



รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การจัดการพลังงานในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

ณ อาคาร เพิร์ล แบงก์ค็อก

Energy Management in Centralized Air Conditioning Systems

at the Pearl Bangkok Building

จัดทำโดย

นาย นาคินทร์ เกาะสมบัติ รหัส 6111100012

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาสหกิจศึกษา

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษาที่ 2561



รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การจัดการพลังงานในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

ณ อาคาร เพิร์ล แบงก์ค็อก

Energy Management in Centralized Air Conditioning Systems

at the Pearl Bangkok Building

จัดทำโดย

นาย นาคินทร์ เกาะสมบัติ รหัส 6111100012

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาสหกิจศึกษา

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษาที่ 2561

หัวข้อโครงการ

การจัดการพลังงานในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์
ณ อาคาร เพิร์ล แบงก๊อค

Energy Management in Centralized Air Conditioning
Systems at the Pearl Bangkok Building

โดย

นาย นาคินทร์ เกาะสมบัติ รหัส 6111100012

ภาควิชา

วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ วุฒิกรณ์ จริยตันติเวชย์

อนุมัติโครงการนี้ให้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษาที่ 2561

คณะกรรมการสอบโครงการ

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ วุฒิกรณ์ จริยตันติเวชย์)

.....พนักงานที่ปรึกษา

(นาย นิพนธ์ วรเกตุ)

.....กรรมการกลาง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชาวัลย์ นาคทรัพย์)

.....ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ทิมปะวัฒน์)

จดหมายนำส่งรายงาน

วันที่ 1 พฤศจิกายน 2562

เรื่อง การส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ วุฒิกรณ์ จริยตันติเวช

ผู้จัดทำ นาย นาคินทร์ เกาะสมบัติ นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ระหว่างวันที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ.2562 ถึง 31 สิงหาคม พ.ศ.2562 ตำแหน่งงาน ตรวจสอบการทำงานระบบการทำความเย็น ณ อาคาร เวิร์ด แบงก์ค็อก และได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลศึกษาเพื่อนำไปทำโครงการหัวข้อเรื่อง

“ การจัดการด้านพลังงานในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ณ อาคาร เวิร์ด แบงก์ค็อก ”

บัดนี้การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้จบลงแล้วทางผู้จัดทำจึงได้นำเรื่องการส่งรายงานดังกล่าวจำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาจากอาจารย์ต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

นาย นาคินทร์ เกาะสมบัติ

นักศึกษาสหกิจศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การที่ผู้จัดทำได้มาปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา ณ บริษัท โจนส์ แลง ลาซาลส์ (ประเทศไทย) จำกัด (Jones Lang Lasalle : JLL) สถานที่ปฏิบัติงาน ณ อาคาร เพิร์ล แบงก์ค็อก (Pearl Bangkok Building) นับตั้งแต่วันที่ 13 พฤษภาคม 2562 ถึงวันที่ 31 สิงหาคม 2562 ส่งผลให้ผู้จัดทำได้มีทักษะและประสบการณ์ต่างๆ ที่สามารถนำไปปฏิบัติกับงานจริงได้ สำหรับโครงการฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและจากการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ดังต่อไปนี้

- 1) คุณ คริสเตียน อัลบริช (ประธานและประธานเจ้าหน้าที่บริหาร)
- 2) คุณ นิทัศน์ ชินกุล (ผู้จัดการอาคาร : Building Manager)
- 3) คุณ นิพนธ์ วรเกตุ (หัวหน้าช่างเทคนิค : Senior Technician)

และทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อท่านอาจารย์ วุฒิกรณ์ จริยตันติเวชย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่า คอยแนะนำให้คำปรึกษา หลักการต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการจัดทำโครงการฉบับนี้ตลอดจนตรวจสอบต้นฉบับโครงการ

ผู้จัดทำ

นาย นาคินทร์ เกาะสมบัติ

วันที่ 1 พฤศจิกายน 2562

หัวข้อโครงการ	การจัดการพลังงานในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ณ อาคาร เพิร์ล แบงก์ค็อก Energy Management in Centralized Air Conditioning Systems at the Pearl Bangkok Building
ชื่อนักศึกษา	นาย นาคินทร์ เกาะสมบัติ 6111100012
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ วุฒิกรณ์ จริยตันติเวชย์
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี (อดสาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต)
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา	3/2561

บทคัดย่อ

อาคาร เพิร์ล แบงก์ค็อก เป็นอาคารควบคุมตามกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ของกระทรวงพลังงาน อาคารดังกล่าวได้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศซึ่งเป็นนัยสำคัญต่อการใช้พลังงานจึงได้มีการศึกษาาระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์โดยระบายความร้อนด้วยน้ำ และได้มีการจัดทำคู่มือจากการศึกษาพบว่า การลดการใช้พลังงานไฟฟ้ามี 3 มาตรการ ดังนี้ มาตรการที่ 1 การบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์และปรับแต่งอุปกรณ์ในระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งาน สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 33,000.70 kWh/ปี คิดเป็นเงินประหยัดได้ 138,602.94 บาท/ปี ระยะคืนทุน 1.25 ปี มาตรการที่ 2 มาตรการเพิ่มอุณหภูมิขึ้น 1 องศาเซลเซียส สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 4,736,686.85 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 19,894,084.77 บาท/ปี ระยะคืนทุน 0.50 ปี มาตรการที่ 3 ปิดเครื่องทำความเย็นก่อนเลิกงาน 30 นาที สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 292,219.2 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 1,227,320.64 บาทต่อปี ระยะคืนทุน ไม่มี สรุป ผลประหยัดรวมทั้ง 3 มาตรการ สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้ารวมได้ 5,061,906.75 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดรวมได้ 21,260,008.35 บาท/ปี

คำสำคัญ : การจัดการด้านพลังงาน/ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์/พลังงานไฟฟ้า

Project topic	Energy Management in Centralized Air Conditioning Systems at the Pearl Bangkok Building
Student name	Mr. Nakin Kaosombat 6111100012
Advisors	Mr. Wutikorn Jariyantitiwet
Education level	Bachelor of Industrial Technology
Department	Mechanical Engineering
Faculty	Engineering
Semester / Academic Year	3/2561

Abstract

The Pearl Bangkok building is controlled by the Department of Alternative Energy Development and Efficiency of the Ministry of Energy. The building uses electrical energy from air-conditioning systems, which is significant to energy use. Therefore, the central air-conditioning system was studied by cooling water and a manual has been created. According to the study, it was found that there were 3 measures to reduce electricity usage as follows : 1) maintenance of machinery, equipment, and adjusting equipment in the system to increase efficiency can reduce electricity consumption by 33,000.70 kWh/year, saving 138,602.94 Baht/year with a payback period of 1.25 years ; 2) the temperature increased by 1 degree celsius, can reduce the electricity consumption by 4,736,686.85 kWh/year, equivalent to the amount 19,894,084.77 Baht/year with a payback period of 0.50 years ; 3) turning off the chiller 30 minutes before work can reduce the use of electricity by 292,219.2 kWh/year, representing a savings of 1,227,320.64 Baht/year. The payback period does not have a summary of the overall savings. All 3 measures can save the total electricity energy 5,061,906.75 kWh/year, representing the total savings 21,260,008.35 Baht/year

Keywords : Energy management / Central air conditioning system / Electric power

Approved by



สารบัญ

	หน้า
จดหมายนำส่งรายงาน	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
1.3 ขอบเขตของโครงการ	3
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 ประกาศกระทรวงพลังงาน หลักเกณฑ์และวิธีการดำเนินการจัดการพลังงานโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552	4
2.3 การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (Energy Conservation Act)	6
2.4 สำหรับกลุ่มอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม	7
2.5 สัดส่วนการใช้พลังงานในภาคอาคาร (Energy consumption in building sectors)	17
2.6 ชนิดเครื่องใช้วัดทางด้านไฟฟ้าและวิธีการใช้งาน	20
2.7 เครื่องมือวัดด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า	24
2.8 ส่วนระบบทำความเย็นและระบบปรับอากาศ	33
2.9 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	64

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน	68
3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	68
3.2 ลักษณะการประกอบการผลิตภัณฑการให้บริการหลักขององค์กร	69
3.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารงานขององค์กร	70
3.4 ลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย	72
3.5 ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา	72
3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน	72
3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	72
3.8 ระยะเวลาในการดำเนินงาน	75
3.9 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้	76
บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ	77
4.1 มาตรการใช้งานระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์	77
4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลภาวะการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ	78
4.3 มาตรการการวางแผนแนวความคิดการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ	79
4.4 มาตรการลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำความเย็น	88
4.5 ขั้นตอนการคำนวณด้านการจัดการพลังงานในระบบปรับอากาศ	92
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	94
5.1 สรุปผลช่วงปฏิบัติงาน	94
5.1.1 การปฏิบัติงานในโครงการ	94
5.1.2 ข้อจำกัดของแผนโครงการ	95

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.1.3 ข้อเสนอแนะ	95
5.2 สรุปผลช่วงการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา	95
5.2.1 การปฏิบัติงานสหกิจศึกษา	95
5.1.2 ปัญหาที่พบในช่วงการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา	95
5.1.3 ข้อเสนอแนะแนวทาง	95
บรรณานุกรม	96
ภาคผนวก	97
ภาคผนวก ก	110
ภาคผนวก ข	120
ภาคผนวก ค	125
ภาคผนวก ง	130
ประวัติผู้จัดทำ	

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนภายในอาคารประเภทต่าง	18
ตารางที่ 2.2 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในอาคารประเภทต่างๆแบ่งตามระบบต่างๆ	18
ตารางที่ 2.3 อัตราปกติ	29
ตารางที่ 2.4 อัตรา TOU	30
ตารางที่ 2.5 อัตรา TOU	30
ตารางที่ 2.6 วิธีเปรียบเทียบระหว่างน้ำเย็นกับระบบจ่ายลมเย็นโดยตรง	46
ตารางที่ 3.8.1 ตารางแสดงระยะเวลาในการดำเนินงานของโครงการ	75
ตารางที่ 4.1 แสดงสมรรถนะเครื่องทำเย็น	78
ตารางที่ 4.2 มาตรการที่เป็นไปได้ในการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน	79
ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (CH – 01)	82
ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (CH – 02)	83
ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (CH – 03)	85
ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (CH – 04)	87
ตารางที่ ก แสดงสมรรถนะเครื่องส่งลมเย็น (AHU : Air Handling Unit)	105
ตารางที่ ก.1 แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น	115

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการจัดการด้านพลังงาน	16
รูปที่ 2.2 แสดงการใช้ด้านพลังงานภายในอาคารสำนักงาน	19
รูปที่ 2.3 ภาพแผนภูมิการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารสำนักงาน	20
รูปที่ 2.4 MDB (Main Distribution Board)	24
รูปที่ 2.5 เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า (Ammeter)	25
รูปที่ 2.6 เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้า (Voltmeter)	25
รูปที่ 2.7 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า (Wattmeter)	26
รูปที่ 2.8 เครื่องมือวัดตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power factor Meter)	26
รูปที่ 2.9 การทำงานของระบบอัดอากาศ	35
รูปที่ 2.10 วัฏจักรการทำความเย็นคาร์โนต์	38
รูปที่ 2.11 วัฏจักรการทำความเย็นอุดมคติ	39
รูปที่ 2.12 วัฏจักรการทำความเย็นในทางปฏิบัติ	41
รูปที่ 2.13 ไดอะแกรมแบบอัดไอในทางปฏิบัติ	42
รูปที่ 2.14 ไดอะแกรมวัฏจักรอุดมคติ	43
รูปที่ 2.15 ไดอะแกรมวัฏจักรอุดมคติ (ต่อ)	43
รูปที่ 2.16 ไดอะแกรมวัฏจักรอุดมคติ (ต่อ)	44
รูปที่ 2.17 ระบบจ่ายน้ำเย็น	45
รูปที่ 2.18 เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller)	50
รูปที่ 2.19 เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller)	51



สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.21 Compressor Screw type	53
รูปที่ 2.22 Compressor Centrifugal type	53
รูปที่ 2.23 Compressor Scroll type	54
รูปที่ 2.24 Booster pump	56
รูปที่ 2.25 การส่งผ่านกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าไปยังเครื่องสูบน้ำ	57
รูปที่ 2.26 ระบบ FCU (Fan coil Unit)	59
รูปที่ 2.27 ระบบ AHU (Air Handling Unit)	60
รูปที่ 2.28 การแสดงการทำงานของระบบ VAV	63
รูปที่ 2.29 กล้องจ่ายอากาศ VAV แบบหัวจ่ายสี่เหลี่ยม	63
รูปที่ 3.1 ภาพแสดงสัญลักษณ์ของบริษัท	68
รูปที่ 3.2 สถานที่ตั้งของบริษัท	69
รูปที่ 3.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารงานขององค์กร	70
รูปที่ 3.4 มิเตอร์ไฟฟ้า	72
รูปที่ 3.5 ภาพกราฟแสดงสภาวะการทำงาน (BAS System)	73
รูปที่ 3.6 การควบคุมระบบการทำงานด้วยโปรแกรม (BAS System)	74
รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการตรวจสอบการทำงานของเครื่องทำความเย็น	74
รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการตรวจสอบระบบไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็น	75
รูปที่ 4.1 ประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็น	80
รูปที่ 4.2 อัตราการใช้ด้านพลังงานไฟฟ้าต่อปี	81
รูปที่ 4.3 อัตราค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อปี	81

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.4 มาตรการลดชั่วโมงการทำงานเครื่องทำความเย็น	89
รูปที่ 4.5 มาตรการลดชั่วโมงการทำงานเครื่องทำความเย็น	89
รูปที่ 4.6 มาตรการลดชั่วโมงการทำงานเครื่องทำความเย็น	90
รูปที่ 4.7 มาตรการลดชั่วโมงการทำงาน (kWh / year)	90
รูปที่ 4.8 ขั้นตอนการปรับปรุงสมรรถนะเครื่องทำความเย็น (ก่อนปรับปรุง)	91
รูปที่ 4.9 ขั้นตอนการปรับปรุงสมรรถนะเครื่องทำความเย็น (หลังปรับปรุง)	91
รูปที่ ก บริษัท โจนส์ แลง ลาซาลส์ (ประเทศไทย) จำกัด (Jones Lang Lasalle : JLL)	98
รูปที่ ข อาคารที่ปฏิบัติงาน อาคาร เพิร์ล แบงก์ค็อก (Pearl Bangkok)	99
รูปที่ ค Room Main Distribution Board : MDB	100
รูปที่ ง Room (Chiller)	101
รูปที่ จ Team ช่าง ทำการล้างท่อที่เครื่อง Chiller	102
รูปที่ ฉ เครื่อง ระบายความร้อน Cooling Tower	103
รูปที่ ช เครื่องวัด อุณหภูมิ เครื่องกระแสไฟ เครื่องวัด อัตราการส่งลมเย็น	104
รูปที่ ซ การประชุมสรุปผลมาตรการ	105
รูปที่ ก.1 บอร์ดควบคุมเครื่องผลิตน้ำเย็น	111
รูปที่ ก.2 ตัวเลือกต่าง ๆ	112
รูปที่ ก.3 ค่าทำการงานต่าง ๆ	112
รูปที่ ก.4 โปรแกรมควบคุมอุณหภูมิ	113
รูปที่ ก.5 อุณหภูมิภายในอาคาร	113

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ก.6 อุปกรณ์ทำความท้อเครื่องทำความเย็น	114
รูปที่ ก.7 บำรุงรักษาเครื่องผลิตน้ำเย็นตามแผนงาน	114



บทที่ 1

บทนำ

1.1) ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การปรับอากาศ หมายถึง ขบวนการในการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความสะอาด การส่งจ่ายลมเย็นภายในห้องหรือสำนักงาน และแบบอื่น ๆ ให้ได้ตามสภาวะที่ต้องการ อีกทั้งในภาคธุรกิจขนาดใหญ่ เช่น อาคารสำนักงาน มหาวิทยาลัย โรงพยาบาล โรงแรง ห้างสรรพสินค้า โรงงาน ภาคอุตสาหกรรม และประเภทอื่น ๆ สัดส่วนในการใช้พลังงานระบบปรับอากาศเฉลี่ยประมาณ 60 % ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมด ดังนั้นจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการศึกษาระบบปรับอากาศและทำความเข้าใจในการใช้งานระบบทำความเย็นและระบบปรับอากาศ เพื่อสร้างแนวทางในการอนุรักษ์ด้านพลังงานในระบบปรับอากาศแต่ละชนิด เพื่อใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

ในปัจจุบันระบบปรับอากาศมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ทั้งภาคอาคารและภาคโรงงาน อุตสาหกรรม ดังนั้นการศึกษาข้อมูลลักษณะการใช้งานในระบบปรับอากาศชนิดต่าง ๆ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อที่จะนำความรู้ความเข้าใจไปใช้ได้อย่างถูกวิธีและเกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้งานและต่อองค์กร

สำหรับประเทศไทยมีระบบการจัดการอนุรักษ์พลังงานของประเทศอย่างยั่งยืน โดยมีการออกพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 เพื่อกำกับดูแลส่งเสริม และสนับสนุนให้โรงงานควบคุมและอาคารควบคุม มีการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานด้วยการผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดพลังงาน นอกจากนี้ยังมีกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการจัดการด้านพลังงานภายในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 ซึ่งมีการกำหนดขั้นตอนด้านการจัดการพลังงานไว้สำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมเป็นรอบ 8 ขั้นตอน โดยมีความคล้ายคลึงกับระบบด้านการจัดการพลังงานตามมาตรฐาน ISO 50001 : 2011 มาก จึงเป็นพื้นฐานต่อยอดและพัฒนาไปสู่การดำเนินการจัดการด้านพลังงานตามมาตรฐาน ISO 50001 : 2011 ได้ และแม้ว่ามาตรฐานระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001 : 2011 นี้จะไม่ใช่มาตรฐานที่บังคับใช้ องค์กรไม่จำเป็นต้องนำมาปฏิบัติก็ได้ แต่การนำระบบการจัดการพลังงานมาใช้นี้จะนำมาซึ่งการลดค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนพลังงาน และต้นทุนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งเสริมบุคลากรในองค์กรให้เห็นคุณค่าและมีการ

ปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานอย่างยั่งยืน อีกทั้งยังช่วยในด้านการกีดกันทางด้านการค้าจากนโยบายด้านพลังงาน เกิดการยอมรับในระดับสากล ช่วยสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้บริโภคด้านพลังงานและส่งเสริมภาพลักษณ์ที่ดีให้กับองค์กรด้านการอนุรักษ์พลังงาน

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานภายในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ซึ่งได้แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 [1] ในหมวดที่ 2 มาตราที่ 18 ได้กำหนดให้มีการออกพระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 [2] เพื่อกำหนดลักษณะของอาคารที่เข้าข่ายเป็นอาคารควบคุม ได้แก่ อาคารที่อยู่ในบ้านเลขที่เดียวกันหรือตึกเดียวกันติดหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีขนาดรวมกันตั้งแต่ 1,000 kW หรือ 1,175 kVA หรือมีปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดต่อปีตั้งแต่ 20 ล้านเมกะจูลขึ้นไป ซึ่งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 17 กรกฎาคม 2540 จากนั้นจึงได้ออกกฎอำนาจตามความในมาตรา 19 ของ พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานออกกฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 [3] ซึ่งกำหนดให้อาคารที่มีพื้นที่รวมตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ต้องมีการออกแบบลักษณะอาคารให้เป็นไปตามที่กำหนด ได้แก่ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารของผนังด้านนอกอาคารและหลังคาอาคาร ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างต่อพื้นที่ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร เป็นต้น และได้อาศัยอำนาจหน้าที่ตามความใน มาตรา 21 (2) ของ พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานออกกฎกระทรวงกำหนดคุณสมบัติ หน้าที่ และจำนวนผู้รับผิดชอบด้านการจัดการพลังงาน สำหรับอาคารควบคุม [4] โดยกำหนดให้อาคารควบคุมต้องมีผู้รับผิดชอบด้านการจัดการพลังงานประจำอาคารซึ่งต้องขึ้นทะเบียนกับกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ตามจำนวนและคุณสมบัติตามที่กฎหมายได้กำหนดไว้ มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 20 มิถุนายน 2552 ถ้าอาคารใดไม่มีจำนวน และประเภทของผู้รับผิดชอบด้านการจัดการพลังงานครบตามที่กฎหมายกำหนดไว้ มาตราที่ 55 ของ พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานปี 2535 ซึ่งได้กำหนดลงโทษสำหรับเจ้าของอาคารต้องระวางโทษปรับไม่เกิน 200,000 บาท

สุดท้ายในส่วนของการจัดการพลังงานภายในอาคาร อาศัยอำนาจหน้าที่ตามความในมาตรา 21 (1) ของ พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานออกกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 [5] ซึ่งกำหนดให้เจ้าของอาคารต้องมีการดำเนินการจัดการด้านพลังงาน และจัดส่งรายงานการจัดการด้านพลังงานภายในวันที่ 31 มีนาคม ของทุกปี

1.2) วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1) เพื่อการศึกษา การจัดการพลังงานในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ภายในส่วนอาคารควบคุม

1.2.2) จัดทำคู่มือการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ และการใช้งาน การบำรุงรักษา และระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

1.3) ขอบเขตของโครงการ

1.3.1) จัดทำระบบการจัดการพลังงานในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์โดยการระบายความร้อนด้วยน้ำภายในอาคารควบคุม (เพิร์ล แบงก์ค็อก : Pearl Bangkok Building)

1.3.2) กำหนดวัตถุประสงค์การจัดการพลังงานไฟฟ้า มาตรการอนุรักษ์ด้านพลังงานในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

1.3.3) ประกาศนโยบายด้านพลังงาน แต่งตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน และคณะผู้ตรวจสอบติดตามภายในองค์กร

1.3.4) กำหนดแผนงานและดำเนินการตามแผนงานที่กำหนดและการปฏิบัติตามแผนงาน

1.3.5) จัดทำคู่มือการตรวจสอบระบบหรือการจดบันทึกข้อมูลประจำวันภายใน และทำการปรับเปลี่ยนระบบปรับอากาศให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้

1.4) ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1) เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าและเงินลงทุนในการศึกษาด้านการจัดการพลังงานในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

1.4.2) เพื่อให้บุคลากรในองค์กรมีความรู้และเข้าใจในการดำเนินงานในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4.3) เพื่อให้คณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน ผู้รับขอบด้านพลังงาน ประจำอาคาร (ผขอ.) และ (ผอส.) ได้ประเมินเครื่องจักรที่มีนัยสำคัญ ตรวจวัดสมรรถนะ ประสิทธิภาพ อุปกรณ์ และหามาตรการ การอนุรักษ์พลังงาน

1.4.4) เพื่อให้ได้คู่มือการจัดการพลังงาน และการบำรุงรักษาเครื่องจักร อุปกรณ์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1) ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบปรับอากาศ Chiller system คือระบบปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ มักเรียกกันว่าระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ สำหรับอาคาร ห้างสรรพสินค้า สถาบันการศึกษา โรงแรม ภาคโรงงาน อุตสาหกรรม ที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่และต้องการปรับอากาศในพื้นที่นั้น หรือมีห้องเป็นจำนวนมาก หลายห้อง หลายโซน หลายชั้น ส่วนใหญ่มักจะใช้น้ำเป็นสารตัวกลางในการระบายความร้อนหรือทำความเย็น และประเภทอื่น ๆ

2.2) ประกาศกระทรวงพลังงาน

เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการดำเนินการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552

อาศัยอำนาจตามความใน มาตรา 6 วรรคสอง มาตรา 9 (1) และมาตรา 21 (1) แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 อันเป็นกฎหมายที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับมาตรา 33 มาตรา 41 และมาตรา 43 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงานโดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติออกกฎกระทรวงไว้ดังต่อไปนี้

2.2.1) กฎกระทรวงนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยยี่สิบวันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

2.2.2) ในกฎกระทรวงนี้ “โรงงานควบคุม” หมายความว่า โรงงานที่มีพระราชกฤษฎีกากำหนดให้เป็นโรงงานควบคุม

2.2.3) ให้เจ้าของโรงงานควบคุมและเจ้าของอาคารควบคุมจัดให้มีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม โดยต้องจัดทำนโยบายอนุรักษ์พลังงาน เป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน และวิธีการจัดการพลังงาน

2.2.4) ในการจัดทำนโยบายอนุรักษ์พลังงานเจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุมอาจตั้งคณะกรรมการเพื่อช่วยจัดทำนโยบายอนุรักษ์พลังงานก็ได้

2.2.5) เจ้าของโรงงานควบคุมและเจ้าของอาคารควบคุมต้องจัดให้มีคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน รวมทั้งกำหนดโครงสร้าง อำนาจหน้าที่ และความรับผิดชอบของคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน โดยจัดทำเป็นเอกสารเผยแพร่ให้บุคลากรของโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมทราบ

2.2.6) ให้เจ้าของโรงงานควบคุมและเจ้าของอาคารควบคุมจัดให้มีการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน โดยการตรวจสอบและประเมินการใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดในราชกิจจานุเบกษา

2.2.7) เจ้าของโรงงานควบคุมและเจ้าของอาคารควบคุมต้องจัดให้มีการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานของพลังงานที่ประสงค์จะให้ลดลง โดยกำหนดเป็นร้อยละของปริมาณพลังงานที่ใช้เดิม หรือกำหนดระดับของการใช้พลังงานต่อหนึ่งหน่วยผลผลิต รวมทั้งระบุระยะเวลาการดำเนินการ การลงทุน และผลที่คาดว่าจะได้รับการดำเนินการ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดในราชกิจจานุเบกษา

2.2.8) เจ้าของโรงงานควบคุมและเจ้าของอาคารควบคุมต้องควบคุมดูแลให้มีการดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน

ให้เจ้าของโรงงานควบคุมและเจ้าของอาคารควบคุมตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตาม

เป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานซึ่งจัดทำขึ้นตามข้อ 7 ตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีประกาศ

กำหนดในราชกิจจานุเบกษา

2.2.9) เจ้าของโรงงานควบคุมและเจ้าของอาคารควบคุมต้องจัดให้มีการตรวจ ติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน รวมถึงการทบทวน วิเคราะห์ และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงานตามช่วงเวลาที่กำหนดอย่างเหมาะสมเป็นประจำ อย่างน้อยปีละหนึ่งครั้งตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดในราชกิจจานุเบกษา

2.2.10) ให้เจ้าของโรงงานควบคุมและเจ้าของอาคารควบคุมจัดให้มีการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงานของโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมโดยผู้ตรวจสอบและรับรองวิธีการตรวจสอบและรับรองให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ ขั้นตอน และวิธีการที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดในราชกิจจานุเบกษา

2.2.11) ให้เจ้าของโรงงานควบคุมและเจ้าของอาคารควบคุมส่งรายงานผลการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงานตามที่กำหนดในกฎกระทรวงนี้ของปีที่ล่วงมาให้แก่อธิบดีภายในเดือนมีนาคมของทุกปี เว้นแต่ในกรณีที่ในปีที่ล่วงมานั้นเจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคาร

ควบคุมมีระยะเวลาที่ต้องดำเนินการจัดการพลังงานตามที่กำหนดในกฎกระทรวงนี้จนถึงวันที่ 31 ธันวาคมน้อยกว่าหนึ่งร้อยแปดสิบวัน ให้ส่งรายงานผลการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงานของระยะเวลาดังกล่าวภายในเดือนมีนาคมของปีถัดไป

แนวทางการปฏิบัติตามพระราชบัญญัติ

2.3) การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (Energy Conservation Act)

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 แบ่งกลุ่มตามเป้าหมายที่รัฐบาลจะเข้าไปกำกับดูแลและมีการสนับสนุนช่วยเหลือ คือ

2.3.1) โรงงานควบคุม

2.3.2) อาคารควบคุม

2.3.3) ผู้ผลิตหรือผู้จัดจำหน่ายเครื่องจักรกลอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงและวัสดุต่างๆที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงาน

หน้าที่ความรับผิดชอบของเจ้าของโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม ต้องดำเนินการตามกฎหมายเพื่อประโยชน์โดยรวมของต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม

หน้าที่ของผู้รับผิดชอบการจัดการด้านพลังงาน ให้ความช่วยเหลือผู้ประกอบการหรือเจ้าของธุรกิจในการดำเนินการปฏิบัติตามกฎหมายเพื่อประโยชน์โดยรวมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม

วิธีการบันทึกข้อมูลของการใช้พลังงานและส่งข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวกับการใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน ตามแบบของหลักเกณฑ์วิธีการและระยะเวลาที่กำหนดตามกฎหมายหรือกฎหมายกำหนดไว้

การใช้ประโยชน์จากกองทุนการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน วิธีและแนวทางการส่งเสริมเรื่องสนับสนุนและขั้นตอนวิธีการส่งเสริมดำเนินการขอความสนับสนุนจากกระทรวงหรือกองทุน

ความสำคัญของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (Summary of Energy conservation promotion act)

กฎหมายการอนุรักษ์ด้านพลังงานมีชื่อเต็มว่า “พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา”

เมื่อวันที่ 2 เมษายน 2535 มีผลให้บังคับใช้ในวันถัดไปจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไปในวันที่ 3 เมษายน 2535

จุดประสงค์ของกฎหมายมีวัตถุประสงค์ดังนี้

2.3.4) กำกับดูแลควบคุมการส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้ที่อยู่ภายใต้ข้อบังคับของกฎหมาย (โรงงานควบคุมและอาคารควบคุม) ให้มีการจัดการอนุรักษ์ด้านพลังงานด้วยการผลิตและการใช้พลังงานอย่างถูกวิธีการให้เกิดประสิทธิภาพสูง

2.3.5) ส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพและวัสดุประเภทต่างๆที่ใช้ในการอนุรักษ์ด้านพลังงานขึ้นภายในประเทศและมีการใช้อย่างแพร่หลาย

2.3.6) ส่งเสริมและสนับสนุนให้การอนุรักษ์ด้านพลังงานอย่างเป็นรูปธรรมด้วยการจัดตั้งกองทุนหรือเงินอุดหนุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์ด้านพลังงานเพื่อใช้เป็นกลไกในการช่วยเหลือทางการเงินในการอนุรักษ์ด้านพลังงานอย่างยั่งยืน

กลุ่มเป้าหมายหลักของกฎหมายตาม หมวดหมู่ 1 หมวด 2 และ 3 จัดแบ่งออกเป็นกลุ่มเป้าหมายที่รัฐบาลจะเข้าไปกำกับดูแลและให้การสนับสนุนช่วยเหลือคือ

- โรงงานควบคุม
- อาคารควบคุม
- ผู้ผลิตหรือผู้จัดจำหน่ายเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงและวัสดุต่างๆที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงาน

2.4) สำหรับกลุ่มอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม มุ่งเน้นไปที่อาคารและโรงงานที่ใช้พลังงานประเภทต่างๆในปริมาณสูงและมีศักยภาพพร้อมที่จะดำเนินการอนุรักษ์ด้านพลังงานได้ทันทีโดยจะออกพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม และ พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม เพื่อที่จะกำหนดอาคารและโรงงานประเภทใดใช้พลังงานชนิดใดในปริมาณขนาดไหนจึงจะเป็นโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมที่จะต้องดำเนินการอนุรักษ์ด้านพลังงานตามพระราชบัญญัตินี้ ส่วนของกลุ่มผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายเครื่องจักรอุปกรณ์ ที่มีประสิทธิภาพสูงและวัสดุต่างๆที่ใช้ในการอนุรักษ์ด้านพลังงานจะได้รับการสนับสนุนช่วยเหลือเพื่อให้มีการผลิตหรือจำหน่ายเครื่องจักรอุปกรณ์และวัสดุต่างๆเหล่านั้นแก่ประชาชนทั่วไปอย่างแพร่หลายและมีราคาถูกที่จะช่วยให้ประชาชนทั่วไปลดการใช้พลังงานประเภทต่างๆลงได้ ทั้งนี้จะได้รับการกำหนดประเภทและมาตรฐานของคุณภาพของเครื่องจักร อุปกรณ์และวัสดุต่างๆที่ได้รับสิทธิสนับสนุนการช่วยเหลือไว้ในกฎกระทรวงต่อไป

กิจกรรมการอนุรักษ์ด้านพลังงานในโรงงาน มาตรา 7 ได้แก่การดำเนินการแบบใดแบบหนึ่งดังต่อไปนี้

- 1) การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิง
- 2) การป้องกันการสูญเสียพลังงาน

- 3) การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่อีก
- 4) การปรับปรุงระบบไฟฟ้าด้วยวิธีการปรับปรุงตัวประกอบไฟฟ้า การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลาของการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของระบบนั้นๆ การใช้อุปกรณ์ชนิดต่างๆที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าให้เหมาะสมกับสถานะการใช้งานและวิธีการอื่น
- 5) การเปลี่ยนไปใช้พลังงานประเภทอื่นหรือพลังงานทดแทน
- 6) การอนุรักษ์ด้านพลังงานโดยวิธีการแบบอื่นตามที่กฎทรงได้กำหนด
- 7) การใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง ตลอดจนระบบควบคุมการทำงานรวมไปถึงวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการอนุรักษ์ด้านพลังงาน

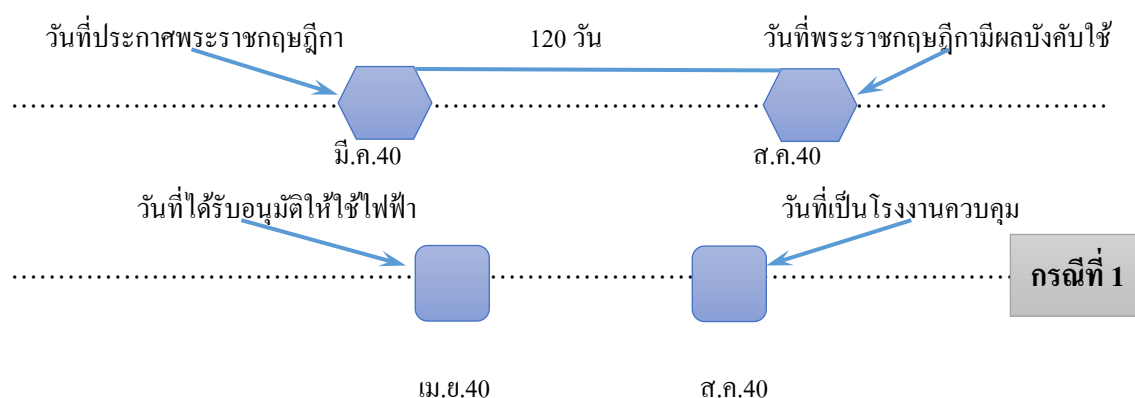
2.4.1) หลักการกำหนดโรงงานควบคุม (Designated factory)

พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ.2538 ซึ่งมีผลบังคับใช้นับตั้งแต่วันที่ 12 ธันวาคม 2538 กำหนดให้โรงงานที่มีลักษณะเป็น โรงงานที่รูปร่างและลักษณะเป็น โรงงานหลังเดียวหรือหลายหลังที่อยู่ในบ้านเลขที่เดียวกันที่มีการพลังงาน ดังต่อไปนี้ เป็น โรงงานควบคุม

กรณีการเข้าขายเป็นโรงงานควบคุม

กรณีที่ 1 : โรงงานใดที่ได้รับอนุมัติให้ไฟฟ้าตั้งแต่ 10,000 kw หรือมีการติดตั้งหม้อแปลงรวมกันตั้งแต่ 11,750 kVA หลังวันประกาศพระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุมแต่ยังไม่ครบกำหนดของพระราชกฤษฎีกามีผลบังคับใช้ เป็นโรงงานควบคุมในวันที่พระราชกฤษฎีกามีผลบังคับใช้

กรณีที่ 2: โรงงานที่ได้รับอนุมัติให้ใช้ไฟฟ้าต่ำกว่ากรณีที่ 1 และเปิดใช้งานก่อนวันประกาศหรือหลังวันที่พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุมแต่ยังไม่ครบกำหนดที่พระราชกฤษฎีกามีผลใช้บังคับจะเป็นโรงงานควบคุมตราบเท่าที่ใช้พลังงานไฟฟ้า ความร้อนจากไอน้ำ หรือพลังงานสิ้นเปลืองแบบใดแบบหนึ่งหรือผลรวมจากรอบปีที่ผ่านมามาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึง 31 ธันวาคม มีการใช้พลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 200 MJ/year ขึ้นไปซึ่งหากโรงงานใดมีการใช้พลังงานดังกล่าวตามที่กำหนดจะกลายเป็นโรงงานควบคุมตั้งแต่ 1 มกราคมของปีถัดไป

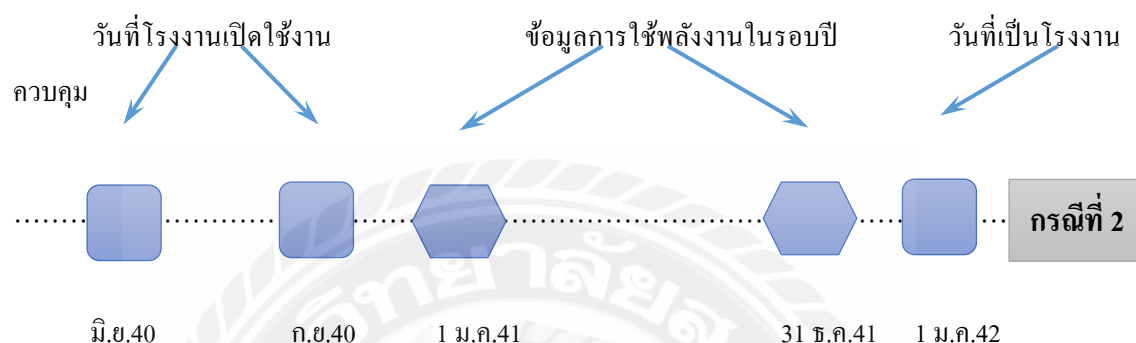


ในกรณีที่ 1 การนับเป็นโรงงานควบคุมปีที่ 1 จะนับเริ่มจากเดือนสิงหาคม 2540

การนับเป็นโรงงานควบคุมปีที่ 2 จะนับเริ่มจากเดือนสิงหาคม 2541

การนับเป็นโรงงานควบคุมปีที่ 3 จะนับเริ่มจากเดือนสิงหาคม 2542

การนับเป็นโรงงานควบคุมปีที่ 4 จะนับเริ่มจากเดือนสิงหาคม 2543



ในกรณีที่ 2 การนับเป็นโรงงานควบคุมปีที่ 1 จะนับเริ่มจากเดือนมกราคม 2542

การนับเป็นโรงงานควบคุมปีที่ 2 จะนับเริ่มจากเดือนมกราคม 2543

การนับเป็นโรงงานควบคุมปีที่ 3 จะนับเริ่มจากเดือนมกราคม 2544

การนับเป็นโรงงานควบคุมปีที่ 4 จะนับเริ่มจากเดือนมกราคม 2545

วิธีการคำนวณการใช้พลังงานตาม มาตรา 3 (2) มาตรา 4 (2) มาตรา 5 (2) และมาตรา 6 (2) ให้คำนวณเป็นหน่วย MJ ตามหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 ไฟฟ้าให้คำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้าเป็นหน่วย kW/h แล้วคูณด้วย 3.60

กรณีที่ 2 ความร้อนจากไอน้ำ ให้คำนวณปริมาณความร้อนจากไอน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$E_s = (h_s - h_w) \times S \times E_{tr} \quad (2.1)$$

E_s หมายถึง ปริมาณความร้อนจากไอน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าหน่วยเป็น MJ/year

H_s หมายถึง ค่า Enthalpy ของไอน้ำที่ใช้ หน่วยเป็น MJ/Tons จากตารางไอน้ำ (Steam table)

H_w หมายถึง ค่า Enthalpy ของน้ำที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียสมีความดันหนึ่งบรรยากาศ ในที่นี้ให้ใช้ค่าเท่ากับ 113 MJ/Tons

S หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่ใช้ หน่วยเป็น tons/year ได้จากเครื่องวัดปริมาณไอน้ำของโรงงานควบคุม

E_{ff} หมายถึง ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า ในที่นี้ให้ใช้ค่า 0.45

กรณีที่ 3 พลังงานสิ้นเปลือง ใช้สูตรการคำนวณปริมาณความร้อนจากพลังงานสิ้นเปลืองอย่างอื่นเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$E_f = F \times HHV \times E_{ff} \quad (2.2)$$

E_f หมายถึง ปริมาณความร้อนจากพลังงานสิ้นเปลืองเป็นปริมาณพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า หน่วยเป็น MJ/year

F หมายถึง ปริมาณการใช้พลังงานสิ้นเปลือง หน่วยเป็น หน่วยน้ำหนัก หรือปริมาตรต่อปี

HHV หมายถึง ค่าความร้อนสูง (higher heating value) ของพลังงานสิ้นเปลืองที่ใช้ หน่วยเป็น MJ/Mall หรือ Volume

E_{ff} หมายถึง ประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าในที่นี้ให้ใช้ค่า 0.45

กรณีที่ไม่มีค่าความร้อนสูงจากผู้จัดจำหน่ายให้ใช้ค่าความร้อนเฉลี่ยที่กรมพัฒนาและกรมส่งเสริมด้านพลังงานได้กำหนด

กิจกรรมการอนุรักษ์ด้านพลังงานในอาคาร มาตรา 17 ได้แก่ การดำเนินการแบบใดแบบหนึ่งดังต่อไปนี้

- 1) การป้องกันหรือลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาภายในอาคาร
- 2) การปรับเปลี่ยนอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการรักษาอุณหภูมิภายในของอาคารให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการใช้งาน
- 3) การใช้วัสดุอุปกรณ์สร้างอาคารที่จะช่วยอนุรักษ์ด้านพลังงาน ตลอดจนถึงการแสดงคุณภาพของวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างประเภทนั้นๆ
- 4) การใช้ระบบแสงสว่างภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ
- 5) การติดตั้งของเครื่องจักรอุปกรณ์และวัสดุที่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์ด้านพลังงานภายในอาคาร
- 6) การใช้ระบบประเภทต่างๆ ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์

7) การอนุรักษ์ด้านพลังงานโดยวิธีแบบอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

การกำหนดอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม (Designated building/factory)

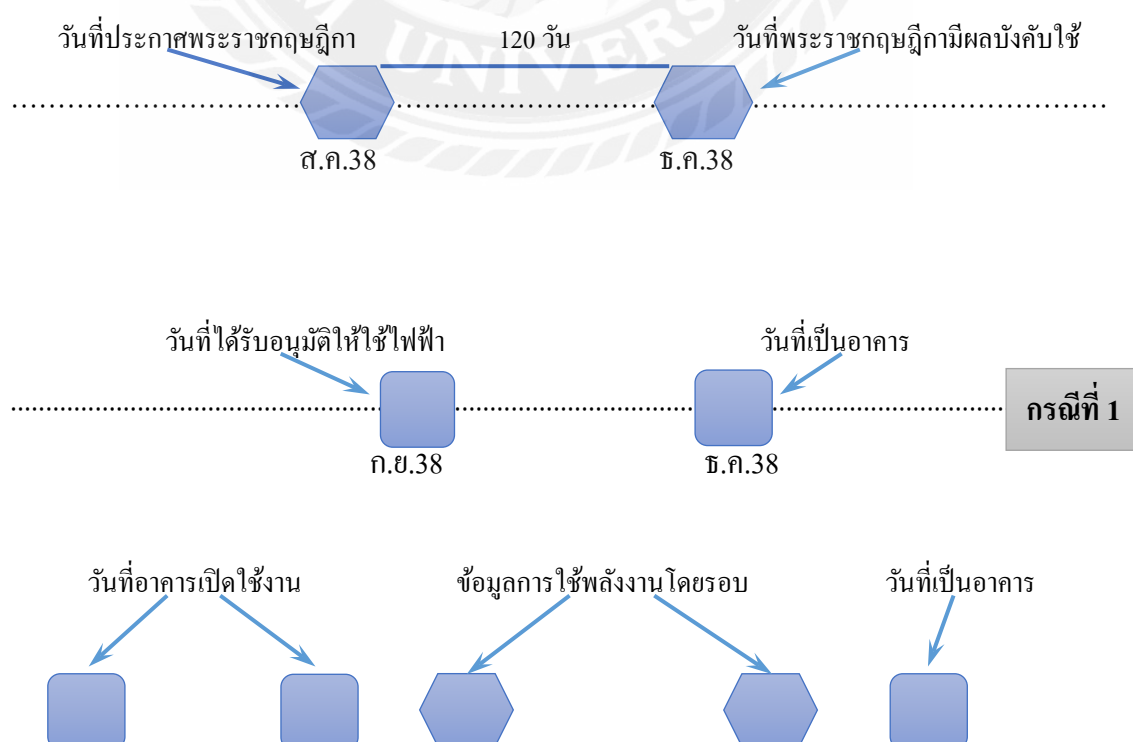
2.4.2) หลักการกำหนดอาคารควบคุม (Designated building)

พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ.2538 ซึ่งมีผลบังคับใช้นับตั้งแต่วันที่ 12 ธันวาคม 2538 กำหนดให้อาคารที่มีลักษณะเป็นอาคารที่รูปร่างและลักษณะเป็นอาคารหลังเดียวหรือหลายหลังที่อยู่ในบ้านเลขที่เดียวกันที่มีการพลังงาน ดังต่อไปนี้ เป็น อาคารควบคุม

กรณีการเข้าข่ายเป็นอาคารควบคุม

กรณีที่ 1 : อาคารใดที่ได้รับอนุมัติให้ไฟฟ้าตั้งแต่ 1,000 kw หรือมีการติดตั้งหม้อแปลงรวมกันตั้งแต่ 1,175 kVA หลังวันประกาศพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุมแต่ยังไม่ครบกำหนดของพระราชกฤษฎีกามีผลบังคับใช้ เป็นอาคารควบคุมในวันที่พระราชกฤษฎีกามีผลบังคับใช้

กรณีที่ 2 : อาคารที่ได้รับอนุมัติให้ใช้ไฟฟ้าต่ำกว่ากรณีที่ 1 และเปิดใช้งานก่อนวันประกาศหรือหลังวันที่พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุมแต่ยังไม่ครบกำหนดที่พระราชกฤษฎีกามีผลใช้บังคับ จะเป็นอาคารควบคุมตอ่การใช้พลังงานไฟฟ้า ความร้อนจากไอน้ำ หรือพลังงานสิ้นเปลืองแบบใดแบบหนึ่งหรือผลรวมจากรอบปีที่ผ่านมาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึง 31 ธันวาคม มีการใช้พลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 20 MJ/year ขึ้นไปซึ่งหากอาคารใดมีการใช้พลังงานดังกล่าวตามที่กำหนดจะกลายเป็นอาคารควบคุมตั้งแต่ 1 มกราคมของปีถัดไป



..... **กรณีที่ 2**

มิ.ย.38

ก.ย.38

1 ม.ค.

31 ธ.ค.39

1 ม.ค.

การใช้สูตรคำนวณปริมาณการใช้พลังงานตาม **มาตรา 3 (2)** ให้คำนวณเป็นหน่วย MJ ตามหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 สูตรคำนวณไฟฟ้า ให้คำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้าเป็นหน่วย kW/h แล้วคูณด้วย 3.60

กรณีที่ 2 ความร้อนจากไอน้ำ สูตรคำนวณปริมาณความร้อนจากไอน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$E_s = (h_s - h_w) \times S \times E_{\pi} \quad (2.3)$$

E_s หมายถึง ปริมาณความร้อนของไอน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า หน่วยเป็น MJ/year

H_s หมายถึง ค่า Enthalpy ของไอน้ำใช้ หน่วยเป็น MJ/Tons จากตารางไอน้ำ (Steam table)

H_w หมายถึง ค่า Enthalpy ของน้ำที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส และความดันหนึ่งบรรยากาศ ให้ใช้ค่าเท่ากับ 113 MJ/Tons

S หมายถึง ปริมาณของไอน้ำที่ใช้ หน่วยเป็น Tons/year ได้จากเครื่องวัดปริมาณไอน้ำของอาคาร

E_{π} หมายถึง ประสิทธิภาพของการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า ให้ใช้ค่า 0.45

กรณีที่ 3 พลังงานสิ้นเปลือง ให้ใช้สูตรคำนวณปริมาณความร้อนจากพลังงานสิ้นเปลืองอื่น เป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$E_r = F \times HHV \times E_{\pi} \quad (2.4)$$

E_r หมายถึง ปริมาณความร้อนจากพลังงานสิ้นเปลืองเป็นปริมาณพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า หน่วยเป็น MJ/year

F หมายถึง ปริมาณการใช้พลังงานสิ้นเปลือง หน่วยเป็น Mall หรือ Volume/year

HHV หมายถึง ความร้อนสูง (higher heating value) ของพลังงานสิ้นเปลืองที่ใช้ หน่วยเป็น MJ/Mall หรือ Volume

E_{π} หมายถึง ประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าให้ใช้ค่า 0.45

กรณีไม่มีค่าความร้อนสูงจากผู้จัดจำหน่าย ให้ใช้ค่าความร้อนเฉลี่ยที่กรมพัฒนาและกรมส่งเสริมด้านพลังงานกำหนด

หลักการกำหนดเป็นโรงงานควบคุม (Designated factory)

พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ.2540 ซึ่งมีการบังคับใช้จากวันที่ 17 กรกฎาคม 2540 ได้มีการกำหนดให้เป็นโรงงานที่มีรูปร่างเป็นโรงงานเดียวหรือหลายโรงงานภายในบ้านเลขที่เดียวกันที่มีการใช้พลังงานในระดับที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงปีที่จะมีผลบังคับใช้ดังต่อไปนี้ “โรงงานควบคุม”

1) โรงงานควบคุมที่มีการบังคับใช้จากวันที่ 17 กรกฎาคม 2540 (ปีที่ 1) คือโรงงานที่มี

- เครื่องวัดไฟฟ้า หรือให้มีการติดตั้งหม้อแปลงชุดเดียวกันหรือหลายชุดรวมกันที่มีขนาดตั้งแต่ 10,000 kW หรือ 11,750 kVA/year ขึ้นไป
- มีการใช้ด้านพลังงานไฟฟ้าจากระบบที่จัดจำหน่าย ความร้อนจากไอน้ำ จากศูนย์จัดจำหน่ายพลังงานสิ้นเปลืองอื่นจากศูนย์จัดจำหน่ายหรือจากตนเองแบบใดแบบหนึ่ง หรือรวมกันจากวันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 31 ธันวาคมของปีที่ผ่านมาปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 200 MJ ขึ้นไป

2) โรงงานควบคุมที่มีผลบังคับใช้จากวันที่ 17 กรกฎาคม 2541 (ปีที่ 2) คือโรงงานที่มี

- ที่มีขนาดตั้งแต่ 3,000 kW แต่ไม่ถึง 10,000 kW หรือตั้งแต่ 3,530 kVA แต่ไม่ถึง 11,750 kVA
- หรือโรงงานที่มีการใช้พลังงานโดยรวมเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 60 MJ แต่ไม่ถึง 200 MJ

3) โรงงานควบคุมที่มีผลบังคับใช้จากวันที่ 17 กรกฎาคม 2542 (ปีที่ 3) คือโรงงานที่มี

- ที่มีขนาดตั้งแต่ 2,000 kW แต่ไม่ถึง 3,000 kW หรือตั้งแต่ 2,350 kVA แต่ไม่ถึง 3,530 kVA
- หรือโรงงานที่มีปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 40 MJ แต่ไม่ถึง 60 MJ

4) โรงงานควบคุมที่มีผลบังคับใช้จากวันที่ 17 กรกฎาคม 2543 (ปีที่ 4) คือโรงงานที่มี

- ที่มีขนาดตั้งแต่ 1,000 kW แต่ไม่ถึง 2,000 kW หรือตั้งแต่ 1,175 kVA แต่ไม่ถึง 2,350 kVA
- หรือโรงงานที่มีปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 20 MJ แต่ไม่ถึง 40 MJ

หน้าที่ที่จะต้องรับผิดชอบของเจ้าของอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม (Role and responsibility of designated building / factory's owners)

มาตราที่ 9 ได้กำกับหน้าที่ให้เจ้าของโรงงานควบคุมต้องมีการดำเนินการไว้ให้ชัดเจน คือต้องมีการอนุรักษ์ด้านพลังงานตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงานของตนเองให้เป็นไปตามที่ทางกระทรวงได้กำหนดหรือตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ได้กำหนดไว้ในกฎกระทรวงพลังงาน

มาตราที่ 21 ได้มีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบของเจ้าของอาคารควบคุมต้องมีการอนุรักษ์ด้านพลังงานตรวจสอบและวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานในอาคารของตนเองให้เป็นไปตามกฎกระทรวงกำหนดหรือหลักเกณฑ์และวิธีที่ได้กำหนดไว้ในกฎกระทรวงที่ออกตามมาตราที่ 19 (กฎกระทรวงมาตรฐานการอนุรักษ์ด้านพลังงานภายในอาคารควบคุม ซึ่งเป็นการกำหนดมาตรฐานในเรื่องของค่าการถ่ายเทความร้อนโดยรวมภายในอาคาร (OTTV,RTTV) การใช้ระบบไฟฟ้าส่องสว่างในอาคาร และมาตรฐานด้านระบบปรับอากาศภายในอาคาร)

มาตรา 11 มาตรา 12 ยังมีการกำหนดให้เจ้าของโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมต้องดำเนินการดังนี้

- มีการจัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอย่างน้อย 1 คนประจำที่โรงงานควบคุมและอาคารควบคุมในแต่ละแหล่งตามที่กฎหมายได้กำหนดไว้ในกฎกระทรวงพลังงาน
- รวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตการใช้พลังงานและการอนุรักษ์ด้านพลังงานส่งให้แก่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์ด้านพลังงานตามแบบและระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ในกฎกระทรวงด้านพลังงาน
- จัดให้มีการบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานโดยรวมรวมไปถึงการติดตั้งหรือเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีผลต่อการใช้ด้านพลังงานและการอนุรักษ์ด้านพลังงาน ตามกฎกระทรวงและวิธีการที่ได้กำหนดไว้ในกฎกระทรวงพลังงาน
- กำหนดเป้าหมายและแผนงานด้านการอนุรักษ์ด้านพลังงานของโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมแล้วส่งให้แก่ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์ด้านพลังงานตามกฎกระทรวงที่ได้กำหนดและวิธีการและระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ในกฎกระทรวงพลังงาน
- ตรวจสอบรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนงานอนุรักษ์ด้านพลังงานตามที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง วิธีการและระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ในกฎกระทรวงพลังงาน

หน้าที่ความรับผิดชอบของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (Role and responsibility of PRE)

มาตราที่ 14 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์ด้านพลังงาน ได้กำหนดหน้าที่ของผู้รับผิดชอบด้านพลังงานมีหน้าที่ดังนี้

- กำกับให้มีการบำรุงรักษาและตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานเป็นระยะๆ
- กำกับให้มีการปรับปรุงวิธีการใช้พลังงานให้เป็นไปตามหลักการอนุรักษ์ด้านพลังงาน
- มีการรับรองผลเกี่ยวกับการผลิต การใช้พลังงานและการอนุรักษ์ด้านพลังงาน ที่เจ้าของโรงงานควบคุมได้ส่งให้แก่กรมพัฒนาด้านพลังงานทดแทนและอนุรักษ์ด้านพลังงาน ตามกฎกระทรวงและระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ในกฎกระทรวงพลังงาน
- มีการควบคุมดูแลและมีการบันทึกข้อมูลการใช้พลังงาน การมีการติดตั้งหรือเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานและอนุรักษ์ด้านพลังงานตามกฎกระทรวงและวิธีการที่ได้กำหนดไว้ในกฎกระทรวงพลังงาน เพื่อให้พนักงานหรือเจ้าหน้าที่ตรวจสอบได้ และรับรองความถูกต้องของบันทึกฉบับนั้นๆ
- มีการช่วยเจ้าของโรงงานควบคุมในการกำหนดเป้าหมายและวางแผนการอนุรักษ์ด้านพลังงานของโรงงานควบคุมและส่งมอบให้แก่กรมพัฒนาด้านพลังงานทดแทนและอนุรักษ์ด้านพลังงานตามกฎกระทรวงวิธีการและระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ในกฎกระทรวงพลังงาน
- มีการรับรองผลการตรวจสอบวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและการอนุรักษ์ด้านพลังงาน ตามกฎกระทรวงวิธีการและระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ในกฎกระทรวงพลังงาน

มาตราที่ 13 มาตราที่ 22 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานต้องมีคุณสมบัติแบบใดแบบหนึ่ง ดังนี้

- เป็นผู้ได้รับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงและมีประสบการณ์ด้านการทำงานมาแล้วอย่างน้อยสามปีโดยเคยมีผลงานด้านการอนุรักษ์ด้านพลังงานตามความรับรองของเจ้าของโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม
- เป็นผู้ที่ได้รับปริญญาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ โดยเคยมีผลงานด้านการอนุรักษ์ด้านพลังงานตามความรับรองของเจ้าโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม
- เป็นผู้สำเร็จการฝึกอบรมด้านการอนุรักษ์ด้านพลังงานหรือเคยมีการฝึกอบรมที่มีวัตถุประสงค์คล้ายคลึงกันที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการจัดการด้านพลังงาน (ปัจจุบันเป็นกระทรวงด้านพลังงาน) จัดตั้งขึ้นมาหรือให้ความเห็นชอบ

ผู้ที่เสนอจะเป็นผู้รับผิดชอบด้านพลังงานโดยใช้คุณสมบัติสำเร็จจากการฝึกอบรมด้านการอนุรักษ์ด้านพลังงานนั้นต้องเคยผ่านการฝึกอบรมหลักสูตรที่กระทรวงพลังงานได้เห็นชอบกับหลักสูตร “การอนุรักษ์ด้านพลังงานภายในอาคารควบคุม หรือหลักสูตร ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (PRE) ในอาคารควบคุม”

สำหรับผู้ที่จะสามารถรับผิดชอบด้านพลังงานประจำอาคารควบคุม และหลักสูตร “การอนุรักษ์ด้านพลังงานในโรงงาน” หรือหลักสูตร “ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (PRE) ในโรงงานควบคุม” สำหรับผู้ที่สามารถจะเป็นรับผิดชอบด้านพลังงานประจำโรงงานควบคุม รายละเอียดมีดังนี้ วิธีการเข้าอบรมในหลักสูตรดังกล่าว “กองฝึกอบรม โทรศัพท์ 0-2577-7035-41”

ขั้นตอนการแต่งตั้งผู้รับผิดชอบด้านพลังงานเจ้าของโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมต้องมีการกรอรายละเอียดลงในแบบที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและกรมอนุรักษ์ด้านพลังงานได้กำหนด “คือหนังสือแจ้งการแต่งตั้งผู้รับผิดชอบด้านพลังงานฯ (แบบ บพข.1) และ หนังสือรับรองผลงานด้านการอนุรักษ์ด้านพลังงาน (แบบ บพข.2) และ หนังสือรับรองผลงานด้านการอนุรักษ์ด้านพลังงานที่ได้รับการปฏิบัติงานในโรงงานหรืออาคารที่ไม่ใช่เป็นโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุม (แบบ บพข.3)”

ขั้นตอนของการปฏิบัติตามมาตรการการจัดการด้านพลังงานมีอยู่ 8 ขั้นตอน ดังนี้ (energy management)



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนแผนปฏิบัติงานการจัดการพลังงาน

2.4.3) เป้าหมายและการวางแผนปฏิบัติของการจัดการด้านพลังงาน เป็นแบบ (PDCA)

2.4.3.1) การกำหนดโครงสร้างหน่วยงานด้านการจัดการพลังงาน

2.4.3.2) การประเมินสถานการณ์เบื้องต้น

2.4.3.3) กำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงานและเผยแพร่ประชาสัมพันธ์

2.4.3.4) การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

2.4.3.5) กำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานรวมทั้งแผนฝึกอบรม

2.4.3.6) ดำเนินการตามแผนฯ

2.4.3.7) ตรวจสอบติดตาม ประเมินระบบการจัดการพลังงาน

2.4.3.8) การทบทวน วิเคราะห์แก้ไขระบบ

2.5) สัดส่วนการใช้พลังงานในภาคอาคาร (Energy consumption in building sectors)

โดยส่วนมากค่าใช้จ่ายด้านพลังงานภายในอาคาร มีสัดส่วนการใช้ร้อยละ 10 ของค่าใช้จ่ายในการดำเนินการภายในอาคารทั้งหมด ซึ่งถึงแม้ว่าจะไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายด้านอื่นๆ เช่น ด้านค่าเสื่อมราคา ด้านค่าจ้างงาน ด้านค่าภาษี และด้านค่าบุคลากร แต่เราสามารถลดค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานได้โดยการประหยัดพลังงานในขณะที่ค่าใช้จ่ายอื่นๆ มักจะเป็นค่าใช้จ่ายที่ควบคุมยากและบานปลาย นอกจากนี้ในการประหยัดด้านพลังงานซึ่งนำมาในการใช้อุปกรณ์ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดจะช่วยยืดอายุในการใช้งานของอุปกรณ์ ดังนั้นในด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ก็จะลดลงด้วย

อาคารแต่ละประเภทจะใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าพลังงานความร้อน โดยมีการใช้ในระบบปรับอากาศ ระบบพลังงานไฟฟ้าและแสงสว่าง ระบบปั๊มน้ำ ลิฟต์ บันไดเลื่อน อุปกรณ์สำนักงาน รวมไปถึงอุปกรณ์เครื่องใช้พลังงานด้านไฟฟ้าแบบต่างๆ

ตารางที่ 2.1 แสดงสัดส่วนในด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนภายในอาคาร
ประเภทต่างๆ (อ้างอิง : คู่มือการอนุรักษ์พลังงาน)

ประเภทอาคาร	ไฟฟ้า (%)	ความร้อน (%)
สำนักงานหรือบริษัท	100 %	-
ศูนย์การค้า	100 %	-
สถานศึกษา	100 %	-
โรงแรม	75 %	25 %
โรงพยาบาล	80 %	20 %

สัดส่วนในการใช้ด้านพลังงานในระบบแบบต่างๆ นั้นจะมีความแตกต่างกันตามประเภทหรือลักษณะของอาคารดังแสดงในตารางดังต่อไปนี้ ระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่างมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ามากโดยมีสัดส่วนในการใช้พลังงานไฟฟ้ามากถึงร้อยละ 80 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดภายในอาคาร ส่วนที่เหลือส่วนอื่นๆ จะถูกนำไปใช้ในระบบอื่นๆ เช่น บั๊มน้ำ ลิฟต์ บันไดเลื่อน ตู้แช่เย็น และอุปกรณ์สำนักงาน

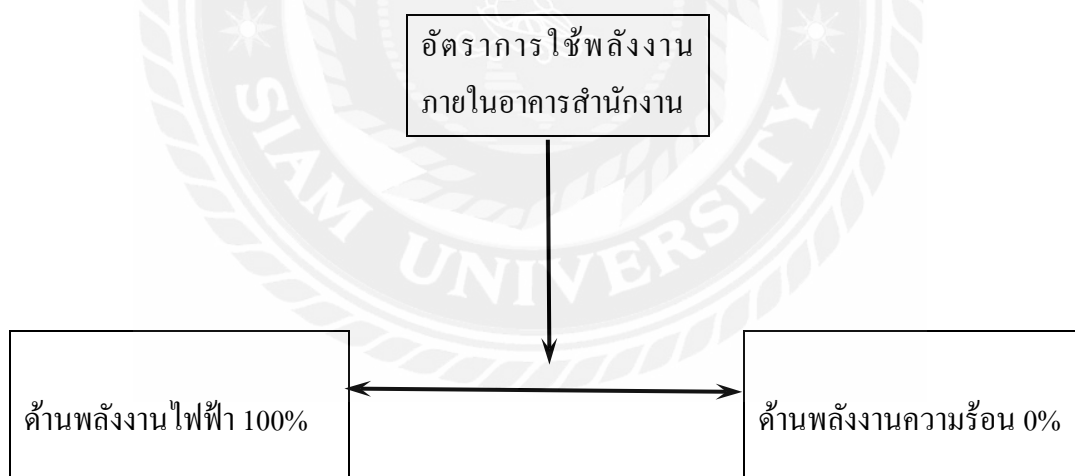
ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในอาคารประเภทต่างๆ แบ่งตามระบบ
ต่างๆ (อ้างอิง : คู่มืออนุรักษ์พลังงาน)

ประเภทของอาคาร	ระบบปรับอากาศ (%)	ระบบแสงสว่าง (%)	อื่นๆ (%)
สำนักงานหรือบริษัท	55 %	30 %	15 %
ศูนย์การค้า	62 %	23 %	15 %
สถานศึกษา	38 %	40 %	22 %
โรงแรม	65 %	18 %	17 %
โรงพยาบาล	55 %	25 %	20 %

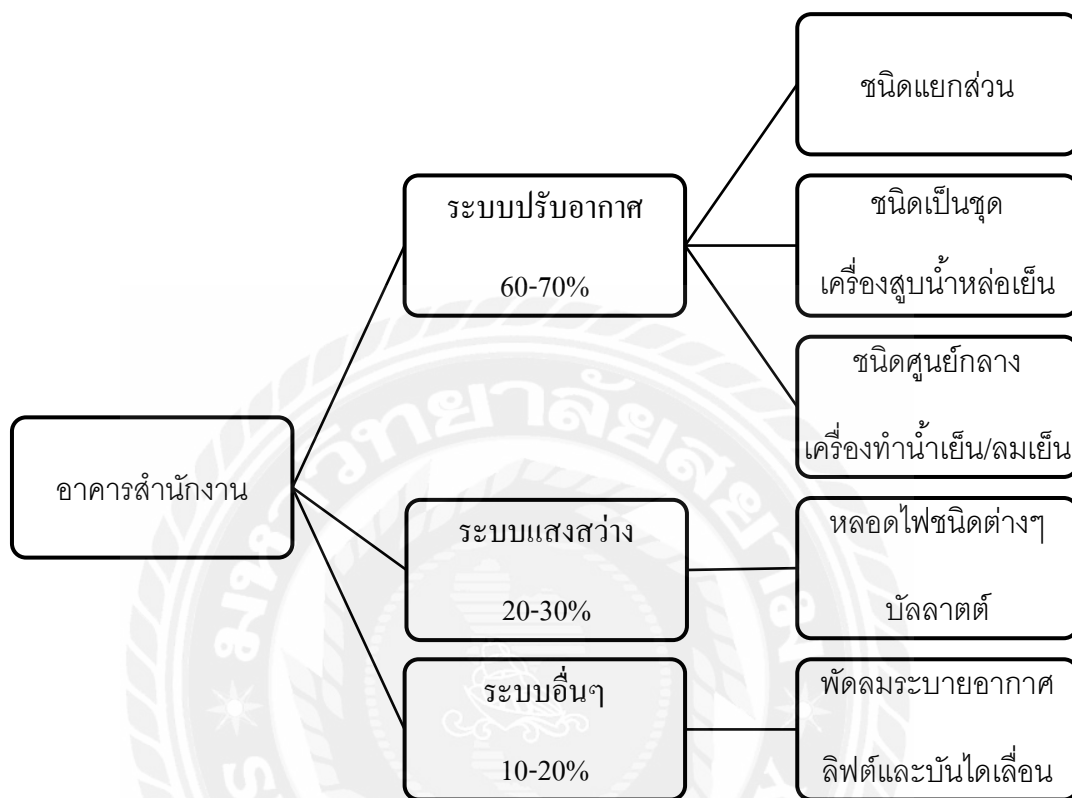
อาคารสำนักงาน

การเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสำหรับภายในอาคารสำนักงานหรือบริษัท จำเป็นต้องทำความเข้าใจในกิจกรรมและอุปกรณ์ต่างๆ ในอาคารนั้น เพื่อแก้ไขในจุดที่มีการรั่วไหล หรือใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลือง รวมไปถึงมีการกำหนดการใช้พลังงานเครื่องจักรและอุปกรณ์แบบต่างๆ อย่างประหยัดและถูกวิธี รวมไปถึงการวางมาตรการอนุรักษ์ด้านพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในลักษณะใดและมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันอย่างไร

การใช้พลังงานในอาคารสำนักงานหรือบริษัท จะมีแต่การใช้พลังงานด้านไฟฟ้า ซึ่งมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าตามอาคารสำนักงานหรือบริษัท อัตราส่วนใหญ่เป็นเรื่องของระบบทำความเย็นหรือระบบปรับอากาศภายในอาคาร ประมาณ 60-70% ที่เหลือจะเป็นการให้แสงสว่างภายในอาคาร การออกแบบตกแต่งเพื่อความสวยงาม 20-30% และระบบขับเคลื่อนอุปกรณ์เครื่องจักรภายในอาคาร 10-20% ดังแสดงในรูปภาพ



รูปที่ 2.2 แสดงการใช้ด้านพลังงานในอาคารสำนักงาน



รูปที่ 2.3 ภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารสำนักงาน

2.6) ชนิดเครื่องใช้วัดทางด้านไฟฟ้าและวิธีการใช้งาน

พื้นฐานการวัดทางด้านไฟฟ้าการดูหรืออ่านค่าประมาณที่วัดได้ในขนาดนั้นโดยตรงจากอุปกรณ์วัดไฟ เรียกว่า การวัดโดยตรง การวัดปริมาณอื่นๆ ที่สอดคล้องกับปริมาณที่ต้องการจะวัด และใช้ค่าที่วัดได้นำมาคำนวณหาค่าที่ต้องการ เรียกว่า การวัดทางอ้อม เช่นการวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเพื่อนำมาคำนวณค่าไฟฟ้าเป็นต้น

การวัดปริมาณทางไฟฟ้าส่วนมากจะใช้วิธีแปลงปริมาณที่ต้องการจะวัดให้เป็นการกวาดของเข็มหน้าเครื่องวัด มักเรียกว่า Deflection method ในกรณีที่ต้องการวัดด้วยความเที่ยงตรงสูง จะใช้วิธีการปรับปริมาณที่ต้องการจะวัดให้สมดุลกับปริมาณมาตรฐาน จึงจะหาปริมาณที่ต้องการจะวัดโดยดูจากขนาดของปริมาณมาตรฐาน เช่น Potentiometer หรือการวัดบริดจ์ วิธีนี้เรียกว่า Zero method ของการวัดความถี่และอัตราขยาย คือใช้ลบค่าหนึ่งออกจากปริมาณที่ต้องการวัด แล้ววัดค่าที่เหลืออยู่ นำไปคำนวณหาค่าที่ต้องการวัดต่อไป เรียกว่า Compensation method

2.6.1) สัญลักษณ์และหน่วยทางไฟฟ้า

กระแสของไฟฟ้าเป็นหน่วยพื้นฐานตามทีระบบหน่วยวัดนานาชาติ (หน่วย SI) รวมไปถึงหน่วยทางไฟฟ้าในทางปฏิบัติอื่นๆ ก็เป็นหน่วยผสมของหน่วย SI ซึ่งมีนิยามดังนี้

- กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ (**A** amperes of electricity)

จะมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าเมื่อกระแสไฟฟ้านี้ไหลผ่านลวดตัวนำกระแสตรง 2 เส้นที่มีความยาวเป็นอนันต์ ลวดตัวนำมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปวงกลมที่มีขนาดเล็ก ทำแนวนานกันโดยมีระยะห่าง 1 เมตรเมื่อในสุญญากาศแล้ว จะมีแรงกระทำต่อเส้นลวดแต่ละเส้นเท่ากับ 2×10^{-7} N ต่อความของเส้นลวดตัวนำ 1 เมตร ในกรณีที่เป็นกระแสไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าสลับ ค่าประสิทธิผล ของกระแสไฟฟ้านั้นต้องเท่ากับค่าที่นิยามไว้

- ค่าความต้านทานไฟฟ้า 1 โอห์ม (**Ω** Electricity charge 1 ohm)

ค่าเท่ากับค่าความต้านทานไฟฟ้าระหว่างจุด 2 จุดบนตัวนำไฟฟ้าเมื่อมีกระแสไฟฟ้า 1 A ไหลผ่านแล้ว แรงดันไฟฟ้าระหว่าง 2 จุดนั้นจะเท่ากับ 1 V

- กำลังไฟฟ้า 1 วัตต์ (**W** watt power)

จะเท่ากับกำลังที่ให้พลังงาน 1 จูล (J) ต่อ 1 วินาที

- แรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์ (**V** volt voltage)

จะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าระหว่างจุดสองจุดบนตัวนำไฟฟ้าที่มีปริมาณกระแสไฟฟ้าคงที่ 1 A ไหลผ่านจุดทั้งสองจุดแล้ว จะเกิดการสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าประมาณ 1 วัตต์ ในกรณีที่เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ค่าประสิทธิผลแรงดันของไฟฟ้านั้นต้องเท่ากับค่าที่นิยาม

- ประจุไฟฟ้า 1 คูลอมบ์ (**C** Electric charge 1 Coulomb)

จะเท่ากับปริมาณประจุไฟฟ้าที่กระแสไฟฟ้า 1 A จะนำพากระแสไฟฟ้าให้เคลื่อนที่ไปในเวลา 1 วินาที

- ความจุไฟฟ้าสถิต 1 ฟารัด (Electrostatic capacity 1 Farad)

จะเท่ากับค่าความจุไฟฟ้าสถิตของคาปาซิเตอร์ที่เมื่อประจุไฟฟ้าคาปาซิเตอร์นั้นด้วยประจุไฟฟ้า 1 C แล้วจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า 1 V

- อินдукแตนซ์ 1 เฮนรี (**H** Induction 1 Henry)

จะเท่ากับอินдукแตนซ์วงจรปิดของไฟฟ้าที่เมื่อมีกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอที่อัตรา 1 A/s ไหลผ่านแล้ว จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าประมาณ 1 V

- เส้นแรงแม่เหล็ก 1 ไวบอร์ (**wb** magnetic force line)

จะเท่ากับค่าของเส้นแรงแม่เหล็กที่เมื่อเส้นแรงของแม่เหล็กที่ตัดกับวงจรปิดพื้นที่ 1 รอบ ค่อยๆลดลงอย่างสม่ำเสมอจนกลายเป็นศูนย์ในเวลา 1 วินาที จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าประมาณ 1 V ภายในวงจรปิดนั้น

2.6.2) ตู้ MDB (Main Distribution Board)

MDB คือ (Main Distribution Board) ที่เรียกว่าแผนจ่ายไฟฟ้าขนาดใหญ่ ที่ใช้ในอาคารขนาดกลางถึงอาคารขนาดใหญ่รวมไปจนถึงภาคโรงงานอุตสาหกรรม ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในอัตราที่สูง

ลักษณะการทำงานตู้ MDB (Main Distribution Board) โดยการนำพลังงานไฟฟ้าที่ถูกส่งมาจากหม้อแปลงที่มาจากกรมไฟฟ้า แล้วทำการส่งโหลดไปยังแผนจ่ายไฟขนาดย่อยในส่วนต่างๆ ของอาคารหรือภาคโรงงาน

ตู้ MDB (Main Distribution board) ส่วนมากมีขนาดใหญ่ ติดตั้งอยู่บนพื้น การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานประเภทนั้นๆ โดยพิจารณาจากแรงดันไฟฟ้า พิกัดกระแส พิกัดกระแสลัดวงจร

ส่วนประกอบของตู้ MDB (Main Distribution Board)

2.6.2.1) ตู้ (Enclosure)

ทำจากแผ่นโลหะประกอบเป็นโครงตู้ ส่วนใหญ่จะเปิดได้เฉพาะด้านหน้าหรือเปิดได้ทุกด้าน คุณสมบัติคือ รับแรงดันจากภายนอก ป้องกันไม่ให้บุคคลที่อยู่ใกล้สัมผัสถูกส่วนที่มีไฟฟ้า ป้องกันสิ่งที่อยู่ภายในตู้ไม่ให้โดนน้ำหรือวัตถุแข็ง เป็นต้น

2.6.2.2) บัสบาร์ (Busbar)

หลักการทำงานนำไฟฟ้าทำจากทองแดงและอลูมิเนียม บัสบาร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นแบบ Flat ระบายความร้อนได้ดี แบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

- บัสบาร์แบบเปลือย
- บัสบาร์แบบทาสี

ลักษณะการใช้งาน

- ควรขนานกันไม่เกิน 4 แท่ง เพราะถ้ามากจะเกิดปัญหาเรื่อง Skin Effect
- บัสบาร์แบบทาสีนำกระแสไฟฟ้าดีกว่าบัสบาร์แบบเปลือย
- กำหนดให้ใช้สี สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน สำหรับเฟส R,Y,B ตามลำดับ
- การเรียงเฟสในสวิตช์บอร์ด (R,Y,B) ให้เรียงจากหน้าไปหลัง บนลงล่าง ซ้ายไปขวา
- อื่นๆ

2.6.2.3) เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

เบรกเกอร์ที่ใช้ทั่วไปมี 2 แบบ

- Mold Case Circuit Breaker : ใช้ในวงจรย่อยใช้เป็นเมนเบรกเกอร์ตู้ MDB ขนาดเล็ก
- Air Circuit Breaker : ใช้ในเมนเบรกเกอร์ในวงจรที่ใช้กระแสไฟฟ้าสูง

2.6.2.4) มิเตอร์วัดไฟฟ้า (Meter)

มิเตอร์วัดพื้นฐานสำหรับตู้ MDB ส่วนใหญ่จะเป็น โวลต์มิเตอร์และมิเตอร์ ซึ่งใช้ร่วมกับ Selector Switch เพื่อที่จะใช้วัดแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟส

2.6.2.5) อุปกรณ์อื่นๆ (Accessories)

ในตู้ MDB มีดังนี้

- Selector Switch
- Fuse
- Current Transformer (CT)
- Pilot Lamp
- จนวน

ลักษณะตู้ MDB (Main Distribution Board)



รูปที่ 2.4 MDB (Main Distribution Board)

2.7) เครื่องมือวัดด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า

ความพัฒนาทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์ ทำให้เครื่องมือวัด และการใช้เครื่องมือควบคุมการใช้พลังงาน ใช้ได้ง่ายและเชื่อถือได้ และมีความเที่ยงตรง เรื่องที่จะกล่าวถึงต่อไปจะเป็นการอธิบายถึงเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการตรวจสอบระบบของการใช้พลังงานไฟฟ้า

- เครื่องมือวัดกระแส (Ammeter)

คืออุปกรณ์ที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าอาจจะเป็นกระแสไฟฟ้าตรงหรือกระแสไฟฟ้าสลับ สำหรับเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าที่ใช้กับงานตรวจสอบการใช้พลังงานควรจะ

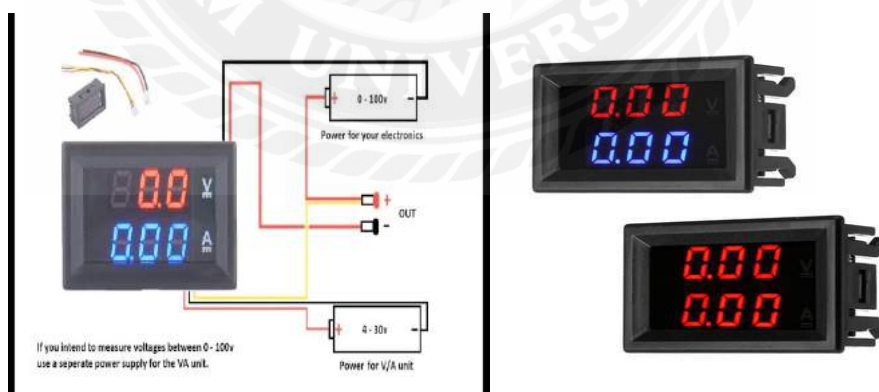
เป็นแบบเคลื่อนย้ายได้ และมีการออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานได้ง่ายและถอดหรือคล้องได้ง่ายโดยวัดกระแสไฟฟ้าแบบเฟสเดียว



รูปที่ 2.5 เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า (Ammeter)

- เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้า (Voltmeter)

เครื่องมือวัดชนิดนี้เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความต่างศักย์ของไฟฟ้าระหว่างจุด 2 จุดในวงจรไฟฟ้า ความต่างศักย์นี้จะใช้เป็นหน่วยโวลต์ (V) แรงดันไฟฟ้าเป็นค่าหนึ่งที่ต้องวัดในการคำนวณการใช้พลังงานด้านไฟฟ้า



รูปที่ 2.6 เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้า (Voltmeter)

- เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า (Wattmeter)

เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้าแบบสามารถเคลื่อนย้ายได้เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญมากเพราะสามารถที่จะวัดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าได้โดยตรง ในส่วนอื่นต้องทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้าแล้วนำมาคำนวณ ในกรณีที่เป็นการวัดค่ากระแสไฟฟ้าสลับ 3 เฟส การวัดด้วยวิธีนี้ทำให้การคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าง่ายขึ้น



รูปที่ 2.7 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า (Wattmeter)

- เครื่องมือวัดตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor meter)

เครื่องมือวัดตัวประกอบของกำลังไฟฟ้าที่สามารถเคลื่อนย้ายได้แบบชนิด 3 เฟส ในการวัดจะใช้สายวัดของเครื่องวัดหนีบกับขั้วตัวนำไฟฟ้าหรือขั้วของอุปกรณ์ที่ต้องการจะวัดค่าโดยแยกแต่ละเฟสแล้วใช้แคลมป์ก้ามปูคล้องกับตัวนำไฟฟ้าแต่ละเฟส การต่อลักษณะนี้เป็นแบบเดียวกับวัดคีมเตอร์ ขั้นตอนนี้ก็สามารถอ่านค่าเป็นตัวประกอบกำลังไฟฟ้าได้เลย



รูปที่ 2.8 เครื่องมือวัดตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power factor Meter)

2.7.1) สูตรคำนวณด้านไฟฟ้า (Electrical calculation formula)

ระบบไฟฟ้า 1 เฟส

$$P = V \times I \times \cos \theta \quad (2.5)$$

ระบบไฟฟ้า 3 เฟส

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \theta \quad (2.6)$$

P คือ กำลังไฟฟ้า หน่วยเป็น (W)

V คือ แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น (V)

I คือ กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น (A)

$\cos \theta$ คือ Power Factor หน่วยเป็น (PF)

พลังงานไฟฟ้าที่มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อชั่วโมง (Watt-Hour) หน่วยย่อเป็น (W/h) สามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$E = P \times T \quad (2.7)$$

ระบบไฟฟ้า 1 เฟส

$$E = V \times I \times \cos \theta \times T \quad (2.8)$$

ระบบไฟฟ้า 3 เฟส

$$E = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \theta \times T \quad (2.9)$$

E คือ พลังงานไฟฟ้า (W/h)

T คือ ระยะเวลาที่มีการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า (hour)

โดยส่วนหาค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์คือค่าตัวประกอบของกำลังไฟฟ้า (Power factor : PF) อัตราส่วนพลังไฟฟ้าจริงกับพลังไฟฟ้าที่ปรากฏ มีค่าตั้งแต่จำนวน 0-1 โดยส่วนใหญ่จะควบคุมอยู่ระหว่าง 0.85-1.00

2.7.2) อัตราค่าพลังงานด้านไฟฟ้า

อัตราค่าพลังงานด้านไฟฟ้าได้กำหนดอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นอัตรา TOU (Time of Use) ดังนั้นผู้ใช้พลังงานด้านไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดชนิด TOU (Time of Use) จะต้องทำการจ่ายค่าพลังงานด้านไฟฟ้าในส่วนของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดด้วย ในส่วนของค่าไฟฟ้าส่วนนี้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถบริหารจัดการให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเพื่อที่จะลดต้นทุนในการผลิตหรือการให้บริการลงได้ด้วยการควบคุมความต้องการด้านพลังงานไฟฟ้าสูงสุด

ส่วนประกอบของค่าไฟฟ้า

ค่าไฟฟ้าที่ทางกรมไฟฟ้า ฯ ที่เรียกเก็บจากผู้ใช้งานด้านไฟฟ้าแต่ละเดือนจะประกอบไปด้วยค่าไฟฟ้าหลายส่วน ผู้ที่ใช้พลังงานด้านไฟฟ้าบางรายต้องเสียค่าไฟฟ้าครบทุกส่วน แต่ผู้ใช้พลังงานด้านไฟฟ้าอีกบางรายเสียค่าไฟฟ้าเพียงบางส่วน กรณีนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของผู้ใช้งานด้านไฟฟ้าและปริมาณการใช้พลังงานด้านไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ส่วนประกอบของค่าไฟฟ้ามีทั้งหมด 6 ส่วนดังนี้

2.7.2.1) ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Demand Charge) ค่าความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในแต่ละเดือนที่กรมไฟฟ้า ฯ ที่นำมาคิดค่าพลังงานไฟฟ้านั้น กรณีนี้คือความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีหน่วยวัดเป็นกิโลวัตต์ที่เป็นค่าเฉลี่ยภายใน 15 นาทีสูงสุด ภายในเดือนนั้นเรียกหน่วยนี้ว่า บาทต่อกิโลวัตต์ คือค่าไฟที่สะท้อนถึงการลงทุนของการขยายระบบการผลิต และระบบจัดจำหน่าย ตามระดับแรงดัน เรียกเป็น Capacity Cost

อัตราปกติ คิดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าจากค่าที่เยอะที่ภายในเดือนนั้นๆ

อัตรา TOU (Time of use) คิดค่าความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าจากค่าที่เยอะที่สุดที่เกิดขึ้นระหว่างช่วง ON – PEAK รวมไปถึง PARTIAL – PEAK

อัตรา TOD (Time of day) คิดค่าความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าจากค่าที่เยอะที่สุดที่เกิดขึ้นระหว่างช่วง ON – PEAK

2.7.2.2) ค่าพลังงานด้านไฟฟ้า (Energy Charge) คือค่าพลังงานด้านไฟฟ้าที่ผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผู้ใช้พลังงานด้านไฟฟ้าได้ภายในช่วงเดือนนั้นๆ หน่วยเป็นบาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง หรือที่กรมพลังงานด้านไฟฟ้า ฯ เรียกว่า บาทต่อหน่วยคือค่าพลังงานด้านไฟฟ้าที่สะท้อนถึงค่าใช้จ่ายในการ

ซ่อมบำรุงรักษา แผนการดำเนินงาน และค่าเชื้อเพลิงกับราคาพลังงานปี พ.ศ. 2543 แบ่งออกตามระดับแรงดัน เรียกว่า Energy Cost

2.7.2.3) ค่าปรับราคาค่าพลังงานไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft) คือค่าใช้จ่ายที่ไม่มีอยู่ในการดูแลหรือควบคุมจากทางกรมพลังงานด้านไฟฟ้า ฯ เช่น ราคาเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงต่างจากราคาฐานกำหนดอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2543 หน่วยเป็น บาทต่อหน่วย

2.7.2.4) ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ (Power Factor Charge) ส่วนผู้ใช้พลังงานด้านไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟกเตอร์แบบล้าหลัง ถ้าในช่วงเดือนใด ผู้ที่ใช้พลังงานด้านไฟฟ้ามีความต้องการใช้พลังงานด้านไฟฟ้ารีแอกติฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์ เฉพาะกิโลวาร์ในส่วนที่เกิดจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ อัตราคิดเป็น บาทต่อกิโลวาร์

2.7.2.5) ค่าบริการ (Service Charge) คือค่าบริการที่เกี่ยวกับเครื่องวัด ฯ รวมไปถึงค่าดำเนินการในการจดหน่วย ทำใบเสร็จรับเงินค่าพลังงานด้านไฟฟ้าและดำเนินการจัดเก็บเงินค่าพลังงานด้านไฟฟ้า หน่วยเป็น บาท เรียกเป็น Customer Cost

2.7.2.6) ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) ในปัจจุบันเก็บอัตราร้อยละ 7

ตารางที่ 2.3 อัตราปกติ

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ (kV)	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/kW)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
≤ 69	175.70	3.1355
22 - 33	196.26	3.1729
< 22	221.50	3.2009

ตารางที่ 2.4 อัตรา TOU

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ (kW)	ค่าความต้องการพลังด้านไฟฟ้า (บาท/kW)			ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
	ON – PEAK	*PARTIAL – PEAK	OFF - PEAK	
≤ 69	224.30	29.91	0.0	3.1355
22 – 33	285.05	58.88	0.0	3.1729
< 22	332.71	68.22	0.0	3.2009

ตารางที่ 2.5 อัตรา TOU

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ (kV)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/kW)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท)
	ON – PEAK	OFF – PEAK	ON – PEAK	OFF – PEAK	
≤ 69	74.14	0.00	4.1283	2.6107	312.24
22 - 33	132.93	0.00	4.2097	2.6295	312.24
< 22	210.00	0.00	4.3555	2.6627	312.24

แนวทางปฏิบัติในส่วนการช่วยลดค่าไฟฟ้า

แนวทางการปฏิบัติในการลดค่าพลังงานไฟฟ้า คือ ใช้พลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในลักษณะที่สอดคล้องกับวิธีการในการคิดค่าพลังงานไฟฟ้า คือ ต้องศึกษาว่าเสียค่าพลังงานไฟฟ้าแบบใด เป็นแบบอัตราปกติ อัตรา TOU หรือ อัตรา TOD แล้วทำการปรับระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าให้สอดคล้องกับวิธีการคิดเงินก็จะทำให้สามารถลดค่าพลังงานด้านไฟฟ้าลดได้

ขั้นตอนการควบคุมความต้องการใช้ด้านพลังงานไฟฟ้าสูงสุด

- ควบคุมความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า
- ควบคุมปริมาณด้านพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลาทุก ๆ 15 นาที
- แบ่งประเภทของเครื่องจักร
- ควบคุมในส่วนที่กำหนดเวลาทำงานที่แน่นอนได้

- วิธีการจัดตารางเวลาทำงานในส่วนเครื่องจักรเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้งานพร้อม ๆ กัน
- วิธีจัดระบบกลุ่มที่กำหนดเวลาทำงานที่แน่นอนไม่ได้
- ควบคุมการทำงานซ้อนไม่ได้
- ควบคุมการทำงานซ้อนได้
- วิธีการควบคุมแบบเปิด-ปิด
- วิธีการควบคุมแบบปรับระบบการทำงานในแต่ละช่วงเวลา

ขั้นตอนการแปลงพลังงานระหว่างพลังงานรูปต่าง ๆ

โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนมาเป็นแนวทาง ด้านของพลังงานเคมีของเชื้อเพลิงจะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนด้วยวิธีการเผาไหม้ ส่วนพลังงานความร้อนจะถูกแปลงพลังงานเป็นพลังงานกลด้วยเครื่องจักรพลังความร้อน กรณีนี้เรียกว่าเครื่อง เทอร์ไบน์ ส่วนพลังงานกลจะถูกแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในแต่ละขั้นของการนำพลังงานมาใช้นั้นจะมีการแปลงพลังงานในรูปแบบต่างๆ และก็จะกลายเป็นพลังงานความร้อนแผ่ออกไป

ขั้นตอนการแปลงพลังงานในรูปแบบต่างๆ การแปลงพลังงานกลให้เป็นพลังงานความร้อนจะทำได้นั้น แต่เราต้องระมัดระวังว่า ในส่วนของการแปลงกับกันด้วยเครื่องจักรพลังงานความร้อนนั้น ประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานจะมีขีดจำกัดอยู่ค่าหนึ่ง นั่นก็คือ ประสิทธิภาพพลังงานความร้อน Carnot Cycle

ส่วนของทรัพยากรพลังงาน

แหล่งที่อยู่พลังงานฟอสซิล ก็คือ ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ Oil shale

แหล่งที่อยู่พลังงานนอกเหนือจากฟอสซิล

- ด้านพลังงานธรรมชาติ ก็คือ พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานคลื่น พลังงานกระแสน้ำ ระดับน้ำขึ้นน้ำลง ผลต่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล พลังงานความร้อนใต้ดิน พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์
- ด้านพลังงานชีวมวล (พลังงานจากสิ่งที่มีชีวิต)
- ด้านพลังงานนิวเคลียร์

ด้านพลังงานฟอสซิลแปลงเป็นพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการสะสมผ่านสิ่งที่มีชีวิตมาเป็นเวลาหลายร้อยล้านปีถ้ามีการใช้พลังงานเหล่านี้เป็นจำนวนมากโดยไม่หยุดวันใดวันหนึ่งพลังงานเหล่านี้ก็จะหมดไป

ในส่วนด้านพลังงานธรรมชาติและพลังงานชีวมวลซึ่งได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานความได้ดิน ระดับน้ำขึ้นน้ำลงซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างเทหวัตถุ คือพลังงานที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (Renewable Energy) แม้ส่วนพลังงานเหล่านี้จะไม่มีวันหมดไป แต่ก็มีความหนาแน่นต่ำ รวมทั้งยังขึ้นอยู่กับปัจจัยรูปแบบต่างๆ อย่างเช่น เวลา สภาพอากาศ สภาพภูมิศาสตร์ ฯลฯ จึงมีความยากลำบากในส่วนการนำมาใช้งานพลังงานเหล่านี้ที่มีการใช้อย่างมากในปัจจุบัน คือ พลังน้ำ ร่องลงมากคือ พลังงานความร้อนใต้ดินกับพลังงานแสงอาทิตย์ ในปัจจุบันส่วนพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์จะถูกคาดว่าจะมีการนำมาใช้มากขึ้นในอนาคต และการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มจุดคุ้มทุน

ด้านพลังงานปฐมภูมิและด้านพลังงานทุติยภูมิ

ส่วนการใช้ทรัพยากรพลังงาน เนื่องจากในสภาพเดิมๆ จะใช้ได้ยาก ดังนั้นบ่อยครั้งจึงมีการแปลงพลังงานเป็นรูปอื่นๆ ทรัพยากรพลังงานก่อนแปลงรูป เรียกว่า พลังงานปฐมภูมิ ส่วนพลังงานไฟฟ้าก๊าซหุงต้ม และปิโตรเลียม ฯลฯ ถ้าแปลงรูปแล้ว เรียกว่า พลังงานทุติยภูมิ จำพวก น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน พลังน้ำ-พลังงานความร้อนใต้ดิน พลังงานนิวเคลียร์ ฯลฯ ในส่วนนี้จะถูกนำไปใช้โดยตรง แต่ส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้แปลงรูปเป็นพลังงานด้านไฟฟ้า ปิโตรเลียม ถ่านโค้ก ก๊าซหุงต้ม ฯลฯ แล้วจึงนำไปใช้งาน

ส่วนการแปรรูปส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในการกำหนดไฟฟ้า ด้านพลังงานที่ส่งให้แก่โรงไฟฟ้านั้นรวมถึงผู้ประกอบการที่จ่ายไฟฟ้าและการกำเนิดไฟฟ้าในสถานประกอบการด้วยตนเองนั้น มีค่าเท่ากับ $9,489 \times 10^{15}$ จูล (คิดเป็น 41 % ของพลังงานปฐมภูมิ) แม้ว่าโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน (โรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ) ที่มีประสิทธิภาพในการกำเนิดไฟฟ้าสูงกว่า 40 % แต่ในส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ที่ใช้พลังงาน ถ้าหักการใช้พลังงานไฟฟ้าของหน่วยแปรรูปรวมในส่วนความสูญเสียในการส่งไฟฟ้าออกแล้ว จะมีค่าเท่ากับ $3,484 \times 10^{15}$ จูล ทำให้ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานคิดที่ผู้ใช้งานด้านพลังงานเท่ากับ 36.7 % การเปลี่ยนพลังงานมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะให้ได้พลังงานที่ใช้งานได้สะดวกและมีคุณภาพสูง อย่างเช่น พลังงานไฟฟ้า เป็นต้น ในการแปลงด้านพลังงานจะต้องมีการสิ้นเปลืองพลังงานเป็นอย่างมาก สิ่งที่สำคัญคือต้องปรับปรุงประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานนี้ มาตรการแก้ไขนอกจากโรงไฟฟ้าจะพยายามปรับปรุงสภาพภาพไอน้ำและ

ประสิทธิภาพเทอร์ไบน์แล้ว ยังมีการนำระบบ Combined Cycle ซึ่งมีส่วนประกอบด้วยกังหันก๊าซ และกังหันไอน้ำนำมาใช้เพิ่มนอกจากนี้ ผู้ใช้พลังงานที่ต้องการพลังงาน ความร้อนอุณหภูมิต่ำและ ปานกลางเป็นจำนวนมาก ก็ยังมีการใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน เซลเชื้อเพลิง และส่วนของระบบ การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ร่วมกันอีกด้วย ทำให้ระบบ Cogeneration ที่มีประสิทธิภาพด้าน ความร้อนสูงจากการใช้ทั้งพลังงานกล พลังงานไฟฟ้า พลังงานด้านความร้อนเป็นที่แพร่หลายกัน มากเพิ่มเรื่อยๆ

2.8) ส่วนระบบทำความเย็นและระบบปรับอากาศ

อาคารโดยส่วนใหญ่จะมีลักษณะปิดจึงจำเป็นต้องมีส่วนการปรับอากาศภายในตัวของ อาคาร ซึ่งในส่วนของระบบปรับอากาศนี้ เป็นระบบที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก เนื่องมี การทำงานตลอดเวลาของระบบในช่วงที่มีพนักงานยังทำงานอยู่ภายในอาคาร ดังนั้นการมีการจัด แผนงานที่ดีจะช่วยลดค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้าลดลงได้ นอกจากนี้การใช้งานระบบและระบบการ บำรุงรักษาภายในระบบทำความเย็นและระบบปรับอากาศที่ถูกต้องก็จะช่วยให้เกิดการประหยัด ด้านพลังงานอีกด้วย

ขั้นตอนการประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในระบบปรับอากาศ

การประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในระบบปรับอากาศ มีดังต่อไปนี้

มาตรการที่ไม่เสียค่าใช้จ่าย

- ปรับระบบการทำความเย็นให้อยู่ในระดับอุณหภูมิที่ต้องการ ไม่ควรจะต่ำจนเกินไป
- ส่วนของห้องประชุมและห้องสัมมนาที่มีการใช้พลังงานไม่เต็มสัดส่วน ควรควบคุมระบบ ทำความเย็นให้มีการทำงานเป็นส่วนๆ ตามที่ต้องการใช้งานจริง
- ควบคุมดูแลปริมาณอากาศภายนอกที่จะเข้าสู่ภายในอาคาร
- ควรจะติดตั้งเครื่องปรับอากาศให้อยู่ในพื้นที่ที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก เพื่อที่จะให้ลมเย็น กระจายตัวไปทั่วถึงบริเวณต่างๆ
- ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าและหลอดไฟเพื่อที่จะลดปริมาณความร้อนภายในอาคาร
- นำตู้มาติดตั้งฉนวนกันกระจุหรือด้านที่โดนแดดเพื่อที่จะลดปริมาณความร้อนจากภายนอก ที่จะเข้ามาในอาคาร
- ทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศทุกๆเดือน
- ปิดประตูและหน้าต่างให้สนิท

- ตรวจสอบพื้นที่ที่มีการกระจายความเย็นเพื่อที่จะลดการสูญเสียความเย็น

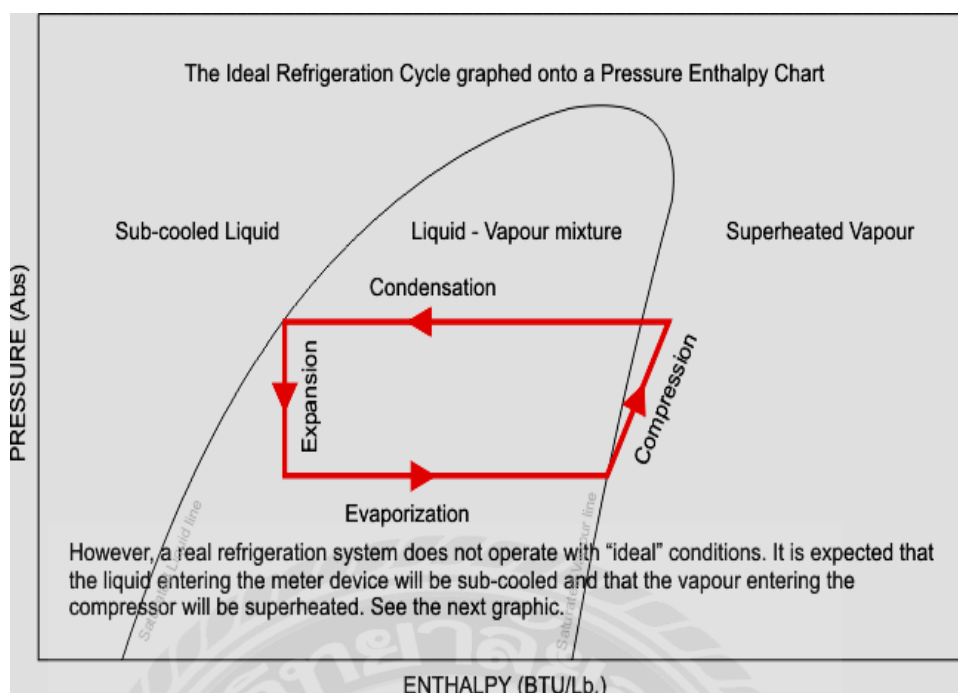
มาตรการที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- ติดตั้งผนังบุเพดาล
- ติดตั้งกระจกสองชั้นเพื่อลดความร้อนจากภายนอก
- ติดตั้งเครื่องควบคุมระบบการจ่ายลมเย็น เพื่อช่วยในการควบคุมอุณหภูมิ
- ติดตั้งม่าน กันแสงแดด
- ติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงอาทิตย์
- ติดตั้งระบบเปิด-ปิดอัตโนมัติ
- เลือกใช้เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง

2.8.1) การอนุรักษ์ด้านพลังงานไฟฟ้าในระบบการทำความเย็น

การทำงานของระบบปรับอากาศแต่ละประเภทจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดและการออกแบบรวมไปถึงการติดตั้งการใช้งาน แต่ระบบปรับอากาศทุกประเภทจะทำงานเป็นแบบวัฏจักรการทำความเย็นแบบวงจรอัดไอโดยมีสารทำความเย็นอย่างเช่น R22 หรือ R134a และสารอื่นๆ เป็นสารเร่งปฏิกิริยาการทำความเย็นที่ทำให้อากาศและน้ำมีอุณหภูมิตามที่ต้องการ เมื่อสารภายในระบบได้รับความเย็นจะถูกส่งไปที่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (ในกรณีที่สารตัวนั้นเป็นของเหลว) หรือส่งอากาศเย็นไปยังพื้นที่ปรับอากาศโดยตรง (ในกรณีที่สารตัวนั้นเป็นอากาศเย็น) ส่วนความร้อนที่เกิดขึ้นจะถูกดูดซับไปแล้วส่งไปยังชุดระบายความร้อนซึ่งจะระบายความร้อนออกด้วยอากาศหรือระบายความร้อนด้วยน้ำขึ้นอยู่กับประเภทของระบบปรับอากาศหรือระบบทำความเย็นนั้น ๆ มีส่วนประกอบดังนี้

- เครื่องอัด (Compressor)
- เครื่องควบแน่น (Condenser)
- วาล์วขยายตัว (Expansion valve)
- เครื่องระเหย (Evaporator)



รูปที่ 2.9 การทำงานของระบบปรับอากาศ

2.8.2) หลักการทำงานของระบบปรับอากาศ

ระบบการทำความเย็นหรือระบบอัดไอ (Vapor-Compression Cycle) ซึ่งมีหลักการทำงานง่ายๆ คือการทำให้สารทำความเย็น (น้ำยา) ไหลวนไปตามระบบ โดยผ่านส่วนประกอบหลักทั้ง 4 อย่างต่อเนื่องเป็น วงจรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle)

ขั้นตอนที่ 1-2 การอัดไอ (compression) อัดสารทำความเย็นในรูปแบบก๊าซความดันต่ำให้เป็นก๊าซร้อนความดันสูง

ขั้นตอนที่ 2-3 การควบแน่น (condenser) ทำสารทำความเย็นในสถานะก๊าซร้อนให้เป็นของเหลวและระบายความร้อนออก

ขั้นตอนที่ 3-4 การขยายตัว (expansion valve) เปลี่ยนจากสารทำความเย็นความดันสูงให้กลายเป็นความดันต่ำ พร้อมทั้งเปลี่ยนอุณหภูมิให้ต่ำลงจากสถานะของเหลวให้กลายเป็นของเหลวผสมก๊าซ

ขั้นตอนที่ 4-1 การระเหย (Evaporation) ความร้อนจากสารตัวนั้น (อากาศและของเหลว)

จะถูกดูดกลับไปเพื่อนำไปเปลี่ยนเป็นสารระเหยของเหลวเปลี่ยนสถานะไปเป็นก๊าซ

ระบบปรับอากาศส่วนใหญ่จะถูกออกแบบมาเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในห้องและควบคุมความชื้น เพื่อความสะดวกสบายของผู้ใช้งานที่อยู่ภายในห้องหรือสำนักงาน โดยทั่วไประบบปรับอากาศที่มีการใช้งานภายในอาคารจะเป็นระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนหรือระบบทำความเย็น

- หลักการคำนวณด้านพลังงานของวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ

อาศัยกฎทางเทอร์โมไดนามิกส์ หรือที่เรียกว่า กฎของพลังงาน ส่วนวัฏจักรการทำความเย็นสามารถพิจารณาได้ 2 แบบ คือ แบบแรกพิจารณารวมทั้งหมดเป็นวัฏจักร และพิจารณาที่เครื่องหรืออุปกรณ์แต่ละส่วน (กระบวนการ) ดังนี้

วัฏจักรของการพิจารณาว่าสารทำความเย็นจากสถานะที่ 1 กลายเป็นสถานะที่ 2 แล้วกลายเป็นสถานะที่ 3 แล้วกลับมาเป็นสถานะเดิมคือสถานะที่ 1 ตามกฎธรรมชาติหรือกฎพลังงานผลรวม พลังงานขาเข้าต้องเท่ากับผลรวมพลังงานขาออก เพราะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ ของสารทำความเย็น ด้านพลังงานที่เข้าและออกมีอยู่ 2 แบบ คือ พลังงานความร้อนและงานหรือกำลัง โดยพลังงานที่เข้าและออกเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิเราเรียกว่า พลังงานความร้อน ถ้าไม่แตกต่างก็เรียกว่างานหรือกำลัง ในการเขียนเป็นสูตรเราจึงนิยามกำหนดเครื่องหมายบวก (+) ลบ (-) แทนทิศทาง ขาเข้าและขาออก ให้เครื่องหมายของพลังงานความร้อนตรงข้ามกับงาน โดยจะใส่พลังงานความร้อนขาเข้าเป็นค่าบวก (+) แต่ใส่งานขาเข้าเป็นค่าลบ (-) ดังนั้นคือผลรวม (ตามเครื่องหมาย) ค่าพลังงานความร้อน เท่ากับผลรวม (ตามเครื่องหมาย) งานหรือกำลัง จะเขียนได้ดังนี้

$$\Sigma Q = \Sigma W \quad \text{หรือ} \quad +Q_L - Q_H = -W_C \quad \text{หรือ} \quad W_C = Q_H - Q_L \quad (2.10)$$

เมื่อ Q_L หมายถึง พลังงานความร้อนที่เข้าสู่วัฏจักรหรือขนาดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

Q_H หมายถึง พลังงานความร้อนที่ต้องระบายทิ้งของคอนเดนเซอร์

W_C หมายถึง งานหรือกำลังที่ชุดคอมเพรสเซอร์ที่ใช้ในการอัด

กระบวนการหรือที่เครื่องและอุปกรณ์แต่ละส่วน ที่สารทำความเย็นไหลเข้าและไหลออกนั่นเอง ตามกฎธรรมชาติหรือตามกฎพลังงานจะได้ว่า ผลรวมค่าพลังงานความร้อนขาเข้าและขาออกต้องเท่ากับผลรวมของงานหรือกำลังขาเข้าและขาออก และผลรวมการเปลี่ยนแปลงของพลังงานทั้งหมดของมวลที่ไหลเข้า – ออก โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงด้านพลังงานจลน์และด้านพลังงานศักย์ของ

มวลดังกล่าว จะไม่มีเครื่องหมาย เหลือเพียงพลังงานภายใน (u) รวมกับผลคูณของความดัน (P) ปริมาตรจำเพาะ (v) หรือที่เรียกว่าเอนทัลปี (h) ดังนี้

$$Q = h_e - h_i + w \text{ หรือ } Q = \dot{m}(h_e - h_i) + W \quad (2.11)$$

เมื่อ $\dot{m}$ หมายถึง อัตราการไหลของขาเข้า – ขาออก

q หมายถึง พลังงานความร้อนต่อหน่วยมวล โดย $q = \dot{m}q$

w หมายถึง งานหรือกำลังต่อหน่วยมวล โดย $W = \dot{m}w$

h หมายถึง $u + Pv$ ค่าเอนทัลปีนี้สามารถหาได้จากตาราง หรือ แผนภูมิ (Chart / Diagram) โดยต้องทราบค่าคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่ง 2 คุณสมบัติ เช่น ค่าความดัน (P) และค่าอุณหภูมิ (T) เป็นต้น

สมการที่สามารถใช้ได้กับเครื่องหรืออุปกรณ์ทุกอย่างดังนี้

ที่คอมเพรสเซอร์หรือกระบวนการ 1 – 2

$$Q = \dot{m}(h_2 - h_1) + W_C \text{ หรือ } -W_C = \dot{m}(h_2 - h_1) - Q \quad (2.12)$$

หรือทฤษฎีที่สมบูรณ์เรามักจะสมมติไม่มีค่าพลังงานความร้อนถ่ายเท $q = 0$ จะได้

$$W_C = \dot{m}(h_2 - h_1) \text{ หรือ } -W_C = h_2 \quad (2.13)$$

ที่ชุดคอนเดนเซอร์หรือกระบวนการ 2 – 3

$$Q_H = \dot{m}(h_3 - h_2) + W \quad (2.14)$$

ซึ่งจะเห็นว่า W ไม่มี นั่นคือ

$$Q_H = \dot{m}(h_3 - h_2) \text{ หรือ } q_H = h_3 - h_2 \quad (2.15)$$

ที่อุปกรณ์ลดความดันหรือจากกระบวนการ 3 – 4

$$Q = \dot{m}(h_4 - h_3) + W \quad (2.16)$$

จะเห็นว่า W ไม่มี ส่วน Q มักจะน้อยมาก จะได้ว่า

$$h_4 = h_3 \quad (2.17)$$

ที่เครื่องระเหยหรือจากกระบวนการ 4 – 1

$$Q_L = \dot{m}(h_1 - h_4) + W \quad (2.18)$$

จะเห็นว่า W ไม่มี คือ

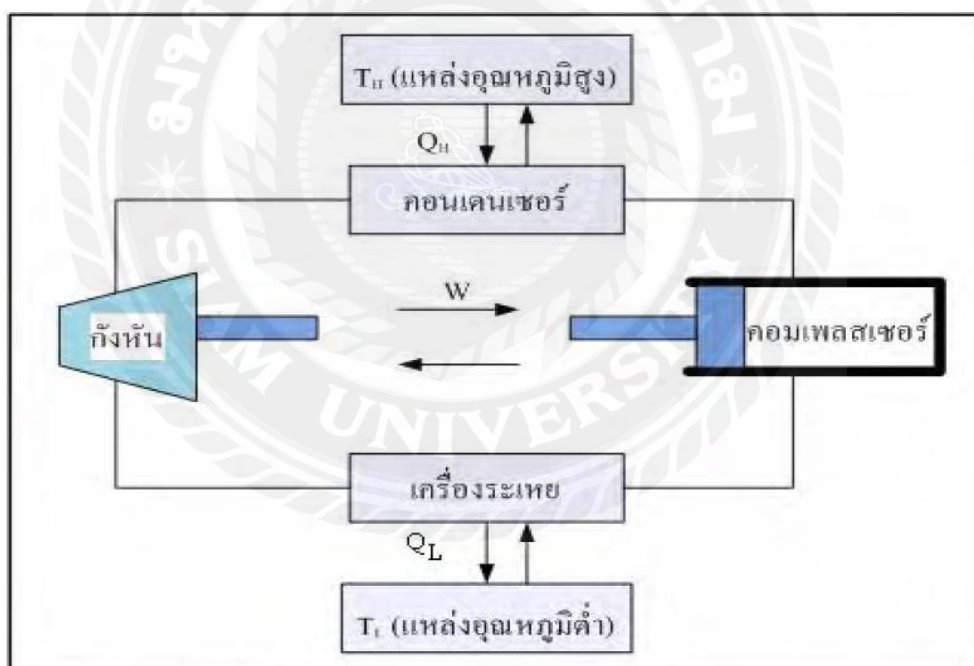
$$Q_L = \dot{m}(h_1 - h_4) \text{ หรือ } q_L = h_1 - h_4 \quad (2.19)$$

ประสิทธิภาพหรือค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ COP (Coefficient of Performance) ส่วนหน่วยอังกฤษนิยมใช้ EER (Energy Efficiency Ratio)

$$COP = Q_L / W_c \text{ [EER = 3.412 } Q_L / W_c \text{ หน่วยเป็น Btu / h / W]} \quad (2.20)$$

- วัฏจักรเครื่องทำความเย็นแบบอัดไอแบบสมบรูณ์

วัฏจักรเครื่องทำความเย็นคาร์โนต์



รูปที่ 2.10 วัฏจักรการทำความเย็นคาร์โนต์

วัฏจักรคาร์โนต์ สามารถย้อนกลับได้ทั้งภายนอกและภายในจึงมีประสิทธิภาพสูงที่สุดคือ

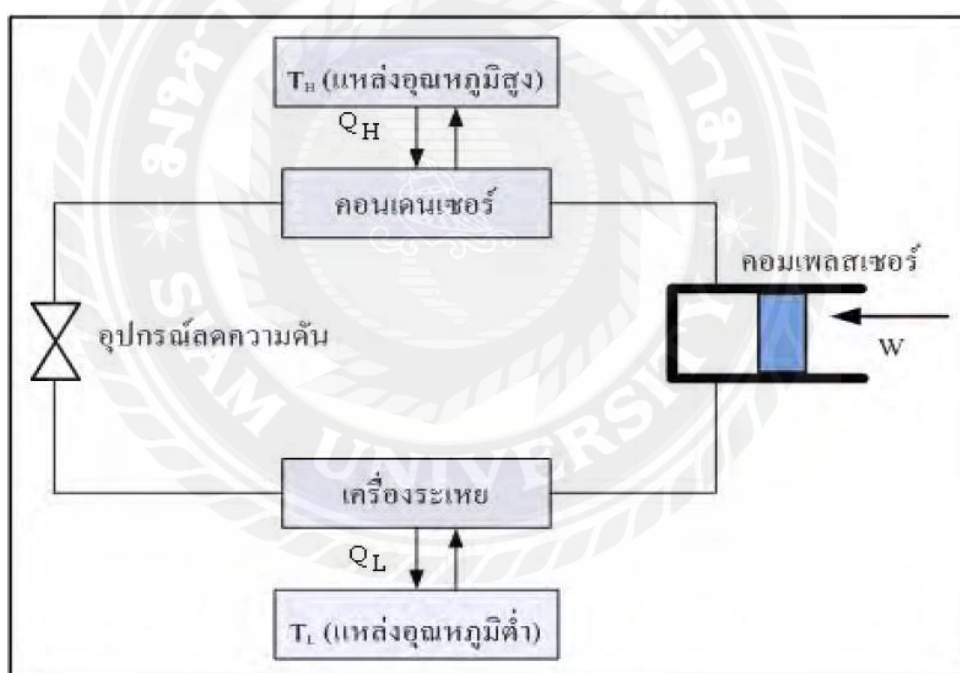
$$COP_{CARNOT} = T_L / (T_H - T_L) \quad (2.21)$$

$$\text{หรือ } EER_{\text{CARNOT}} = 3.412 T_L / (T_H - T_L) \text{ Btu / h / W}$$

โดย T_H และ T_L มีหน่วยเป็น K (Kelvin) $T = t (^{\circ}\text{C}) + 273$

- **วัฏจักรเครื่องทำความเย็นอุดมคติ**

วัฏจักรเครื่องทำความเย็นแบบอุดมคติ เป็นวัฏจักรที่มีความสมบูรณ์แต่ไม่สมบูรณ์เท่าวัฏจักรคาร์โนต์ เป็นต้นแบบของเครื่องทำความเย็นแบบอัดไอ และเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบัน วัฏจักรทำความเย็นในส่วนนี้ประกอบด้วยกระบวนการย้อนกลับได้ภายในเกือบทั้งหมด ยกเว้นเพียงกระบวนการเดียวที่ย้อนกลับไม่ได้ คือ กระบวนการลดความดัน



รูปที่ 2.11 วัฏจักรการทำความเย็นอุดมคติ

วัฏจักรนี้ประกอบด้วยกระบวนการต่างๆ ดังนี้

1 – 2 กระบวนการอัดแบบย้อนกลับได้โดยไม่มีการถ่ายเทพลังงานความร้อน หรือกระบวนการไอเซนโทรปิก

2 – 3 กระบวนการถ่ายเทพลังงานความร้อนในคอนเดนเซอร์ (หรือทำพลังงานความร้อนกรณีใช้ฮีตปั๊ม) ในส่วนนี้ไม่มีความเสียหายภายในระบบ ความดันจึงคงที่ หรือย้อนกลับได้แค่ภายใน (ส่วนภายนอกย้อนกลับไม่ได้)

3 – 4 กระบวนการลดความดันโดยไม่มีการทำงาน จึงเป็นกระบวนการย้อนกลับไม่ได้ แต่ไม่มีการถ่ายเทพลังงานความร้อน

4 – 1 กระบวนการถ่ายเทพลังงานความร้อน (ทำความเย็น) ในเครื่องระเหย ไม่มีค่าความเสียหายภายในระบบ ความดันจึงคงที่หรือย้อนกลับได้ภายใน (ภายนอกย้อนกลับไม่ได้)

จุดมุ่งหมายของวัฏจักรอุณหพลศาสตร์นี้ ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงภาวะค่าต่างๆ ในวัฏจักร หรือการเปลี่ยนแปลงชนิดสารทำความเย็น และเป็นการบอกถึงขอบเขตประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นที่ใช้กันอยู่

สูตรการคำนวณ

ใช้กฎทางเทอร์โมไดนามิกส์ สำหรับกระบวนการ โดยเว้นค่าการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ สมมติว่ามีสารทำความเย็นไหลผ่าน 1 หน่วยมวล เช่น 1 กิโลกรัม (kg.) ถ้าต้องใช้พลังงานต่อหน่วยเวลา (kJ / s = kW) ก็เอาอัตราการไหลของมวลคูณกับพลังงานต่อหน่วยมวลนั้น

$$Q_L = h_1 - h_4 \quad (2.22)$$

และอุปกรณ์ลดความดัน $h_4 - h_3$

$$p_L = h_1 - h_3 \quad (2.23)$$

ถ้า $\dot{m}$ = อัตราการไหลของมวล

$$Q_L = \dot{m} q_L = \dot{m} (h_1 - h_3) \quad (2.24)$$

ขนาดกำลังของมอเตอร์ที่ชุดคอมเพรสเซอร์

$$W_C = (h_1 - h_2) \quad (2.25)$$

$$W_C = \dot{m} w_C = \dot{m} (h_1 - h_2) \quad (2.26)$$

พลังงานความร้อนที่ต้องระบายทิ้งที่คอนเดนเซอร์

$$Q_H = h_3 - h_2 \quad (2.27)$$

$$Q_H = \dot{m} q_H = \dot{m} (h_3 - h_2) \quad (2.28)$$

$$\text{และ } Q_H = Q_L + W_C \quad (2.29)$$

ประสิทธิภาพ (Coefficient of Performance)

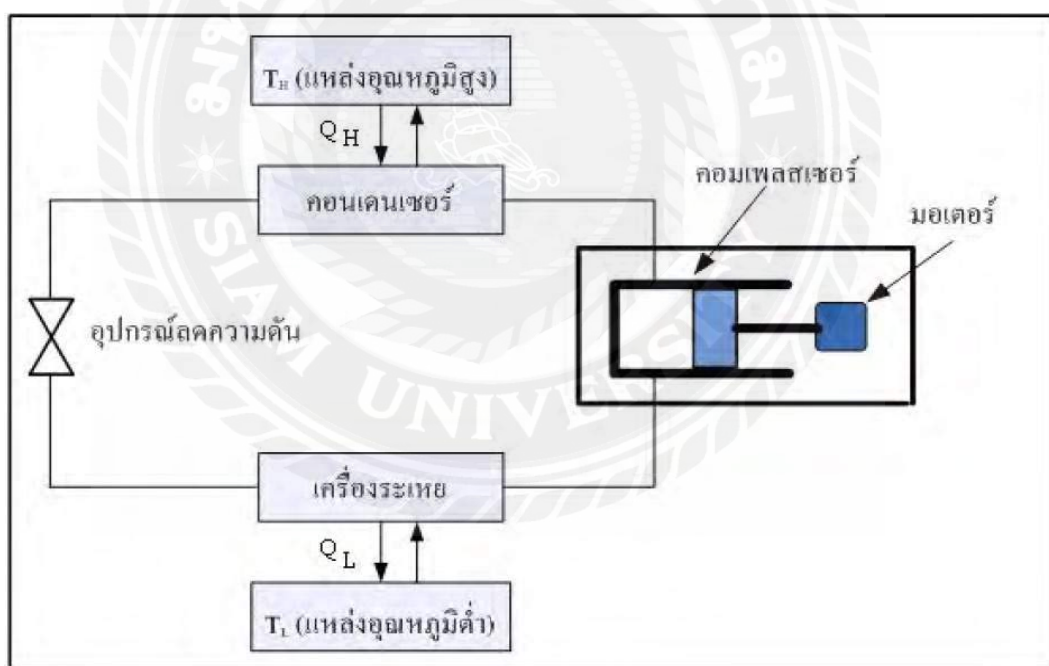
$$\text{COP} = Q_L / W_C = q_L / w_c = (h_1 - h_3) / (h_1 - h_2) \quad (2.30)$$

ปริมาตรที่ชุดคอมเพรสเซอร์ดูด – อัด ต่อหน่วยเวลา

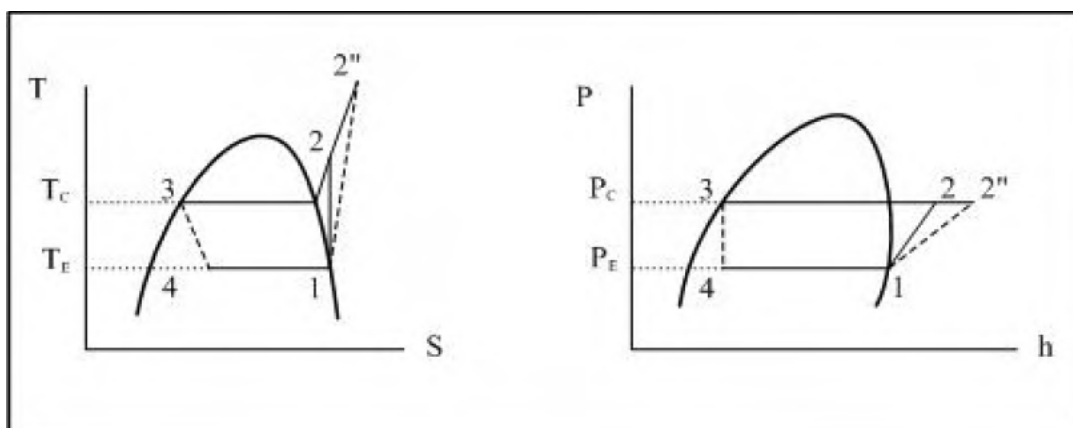
$$\text{Vol} = \dot{m} v_1 \quad (2.31)$$

หรือปริมาตรชุดคอมเพรสเซอร์ดูด – อัด ต่อ kW ความเย็น = $\text{Vol} / Q_L = v_1 / (h_1 - h_3)$

- วัฏจักรเครื่องทำความเย็นแบบอัดไอในทางปฏิบัติ



รูปที่ 2.12 วัฏจักรการทำความเย็นในทางปฏิบัติ



รูปที่ 2.13 ไลอะแกรมแบบอัดไอในทางปฏิบัติ

ในส่วนนี้คอมเพรสเซอร์ที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศ ส่วนใหญ่จะเป็นแบบหุ้มปิดชิด (Hermetic Compressor) ทั้งส่วนคอมเพรสเซอร์และมอเตอร์ขับเคลื่อนหุ้มปิดชิดในกล่อง โดยไอสารทำความเย็นที่ไหลเข้าคอมเพรสเซอร์จะดูดพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทออกจากมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์เอง กลับเข้าไปสู่สารทำความเย็นนั้น เหมือนในกระบวนการ 1- 2 ไม่มีการถ่ายเทความร้อนและในทางปฏิบัติจะมีการเสียดทาน จึงทำให้ไม่สมบูรณ์ เมื่อไม่สมบูรณ์และไม่มีการระบายพลังงานความร้อน เอนโทรปีจะเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับเอนทัลปี หมายถึงว่าสถานะที่ 2 จะร้อนและมีอุณหภูมิสูง กว่าทฤษฎีที่สมบูรณ์หรืออุดมคติ (สถานะที่ 2) ดังนั้นกำลังที่ใช้จริงในทางปฏิบัติ $W_C - ACTUAL$ ที่วัดได้ ก็จะมากกว่ากำลังทางทฤษฎีที่สมบูรณ์ เป็นต้น

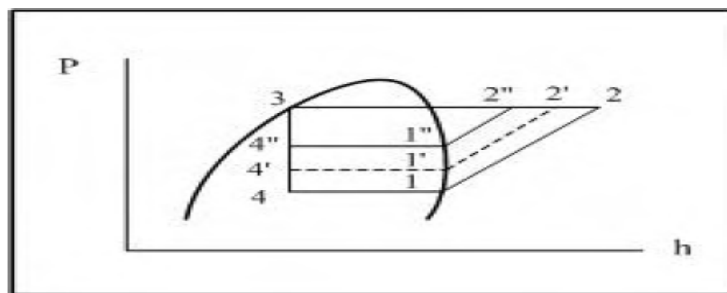
$$W_{C-ACTUAL} = h_2 - h_1 \quad (2.32)$$

นิยาม ประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ η_C ดังนี้

$$\eta_C = W_C / W_{C-ACTUAL} = (h_2 - h_1) / (h_2 - h_1) \quad (2.33)$$

การเพิ่มอุณหภูมิระเหยหรืออุณหภูมิอิ่มตัวด้านดูดหรือความดันด้านต่ำ จะทำให้ประสิทธิภาพ COP เพิ่มขึ้น

แผนภูมิ P - h ของวัฏจักรอุดมคติวิเคราะห์ให้เห็นว่า ส่วนของอุณหภูมิระเหยหรืออุณหภูมิอิ่มตัวด้านดูดหรือความดันต่ำ มีค่าสูงประสิทธิภาพ COP ยิ่งดี



รูปที่ 2.14 ไคอะแกรมวัฏจักรอัดมคติ

จากแผนภูมิ P-h เห็นว่า ประสิทธิภาพที่ T_E ต่าง ๆ ดังนี้

$$COP = (h_1 - h_3) / (h_2 - h_1) \text{ สำหรับ } T_E \text{ (อุณหภูมิระเหยเดิม)}$$

$$COP = (h_{1'} - h_{3'}) / (h_{2'} - h_{1'}) \text{ สำหรับ } T'_E \text{ (อุณหภูมิระเหยเพิ่มขึ้น)}$$

$$COP = (h_{1''} - h_{3''}) / (h_{2''} - h_{1''}) \text{ สำหรับ } T''_E \text{ (อุณหภูมิระเหยเพิ่มขึ้นมาก)}$$

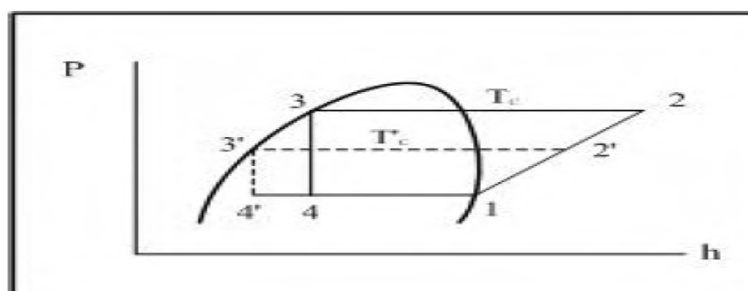
จากแผนภูมิจะเห็นว่า $(h_1 - h_3) < (h_{1'} - h_{3'}) < (h_{1''} - h_{3''})$ และ $(h_2 - h_1) > (h_{2'} - h_{1'}) > (h_{2''} - h_{1''})$

ประสิทธิภาพดีขึ้น เพราะ $COP'' > COP' > COP$

จากแผนภูมิยังเห็นว่า อุณหภูมิคอมเพรสเซอร์เย็นลง $T_{2''} < T_{2'} < T_2$ และปริมาตรจำเพาะของไอที่คอมเพรสเซอร์ดูดเข้าเล็กลง (ความหนาแน่นมากขึ้น) $V_{1''} < V_{1'} < V_1$ ดังนั้น ลดขนาดคอมเพรสเซอร์ได้

การลดอุณหภูมิควบแน่นหรือการลดอุณหภูมิอิ่มตัวหรือความดันด้านสูงจะเพิ่มประสิทธิภาพ COP

จึงวิเคราะห์ได้เช่นกันว่า ถ้าลดอุณหภูมิที่ควบแน่นหรือลดความดันด้านสูง ประสิทธิภาพ COP สูงขึ้น และความสามารถในการทำความเย็นก็จะเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 2.15 ไคอะแกรมวัฏจักรอัดมคติ (ต่อ)

จากแผนภูมิ P – h จะเห็นว่า

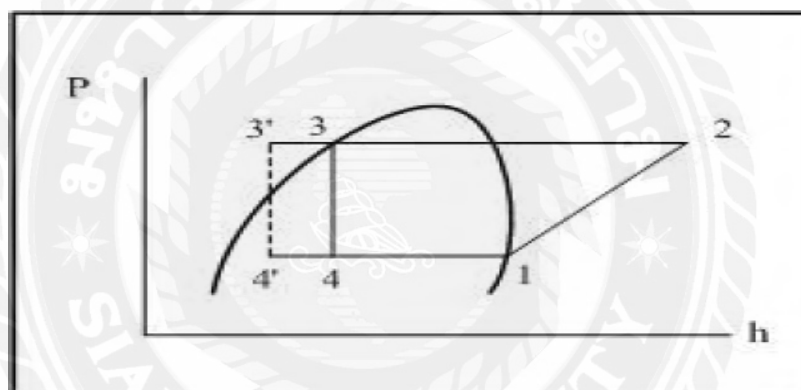
$$\text{COP} = (h_1 - h_3) / (h_2 - h_1) \text{ สำหรับ } T_c \text{ (อุณหภูมิควบแน่นเดิม)}$$

$$\text{ส่วน } \text{COP}' = (h_1 - h_{3'}) / (h_2 - h_1) \text{ สำหรับ } T'_c \text{ (อุณหภูมิควบแน่นลดลง)}$$

$$(h_1 - h_{3'}) > (h_1 - h_3) \text{ และ } (h_2 - h_1) < (h_2 - h_1) \text{ ดังนั้น } \text{COP}' > \text{COP}$$

หลักการให้น้ำยาที่ไหลออกจากคอนเดนเซอร์ (Liquid Sub Cooling)

หลักการทำให้ทั้งประสิทธิภาพระบบและความสามารถในการทำความเย็นเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.16 ไดอะแกรมวัฏจักรอุดมคติ (ต่อ)

ประสิทธิภาพเดิม $\text{COP} = (h_1 - h_3) / (h_2 - h_1)$

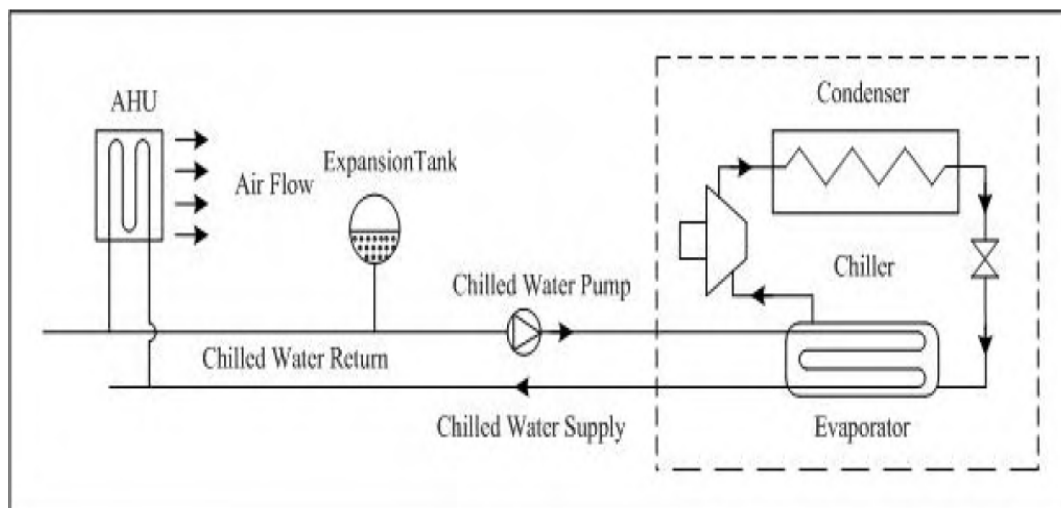
ประสิทธิภาพเมื่อมี Sub Cooling $\text{COP} = (h_1 - h_{3'}) / (h_2 - h_1)$

Sub Cooling ทำให้ $(h_1 - h_{3'}) > (h_2 - h_1)$ ดังนั้น $\text{COP}' > \text{COP}$

- **ชุดอุปกรณ์และระบบจ่ายน้ำในระบบปรับอากาศ**

ระบบน้ำเย็น

ระบบจ่ายน้ำเย็น (Chilled Water System) ซึ่งระบบจ่ายน้ำเย็นเป็นระบบที่ใช้น้ำเย็นในการส่งถ่ายความร้อนระหว่างเครื่องระเหย (Evaporator) และเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) โดยส่วนใหญ่แล้วระบบจ่ายน้ำเย็นเป็นระบบปิด เพื่อป้องกันการสูญเสียอุณหภูมิของน้ำเย็นที่เกิดจากการรั่วไหลและป้องกันสิ่งเจือปน รูปภาพของระบบจ่ายน้ำเย็นอย่างคร่าวๆ



รูปที่ 2.17 ระบบจ่ายน้ำเย็น

อุปกรณ์หลัก ๆ ที่ใช้ในระบบจ่ายน้ำเย็น

- เครื่องสูบน้ำเย็น (**Chilled Water Pump**) ทำหน้าที่สูบน้ำเย็นให้ไหลเวียนในระบบ เช่น ท่อ ข้อต่อ และ วาล์วต่าง ๆ เพื่อส่งและควบคุมอัตราการไหลของน้ำเย็น
- เครื่องระเหย (**Evaporator**) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนระหว่างสารทำความเย็นในระบบการทำความเย็นกับน้ำเย็น
- เครื่องส่งลมเย็น (**Air Handling Unit**) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์และแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนระหว่างน้ำเย็นและอากาศที่ใช้ในส่วนปรับอากาศ และถือว่าเป็นภาระงานในระบบ
- ถังขยายตัว (**Expansion Tank**) ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำเย็นในระบบให้คงที่เนื่องจากการขยายตัวหรือหดตัวของน้ำเย็นที่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

นอกจากอุปกรณ์หลักดังกล่าวแล้วยังมีอุปกรณ์วัดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบ เช่น อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ อุปกรณ์ เกดวัดความดันอุปกรณ์ อุปกรณ์ วัดอัตราการไหล ฯลฯ

ตารางที่ 2.6 วิธีเปรียบเทียบระหว่างน้ำเย็นกับระบบจ่ายลมเย็นโดยตรง

ระบบน้ำเย็น	ระบบส่งจ่ายลมเย็นโดยตรง
ข้อดี - ส่งได้ในระยะทางไกล ๆ โดยใช้พลังงานที่น้อยกว่า - ควบคุมการส่งจ่ายน้ำได้แม่นยำกว่า - เสียงเจียบ	ข้อดี - ในการบำรุงรักษามีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าเนื่องจากระบบไม่มีความซับซ้อน - ใช้ได้ในพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำ - ไม่มีการสูญเสียความร้อนจากการใช้สื่อกลาง
ข้อเสีย - ในการบำรุงรักษามีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าเนื่องจากระบบมีความซับซ้อน - มีการสูญเสียการส่งความร้อนเนื่องจากใช้น้ำเย็นเป็นสื่อกลาง	ข้อเสีย - สิ้นเปลืองพลังงานมาก หากส่งอากาศในระยะทางไกล ๆ - ควบคุมได้ยาก - เสียงดัง

จากการตรวจสอบและได้ทำการเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่า ระบบจ่ายน้ำเย็นจะเหมาะสมกับระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ อย่างเช่น ศูนย์การค้า โรงแรม โรงพยาบาล ฯลฯ ที่ต้องการส่งถ่ายพลังงานความร้อนเป็นระยะทางไกล ๆ ระบบทำความเย็นยังสามารถใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการทำความเย็นหรือปรับอากาศในลักษณะจำเพาะ ตามแต่ชนิดของอุตสาหกรรม

สูตรคำนวณที่เกี่ยวข้องกับหอทำความเย็น

ปริมาณความร้อนที่มีอยู่ในหอทำความเย็นได้รับ ปริมาณค่าพลังงานความร้อนที่มีอยู่ในหอทำความเย็นที่ได้รับจากคอนเดนเซอร์ สามารถนำมาคำนวณได้สองทางคือ ขั้นตอนคำนวณปริมาณน้ำระบายความร้อนที่ผ่านคอนเดนเซอร์

$$Q_H = \rho_{CDW} Q_{CDW} C_{CDW} (T_{CDS} - T_{CDR}) \quad (2.34)$$

Q_H หมายถึง ค่าปริมาณภาระความร้อนที่น้ำเย็นได้รับจากเครื่องส่งจ่ายลมเย็น หน่วยเป็น kW

ρ_{CDW} หมายถึง ค่าความหนาแน่นของน้ำระบายความร้อน หน่วยเป็น kg / m^3

Q_{CDW} หมายถึง ค่าอัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน หน่วยเป็น m^3/s

C_{CDW} หมายถึง ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำระบายความร้อน หน่วยเป็น $kJ/kg \cdot K$

T_{CDS} หมายถึง ค่าอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่กลับสู่คอนเดนเซอร์ หน่วยเป็น $^{\circ}C$ หรือ K

T_{CDR} หมายถึง ค่าอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่ออกจากคอนเดนเวอร์ หน่วยเป็น $^{\circ}C$ หรือ K

ส่วนอีกทางสามารถคำนวณได้จากปริมาณอากาศที่ผ่านหอทำความเย็น

$$Q_H = \rho_{AIR} Q_{AIR} (h_{air, out} - h_{air, in}) \quad (2.35)$$

Q_H หมายถึง ค่าความหนาแน่นของอากาศที่ออกจากหอทำความเย็น หน่วยเป็น kg/m^3

Q_{air} หมายถึง ค่าอัตราการไหลของอากาศที่ออกจากหอทำความเย็น หน่วยเป็น m^3/s

$h_{air, out}$ หมายถึง ค่าเอนทัลปีของอากาศ (รวมความชื้น) ที่ออกจากหอทำความเย็น หน่วยเป็น kJ/kg

$h_{air, in}$ หมายถึง ค่าเอนทัลปีของอากาศ (รวมความชื้น) ที่เข้าสู่หอทำความเย็น หน่วยเป็น kJ/kg

อัตราส่วนการระเหยน้ำระบายความร้อนในหอทำความเย็น

อัตราส่วนการระเหยน้ำระบายความร้อนในหอทำความเย็นในระบบปรับอากาศ โดยส่วนมากจะมีค่าเท่ากับประมาณร้อยละ 1 ต่ออัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนที่มีอยู่ในระบบ สามารถคำนวณได้จากสูตร ดังต่อไปนี้

$$M_{evap} = \rho_{air} Q_{air} (\omega_{air, out} - \omega_{air, in}) \quad (2.36)$$

M_{evap} หมายถึง ค่าอัตราการระเหยน้ำระบายความร้อนในหอทำความเย็น หน่วยเป็น kg/s

$\omega_{air, out}$ หมายถึง ค่าอัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio) อากาศที่มาจากหอทำความเย็น หน่วยเป็น $kg_{water vapor} / kg_{dry air}$

2.8.3) ชนิดของเครื่องทำความเย็นหรือเครื่องปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type system)

เป็นระบบปรับอากาศที่มีขนาดเล็กขนาดของการทำความเย็นส่วนใหญ่จะไม่เกิน 40,000 Btu/hour ในส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือส่วนคอยล์ทำความเย็นที่เรียกว่า คอยล์เย็น (Fan Coil Unit) ซึ่งจะถูกติดตั้งอยู่ในพื้นที่ปรับอากาศหรือภายในห้อง ส่วนของคอยล์ร้อน (Condensing Unit) จะทำหน้าที่ระบายความร้อนออกภายในของคอยล์ร้อน (Condensing Unit) จะมีเครื่องอัดสารทำความเย็นที่เรียกว่า คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ส่วนนี้จะถูกติดตั้งอยู่ภายนอกห้องหรือบนหลังคา การทำงานของคอยล์ร้อนและคอยล์เย็นจะมีท่อส่งสารทำความเย็นเชื่อมต่อกันเพื่อที่จะระบายความร้อนออกจากพื้นที่

หลักการทำงานของระบบปรับอากาศที่ใช้กันมากในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

- ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน หลักการทำงานของระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Split Type)
- ระบบปรับอากาศแบบแปรเปลี่ยนอัตราการไหลของสารทำความเย็น หลักการทำงานของระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air cooled variable refrigerant flow VRF)
- ระบบปรับอากาศแบบน้ำเย็น หลักการทำงานของระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air cooled central chilled water)
- ระบบปรับอากาศแบบน้ำเย็น หลักการทำงานของระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water cooled central chilled water)
- ระบบปรับอากาศแบบแพ็คเกจ หลักการทำงานของระบายความร้อนด้วยอากาศ (Package air cooled Unit)
- ระบบปรับอากาศแบบน้ำเย็น หลักการทำงานของระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water cooled central chilled water)

ระบบปรับอากาศแบบเครื่องทำความเย็น (Chiller system)

ระบบปรับอากาศแบบเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller system) คือระบบปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ มักเรียกกันว่าระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ สำหรับอาคาร ห้างสรรพสินค้า สถาบันการศึกษา โรงแรม ภาคโรงงานอุตสาหกรรม ที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่และต้องการปรับอากาศในพื้นที่นั้น หรือมี

ห้องเป็นจำนวนมาก หลายห้อง หลายโซน หลายชั้น ส่วนใหญ่มักจะใช้น้ำเป็นสารตัวกลางในการระบายความร้อนหรือความเย็น โดยมีส่วนประกอบของระบบดังนี้

เครื่องน้ำเย็น (Chiller system)

ระบบปรับอากาศที่นิยมและใช้กันมากที่สุดเป็นระบบแบบรวมศูนย์ (Central Air conditioning system) โดยใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) หลักการทำงานของระบบระบายความร้อนด้วยน้ำเป็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบระบายความด้วยอากาศ ส่วนประกอบหลักๆของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) คือ คอมเพรสเซอร์ (Compressor) คอนเดนเซอร์ (Condenser) อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) และเอ็กแพนชันวาล์ว (Expansion valve) ใช้สารทำความเย็นอย่างเช่น R 22 หรือ R 134a บรรจุอยู่ในระบบหมุนเวียน เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ถือเป็นส่วนสำคัญในระบบปรับอากาศประเภทนี้ เครื่องทำน้ำเย็นจะทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่เข้าและออกจากเครื่องระเหย (Evaporator) ให้ได้ประมาณ 12 องศา และ 7 องศา โดยมีอัตราการไหลของน้ำเย็นตามมาตรฐานการออกแบบของผู้ผลิตอยู่ที่ 2.4 แกลลอนต่อนาทีต่อต้านความเย็นภายในมีส่วนประกอบไปด้วยระบบทำน้ำเย็น หากแบ่งตามลักษณะการระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่น (Condenser) จะแบ่งลักษณะการทำงานออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

เครื่องทำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air cooled water chiller)

คือเครื่องทำความเย็นที่อาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศ ลักษณะการทำงานของเครื่องทำเย็นเป็นแบบงานที่มีความต้องการความเย็นไม่มากนัก มักจะไม่เกิน 500 ตันความเย็น สะดวกในการติดตั้งและด้านการลดการดูแลรักษา หรือแม้แต่พื้นที่ที่ขาดน้ำถึงพื้นที่ที่ไม่มีน้ำเลย อย่างไรก็ตามเครื่องที่ระบายความร้อนด้วยอากาศมักจะกินไฟมากกว่าเครื่องที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ส่วนประสิทธิภาพสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศจะอยู่ระหว่าง 1.4 -1.6 กิโลวัตต์ต่อต้านความเย็น ส่วนของน้ำเย็นจะถูกสูบส่งไปยัง (Chiller water Pump) จ่ายเข้าระบบไปยัง FCU และ AHU โดยมีอุณหภูมิของน้ำเย็นจะอยู่ที่ประมาณ 7 องศาเซลเซียส เมื่อใช้งานผ่าน FCU และ AHU แล้วจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 12 องศาเซลเซียส ก็จะถูกส่งกลับมายังเครื่องทำความเย็นอีกครั้ง ส่วนระบบท่อทำเย็น (Chiller water pipe) มีทั้งท่อส่งน้ำเย็น (Supply chiller water pip) ท่อส่งน้ำเย็นกลับ (Return chiller water pipe) ซึ่งจะมีการ หุ้มฉนวนเพื่อป้องกันน้ำเกาะท่อ (Condensation) คอมเพรสเซอร์ที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ ส่วน

คอมเพรสเซอร์แบบสกรูจะใช้กับเครื่องขนาดใหญ่คอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่งจะใช้กับเครื่องที่มีขนาดเล็กจริงๆ Water chilling Unit หรือ chiller เป็นส่วนที่นำไปใช้ในการรับความร้อนจากบริเวณปรับอากาศ โดยที่น้ำเย็นจะรับความร้อนจากอากาศผ่าน FCU หรือ AHU การระบายความร้อนของสารทำความเย็นใน Condenser มีแบบระบายความร้อนด้วยอากาศและระบายความร้อนด้วยน้ำประสิทธิภาพการทำความเย็นสูงในกรณีที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ มักจะใช้เครื่องทำน้ำเย็นประเภทนี้ เพราะมีเครื่องทำน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพสูงให้เลือกใช้ 0.62 – 0.75 กิโลวัตต์/ตันความเย็น และมีอัตราการกินไฟน้อยกว่าเครื่องแบบอื่นๆ อย่างไรก็ตามระบบปรับอากาศชนิดนี้จะต้องมีหอระบายความร้อน ลักษณะโครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็นคงเหมือนกับเครื่องแบบ Air – cooled เพียงแต่แทนที่จะเป็นเครื่องทำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศก็เปลี่ยนเป็นเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำเท่านั้นเอง ระบบท่อน้ำที่ระบายความร้อนหรือ Condenser water จะมีส่วนประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน Condenser water pump หลักการทำงานจะสูบน้ำเพื่อมาระบายความร้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ของเครื่องทำเย็น คอมเพรสเซอร์จะมีชนิดลูกสูบแบบสกรู และแบบหอยโข่ง

สูตรการคำนวณ

$$Q = L \times 1.2 \times \Delta h \quad [\text{kW}] \quad (2.37)$$

L หมายถึง อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ หน่วย m^3 / s

Δh หมายถึง ผลต่างของเอนทัลปีของอากาศผ่านคอยล์ หน่วย kJ / kg

เครื่องทำความเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (Cooling Tower)



รูปที่ 2.18 เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller)

เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water cooled Water chiller)

สำหรับระบบที่ต้องการขนาดการทำน้ำเย็นมาก เครื่องทำน้ำเย็นที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่องทำน้ำเย็นที่ระบายความร้อนด้วยอากาศประมาณ 0.62 – 0.75 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งที่สูงกว่าเนื่องจากต้องติดตั้งหอระบายความร้อน Cooling Tower เครื่องสูบน้ำระบายความร้อน Condenser Water pump ต้องมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสมเพื่อป้องกันการสึกกร่อน ตะกรัน ภายในระบบท่อ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน คือ สาเหตุสำคัญที่ทำให้ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นต่ำลง ส่วนของเครื่องระเหย Evaporator โดยมีเครื่องทำน้ำเย็นเป็น 2 ประเภท มีชนิดของเครื่องระเหย 3 แบบหลักๆ

Brazed Plate ส่วนใหญ่ใช้กับเครื่องทำน้ำเย็นขนาดต่ำกว่า 60 ตันความเย็น

DX Shell and Tube โดยมีสารทำความเย็นไหลภายในท่อ Tube มีน้ำอยู่รอบๆ Shell

Flooded Shell and Tube สารทำความเย็นท่วมท่อ ส่วนน้ำจะไหลอยู่ภายในท่อ

เครื่องทำความเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Chiller)

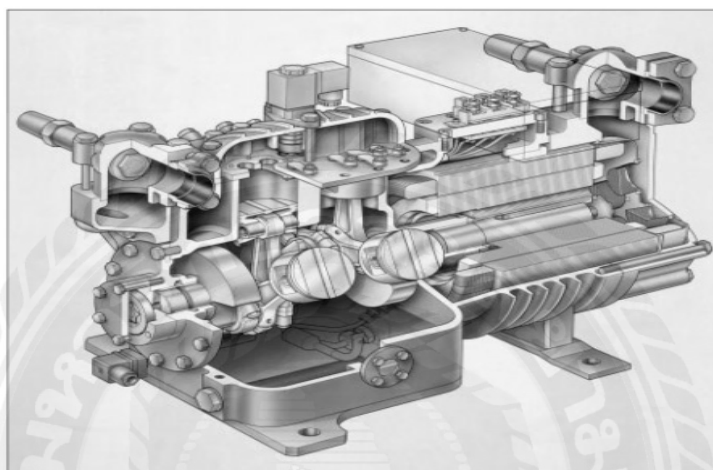


รูปที่ 2.19 เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller)

รวมกะทั้งในส่วน of เครื่องอัดไอที่ทำงานกับเครื่องทำความเย็นทั้ง 2 ประเภทมีอยู่หลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับขนาดการทำน้ำเย็นและลักษณะการใช้งานได้แก่

เครื่องอัดไอแบบลูกสูบ (Reciprocating type)

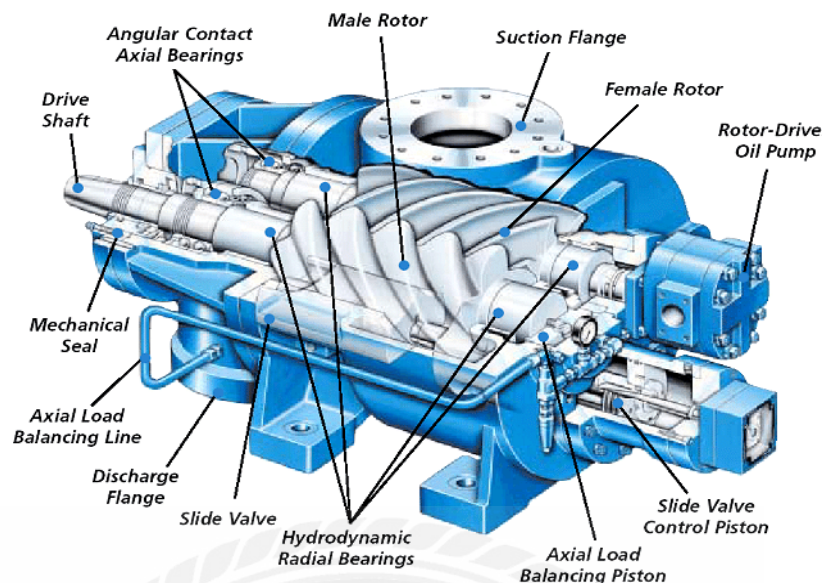
ลักษณะการทำงาน : คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating type) เคลื่อนที่มีหลักการทำงานเหมือน ๆ กันทั้งหมด คอมเพรสเซอร์ทั่วไปที่ใช้แบบลูกสูบจะมี 2 ลูกสูบ ด้านลูกสูบหนึ่งดูดสารทำความเย็น ด้านลูกสูบสองอัดสารทำความเย็น เป็นต้น



รูปที่ 2.20 Compressor Reciprocating type

เครื่องอัดไอแบบสกรู (Screw type)

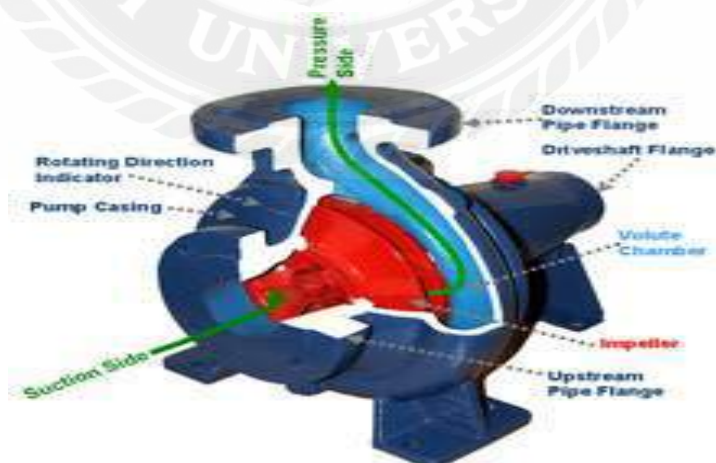
ลักษณะการทำงาน : เครื่องอัดไอแบบสกรู (Screw type) เมื่อจะเริ่มหมุนแล้วสารทำความเย็นที่เป็นไอจะเข้าไปยังช่องว่างระหว่างเกลียว (Interlube Space) เมื่อสกรูหมุนช่องทางจะถูกปิดโดยตัวเกลียว ทำให้สารทำความเย็นถูกบีบอัดอยู่จนกระทั่งสารทำความเย็นนั้นไหลเข้าสู่ร่องเกลียวแล้วจะถูกบีบออกไปทางช่องจ่ายสารทำความเย็นต่อไป เป็นต้น



รูปที่ 2.21 Compressor Screw type

เครื่องอัดไอแบบอาศัยแรงเหวี่ยง (Centrifugal type)

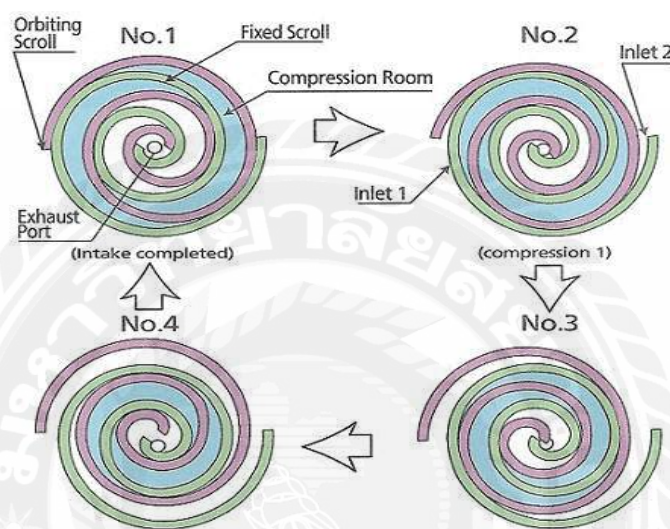
หลักการทำงาน : เครื่องอัดไอแบบอาศัยแรงเหวี่ยง (Centrifugal type) โดยจะอาศัยสารทำความเย็นในสถานะเป็นไอแล้วถูกดูดเข้าสู่ที่แกนกลางของคอมเพรสเซอร์และถูกเหวี่ยงตัวด้วยใบพัดทำให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เป็นต้น



รูปที่ 2.22 Compressor Centrifugal type

เครื่องอัดไอแบบสโครล์ (Scroll type)

ลักษณะการทำงาน : เครื่องอัดไอแบบสโครล์ (Scroll type) การทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบสโครล์จะอาศัยหลักการของใบพัด 2 ชุด จะมีใบพัดที่เคลื่อนที่และหยุดนิ่งอยู่กับที่ ขยับเคลื่อนโดยอาศัยความเร็วรอบในการหมุนใบพัดเพื่อทำให้เกิดสถานะแรงดันภายในคอมเพรสเซอร์ เป็นต้น



รูปที่ 2.23 Compressor Scroll type

สูตรในการคำนวณประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็น

$$CWE = \frac{500 \times Fc \times (Tr - Tc)}{12,000} \quad (2.38)$$

CWE หมายถึง ค่าความเย็นที่ผลิตได้ หน่วย Ton Refrigeration : TR

$$Fc = 2.4 \times \text{ตันความเย็น} - \text{เครื่อง} \quad (2.39)$$

Fc หมายถึง ค่าอัตราการไหลน้ำเย็น หน่วย Gallon per Minute : GPM

$$Eff1 = CWE \div Pw \quad (2.40)$$

Eff1 หมายถึง ค่าความเย็นที่ผลิตได้ / กำลังไฟฟ้า หน่วย kW / TR

$$C_{eff} = Eff1 \div Effs \quad (2.41)$$

C_{eff} หมายถึง ค่าเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็น หน่วย Percent %

$$Eu = LF \times H \times DY \times PW \quad (2.42)$$

Eu หมายถึง พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ หน่วย kW-h / year

$$Cost = Eu \times B \quad (2.43)$$

Cost หมายถึง ค่าใช้จ่ายไฟฟ้า หน่วย Baht THB / year

$$Es = Eu \times (1 - Eff1 \div Effs) \quad (2.44)$$

Es หมายถึง ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ หน่วย kW-h / year

$$Cs = Es \times B \quad (2.45)$$

Cs หมายถึง ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าที่ประหยัดได้ หน่วย Baht THB / year

$$PB = I \div Cs \quad (2.46)$$

PB หมายถึง ระยะเวลาคืนทุน หน่วย ต่อปี

Ton หมายถึง ขนาดเครื่องทำความเย็น หน่วย Ton Refrigeration : TR

Pw หมายถึง ค่ากำลังไฟฟ้า หน่วย kW

Cf หมายถึง ระบบระบายความร้อน หน่วย J / kg-k

Tc หมายถึง อุณหภูมิสารทำความเย็นด้านจ่ายออก หน่วย °F หรือ °C

Tr หมายถึง อุณหภูมิสารทำความเย็นด้านจ่ายกลับ หน่วย °F หรือ °C

Effs หมายถึง ขนาดเครื่องทำความเย็น (ใหม่) หน่วย kW / TR

H หมายถึง จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน หน่วย h / day

DY หมายถึง จำนวนทำงานชั่วโมงต่อปี หน่วย day / year

B หมายถึง อัตราค่าไฟฟ้า หน่วย Baht THB / kW

I หมายถึง เงินลงทุน หน่วย Baht : THB

เครื่องสูบน้ำเย็น (chiller water pump)

เครื่องสูบน้ำ (pump curve) ในระบบปรับอากาศที่พบเห็นกันบ่อยๆ มีอยู่ 3 ชนิดดังนี้

- **แบบราบหรือแบนนอน (Flatcurve)** เป็นเครื่องสูบน้ำที่ให้ความดัน (Head) ค่อนข้างคงที่ถึงในขนาดที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหล (Flow rate) ลักษณะการใช้งานเหมาะสมกับระบบน้ำประปา ซึ่งสุขภัณฑ์และก๊อกน้ำที่ต้องการความดันคงที่อยู่ตลอดเวลา
- **แบบโค้งคงที่ (Steadily rising curve)** เป็นเครื่องสูบน้ำที่ให้ความดันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆอย่างสม่ำเสมอในช่วงที่ค่าอัตราการไหลลดลง ลักษณะการใช้งานเหมาะสมกับงานทั่วไป รวมไปถึงงานของระบบปรับอากาศที่มีเครื่องสูบน้ำตัวเดียวหรือแบบต่อขนาน
- **แบบตั้งชัน (Steeply rising curve)** เป็นเครื่องสูบน้ำที่ให้อัตราการไหลค่อนข้างคงที่ในขนาดที่มีการเปลี่ยนแปลงความดันมากๆ ลักษณะการใช้งานเหมาะสมกับงานระบบกรองน้ำ (Filtering System)

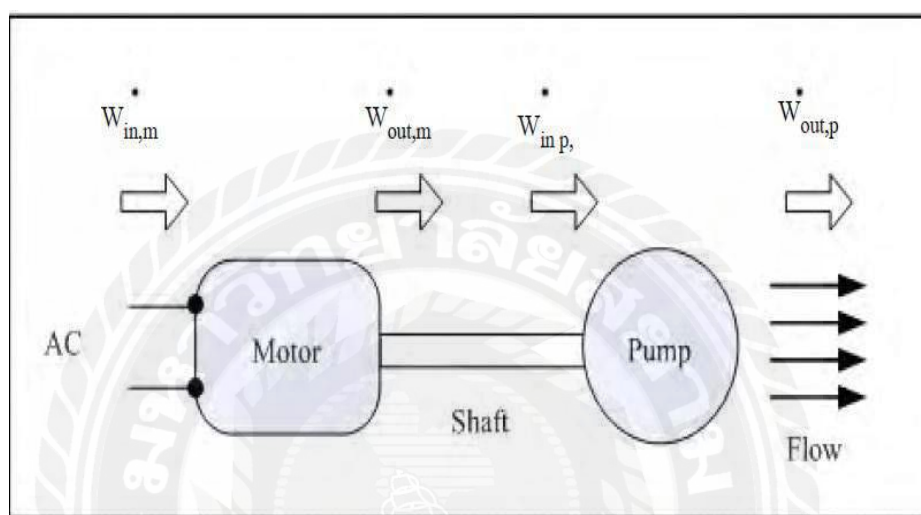


รูปที่ 2.24 Booster pump

คืออุปกรณ์ที่ใช้ดูดน้ำเย็นหรือดูดน้ำระบายความร้อน มอเตอร์ไฟฟ้าจะส่งกำลังไปทำให้น้ำมีแรงดันสูงขึ้น เพื่อเอาชนะแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นจากท่อ วาล์ว ข้อต่อ อุปกรณ์ต่างๆ ส่วนในระบบปรับอากาศทั่วไปจะใช้เครื่องสูบน้ำเย็นแบบ Rotor dynamic ลักษณะการทำงานของเครื่องสูบน้ำแบบนี้จะอาศัยแรงเหวี่ยงของใบพัด เพื่อให้อัตราการไหลของของเหลวเร็วเพิ่มขึ้น โดยความดันเครื่องสูบน้ำประเภทนี้จะมีแรงดันต่ำถึงปานกลางไปจนถึงสูง

สูตรในการคำนวณที่เกี่ยวกับเครื่องสูบน้ำ

การใช้พลังงานของเครื่องสูบน้ำ หลักการทำงานของเครื่องสูบน้ำที่ใช้กับระบบจ่ายน้ำในระบบปรับอากาศส่วนใหญ่จะถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า วิธีการเขียนการส่งผ่านกำลัง ดังแสดงในรูปภาพ



รูปที่ 2.25 การส่งกำลังผ่านมอเตอร์ไฟฟ้าไปยังเครื่องสูบน้ำ

สูตรมอเตอร์

$$\eta_m = \frac{W_{out,m}}{W_{in,m}} \quad (2.47)$$

η_m หมายถึง ประสิทธิภาพของมอเตอร์มีค่าประมาณร้อยละ 80 – 90

$W_{out,m}$ หมายถึง กำลังไฟฟ้าขาเข้าของมอเตอร์ หน่วยเป็น kW

$W_{in,m}$ หมายถึง กำลังขับเคลื่อนที่ออกจากเพลามอเตอร์ หน่วยเป็น kW

สูตรเครื่องสูบน้ำ

$$\eta_p = \frac{W_{out,m}}{W_{in,m}} = \frac{Q\Delta P}{W_{in,m}} \quad (2.48)$$

η_p หมายถึง ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำมีค่าประมาณร้อยละ 50 – 80 และสามารถดูได้ที่ Pump Performance Curve

$W_{in,m}$ หมายถึง กำลังขับเคลื่อนสำหรับขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำที่ได้จากมอเตอร์ไฟฟ้า ถ้าไม่คิดแรงต้านของอากาศภายนอก $W_{in,m} = W_{out,m}$ หน่วยเป็น kW

$W_{out,m}$ หมายถึง กำลังขับเคลื่อนที่ใช้ขับเคลื่อนของไหล หน่วยเป็น kW

Q หมายถึง อัตราการไหลของของไหล หน่วยเป็น m^3/s

Δp หมายถึง ความดันที่ตกคร่อมที่ตัวเครื่องสูบน้ำ หน่วยเป็น kPa

กฎของเครื่องสูบน้ำ (Pump Laws)

กฎเครื่องสูบน้ำสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหลายกรณี ส่วนกรณีแรกเป็นการปรับความเร็วรอบโดยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใบพัดมีค่าคงที่

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad (2.49)$$

$$\frac{\Delta P_2}{\Delta P_1} = \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 \quad (2.50)$$

$$\frac{W_2}{W_1} = \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^3 \quad (2.51)$$

ส่วนกรณีที่สองเป็นการเปลี่ยนเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใบพัดโดยที่ความเร็วรอบมีค่าคงที่

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{D_2}{D_1} \quad (2.52)$$

$$\frac{\Delta P_2}{\Delta P_1} = \frac{D_2}{D_1} \quad (2.53)$$

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{D_2}{D_1} \quad (2.54)$$

N หมายถึง ความเร็วของเครื่องสูบน้ำ หน่วยเป็นรอบต่อนาที

D หมายถึง เส้นผ่านศูนย์กลางที่ใบพัด หน่วยเป็น m

หลักการสังเกตกฎของเครื่องสูบน้ำคือกฎนี้นั้นเขียนอยู่ในรูปของอัตราส่วน ดังนั้น จึงสามารถแทนค่าต่าง ๆ ในสูตรหน่วยใด ๆ ก็ได้ ที่หน่วยที่ใช้ในตัวเลขและส่วนเป็นหน่วยเดียวกัน

ปริมาณภาระค่าความเย็นที่น้ำเย็นได้รับจากเครื่องส่งจ่ายลมเย็นแต่ละเครื่อง จะเขียนได้ดังนี้

$$Q_L = \rho_{chw} Q_{chw} C_{chw} (T_{chw} - T_{chs}) \quad (2.55)$$

Q_L หมายถึง ปริมาณภาระค่าความเย็นที่น้ำเย็น ที่ส่งมาจากเครื่องส่งจ่ายลมเย็น หน่วยเป็น kW

ρ_{chw} หมายถึง ค่าความหนาแน่นของน้ำเย็น หน่วยเป็น kg/m^3

Q_{chw} หมายถึง อัตราการไหลของน้ำเย็น หน่วยเป็น m^3/s

C_{chw} หมายถึง ค่าความจุพลังงานความร้อนจำเพาะของน้ำเย็น หน่วยเป็น $\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$

T_{chw} หมายถึง อุณหภูมิน้ำเย็นที่กลับสู่เครื่องระเหย หน่วยเป็น $^{\circ}\text{C}$ หรือ K

T_{chs} หมายถึง อุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องระเหย หน่วยเป็น $^{\circ}\text{C}$ หรือ K

เครื่องส่งลมเย็นขนาดเล็ก (Fan coil Unit : FCU)

คือเครื่องส่งลมเย็นที่มีขนาดน้อยกว่า 3 ตันความเย็น มีแบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน (Ceiling exposed type) แบบแขวนซ่อนในฝ้าเพดาน (Ceiling concealed type) แบบตั้งติดพื้น (Floor exposed type) แบบคาสเซต (Ceiling cassettes type) ในส่วนเทอร์โมสตัทที่ใช้งานกับ FCU จะสามารถปรับความเร็วเป็น 3 ระดับ (Hi – Med – Lo) สามารถตั้งเวลาเปิด – ปิดล่วงหน้า ปรับความเร็วของพัดลมอัตโนมัติ ฯลฯ มักเรียกว่า เทอร์โมสตัท Fuzzy logic controller ส่วนของรีโมทจะเป็น แบบไร้สาย แบบมีสาย เครื่องทำความเย็นแบบ FCU สามารถติดตั้งทั้งแขวนฝ้า และตั้งติดกับพื้นที่มีขนาดห้องไม่ใหญ่มาก



รูปที่ 2.26 ระบบ FCU (Fan coil Unit)

เครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่ (Air handling Unit : AHU)

เครื่องส่งลมเย็นที่มีลักษณะใหญ่กว่า FCU จะมีขนาดตั้งแต่ 4 – 40 TR เป็นแบบตั้งติดพื้นและแขวนเพดานสำหรับขนาดที่ไม่ใหญ่มากนัก AHU แบ่งลักษณะตามทิศทางการไหลของลมผ่านคอยล์เย็นแบบเป่าผ่าน (Blow through) คือการเป่าลมเย็นให้ผ่านคอยล์เย็นและดูดผ่าน (Draw through) หลักการทำงานแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำเย็นกับเครื่องทำน้ำเย็นและอากาศที่มาจากห้องปรับอากาศ ส่วนประกอบเครื่องส่งลมเย็นมี พัดลม (Fan) คอยล์ทำความเย็น (Water Coil) แคมเปอร์ (Damper) แผงกรองอากาศ (Filter) ติดอยู่กับตัวเครื่องเดียวกัน เครื่องที่ส่งลมเย็นขนาดใหญ่ AHU (Air Handling Unit) เครื่องขนาดเล็ก FCU (Fan coil unit) ส่วนเครื่องส่งลมเย็น AHU จะมีท่อลมส่งที่ออกจากเครื่อง และท่อลมกลับ ในขนาดเดียวกันก็ดึงอากาศจากภายนอกมาผสมกับอากาศภายในก่อนจะเข้าสู่คอยล์ทำน้ำเย็น เพื่อเพิ่มปริมาณของออกซิเจนภายในพื้นที่



รูปที่ 2.27 ระบบ AHU (Air Handling Unit)

2.8.4) สูตรการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าเครื่องทำน้ำเย็น

$$ChP = \frac{KW}{Tr} \quad (2.56)$$

Chp หมายถึง ค่าสมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศ หน่วยเป็น KW/TR

Tr หมายถึง ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มที หน่วยเป็น TR

$$Tr = \frac{(F \times \Delta T)}{50.40} \quad (2.57)$$

F หมายถึง ปริมาณน้ำเย็นที่ส่งผ่านส่วนทำน้ำเย็น หน่วยเป็น L/Minute

ΔT หมายถึง อุณหภูมิที่แตกต่างของน้ำเย็นที่ถูกส่งเข้าและออกส่วนที่ทำน้ำเย็น หน่วยเป็น องศาเซลเซียส

kW หมายถึง กำลังไฟฟ้า หน่วยเป็น กิโลวัตต์

สูตรการคำนวณหาขนาดการทำความเย็นของเครื่องส่งลมเย็น

หาได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} TR &= 5.707 \times 10^{-3} \times Q \times (Hr - Hs) \\ &= [4.5 \times Q \times (Hr - Hs)] \end{aligned} \quad (2.58)$$

TR หมายถึง ค่าการทำความเย็น หน่วยเป็น Ton of Refrigeration (TR)

Q หมายถึง ค่าปริมาณลมหมุนเวียนที่ส่งผ่านคอยล์เย็น หน่วยเป็น ลบ.ม / นาที (ลบ.ฟุต / นาที)

Hr หมายถึง ค่าเอนทัลปีด้านลมกลับ หน่วยเป็น kJ / kg (Btu / lb)

Hs หมายถึง ค่าเอนทัลปีด้านลมจ่าย หน่วยเป็น kJ / kg (Btu / lb)

สูตรการคำนวณหาปริมาณน้ำเย็นที่ผ่านเครื่องส่งลมเย็น

ขั้นตอนการหาปริมาณน้ำเย็นที่ผ่านคอยล์จากขนาดการทำความเย็น

ในการหาอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านคอยล์ทำความเย็นในเครื่องส่งจ่ายลมเย็น ใช้สมการดังต่อไปนี้

$$GPM = \frac{TR \times 24}{\Delta T} \quad (2.59)$$

TR หมายถึง ค่าการทำความเย็น หน่วยเป็น Ton of Refrigeration (TR)

ΔT หมายถึง ค่าผลต่างที่อุณหภูมิน้ำเย็นและด้านออกจากคอยล์ทำความเย็น °F

GPM หมายถึง ค่าปริมาณน้ำที่ไหลผ่านคอยล์ทำความเย็น หน่วยเป็น GPM

สูตรการคำนวณการประเมินการใช้ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศคำนวณหาค่าการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องทำน้ำเย็น

ในระยะเวลา 1 ปี หลักการคำนวณหาค่าการใช้พลังงานของอุปกรณ์เครื่องจักร มีสมการดังนี้

ระบบไฟฟ้า 1 – เฟส

$$EL = V \times I \times \cos\theta \times 10^{-3} \times h \times d \quad (2.60)$$

ระบบไฟฟ้า 3 – เฟส

$$EL = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\theta \times 10^{-3} \times h \times d \quad (2.61)$$

EL หมายถึง พลังงานไฟฟ้าในรอบปี kWh/year

V หมายถึง ค่าแรงดันไฟฟ้า โวลต์

I หมายถึง ค่ากระแสไฟฟ้าแอมป์ A

$\cos\theta$ หมายถึง Power Factor ค่าที่กำหนด 0.85 – 1.00

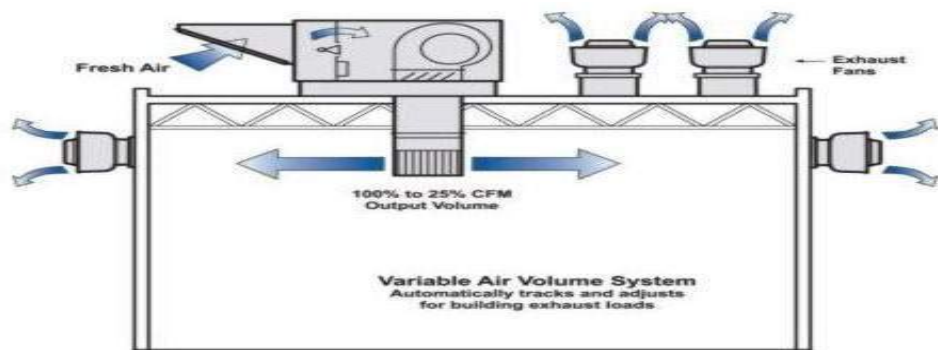
H หมายถึง ชั่วโมงที่ใช้งาน

D หมายถึง วันที่ใช้งาน

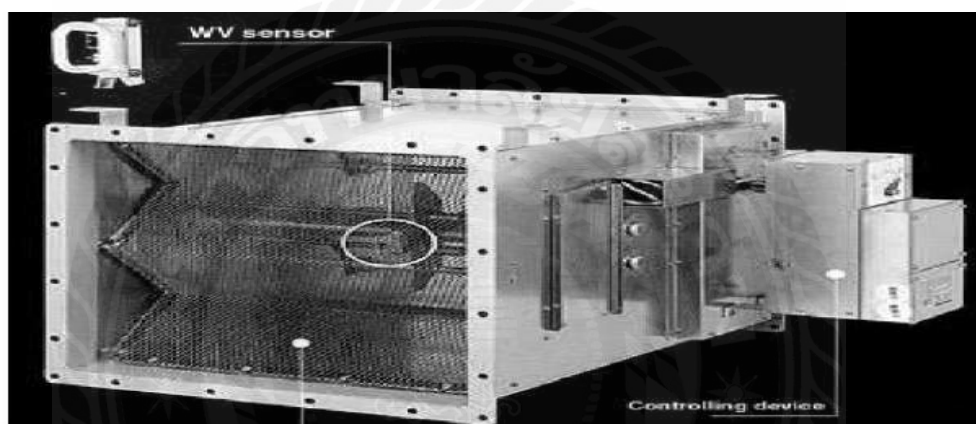
ระบบส่งจ่ายลมเย็น VAV (Variable air volume)

ระบบส่งลมเย็นแบบ VAV ใช้อากาศเย็นเป็นตัวการดูดความร้อนที่อยู่ในห้องหรือโซนต่าง ๆ แล้วนำความร้อนนั้นส่งกลับไปทิ้งที่เครื่องส่งลมเย็น ในการส่งลมเย็นระหว่างห้องไปยังส่วนต่าง ๆ จะใช้พัดลมขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า เมื่อเครื่องส่งลมเย็นทำความเย็นในภาวะที่ต้องการของแต่ละโซนแล้ว ระบบควบคุมก็จะทำการลดการทำงานของพัดลมลง ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดพลังงาน แล้วก็จะไปปรับให้หัวส่งอากาศเย็น VAV ลดปริมาณอากาศเย็นลงไปอีก โดยส่วนจะควบคุมปริมาณอากาศแบบ (VAV BOX) ซึ่งจะมีลิ้นควบคุมปริมาณอากาศเย็นตามเทอร์โมสตัทในโซนนั้น ลักษณะนี้จะทำให้ควบคุมปริมาณอากาศเย็นได้มีประสิทธิภาพกว่าเดิม และในแต่ละส่วนอาจจะมีการเทอร์โมสตัทถึง 20 – 40 ชุด ตามภาระการใช้งานในพื้นที่นั้น ๆ

การเลือกใช้หัวจ่ายแบบ VAV จะต้องเลือกชนิดที่ใช้กับระบบ VAV คือ จะต้องมีความสมบัติที่สามารถส่งอากาศเย็นให้วิ่งไปได้ฝ่าเพดานได้ และมีส่วนประกอบในระบบหลายอย่าง เช่น ใบปรับปริมาณการจ่าย หรือถ้ามีระบบ VAV ก็มี VAV BOX ส่วนนี้จะทำงานกับ มอเตอร์ที่ขับเคลื่อนปรับปริมาณการจ่ายอากาศอุปกรณ์พวกนี้ต้องการช่องเปิดเพื่อให้สามารถตรวจเช็ค หรือปรับเปลี่ยนปริมาณการจ่ายได้ ส่วนฝ่าเพดานควรจะเป็นแบบเปิดได้ที่มาก ไม่เช่นนั้นก็จะเกิดปัญหา การจ่ายอากาศมากเกินไปหรือน้อยไป แล้วปรับการจ่ายในส่วนระบบไม่ได้หรือแก้ไขปัญหานั้นเอง



รูปที่ 2.28 การแสดงการทำงานของระบบ VAV



รูปที่ 2.29 กล่องจ่ายอากาศ VAV แบบหัวจ่ายสี่เหลี่ยม

ชนิด VAV Terminal Controller มี 2 แบบ คือ

หัวจ่าย VAV แบบแปรผันตามความดัน (Pressure Dependent) กระจ่างเป็นแบบปกติปิด เทอร์โมสแตทแบบ DA (Direct Acting) เมื่อมีอุณหภูมิในห้องมากขึ้นกระจ่างจะเพิ่มอากาศเย็นเข้าสู่ห้องมากขึ้น หัวจ่ายแบบ VAV RA (Reverse Acting) ยังสามารถจ่ายอากาศร้อนได้ หัวจ่าย VAV แบบนี้ จะมีอุปกรณ์ทางกลสำหรับปรับตำแหน่งต่าง ๆ หัวจ่ายจะจ่ายอากาศเพิ่มขึ้นขึ้นอยู่กับความดันสถิตก่อนเข้ากระจ่างเพิ่มขึ้นถึงแม้ว่าเทอร์โมสแตทจะไม่มีกรปรับเพิ่มปริมาณการจ่าย

หัวจ่ายลม VAV แบบไม่มีการเปลี่ยนตามความดัน (Pressure Independent) โดยมีปริมาณลมที่จ่ายจะไม่ปรับขึ้นกับความดันสถิต แต่จะปรับขึ้นกับอุณหภูมิภายในห้อง ส่วนตัวควบคุมจะเป็นแบบรีเซ็ต (Reset Controller) จะควบคุมอัตราการจ่ายลมโดยวัดที่ความดันตกคร่อม ออร์ฟิส ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามปริมาณลมจ่ายแล้วส่งสัญญาณไปปรับกระจ่างลม DI เพื่อควบคุมปริมาณลมที่จ่ายให้คงที่ตามค่าที่ตั้งไว้ ถ้ามีความดันเพิ่มกระจ่างลมจะมีการหริ่งทำให้ปริมาณลมคงเดิม แต่ถ้ามีปริมาณ

ลมภายในห้องเพิ่มขึ้นสัญญาณจะไปเปลี่ยนค่าปริมาณลมที่ตั้งไว้ (Set Point) ให้สูงขึ้นจะทำให้ระบบมีการเปิดกว้างขึ้น หัวจ่ายแบบนี้จะทำให้การควบคุมของอุณหภูมิดีขึ้นถ้าความดันในระบบเปลี่ยนแปลง และสามารถปรับปริมาณลมได้รวดเร็วก่อนที่จะจ่ายเข้าไปในห้องจนมากเกินไป

สิ่งที่สำคัญในการรักษาคุณภาพอากาศ ควรคำนึงถึงปัจจัยดังต่อไปนี้

- มีการออกแบบระบบปรับอากาศตามมาตรฐาน เช่น ใช้มาตรฐาน ASHRAE Application AIA Healthcare Facility Guideline
- ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ (Fresh Air)
- ควบคุมอัตราการไหลลมส่งและลมกลับ
- ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม

2.8.5) หลักการควบคุมการติดเชื้อทางอากาศ

ป้องกันเชื้อโรคเข้าหรือออกจากห้อง

- ป้องกันทางกายภาพ
- สร้างความดันภายในห้องให้สูงกว่าภายนอกห้อง

หลักการกำจัดเชื้อออกจากอากาศ

ในการกำจัดเชื้อจากภายนอกสามารถทำได้โดยให้อากาศที่เข้ามาภายในระบบส่งผ่านการกรองก่อนที่จะส่งเข้าภายในห้อง ส่วนหลักการกำจัดเชื้อที่เกิดขึ้นภายในห้องออกจากอากาศสามารถทำได้โดยดูดอากาศเข้ามาผสมแล้วหมุนเวียนลมปริมาณมากๆภายในห้องส่งผ่านแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง

2.9) กรณีศึกษาที่เกี่ยวข้อง

กรณีศึกษาที่ 1 การปรับปรุงเครื่องทำน้ำเย็นโดยวิธีการควบคุมอัตราการไหลของน้ำเย็น

โดยการใช้ระบบการแปรเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำเย็น (Variable Speed Drives : VSD) หรือที่เรียกว่า อินเวอร์เตอร์ (Inverter) แต่ต้องระวังด้วยว่าค่าพลังงานทั้งหมดต่อตันได้ลดลง โดยไม่ไปกระทบต่อพลังงานของปั๊ม ต้องทำงานโดยการใช้ระบบวาล์ว 2 ทางแทนระบบวาล์ว 3 ทาง

ข้อมูลที่กำหนดให้ :

ขนาดเครื่องทำน้ำเย็น = 3,000 ตันความเย็น

(1,000 ตันความเย็น 2 เครื่อง)

(500 ตันความเย็น 2 เครื่อง)

ประสิทธิภาพของมอเตอร์, η_m = 75 %

ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ, η_p = 70 %

ความดันรวม (TDH หรือ H) = 35.92 m

น้ำหนักจำเพาะของน้ำ, γ = 9,800 N/m³

ระบบควบคุมน้ำเย็นแบบวาล์ว 3 ทาง

อัตราการไหลของน้ำเย็นรวม = 400 liter/sec

ระบบควบคุมน้ำเย็นวาล์ว 2 ทาง = 370 liter/sec

ดังนั้น อัตราการไหลของน้ำเย็นลดลง, Q = 30 liter/sec

พลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ต้องทำงานลดลง =
$$\frac{9800 \times 30 \times 0.001 \times 35.92}{0.75 \times 0.7 \times 1,000}$$

= 20.115 kW

$$\text{ชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น} = 14 \times 5 \times 52$$

$$= 3,640 \text{ ชม./ปี}$$

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง} = 20.115 \times$$

$$3,640$$

$$= 73,218.6 \text{ kWh / year}$$

$$\text{อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (ม.ค.2562 - ส.ค.2562)} = 4.20 \text{ บาท/}$$

$$\text{kWh}$$

$$\text{คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้} = 307,518.12 \text{ บาท/}$$

$$\text{ปี}$$

กรณีศึกษาที่ 2 อาคาร เพิร์ล แบงก์ค็อก (Pearl Bangkok)

อาคาร เพิร์ล แบงก์ค็อก (Pearl Bangkok) มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) ประกอบด้วยเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 1,000 ตันความเย็น 2 ชุด 500 ตันความเย็น 2 ชุด โดยมีขนาดและจำนวนชุดเครื่องสูบน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำระบายความร้อนเท่ากับเครื่องทำเย็น และหอผึ่งน้ำจำนวน 500 ตันความเย็น 6 ชุด โดยปกติใช้งานเครื่องทำน้ำเย็น 2 ชุด เวลา 7.00-20.00 น. ปรับอากาศภายในพื้นที่ โดยใช้เครื่องส่งลมเย็นกระจายไปในพื้นที่ที่ปรับอากาศ และมีการหมุนเวียนอากาศจากภายนอกอาคาร โดยใช้พัดลมดูดอากาศจากภายนอกอาคารเข้ามาแบบปริมาตรคงที่

ข้อสังเกต จากสภาพการใช้งานจริงนั้น จำนวนลูกค้าที่มาใช้บริการไม่ได้มีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดตลอดทั้งวัน ดังนั้นพิจารณาการปรับลดอัตราการหมุนเวียนอากาศ

การวิเคราะห์

จากการใช้งานของอาคาร ในช่วงเวลา 7.00 – 20.00 น. วันจันทร์ถึงวันศุกร์ ดังนั้น สามารถใช้ระบบปริมาตรอากาศแปรเปลี่ยน (Variable Air Volume : VAV) เพื่อปรับลดอัตราการหมุนเวียนอากาศ

จากพัดลมเติมอากาศบริสุทธิ์ลงครึ่งหนึ่ง โดยการติดตั้งใบปรับปริมาณลมเพื่อปรับอัตราการไหลให้
เปิดเปิดตามเวลาที่กำหนด

ข้อมูลการตรวจวัด :

สำหรับ : เครื่องทำน้ำเย็นหมายเลข CH-1

พิกัดกำลังไฟฟ้า (1,000 TR) = 566.90

kW

กำลังไฟฟ้าที่วัดได้ (1,000 TR) = 434.0

kW

กิโลวัตต์ต่อตันทำความเย็น (1,000 TR) = 0.77

kW/TR

ที่คำนวณจากค่าที่วัดมาได้ =

434.0/0.77

= 563.63 TR

พัดลมเติมอากาศบริสุทธิ์

อัตราการส่งลม = 24,000

CFM

สภาวะอากาศที่ดูดเข้ามาเฉลี่ย = 80°F 60 %

RH

สภาวะอากาศในพื้นที่ปรับอากาศเฉลี่ย = 76°F 50 %

RH

ผลตอบแทน

อัตราการหมุนเวียนอากาศที่ลดลง = 12,000

CFM

Enthapy ของอากาศที่เข้า = 38.6

Btu/Lb

Enthapy ของอากาศในพื้นที่ปรับอากาศ = 28.8

Btu/Lb

ภาระการปรับอากาศที่ลดลง = $4.5 \times 12,000 \times (38.6 - 28.8)$

(TR คือ 4.5 CFM (ΔH))

= 529,200 Btu/hr

คิดเป็นตันความเย็น = $529,200 /$

12,000

= 44.1 TR

สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น = 0.77

kW/TR

ดังนั้น พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นที่ลดลง = $0.77 \times 44.1 = 33.96$ kW

จำนวนชั่วโมงการใช้งานลดลง = $6 \times 5 \times 52 = 1,560$ ชั่วโมง/ปี

พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง = $33.96 \times 1,560 = 52,977.6$ kWh/year

อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (ม.ค.2562 - ส.ค.2562) = 4.20

บาท

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 222,505.92 บาท/

ปี

ค่าติดตั้งชุดระบายอากาศและใบปรับลม (การลงทุน) = 15,000

บาท

เครื่องตั้งเวลาและอุปกรณ์ควบคุม = 10,000

บาท

เงินลงทุน = 25,000 บาท

$$= 25,000 / 222,505.92 \text{ บาท}$$

จุดคืนทุน

$$= 0.11 \text{ ปี}$$



บทที่ 3

รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1) ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

บริษัท โจนส์ แลง ลาซาลส์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่อยู่ : 175 อาคาร สารคดี ทาวเวอร์
ชั้นที่ 19 ถนน สารคดี แขวง ทูมมาเหมม เขต สารท กรุงเทพมหานคร 10120

สัญลักษณ์ของบริษัท

บริษัท โจนส์ แลง ลาซาลส์ (ประเทศไทย) จำกัด (Jones Lang Lasalle : JLL)



รูปที่ 3.1 สัญลักษณ์ของบริษัท

3.2) ลักษณะการประกอบการผลิตภัณฑการให้บริการหลักขององค์กร



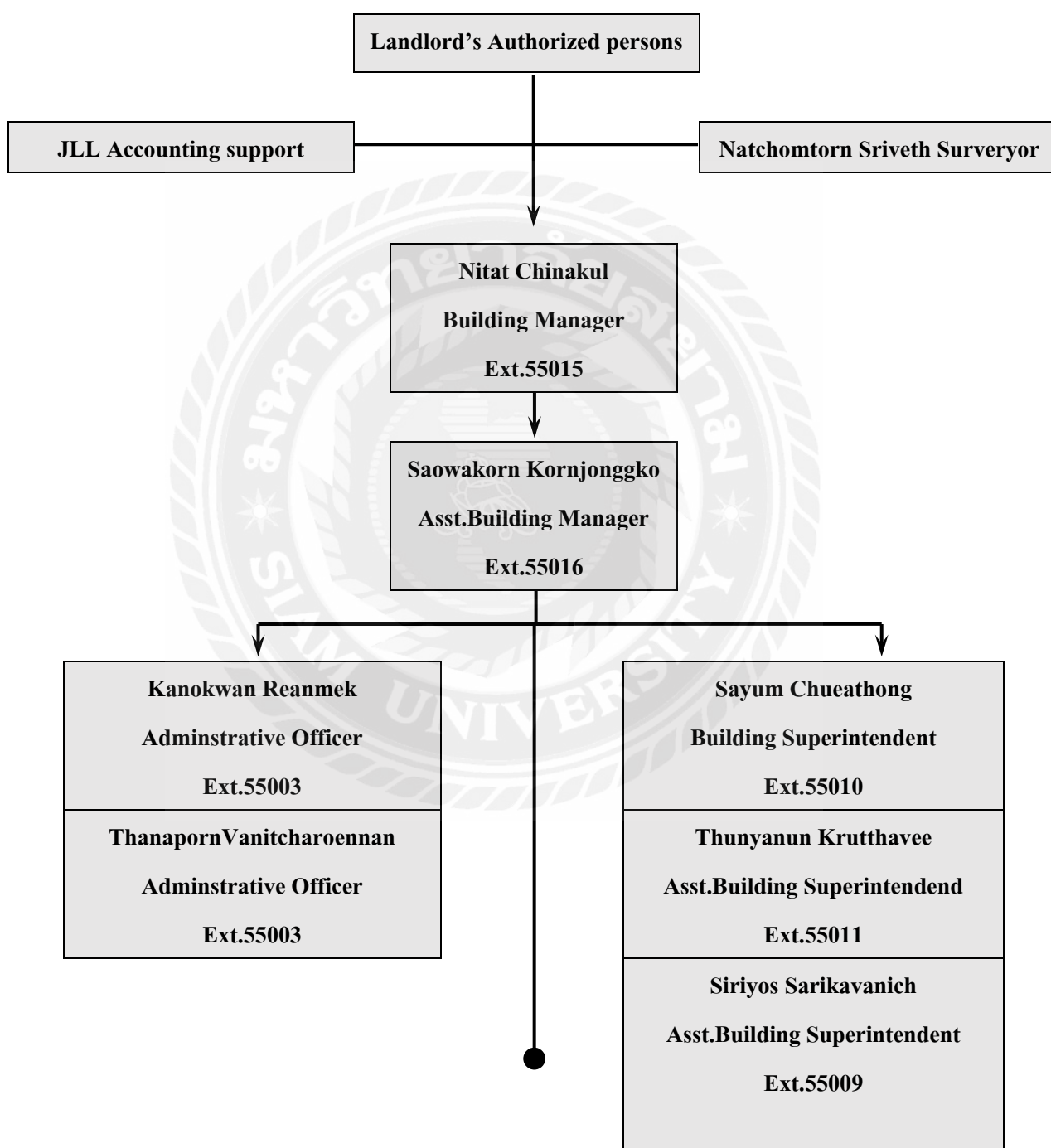
รูปที่ 3.2 สถานที่ตั้งของบริษัท

3.2) ลักษณะการประกอบการผลิตภัณฑการให้บริการหลักขององค์กร

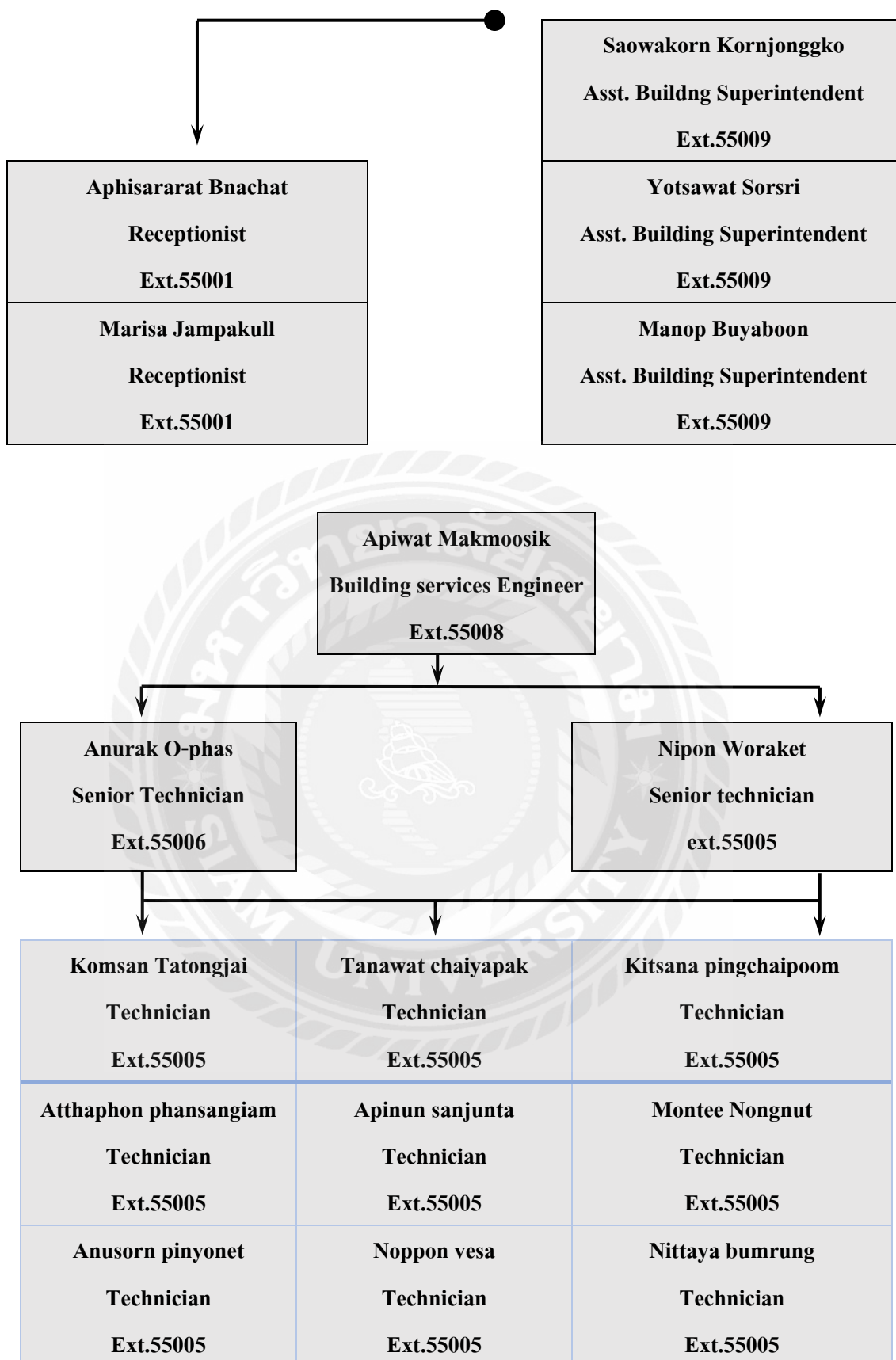
JLL ได้จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์ของประเทศนิวยอร์ก ให้บริการด้านอสังหาริมทรัพย์ โดยให้บริการที่ครบวงจรโดยมีทีมงานและผู้เชี่ยวชาญทั่วโลกแก่ลูกค้า ได้ลงทุนในอสังหาริมทรัพย์ ในปี พ.ศ.2558 JLL รายได้รวมทั่วโลกประมาณ 6,000 ล้านดอลลาร์ JLL ยังเป็นหนึ่งในผู้นำของโลกเกี่ยวกับธุรกิจบริการจัดการอสังหาริมทรัพย์ โดยมีอสังหาริมทรัพย์ที่ให้บริการทั่วโลก JLL ได้ดำเนินธุรกิจบริการเกี่ยวกับอสังหาริมทรัพย์ ภายใต้ชื่อ ลาซาลส์ อินเวสต์ เม้นท์ แมนเนจ เม้นท์ เป็นบริษัทที่ลงทุนด้านอสังหาริมทรัพย์ที่ใหญ่และมีความหลากหลายมากที่สุดรายหนึ่งของโลก โดยมีการลงทุนคิดเป็นมูลค่ารวมประมาณ 43,000 ล้านดอลลาร์ JLL มีประสบการณ์มากกว่า 50 ปี ในเอเชียแปซิฟิก ปัจจุบันมีสำนักงานประมาณ 78 สาขาใน 13 ประเทศ มีพนักงานรวมกว่า 19,700

คน JLL ยังได้รับการยกย่องให้เป็นบริษัทที่ปรึกษาด้านอสังหาริมทรัพย์ที่ดีที่สุดในเอเชียแปซิฟิก จากการประกาศรางวัล Asia Pacific Property Awards 2011 in association with Bloomberg Television ส่วนในประเทศไทย JLL ได้เริ่มดำเนินธุรกิจในปี พ.ศ. 2533 ปัจจุบันเป็นบริษัทระหว่างประเทศผู้ให้บริการด้านอสังหาริมทรัพย์รายใหญ่ที่สุดในประเทศ มีพนักงานกว่า 1,000 คน

3.3) รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารงานขององค์กร



รูปที่ 3.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารงานขององค์กร



รูปที่ 3.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารงานขององค์กร (ต่อ)

3.4) ลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

ตำแหน่งงานที่เข้าปฏิบัติงาน คือ ตรวจสอบการทำงานของระบบทำความเย็นหรือระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ภายในอาคารควบคุม ตรวจสอบเช็คเครื่องจักรและระบบอื่น ๆ ภายในอาคารควบคุม

3.5) ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา

พนักงานที่ปรึกษา : นาย นิพนธ์ วรเกตุ (Nipon Woraket)

ตำแหน่ง : หัวหน้าช่างเทคนิค (Senior Technician)

3.6) ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

ระยะเวลาในการปฏิบัติงานที่ อาคาร เพิร์ล แบงก์ค็อก (Pearl Bangkok) เริ่มเข้ามาฝึกปฏิบัติ ตั้งแต่วันที่ 13 พฤษภาคม 2562 ถึงวันที่ 31 สิงหาคม 2562 รวมระยะเวลาปฏิบัติงานทั้งสิ้น ประมาณ 16 สัปดาห์ หรือประมาณ 4 เดือน โดยมีวันทำงาน 5 วันต่อสัปดาห์ ทำงานวันละ 8 ชั่วโมงต่อวัน เวลาเข้าทำงานเริ่มตั้งแต่ 08 : 00 – 17 : 00 น. เวลาในการพักตอน 12 : 00 น. สำหรับวันหยุด หยุดตามปฏิทินวันหยุด

3.7) ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

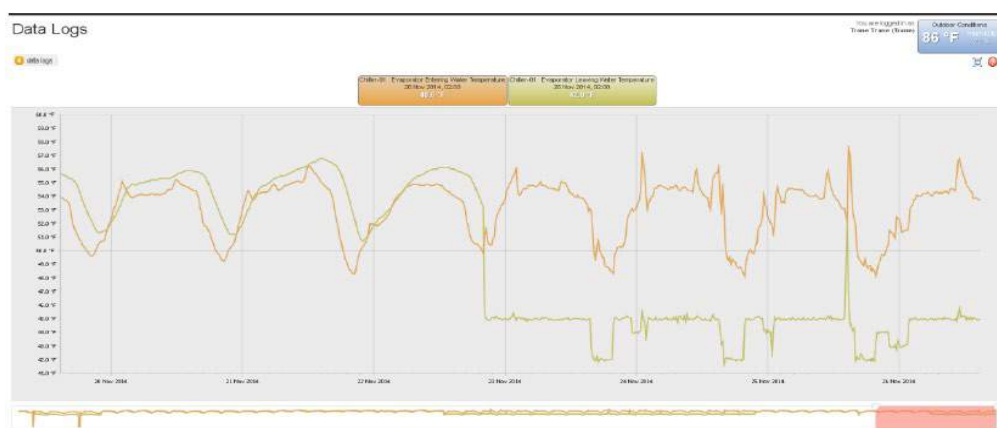
ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร พลังงานไฟฟ้าที่อาคาร เพิร์ล แบงก์ค็อก (Pearl Bangkok Building) ใช้คือพลังงานไฟฟ้าที่ถูกส่งตรงมาจากการไฟฟ้านครหลวง รหัสเครื่องวัดฯ 96072674 มิเตอร์ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท TOU ระดับแรงดันไฟฟ้าคือ 12 – 24 kV จ่ายผ่านหม้อแปลง ขนาด 2,000 kVA หม้อแปลงจำนวน 4 ชุด



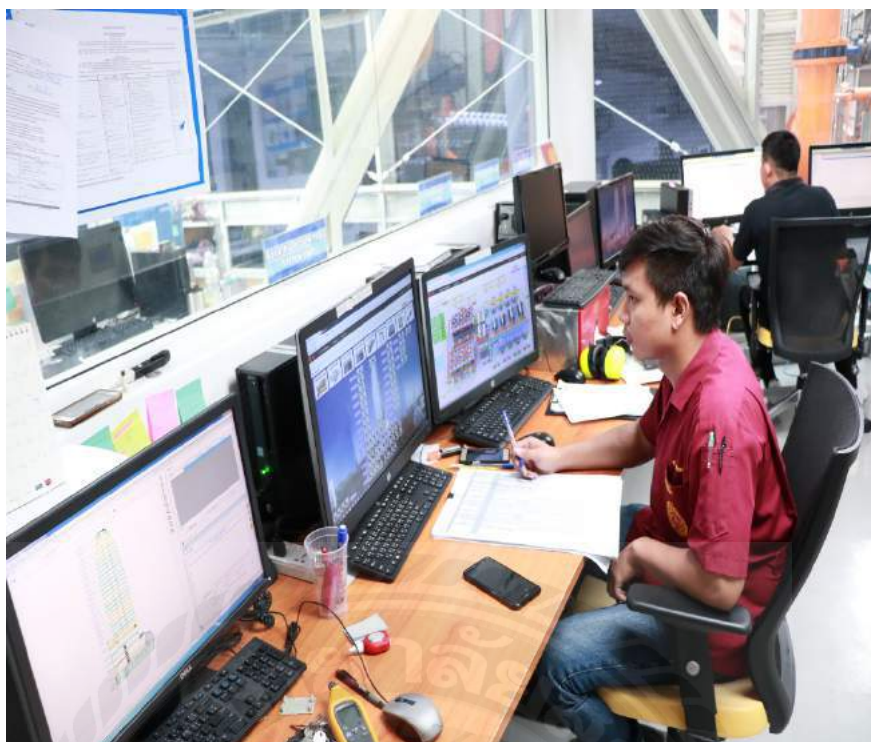
รูปที่ 3.4 มิเตอร์ไฟฟ้า

3.7.1) ระบบทำความเย็นและระบบปรับอากาศ

ระบบทำความเย็นภายในอาคาร เพิร์ล แบงก์ค็อก (Pearl Bangkok Building) ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์มีเครื่องทำความเย็นขนาด 1,000 ตันความเย็น จำนวน 2 เครื่อง เครื่องทำความเย็น 500 ตันความเย็น จำนวน 2 เครื่อง รวมทั้งหมด 4 เครื่อง ส่วน Cooling Tower 500 ตันความเย็น จำนวน 6 เครื่อง Cooling Tower 65 ตันความเย็น จำนวน 4 เครื่อง รวมทั้งหมด 10 เครื่อง มาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ คือ ทำความสะอาดท่อส่งน้ำทิ้งเพื่อลดการเกิดตะกอนหินปูน สามารถเพิ่มอายุการใช้งานของท่อได้มากขึ้น เพิ่มโหลดการทำความเย็นขึ้นอีก 1 องศาเซลเซียส โหลดเดิมอุณหภูมิอยู่ที่ 23 ± 1 องศาเซลเซียส เมื่อมีสภาพของภูมิอากาศภายนอกเย็นตัวลงหรือสภาพภูมิอากาศครึ้มฟ้าครึ้มฝน ส่วนด้านการทำงานของระบบทำความเย็นและระบบปรับอากาศทำงานแบบสลับกันเปิดทีละ 2 เครื่อง คือเครื่องขนาด 1,000 ตันความเย็น และเครื่องขนาด 500 ตันความเย็น ส่วน Cooling Tower เปิดครั้งละ 5 เครื่อง วันไหนสภาพอากาศเย็นก็เปิด 4 เครื่อง ส่วน Cooling Tower ขนาด 65 ตันความเย็น เปิดใช้งาน 2 เครื่อง ลักษณะการเปิดใช้งานในระบบทำความเย็นเปิดใช้งานวันจันทร์ – ศุกร์ จากชั้นที่ 1 – 25 เปิดใช้วันละ 14 ชั่วโมง ส่วนการควบคุมระบบทำความเย็นควบคุมด้วยระบบแบบ (Building Automation System : BAS) พนักงานสามารถปรับเปลี่ยนการทำงานของระบบการทำความเย็นต่าง ๆ และอุปกรณ์หลักต่าง ๆ ที่แสดงในระบบการทำความเย็นตามสถานะการใช้งานส่วนในการควบคุมระบบการส่งจ่ายลมเย็นด้วยหัวจ่าย (VAV : Variable Air Volume) แบบอัตโนมัติจะมีเครื่องตรวจจับอุณหภูมิอยู่ที่บริเวณการจ่ายลมเย็นเมื่อทำความเย็นได้แล้วระบบ VAV จะทำการปรับเปลี่ยนการส่งลมเย็นให้น้อยลง และระบบ (Variable Speed Drives : VSD) คือ ระบบควบคุมความเร็วรอบของใบพัดมอเตอร์ ส่วนนี้จะทำงานควบคู่กับระบบตรวจสอบอุณหภูมิเมื่อทำความเย็นภายในบริเวณได้แล้วระบบ VSD จะทำการปรับลดความเร็วรอบของใบพัดมอเตอร์ลง – เพิ่มขึ้น ตามสถานะการใช้งานภายในบริเวณนั้น ๆ



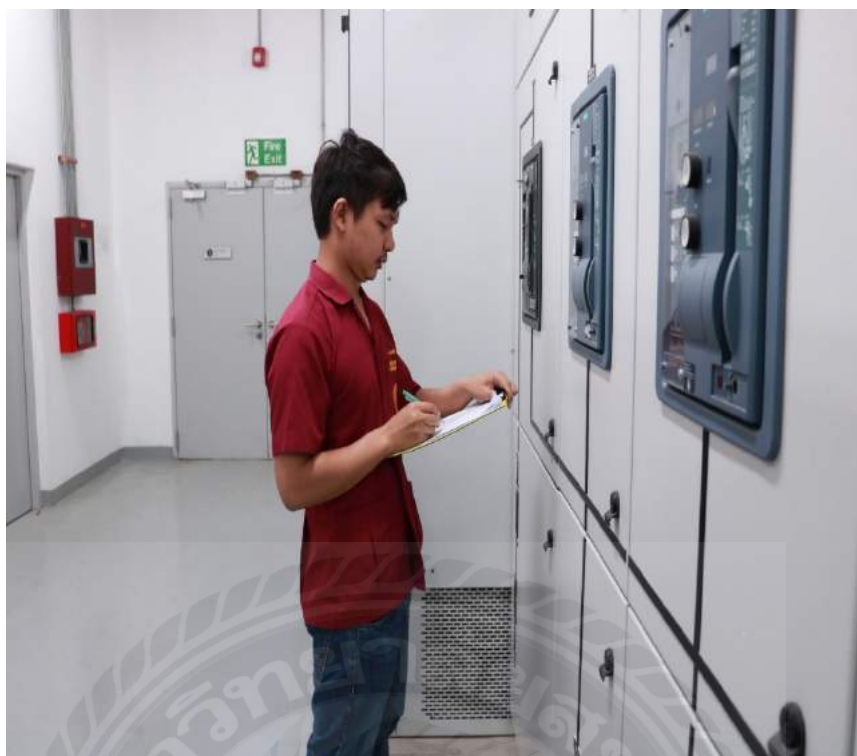
รูปที่ 3.5 สถานะการทำความเย็น (BAS System)



รูปที่ 3.6 การควบคุมระบบการทำงานเย็นด้วยโปรแกรม (BAS System)



รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการตรวจสอบการทำงานของเครื่องทำความเย็น



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการตรวจสอบระบบไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็น

3.8) ระยะเวลาในการดำเนินงาน

ตารางที่ 3.8.1 ตารางแสดงระยะเวลาในการดำเนินงานของโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	พ.ค.62	ม.ย.62	ก.ค.62	ส.ค.62
ศึกษาและรวบรวมข้อมูล				
กำหนดโครงเรื่อง				
ระบุสาเหตุของปัญหา				
เก็บรวบรวมข้อมูล				
ค้นหาวิธีการแก้ปัญหา				
ดำเนินการแก้ไขปัญหา				
สรุปผลโครงการ				

3.9) อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

3.9.1) อุปกรณ์ซอฟต์แวร์

- ระบบการจัดการโรงงาน (Chiller Plant Management System : CPMS)
- ระบบบริการตรวจสอบระยะไกล (Remote Monitoring Service : RMU)
- โปรแกรมควบคุมระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Program Building Automation System : BAS)

3.9.2) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

- เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า (Ammeter)
- เครื่องวัดอุณหภูมิ เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
- เทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรด (Digital Infrared Thermometer) เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด
- เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)

บทที่ 4

ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ

อาคาร เพิร์ล แบงก์ค็อก (Pearl Bangkok) มีการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานแบบอื่น ๆ ในแต่ละวันเป็นจำนวนมาก และทางอาคารได้มีการจัดการด้านพลังงานระบบต่าง ๆ อย่างละเอียด และหาแนวทางในการประหยัดพลังงานภายในอาคารในแบบต่างๆ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด วิธีการนี้อ้างอิงมาจากมาตรการอนุรักษ์ด้านพลังงานภายในอาคารควบคุม มาตรการอนุรักษ์ด้านพลังงานในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์และระบบแสงสว่างภายในอาคารควบคุม มาตรการเหล่านี้บุคลากรและพนักงานสามารถนำมาปฏิบัติในการอนุรักษ์ด้านพลังงานได้เอง มาตรการที่ต้องใช้เงินในการลงทุนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพภายในระบบต่าง ๆ เป็นต้น

4.1) มาตรการใช้งานระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

การเปิด – ปิด เครื่องทำน้ำเย็น Water Chiller (CH – 01,02,03,04) ควบคุมผ่านหน้าจอ Home screen tracer adaptiview มีพารามิเตอร์ต่างๆ ตามค่าที่เครื่องได้กำหนดไว้ โดยอัตโนมัติ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- เปิดเครื่องส่งอากาศเย็น AHU ตามภาวะโหลดความเย็นในชั้นต่างๆตามที่กำหนด
- เปิด Butterfly valve (line in) , motorized control valve (line out) ด้าน Condenser
- เปิดปั๊ม Condenser (CDWP – 01,02,03,04) ตามภาวะโหลดความเย็นในชั้นต่าง ๆ ตามที่กำหนด แล้วให้สังเกตแทบสีแดงบนจอ Adaptiview แสดงการไหล (Flow) เตรียมพร้อมที่จะรันเครื่องได้ (ฟังก์ Condenser ระบายความร้อน)
- เปิด Cooling tower ตามภาวะโหลดความเย็นในชั้นต่าง ๆ ตามที่กำหนด ส่วนผู้ควบคุมไฟฟ้ารันพัดลมตามหมายเลขเครื่องที่กำหนด
- เปิด Butterfly valve (line in) , motorized Control valve (line out) ด้าน CT – 01,02,03,04 ตามภาวะโหลดความเย็นในชั้นต่างๆ ตามที่กำหนด ที่ผู้ควบคุมไฟฟ้า
- เปิด Butterfly valve (line in) , motorized control valve (line out) ด้าน Chiller

- เปิดปั๊ม Chiller (CHWP – 01,02,03,04) ตามภาระโหลดความเย็นในชั้นต่าง ๆ ตามที่กำหนด ให้สังเกต แทบสีน้ำเงินบนจอ Adaptiview จะปรากฏขึ้น แสดงการไหล (Flow) เตรียมที่จะรันเครื่องฟุ้ง Chiller ทำความเย็น

เปิด เครื่องทำความเย็น Water Chiller (CH – 01,02,03,04) กดที่ปุ่ม Auto ที่จอ Adaptiview มุมบนขวามือ เครื่องจะทำการเซตระบบ Compressor ,motor,purge,condenser,evaporator, ไฟฟ้า,น้ำมัน

ตารางที่ 4.1 แสดงสมรรถนะเครื่องทำความเย็น

ลำดับ เครื่องทำ ความเย็น	พลัง ไฟฟ้า (kW)	ส่วนทำความเย็น			ความสามารถ ในการทำ ความเย็น (Tons)	สมรรถ นะเครื่อง ทำน้ำเย็น (kW/TR)
		อัตราการ ไหล (Gpm)	อุณหภูมิ น้ำเย็นขา เข้า (F)	อุณหภูมิ น้ำเย็นขา ออก (F)		
CH – 01	514	2,389	54.10	46.99	707.73	1.55
CH – 02	514.6	2,389.6	55.63	46.94	712.89	1.56
CH – 03	287.6	1,194.4	54.36	46.98	367.27	1.60
CH – 04	283	1,194.8	54.10	47.01	352.96	1.65

หมายเหตุ : สถานะการทำงานความเย็น CH – 01 – CH – 04 ที่ 80 % (ตรวจสอบ พ.ศ.2562 - ศ.ค.2562)

4.2) การเก็บรวบรวมข้อมูลภาวะการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ

ขั้นแรกเริ่มจากการสำรวจเครื่องปรับอากาศแบบตั้งพื้น (Air Handling Unit : AHU) ที่มีการติดตั้งอยู่ในอาคาร แล้วทำการบันทึกจำนวนเครื่องและส่วนของค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (BTU) ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าแล้วนำมาหาแนวทางเพื่อวางแผนการอนุรักษ์พลังงานในระบบ โดยใช้มาตรการการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศเป็นเกณฑ์หลักในการอนุรักษ์พลังงานในสายงานจริงจากการสำรวจพบว่าเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ 1,000 tons จำนวน 2 เครื่อง และ 500 tons จำนวน 2 เครื่อง และเครื่องส่งลมเย็นมีประสิทธิภาพในการทำความเย็นที่อยู่

ในมาตรฐานอยู่จึงไม่จำเป็นต้องมีการซ่อมบำรุงแต่จำเป็นต้องมีการตรวจสอบเป็นประจำ ส่วนอัตราการไหลของน้ำเย็นที่ส่งไปที่ (Air Handling Unit : AHU) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (สามารถดูข้อมูลได้จาก ภาคผนวก)

4.3) มาตรการการวางแผนแนวคิดการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ

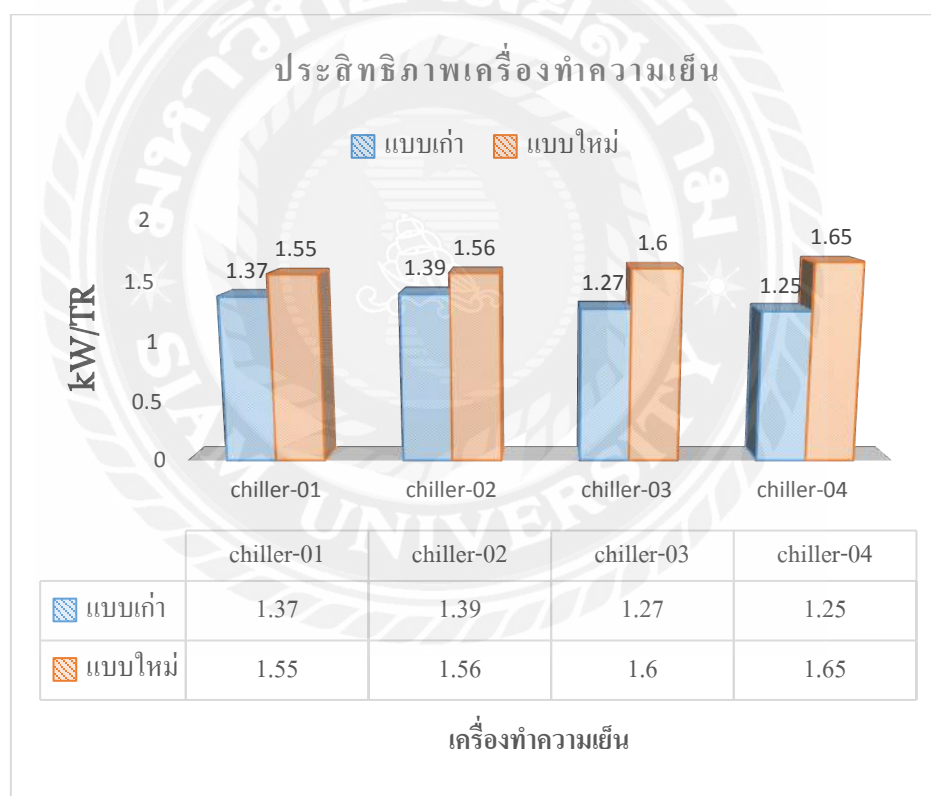
ขั้นตอนการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ มีอยู่หลายมาตรการ มาตรการที่เหมาะสมที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศนั้นต้องอ้างอิงจากสภาพของพื้นที่ของอาคารนั้นๆ และภูมิอากาศในบริเวณนั้นๆ รวมไปถึงจนถึงลักษณะการใช้งานภายในอาคาร โดยมาตรการหลักๆที่สามารถอนุรักษ์ด้านพลังงานไฟฟ้าได้ คือมาตรการ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 มาตรการที่เป็นไปได้ในการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า

มาตรการ	การดำเนินการ
1) มาตรการที่จะปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเลิกงาน 30 นาที	สามารถทำได้เนื่องจาก ก่อนที่จะเลิกงาน 30 นาที นั้นยังคงมีความเย็นในท่อส่งความเย็นพอกับภาวะความต้องการของโหลดทำความเย็นอยู่
2) มาตรการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศและตรวจสอบสภาพของการใช้งานอย่างตามแผนงาน	สามารถเป็นไปได้มาตรการเช็คสภาพตามแผนงาน และมีการซ่อมบำรุงตามแผนงานที่กำหนดไว้
3) มาตรการที่จะเพิ่มอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ทุกๆ 1 องศาเซลเซียส	สามารถเป็นไปได้มาตรการนี้ สามารถทำได้ง่ายๆ โดยสั่งงานจากโปรแกรมควบคุมระบบ เพิ่มอุณหภูมิที่ละ 1 องศาเซลเซียสตามปัจจัยของอากาศ

ผลการวิเคราะห์มาตรการที่เป็นไปได้ด้านการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศที่เหมาะสมนั้นมีอยู่ 3 มาตรการ มาตรการแรกคือ ปิดเครื่องปรับอากาศก่อนที่จะเลิกงานประมาณ 30 นาที มาตรการต่อมาคือปรับเปลี่ยนอุณหภูมิอากาศในระบบปรับอากาศที่ละ 1 องศาเซลเซียส และมาตรการซ่อมบำรุงรักษาตามแผน โดยมาตรการเหล่านี้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศได้จริงและง่ายต่อการดำเนินการในการปฏิบัติงานภายในระบบนั้น ๆ

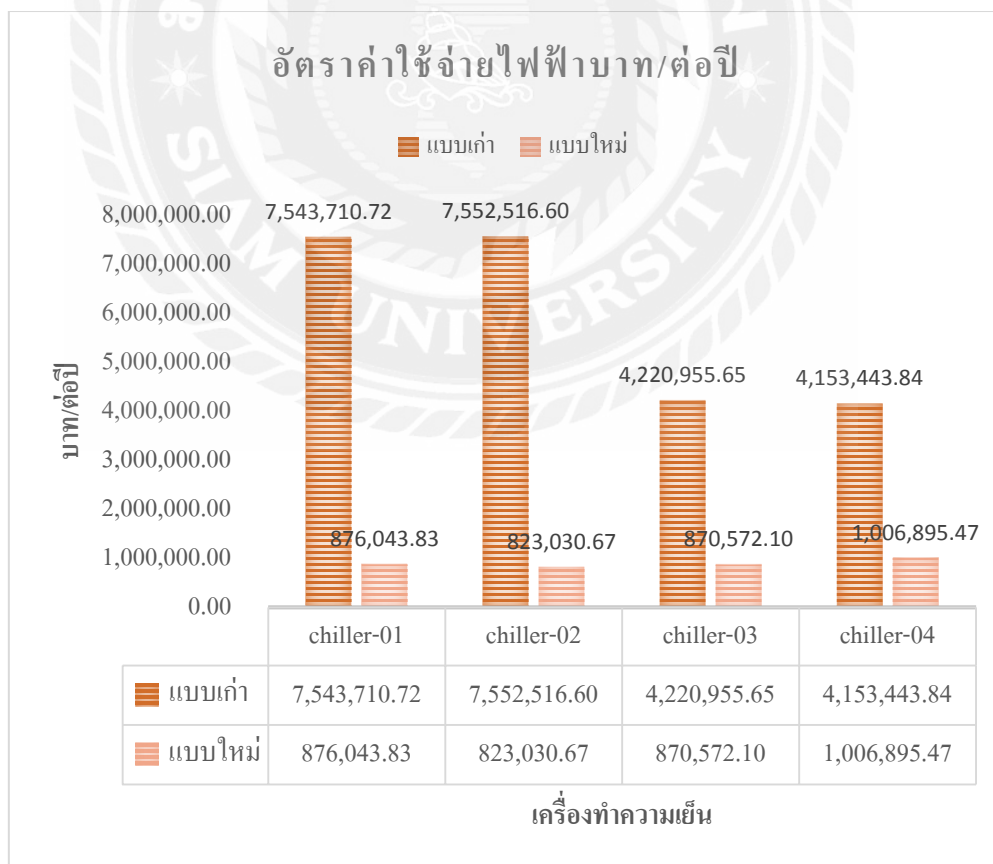
อาคาร เพลิร์ล แบงก๊อค (Pearl Bangkok) ใช้เครื่องผลิตน้ำเย็นขนาด 1,000 ตันความเย็น (CH – 01) Name Plate แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางระบายความร้อนด้วยน้ำ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ 514 kW ทางฝ่ายวิศวกรรมต้องการวัดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน จึงได้วัดค่าต่าง ๆ เพื่อประเมินผลประหยัดพลังงาน



รูปที่ 4.1 ประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็น



รูปที่ 4.2 อัตราการใช้ด้านพลังงานไฟฟ้าต่อปี



รูปที่ 4.3 อัตราค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อปี

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (CH – 01)

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ขนาดเครื่องทำน้ำเย็น	Ton	1,000	TR
กำลังไฟฟ้าที่เครื่องผลิตน้ำเย็นใช้	Pw	514	kW
ระบบระบายความร้อน	Cf	น้ำ	J / kg-k
การวัด ความเย็นที่ผลิตได้			
ตั้งค่าอุณหภูมิ น้ำเย็น (46.99 °F หรือ 8.33 °C)	Tc	46.99	°F
เพิ่มโหลดให้น้ำเย็นด้านกลับให้ได้อุณหภูมิ (54.10 °F หรือ 12.28 °C)	Tr	54.10	°F
วัดอัตราการไหลน้ำเย็น (Gallon per Minute : GPM)	Fc	2389	GPM
อัตราการไหลของน้ำเย็น 2.4 x ต้นความเย็น – เครื่อง			
ความเย็นที่ผลิตได้ (น้ำเย็น) (Chiller Water Energy)			
$CWE = 500 \times Fc \times (Tr - Tc) / 12,000$	CWE	707.73	TR
ความเย็นที่ผลิตได้ / กำลังไฟฟ้า			
$Effl = CWE / Pw$	Effl	1.37	TR/kW
จากตารางในภาคผนวก ชนิดและขนาดเครื่องทำน้ำเย็น (ประสิทธิภาพใหม่)	Effs	1.55	TR/kW
เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็นเทียบกับค่าที่แนะนำ			
$C_{eff.} = Effl / Effs$	C Eff.	0.88	88 %
ระบบระบายความร้อน	Cf	น้ำ	J / kg-k
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (เดิม)	Effl	1.37	TR/kW
ขนาดเครื่องผลิตน้ำเย็น	Ton	1,000	TR
กำลังไฟฟ้าเครื่องผลิตน้ำเย็น	Pw	514	kW

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (CH – 01) (ต่อ)

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน	H	14	H / Day
จำนวนวันทำงานต่อปี	DY	312	วันต่อปี
ตัวประกอบโหลด	LF	80 %	
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้			
$Eu = LF \times H \times DY \times Pw$	Eu	1,796,121.6	หน่วยต่อปี
อัตราค่าไฟฟ้า (ม.ก.2562 - ส.ก.2562)	B	4.20	บาทต่อหน่วย
ค่าใช้จ่ายไฟฟ้า			
$Cost = Eu \times B$	Cost	7,543,710.72	บาทต่อปี
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตใหม่			
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (ใหม่)	Eff2	1.55	TR/kW
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (Energy Saving)			
$ES = Eu \times (1 - Eff1 / Eff2)$	ES	208,581.86	หน่วยต่อปี
ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (Cost Saving)			
$CS = ES \times B$	CS	876,043.83	บาทต่อปี
เงินลงทุนเปลี่ยนเครื่องผลิตน้ำเย็นใหม่	I	3,000,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน			
$PB = I / CS$	PB	3.42	ปี

ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (CH – 02)

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ขนาดเครื่องทำน้ำเย็น	Ton	1,000	TR
กำลังไฟฟ้าที่เครื่องผลิตน้ำเย็นใช้	Pw	514.6	kW
ระบบระบายความร้อน	Cf	น้ำ	J / kg-k
การวัด ความเย็นที่ผลิตได้			
ตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็น (46.94 °F หรือ 8.30 °C)	Tc	46.94	°F

ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (CH – 02) (ต่อ)

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
เพิ่มโหลดให้น้ำเย็นด้านกลับให้ได้อุณหภูมิ (55.63 °F หรือ 12.28 °C)	Tr	54.10	°F
วัดอัตราการไหลน้ำเย็น (Gallon per Minute : GPM)	Fc	2389.6	GPM
อัตราการไหลของน้ำเย็น 2.4 x ต้นความเย็น – เครื่อง			
ความเย็นที่ผลิตได้ (น้ำเย็น) (Chiller Water Energy)			
$CWE = 500 \times Fc \times (Tr - Tc) / 12,000$	CWE	712.89	TR
ความเย็นที่ผลิตได้ / กำลังไฟฟ้า			
$Effl = CWE / Pw$	Effl	1.39	TR/kW
จากตารางในภาคผนวก ชนิดและขนาดเครื่องทำน้ำเย็น (ประสิทธิภาพใหม่)	Effs	1.56	TR/kW
เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็นเทียบกับค่าที่แนะนำ			
$C_{eff} = Effl / Effs$	C Eff.	0.89	89.1 %
ระบบระบายความร้อน	Cf	น้ำ	J / kg-k
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (เดิม)	Effl	1.39	TR/kW
ขนาดเครื่องผลิตน้ำเย็น	Ton	1,000	TR
กำลังไฟฟ้าเครื่องผลิตน้ำเย็น	Pw	514.6	kW
จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน	H	14	H / Day
จำนวนวันทำงานต่อปี	DY	312	วันต่อปี
ตัวประกอบโหลด	LF	80 %	
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้			
$Eu = LF \times H \times DY \times Pw$	Eu	1,798,218.24	หน่วยต่อปี
อัตราค่าไฟฟ้า (ม.ค.2562 - ส.ค.2562)	B	4.20	บาทต่อหน่วย
ค่าใช้จ่ายไฟฟ้า			
$Cost = Eu \times B$	Cost	7,552,516.6	บาทต่อปี

ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (CH – 02) (ต่อ)

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตใหม่			
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (ใหม่)	Eff2	1.56	TR/kW
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (Energy Saving)			
$ES = Eu \times (1 - Eff1/Eff2)$	ES	195,959.68	หน่วยต่อปี
ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (Cost Saving)			
$CS = ES \times B$	CS	823,030.67	บาทต่อปี
เงินลงทุนเปลี่ยนเครื่องผลิตน้ำเย็นใหม่	I	3,000,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน			
$PB = I / CS$	PB	3.65	ปี

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (CH – 03)

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ขนาดเครื่องทำน้ำเย็น	Ton	500	TR
กำลังไฟฟ้าที่เครื่องผลิตน้ำเย็นใช้	Pw	287.6	kW
ระบบระบายความร้อน	Cf	น้ำ	J / kg-k
การวัด ความเย็นที่ผลิตได้			
ตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็น (46.98 °F หรือ 8.32 °C)	Tc	46.98	°F
เพิ่มโหลดให้น้ำเย็นด้านกลับให้ได้อุณหภูมิ (54.36 °F หรือ 12.42 °C)	Tr	54.36	°F
วัดอัตราการไหลน้ำเย็น (Gallon per Minute : GPM)	Fc	1194.4	GPM
อัตราการไหลของน้ำเย็น 2.4 x ต้นความเย็น – เครื่อง			
ความเย็นที่ผลิตได้ (น้ำเย็น) (Chiller Water Energy)			
$CWE = 500 \times Fc \times (Tr - Tc) / 12,000$	CWE	367.27	TR
ความเย็นที่ผลิตได้ / กำลังไฟฟ้า			

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (CH – 03) (ต่อ)

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
$Eff1 = CWE / Pw$	Eff1	1.27	TR/kW
จากตารางในภาคผนวก ชนิดและขนาดเครื่องทำน้ำเย็น (ประสิทธิภาพใหม่)	Effs	1.60	TR/kW
เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็นเทียบกับค่าที่แนะนำ			
$C\ eff. = Eff1 / Effs$	C Eff.	0.80	80 %
ระบบระบายความร้อน	Cf	น้ำ	J / kg-k
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (เดิม)	Eff1	1.27	TR/kW
ขนาดเครื่องผลิตน้ำเย็น	Ton	500	TR
กำลังไฟฟ้าเครื่องผลิตน้ำเย็น	Pw	287.6	kW
จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน	H	14	H / Day
จำนวนวันทำงานต่อปี	DY	312	วันต่อปี
ตัวประกอบโหลด	LF	80 %	
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้			
$Eu = LF \times H \times DY \times Pw$	Eu	1,004,989.44	หน่วยต่อปี
อัตราค่าไฟฟ้า (ม.ค.2562 - ส.ค.2562)	B	4.20	บาทต่อหน่วย
ค่าใช้จ่ายไฟฟ้า			
$Cost = Eu \times B$	Cost	4,220,955.65	บาทต่อปี
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตใหม่			
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (ใหม่)	Eff2	1.60	TR/kW
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (Energy Saving)			
$ES = Eu \times (1 - Eff1/Eff2)$	ES	207,279.072	หน่วยต่อปี
ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (Cost Saving)			
$CS = ES \times B$	CS	870,572.10	บาทต่อปี
เงินลงทุนเปลี่ยนเครื่องผลิตน้ำเย็นใหม่	I	2,000,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน			

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (CH – 03) (ต่อ)

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
$PB = I / CS$	PB	2.29	ปี

ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (CH – 04)

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ขนาดเครื่องทำน้ำเย็น	Ton	500	TR
กำลังไฟฟ้าที่เครื่องผลิตน้ำเย็นใช้	Pw	283	kW
ระบบระบายความร้อน	Cf	น้ำ	J / kg-k
การวัด ความเย็นที่ผลิตได้			
ตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็น (47.01 °F หรือ 8.34 °C)	Tc	47.01	°F
เพิ่มโหลดให้น้ำเย็นด้านกลับให้ได้อุณหภูมิ (54.10 °F หรือ 12.28 °C)	Tr	54.10	°F
วัดอัตราการไหลน้ำเย็น (Gallon per Minute : GPM)	Fc	1194.8	GPM
อัตราการไหลของน้ำเย็น 2.4 x ต้นความเย็น – เครื่อง			
ความเย็นที่ผลิตได้ (น้ำเย็น) (Chiller Water Energy)			
$CWE = 500 \times Fc \times (Tr - Tc) / 12,000$	CWE	352.96	TR
ความเย็นที่ผลิตได้ / กำลังไฟฟ้า			
$Effl = CWE / Pw$	Effl	1.25	TR/kW
จากตารางในภาคผนวก ชนิดและขนาดเครื่องทำน้ำเย็น (ประสิทธิภาพใหม่)			
	Effs	1.65	TR/kW
เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็นเทียบค่าที่แนะนำ			
$C_{eff} = Effl / Effs$	C Eff.	0.76	76 %
ระบบระบายความร้อน	Cf	น้ำ	J / kg-k

ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (CH – 04) (ต่อ)

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (เดิม)	Eff1	1.25	TR/kW
ขนาดเครื่องผลิตน้ำเย็น	Ton	500	TR
กำลังไฟฟ้าเครื่องผลิตน้ำเย็น	Pw	283	kW
จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน	H	14	H / Day
จำนวนวันทำงานต่อปี	DY	312	วันต่อปี
ตัวประกอบโหลด	LF	80 %	
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้			
$Eu = LF \times H \times DY \times Pw$	Eu	988,915.2	หน่วยต่อปี
อัตราค่าไฟฟ้า (ม.ค.2562 - ส.ค.2562)	B	4.20	บาทต่อหน่วย
ค่าใช้จ่ายไฟฟ้า			
$Cost = Eu \times B$	Cost	4,153,443.84	บาทต่อปี
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตใหม่			
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (ใหม่)	Eff2	1.65	TR/kW
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (Energy Saving)			
$ES = Eu \times (1 - Eff1/Eff2)$	ES	239,737.02	หน่วยต่อปี
ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (Cost Saving)			
$CS = ES \times B$	CS	1,006,895.47	บาทต่อปี
เงินลงทุนเปลี่ยนเครื่องผลิตน้ำเย็นใหม่	I	2,000,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน			
$PB = I / CS$	PB	1.99	ปี

4.4) มาตรการลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำความเย็น

4.4.1) ลักษณะการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ

ณ อาคาร เพิร์ล แบงก์ค็อก (Pearl Bangkok Building) ติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบรวมศูนย์ขนาดโดยรวม 3,000 TR รวมจำนวน 4 เครื่อง ส่วนวันจันทร์ – ศุกร์ เปิดเครื่องทำความเย็น CH-01 และ CH-03 จำนวน 2 เครื่อง เปิดแบบสลับกัน CH-02 และ CH-04 ส่วนวันเสาร์ – อาทิตย์ เปิดเครื่องทำความเย็น CH-03 และ CH-04 สลับกันครั้งละ 1 เครื่อง



รูปที่ 4.4 มาตรการลดชั่วโมงการทำงานเครื่องทำความเย็น

4.4.2) แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

มาตรการเปิด – ปิดเครื่องทำความเย็นขนาดใหญ่ให้เวลาในการทำงานน้อยลงและสามารถทำงานได้
ต่อแบบไม่ส่งผลกระทบต่อ ๑ การทำงานในองค์กร



รูปที่ 4.5 มาตรการลดชั่วโมงการทำงานเครื่องทำความเย็น



รูปที่ 4.6 มาตรการลดชั่วโมงการทำงานเครื่องทำความเย็น

ระยะในการดำเนินการ
ทันที

สามารถดำเนินการได้

เงินลงทุน
เดิม

ไม่มีค่าใช้จ่ายใด ๆ เนื่องจากการปรับเปลี่ยนระบบที่มีอยู่

อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ

216,163.6 kWh

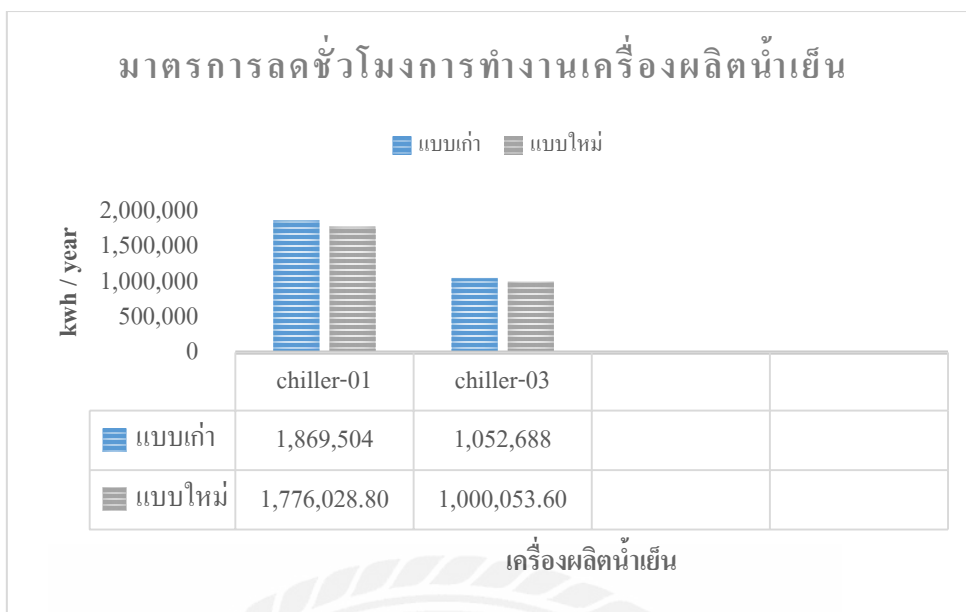
ผลประหยัดที่ได้
ปี

907,887.12 บาท /

ระยะเวลาคืนทุน
มี

ไม่

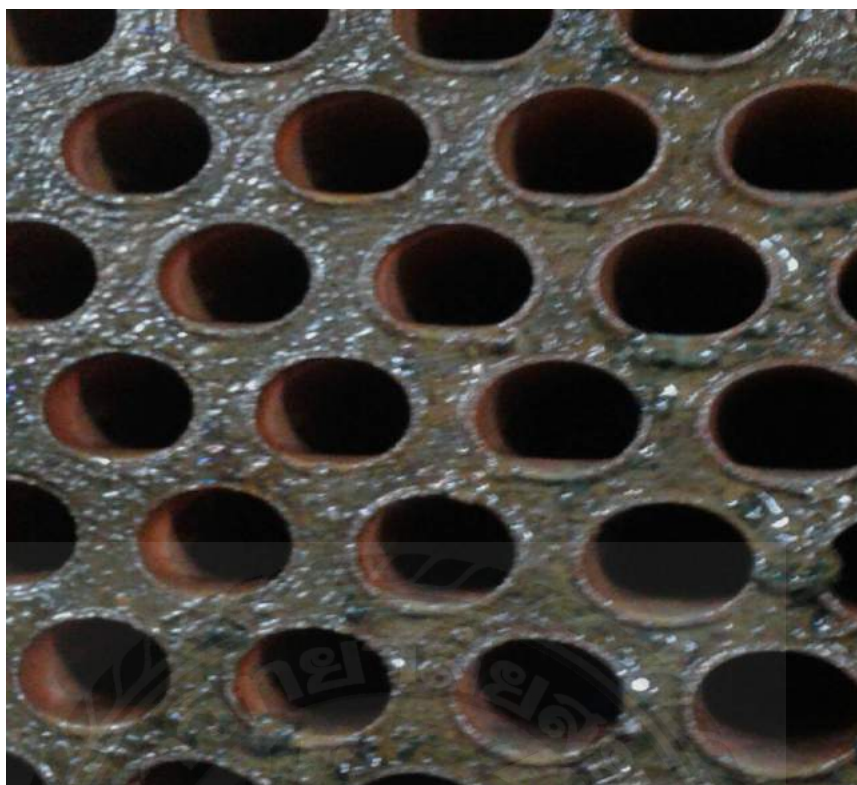
หมายเหตุ : วิเคราะห์เครื่องทำความเย็น (Chiller)



รูปที่ 4.7 มาตรการลดชั่วโมงการทำงานของ (kWh / year)



รูปที่ 4.8 ขั้นตอนการปรับปรุงสมรรถนะเครื่องทำความเย็น (ก่อนปรับปรุง)



รูปที่ 4.9 ขั้นตอนการปรับปรุงสมรรถนะเครื่องทำความเย็น (หลังปรับปรุง)

4.5) ขั้นตอนการคำนวณด้านการจัดการพลังงานในระบบปรับอากาศ

มาตรการลดชั่วโมงลงในการทำงานเครื่องทำความเย็น พบว่าไม่มีการกระทบต่อการทำงานในพื้นที่ (มาตรการลดชั่วโมงการทำงานสามารถดำเนินการได้ทันที)

4.5.1) วิเคราะห์เครื่องทำความเย็น CH-01 (1,000 TR)

กำลังไฟฟ้าเครื่องผลิตน้ำเย็น	Pw 428
kW	
การทำงานเครื่องผลิตน้ำเย็น/วัน (ก่อนปรับปรุง)	Day 14
hr	
การทำงานเครื่องผลิตน้ำเย็น/ปี (ก่อนปรับปรุง)	Day 312
day/year	
การทำงานเครื่องผลิตน้ำเย็น/ปี (ก่อนปรับปรุง)	

Hr = 14 x 312 hr 4,368 hr /
year

การทำงานของเครื่องผลิตน้ำเย็น/วัน (หลังปรับปรุง) Day 13.30
hr

การทำงานของเครื่องผลิตน้ำเย็น/ปี (หลังปรับปรุง)
Hr = 13.30 x 312 hr 4149.6 hr /
year

การทำงานของเครื่องผลิตน้ำเย็น(กำลังไฟฟ้าทั้งหมด : ก่อน) Pw 428 x 4,368 hr /
year

Pw 1,869,504 kWh / year

การทำงานของเครื่องผลิตน้ำเย็น(กำลังไฟฟ้าทั้งหมด : หลัง) Pw 428 x 4149.6 hr /
year

Pw 1,776,028.8 kWh / year

4.5.2) วิเคราะห์เครื่องทำความเย็น CH-03 (500 TR)

กำลังไฟฟ้าเครื่องผลิตน้ำเย็น Pw 241
kW

การทำงานของเครื่องผลิตน้ำเย็น/วัน (ก่อนปรับปรุง) Day 14
hr

การทำงานของเครื่องผลิตน้ำเย็น/ปี (ก่อนปรับปรุง) Day 312
day/year

การทำงานของเครื่องผลิตน้ำเย็น/ปี (ก่อนปรับปรุง)

Hr = 14 x 312 hr 4,368 hr / year

การทำงานของเครื่องผลิตน้ำเย็น/วัน (หลังปรับปรุง) Day 13.30 hr

$$\text{Hr} = 13.30 \times 312 \quad \text{hr} \quad 4149.6 \text{ hr} / \text{year}$$

$$\text{การทำงานของเครื่องผลิตน้ำเย็น(กำลังไฟฟ้าทั้งหมด : ก่อน)} \quad \text{Pw} \quad 241 \times 4,368 \text{ hr} / \text{year}$$

$$\text{Pw} \quad 1,052,688 \text{ kWh} / \text{year}$$

$$\text{การทำงานของเครื่องผลิตน้ำเย็น(กำลังไฟฟ้าทั้งหมด : หลัง)} \quad \text{Pw} \quad 241 \times 4149.6 \text{ hr} / \text{year}$$

$$\text{Pw} \quad 1,000,053.6 \text{ kWh} / \text{year}$$

สรุป ผลประหยัด (มาตรการลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำความเย็นลงก่อนเลิกงาน 30 นาที)

$$\begin{aligned} \text{ก่อนปรับปรุงอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด} &= (\text{CH-01} + \text{CH-03}) \\ &= 1,869,504 + 1,052,688 \text{ kWh/year} \\ &= 2,922,192 \text{ kWh} / \text{year} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หลังปรับปรุงอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด} &= (\text{CH-01} + \text{CH-03}) \\ \text{) } &= 1,776,028.80 + 1,000,053.60 \text{ kWh/year} \\ &= 2,776,082.4 \text{ kWh} / \text{year} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (ก่อน และ หลัง)} &= 2,992,192 - 2,776,028.4 \text{ kWh} / \text{year} \\ &= 216,163.6 \text{ kWh} / \text{year} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{อัตราค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (ค่าไฟต่อหน่วย 4.20)} &= 216,163.6 \text{ kWh} \times 4.20 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลประหยัด} &= 907,887.12 \text{ บาท} / \text{ปี} \end{aligned}$$

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1) สรุปผลช่วงปฏิบัติงาน

5.1.1) การปฏิบัติงานในโครงการ

อาคาร เฟอร์ล แบงก์ค็อก มีส่วนในการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์และแสงสว่างในอัตราส่วนที่ค่อนข้างสูง จากการรวบรวมข้อมูลข้างต้นทำให้สามารถหาวิธีการกำหนดมาตรการอนุรักษ์ด้านพลังงานไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบันลดลงได้ โดยเลือกจากมาตรการการอนุรักษ์ด้านพลังงานที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบัน

มาตรการที่ 1) มาตรการบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์และปรับแต่งอุปกรณ์ในระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งาน สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 33,000.70 kWh/ปี คิดเป็นเงินประหยัดได้ 138,602.94 บาท/ปี ระยะคืนทุน 1.25 ปี

มาตรการที่ 2) มาตรการเพิ่มอุณหภูมิขึ้น 1 องศาเซลเซียส สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 4,736,686.85 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 19,894,084.77 บาท/ปี ระยะคืนทุน 0.50 ปี

มาตรการที่ 3) มาตรการที่ 3 ปิดเครื่องทำความเย็นก่อนเลิกงาน 30 นาที สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 292,219.2 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 1,227,320.64 บาทต่อปี ระยะคืนทุน ไม่มี

สรุป ผลประหยัดรวมทั้ง 3 มาตรการ สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้ารวมได้ 5,061,906.75 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดรวมได้ 21,260,008.35 บาท / ปี

5.1.2) ข้อจำกัดของแผนโครงการ

- ไม่สามารถตรวจสอบสภาพเครื่องจักรได้เต็มประสิทธิภาพเนื่องจากเครื่องมือไม่เพียงพอในการใช้ตรวจสอบเครื่องจักร

5.1.3) ข้อเสนอแนะ

- ควรมีการเสนอหาแนวทางใหม่ๆที่มีประสิทธิภาพกว่าเดิมในแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรและแผนการอนุรักษ์พลังงานรูปแบบอื่นๆด้วย

5.2) สรุปผลช่วงการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

5.2.1) การปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

- ปฏิบัติงานตามหน้าที่ตามแผนงานที่ได้กำหนดไว้ หรือปฏิบัติงานฉุกเฉิน ปฏิบัติงานตามหน่วยงานจริง สามารถนำประสบการณ์ในการทำงานไปใช้ได้ในระบบงานอื่นๆ หรือระบบงานที่เกี่ยวข้องกัน

5.1.2) ปัญหาที่พบในช่วงการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

- ระบบงานเป็นแบบงานที่ต้องเข้ากะ จำนวน 3 กะ ตามที่ทางบริษัทได้กำหนดไว้

5.1.3) ข้อเสนอแนะแนวทาง

- ควรมีการเตรียมความพร้อมในด้านข้อมูลที่ต้องมีการรับการฝึกปฏิบัติ เพื่อความสะดวกและง่ายในการฝึกปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา

บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน. (2548). คู่มือการอนุรักษ์พลังงาน ตาม พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน.2535 (สำหรับอาคารควบคุม). เข้าถึงได้จาก <http://www.dede.go.th>
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2550). เรื่อง.การจัดการพลังงานไฟฟ้า เข้าถึงได้จาก <http://www.dede.go.th>
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2550). เรื่อง.กฎหมายและความรู้พื้นฐานด้าน การอนุรักษ์พลังงาน. เข้าถึงได้จาก <http://www.dede.go.th>

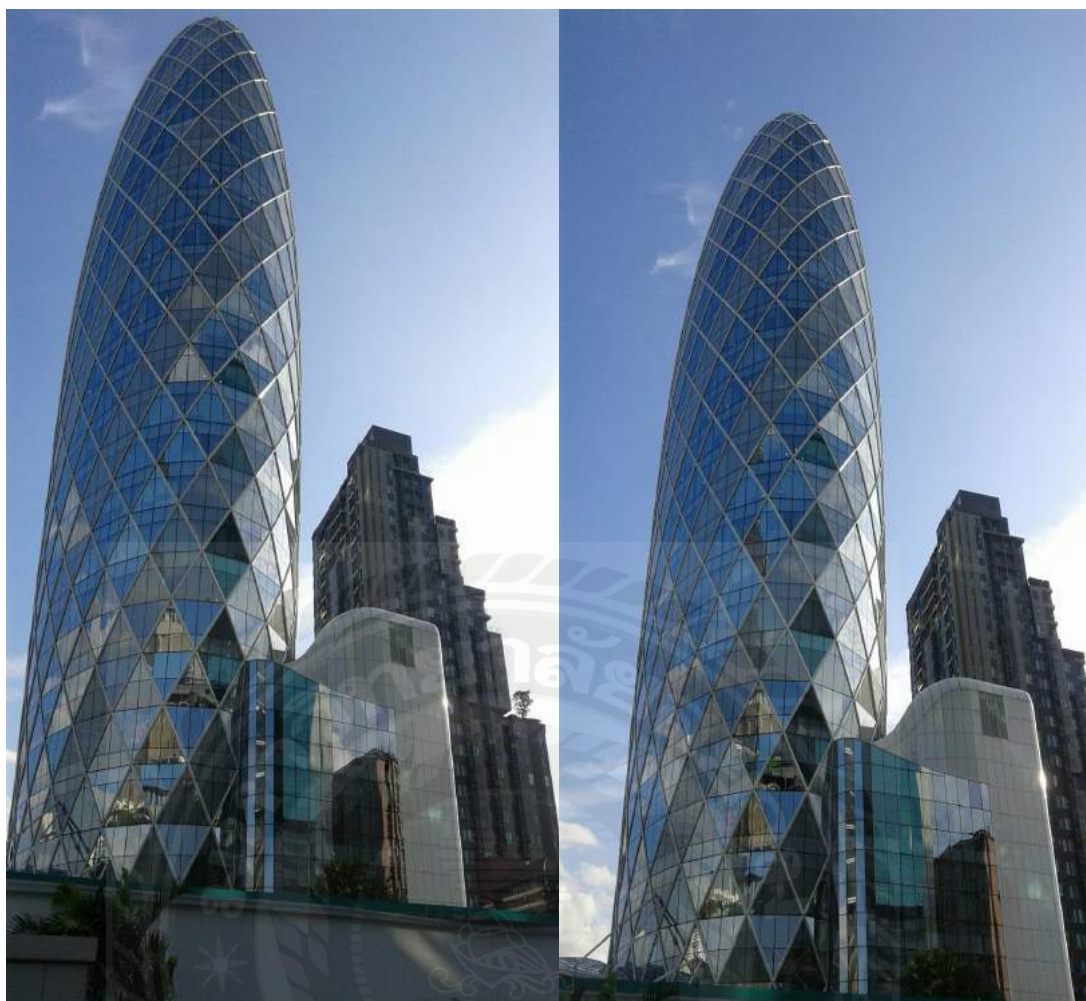




ภาคผนวก



รูปที่ ก บริษัท โจนส์ แลง ลาซาลส์ (ประเทศไทย) จำกัด (Jones Lang Lasalle : JLL)



รูปที่ ข อาคารที่ปฏิบัติงาน อาคาร เพิร์ล แบงก์ค็อก (Pearl Bangkok)



รูปที่ ค Room (Main Distribution Board : MDB)



รูปที่ ค Room (Main Distribution Board : MDB) (ต่อ)



รูปที่ ง Room Chiller



รูปที่ ง Room Chiller (ต่อ)



รูปที่ จ Team ช่าง ทำการล้างท่อที่เครื่อง Chiller



รูปที่ จ Team ช่าง ทำการล้างท่อที่เครื่อง Chiller (ต่อ)



รูปที่ ฉ เครื่อง ระบายความร้อน Cooling Tower



รูปที่ จ เครื่อง ระบายความร้อน Cooling Tower (ต่อ)



รูปที่ ข เครื่องวัด อุณหภูมิ เครื่องกระแสไฟ เครื่องวัด อัตราการส่งลมเย็น



รูปที่ ข เครื่องวัด อุณหภูมิ เครื่องกระแสไฟ เครื่องวัด อัตราการส่งลมเย็น (ต่อ)



รูปที่ ข การประชุมสรุปผลมาตรการ

ตารางที่ ก แสดงสมรรถนะเครื่องส่งลมเย็น (AHU : Air Handling Unit)

ลำดับที่ (AHU)	ขนาดการทำ ความเย็น (BTU/hr)	กระแสไฟฟ้า (A)	กำลังไฟฟ้า (kw)	ชนิดเฟส (Ph)	อัตราการ ไหล (CFM)
AHU –B1-01	354,690	30	15	3	1,800
AHU –B1-02	354,690	30	15	3	1,800
AHU –B1-03	354,690	30	15	3	1,800
AHU –B1-04	354,690	30	15	3	1,800
AHU – 1 - 01	259,700	30	15	3	10,580
AHU – 1 - 02	142,400	10	5	3	6,000
AHU – 1 - 03	142,400	10	5	3	6,000
AHU – 1 - 04	142,400	10	5	3	6,000
AHU – 1 - 05	142,400	10	5	3	6,000
AHU – 1 - 06	142,400	10	5	3	6,000
AHU – 1 - 07	110,060	6	3	3	4,000
AHU – 1 - 08	110,060	6	3	3	4,000
AHU – 2 - 01	568,000	30	15	3	24,000
AHU – 2 - 02	326,800	30	15	3	14,000
AHU – 2 - 03	656,000	36.5	18.5	3	29,400
AHU – 2 - 04	142,000	10	5	3	6,000
AHU – 2 - 05	142,000	10	5	3	6,000
AHU – 2 - 06	142,000	10	5	3	6,000
AHU – 2 - 07	111,150	6	3	3	4,500
AHU – 2 –08	111,150	6	3	3	4,500
AHU – 2 - 09	111,150	6	3	3	4,500
AHU – 2 - 10	89,980	6	3	3	4,070
AHU – 3 - 01	894,000	36.5	18.5	3	29,000
AHU – 3 - 02	105,770	6	3	3	4,800
AHU – 3 - 03	105,770	6	3	3	4,800
AHU – 3 - 04	105,770	6	3	3	4,800

ตารางที่ ก แสดงสมรรถนะเครื่องส่งลมเย็น (AHU : Air Handling Unit) (ต่อ)

ลำดับที่ (AHU)	ขนาดการทำ ความเย็น (BTU/hr)	กระแสไฟฟ้า (A)	กำลังไฟฟ้า (kw)	ชนิดเฟส (Ph)	อัตราการ ไหล (CFM)
AHU – 3 - 06	74,200	6	3	3	3,600
AHU – 3 - 07	74,200	6	3	3	3,600
AHU – 3 - 08	154,200	10	5	3	7,800
AHU – 3 - 09	291,310	30	15	3	14,200
AHU – 3 - 10	291,310	30	15	3	14,200
AHU – 4 - 01	568,000	30	15	3	14,000
AHU – 4 - 02	362,800	30	15	3	14,000
AHU – 4 - 03	120,000	6	5	4	5,400
AHU – 4 - 04	81,000	6	3	3	3,600
AHU – 4 - 05	81,000	6	3	3	3,600
AHU – 4 - 06	81,000	6	3	3	3,600
AHU – 4 - 07	81,000	6	3	3	3,600
AHU – 5 - 01	473,200	36.5	18.5	3	24,000
AHU – 5 - 02	194,900	14	7.5	3	7,680
AHU – 5 - 03	180,800	14	7.5	3	7,200
AHU – 5 - 04	180,800	14	7.5	3	7,200
AHU – 5 - 05	194,900	14	7.5	3	7,680
AHU – 5 - 06	473,200	36.5	18.5	3	24,900
AHU – 6 - 01	446,500	36.5	18.5	3	19,230
AHU – 6 - 02	466,000	36.5	18.5	3	22,000
AHU – 7 - 01	469,000	36.5	18.5	3	21,500
AHU – 7 - 02	451,000	36.5	18.5	3	21,040
AHU – 8 - 01	465,000	36.5	18.5	3	21,470
AHU – 8 - 02	467,040	36.5	18.5	3	20,970
AHU – 9 - 01	483,500	36.5	18.5	3	22,360
AHU – 9 - 02	467,200	36.5	18.5	3	21,820

ตารางที่ ก แสดงสมรรถนะเครื่องส่งลมเย็น (AHU : Air Handling Unit) (ต่อ)

ลำดับที่ (AHU)	ขนาดการทำ ความเย็น (BTU/hr)	กระแสไฟฟ้า (A)	กำลังไฟฟ้า (kw)	ชนิดเฟส (Ph)	อัตราการ ไหล (CFM)
AHU – 10-01	478,800	36.5	18.5	3	22,110
AHU – 10-02	476,310	36.5	18.5	3	21,610
AHU – 11-01	495,900	43.2	22	3	22,900
AHU – 11-02	476,310	43.2	22	3	22,900
AHU – 12-01	488,900	43.2	22	3	22,570
AHU – 12-02	474,000	36.5	18.5	3	22,070
AHU-12A01	488,900	43.2	22	3	22,070
AHU-12A02	479,000	36.5	18.5	3	22,070
AHU – 14-01	494,000	43.2	22	3	22,780
AHU – 14-02	479,000	43.2	22	3	22,290
AHU – 15-01	505,000	43.2	22	3	23,310
AHU – 15-02	489,000	43.2	22	3	22,800
AHU – 16-01	483,700	43.2	22	3	22,330
AHU – 16-02	488,300	36.5	18.5	3	22,460
AHU – 17-01	491,000	43.2	22	3	22,690
AHU – 17-02	491,000	43.2	22	3	22,690
AHU – 18-01	450,000	36.5	18.5	3	20,980
AHU – 18-02	475,450	36.5	18.5	3	21,550
AHU – 19-01	458,000	36.5	18.5	3	21,390
AHU – 19-02	474,000	36.5	18.5	3	21,890
AHU – 20-01	421,000	43.2	22	3	21,130
AHU – 20-02	445,700	43.2	22	3	20,580
AHU – 21-01	421,000	36.5	18.5	3	19,680
AHU – 21-02	436,100	36.5	18.5	3	20,180
AHU – 22-01	388,000	36.5	18.5	3	18,150
AHU – 22-02	420,600	36.5	18.5	3	18,620

ตารางที่ ก แสดงสมรรถนะเครื่องส่งลมเย็น (AHU : Air Handling Unit) (ต่อ)

ลำดับที่ (AHU)	ขนาดการทำ ความเย็น (BTU/hr)	กระแสไฟฟ้า (A)	กำลังไฟฟ้า (kw)	ชนิดเฟส (Ph)	อัตราการ ไหล (CFM)
AHU – 23-01	371,000	36.5	18.5	3	17,380
AHU – 23-02	305,900	30.1	15	3	17,890
AHU – 24-01	329,600	30.1	15	3	15,490
AHU – 24-02	342,900	30.1	15	3	15,880
AHU-24M01	298,000	22.3	11	3	15,880
AHU-24M02	310,960	30.1	15	3	13,850
AHU-WT-01	280,150	30.1	15	3	12,915
AHU-WT-02	280,150	30.1	15	3	12,915
AHU-WT-03	283,250	30.1	15	3	13,315
AHU-WT-04	283,250	30.1	15	3	13,315

The background of the page features a large, faint, circular seal of Srinakharinwirot University. The seal contains the university's name in Thai script at the top and 'SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY' in English at the bottom, surrounding a central emblem.

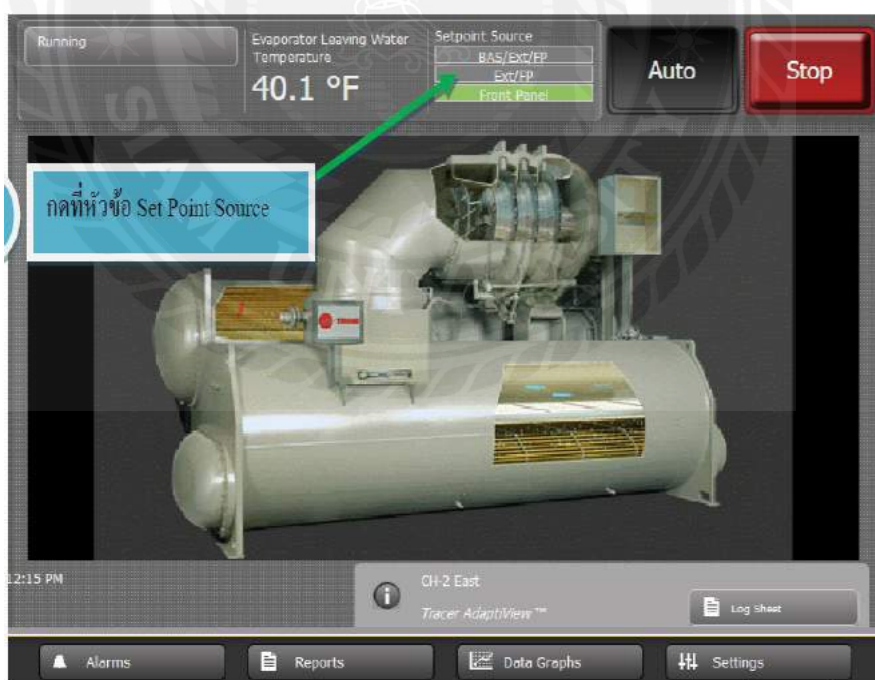
ภาคผนวก ก

คู่มือการจัดการพลังงานในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

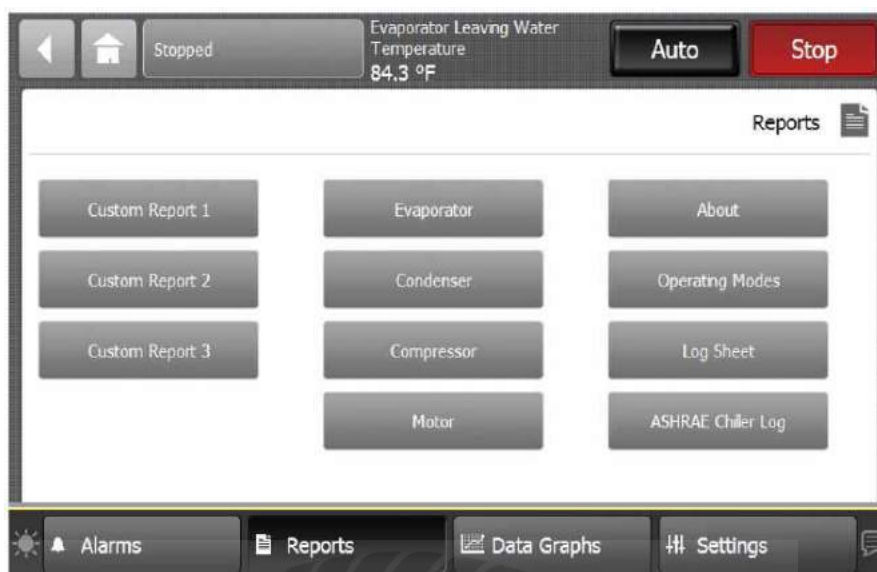
คู่มือการจัดการพลังงานในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

1) ขั้นตอนการตรวจเช็คการทำงานของเครื่องผลิตน้ำเย็น (บอร์ดควบคุม)

- 1.1) ขึ้นแรก กดที่ Reports แล้วเลือกตัวเลือกที่ต้องการเช็คค่าแบบต่าง ๆ
- 1.2) ตรวจเช็คสภาวะค่าพลังงานต่าง ๆ ที่เครื่องผลิตน้ำเย็น
- 1.3) ตรวจเช็ค อุณหภูมิด้านออก และ ด้านเข้า หน่วยเป็น ฟาเรนไฮต์ หรือ องศาเซลเซียส
- 1.4) ตรวจเช็ค ค่าพลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น kW และ A (แอมแปร์)
- 1.5) ตรวจเช็ค แรงดัน ที่ pump ด้านออก ด้านเข้า ฝั่งน้ำเย็น และ ฝั่งน้ำร้อน
- 1.6) ทำบันทึกข้อมูลประจำวัน
- 1.7) เช็คประมาณ 4 รอบต่อวัน เวลา เช็ค 9 : 00 , 11 : 00 , 14 : 00 , 17 : 00 เป็นต้น



รูปที่ ก.1 บอร์ดควบคุมเครื่องผลิตน้ำเย็น



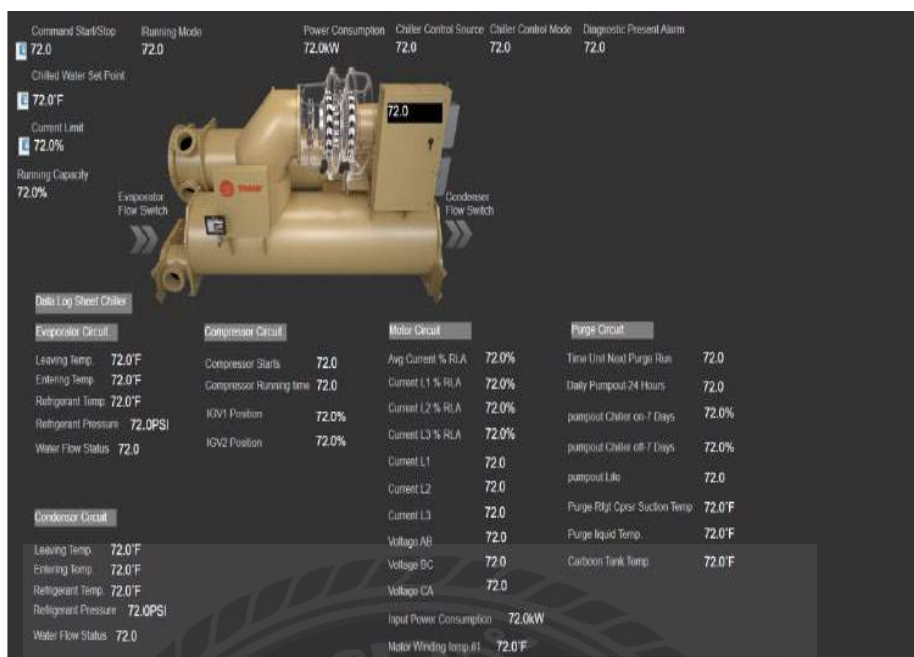
รูปที่ ก.2 ตัวเลือกต่าง ๆ



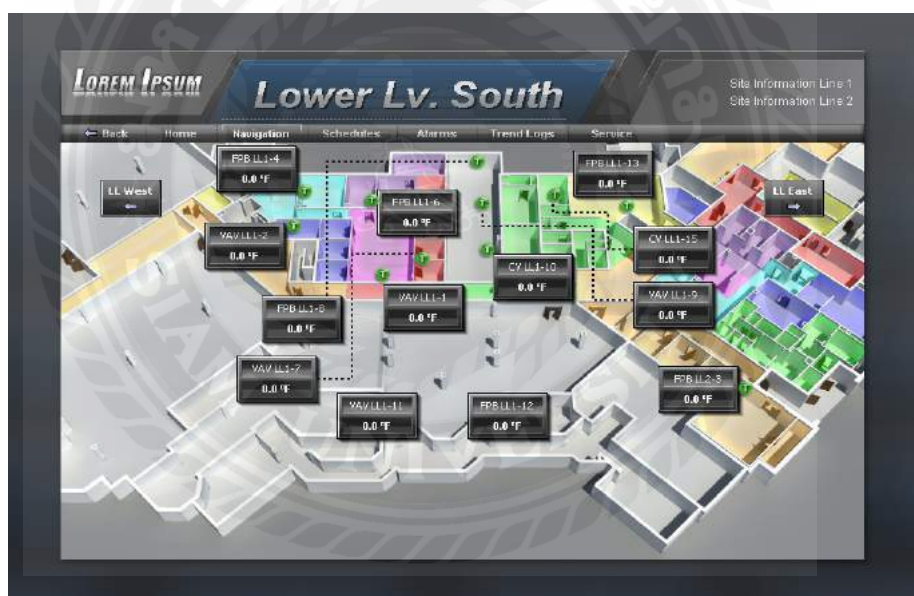
รูปที่ ก.3 ค่าการทำงานต่าง ๆ

2) ขั้นตอนการตรวจเช็คอุณหภูมิในสำนักงาน (โปรแกรม BAS System)

- 2.1) ขึ้นแรกเข้า โปรแกรม BAS System เลือกชุดคำสั่งแบบต่าง ๆ ที่ต้องการตรวจเช็ค
- 2.2) ตั้งการ ปิด – เปิด เครื่องผลิตน้ำเย็น , AHU และ ระบบที่เกี่ยวข้องในระบบปรับอากาศ
- 2.3) ตรวจเช็ค อุณหภูมิ แต่ละชั้นภายในอาคาร
- 2.4) ปรับเปลี่ยน อุณหภูมิ ที่ หัวจ่ายลม VAV หรือ ตั้งค่าอุณหภูมิใหม่ กรณีที่ ร้อนหรือเย็นเกินไป
- 2.5) บันทึกข้อ อุณหภูมิ แต่ละชั้น ประจำวัน เวลา เช็ค เข้า ถึง บ่าย



รูปที่ ก.4 โปรแกรมควบคุมอุณหภูมิ



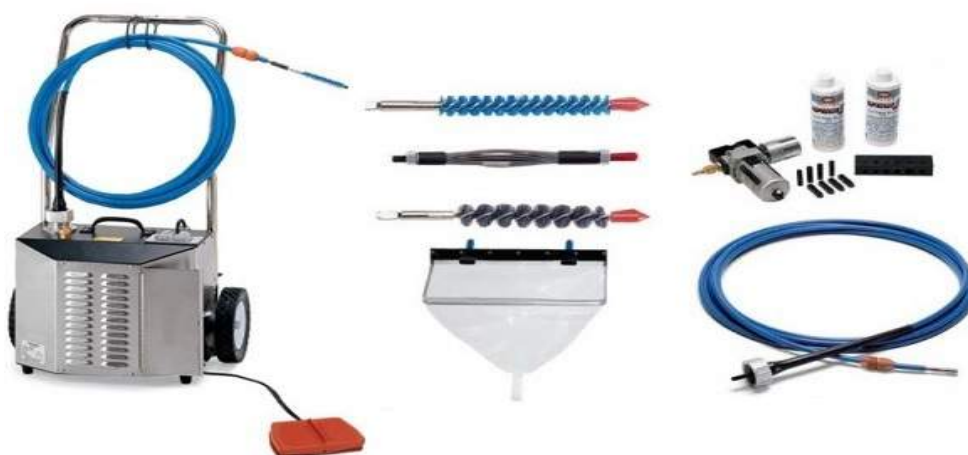
รูปที่ ก.5 อุณหภูมิภายในอาคาร

3) ขั้นตอนการบำรุงรักษาเครื่องประจำปี

3.1) ทำสะอาดเครื่องทำความเย็น ล้างตะกอนออกจากเครื่องผลิตน้ำเย็น

3.2) โดยใช้สายฉีดน้ำ

3.3) ฉีดเข้าท่อ เครื่องผลิตน้ำเย็น แผนซ่อมบำรุง 2 ครั้งต่อปี



รูปที่ ก.6 อุปกรณ์ทำความสะอาดเครื่องทำความเย็น



รูปที่ ก.7 บำรุงรักษาเครื่องผลิตน้ำเย็นตามแผนงาน

ตารางที่ ก.1 แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ขนาดเครื่องทำน้ำเย็น	Ton		TR
กำลังไฟฟ้าที่เครื่องผลิตน้ำเย็นใช้	Pw		kW
ระบบระบายความร้อน	Cf	น้ำ	J / kg-k
การวัด ความเย็นที่ผลิตได้			
ตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็น (46.99 °F หรือ 8.33 °C)	Tc		°F
เพิ่มโหลดให้น้ำเย็นด้านกลับให้ได้อุณหภูมิ (54.10 °F หรือ 12.28 °C)	Tr		°F
วัดอัตราการไหลน้ำเย็น (Gallon per Minute : GPM)	Fc		GPM
อัตราการไหลของน้ำเย็น 2.4 x ต้นความเย็น – เครื่อง			
ความเย็นที่ผลิตได้ (น้ำเย็น) (Chiller Water Energy)			
$CWE = 500 \times Fc \times (Tr - Tc) / 12,000$	CWE		TR
ความเย็นที่ผลิตได้ / กำลังไฟฟ้า			
$Effl = CWE / Pw$	Effl		TR/kW
จากตารางในภาคผนวก ชนิดและขนาดเครื่องทำน้ำเย็น (ประสิทธิภาพใหม่)	Effs	1.55	TR/kW
เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็นเทียบค่าที่แนะนำ			
$C_{eff} = Effl / Effs$	C Eff.		%
ระบบระบายความร้อน	Cf	น้ำ	J / kg-k
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (เดิม)	Effl		TR/kW
ขนาดเครื่องผลิตน้ำเย็น	Ton		TR
กำลังไฟฟ้าเครื่องผลิตน้ำเย็น	Pw		kW

ตารางที่ ก.1 แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (ต่อ)

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน	H		H / Day
จำนวนวันทำงานต่อปี	DY		วันต่อปี
ตัวประกอบโหลด	LF	80 %	
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้			
$Eu = LF \times H \times DY \times Pw$	Eu		หน่วยต่อปี
อัตราค่าไฟฟ้า (ม.ค.2562 - ส.ค.2562)	B		บาทต่อหน่วย
ค่าใช้จ่ายไฟฟ้า			
$Cost = Eu \times B$	Cost		บาทต่อปี
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตใหม่			
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (ใหม่)	Eff2	1.55	TR/kW
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (Energy Saving)			
$ES = Eu \times (1 - Eff1 / Eff2)$	ES		หน่วยต่อปี
ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (Cost Saving)			
$CS = ES \times B$	CS		บาทต่อปี
เงินลงทุนเปลี่ยนเครื่องผลิตน้ำเย็นใหม่	I		บาท
ระยะเวลาคืนทุน			
$PB = I / CS$	PB		ปี

แบบฟอร์ม ก.2 มาตรการปิดเครื่องปรับอากาศ 30 นาที (1,000 TR)

กำลังไฟฟ้าเครื่องผลิตน้ำเย็น
Pw.....kW

การทำงานเครื่องผลิตน้ำเย็น / วัน (ก่อนปรับปรุง)
Day.....hr

การทำงานเครื่องผลิตน้ำเย็น / ปี (ก่อนปรับปรุง)
Day.....day/year

การทำงานเครื่องผลิตน้ำเย็น/ปี (ก่อนปรับปรุง)

Hr = hr /
year

การทำงานเครื่องผลิตน้ำเย็น / วัน (หลังปรับปรุง)
Day.....hr

การทำงานเครื่องผลิตน้ำเย็น/ปี (หลังปรับปรุง)

Hr = hr /
year

การทำงานเครื่องผลิตน้ำเย็น(กำลังไฟฟ้าทั้งหมด : ก่อน)
year Pw.....hr /

Pw.....kWh / year

การทำงานเครื่องผลิตน้ำเย็น(กำลังไฟฟ้าทั้งหมด : หลัง)
year Pw.....hr /

Pw.....kWh / year

แบบฟอร์ม ก.3 มาตรการปิดเครื่องปรับอากาศ 30 นาที (500 TR)

กำลังไฟฟ้าเครื่องผลิตน้ำเย็น
Pw.....kW

การทำงานเครื่องผลิตน้ำเย็น / วัน (ก่อนปรับปรุง)
Day.....hr

การทำงานเครื่องผลิตน้ำเย็น / ปี (ก่อนปรับปรุง)
Day.....day/year

การทำงานเครื่องผลิตน้ำเย็น/ปี (ก่อนปรับปรุง)

Hr = Hr.....hr /
year

การทำงานเครื่องผลิตน้ำเย็น / วัน (หลังปรับปรุง)
Day.....hr

Hr = Hr.....hr /
year

การทำงานเครื่องผลิตน้ำเย็น(กำลังไฟฟ้าทั้งหมด : ก่อน)
Pw.....hr /
year

Pw.....kWh / year

การทำงานของเครื่องผลิตน้ำเย็น(กำลังไฟฟ้าทั้งหมด : หลัง)
year

Pw.....hr /

Pw.....kWh / year

แบบฟอร์ม ก.4 สรุปผลประหยัด (มาตรการปิดเครื่องปรับอากาศ 30 นาที)

ก่อนปรับปรุงอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด = (CH-01 + CH-03)
=.....kWh/year

=.....kWh / year

หลังปรับปรุงอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด = (CH-01 + CH-03)
)

=.....kWh/year

=.....kWh / year

อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (ก่อน และ หลัง)

=.....kWh / year

=.....kWh / year

อัตราค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (ค่าไฟต่อหน่วย 4.20)

=.....บาท

ผลประหยัด

=.....บาท / ปี



ภาคผนวก ข

บทความวิชาการ

การจัดการด้านพลังงานในระบบปรับอากาศ ณ อาคาร เพิร์ล แบงก์ค็อก

Energy management in air conditioning systems

At the Pearl Bangkok building

นาย นาคินทร์ เกษสมบัติ

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

235 ถนน เพชรเกษม แขวง บางหว้า เขต ภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 10160

E-mail : Nakin.Kaos@siam.edu

บทคัดย่อ

บริษัท โจนส์แลง ลาซาลล์ (ประเทศไทย) จำกัด (Jones Lang LaSalle (Thailand) Limited : (JLL) ได้จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์นิวยอร์ก เป็นผู้เชี่ยวชาญการบริการด้านอสังหาริมทรัพย์ โดยมีการบริการที่ครบวงจรโดยทีมงานผู้เชี่ยวชาญทั่วโลกแก่ลูกค้าที่ต้องการคุณค่าสูงสุดจากการเป็นเจ้าของ ที่ใช้ประโยชน์หรือลงทุนในอสังหาริมทรัพย์ (Control System) ซึ่งควบคุมและให้บริการโดยทีม Technician ที่มีหน้าที่ตรวจสอบสภาพเครื่องจักรและระบบต่างๆ ภายในพื้นที่ให้บริการ และหาแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานภายในส่วนนั้นๆ เก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ เพื่อที่จะสร้างนโยบายและขั้นตอนในการใช้พลังงานให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุดเพื่อพัฒนาไปสู่การอนุรักษ์พลังงานอย่างขึ้น ตามมาตรฐานกระทรวงพลังงานที่กำหนดไว้

Abstract

Jones Lang LaSalle (Thailand) Limited: JLL is listed on the New York Stock Exchange. Is a real estate service specialist With a

comprehensive service by a team of experts around the world for customers who want the highest value from ownership That use or invest in real estate (Control System) which is controlled and provided by the technician team that is responsible for checking the condition of machines and systems Within the service area And find ways to conserve energy within that part Collect various information In order to create the highest energy efficiency policy and procedure to develop to stand in energy conservation According to the standards set by the Ministry of Energy

วัตถุประสงค์

เพื่อสรุปหามาตรการในการอนุรักษ์ด้านพลังงานไฟฟ้าและพลังงานแบบต่างๆ (Energy saving Building) ภายใน อาคาร เพิร์ล แบงก์ค็อก (Pearl Bangkok)

ขอบเขต

เพื่อศึกษาวิจัยค้นคว้ามาตรการในการจัดการด้านพลังงานไฟฟ้าและพลังงานแบบต่างๆ ภายในอาคาร เพิร์ล แบงก์ค็อก (Pearl Bangkok) หลักการทำงานที่เกี่ยวข้อง ระบบคอนโทรลเครื่องจักรและระบบประเภทต่างๆ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่คอนโทรลระบบและส่วนที่ตรวจสอบระบบ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ส่วนคอนโทรลระบบ (User) ภายในอาคาร

- ขั้นตอนการล็อกอินเข้าระบบ โดยจะต้องมีรหัสผ่านในการเข้าระบบทุกประเภท
- ส่วน การ คอนโทรล นั้น สามารถปรับเปลี่ยนค่าการใช้งานที่ต้องการได้

ทีม Maintenance

- บันทึกและตรวจเช็คการทำงานของระบบต่างๆภายในอาคาร
- ช่อมบำรุงตามแผนงาน
- รายงานผลข้อมูลการตรวจสอบระบบ

ทีม Control System

- ตรวจสอบระบบต่างๆ
- ปรับเปลี่ยนระบบตามสภาวะการใช้งาน

ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1) ดูแลควบคุมการใช้พลังงานแบบต่างๆได้ตามความเหมาะสม
- 2) สรุปผลได้ง่ายขึ้นเพื่อนำมาออกทำมาตรการในการจัดการด้านพลังงาน
- 3) ตรวจสอบระบบต่างๆได้ง่ายขึ้นและรวดเร็ว
- 4) ลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานแบบต่างๆ ลงได้

5) ใช้งานเครื่องจักรให้เกิดประโยชน์และทนทานมีอายุการใช้งานนานขึ้น

6) ใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานแบบต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์ต่อบริษัท

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1) การเก็บข้อมูล

พนักงานต้องทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นในแต่ละวันโดยการตรวจเช็คจากระบบสภาวะการใช้งานของเครื่องจักรแล้วทำการจดบันทึกข้อมูลแบบต่างๆลงในกระดานบันทึกเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

2) การวิเคราะห์และแก้ไขระบบ

เมื่อทำการตรวจสอบข้อมูลที่มีการจดบันทึกแล้วพนักงานจะทำการวิเคราะห์ค่าต่างๆว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้หรือไม่จากนั้นค่าที่ไม่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแล้วทำการแก้ไขระบบใหม่เพื่อปรับเปลี่ยนให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

3) การปฏิบัติงาน

การปฏิบัติงานคือการตรวจสอบหน้างานที่เกิดปัญหาจากภายนอกและระบบ หรืองานที่ไม่สามารถแก้ไขจากการควบคุมจากระบบอัตโนมัติได้ ในส่วนนี้จะทำการตรวจเช็คอุปกรณ์ว่ามีอะไรที่ชำรุดหรือเกิดความเสียหายหรือไม่แล้วทำการซ่อมบำรุงในส่วนที่ชำรุดเสียหายให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งาน

โปรแกรมที่ใช้ในการคอนโทรล (Controls Program System)

- Chiller Plant Management System : (CPMS)
- Building Automations System : (BAS)

- Remote Monitoring Supply : (RMU)
- Part & Accessories Supply

ลักษณะการทำงานในส่วนของระบบ

โปรแกรมการควบคุมและการจัดการเครื่องผลิตน้ำเย็น ลักษณะโปรแกรมคือโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการเปิด – ปิด เครื่องทำความเย็น โดยทำงานอัตโนมัติให้อยู่ในสภาวะตามโหลดของอาคารที่ได้กำหนดไว้ โดยจะกำหนดการทำงานของเครื่องจักรให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ยังสามารถรับอัตราโหลดที่เกิดขึ้นภายในอาคาร และมีหน้าที่หลักๆ ในการสลับการทำงานเครื่องчилเลอร์ การสั่งการเปิด – ปิด เครื่องทำความเย็น เป็นต้น

โปรแกรมนี้ใช้กับ คอมพิวเตอร์ ส่วนตัวควบคุมเครื่องทำความเย็น (UCM) และตัวควบคุมอุปกรณ์โดยตรงคือ (DDC) คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ ใช้งานโปรแกรม

ตัวอย่าง : การเข้าใช้โปรแกรมควบคุมระบบการทำงานความเย็นแบบรวมศูนย์

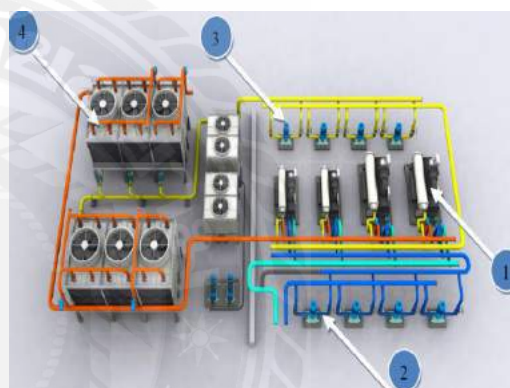


รูปที่ 1 ให้ทำการคลิกที่รูปสี่เหลี่ยมเพื่อทำการใช้โปรแกรม



รูปที่ 2 ขั้นตอนการเข้าใช้ระบบ

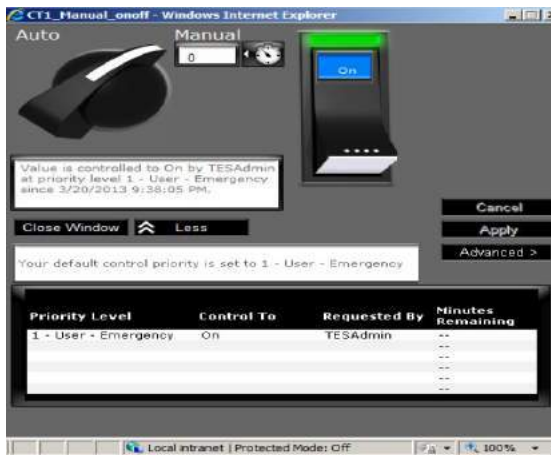
- User cpms@1
- Password : TES!234



รูปที่ 3 ระบบแสดงสถานะการทำงาน แสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ทุกตัวที่อยู่ในระบบ ส่วนประกอบโปรแกรม มีดังต่อไปนี้

- เครื่องทำความเย็น (Chiller)
- เครื่องสูบน้ำ (PCHP)
- เครื่องสูบน้ำระบายความร้อน (CDP)
- หอระบายความร้อน (CT)

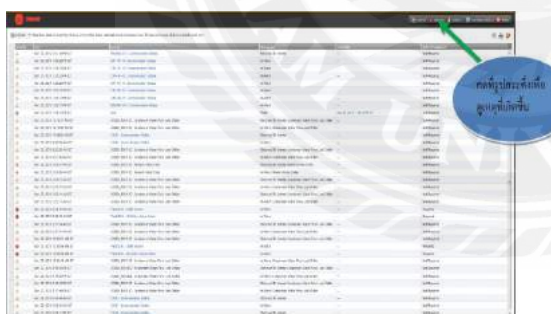
เมื่อมีอุปกรณ์ทำงานอุปกรณ์จะแสดงสถานะสีเขียวและมีการเคลื่อนไหวของอุปกรณ์ แต่ถ้าเกิดเหตุอุปกรณ์จะแสดงสถานะสีแดงและสามารถตรวจสอบรายละเอียดของตัวอุปกรณ์ได้ด้วยการกดเข้าที่ชื่ออุปกรณ์นั้นๆ



รูปที่ 4 Select “ Manual ” , Switch to “ On ”
then click “Apply ” วิธีการลบคำสั่งตามรูปที่ 3



รูปที่ 5 click Advanced รายละเอียดจะมีดังนี้



สรุปผล

หลังจากได้มีการติดตั้งโปรแกรมควบคุมแล้วเสร็จและมีการนำไปใช้ควบคุมระบบต่างๆ ภายในอาคารจริง สรุปผลได้คือสามารถ ปิด – เปิด เครื่องจักรแบบต่างๆและระบบแสงสว่างได้สะดวกกว่าเดิม และง่ายต่อการตรวจสอบสถานะต่างๆ ได้

อย่างสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น และยังช่วยลดเวลาในการ ปิด – เปิด ระบบในแต่ละครั้งได้สะดวกมากขึ้น และยังช่วยลดต้นทุนในการจ้างพนักงาน อีกทั้งยังทำให้ปรับสถานะโหนดต่างๆ จนกระทั่งแก้ไขระบบเมื่อมีปัญหาได้สะดวกเร็วกว่าเดิม สามารถควบคุมการใช้พลังงานภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์ต่อองค์กร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท โจนส์แลง ลาซาลล์ (ประเทศไทย) จำกัด (Jones Lang LaSalle (Thailand) Limited : JLL) ที่ให้โอกาสในเรื่องการรวบรวมมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบปรับอากาศ เพื่อที่จะนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านการจัดการพลังงานในระบบปรับอากาศ (แบบรวมศูนย์) และ ให้ความสนับสนุนเป็นอย่างดีในการดำเนินงานพัฒนามาตรการต่าง ๆ ในระบบนี้ และขอขอบคุณนาย นาคินทร์ เกาะสมบัติ นักศึกษา ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ในการพัฒนาระบบนี้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน .(2548). คู่มือการอนุรักษ์พลังงานตาม พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน .(2535). (สำหรับอาคารควบคุม)

เข้าถึงได้ที่ . <http://www.dede.go.th>

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน เรื่อง. การจัดการพลังงานไฟฟ้า .(2550).

เข้าถึงได้ที่ . <http://www.dede.go.th>

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน เรื่อง.กฎหมายและความรู้พื้นฐานด้านการอนุรักษ์พลังงาน .(2550).

เข้าถึงได้ที่ . <http://www.dede.go.th>

ภาคผนวก ค

แบบรายงานผลการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา



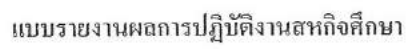
แบบรายงานผลการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

ลำดับที่	ระหว่างวันที่	หัวข้อการเรียนรู้	ลงชื่อ นักศึกษา	ลงชื่อพนักงาน ที่ปรึกษา
8	1-5/4/2019	ตรวจสอบการทำงานของระบบ ทำความเย็น chiller ตรวจสอบ ระบบไฟฟ้าตู้ (MDB)		
9	8-12/4/2019	ตรวจสอบการทำงานของระบบ ทำความเย็น chiller ตรวจสอบระบบไฟฟ้าตู้ (MDB)		
10	15-19/4/2019	ตรวจสอบการทำงานของระบบ ทำความเย็น chiller และตรวจสอบ ระบบไฟฟ้า		
11	22-26/4/2019	ตรวจสอบการทำงานของระบบ ทำความเย็น chiller และตรวจสอบ ระบบทำความเย็นตู้แช่เย็น (BMS)		
12	29-2/5/2019	ตรวจสอบการทำงานของระบบ chiller และตรวจสอบระบบไฟฟ้า ตู้ (MDB)		
13	5-9/5/2019	ตรวจสอบการทำงานของระบบ chiller และ ตรวจสอบระบบ จ่ายไฟฟ้าตู้ (MDB)		
14	12-16/5/2019	ตรวจสอบการทำงานของระบบ chiller และตรวจสอบระบบ จ่ายไฟฟ้าตู้ (MDB)		



แบบรายงานผลการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

ลำดับที่	ระหว่างวันที่	หัวข้อการเรียนรู้	ลงชื่อ นักศึกษา	ลงชื่อพนักงาน ที่ปรึกษา
1	13-18/5/2019	ฝึกปฏิบัติงานในแผนกซ่อมบำรุง อาคาร/คณาจารย์/งานช่างในสถาน		
2	20-24/5/2019	ตรวจสอบซ่อมบำรุงอาคาร/คณาจารย์ อาคาร/คณาจารย์/งานช่างในสถาน		
3	24-31/5/2019	ตรวจสอบซ่อมบำรุงอาคาร/คณาจารย์ อาคาร/คณาจารย์/งานช่างในสถาน		
4	3-4/6/2019	ตรวจสอบซ่อมบำรุงอาคาร/คณาจารย์ อาคาร/คณาจารย์/งานช่างในสถาน		
5	10-14/6/2019	ตรวจสอบซ่อมบำรุงอาคาร/คณาจารย์ อาคาร/คณาจารย์/งานช่างในสถาน		
6	14-21/6/2019	ตรวจสอบซ่อมบำรุงอาคาร/คณาจารย์ อาคาร/คณาจารย์/งานช่างในสถาน		
7	24-28/6/2019	ตรวจสอบซ่อมบำรุงอาคาร/คณาจารย์ อาคาร/คณาจารย์/งานช่างในสถาน		

[illegible]

The background of the page features a large, faint, circular seal of Siam University. The seal contains the university's name in Thai and English, along with a central emblem.

ภาคผนวก ง

ประวัติผู้จัดทำ/คณะผู้จัดทำ

ประวัติผู้จัดทำ



รหัสนักศึกษา : 6111100012

ชื่อ – นามสกุล : นาย นาคินทร์ เกาะสมบัติ

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

คณะ : วิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัย : มหาวิทยาลัยสยาม

เบอร์โทรศัพท์ : 061-957-8420 , 094-521-6590

Email : Nakin.kaos@siam.edu

ที่อยู่ : 116 หมู่ที่ 17 ถนน มะลิวัน ตำบล กุดกว้าง อำเภอหนองเรือ
จังหวัด ขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40210

ผลงาน : การจัดการพลังงานในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์
(Energy Management in Centralized Air Conditioning Systems)