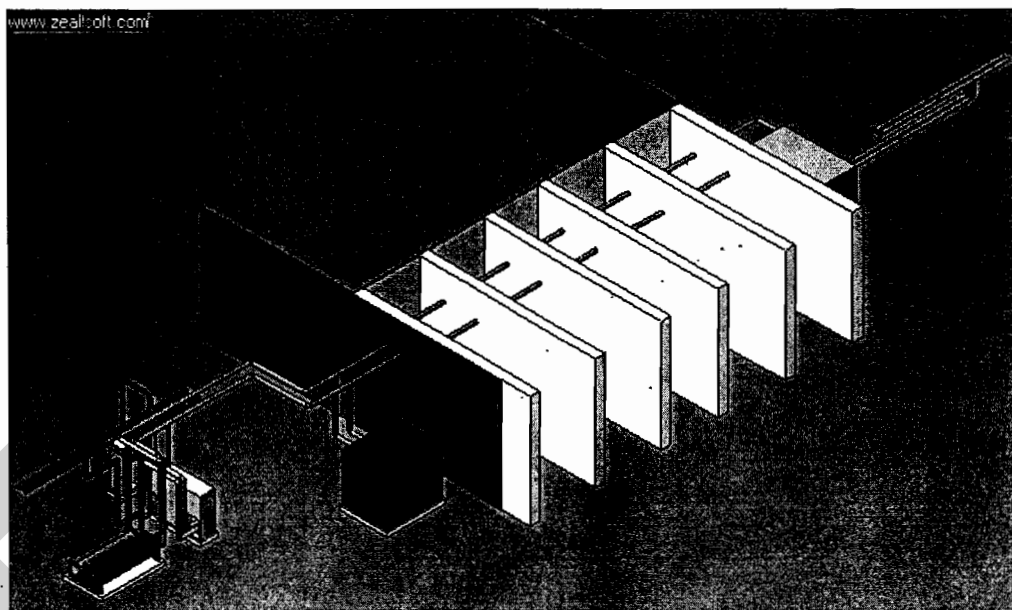
3.2 ในด้านประสิทธิภาพการทำความเย็นหากเครื่องทำความเย็น (Chiller) หลัก (Station) ในสถานีเกิดการชำรุดหรือต้องทำการซ่อม Overhaul เครื่องใดเครื่องหนึ่ง ในช่วงขณะที่เครื่องทำความเย็น (Chiller) ของพื้นที่ชั้นร้านค้าเกิดการชำรุด อาจส่งผลกระทบต่อ การทำความเย็นในพื้นที่ให้บริการภายในสถานี เนื่องจากภาระโหลดในพื้นที่ชั้นร้านค้ารวมกับภาระโหลด

ภายในสถานีหลัก (Station) มากกว่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้งานอยู่ปัจจุบัน ซึ่งปัจจุบันภาระโหลดภายในสถานี (Station) มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนผู้โดยสารที่เข้ามาใช้บริการและสถานะแวดล้อม ในสถานะปกติเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ในสถานีจะสลับกันทำงานหรือทำงานพร้อมกันตามภาระโหลดที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาและอาจส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ในทางอ้อมที่เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ต้องทำงานหนักเพื่อพยายามทำอุณหภูมิน้ำเย็นให้อยู่ในค่าที่กำหนด สิ้นเปลืองพลังงานตามมา

3.3 ในด้านการติดตั้งยังมีอุปสรรคในการติดตั้งเดินท่อน้ำเย็น เนื่องจากแนวทางการเดินท่อน้ำเย็นจากสถานีหลัก (Station) ไปเชื่อมต่อกับท่อน้ำเย็นของพื้นที่ชั้นร้านค้า ต้องผ่านร้านค้าต่างๆ มากมายซึ่งปัจจุบันพื้นที่ชั้นร้านค้าได้เปิดให้ลูกค้าเข้ามาเช่าตกแต่งร้านและเปิดให้บริการเป็นที่เรียบร้อยแล้ว อาจส่งผลให้ร้านค้าได้รับความเสียหายหรืออาจต้องปิดร้านค้าชั่วคราวเพื่อให้การทำงานได้สะดวกและรวดเร็วซึ่งมีผลกระทบต่อรายได้ของผู้เช่าร้านค้า ดังภาพที่ 5.2 5.3 ตามลำดับ



ภาพที่ 5.4 พื้นที่ชั้นร้านค้าที่เปิดให้บริการ



ภาพที่ 5.5 แนวการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นจากสถานีหลัก (Station) มายังชั้นร้านค้า

ดังนั้นโครงการปรับปรุงระบบปรับอากาศในพื้นที่ชั้นร้านค้าที่สถานีสุขุมวิท ให้สามารถทำความเย็นได้ตลอดเวลาในช่วงเวลาที่เปิดให้บริการคือโครงการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง ของ Brand M สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ ได้ปีละ 873,330 บาทต่อปี หรือ 48.25% โดยมีระยะจุกู้มทุนของโครงการ 3.8 ปี ซึ่งอายุการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ในโครงการประมาณ 15 ปี สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาต่ออีกเป็นระยะเวลาประมาณ 11 ปี ซึ่งถือว่าคุ้มค่าต่อการลงทุน

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการพิจารณาคัดเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่จะนำมาติดตั้งทำความเย็นในพื้นที่ชั้นร้านค้า ต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับขนาดพื้นที่ทางเข้าและพื้นที่ในการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เนื่องจากมีพื้นที่ขนาดความกว้างยาวจำกัด และหลังคา Entrant ไม่สามารถรองรับการขนอุปกรณ์ที่มีน้ำหนักมากได้
2. ในการประมาณค่าใช้จ่ายในการลงทุนการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ในพื้นที่ชั้นร้านค้ามีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการจัดหาอุปกรณ์ รวมทั้งค่าแรงการติดตั้ง ซึ่งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) Brand M มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูงเนื่องจากเป็นเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง มีการ

Brand M มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูงเนื่องจากเป็นเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง มีการใช้พลังงานที่ต่ำมาก สามารถประหยัดพลังงานในอาคารได้ถึง 30-40% ในขณะที่ราคาค่าอุปกรณ์ก็สูงกว่าเป็นเท่าตัวเมื่อเทียบเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทั่วไป เมื่อพิจารณาโครงการในการลงทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์จะให้อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มากกว่าอัตราดอกเบี้ยง่าย และใช้ระยะเวลาในการคืนทุน 3.8 ปี ซึ่งคุ้มค่ากับการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากราคาของพลังงานที่มีการปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและอายุของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ก็มีการใช้งานมากกว่า 15 – 20 ปี

3. เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง Brand M ที่ใช้ Magnetic bearing เป็นส่วนประกอบของคอมเพรสเซอร์ แบบไร้ความเสียดทานชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ทำงานโดยไม่ต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นทำให้คอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานในการทำความเย็นน้อยและมีอัตราการการใช้พลังงานในขณะสตาร์ทน้อยมาก สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้ารวมทั้งค่าบำรุงรักษา เนื่องจากไม่ต้องทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำมัน เปลี่ยน Oil Filter และใช้ปริมาณสารทำความเย็นน้อยกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบทั่วไป ชนิด Shell and Tube ที่ใช้คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw Compressor) ในการดูดและอัดไอสารทำความเย็น ซึ่งใช้กระแสในคอนสแตนท์สูงกว่าปกติ 3-5 เท่า หากคิดเป็นเปอร์เซ็นต์สามารถประหยัดได้ประมาณ 48%

### 5.3 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาต่อ

จากผลการศึกษา โครงการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Brand M ทางด้านทฤษฎีพบว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาปีละ 873,330 บาท หรือสามารถประหยัดได้ 48.25% หากโครงการมีงบประมาณมีการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Brand M เพื่อทำความเย็นในพื้นที่ชั้นร้านค้าควรทำการศึกษาต่อ ได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Brand M หากค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (COP) หากค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพของพลังงาน (EER) ค่าอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าต่อต้านความเย็น (kW/TR) และค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษาต่อไป และนำผลไปวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ระหว่างเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทั่วไปและเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบปรับอากาศในสถานีต่อไป

2. ผลกระทบปัญหาอุปสรรคและระยะเวลาในการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Brand M เมื่อนำมาติดตั้งใช้งานในพื้นที่ชั้นร้านค้าโครงการรถไฟฟ้าใต้ดิน เนื่องจากพื้นที่ชั้นร้านค้าปัจจุบันได้เปิดให้บริการทุกวัน ไม่สามารถหยุดเดินเครื่องทำน้ำเย็น



(Chiller) ได้ในช่วงเวลาที่เปิดให้บริการ ดังนั้นในการดำเนินงานต้องวางแผนงานให้ละเอียดรอบคอบเมื่อทำการเชื่อมต่อท่อเข้ากับระบบต้องไม่กระทบกับเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้งานอยู่ปัจจุบัน และต้องระมัดระวังในการขนย้ายเครื่องเนื่องจากพื้นที่ทางเข้ามีขนาดความกว้างจำกัด ต้องทำการขนย้ายจากพื้นระดับถนนลงไปยังพื้นที่ภายในสถานีมีความลาดชันมีความสูงประมาณ 15 เมตร ต้องใช้รถเครนเท่านั้นในการขนย้าย ในการปฏิบัติงานจะมีระยะเวลาจำกัดสามารถเข้าปฏิบัติงานได้หลังจากสถานีเปิดให้บริการในช่วงเวลา 00.30 น. เป็นต้นไปจึงต้องจัดเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือให้พร้อมเพื่อไม่ให้กระทบต่อการปฏิบัติงาน เพื่อศึกษาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบปรับอากาศในสถานีต่อไป

3. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) Brand M เนื่องจากเป็นเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง มีการใช้พลังงานที่ต่ำมาก สามารถประหยัดพลังงานในอาคารได้ถึง 30-40% ในขณะที่ราคาอุปกรณ์ก็สูงกว่าเป็นเท่าตัวเมื่อเทียบเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทั่วไปและในการขนย้ายเครื่องจากพื้นระดับถนนลงไปยังพื้นที่ในสถานีมีความลาดชันมีความสูงประมาณ 15 เมตร ต้องใช้รถเครนในการขนย้ายเครื่อง ในการทำงานภายในสถานีมีระยะเวลาจำกัด สามารถเข้าปฏิบัติงานได้หลังจากสถานีเปิดให้บริการในช่วงเวลา 00.30 น. เป็นต้นไป อาจส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเพื่อศึกษาสำหรับประเมินค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงระบบปรับอากาศในสถานีต่อไป

ป  
ร  
จ

บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

#### หนังสือ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2550). **กรณีศึกษา มาตรการอนุรักษ์พลังงาน ไฟฟ้า**. กรุงเทพฯ : คอนซัลแทนท์ ออฟ เทคโนโลยี.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2551). **คู่มือการฝึกอบรมหลักสูตร การพัฒนาบุคลากรด้านการตรวจวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงานในอาคารธุรกิจ**. กรุงเทพฯ : สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน.

ชูชัย ต. ศิริวัฒนา. (2546). **การทำความเย็นและปรับอากาศ**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ไพบุลย์ เข้มเพื่อน. (2548). **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2551). **มาตรการการอนุรักษ์พลังงานจากเทคโนโลยีที่ประสบความสำเร็จและมีผู้นำไปปฏิบัติแล้วของระบบปรับอากาศ**. กรุงเทพฯ : ไทยวิศวกรที่ปรึกษาทางเลือก.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2546). **ระบบปรับอากาศ ชุดที่ 2**. กรุงเทพฯ : เอ็มแอนคี่.

สมศักดิ์ สุโมตยกุล. (2547). **เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.

#### บทความ

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

ไพบุลย์ หังสพฤกษ์. (2534). “การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ.” **บทความวิชาการ ชุดที่ 1 ขมรมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย**. หน้า 62-63 .

สุภชัย ปัญญาวีร์. (2546). “การประหยัดพลังงานในส่วนน้ำเย็นของระบบปรับอากาศ แบบทำน้ำเย็น.” **ระบบปรับอากาศ ชุดที่ 2 : 40 เรื่องหน้ารู้เทคนิคการปรับอากาศ**. หน้า 165-168.

## วิทยานิพนธ์

- นภดล สายสวัสดิ์. (2548). การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ระบบปรับอากาศแบบส่วนกลาง สำหรับการปรับอากาศในอาคาร 52 คณะครูศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อนุชา คุณทะวงษ์. (2550). การจัดการปรับปรุงระบบปรับอากาศเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยเปลี่ยนระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียวชนิดแยกส่วน เป็นแบบส่วนกลางระบายความร้อนด้วยน้ำ กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (อาคาร 1,2,3 และ 4). สารนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการเทคโนโลยีในอาคาร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

๕

ภาคผนวก

๖

๗

**ภาคผนวก ก**  
**ผลการตรวจวัดและการคำนวณ**

1. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

ทำการตรวจวัดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ในแต่ละช่วงเวลา โดยแบ่งการตรวจวัดออกเป็น 2 ส่วนดังนี้คือ

1. ตรวจวัดและบันทึกค่าทางไฟฟ้า
2. ตรวจวัดและบันทึกค่าอุณหภูมิ อัตราการไหล

โดยการตรวจวัดและบันทึกค่าทางไฟฟ้าเป็นการตรวจวัดเพื่อคำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) สำหรับการตรวจวัดและบันทึกอุณหภูมิ อัตราการไหลของเครื่องทำความเย็น (Chiller) เป็นการตรวจวัดเพื่อคำนวณขีดความสามารถการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) โดยค่าที่ทำการตรวจวัดการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แสดงได้ดังตารางที่ ก. 1 และผลการคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ปรากฏดังตารางที่ ก. 2

ตารางที่ ก. 1 ข้อมูลการตรวจวัดการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

รายการ	อุปกรณ์หรือเครื่อง	ตัวแปร	ผลการตรวจวัด	หน่วย
1	คอมเพรสเซอร์	กระแสไฟฟ้า	81.37	%
2		กำลังไฟฟ้า	83.58	kW
3	คอนเดนเซอร์	อัตราไหลน้ำหล่อเย็น	33.2	LPS
4		ความดันน้ำหล่อเย็นเข้า	49	psi
5		ความดันน้ำหล่อเย็นออก	42	psi
6		อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า	29.5	°C
7		อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นออก	33.5	°C
8	เครื่องระเหย	อัตราไหลน้ำเย็น	21.3	LPS
9		ความดันน้ำเย็นเข้า	65	psi
10		ความดันน้ำเย็นออก	64	psi
11		อุณหภูมิน้ำเย็นเข้า	12.22	°C
12		อุณหภูมิน้ำเย็นออก	8.61	°C
13	สารทำความเย็น	ความดันสูง	698.44	kPa
14		ความดันต่ำ	287.51	kPa

ตารางที่ ก. 2 ข้อมูลการตรวจวัดและผลการคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น  
(Chiller)

รายการ	อุปกรณ์หรือ เครื่อง	ตัวแปร	สูตร	ผลการคำนวณหา ประสิทธิภาพ	หน่วย
1	คอมเพรสเซอร์	กระแสไฟฟ้า	I	81,37	%
2		กำลังไฟฟ้า	$W (1.732 \times V \times I \times \text{Cos}\theta)$	83.58	kW
3		อัตราการไหล	VH	33.2	LPS
4	คอนเดนเซอร์	อุณหภูมิน้ำเข้า	T3	29.50	°C
5		อุณหภูมิน้ำออก	T4	33.50	°C
6		อัตราการไหล	VL	21.3	LPS
7	เครื่องระเหย	อุณหภูมิน้ำเข้า	T1	12.22	°C
8		อุณหภูมิน้ำออก	T2	8.61	°C
9	การทำความเย็น		$QL = 3.895 VL (T1 - T2)$	299	kW
10	ระบายความร้อน		$QH = 4.187 VH (T4 - T3)$	540.7	kW
11	COP		$COP = QL / W$	3.58	
12	kW/Ton		$kW/Ton = 3.52W / QL$	0.98	kW/TR
13	EER		$EER = 3.413 \times COP$	12.2	Btu/hr/ W



2. ผลการวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้ในพื้นที่ชั้นร้านค้าสถานีสุขุมวิท  
 การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบ  
 การใช้พลังงานระหว่างเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบเดิมที่ใช้งานอยู่กับเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)  
 ประสิทธิภาพสูงและเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทั่วไป

2.1 การใช้พลังงานเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า} &= 250,000 \times 0.7 \\ &= 175,000 \text{ บาท/เดือน} \times 0.8 \text{ (เฉพาะค่าเครื่อง Chiller)} \\ &= 140,000 \text{ บาท/เดือน} \\ \text{ค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า} &= 140,000 \times 12 \text{ เดือน/ปี} \\ &= 1,680,000 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

2.2 การใช้พลังงานเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง (Multistack รุ่น MTW500)

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า} &= 150 \text{ TR} \times 0.41 \text{ kW/TR} \times 13.5 \text{ ชม/วัน} \times 30 \text{ วัน/เดือน} \\ &\quad \times 3 \text{ บาท/kWh} \\ &= 74,723 \text{ บาท/เดือน} \\ \text{ค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า} &= 74,723 \text{ บาท/เดือน} \times 12 \text{ เดือน/ปี} \\ &= 896,676 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

2.3 การใช้พลังงานเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทั่วไป (York รุ่น YEWS170SA50D)

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า} &= 165 \text{ TR} \times 0.64 \text{ kW/TR} \times 13.5 \text{ ชม/วัน} \times 30 \text{ วัน/เดือน} \times 3 \\ &\quad \text{บาท/ปี} \\ &= 128,304 \text{ บาท/เดือน} \\ \text{ค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า} &= 128,304 \text{ บาท/เดือน} \times 12 \text{ เดือน/ปี} \\ &= 1,539,648 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

2.4 การใช้พลังงานเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทั่วไป (Train รุ่น RTHD – C1D6E5)

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า} &= 150 \text{ TR} \times 0.74 \text{ kW/TR} \times 13.5 \text{ ชม/วัน} \times 30 \text{ วัน/เดือน} \times 3 \\ &\quad \text{บาท/ปี} \\ &= 134,865 \text{ บาท/เดือน} \\ \text{ค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า} &= 134,865 \text{ บาท/เดือน} \times 12 \text{ เดือน/ปี} \\ &= 1,618,380 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

### 3. งบประมาณการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่

การออกแบบระบบปรับอากาศรวมถึงการประมาณราคาค่าวัสดุและค่าแรงผู้ศึกษาได้ว่าจ้าง บริษัท โอเรียลทัล เอ็นจิเนียริง คอปอร์เรชั่น จำกัด ทำการออกแบบและประมาณราคาการติดตั้ง ซึ่งมูลค่าการลงทุนการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แต่ละชนิดมีต้นทุนรวมทั้งสิ้นเป็นเงินประมาณ ดังนี้

1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง ของ Multistack 3,350,000 บาท
  2. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ York 1,870,985 บาท
  3. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ Train 2,870,985 บาท
- (ราคาวัสดุอุปกรณ์และค่าแรงการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แสดงในภาคผนวก ก)

### 4. ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการพิจารณาคัดเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ จะพิจารณาจากค่าอุปกรณ์ รวมถึงค่าแรงในการติดตั้ง และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศทั้งแบบเดิมที่ใช้งานอยู่และระบบใหม่ที่ได้มีการออกแบบไว้ ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างเครื่องปรับอากาศแบบเดิมกับระบบปรับอากาศที่มีการออกแบบใหม่แสดงได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ ก. 3 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แต่ละชนิด

รายการ	ระบบเดิม	เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง Multistack	เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) Train	เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) York
เครื่องทำน้ำเย็นและวัสดุอุปกรณ์ (บาท)	-	2,979,015	2,500,000	1,500,000
ค่าแรงติดตั้ง (บาท)	-	370,985	370,985	370,985
ค่าอุปกรณ์รวมค่าแรงติดตั้ง (บาท)	-	3,350,000	2,870,985	1,870,985
ค่าบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ (บาท/ปี)	130,000	40,000	130,000	130,000
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)	560,000	298,890	539,460	513,216
ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)	1,680,000	896,670	1,618,380	1,539,648
รวมค่าใช้จ่าย = ค่าไฟฟ้า + ค่าบำรุงรักษา (บาท/ปี)	1,810,000	936,670	1,748,380	1,669,648
ค่าการประหยัด (บาท/ปี)	-	873,330	61,620	140,352

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เป็นการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่  
ทำการศึกษา ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ คือ การใช้เครื่องมือทางการเงินช่วยวิเคราะห์การตัดสินใจลงทุนใน  
โครงการ โดยใช้เกณฑ์ PB NPV IRR สำหรับสมมติฐานการคำนวณดังต่อไปนี้

1. การเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เริ่มดำเนินการทันทีในปีที่พิจารณา
2. กำหนดเงินลงทุนเบื้องต้นมีมูลค่า ณ ปีที่พิจารณา
3. กำหนดอายุการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) มีอายุการใช้งาน 15 ปี
4. กำหนดอัตราดอกเบี้ย 10 % คงที่ตลอดอายุของโครงการ
5. มูลค่าซากไม่มีเนื่องจากเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ยังใช้งานอยู่
6. กำหนดค่าการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและค่าบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ

คงที่ตลอดอายุของโครงการ

สำหรับผลการคำนวณ PB NPV IRR แสดงได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ ก. 4 ผลการวิเคราะห์โครงการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงและ  
ผลลัพธ์ของการใช้เกณฑ์ตัดสินใจการลงทุน

โครงการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Multitrack				
ปี	มูลค่าซากจากโครงการเดิม ( บาท )	ค่าใช้จ่ายลงทุนเริ่มแรก ( บาท )	ผลการประหยัดต่อปี ( บาท )	มูลค่าปัจจุบัน $r = 10\%$
0	-	3,350,000	-	-3,350,000
1	-	-	873,330	793,936.36
2	-	-	873,330	721,760.33
3	-	-	873,330	656,145.76
4	-	-	873,330	596,496.14
5	-	-	873,330	542,272.59
6	-	-	873,330	492,961.71
7	-	-	873,330	448,160.31
8	-	-	873,330	407,412.76
9	-	-	873,330	370,384.66
10	-	-	873,330	336,712.03
11	-	-	873,330	306,098.63

ตารางที่ ก. 4 (ต่อ)

โครงการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Multitrack				
ปี	มูลค่าซากจากโครงการ เดิม ( บาท )	ค่าใช้จ่ายลงทุน เริ่มแรก ( บาท )	ผลการประหยัด ต่อปี ( บาท )	มูลค่าปัจจุบัน $r = 10\%$
12	-	-	873,330	278,272.37
13	-	-	873,330	252,970.48
14	-	-	873,330	229,974.98
15	-	-	873,330	209,070.67
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)				3,292,629.25
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)				25.20%
ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (PB)				3.8

ตารางที่ ก. 5 ผลการวิเคราะห์โครงการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ TRAIN และผลลัพธ์  
ของการใช้เกณฑ์ตัดสินใจการลงทุน

โครงการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ TRAIN				
ปี	มูลค่าซากจากโครงการ เดิม ( บาท )	ค่าใช้จ่ายลงทุน เริ่มแรก ( บาท )	ผลการประหยัดต่อ ปี ( บาท )	มูลค่าปัจจุบัน $r = 10\%$
0	-	2,870,985	-	2,870,985
1	-	-	61,620	56,018.18
2	-	-	61,620	50,925.62
3	-	-	61,620	46,296.02
4	-	-	61,620	42,087.29
5	-	-	61,620	38,261.41
6	-	-	61,620	34,782.12
7	-	-	61,620	31,621.08
8	-	-	61,620	28,746.03
9	-	-	61,620	26,133.42

ตารางที่ ก. 5 (ต่อ)

โครงการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ TRAIN				
ปี	มูลค่าซากจากโครงการเดิม (บาท)	ค่าใช้จ่ายลงทุนเริ่มแรก (บาท)	ผลการประหยัดต่อปี (บาท)	มูลค่าปัจจุบัน $r = 10\%$
10	-	-	61,620	23,757.57
11	-	-	61,620	21,597.56
12	-	-	61,620	19,634.21
13	-	-	61,620	17,848.97
14	-	-	61,620	16,226.46
15	-	-	61,620	14,751.51
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)				2,402,297.55
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และระยะเวลากินทุนของโครงการ (PB) ไม่จำเป็นต้องพิจารณา				

ตารางที่ ก. 6 ผลการวิเคราะห์โครงการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ YORK และผลลัพธ์ของการใช้เกณฑ์ตัดสินใจการลงทุน

โครงการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ YORK				
ปี	มูลค่าซากจากโครงการเดิม (บาท)	ค่าใช้จ่ายลงทุนเริ่มแรก (บาท)	ผลการประหยัดต่อปี (บาท)	มูลค่าปัจจุบัน $r = 10\%$
0	-	1,870,985	-	- 1,870,985
1	-	-	140,352	127,592.73
2	-	-	140,352	115,993.39
3	-	-	140,352	105,448.53
4	-	-	140,352	95,862.30
5	-	-	140,352	87,148.09
6	-	-	140,352	79,223.30

ตารางที่ ก. 6 (ต่อ)

โครงการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ YORK				
ปี	มูลค่าซากจากโครงการเดิม ( บาท )	ค่าใช้จ่ายลงทุนเริ่มแรก ( บาท )	ผลการประหยัดต่อปี ( บาท )	มูลค่าปัจจุบัน $r = 10\%$
7	-	-	140,352	70,023.40
8	-	-	140,352	65,474.90
9	-	-	140,352	59,524.15
10	-	-	140,352	54,112.66
11	-	-	140,352	49,192.81
12	-	-	140,352	44,720.88
13	-	-	140,352	40,654.64
14	-	-	140,352	36,959.05
15	-	-	140,352	33,599.54
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)				- 803,454.63
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (PB) ไม่จำเป็นต้องพิจารณา				

จากการวิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์ NPV IRR PB ในการพิจารณาเพื่อจะทำการคัดเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) มาทำการติดตั้งใช้งานในพื้นที่ชั้นร้านค้าที่สถานีสุขุมวิท พบว่า เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Multistrack เหมาะสมที่จะพิจารณาคัดเลือก เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการคืนทุน 3.8 ปี ซึ่งอายุของโครงการคือ 15 ปี สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาต่ออีกเป็นระยะเวลาประมาณ 11 ปี ซึ่งถือว่าคุ้มค่าต่อการลงทุน และเมื่อพิจารณาจากผลประโยชน์สุทธิซึ่งหากลดเป็นค่าปัจจุบันแล้วแสดงให้เห็นว่าการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Multistrack หลังจากกู้เงินจากสถาบันการเงินมาลงทุนแล้วเมื่อจ่ายเงินคืนค่าลงทุนและค่าดอกเบี้ย (10%) แล้วเมื่อสิ้นอายุของโครงการ จะให้ผลตอบแทน 3,292,617.42 บาท นั้นแสดงว่าโครงการนี้คุ้มค่าต่อการลงทุน เมื่อพิจารณาจากอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าเท่ากับ 25.20% ซึ่งมากกว่าอัตราดอกเบี้ยจ่าย 10% เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทั่วไป ที่วิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์ NPV พบว่ามูลค่าผลประโยชน์สุทธิที่เกิดขึ้นในอนาคตเมื่อได้คิดเป็นค่าปัจจุบันแล้วแสดงให้เห็นว่า นอกจากการลงทุนในการพิจารณาคัดเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) จะไม่ให้ผลประโยชน์แล้ว ยังคงขาดทุนอีกเป็นจำนวนเงิน 2,402,298.38 บาท และ 804,456.53 บาท ตามลำดับ และจะนำผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการ

พิจารณาตัวเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Multistack ไปเปรียบเทียบกับแนวทางปรับปรุงระบบปรับอากาศโดยการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นเพื่อหาแนวทางที่ประหยัดและเหมาะสมที่สุด

5. ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการพิจารณาแนวทางการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นเปรียบเทียบกับติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Multistack

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ จะพิจารณาจากค่าอุปกรณ์ รวมถึงค่าแรงในการติดตั้งและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศในการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นเข้ากับระบบปรับอากาศเดิมและระบบใหม่ที่ได้มีการออกแบบไว้ ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นเข้ากับระบบปรับอากาศแบบเดิมกับระบบปรับอากาศที่มีการออกแบบติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Multistack ใหม่แสดง ได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ ก. 7 การเปรียบเทียบการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นกับการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Multistack

รายการ	เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง Multistack	การเชื่อมต่อท่อน้ำเย็น
เครื่องทำน้ำเย็นและวัสดุอุปกรณ์ (บาท)	2,979,015	1,175,944
ค่าแรงติดตั้ง (บาท)	370,985	365,568
ค่าอุปกรณ์รวมค่าแรงติดตั้ง (บาท)	3,350,000	1,541,512
ผลการประหยัด (บาท/ปี)		1,808,488

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เป็นการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่ทำการศึกษา ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ คือ การใช้เครื่องมือทางการเงินช่วยวิเคราะห์การตัดสินใจลงทุนในโครงการ โดยใช้เกณฑ์ PB NPV IRR สำหรับสมมติฐานการคำนวณดังต่อไปนี้

1. การเชื่อมต่อท่อน้ำเย็น เริ่มดำเนินการทันทีในปีที่พิจารณา
2. กำหนดเงินลงทุนเบื้องต้นมีมูลค่า ณ ปีที่พิจารณา
3. กำหนดอายุการใช้งาน 15 ปี (เท่ากับอายุการใช้งาน Chiller)
4. กำหนดอัตราดอกเบี้ย 10% คงที่ตลอดอายุของโครงการ
5. มูลค่าซากไม่มีเนื่องจากเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ยังใช้งานอยู่
6. กำหนดค่าการประหยัดค่าใช้จ่ายคงที่ตลอดอายุของโครงการ

สำหรับผลการคำนวณ PB NPV IRR แสดงได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ ก. 8 ผลการวิเคราะห์โครงการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็น และผลลัพธ์ของการใช้เกณฑ์ตัดสินใจการลงทุน

โครงการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็น				
ปี	มูลค่าซากจากโครงการเดิม (บาท)	ค่าใช้จ่ายลงทุนเริ่มแรก (บาท)	ผลการประหยัดต่อปี (บาท)	มูลค่าปัจจุบัน $r = 10\%$
0	-	3,350,000	-	- 3,350,000
1	-	-	1,808,488	1,644,080.00
2	-	-	1,808,488	1,494,618.18
3	-	-	1,808,488	1,358,743.80
4	-	-	1,808,488	1,235,221.64
5	-	-	1,808,488	1,122,935.73
6	-	-	1,808,488	1,020,821.86
7	-	-	1,808,488	928,048.44
8	-	-	1,808,488	843,668.59
9	-	-	1,808,488	766,990.97
10	-	-	1,808,488	697,261.83
11	-	-	1,808,488	633,867.72
12	-	-	1,808,488	576,245.22
13	-	-	1,808,488	523,850.19
14	-	-	1,808,488	476,231.20
15	-	-	1,808,488	423,942.64
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)				8,761,448.02
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)				54.33 %
ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (PB)				1.85

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบแนวทางปรับปรุงระบบปรับอากาศในพื้นที่ชั้นร้านค้า สถานีสุขุมวิท โดยการใช้เกณฑ์ PB NPV IRR สามารถสรุปได้ดังนี้คือโครงการที่ทำการเชื่อมต่อท่อ น้ำเย็น มีระยะเวลาในการคืนทุน (PB) 1.85 ปี จะให้ผลตอบแทน (NPV) 8,761,448.02 บาท เมื่อ



พิจารณาจากอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าเท่ากับ 54.33% ซึ่งมากกว่าอัตราดอกเบี้ยจ่าย 10% นั้นแสดงว่าโครงการนี้คุ้มค่าต่อการลงทุน แต่จะมีผลกระทบต่อพื้นที่ร้านค้าที่เปิดให้บริการในแนวทางการติดตั้ง

แต่เมื่อเปรียบเทียบกับโครงการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Multitrack มีระยะเวลาในการคืนทุน (PB) 3.8 ปี จะให้ผลตอบแทน (NPV) 3,292,617.42 บาท เมื่อพิจารณาจากอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าเท่ากับ 25.20% ซึ่งมากกว่าอัตราดอกเบี้ยจ่าย 10% นั้นแสดงว่าโครงการนี้คุ้มค่าต่อการลงทุน ซึ่งอายุของโครงการคือ 15 ปี สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาต่ออีกเป็นระยะเวลาประมาณ 11 ปี ซึ่งถือว่าคุ้มค่าต่อการลงทุน

ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จึงสามารถสรุปได้ว่าแนวทางการปรับปรุงระบบปรับอากาศในพื้นที่ชั้นร้านค้าสถานีสุขุมวิท โครงการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง Multitrack ดำรงใช้เป็นโครงการที่เหมาะสมสำหรับการลงทุน

#### 6. ผลการวิเคราะห์แนวทางการแก้ไขปรับปรุงระบบปรับอากาศโดยการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นจากระบบปรับอากาศหลัก (Station) ไปใช้ยังพื้นที่ชั้น Retail

ในการทำงานติดตั้งท่อน้ำเย็นต้องใช้ระยะเวลาในการติดตั้งเนื่องจากแนวท่อเดินผ่านร้านค้าทำให้ไม่สะดวกและเป็นอุปสรรคในการทำงาน ขณะทำการติดตั้งเดินท่อน้ำเย็นอาจส่งผลให้ร้านค้าได้รับความเสียหายได้หรืออาจต้องปิดร้านค้าชั่วคราวเพื่อให้การทำงานได้สะดวกและรวดเร็ว ซึ่งจะมีผลกระทบต่อรายได้ของผู้เช่าร้านค้า

ในการออกแบบระบบปรับอากาศภายในสถานี ได้มีการออกแบบคัดเลือกขนาด Pump ทางด้าน Secondary มีอัตราการไหลเหมาะสมกับภาระไหลภายในสถานีทั้งฝั่ง South และฝั่ง North ซึ่งสามารถสรุปอัตราการไหลได้ดังตารางที่ ก. 9

ตารางที่ ก. 9 ข้อมูลอัตราการไหลของ Pump และอัตราการไหลของภาระไหลภายในสถานี

วงจรมาน้ำเย็น	Equipment	อัตราการไหลของ Pump (GPM)	ภาระไหลภายในสถานี (GPM)	ภาระไหลชั้น Retail (GPM)
ฝั่ง South	7-1CHP201,202	570.6	556	349
ฝั่ง North	7-1CHP203,204	602.3	679	

จากข้อมูลอัตราการไหลของวงจรจ่ายน้ำเย็นทั้ง 2 วงจร หากทำการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นจากฝั่ง South หรือฝั่ง North มาใช้ยังพื้นที่ชั้น Retail ต้องทำการเปลี่ยน PUMP และ MOTOR ชุดใหม่เนื่องจากมีอัตราการไหลจากชั้น Retail เพิ่มขึ้น และต้องทำการ Balance ระบบจ่ายน้ำไปยัง AHU และ FCU ใหม่ทุกครั้งที่เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ชั้น Retail Breakdown ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการทดสอบ อาจส่งผลให้ระบบปรับอากาศทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ มีผลกระทบต่อผู้ใช้บริการภายในสถานีและชั้นร้านค้า หรืออาจปิดสถานีชั่วคราวเพื่อความสะดวกในการทำงาน

ในการออกแบบระบบปรับอากาศภายในสถานี ได้มีการออกแบบติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) 2 เครื่อง ให้ช่วยกันทำงานในกรณีที่มีภาระโหลดเพิ่มขึ้นซึ่งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เครื่องเดียวอาจไม่สามารถทำน้ำเย็นได้ตามค่าที่กำหนดเนื่องจากภาระโหลดภายในสถานีเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาซึ่งสามารถสรุปค่าภาระโหลดได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ ก. 10 ข้อมูล Capacity ของ Chiller และภาระโหลดภายในสถานี

Equipment	Capacity (kW)	ภาระโหลดฝั่ง South (kW)	ภาระโหลดฝั่ง North (kW)	ภาระโหลดชั้น Retail (kW)
7-1CH01	932	815	995	512
7-1CH02	932			
Total	1864	1810		2322

ในปัจจุบันการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ภายในสถานีจะทำงาน 1 เครื่องเมื่อภาระโหลดน้อยกว่าค่า Capacity ของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) 1 เครื่อง และจะทำงานพร้อมกัน 2 เครื่องเมื่อมีภาระโหลดในสถานีเพิ่มมากขึ้นสลับกันไปตลอดเวลา หากมีการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นของระบบปรับอากาศหลัก (Station) ไปใช้ยังชั้น Retail เป็นการเพิ่มภาระโหลดมากขึ้นดังตาราง หากต้องการหยุดเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของระบบปรับอากาศหลัก (Station) เพื่อซ่อมบำรุงหรือหยุดเพื่อทำการ Overhaul ในช่วงขณะที่เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ภายในชั้น Retail เกิดการ Break down จะส่งผลให้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) หลัก (Station) ที่เหลือไม่สามารถทำน้ำเย็นได้ตามค่าที่กำหนดเนื่องจากมีภาระโหลดเพิ่มมากขึ้น อาจส่งผลกระทบต่อการใช้บริการภายในสถานี

ในการออกแบบระบบปรับอากาศภายในสถานี ได้ออกแบบติดตั้ง Cooling Tower ไว้ 2 ชุด แยกการทำงาน Cooling Tower 1 ชุดนำความร้อนออกไประบายทิ้งของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) 1 เครื่อง ซึ่งค่า Capacity ของ Cooling Tower แสดงได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ ก. 11 ข้อมูลประสิทธิภาพ Capacity ของ Cooling Tower ภายในสถานี

Equipment	Capacity ( kW )	ภาระโหลดภายในสถานี ( kW )	ภาระโหลดในชั้น Retail (kW )
7 - 1CH01	932	1810	512
7 - VB2CT01	1165		
7 - 1CH02	932		
7 - VB2CT02	1165		

จากข้อมูลการออกแบบประสิทธิภาพการระบายความร้อนของ Cooling Tower 1 ชุด จะเหมาะสมกับการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) 1 เครื่อง หากทำการเชื่อมต่อ ท่อน้ำเย็นจากสถานีหลัก (Station) ไปใช้ยังพื้นที่ชั้น Retail เป็นการเพิ่มภาระโหลดดังตาราง หากต้องทำการ Overhaul Cooling หรือหยุดเพื่อซ่อมบำรุง ในช่วงขณะที่เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ภายในชั้น Retail เกิดการ Breakdown จะส่งผลให้ Cooling Tower ไม่สามารถนำความร้อนออกไประบายทิ้งได้ตามที่กำหนดเนื่องจากมีภาระโหลดเพิ่มขึ้น อาจส่งผลให้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ในสถานีไม่สามารถทำน้ำเย็นได้ตามค่าที่กำหนด จะมีผลกระทบต่อการใช้งานภายในสถานี

ดังนั้นจากปัญหาดังกล่าวพอสรุปได้ว่าการติดตั้งเชื่อมท่อน้ำเย็นจากระบบปรับอากาศหลัก (Station) ไปใช้ยังพื้นที่ชั้น Retail ไม่เหมาะสมจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบปรับอากาศภายในสถานีและอาจจะกระทบต่อการให้บริการเดินรถภายในสถานี

#### 7. แนวทางการปรับปรุงระบบปรับอากาศโดยติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เพิ่มเพื่อสำรอง

แนวทางการปรับปรุงระบบปรับอากาศในพื้นที่ชั้นร้านค้าเพื่อให้ระบบปรับอากาศมีสมรรถนะการทำงานสูง สร้างความน่าเชื่อถือต่อผู้เช่าร้านค้าและผู้ให้บริการ จะต้องติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เพิ่มอีกหนึ่งเครื่อง ในการที่จะคัดเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) มาทำการติดตั้งทำความเย็นในพื้นที่ชั้นร้านค้าจะต้องพิจารณาในเรื่องการประหยัดพลังงานเป็นหลัก เนื่องจากระบบปรับอากาศ เป็นระบบที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดในพื้นที่ร้านค้า โดยระบบมีหน้าที่ปรับลดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศในพื้นที่ร้านค้าให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมกับความสบายของผู้ให้บริการ อุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงานในระบบปรับอากาศได้แก่ เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ดังนั้นในการคัดเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) จึงได้พิจารณาเปรียบเทียบหลักการทำงานระหว่างเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทั่วไปและเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่เป็นสยุคยอดแห่งเทคโนโลยีสมัยใหม่ ของ Multistack ที่ใช้ Compressor แบบ Turboco ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ในกรณีติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทั่วไป

- ใช้พลังงานมากเมื่อเดินที่ Part Load
- การติดตั้งยาก
- การขนย้ายเพื่อการติดตั้งยาก
- ใช้เวลาในการซ่อมบำรุงรักษานาน
- เกิด Vibration มาก
- ใช้น้ำยาในระบบมาก เมื่อซ่อมรั่ว
- ต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำมันและกรองน้ำมันทุก 5,000 ชั่วโมง
- Compressor มีเสียงดังมาก
- กินกระแสมากขณะ Start โดยใช้กระแสในการ Start 450-600A

ในกรณีติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบประสิทธิภาพสูง รุ่น MTW-500

- ประหยัดพลังงานกว่าเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทั่วไปเฉลี่ยประมาณ 30-40%
- ทำงานตามภาระ โหลดที่ต้องการจริง
- การติดตั้งง่าย
- การขนย้ายเพื่อการติดตั้งสะดวก
- ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยกว่าแบบเดิม
- สามารถเพิ่มหรือลด ขนาดความเย็นได้
- ใช้ Magnetic bearing จึงไม่ใช้น้ำมันในการหล่อลื่น
- ใช้น้ำยาในระบบน้อย ทำให้ประหยัดค่าบำรุงรักษา
- มีเสียงเบาเพราะ
- ช่วยลด ค่า Peak ในการ Start เพราะเป็นระบบ Soft Start เพียง 6A
- ระบบควบคุมนำสมัย หน้าจอแบบ Touch screen ง่ายสำหรับช่างที่บำรุงรักษา

ดังนั้นจากการเปรียบเทียบการทำงาน จึงเห็นควรพิจารณาคัดเลือกเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบ Multistack รุ่น MTW-500 นำมาติดตั้งทำความเย็นในพื้นที่ชั้นร้านค้า

8. ประโยชน์ที่ได้รับจากการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงเพื่อสำรองใช้

- เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบปรับอากาศส่งผลให้ระบบปรับอากาศพร้อมใช้งานตลอดเวลาไม่ส่งผลกระทบต่อลูกค้าหรือผู้ใช้บริการ
- ลดต้นทุนการใช้พลังงานเป็นการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานภายในองค์กรตามพระราชบัญญัติการอนุรักษ์พลังงาน
- สร้างความน่าเชื่อถือต่อลูกค้าหรือผู้ใช้บริการ
- ได้ศึกษาเทคโนโลยีการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) รูปแบบใหม่

**ภาคผนวก ข**  
**การจัดการด้านการจัดซื้อจัดหาวัสดุอุปกรณ์**

ในการติดตั้งจะต้องมีการเลือกวัสดุ-อุปกรณ์ ที่ใช้ในการติดตั้งปัจจัยสำคัญที่ควรคำนึงคือ

1. เวลาในการส่งมอบ ความเชื่อมั่น ราคา การให้บริการและการอำนวยความสะดวก โดยมีแหล่งจัดหาสำคัญได้แก่

- ตัวแทนจำหน่ายที่ได้รับการแต่งตั้งจากผู้ผลิต
- ผู้จำหน่ายในท้องถิ่น ซึ่งมีการจำหน่ายอุปกรณ์และอะไหล่ของแท่ที่ถูกต้องตาม

ข้อกำหนดและมาตรฐาน

2. ราคาที่ถูกต้อง (Right Price) ราคาควรอยู่ในระดับไม่เกินจากราคามาตรฐานของตลาดแต่มีคุณภาพที่ถูกต้องตามข้อกำหนดการใช้งาน

3. คุณภาพที่ถูกต้อง (Right Quality) ตรงตามมาตรฐานและข้อกำหนด

4. รูปแบบสัญญาที่ถูกต้อง (Right Contract) การออกเอกสารสั่งซื้อควรมีความเจาะจงและชัดเจน โดยมีความถูกต้องตามกฎหมาย เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาค้างในอนาคต

5. การส่งมอบในสถานที่ที่ถูกต้อง (Right Place of Delivery)

6. การบริการหลังการขาย มีความสำคัญมาก ระหว่างผู้ผลิตและผู้ซื้อในระยะยาว และสร้างความเชื่อมั่นต่อการให้บริการ ดังนั้นผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายจะต้องสนับสนุนและให้บริการต่อผู้ใช้งาน เช่น การให้รายละเอียดทางเทคนิค แคลคูล่าอ็อก และการบริการหลังการขาย เป็นต้น ซึ่งการบริการหลังการขายเป็นปัจจัยหนึ่งในการคัดเลือกผู้จำหน่ายเพื่อได้รับบริการในระดับที่สร้างความพึงพอใจต่อผู้ใช้สูงสุด

วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบปรับอากาศของโครงการนี้ มีผลิตภัณฑ์หลายชนิดที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย หาซื้อได้ง่าย ราคาถูก คุณภาพดี ซึ่งรายละเอียดของผู้แทนจำหน่ายและระยะเวลาการสั่งซื้อตามภาคผนวก ค

**ภาคผนวก ก**  
**วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการนี้**

ตารางที่ ค.1 รายการวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการและบริษัทที่ขาย

ลำดับ ที่	รายการวัสดุอุปกรณ์	ระยะเวลา จัดซื้อ (วัน)	ยี่ห้อ	บริษัทที่ขาย	โทรศัพท์
1	Water Cooled Chiller	120	Multistack	มัลติสแท็ค (ประเทศไทย)	02-735-4422
			Train	แอร์โค (ประเทศไทย)	02-704-9999
			York	จอห์นสัน (ประเทศไทย)	02-717-1260
2	Black Steel Pipe	30		แปซิฟิกไพพ์	02-679-9000
				อูคมกจ ฟิตติง วาวล์	02-428-2114
				ไพพ์ ไลน์ ซิสเต็ม	02-896-7619
3	Butterfly Valve	30	Crain	แมสเทคลิงค์	02-942-1433
			Kitz	เคซีเอ็มทานคร	02-678-2530-40
			Toyo	กรุงไทยอุปกรณ์	02-225-8241
4	Pipe Insulation	30	Aeroflex	ตะวันออก อิมพอร์ต	02-943-1433
			Thermafex	เทอร์มาเฟค อินซูเลชั่น	02-933-6370-2
			Armafex	พรพรหมเม็ททอล	02-628-6100
5	Stainless Steel Jacket	30		หจก. ลี แอนด์ สตีล	02-639-0140-8
				เอวี เอสสตีล	02-233-8844
6	Balancing Valve	30	MNG	แสงชัยอีควิปเมนท์	02-628-2600
			Crain	แมสเทคลิงค์	02-942-1433
7	Flexible Connection	30	Mason	แมสัน อะคูสติคส์	02-750-3595
			Tozon	โตเซน (ประเทศไทย)	02-367-5721
			Topflex	เอพีซี อินเตอร์เทรด	02-349-4111
8	Pressure Gauge	30	Weiss	ฮาญูเอ็นจิเนียริง	02-203-0357
			Weksler	เอ็มเจ เอ็มเค	02-887-2887
			Trerice	แมสเทคลิงค์	02-942-1433

## ตารางที่ ค. 1 (ต่อ)

ลำดับ ที่	รายการวัสดุอุปกรณ์	ระยะเวลา จัดซื้อ (วัน)	ยี่ห้อ	บริษัทที่ขาย	โทรศัพท์
9	Thermometer	30	Weiss	หาญเอ็นจิเนียริง	02-203-0357
			Weksler	เอ็มเจ เอ็มเค	02-887-2887
			Trerice	แมสเทคลิงค์	02-942-1433
10	Cable	30	Phelps Dodge	CSS	02-960-1001
			Bangkok Cable	BCC	02-254-4550-9
			Yazaki	UN	02-234-5686
11	Circuit Breaker	60	Square - D	SQD Group	02-437-0100
			ABB	ไทยรุ่งโรจน์	02-744-5544-8
			Siemens	แสงชัยอีคิวแมนท์	02-628-2600
12	Wire Way & Cable Tray	60	SCI	SCI	02-361-8129
			B-Line	แอมเท็ค	02-872-9021
			UI	KSE	02-706-1032

## ภาคผนวก ง

## การจัดการด้านการติดตั้งระบบปรับอากาศของพื้นที่ชั้นร้านค้า

ตารางที่ ง. 1 การติดตั้งระบบปรับอากาศของพื้นที่ชั้นร้านค้า

รายการ	รายละเอียดในการติดตั้ง	กำหนดแล้วเสร็จ (วัน)
1	การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)	
	1.1) ทำการขนอุปกรณ์และเครื่องมือจัดเก็บไว้ในห้องเครื่อง	1
	1.2) ทำการสร้างฐานเป็นพื้นยกคอนกรีตสูงประมาณ 10 เซนติเมตรสำหรับติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)	4
	1.3) ทำการนำเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) มาติดตั้งตรงฐานที่รองรับ	1
	1.4) ทำการเติมน้ำฝั่ง Condenser ออกจากระบบ เสร็จแล้วทำการตัดต่อเชื่อมต่อท่อทั้งด้านน้ำเข้าและน้ำออก พร้อมติดตั้ง Butterfly Valve พร้อมติดตั้ง Hanger & Support รองรับท่อ เสร็จแล้วทำการเติมน้ำเข้าระบบตรวจเช็คระบบพร้อมใช้งานได้ปกติ	1
	1.5) ทำการเติมน้ำฝั่ง Evaporator ออกจากระบบ เสร็จแล้วทำการตัดต่อเชื่อมต่อท่อทั้งด้านน้ำเข้าและน้ำออก พร้อมติดตั้ง Butterfly Valve พร้อมติดตั้ง Hanger & Support รองรับท่อ เสร็จแล้วทำการเติมน้ำเข้าระบบตรวจเช็คระบบพร้อมใช้งานได้ปกติ	1
	1.6) ทำการเชื่อมต่อท่อจาก Butterfly Valve ฝั่ง Condenser เข้ากับเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง พร้อมติดตั้ง Hanger & Support รองรับแนวท่อ, ติดตั้ง Flexible Connection ติดตั้ง Pressure Snubber, Pressure Gauge, Thermo Well, Thermometer เสร็จแล้วเปิด Valve ตรวจเช็คจุดรั่วซึม หากไม่มีการรั่วซึมทำการปิด Valve น้ำ พร้อมเติมน้ำเข้าระบบตรวจเช็คระบบพร้อมใช้งานได้ปกติ	6
	1.7) ทำการเชื่อมต่อท่อจาก Butterfly Valve ฝั่ง Evaporator เข้ากับเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง พร้อมติดตั้ง Hanger & Support, ติดตั้ง Flexible Connection ติดตั้ง Pressure Snubber, Pressure Gauge, Thermo Well, Thermometer เสร็จแล้วเปิด Valve ตรวจเช็คจุดรั่วซึม หากไม่มีการรั่วซึมทำการปิด Valve น้ำ พร้อมเติมน้ำเข้าระบบตรวจเช็คระบบพร้อมใช้งานได้ปกติ	4



ตารางที่ ง. 1 (ต่อ)

รายการ	รายละเอียดในการติดตั้ง	กำหนดแล้วเสร็จ (วัน)
	1.8) ทำการติดตั้งราง Wire Way พร้อมเดินสายไฟจากตู้ Control มายังเครื่อง ทำน้ำเย็น	5
	1.9) ทำการทาสีท่อและทำการหุ้มฉนวนท่อทางฝั่ง Evaporator และหุ้ม Jacket ครอบท่ออีกชั้นหนึ่ง ทำการเติมน้ำทำความสะอาดท่อ เสร็จแล้วทำการ เติมน้ำเข้าระบบ	3
	1.10) ทำการ Test Run เครื่องพร้อมตรวจเช็คการทำงานของระบบ จด ค่าพารามิเตอร์การทำงาน ตรวจเช็คระบบพร้อมใช้งาน ได้ปกติ	1
	1.11) ทำการเก็บอุปกรณ์และเครื่องมือออกจากพื้นที่พร้อมทำความสะอาดพื้นที่	1
2	การติดตั้งเชื่อมท่อน้ำเย็น	
	2.1) ทำการขนอุปกรณ์และเครื่องมือจัดเก็บไว้ในห้องเครื่อง	1
	2.2) ทำการเติมน้ำออกจากระบบฝั่ง Evaporator ของระบบปรับอากาศหลัก (Station) แล้วทำการเชื่อมตัดต่อท่อพร้อมติดตั้ง Butterfly Valve ติดตั้ง Hanger & Support รองรับท่อ	1
	2.3) ทำการเติมน้ำออกจากระบบฝั่ง Evaporator ของระบบปรับอากาศชั้น ร้านค้า (Retail) แล้วทำการเชื่อมตัดต่อท่อพร้อมติดตั้ง Butterfly Valve ติดตั้ง Hanger & Support รองรับท่อ	1
	2.4) ทำการเจาะผนังเดินท่อน้ำเย็นจากห้องเครื่องของระบบปรับอากาศหลัก (Station) เพื่อเชื่อมต่อท่อน้ำเย็น ไปยังห้องเครื่องของระบบปรับอากาศชั้น ร้านค้า (Retail) พร้อมติดตั้ง Hanger & Support รองรับท่อ ติดตั้ง Balancing Valve	20
	2.5) ทำการเชื่อมต่อท่อน้ำเย็นเข้าระบบ พร้อมเปิด Valve เติมน้ำเข้าระบบ ตรวจเช็คหาจุดรั่วซึม หากไม่มีการรั่วซึมทำการทาสีพร้อมหุ้มฉนวนและ หุ้ม Jacket ครอบท่ออีกชั้นหนึ่งพร้อมตรวจสอบความเรียบร้อย ทำการ เติมน้ำทำความสะอาดท่อ เสร็จแล้วทำการเติมน้ำเข้าระบบ	20
	2.6) ทำการ Test Run ระบบพร้อมตรวจเช็คการทำงานของระบบ	1
	2.7) ทำการเก็บอุปกรณ์และเครื่องมือออกจากพื้นที่พร้อมทำความสะอาดพื้นที่	1
	ระยะเวลาอาจมีการเปลี่ยนแปลงช้าหรือเร็ว ขึ้นอยู่กับสถานการณ์หน้างาน	

ตารางที่ ง. 2 แผนการดำเนินงานติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นของพื้นที่ชั้นร้านค้า

รายการ	รายละเอียด	ระยะเวลา (วัน)	Week					
			1	2	3	4	5	6
1	ทำการขุดอุปกรณ์ เครื่องมือและสร้าง ฐานรองรับเครื่องทำน้ำเย็น	5	■					
2	ทำการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นพร้อม เชื่อมต่อท่อและติดตั้ง Butterfly Valve, Pressure Snubber, Pressure Gauge, Thermo Well, Thermometer ติดตั้ง Hanger & Support รองรับท่อ	15		■	■	■		
3	ทำการติดตั้งราง Wire Way พร้อมเดิน สายไฟจากตู้ Control ไปยัง เครื่องทำ น้ำเย็น พร้อมทดสอบการใช้งาน	5					■	
4	ทำการทาสีท่อและหุ้มฉนวนพร้อมทำ ความสะอาดพื้นที่ เก็บอุปกรณ์และ เครื่องมือออกจากพื้นที่	4						■
5	ทำการ Test Run	1						■



**ภาคผนวก จ**  
**รายละเอียดบัญชีราคารายการวัสดุอุปกรณ์**

ตารางที่ จ. 1 บัญชีราคารายการวัสดุอุปกรณ์งานติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

รายการที่	รายละเอียดวัสดุ - อุปกรณ์	รวมราคาค่าของ - ค่าแรง (บาท)
1	WATER COOLED CHILLER OF MULTISTRACK	2,995,515
2	PIPE & FITTING	35,100
3	PIPE INSULATION	62,484
4	VALVE & ACCESSORIES	88,750
5	ELECTRICAL WORK	33,551
6	TEST & COMMISSIONING	15,500
7	งานขนย้ายเครื่องทำน้ำเย็น	110,000
8	งานสร้างฐาน	9,100
	รวม	3,350,000

ตารางที่ จ. 2 บัญชีราคาวัสดุอุปกรณ์งานเชื่อมต่อท่อทำน้ำเย็น

รายการที่	รายละเอียดวัสดุ - อุปกรณ์	รวมราคาค่าของ - ค่าแรง (บาท)
1	PIPE & FITTING	500,167.2
2	PIPE INSULATION	756,777.6
3	VALVE & ACCESSORIES	254,288.8
4	TEST & COMMISSIONING	30,278.4
	รวม	1,541,512

ตารางที่ จ.3 งานปรับปรุงระบบปรับอากาศพื้นที่ชั้นร้านค้าสถานสุขุมวิท

งานปรับปรุง : ติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

ITEM	DESCRIPTION	UNIT	QTY	PRICE				TOTAL
				MATERIAL		LABOUR		
				Per Unit	Total	Per Unit	Total	
1	Water Cooled Chiller	Set	1	2,979,015	2,979,015	16,500	16,500	2,995,515
	<b>Total Item 1</b>				<b>2,979,015</b>		<b>16,500</b>	<b>2,995,515</b>
2	PIPE & FITTING							
2.1	Black Steel Pipe SCH 40 Ø 6 "	M	20	1300	26,000	288.75	5,775	31,775
2.2	Hanger & Support	Set	5	170	850	495	2,475	3,325
	<b>Total Item 2</b>				<b>26,850</b>		<b>8,250</b>	<b>35,100</b>
3	PIPE INSULATION							
3.1	Aeroflex tube Ø 6 "Thick 1½ "	M	20	976	19,520	82.5	1,650	21,170
3.2	Aeroseal	Lot	1	13,664	13,664	1,650	1,650	15,314
3.3	Stainless Steel Jacket	M	20	1,190	23,800	110	2,200	26,000
	<b>Total Item 3</b>				<b>56,984</b>		<b>5,500</b>	<b>62,484</b>
4	VALVE & ACCESSORIES							
4.1	Butterfly Valve ขนาด 6 "	Set	4	5,180	20,720	1,650	6,600	27,320
	Accessories	Lot	1	59,780	59,780	1,650	1,650	61,430
	<b>Total Item 4</b>				<b>80,500</b>		<b>8,250</b>	<b>88,750</b>
5	ELECTRICAL WORK	Lot	1	22,551	22,551	11,000	11,000	33,551
	<b>Total Item 5</b>				<b>22,551</b>		<b>11,000</b>	<b>33,551</b>

ตารางที่ จ. 4 งานปรับปรุงระบบปรับอากาศพื้นที่ชั้นร้านค้าสถานสุขุมวิท

งานปรับปรุง : ติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

ITEM	DESCRIPTION	UNIT	QTY	PRICE				TOTAL
				MATERIAL		LABOUR		
				Per Unit	Total	Per Unit	Total	
6	TEST & COMMISSIONING	Lot	1	10,000	10,000	5,500	5,500	15,500
	<b>Total Item 6</b>				<b>10,000</b>		<b>5,500</b>	<b>15,500</b>
7	งานขนย้ายเครื่องทำน้ำเย็น	Lot	1	100,000	100,000	10,000	10,000	110,000
	<b>Total Item 7</b>				<b>100,000</b>		<b>10,000</b>	<b>110,000</b>
8	งานสร้างฐาน	Lot	1	7,280	7,280	1,820	1,820	9,100
	<b>Total Item 8</b>				<b>7,280</b>		<b>1,820</b>	<b>9,100</b>
	<b>รวม</b>							<b>3,350,000</b>

ตารางที่ จ. 5 งานปรับปรุงระบบปรับอากาศพื้นที่ชั้นร้านค้าสถานสุขุมวิท

งานปรับปรุง : ติดตั้งเชื่อมท่อน้ำเย็น

ITEM	DESCRIPTION	UNIT	QTY	PRICE				TOTAL
				MATERIAL		LABOUR		
				Per Unit	Total	Per Unit	Total	
1	PIPE & FITTING							
1.1	Black Steel Pipe SCH 40 Ø 6 "	M	200	1,300	260,000	438.68	87,736.32	347,736.32
1.2	Hanger & Support	Lot	1	42,700	42,700	21,934.08	21,934.08	64,634.08
1.3	Fitting	Lot	1	51,240	51,240	36,556.8	36,556.8	87,796.8
	<b>Total Item 1</b>				<b>353,940</b>		<b>146,227.2</b>	<b>500,167.2</b>

ตารางที่ จ. 5 (ต่อ)

งานปรับปรุง : ติดตั้งเชื่อมท่อน้ำเย็น

ITEM	DESCRIPTION	UNI T	QTY	PRICE				TOTAL
				MATERIAL		LABOUR		
				Per Unit	Total	Per Unit	Total	
2	PIPE INSULATION							
2.1	Aeroflex tube Ø 6 " Thick 1 ½ "	M	200	1,300	260,000	219.3	43,868.16	303,868.16
2.2	Aeroseal	Lot	1	13,664	13,664	10,967.04	10,967.04	24,631.04
2.3	Stainless Steel Jacket	M	200	2050	410,000	91.39	18,278.4	428,278.4
	<b>Total Item 2</b>				<b>683,664</b>		<b>73,113.6</b>	<b>756,777.6</b>
3	VALVE & ACCESSORIES							
3.1	Butterfly Valve ขนาด 6 "	Set	4	6,830	27,320	19,192.32	76,769.28	104,089.28
3.2	Accessories	Lot	1	99,020	99,020	51,179.52	51,179.52	150,199.52
	<b>Total Item 3</b>				<b>126,340</b>		<b>127,948.8</b>	<b>254,288.8</b>
4	TEST & COMMISSIONING	Lot	1	12,000	12,000	18,278.4	18,278.4	30,278.4
	<b>Total Item 4</b>				<b>12,000</b>		<b>18,278.4</b>	<b>30,278.4</b>
	<b>รวม</b>							<b>1,541,512</b>

## ภาคผนวก ฉ

### การบำรุงรักษาอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ

การบำรุงรักษาอุปกรณ์ปรับอากาศหลังจากมีการออกแบบและติดตั้งระบบปรับอากาศเป็นอย่างดีแล้วจัดเป็นงานสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งจำเป็นต้องปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง จึงสามารถประหยัดพลังงานได้ตามจุดมุ่งหมายของการออกแบบได้อย่างแท้จริง

ดังนั้นเพื่อให้ผู้รับผิดชอบโดยตรงในการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศสามารถดำเนินการอนุรักษ์หรือประหยัดพลังงานได้อย่างถูกต้องและตรงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ควรจะมีความเข้าใจดังนี้

#### 1. จุดประสงค์ของการบำรุงรักษา

การบำรุงรักษาระบบปรับอากาศที่ถูกต้อง คือ การรักษาอุปกรณ์และส่วนประกอบต่างๆ ให้อยู่ในสภาพที่อยู่เสมอเพื่อผลดังนี้

- ให้เครื่องอยู่ในสภาพใช้งานได้มากที่สุด
- ลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้และค่าใช้จ่ายในการใช้งาน
- ความปลอดภัยในการทำงาน
- ลดการหยุดการทำงานเนื่องจากอุบัติเหตุและความเสียหาย
- ให้อายุการใช้งานยาวนานขึ้น
- ให้ทำงานด้วยความเรียบร้อย โดยการมีตารางบำรุงรักษาที่เหมาะสม การตรวจสอบเป็นระยะๆ การแบ่งงานการบำรุงรักษาที่เหมาะสม การประหยัดกำลังคน การควบคุมค่าใช้จ่าย และการใช้วัสดุที่ถูกต้อง

#### 2. แนวทางการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ

ก. จะต้องมีเอกสารที่จำเป็นในการบำรุงรักษา ดังนี้

- แบบก่อสร้างและข้อกำหนดทางเทคนิค (Design drawing and specification)
- แบบติดตั้งจริง (As built drawing)
- แบบ Shop drawing พร้อมบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบหรือเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดของวัสดุและอุปกรณ์ในระหว่างก่อสร้าง
- เอกสารขออนุมัติวัสดุและอุปกรณ์
- บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการปรับแต่งระบบปรับอากาศหลังการติดตั้งแล้วเสร็จ

(Commissioning and startup sheet)



- คู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษาพร้อมข้อมูลทางเทคนิคของอุปกรณ์ต่างๆ

ในระบบปรับอากาศ

- รายการ Spare part ของอุปกรณ์ต่างๆ พร้อมรายชื่อและที่อยู่ติดต่อบริษัทผู้

จำหน่ายอุปกรณ์

- รายชื่อและที่อยู่ติดต่อบริษัทที่ติดตั้งและดูแลระบบปรับอากาศ
- เอกสารแสดงการใช้กำลังไฟฟ้า เช่น ใบเสร็จค่าไฟ

ข. จะต้องมีการตรวจวัดและจดบันทึกค่าต่างๆ ทางเทคนิคเพื่อนำมาใช้ในการอนุรักษ์พลังงาน ดังนี้

- อุณหภูมิ
- ความดัน
- กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานหรือปริมาณกระแสไฟฟ้า (Ampere) และแรงดันไฟฟ้า

(Volt) ที่ใช้

- อัตราการไหล

ค. จะต้องมีการวางแผนและจัดตารางเวลาในการบำรุงรักษาที่ชัดเจนเกี่ยวกับ

- กำลังคนที่ใช้
- เวลาและความถี่ที่ต้องใช้
- รายการอุปกรณ์และชิ้นส่วนที่ต้องบำรุงรักษา
- จัดลำดับแนววิธีในการบำรุงรักษา คือ เป็น Preventive Maintenance หรือ

ซ่อมบำรุงตามความจำเป็น (Condition based on maintenance)

- การฝึกอบรมและการประชุมภายใน

## ภาคผนวก ข

## รายการตรวจสอบการทำงานของระบบปรับอากาศ

ตารางที่ ข.1 รายการตรวจสอบเครื่องทำน้ำเย็น

ลำดับที่	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก 3 เดือน	ทุกปี
1	คอมเพรสเซอร์ (Compressor)				
1.1	ตรวจสอบความดันน้ำมันหล่อลื่นด้าน High		•		
1.2	ตรวจสอบความดันน้ำมันหล่อลื่นด้าน Low		•		
1.3	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น		•		
1.4	ตรวจสอบ Oil Heater			•	
1.5	เปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น				•
1.6	เปลี่ยน Oil Filter				•
1.7	ตรวจสอบความดันของสารทำความเย็นใน Evaporator	•			
1.8	ตรวจสอบความดันของสารทำความเย็นใน Condenser	•			
1.9	ตรวจสอบอุณหภูมิของสารทำความเย็นใน Evaporator	•			
1.10	ตรวจสอบอุณหภูมิของสารทำความเย็นใน Condenser	•			
1.11	ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าป้อนแต่ละเฟส	•			
1.12	ตรวจสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าแต่ละเฟส	•			
1.13	ตรวจสอบกำลังไฟฟ้า	•			
1.14	ตรวจสอบชั่วโมงการทำงาน	•	•		
1.15	ตรวจสอบ % Load	•			
2	เครื่องควบแน่น (Condenser)	•			
2.1	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นด้านเข้า	•			
2.2	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นด้านออก	•			
2.3	ตรวจสอบความดันของน้ำหล่อเย็นด้านเข้า	•			
2.4	ตรวจสอบความดันของน้ำหล่อเย็นด้านออก	•			
2.5	ตรวจสอบสวิตช์ควบคุมการไหล (Flow Switch)		•		

ตารางที่ ข. 2 รายการตรวจสอบเครื่องทำน้ำเย็น (ต่อ)

ลำดับที่	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก 3 เดือน	ทุกปี
2.6	ตรวจสอบ Pipe Connection		•		
2.7	ทำความสะอาด Strainer			•	
3	<b>อีแวปอเรเตอร์ (Evaporator)</b>				
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	ทำการเปลี่ยน Oil Refrigerant				•
4	<b>ระบบไฟฟ้าและระบบควบคุม</b>				
4.1	ตรวจสอบ Fuse		•		
4.2	ตรวจสอบ Control Relay		•		
4.3	ตรวจสอบและกวดขันขั้วต่อสายไฟ		•		
4.4	ตรวจสอบ Compressor Winding				•
5	<b>อื่นๆ</b>				
5.1	ตรวจสอบข้อมูลใน Log sheet ที่บันทึกไว้	•			
5.2	ตรวจสอบสภาพภายนอกเช่นสปริงกันสะเทือน		•		
5.3	ตรวจสอบการทำงานของ Valve ต่างๆ			•	

ตารางที่ ข. 3 รายการตรวจสอบหอฝิ่งน้ำ

ลำดับที่	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก 6 เดือน	ทุกปี
<b>1</b>	<b>พัดลม</b>				
1.1	ตรวจเสียงดังผิดปกติ	•			
1.2	ตรวจการสั่นสะเทือน	•			
1.3	กวัดน้ำ			•	
1.4	ทำความสะอาด Blower			•	
<b>2</b>	<b>มอเตอร์</b>				
2.1	ตรวจเสียงดังผิดปกติ	•			
2.2	กวัดน้ำ			•	
2.3	ทำความสะอาด			•	
2.4	ตรวจขั้วต่อสายของสายไฟ			•	
2.5	วัดกระแสไฟฟ้าที่ใช้	•			
2.6	วัดแรงดันไฟฟ้า	•			
<b>3</b>	<b>ฟิลเลอร์</b>				
3.1	ทำความสะอาด			•	
<b>4</b>	<b>ระบบจ่ายน้ำ</b>				
4.1	ตรวจการอุดตัน		•		
4.2	ทำความสะอาด			•	
<b>5</b>	<b>เปลือกนอก / ตัวถัง</b>				
5.1	กวัดน้ำ				•
5.3	ทำความสะอาด				•
<b>6</b>	<b>ลูกลอย</b>				
6.1	ตรวจการรั่วซึม	•			
<b>7</b>	<b>ฐานมอเตอร์</b>				
7.1	ตรวจสอบความแข็งแรง				•

ตารางที่ ข.4 รายการตรวจสอบเครื่องสูบน้ำ

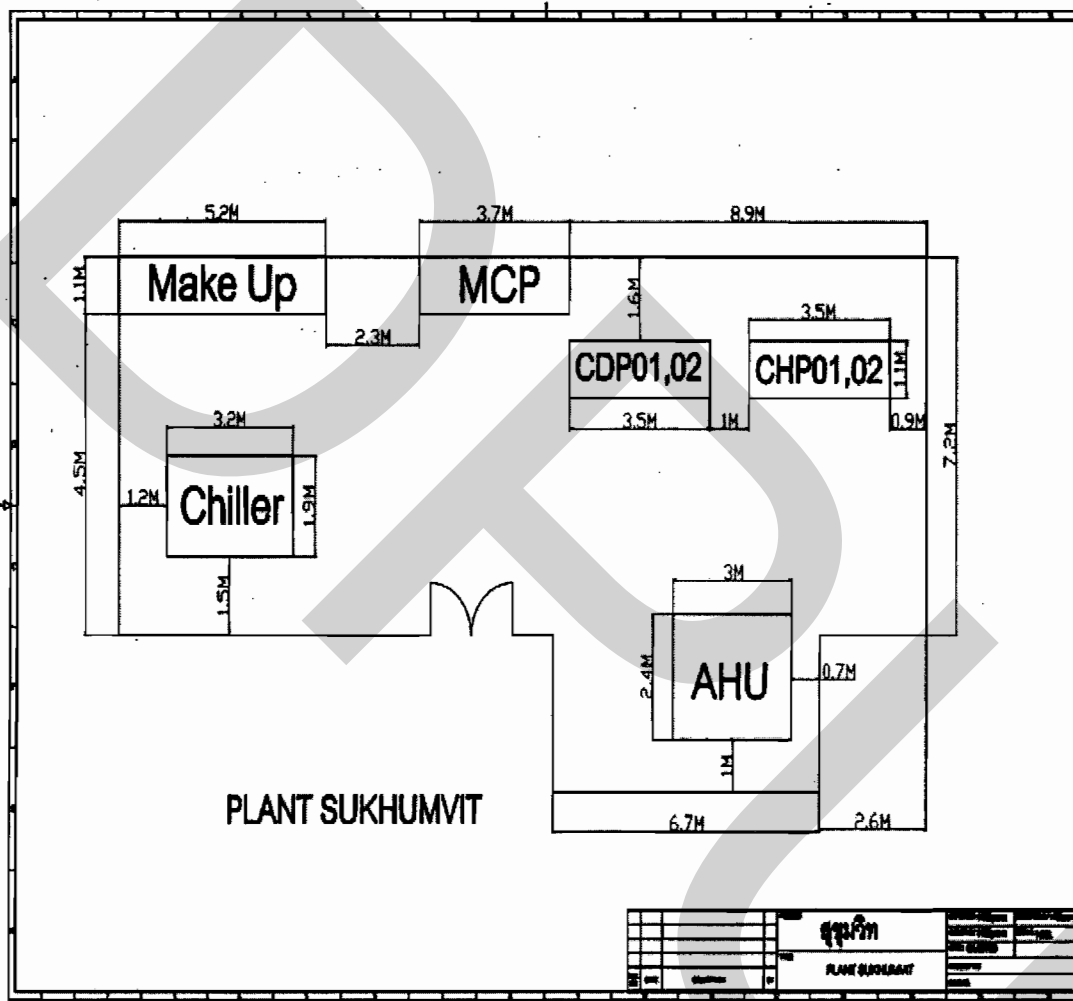
ลำดับที่	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก 3 เดือน	ทุกปี
1	ตรวจสอบ COUPLING และ ALIGNMENT			●	
2	ตรวจสอบ Bearing		●		
3	ตรวจสอบ Mechanical Seal		●		
4	ตรวจสอบ Flexible Joint		●		
5	ทำความสะอาด Strainer			●	
6	ตรวจสอบและกวดขันข้อต่อสายไฟ			●	
7	ตรวจสอบความดันด้านดูด	●			
8	ตรวจสอบความดันด้านอัด	●			
9	ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าแต่ละเฟส	●			
10	ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าแต่ละเฟส	●			
11	ตรวจสอบชั่วโมงการทำงาน	●			
12	ตรวจสอบสภาพภายนอก เช่น สปริงแทนเครื่อง		●		

ตารางที่ ข. 5 รายการตรวจสอบเครื่องส่งลมเย็น

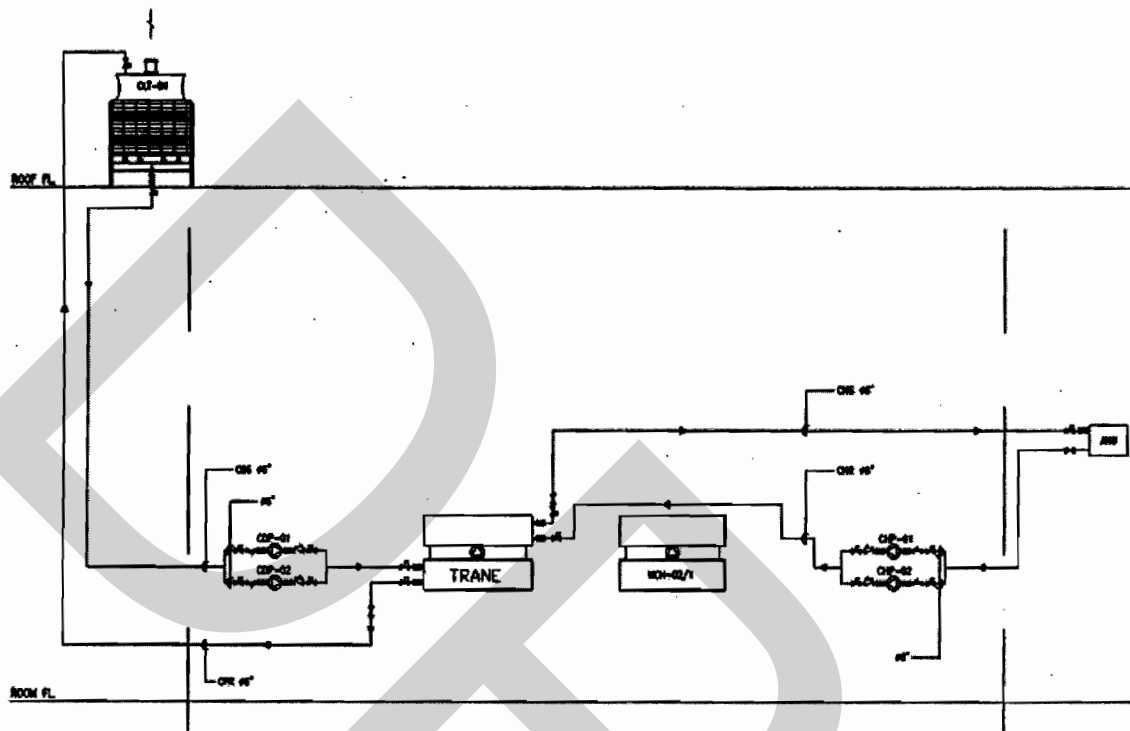
ลำดับที่	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก 3 เดือน	ทุกปี
1	ทำความสะอาด Air Filter		●		
2	ตรวจสอบ Bearing		●		
3	ตรวจสอบความตึงของสายพาน		●		
4	ตรวจสอบอุปกรณ์ Thermostat			●	
5	ตรวจสอบการทำงานของ Control Valve			●	
6	ตรวจสอบ Balancing Valve			●	
7	ตรวจสอบการทำงานของ Air Damper			●	
8	ตรวจสอบการรั่วของ Cooling Coil		●		
9	ทำความสะอาด Cooling Coil			●	
10	ทำความสะอาดถาดน้ำทิ้ง				●
11	ตรวจสอบและกวดขันข้อต่อสายไฟ			●	
12	ตรวจสอบแผงไฟฟ้าควบคุม			●	
13	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำออก	●			
14	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำเข้า	●			
15	ตรวจสอบอุณหภูมิ/ ความชื้นลมจ่าย	●			
16	ตรวจสอบอุณหภูมิ/ ความชื้นลมกลับ	●			
17	ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าแต่ละเฟส	●			
18	ตรวจสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าแต่ละเฟส	●			
19	ตรวจสอบชั่วโมงการทำงาน		●		
20	ตรวจสอบข้อมูลใน Log Sheet	●			
21	ตรวจสอบสภาพภายนอก เช่น สปริงแท่นเครื่อง		●		

## ภาคผนวก ข

## แบบการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Multitrack

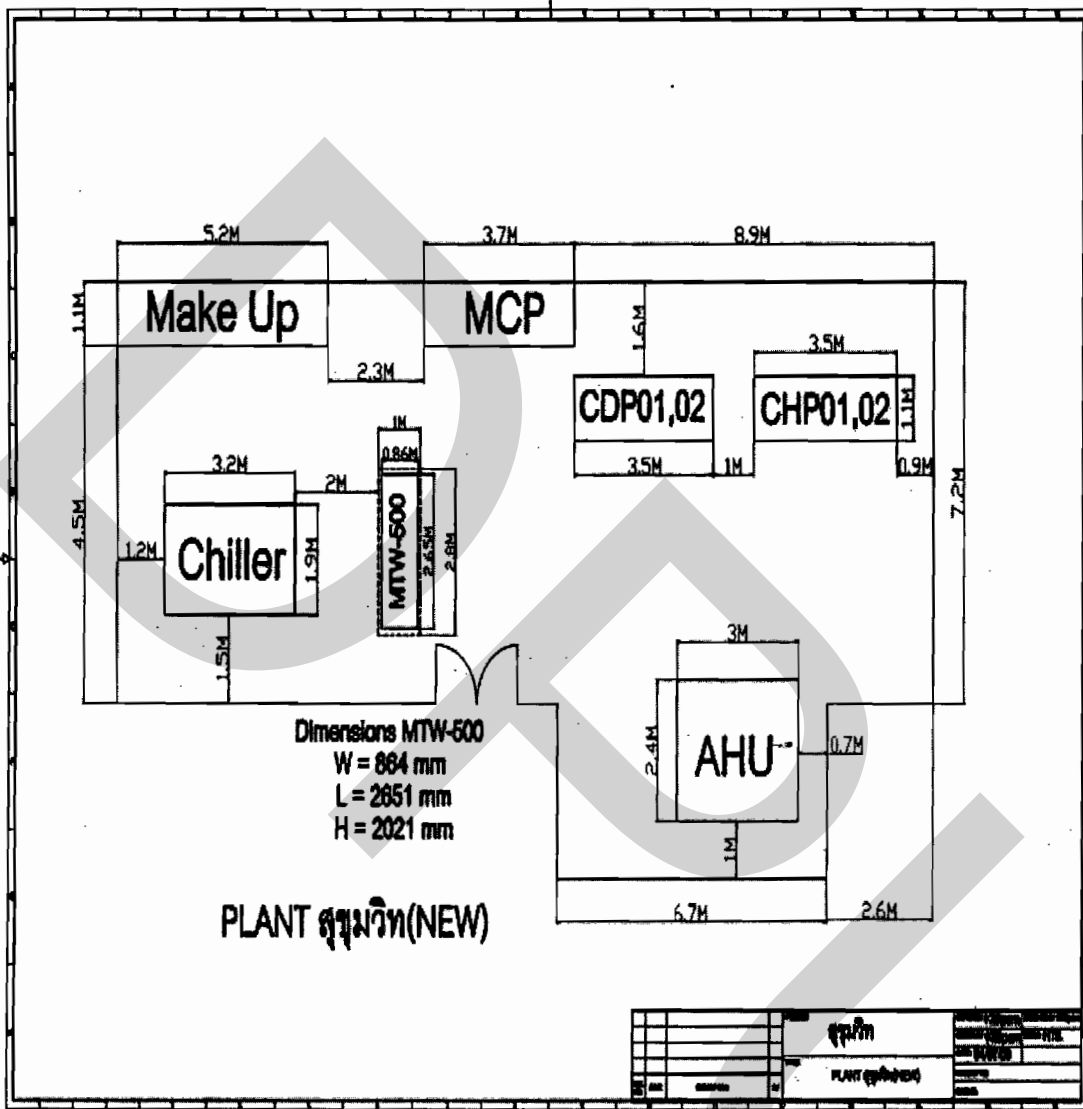


ภาพที่ ข.1 แบบพื้นที่การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้อยู่ปัจจุบัน

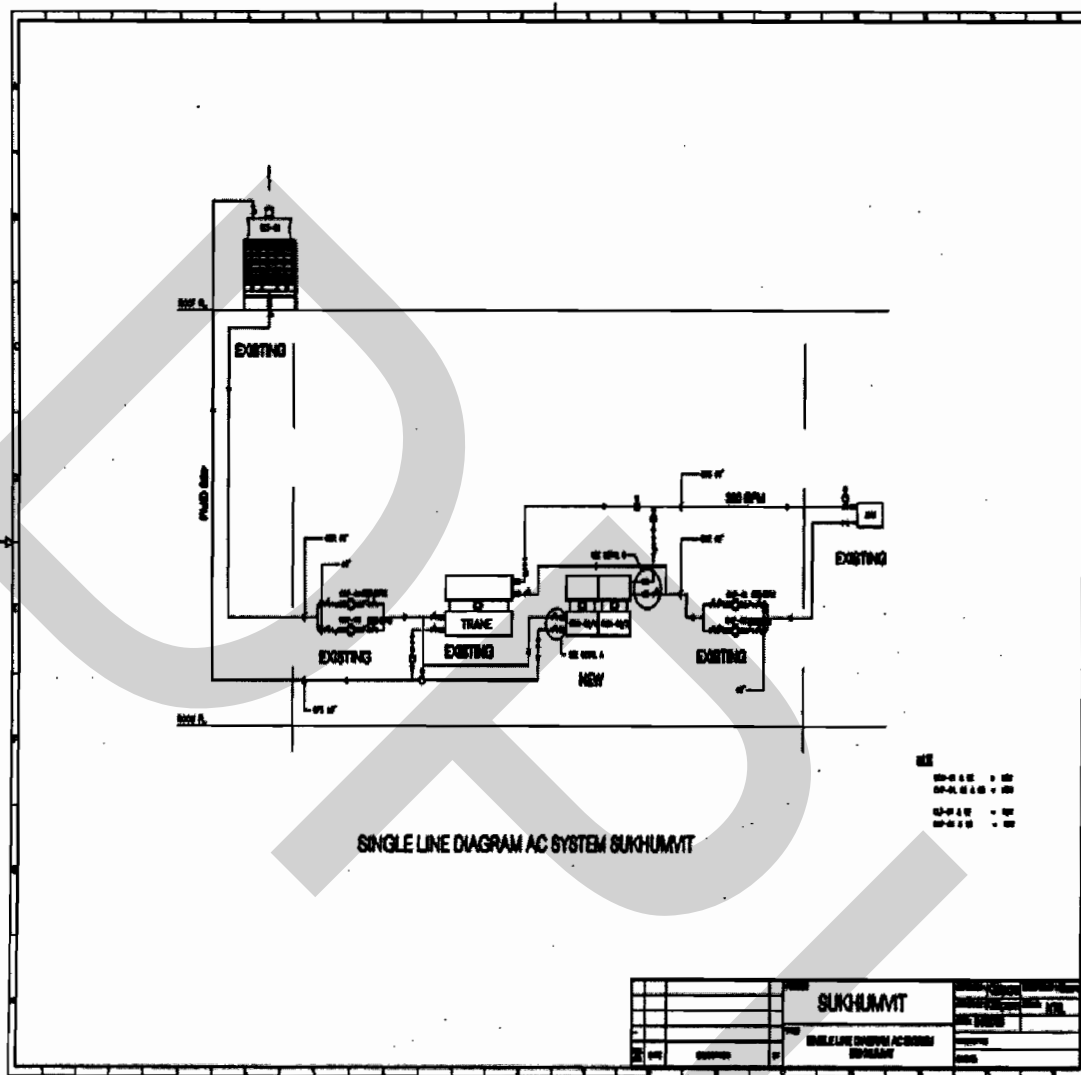


ภาพที่ ซ.2 แบบการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้อยู่ปัจจุบัน

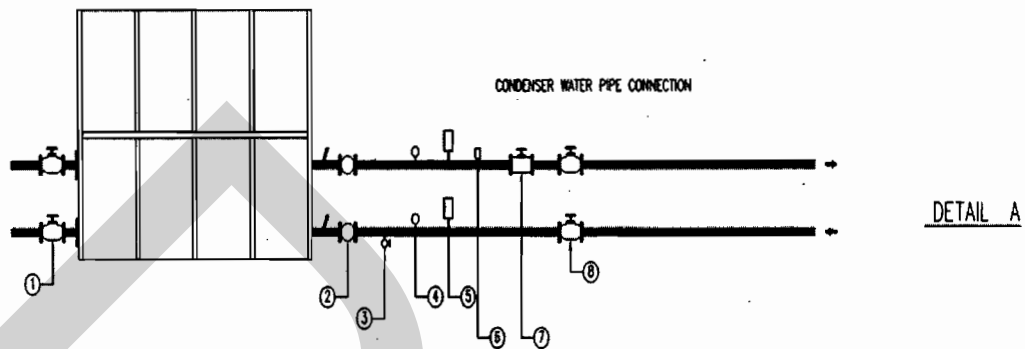




ภาพที่ ๓. ๓ แบบพื้นที่การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Multitrack



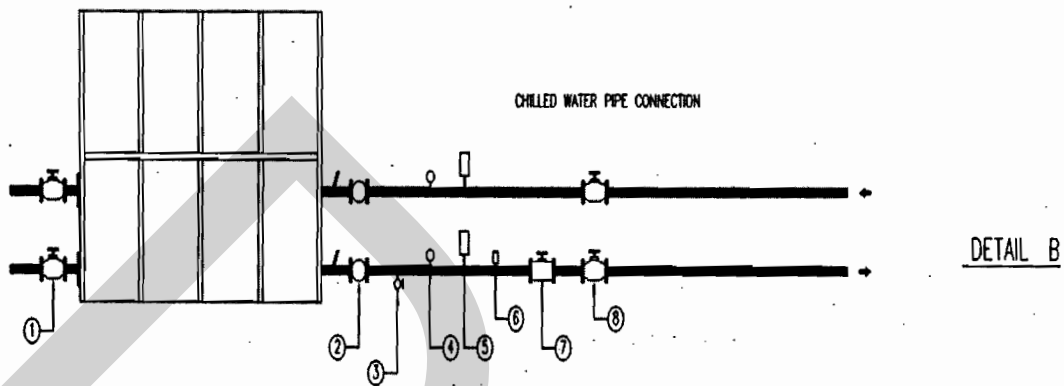
ภาพที่ ข. 4 แบบการเชื่อมต่อติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Multitrack



### CONDENSER WATER PIPE CONNECTION

1. DRAIN ISOLATION GATE VALVE  
3/8 BSP SOCKETS FOR SENSOR
2. VIBRATION ELIMINATOR
3. DRAIN VALVE
4. WATER PRESSURE GAUGE
5. THERMOMETER
6. FLOW SWITCH
7. BALANCING VALVE
8. BATTERFLY VALVE

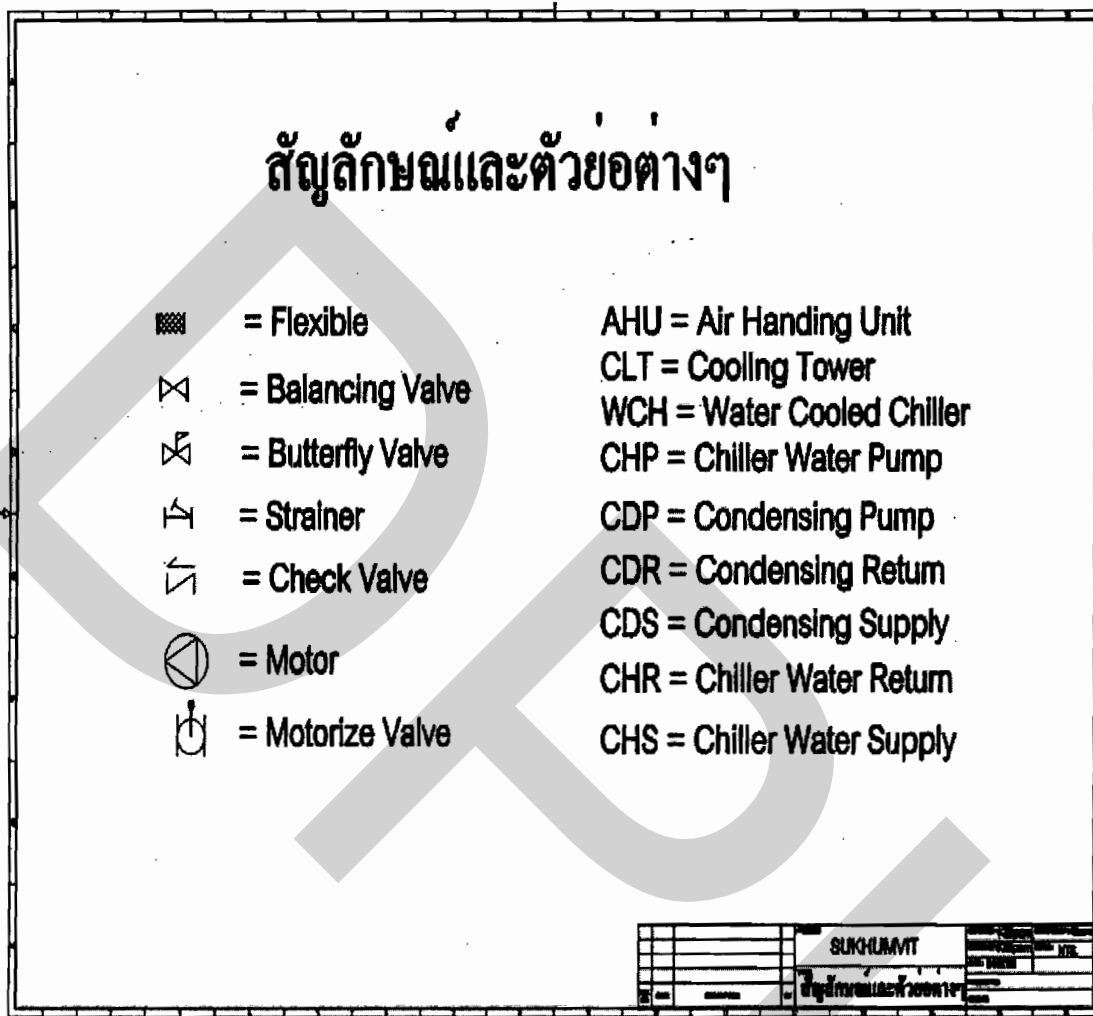
ภาพที่ ช. 5 แบบ detail การเชื่อมต่อท่อน้ำหล่อเย็นเข้ากับเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง



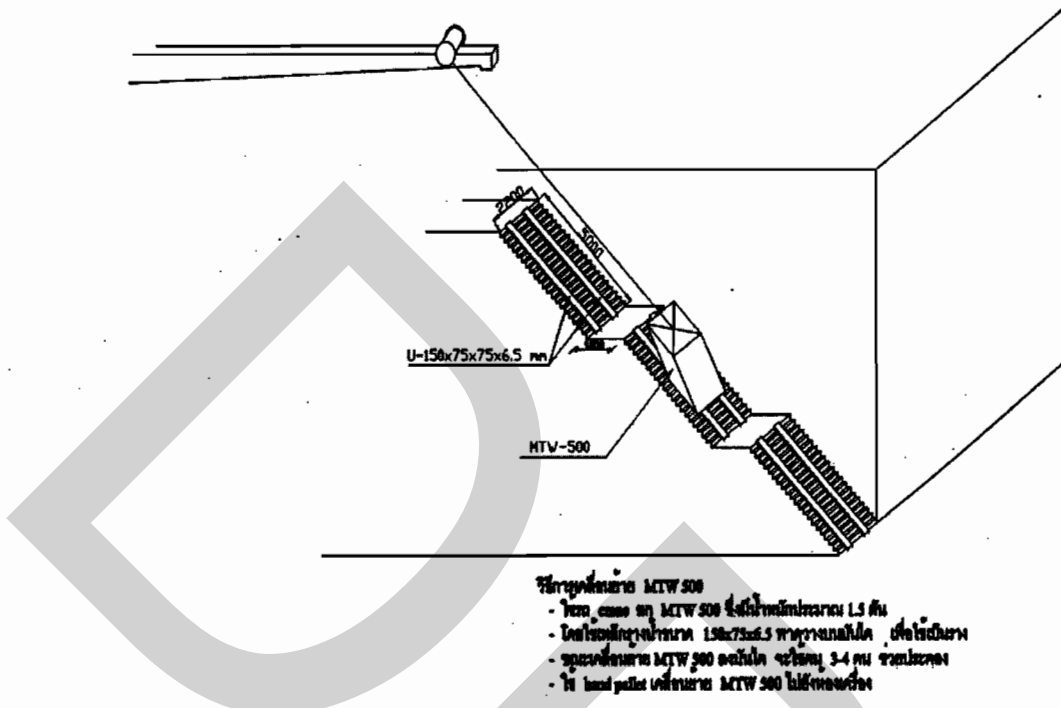
### CHILLED WATER PIPE CONNECTION

1. DRAIN ISOLATION GATE VALVE  
3/8 BSP SOCKETS FOR SENSOR
2. VIBRATION ELIMINATOR
3. DRAIN VALVE
4. WATER PRESSURE GAUGE
5. THERMOMETER
6. FLOW SWITCH
7. BALANCING VALVE
8. BATTERFLY VALVE

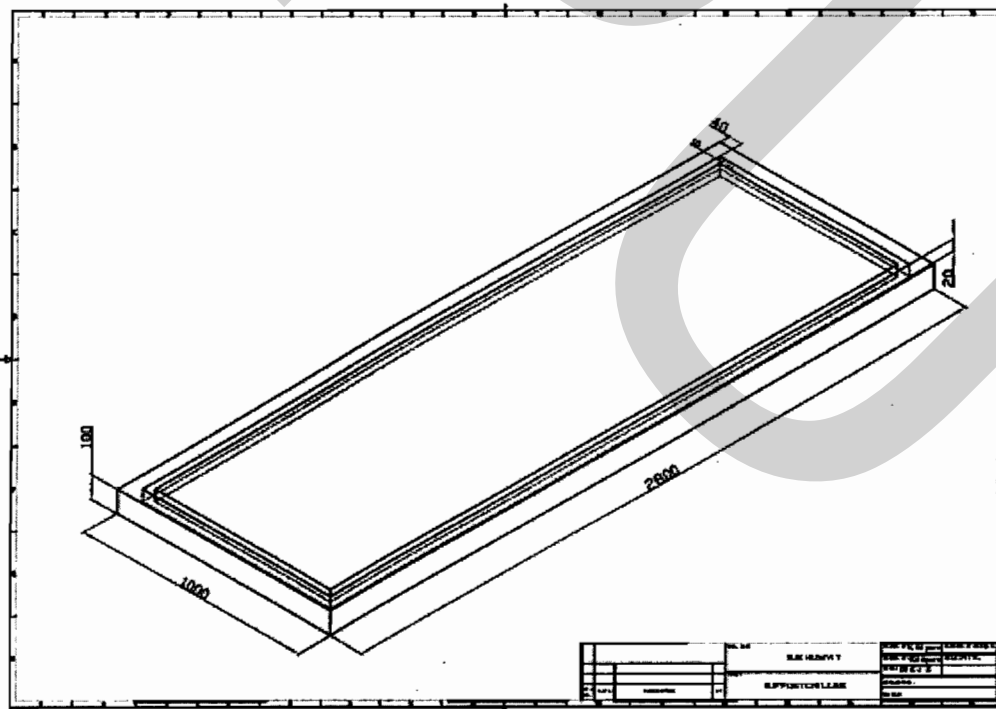
ภาพที่ ช. 6 แบบ detail การเชื่อมต่อท่อน้ำเย็น เข้ากับเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง



ภาพที่ ๗. 7 แบบสัญลักษณ์และตัวย่อต่างๆ

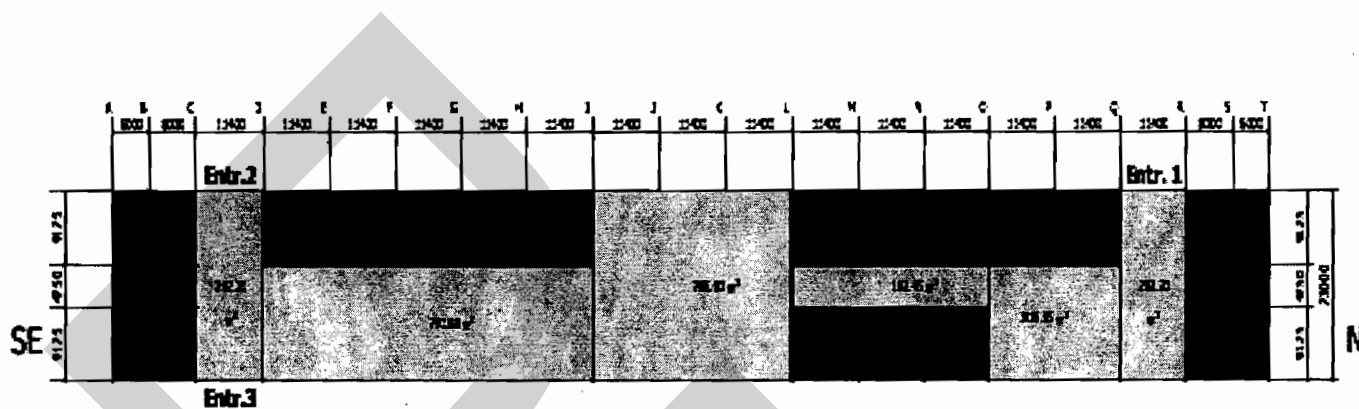


ภาพที่ ซ. 8 แบบการเคลื่อนย้ายเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ Multitrack



ภาพที่ ซ. 9 แบบฐานรองรับการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง

# Retail Level SUK



พื้นที่ของอาคารชั้น Retail SUK ทั้งหมด (ทั้งชั้นบนลง) เท่ากับ 2581.68 ม<sup>2</sup>

ภาพที่ ช. 10 พื้นที่ชั้นร้านค้าที่สถานีสุขุมวิท (แถบสีเหลืองเป็นพื้นที่ปรับอากาศ)