

## บทที่ 2

### ทบทวนวรรณกรรม

#### 2.1. ข้อมูลทั่วไปของอาคารควบคุม มจร. บางมด

##### 2.1.1. ข้อมูลมหาวิทยาลัย

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงศึกษาธิการ ฯพณฯ ม.ล.ปิ่น มาลากุล ได้ปรารถนา อธิปไตยอาชีวศึกษาว่า ประเทศไทยยังขาดผู้ประสานงาน ระหว่างวิศวกร และ Skill Labours อีกมาก การผลิตช่างเทคนิคในสมัย พ.ศ. 2500 ต้องใช้ เวลา 6 ปี กล่าวคือ รับนักเรียนจบชั้นมัธยม 3 เรียนต่อวิชาช่างอุตสาหกรรม 3 ปี ได้วุฒิ ปว.ช. แล้วออกทำงานหรือศึกษาต่อ ในวิทยาลัยเทคนิคอีก 3 ปี ได้วุฒิ ปว.ส. จึงจะทำหน้าที่ช่างเทคนิคได้ ทำอย่างไร จึงจะได้มาซึ่งผู้ประสานงานระหว่างวิศวกรและ Skill Labours ในเวลารวดเร็วกว่านั้น ระหว่างสำรวจหาสถานที่ตั้งวิทยาลัย ท่านอธิบดีสนั่น สุมิตร พบว่าที่ดินของสำนักงานทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์ ณ ตำบลบางมด อำเภอราชบุรีบูรณะ จังหวัดธนบุรี ซึ่งกระทรวงศึกษาธิการขอเช่าไว้ 32 ไร่ ปลูกสร้างอาคารไม้ สองชั้นแบบมาตรฐาน 14 ห้องเรียน เสร็จเรียบร้อย ตั้งแต่ พ.ศ. 2501 พร้อม ทั้งบ้านพักครูใหญ่ และโรงอาหาร อีกครึ่งหลัง ได้ถูกทิ้งว่างไว้ แม้จะยังไม่มี ถนน ไฟฟ้า น้ำประปา และโทรศัพท์ ก็ยังมีอาคารพร้อมที่จะให้ใช้ได้ทันที ท่านอธิบดี จึงเสนอสถานที่นี้ เป็นที่ตั้งวิทยาลัยแห่งใหม่ ให้ชื่อว่า “วิทยาลัย เทคนิคธนบุรี”

กระทรวงศึกษาธิการ ประกาศตั้ง “ วิทยาลัยเทคนิคธนบุรี ” เมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2503 รับผู้จบเตรียมอุดมศึกษา (ม.6 ปัจจุบัน) เฉพาะสาย วิทยาศาสตร์ ศึกษาต่อ 3 ปี ได้วุฒิ ปว.ส. นับเป็นวิทยาลัยเทคนิค แห่งแรกในประเทศไทย ที่รับผลิตช่างเทคนิคจากผู้จบชั้นสูงสุดสายสามัญกรมอาชีวศึกษา แต่งตั้งนายประภา ประจักษ์สุนันติ อาจารย์เอกหัวหน้าฝ่ายวิชาช่างก่อสร้าง คณะวิชาเทคนิค จากวิทยาลัยเทคนิคกรุงเทพ เป็นผู้อำนวยการ วิทยาลัย พร้อมทั้งอนุมัติให้อาจารย์จากวิทยาลัยเดียวกันมาร่วมงาน อีก 6 ท่าน คือ นายสมพงษ์ ปัญญาสุข นางสาวอุบล จันทกมล นายอุทัย แก้วช่วง นายสุธรรม ทวีชศรี นายทอง รุ่งโรจน์ดี และนายอิทธิศักดิ์ ทองคำ

อาจารย์สนั่น สุมิตร อธิบดีกรมอาชีวศึกษา พบทางสว่างจึง เสนอให้โครงการจัดตั้งวิทยาลัยเทคนิค แห่งใหม่ในสังกัดกองวิทยาลัยเทคนิคเพื่อ สนองความต้องการของรัฐในด้านช่างเทคนิค โดยรวดเร็วขึ้น คือ รับผู้สำเร็จ เตรียมอุดมศึกษาสายวิทยาศาสตร์ เข้าศึกษาต่อ 3 ปี กระทรวงศึกษาธิการ อนุมัติโครงการนี้ ตั้งแต่พฤศจิกายน พ.ศ. 2502

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีสถาปนาขึ้นมาจากวิทยาลัยเทคนิค ธนบุรี ซึ่งเป็นวิทยาลัยในสังกัดกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2503 และในปี 2514 ได้รวมกับวิทยาลัยเทคนิค พระนครเหนือ วิทยาลัยเทคนิคโทรคมนาคมเข้าด้วยกัน เป็นสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า สังกัดกระทรวงศึกษาธิการ ต่อมาในปี 2517 ได้ยกฐานะ เป็นสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ สังกัดทบวงมหาวิทยาลัย และในปี 2529 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เป็นนิติบุคคล มี

ฐานะเป็นกรมใน ทบวงมหาวิทยาลัย ตามพระราชบัญญัติ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปัจจุบันเปลี่ยนเป็นมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ตามพระราช- บัญญัติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2541 ได้กำหนด ให้มีฐานะเป็น มหาวิทยาลัยของรัฐที่ไม่เป็นส่วนราชการ แต่อยู่ในกำกับ ดูแลของรัฐบาล และเป็นนิติบุคคล พระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี ได้รับการประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 115 ตอนที่ 11 เมื่อวันที่ 6 มีนาคม 2541 มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 7 มีนาคม 2541

## 2.1.2. ข้อมูลทั่วไปของอาคารควบคุม มจร.

### 2.1.2.1. ซื่อนิติบุคคล: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ชื่ออาคารควบคุม: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจร. บางมด)

TSIC - ID: 93150-0052

2.1.2.2. ประเภทกลุ่มอาคารควบคุม เป็นกลุ่มที่ 2 (ขนาดใหญ่) : อาคารควบคุมที่ใช้เครื่องวัดไฟฟ้าหรือติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้ารวมกันตั้งแต่สามพันกิโลวัตต์หรือสามพันห้าร้อยสามสิบกิโลวัตต์แอมแปร์ขึ้นไป หรืออาคารควบคุมที่ใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนจากไอน้ำ หรือพลังงานสิ้นเปลืองอื่นๆ โดยมีปริมาณพลังงานเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่หกสิบล้านเมกะจูล/ปีขึ้นไป

### 2.1.2.3. ที่อยู่อาคาร

เลขที่ 126 ถนน ประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กทม. รหัสไปรษณีย์ 10140

โทรศัพท์ 0-2470-8293 โทรสาร 0-2470-8306

E : mail [aibchen\\_02@hotmail.com](mailto:aibchen_02@hotmail.com)

### 2.1.2.4. ประเภทอาคาร สถานศึกษา

### 2.1.2.5. อาคารเริ่มเปิดดำเนินการ

เมื่อปี พ.ศ.	2503	
จำนวนอาคารทั้งหมด	29	อาคาร
จำนวนพนักงาน	2,250	คน
จำนวน	18	แผนก/ฝ่าย

## 2.1.3. ข้อมูลทั่วไปด้านระบบการจัดการพลังงาน

2.1.3.1. สถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น มีการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้นใช้โดยใช้ตารางประเมินการจัดการพลังงาน (Energy Management Matrix :EMM) ในระดับหน่วยงานย่อยของ มจร. จาก 18 ส่วนงาน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 180 คนจากทั้งหมด 2,250 คน คิดเป็นร้อยละ 0.08 โดยการประเมิน EMM จะมีตัวชี้วัดทั้งสิ้น 6 องค์ประกอบ ได้แก่

1. การประเมินด้านนโยบายการจัดการพลังงาน
2. การประเมินด้านการจัดองค์กร

3. การประเมินด้านการกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจ
4. การประเมินด้านระบบข้อมูลข่าวสาร
5. การประเมินด้านการประชาสัมพันธ์
6. การประเมินด้านการลงทุน

ทั้งนี้ในแต่ละด้านจะมีการให้คะแนนตามเกณฑ์ชี้วัด 5 ระดับ โดยค่าคะแนนอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0 - 4 คะแนนได้ผลดังตารางที่ 2.1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ระบบการจัดการพลังงานเบื้องต้นของ มจธ. เป็นลักษณะ Unbalance คือมีประเด็นที่สูงมาก 2 ประเด็น และมีประเด็นที่ต่ำมาก 2 ประเด็น สรุปได้ว่ามีลักษณะ ที่จัดการพลังงานได้ยาก

ตารางที่ 2.1 การประเมินการจัดการพลังงานขององค์กร

ระดับคะแนน	นโยบายการอนุรักษ์พลังงาน	การจัดองค์กร	การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจ	ระบบข้อมูลข่าวสาร	ประชาสัมพันธ์	การลงทุน
4	มีนโยบายการจัดการพลังงานจากฝ่ายบริหารและถือเป็นส่วนหนึ่งของนโยบายของบริษัท	มีการจัดองค์กรและเป็นโครงสร้างส่วนหนึ่งของฝ่ายบริหารกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบไว้ชัดเจน	มีการประสานงานระหว่างผู้รับผิดชอบด้านพลังงานและทีมงานทุกระดับอย่างสม่ำเสมอ	กำหนดเป้าหมายที่ครอบคลุมติดตามผล หาข้อผิดพลาด ประเมินผล และควบคุมการใช้งบประมาณ	ประชาสัมพันธ์คุณค่าของการประหยัดพลังงาน และผลการดำเนินงานของการจัดการพลังงาน	จัดสรรงบประมาณโดยละเอียด โดยพิจารณาถึงความสำคัญของโครงการ
3	มีนโยบายและมีการสนับสนุนเป็นครั้งคราวจากฝ่ายบริหาร	ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานรายงานโดยตรงต่อคณะกรรมการจัดการพลังงาน ซึ่งประกอบด้วยหัวหน้าฝ่ายต่าง ๆ	คณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานเป็นช่องทางหลักในการดำเนินงาน	แจ้งผลการใช้พลังงานจากมิเตอร์ย่อยให้แก่แต่ละฝ่ายทราบ แต่ไม่มีการแจ้งถึงผลการประหยัด	ให้พนักงานรับทราบโครงการอนุรักษ์พลังงาน และให้มีการประชาสัมพันธ์อย่างสม่ำเสมอ	ใช้ระยะเวลา คุ่มทุนเป็นหลักในการพิจารณาการลงทุน
2	ไม่มีการกำหนดนโยบายที่ชัดเจน โดยผู้บริหารหรือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน	มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานรายงานต่อคณะกรรมการเฉพาะกิจ แต่รายงานยังทับซ้อนกันไม่ชัดเจน	คณะกรรมการเฉพาะกิจเป็นผู้ดำเนินการ	ทำรายงานติดตามประเมินผล โดยดูจากมิเตอร์เฉพาะกิจกรรมการเข้ามามีส่วนร่วมในการตั้งงบประมาณ	จัดฝึกอบรมให้พนักงานรับทราบเป็นครั้งคราว	ลงทุนโดยดูมาตรการที่มีระยะเวลาคุ้มทุนเร็ว <b>2555</b>
1	ไม่มีแนวทางปฏิบัติที่ทำไว้เป็นลายลักษณ์อักษร	ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานมีขอบเขตหน้าที่ความรับผิดชอบจำกัด	มีการติดต่ออย่างไม่เป็นทางการระหว่างวิศวกรกับผู้ใช้พลังงาน (พนักงาน)	มีการสรุปรายงานด้านค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานเพื่อใช้กันภายในฝ่ายวิศวกรรม	แจ้งให้พนักงานทราบอย่างไม่เป็นทางการเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	พิจารณาเฉพาะมาตรการที่ลงทุนต่ำ
0	ไม่มีนโยบายที่ชัดเจน	ไม่มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน	ไม่มีการติดต่อกับผู้ใช้พลังงาน	ไม่มีระบบรวบรวมข้อมูลและบัญชีการใช้พลังงาน	ไม่มีการสนับสนุนการประหยัดพลังงาน	ไม่มีการลงทุนใดๆในการปรับปรุงประสิทธิภาพ การใช้พลังงาน

### 2.1.3.2. ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพพลังงาน

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานในรายงานฉบับนี้ ได้แก่ Energy Intensity, Energy elasticity ค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต (Specific Energy Consumption: SEC) และ Actual SEC/Reference SEC Ratio

Energy Intensity คือ อัตราส่วนของปริมาณพลังงานที่ใช้ต่อผลของกิจกรรม (Output) ที่ใช้พลังงานนั้นๆ และโดยทั่วไปมักวัดผลของกิจกรรมการใช้พลังงานนั้นเป็นมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งจะเหมาะสมกับการประเมินประสิทธิภาพพลังงานในระดับกลุ่มที่มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถนำปริมาณมาบวกกัน

ตรงๆ ได้ ในที่นี้ใช้ค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต (Specific Energy Consumption: SEC) เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพพลังงานในระดับรายผลผลิต โดยวัดปริมาณพลังงานที่ใช้เทียบกับหน่วยนับของผลผลิตทางกายภาพ เช่น ต่อตัน ต่อตารางเมตร ต่อลิตร ฯลฯ โดยมีสูตรคำนวณดังนี้

$$SEC = \frac{\sum E_b - \sum E_s}{\sum P}$$

เมื่อ

SEC = Specific Energy Consumption

$\sum E$  = ผลรวมของพลังงาน ซึ่งได้จากค่าความร้อนคูณกับปริมาณไฟฟ้าและเชื้อเพลิง ที่ใช้ในรอบ 6 เดือน โดยคิดจากพลังงานสุทธิคือ เป็นพลังงานที่ซื้อทั้งหมดหักลบด้านพลังงานที่ขาย

$\sum P$  = ผลรวมของปริมาณผลผลิตในช่วงเวลาเดียวกัน

## 2.2. การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารและระบบแสงสว่าง

การตรวจวัดวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ อ้างอิงจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งเป็นผู้กำหนดรูปแบบการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 3 (พ.ศ.2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

การตรวจสอบหรือการตรวจวิเคราะห์พลังงานในอาคารนั้น ๆ จะทำให้ทราบถึงการใช้พลังงานที่แท้จริง ภายในอาคาร ซึ่งจะเป็นข้อมูลเพื่อที่จะนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานหรือค่าที่ควรใช้ เพื่อที่จะได้ทราบว่าควรดำเนินการจัดการพลังงานการปรับปรุง หรือเพิ่มประสิทธิภาพ อันจะก่อให้เกิดการใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลทั้งนี้ มีแนวทางตามคำแนะนำของ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน คือการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลต่าง ๆ มาประกอบการพิจารณา การได้มาของข้อมูลอาจจำแนกออกได้เป็น 2 ลักษณะได้แก่

### 1) ข้อมูลจากเอกสาร

เอกสารที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ ใบเสร็จค่าพลังงาน แผนผังอาคารการใช้งานอาคาร แผนภูมิระบบรับ-จ่ายพลังงาน รายละเอียดอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น

### 2) ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม

ข้อมูลเหล่านี้ได้จากการสัมผัสกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ โดยใช้ในการสังเกตประกอบกับการใช้ เครื่องมือวัด เพื่อวัดปริมาณต่าง ๆ ตามต้องการ ได้แก่ กำลังไฟฟ้าที่ใช้, ค่าตัวประกอบกำลัง, อุณหภูมิต่าง ๆ, ความชื้น และค่าการส่องสว่าง เป็นต้น

## 2.2.1. ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงาน

ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงาน ที่สำคัญประกอบด้วย

### 2.2.1.1 การรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน

การรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน ข้อมูลส่วนใหญ่อาจได้มาจากเอกสารต่างๆ รวมถึงการสัมภาษณ์ผู้ใช้อาคาร โดยจะประกอบด้วยข้อมูลและรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

- ชื่ออาคาร
- ที่อยู่
- ประเภทอาคาร เช่น โรงแรม, โรงพยาบาล, สำนักงาน และศูนย์การค้า เป็นต้น
- อายุอาคาร
- จำนวนห้อง สำหรับอาคารประเภทโรงแรม, จำนวนเตียง สำหรับอาคารประเภทโรงพยาบาล และจำนวนพื้นที่มีหน่วยเป็นตารางเมตร สำหรับอาคารอื่น ๆ
- ร้อยละของห้องที่จำหน่ายต่อเดือน สำหรับโรงแรม, จำนวนคนใช้ในและคนใช้นอกต่อเดือน สำหรับโรงพยาบาล
- พื้นที่อาคาร ได้แก่ พื้นที่รวม, พื้นที่ปรับอากาศ และพื้นที่ที่จอดรถ
- การใช้พลังงานต่อปี ได้แก่ ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิง, ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า และข้อมูลการใช้น้ำ
- แผนผังของอาคารและระบบพลังงาน
- จำนวนเจ้าหน้าที่
- เวลาทำงานของอาคาร
- ชื่อและตำแหน่งผู้ติดต่อประสานงาน
- อื่น ๆ

### 2.2.1.2 การสำรวจข้อมูลภาคสนามโดยละเอียด

การสำรวจข้อมูลภาคสนามโดยละเอียด จะทำการสำรวจและตรวจวัดการใช้พลังงานในเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบต่าง ๆ โดยแยกออกเป็น ด้านพลังงานไฟฟ้า และ ด้านพลังงานความร้อน

#### 2.2.1.2.1. ด้านพลังงานไฟฟ้า

ทางด้านพลังงานไฟฟ้าประกอบด้วยข้อมูล และรายละเอียดต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลดังต่อไปนี้

- 1) แผนผังวงจรระบบไฟฟ้าของอาคาร
- 2) บิลอัตราค่าไฟฟ้าทั้งหมดของอาคารอย่างน้อย 12 เดือน และแหล่งที่มาของพลังงานไฟฟ้า
- 3) แผนผังที่ตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า และอุปกรณ์เครื่องจักรของอาคาร

4) รายชื่อ และขนาดอุปกรณ์ไฟฟ้าหลักที่ใช้ทั้งหมดในอาคารโดยระบุเป็น กิโลวัตต์, โวลต์, แอมแปร์ และค่าตัวประกอบกำลัง

5) การตรวจวัดทางด้านไฟฟ้า โดยวัดค่าเป็น กิโลวัตต์ โวลต์ ค่าตัวประกอบกำลัง และกระแสไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส โดยทำการตรวจวัดที่จุดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

#### 5.1) ระบบไฟฟ้า

- หม้อแปลงไฟฟ้าทุกตัว ในอาคารรวมทั้งขนาดสาย และระยะทาง จากหม้อแปลงถึง Panel Board

- วงจรย่อยทุกวงจรของหม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละตัว

- ขนาดของคาปาซิเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ในระบบ

- เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ

#### 5.2) ระบบปรับอากาศ

- เครื่องปรับอากาศแบบหน่วยเดียว

- เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์

#### 5.3) ระบบแสงสว่าง

- หลอดไฟฟ้า

- โคมไฟฟ้า

- บัลลัสต์

6) การตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละระบบของอาคาร เพื่อเทียบสัดส่วนกับการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในอาคาร

7) ข้อมูลจำเพาะ และราคาอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการประหยัดพลังงาน

### 2.2.1.2.2. ทางด้านพลังงานความร้อน

ทางด้านพลังงานความร้อนจะประกอบด้วยข้อมูล และรายละเอียดสภาพการทำงาน และสภาพการสูญเสียความร้อนของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้พลังงาน เช่น หม้อไอน้ำ อุปกรณ์ถ่ายเทความร้อน ระบบท่อไอน้ำ อุปกรณ์และระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน โดยการสำรวจดังกล่าวจะครอบคลุมถึงข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

1) รายละเอียดต่าง ๆ ของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ เช่น ชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์ ชนิดและปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ ขนาดของเครื่อง และจำนวนของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ เป็นต้น

2) สภาพการทำงานและสภาพการสูญเสียความร้อนของเครื่องจักรอุปกรณ์ และระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน โดยทำการตรวจสอบและตรวจวัดเพื่อให้ได้ข้อมูลและรายละเอียดสภาพการทำงานต่าง ๆ ดังนี้

- สภาพการเผาไหม้ ทำการตรวจสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ ของหม้อไอน้ำ และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้ โดยทำการตรวจวัดปริมาณออกซิเจน และอุณหภูมิก๊าซเสียของอุปกรณ์
- สภาพการหุ้มฉนวน ทำการตรวจสอบสภาพฉนวนความร้อนความเย็นต่าง ๆ ของอุปกรณ์ต่าง ๆ ของอุปกรณ์ที่ใช้งาน เช่น ฉนวนท่อไอน้ำ ฉนวนระบบทำความเย็น อุปกรณ์และระบบอื่น ๆ ที่มีการสูญเสียความร้อนผ่านผิว รวมทั้งทำการตรวจสอบสภาพการสูญเสียความร้อนของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ไม่มีการหุ้มฉนวนไว้หรือฉนวนชำรุด
- สภาพน้ำที่ใช้กับอุปกรณ์ทำการตรวจสอบสภาพน้ำที่ใช้ในหม้อน้ำ และอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น การตรวจสอบสภาพน้ำป้อนน้ำในหม้อน้ำ เป็นต้น โดยทำการตรวจสอบสภาพความเป็นกรดเป็นด่าง การวัดค่า Dissolved Solid เพื่อหาปริมาณสารละลายในน้ำ
- สภาพการสูญเสียการรั่วของไอน้ำในระบบ เช่น การรั่วของไอน้ำตามท่อส่ง การรั่วของไอน้ำ ตามอุปกรณ์ที่ใช้งานต่าง ๆ รวมทั้งการรั่วของไอน้ำผ่าน สติมแพมป์ เป็นต้น
- สภาพความเหมาะสมของการใช้พลังงานความร้อนในอุปกรณ์ และระบบต่างๆ เช่น สภาพความเหมาะสมของอุณหภูมิ และแรงดันที่ใช้งานในอุปกรณ์ สภาพความเหมาะสมของเชื้อเพลิงที่ใช้ และสภาพความเหมาะสมของอุปกรณ์ และระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน
- ปริมาณความร้อนทิ้งในขบวนการต่าง ๆ เช่น ความร้อนสูญเสียจากคอนเดนเสท ที่ไม่นำมาใช้ งาน ความร้อนสูญเสียจากแฟรชสติม เป็นต้น
- สภาพการดูแล บำรุงรักษาอื่น ๆ ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียพลังงาน

3) ข้อมูลสภาพการทำงานและสภาพสูญเสียพลังงานความร้อนอื่น ๆ นอกเหนือไปจากที่กล่าวในข้อ 1) และ 2)

#### 2.2.1.2.3. ทางด้านระบบกรอบอาคาร

ทางด้านระบบกรอบอาคารจะประกอบด้วยข้อมูลสภาพของผนังและ หลังคาอาคาร รวมทั้งคุณลักษณะของวัสดุที่ใช้ประกอบเป็นกรอบอาคารและหลังคาอาคาร เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาประกอบในการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของ ผนังด้านนอกแต่ละด้าน (Overall Thermal Transfer Value, OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (Roof Thermal Transfer Value, RTTV)

### 2.2.2. การวิเคราะห์ข้อมูลด้านพลังงาน

#### 2.2.2.1 ด้านพลังงานไฟฟ้า

ด้านพลังงานไฟฟ้า ต้องวิเคราะห์ระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าของ ระบบปรับอากาศระบบ แสงสว่าง และอุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานรวมถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้วย

2.2.2.1.1. วิเคราะห์ค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) คือค่าตัวเลขอัตราส่วนของกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงหรือ Real Power (P) ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt :W)หารด้วยค่ากำลังงานที่ปรากฏหรือ Apparent Power (S) ซึ่งมีหน่วยเป็นโวลต์-แอมแปร์ (VA) โดยสามารถอธิบายให้เข้าใจง่ายได้ว่า Power Factor คือตัวเลขที่บอกถึงกำลังงานไฟฟ้าที่ได้ใช้ประโยชน์หรือเกิดการทำงานจริงกับขนาดของกำลังงานทั้งหมดที่ต้องการจากระบบไฟฟ้าโดยส่วนที่เกินจากกำลังงานที่ใช้ทำงานจริงจะเรียกว่า Reactive Power ซึ่งมีหน่วยเป็น วาร์ (VAR) ดังนั้น ประสิทธิภาพของการจ่ายไฟฟ้าในกรณีระบบที่มีตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำ จะต่ำกว่าระบบที่มีตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสูง ทั้งนี้เป็นเพราะอาจเกิดแรงดันไฟฟ้าตก กระแสไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้นและทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบเนื่องจากการสูญเสียในขดลวดหม้อแปลง(Copper Loss) ซึ่งมีค่าแปรตามกำลังสองของกระแสในขดลวดนั้น

2.2.2.1.2. วิเคราะห์ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด เพื่อลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร มีองค์ประกอบที่มีผลต่ออัตราค่าไฟฟ้าคือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้, ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดและตัวประกอบกำลัง (Power Factor) แต่จากองค์ประกอบทั้งสาม ค่าธรรมเนียมในส่วนของการต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Demand Charge) มีสัดส่วนค่อนข้างสูงโดยรองลงมาจากราคาพลังงานไฟฟ้าซึ่งถ้าสามารถลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดลงได้ ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าจะลดลง การคิดค่าไฟฟ้าจะคิดไฟฟ้าในส่วนที่ใช้เฉลี่ยสูงสุดในช่วง 15 นาทีของแต่ละเดือน โดยคิดจากค่าสูงสุดที่ค่าเดียว ทั้งนี้ไม่ขึ้นกับระยะเวลาที่ใช้งาน และไม่ว่าจะมีค่าสูงสุดเพียงครั้งเดียวหรือหลายครั้งในรอบหนึ่งเดือนก็จะคิด ค่าไฟฟ้าส่วนนี้เท่ากัน ดังนั้นหากต้องการประหยัดค่าไฟฟ้าต้องทำการปรับระดับความต้องการใช้ไฟฟ้า สูง สุดให้ลดลงมากที่สุดตัวแปรที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ตัวประกอบโพลดมี สองตัวแปร คือ จำนวนกิโลวัตต์ ชั่วโมง (kWh) และกิโลวัตต์สูงสุด (kW) ดังนั้นในการเพิ่มค่าตัวประกอบโพลด จะสามารถทำได้ 2 วิธี คือลดจำนวนกิโลวัตต์สูงสุด (Peak Demand) หรือลดการใช้จำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมง (Energy) เพื่อให้สมดุลกับจำนวนกิโลวัตต์สูงสุดที่ลดลง

ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมีความสัมพันธ์กับตัว ประกอบโพลด (Load Factor, LF) ซึ่งเป็นตัวประกอบที่แสดงประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้า ถ้าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าสูง ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะต่ำ แต่ถ้าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าต่ำ ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะสูงตัวประกอบโพลดเป็นค่าที่ได้จากการวัดความสม่ำเสมอของการใช้ พลังงานไฟฟ้า ซึ่งสามารถนิยามได้ว่าค่า ตัวประกอบโพลด คือ อัตราส่วนค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ ในช่วงเวลาที่แน่นอนช่วงหนึ่ง ๆ ต่อค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลานั้นๆ แล้วแสดงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

2.2.2.1.3. การปรับ Tap หม้อแปลงไฟฟ้า กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก (Iron Loss หรือ Core Loss) ของหม้อแปลงไฟฟ้าโดยการปรับแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าให้ เหมาะสม ค่ากำลังสูญเสียในแกนเหล็กแปรตามกำลังสองของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวด ทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า ดังนั้นวิธีการลดกำลังสูญเสียในแกนเหล็ก ก็โดยการปรับจำนวนรอบของขดลวดด้านปฐมภูมิ (Tap Change) ให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมโดยให้ค่าแรงดันที่ปลายสายไม่ต่ำกว่า 380 V

#### 2.2.2.2 ด้านระบบแสงสว่าง

##### 2.2.2.2.1. คุณสมบัติสำคัญของหลอดไฟฟ้าที่ต้องพิจารณา

- ประสิทธิภาพแสง (Luminous Efficacy) มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อวัตต์ (lm/W)
- อายุใช้งาน (Lamp Mortality) ให้ใช้หน่วยเป็น พันชั่วโมง (kh)
- ความเสื่อมของหลอด (Lamp Lumen Depreciation, LLD)
- คุณสมบัติทางสีของแสง (Color Properties of Light)
- ระยะเวลาอุ่นหลอด และระยะเวลารอจุดหลอดซ้ำ (Restrike Time)
- คุณสมบัติเฉพาะอื่นๆ เช่น ราคาหลอด ขนาดกำลัง ลักษณะการติดตั้ง การหรี่แสง ความทนต่อการสั่นสะเทือนและอุณหภูมิ การแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Radio Interference) และการกระเพื่อมของแสง (Stroboscopic Effect)

##### 2.2.2.2.2. หน่วยที่ใช้ในการวัดแสงสว่าง

- ฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux) หมายถึงฟลักซ์การส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงในมุม solid angle<sup>1</sup> ใดๆ แทนด้วยสัญลักษณ์  $\Phi$  มีหน่วยเป็น lumen ใช้ตัวย่อ lm<sup>1</sup> solid angle มุมยอดที่ถูกรองรับด้วยพื้นผิวใดๆ แทนด้วยสัญลักษณ์  $\omega$  มีหน่วยเป็นสเตอเรเดียน (steradian) ใช้ตัวย่อ Sr. )<sup>2</sup> ปริมาณแสง 1 ลูเมน หมายถึงปริมาณแสงที่เปล่งออกไปในมุม solid angle 1 Sr. ด้วย Point source ที่มีความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 candela หรือหมายถึง ปริมาณแสงที่เปล่งจาก Point source 1 candela ไปตกบนพื้นที่ 1 ตารางฟุตบนพื้นผิววัตถุซึ่งวางห่าง 1 ฟุต
- ความเข้มการส่องสว่าง (Luminous Intensity) หมายถึงความหนาแน่นของปริมาณแสงภายในมุม solid angle ที่กำหนดให้ ความเข้มแสงจะชี้ให้เห็นถึงความสามารถของแหล่งกำเนิดแสงในการให้ค่าการส่องสว่างในทิศทางที่กำหนด มีหน่วยเป็น แคนเดลา (cd)
- ความสว่าง (Illuminous) หมายถึงปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุต่อพื้นที่ มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร หรือ ลักซ์ (lux)
- ความส่องสว่าง (Luminance) หมายถึงความหนาแน่นของฟลักซ์ส่องสว่าง (ปริมาณแสง) ที่ตกกระทบบนพื้นผิวใดๆ มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร (cd/m<sup>2</sup>)

#### 2.2.2.2.3. หลอดไฟ (Light Source)

หลอดไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

- หลอดมีไส้ (Incandescent Lamp) ประกอบด้วย
  1. หลอด Incandescent
  2. หลอด Tungsten Halogen
- หลอดปล่อยประจุ (Gas Discharge Lamp) ประกอบด้วย
  1. หลอดความดันไอต่ำ ได้แก่
    - หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp)
    - หลอดคอมแพคท์ฟลูออเรสเซนต์ (Compact Fluorescent Lamp)
    - หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ (Low Pressure Sodium Lamp)
  2. หลอดความดันไอสูง ได้แก่
    - หลอดไอปรอท (Mercury Vapor Lamp)
    - หลอดโซเดียมความดันไอสูง (High Pressure Sodium Lamp)
    - หลอดเมทัลฮาไลด์ (Metal Halide Lamp)

#### 2.2.2.2.4. ดวงโคม (Luminaire) โคมไฟฟ้าทำหน้าที่บังคับแสงของหลอดให้ไปใน

ทิศทางที่ต้องการ โคมไฟฟ้ามักใช้กันมากมายหลายชนิดขึ้นอยู่กับการใช้งาน ทั้งภายในและนอกอาคาร จึงจำเป็นต้องเลือกใช้โคม ที่สามารถประหยัดพลังงานและมีคุณภาพที่ดี

- ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการเลือกโคมไฟฟ้า
  - ความปลอดภัยของโคม
  - ประสิทธิภาพของโคมไฟฟ้า (Luminaire efficiency)
  - ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของโคมไฟฟ้า (Coefficients of Utilization)
  - แสงบาดตาของโคม (Glare)
  - กราฟการกระจายแสงของโคม (Distribution Curve)
  - การระบายความร้อนของโคม
  - อายุการใช้งาน
  - สถานที่ติดตั้ง
- ประเภทของดวงโคม มีทั้งแบบใช้งานในอาคารและนอกอาคาร ที่พบเห็นทั่วไปได้แก่
  - โคมไฟส่องลง

- โคมไฟส่องขึ้น
- โคมฟลูออเรสเซนต์
- โคมไฟโรงงานหลอดปล่อยประจุความดันไอสูง
- โคมไฟสาด

#### 2.2.2.2.5. บัลลาสต์

- คุณสมบัติสำคัญของบัลลาสต์ที่ต้องพิจารณา
  - แรงดันไฟฟ้า (Line Volt)
  - แรงดันไฟฟ้าตก (Voltage Dip)
  - ตัวประกอบกำลัง (Power Factor, PF)
  - ประสิทธิภาพของบัลลาสต์ หรือ ความสูญเสียในตัวบัลลาสต์ (Ballast Losses)
  - ตัวประกอบยอดคลื่นกระแส (Current Crest Factor)
  - คุณสมบัติเฉพาะอื่นๆ เช่น ราคา อายุใช้งาน และความทนต่อสภาพแวดล้อม
- ชนิดของบัลลาสต์
  - บัลลาสต์ที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์
    - 1) บัลลาสต์แกนเหล็ก (Magnetic Ballast)
    - 2) บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Ballast)
  - หลอดบัลลาสต์ที่ใช้กับหลอด HID
    - 1) รีแอกเตอร์บัลลาสต์ (Reactor Ballast)
    - 2) เรกูเลเตอร์บัลลาสต์ (Regulator Ballast)
    - 3) แล็กบัลลาสต์ (Lag Ballast)
    - 4) บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Ballast)

#### 2.2.2.2.6. หลักการให้แสงสว่าง

- จุดมุ่งหมายหลักในการให้แสงสว่างในพื้นที่ใด ๆ มี 3 วัตถุประสงค์ดังนี้
  - 1) เพื่อให้การทำงานและการใช้พื้นที่แต่ละประเภทดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ
  - 2) ช่วยสร้างความปลอดภัย
  - 3) เพื่อความสวยงาม และสร้างบรรยากาศที่เหมาะสม
- วิธีการให้แสงสว่างในพื้นที่ใดๆ มี 3 วิธีคือ
  - 1) การให้แสงสว่างทั่วพื้นที่ (General lighting)
    - ข้อดี ออกแบบพื้นที่ได้ง่ายย้ายตำแหน่งที่ทำงานได้

- |    |  |  |
|----|--|--|
|    | ข้อเสีย  | สิ้นเปลืองพลังงานสูง                   |
| 2) | การให้แสงสว่างเฉพาะพื้นที่(Localized General lighting) |  |
|    | ข้อดี  | ประหยัดพลังงาน                         |
|    | ข้อเสีย  | การย้ายตำแหน่งพื้นที่ทำงานไม่ได้ง่าย   |
| 3) | การให้แสงสว่างเฉพาะตำแหน่ง (Local lighting)            |  |
|    | ข้อดี  | ประหยัดพลังงาน                         |
|    | ข้อเสีย  | ต้องควบคุมทิศทางและความสว่างให้เหมาะสม |

### 2.3. ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning System)

การปรับอากาศมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะประเทศไทยที่ตั้งอยู่ในเขตซึ่งมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ภายในอาคารจำเป็นต้องมีการปรับอากาศเพื่อให้เจ้าหน้าที่หรือบุคลากร สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นที่ทราบกันดีว่าการปรับอากาศโดยระบบปรับอากาศมีการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูงระบบปรับอากาศ ประกอบด้วยเครื่องจักรและอุปกรณ์จำนวนมากอุปกรณ์เหล่านี้หลายส่วนสามารถปรับปรุงเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นซึ่งจะช่วยให้ประหยัดพลังงานและลดค่าใช้จ่ายสืบเนื่องจากระบบปรับอากาศลงได้อีกหนึ่งการใช้งานระบบปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถลดการใช้พลังงานลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### 2.3.1. ความหมายของการปรับอากาศ

การปรับอากาศเป็นกระบวนการควบคุมสภาวะของอากาศเพื่อให้เป็นไปตามความต้องการ โดยทั่วไปปัจจัยหรือพารามิเตอร์ของอากาศที่ต้องควบคุมประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาดการกระจายลมและปริมาณลม การปรับอากาศมุ่งให้เกิดความรู้สึกสบายต่อผู้อยู่อาศัยอย่างไรก็ตามในอุตสาหกรรม การปรับอากาศอาจใช้เพื่อควบคุมภาวะอากาศในกระบวนการผลิต

สำหรับประเทศไทยซึ่งมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น หน้าที่หลักของระบบปรับอากาศคือการทำความเย็นหรือการถ่ายเทความร้อนออกจากพื้นที่ด้วยวิธีการดึงอากาศออกไปโดยตรง หรือด้วยการหมุนเวียนอากาศภายในห้องผ่านคอยล์เย็นโดยใช้พัดลม น้ำยาหรือสารทำความเย็นที่อยู่ในระบบปรับอากาศจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการขนถ่ายความร้อนเพื่อออกไประบายทิ้งภายนอกผ่านคอยล์ร้อนโดยปกติไม่ว่าจะเป็นอาคารพาณิชย์หรือโรงงานอุตสาหกรรม ระบบปรับอากาศมีการใช้พลังงานที่สูงมากการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศจึงสามารถประหยัดพลังงานและลดค่าใช้จ่ายโดยรวมได้เป็นอย่างมาก

#### 2.3.2. ส่วนประกอบของระบบการทำความเย็น

ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) มีดังนี้

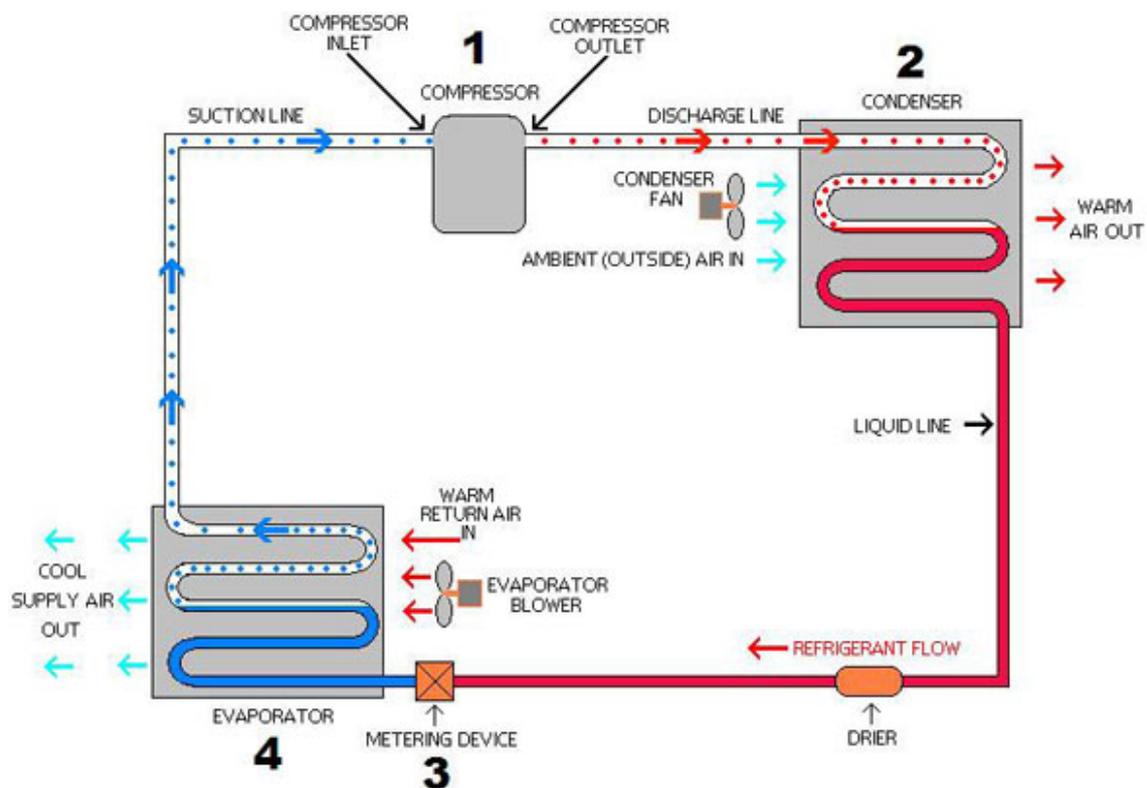
- 1) คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ของแอร์ แอร์บ้าน ทำหน้าที่ขับเคลื่อนสารทำความเย็นหรือน้ำยา (Refrigerant) ในระบบ โดยทำให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิ และความดันสูงขึ้น สารทำความเย็นทำหน้าที่เป็นตัวกลางดูดเอาความร้อนภายในห้อง (Indoor) ออกมานอกห้อง (Outdoor)

จากนั้นน้ำยาจะถูกทำให้เย็นอีกครั้งแล้วส่งกลับเข้าห้องเพื่อดูดซับความร้อนอีก โดยกระบวนการนี้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตลอดการทำงานของคอมเพรสเซอร์

2) คอยล์ร้อน (Condenser) ทำหน้าที่ระบายความร้อนของสารทำความเย็น

3) อุปกรณ์ลดความดัน (Throttling Device) ทำหน้าที่ลดความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็น โดยทั่วไปจะใช้เป็น แคปิลลารีทิวบ์ (Capillary tube) หรือ เอ็กสเปนชันวาล์ว (Expansion Valve)

4) คอยล์เย็น (Evaporator) ทำหน้าที่ดูดซับความร้อนภายในห้องมาสู่สารทำความเย็น



รูปที่ 2.1 Refrigeration Cycle

### 2.3.3. หลักการทำงานของระบบปรับอากาศ

หลักการทำงานของระบบปรับอากาศคือ การทำให้สารทำความเย็น (น้ำยา) ไหลวนไปตามระบบ โดยผ่านส่วนประกอบของระบบการทำความเย็นทั้ง 4 อย่างต่อเนื่องเป็น วัฏจักรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) โดยมีกระบวนการดังนี้

1) เริ่มต้นโดยคอมเพรสเซอร์ทำหน้าที่ดูดและอัดสารทำความเย็นเพื่อเพิ่มความดันและอุณหภูมิของน้ำยา แล้วส่งต่อเข้าคอยล์ร้อน

2) น้ำยาจะไหลวนผ่านแผงคอยล์ร้อนโดยมีพัดลมเป่าเพื่อช่วยระบายความร้อน ทำให้น้ำยาจะที่ออกจากคอยล์ร้อนมีอุณหภูมิลดลง (ความดันคงที่) จากนั้นจะถูกส่งต่อให้อุปกรณ์ลดความดัน

3) น้ำยาที่ไหลผ่านอุปกรณ์ลดความดันจะมีความดันและอุณหภูมิที่ต่ำมาก แล้วไหลเข้าสู่คอยล์เย็น (หรือที่นิยมเรียกกันว่า การฉีดน้ำยา)

4) จากนั้นน้ำยาจะไหลผ่านแผงคอยล์เย็นโดยมีพัดลมเป่าเพื่อช่วยดูดซับความร้อนจากภายในห้อง เพื่อทำให้อุณหภูมิห้องลดลง ซึ่งทำให้น้ำยาที่ออกจากคอยล์เย็นมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น (ความดันคงที่) จากนั้นจะถูกส่งกลับเข้าคอมเพรสเซอร์เพื่อทำการหมุนเวียนน้ำยาต่อไป

#### 2.3.4. อุปกรณ์หลักในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

##### 2.3.4.1. เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller)

เครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอ ประกอบด้วยคอมเพรสเซอร์ (Compressor) คอนเดนเซอร์ (Condenser) อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) และเอ็กซ์แพนชันวาล์ว (Expansion Valve) มีสารทำความเย็น เช่น R22 หรือ R134a บรรจุอยู่ภายใน โดยทำหน้าที่ผลิตน้ำเย็นส่งไปให้กับเครื่องส่งลมเย็น

##### 2.3.4.2. เครื่องสูบน้ำ (Water Pump)

เครื่องสูบน้ำเป็นอุปกรณ์หลักในการขับเคลื่อนของเหลวซึ่งในที่นี้คือน้ำโดยการป้อนพลังงานเชิงกลเข้าไป ทำให้น้ำที่ถูกขับมีความดันสูงขึ้น ความดันดังกล่าวจะทำให้เอาน้ำที่เอาน้ำแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นจากท่อข้อต่อวาล์ว และอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้ได้อัตราการไหลตามที่ต้องการการขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำนั้นอาจจะใช้แรงจากคนหรือจะอาศัยมอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ในระบบปรับอากาศนั้นเครื่องสูบน้ำจะสามารถพบได้ในทั้งระบบน้ำเย็นและระบบน้ำระบายความร้อน (ระบบน้ำหล่อเย็น)

##### 2.3.4.3. หอทำความเย็น (Cooling Tower)

หอทำความเย็นเป็นอุปกรณ์ทางด้านปลายทางของระบบน้ำหล่อเย็น ซึ่งทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นสู่บรรยากาศ ดังนั้น ปริมาณของน้ำหล่อเย็นที่ผ่านหอทำความเย็นจะมีปริมาณลดลงจากการระเหยและ Drift Loss จึงต้องมีการเติมน้ำจากแหล่งน้ำภายนอกเข้าสู่ตัวหอทำความเย็นเพื่อรักษาปริมาณน้ำในระบบให้คงที่

##### 2.3.4.4. เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit)

เครื่องส่งลมเย็นเป็นอุปกรณ์ทางด้านปลายทางของระบบน้ำเย็น ซึ่งทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำเย็นที่มาจากเครื่องทำน้ำเย็นกับอากาศส่งผลให้อากาศที่ผ่านออกไปมีอุณหภูมิที่ต่ำลงและนำไปใช้เพื่อปรับอากาศต่อไป เครื่องส่งลมเย็นเป็นเครื่องชุดคอยล์ทำความเย็นที่ประกอบด้วย พัดลม คอยล์ทำความเย็น แคมเปอร์และแผงกรองอากาศรวมอยู่ในตัวเครื่องเดียวกัน เครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่มักจะนิยมเรียกสั้น ๆ ว่า AHU (Air Handling Unit) สำหรับเครื่องขนาดเล็กจะเรียกว่า FCU (Fan Coil Unit) การติดตั้งเครื่องมักจะติดตั้งอยู่ในอาคาร ถ้าเป็นเครื่องขนาดเล็ก มักจะติดตั้งโดยการแขวนใต้ฝ้าเพดาน ยึดติดกับผนังตั้งพื้น หรือซ่อนในฝ้าเพดาน สำหรับเครื่องขนาดใหญ่มักจะจัดให้มีห้องเครื่อง และนำเครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่มาตั้งภายในห้องนี้ หากมีการใช้ระบบท่อลมในการส่งลมเย็น ก็จะต้องท่อลมมาเข้ากับเครื่อง ท่อลมที่ออกจากเครื่องเรียกว่าท่อลมส่ง (Supply Air Duct) ท่อลมที่นำลมภายในห้องกลับมาที่เครื่อง เรียกว่า ท่อลมกลับ (Return Air Duct)

## 2.4. วิธีการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

2.4.1. พารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัด ค่าที่ทำการตรวจวัด ได้แก่อุณหภูมิน้ำเข้าและน้ำออกของเครื่องทำน้ำเย็น อัตราการไหลของน้ำในท่อ และค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ วัดที่ Pump โดยวัดจากตู้เมนไฟฟ้า ซึ่งแบ่งการวัดตามหัวข้อดังนี้

### 2.4.1.1. การตรวจวัดอัตราการไหล

การวัดการไหล (flow measurement) สามารถแบ่งรูปแบบของการวัดการไหลตามสถานะของตัวกลางที่ต้องการวัดได้และลักษณะการไหล

#### 2.4.1.1.1. การวัดการไหลตามสถานะของตัวกลาง

การวัดการไหลตามสถานะของตัวกลางที่ต้องการวัดแบ่งได้ 2 รูปแบบ คือ ของแข็ง และของไหล (ของเหลวและก๊าซ)

การวัดการไหลของของแข็งนั้นของแข็งที่ต้องการวัดการไหลต้องมีขนาดและมวลที่ใกล้เคียงหรือเท่ากัน เช่น เมล็ดธัญพืช หรือ อาหารผง เป็นต้น ใช้วิธีการวัดมวลหรือน้ำหนักของแข็งต่อหน่วยเวลา หรือการวัดอัตราการไหลเชิงมวลหรือน้ำหนัก (mass or weight flow rate:  $F = \rho Q$ , kg/s) โดยคิดจากความหนาแน่นเชิงมวลของของแข็ง (bulk density:  $\rho$ , kg/m<sup>3</sup>) และอัตราการไหลเชิงปริมาตรของของแข็ง (volume flow rate;  $Q$ , m<sup>3</sup>/sec)

การวัดการไหลของของไหล แบ่งประเภทตามลักษณะการทำงานของเครื่องมือวัดออกเป็น 2 ประเภท คือ การวัดการไหลเชิงปริมาตร (volume flow:  $V$ , m<sup>3</sup>) ในหนึ่งช่วงเวลา (time:  $t$ , sec) หรือการวัดอัตราการไหลเชิงปริมาตร (Volume flow rate:  $Q = V/t$ , m<sup>3</sup>/sec) และการวัดอัตราการไหล (rate-of-flow measurement :  $Q = vA$ , m<sup>3</sup>/sec) ด้วยการวัดความเร็วของของไหล (flow velocity:  $v$ , m/s) ที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัด (cross section area:  $A$ , m<sup>2</sup>) ตัวอย่างเช่น มิเตอร์วัดการไหลชนิดใบพัดหรือเทอร์ไบน์ (turbine flow meter) จัดเป็นเครื่องมือวัดการไหลเชิงปริมาตร ซึ่งทำงานโดยอาศัยการวัดปริมาณของไหลที่ไหลผ่านเครื่องมือวัดอย่างต่อเนื่องในหนึ่งช่วงเวลา

#### 2.4.1.1.2. การวัดการไหลตามลักษณะการไหล ออกเป็น 2 ประเภทคือ

การวัดการไหลของของไหลภายในท่อระบบปิด ตัวอย่างอุปกรณ์วัดการไหล เช่น แผ่นออริฟิส (orifice plate) ท่อเวนจูรี (venturi tube) นอซเซิล (nozzle) โรตاميเตอร์ (rotameter) แอนนิโมมิเตอร์แบบขดลวดความร้อน (hot-wire anemometer) เครื่องมือวัดการไหลชนิดสนามแม่เหล็ก (electromagnetic flow meter) เครื่องมือวัดการไหลชนิดเทอร์ไบน์ (turbine flow meter) เครื่องมือวัดการไหลชนิดอัลตราโซนิก (ultrasonic flow meter) เครื่องมือวัดการไหลเชิงมวลชนิดโคริโอลิส (coriolis flow meter)

การวัดการไหลของของเหลวแบบลํารางเปิด เช่น การไหลผ่านทํานบ (wier) และการไหลผ่านคอคอด (flumes)

#### 2.4.1.1.3. ขั้นตอนการตรวจวัดอัตราการไหล

- 1) ตรวจสอบพิกัดเครื่องทำน้ำเย็น
- 2) ตรวจสอบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความหนา และอุณหภูมิของไหลในท่อน้ำเย็นจ่ายของเครื่องทำน้ำเย็น
- 3) ป้อนค่าตัวแปรต่าง ๆ ลงในเครื่อง Portable flow
- 4) ติดตั้ง Prob วัดที่บริเวณผิวท่อน้ำเย็นจ่ายโดยเว้นระยะห่างระหว่าง Prob ตามข้อมูลในเครื่อง บริเวณที่ติดตั้งควรเป็นท่อตรงยาว
- 5) อ่านค่าที่จอแสดงผลวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นตามความเป็นจริง
- 6) ตรวจสอบเช็คการติดตั้งอุปกรณ์ให้เรียบร้อย
- 7) ตั้งค่าความถี่ในการเก็บข้อมูลตามต้องการ
- 8) ตรวจสอบบริเวณติดตั้งไม่ให้เครื่องมีอวางขวางทางเดิน

#### 2.4.1.2. การตรวจวัดอุณหภูมิ Temperature

การวัดอุณหภูมิ (temperature measurement) เป็นการวัดที่อาศัยหลักการแตกต่างจากหลักการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ของตัวแปรอื่นๆ ตรงที่การวัดอุณหภูมิสนใจ "สเกล" (scale) ในขณะที่การวัดอื่นๆ สนใจ "หน่วย" (unit) เช่น การวัดความยาว หากให้นิยามว่าไม้ 1 อันมีความยาวเท่ากับ 1 เมตร ถ้านำไม้ 2 อันที่มีความยาวเท่ากับที่กำหนดนิยามไว้มาวางต่อกัน จะได้ความยาวเท่ากับ 2 เมตร โดยแนวคิดนี้ไม่สามารถนำมาใช้กับการวัดอุณหภูมิได้ เช่น แก้วน้ำ 2 ใบบรรจุน้ำด้วยปริมาณที่เท่ากัน อุณหภูมิเท่ากันเท่ากับ T เมื่อนำมาเทรวมกันในแก้วใบที่ 3 ผลที่ได้คือ น้ำในแก้วใบที่ 3 มีปริมาณเพิ่มขึ้นในขณะที่อุณหภูมียังคงเท่าเดิมซึ่งมีค่าเท่ากับ T

##### 2.4.1.2.1. หลักการวัดอุณหภูมิ

หลักการวัดอุณหภูมิสามารถแบ่งตามการเปลี่ยนแปลงสมบัติได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1) หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางไฟฟ้าค่าสมบัติทางไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ เช่น เทอร์โมคัปเปิล (thermocouple) ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันไฟฟ้า อาร์ทีดี (RTD) และเทอร์มิสเตอร์ (thermister) ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน เป็นต้น

2) หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางแสงและการแผ่รังสีการวัดอุณหภูมิที่สูงมากๆ ไม่สามารถใช้เครื่องมือวัด (instrument) ดังกล่าวข้างต้นได้ เนื่องจากอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องมือวัด จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดชนิดพิเศษที่สามารถวัดอุณหภูมิได้โดยไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุที่ต้องการวัด แต่อาศัยการวัดการแผ่รังสีความร้อนของวัตถุเพื่อบ่งบอกอุณหภูมิ โดยทั่วไปวัตถุในช่วงอุณหภูมิประมาณ 800 ถึง 1,800 องศาเซลเซียส แผ่รังสีออกมาในรูปของแสงอินฟราเรดที่ตามองเห็น ส่วนวัตถุในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 800°C จนถึงอุณหภูมิห้อง วัตถุจะแผ่รังสีออกมาในย่านของรังสีอินฟราเรด (infrared radiation) ซึ่งอุณหภูมิแตกต่างกันความยาวคลื่นหรือความถี่ของรังสีที่แผ่ออกมาจาก

วัตถุจะแตกต่างกันด้วย เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่อาศัยหลักการแผ่รังสีและสมบัติเชิงแสงนี้เรียกว่า ไพโรมิเตอร์ (pyrometer) สามารถแบ่งประเภทตามหลักการทำงานได้ 3 ประเภท คือ ไพโรมิเตอร์ชนิดเทียบความสว่างของไส้หลอด (optical pyrometer) ไพโรมิเตอร์ชนิดวัดการแผ่รังสี (radiation pyrometer) และไพโรมิเตอร์ชนิดอินฟราเรด (infrared pyrometer)

3) หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกล หลักการวัดอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ประเภทนี้มีหลายแบบขึ้นอยู่กับชนิดของเทอร์โมมิเตอร์ เช่น เทอร์โมมิเตอร์แบบของเหลวบรรจุในหลอดแก้วปิด (liquid filled in glass thermometer) ทำงานโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงการขยายตัวของของเหลวที่บรรจุอยู่ในหลอดแก้วเทอร์โมมิเตอร์แบบเปลี่ยนการขยายตัวเป็นความดัน (pressure thermometer) และเทอร์โมมิเตอร์แบบแถบโลหะคู่ (bi-metal thermometer) โดยเทอร์โมมิเตอร์ประเภทนี้มีช่วงของการวัดอุณหภูมิ (range) ค่อนข้างแคบขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้และชนิดของเทอร์โมมิเตอร์

4) หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี เครื่องมือวัดอุณหภูมิประเภทนี้ทำงานโดยอาศัยอุณหภูมิเฉพาะที่สารเคมีละลายหรือเปลี่ยนสีเป็นจุดสังเกต เช่น อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบดินสอ (crayon temperature indicator) อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบแล็กเกอร์ (lacquer temperature indicator) อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบเม็ดยา (pellet temperature indicator) และอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบแผ่นฉลาก (label temperature indicator) เป็นต้น

#### 2.4.1.2.2. ขั้นตอนการตรวจวัดอุณหภูมิ

- 1) ติดตั้ง Prob วัดที่บริเวณผิวท่อน้ำเย็นจ่ายและท่อน้ำเย็นกลับ
- 2) อ่านค่าที่จอแสดงผลวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นตามความเป็นจริง
- 3) ตรวจสอบเช็คการติดตั้งอุปกรณ์ให้เรียบร้อย
- 4) ตั้งค่าความถี่ในการเก็บข้อมูลตามต้องการ
- 5) ตรวจสอบบริเวณติดตั้งไม่ให้เครื่องมือวางขวางทางเดิน

#### 2.4.1.3. กำลังไฟฟ้า (Power Meter)

##### ขั้นตอนการตรวจวัดกำลังไฟฟ้า

- 1) ติดตั้ง แคลมป์ วัดกำลังไฟฟ้าที่ตู้ไฟฟ้า
- 2) อ่านค่าที่จอแสดงผลวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นตามความเป็นจริง
- 3) ตรวจสอบเช็คการติดตั้งอุปกรณ์ให้เรียบร้อย
- 4) ตั้งค่าความถี่ในการเก็บข้อมูลตามต้องการ
- 5) ตรวจสอบบริเวณติดตั้งไม่ให้เครื่องมือวางขวางทางเดิน

#### 2.4.2. อุปกรณ์ที่ใช้ ในการตรวจวัด

เครื่องมือที่ใช้สำหรับติดตามผลการการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อนำข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์หาค่ากำลังไฟฟ้าต่อภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น โดยทำการติดตั้งเครื่องมือเพื่อตรวจวัดข้อมูล ดังนี้

- การตรวจวัดกำลังไฟฟ้าที่เบรกเกอร์หลักของเครื่องทำน้ำเย็น
- ตรวจวัดอุณหภูมิน้ำเย็นเข้าและออกของเครื่องทำน้ำเย็นโดยใช้เซ็นเซอร์วัดที่ผิวของท่อทำน้ำเย็น
- ตรวจวัดอัตราการไหลโดยติดตั้งเซ็นเซอร์ของเครื่องวัดอัตราการไหลที่ท่อทำน้ำเย็น

##### 2.4.2.1. เครื่องตรวจวัดการอัตราการไหล

ยี่ห้อ	: Micronics
รุ่น	: Portflow 330
ปัจจัยการผลิตจำนวน	: 16 สล็อตอินพุตฟรีค่าสุ่ม
หน่วยความจำ	: 98 k
A/D แปลง	: -
การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์	: -



รูปที่ 2.2 เครื่องตรวจวัดการอัตราการไหล

## 2.4.2.2. เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า

### 2.4.2.2.1. เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า (Harmonic Power meter)

ยี่ห้อ	: Harmonic Power meter
รุ่น	: F27
วัดแรงดันไฟฟ้าได้	: 50mV 600V AC/DC (1500V peak)
ตรวจวัดความถี่	: 46-50Hz และ 56-64Hz
เพาเวอร์แฟคเตอร์	: 0.00 to 1.00



รูปที่ 2.3 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า 50mV 600V

### 2.4.2.2.2. เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า CHAUVIN

ยี่ห้อ	: CHAUVIN
รุ่น	: C.A 8210
AC Voltage	: 600 V
AC Current	: 5000 A สูงสุด 1000 A (แคลิเบรชั่น C191)
Frequency	: 1000 Hz
Power factor	: 0.00 – 1.00
Active power	: 30W-300kw สูงสุด 600kw (แคลิเบรชั่น C191)
Apparent power	: 30 VA-300 KVA สูงสุด 600 KVA (แคลิเบรชั่น C191)
Reactive power	: -300 + 300 KVAR สูงสุด 600 KVAR (แคลิเบรชั่น C191)



รูปที่ 2.4 เครื่องตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้า 5000A 600V

2.4.2.2.3. เครื่องตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง

- ยี่ห้อ : CHAUVIN
- รุ่น : C.A 8332B
- Voltage input : operating range 960 V<sub>L-L</sub>
- Current input : operating range 0-1 V
- Power factor : (-1.000) to 1.000
- Active power : 0 – 9999 kW (with AmpFLEX)
- อุปกรณ์ประกอบ
- AmpFLEX : Measurement range 10 to 6500 A AC



รูปที่ 2.5 เครื่องตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง

## 2.5. ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

### 2.5.1 การพิจารณาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศสามารถดูได้จาก สัมประสิทธิ์สมรรถนะ(Coefficient of Performance: COP) และ อัตราส่วนประสิทธิภาพ (Energy Efficiency Ratio: EER)

#### 2.5.1.1 สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance: COP)

สัมประสิทธิ์สมรรถนะ เป็นค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการทำความเย็น ซึ่งการคำนวณหาค่า COP สามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบค่าความร้อนที่ปล่อยออกมาจากเครื่องควบแน่น หรือ คอลล์เย็น (ค่า Q) กับค่าพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ (Compressor)(W) โดยที่ค่า COP เป็น สมรรถนะของเครื่องทำความเย็นที่สำคัญ หมายถึง ปริมาณความเย็นที่ทำได้ เทียบกับพลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ (W) เครื่องทำความเย็นที่ประหยัดพลังงานจะมีค่า COP สูงค่า COP หรือค่า Coefficient of Performance (COP) มีการหาโดยใช้สูตร  $COP = EER / 3.142$  หรือ  $kW/TR = 12 / EER$

2.5.1.2 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (Energy Efficiency Ratio) หรือ EER คือค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศว่าดีหรือไม่อย่างไร มีหน่วยเป็น (Btu/hr.)/W ดูจากหน่วยของค่า EER นี้แล้วก็คงเข้าใจได้โดยง่ายว่าค่า EER นั้นก็คืออัตราส่วนของความเย็นที่เครื่องปรับอากาศสามารถทำได้จริง (Output) กับกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศนั้นต้องใช้ในการทำความเย็น (Input) เครื่องปรับอากาศที่มีค่า EER ยิ่งสูงก็แสดงว่าเครื่องปรับอากาศเครื่องนั้นยังมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานที่ดียิ่งขึ้น

โดยมีสมการดังนี้  $EER = Output / Input = Btu/hr / Watt$  โดย ตัวเศษ คือ ค่าความเย็นที่เครื่องปรับอากาศสามารถทำได้จริง มีหน่วยเป็น Btu/hr และ ตัวส่วน คือ ค่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในการทำความเย็น มีหน่วยเป็น Watt ซึ่งค่า EER เป็นเกณฑ์ในการตัดสินผลากพลังงาน อีกด้วย

### 2.5.2 การวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

ประสิทธิภาพการทำความเย็นปกติจะเกี่ยวข้องกับ ค่าความเย็นที่เครื่องทำได้ (Cooling Capacity) มีหน่วยเป็น btu และค่าพลังงานที่ใช้ในการทำความเย็น(Power Input) หน่วยเป็น kilowatt

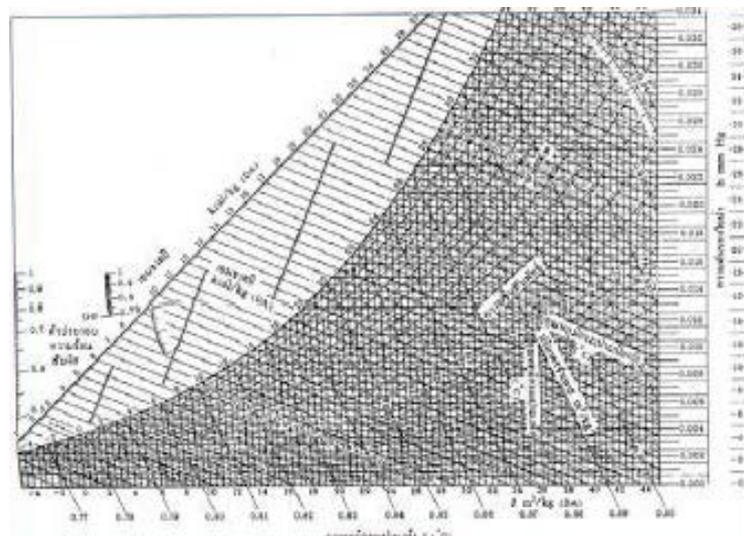
ค่า Cooling Capacity สามารถหาได้จากปริมาณลมเย็นหมุนเวียนผ่านเครื่องปรับอากาศมีหน่วยเป็น  $m^3/min$  หรือเรียกย่อว่า CMM อุณหภูมิ( $^{\circ}C$ ) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศทางด้านลมกลับ (Return Air)และทางด้านลมส่ง(Supply Air) และค่าเอนทาลปีของอากาศด้านลมกลับและด้านลมส่งมีหน่วยเป็น kJ/kg dry air สามารถวัดโดยใช้เครื่องมือดังรูป 2.6-2.8



รูปที่ 2.6 เครื่องวัดความเร็วลม(Anemometer)



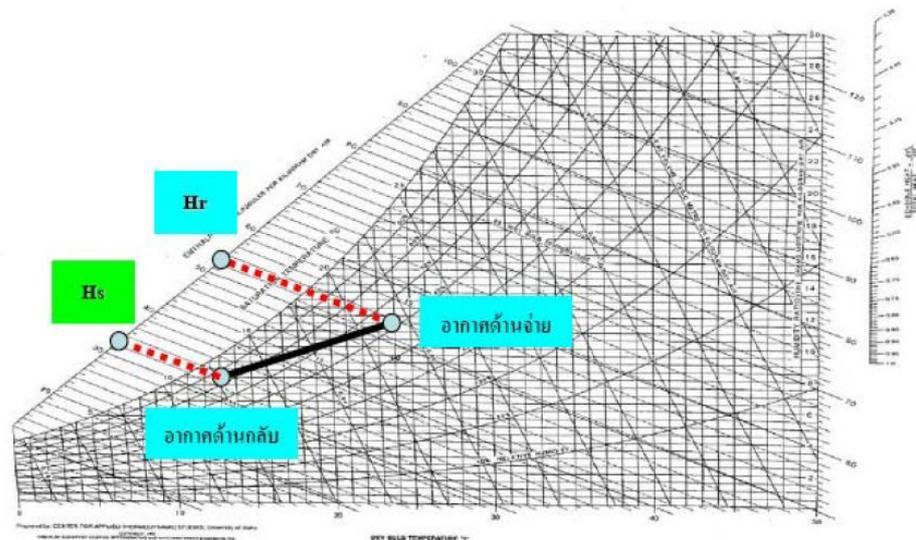
รูปที่ 2.7 เครื่องวัดอุณหภูมิจึงและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Hygrometer)



รูปที่ 2.8 ไชโครเมตริกชาร์ท(Psychrometricchart )

ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศทำได้ดังนี้

- 1) วัดขนาดพื้นที่หน้าตัดของ Return grille หน่วยเป็นตร.ม
- 2) หาปริมาณลมเย็นหมุนเวียนผ่านเครื่องปรับอากาศโดยใช้เครื่องมือวัดความเร็วลมค่าที่ได้จากการวัดหาปริมาณลมเย็นหมุนเวียน ได้ค่าเป็น  $V =$  ความเร็วลมเฉลี่ยด้านลมกลับ หน่วยเป็น m/s นำค่านี้ไปคูณกับขนาดพื้นที่หน้าตัดของ Return grille ตามสูตร  $CMM=VA$
- 3) หาอุณหภูมิ( $^{\circ}C$ ) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศทางด้านลมส่ง
- 4) หาอุณหภูมิ( $^{\circ}C$ ) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศทางด้านลมกลับ
- 5) นำค่าที่ได้จากการวัดหาอุณหภูมิ( $^{\circ}C$ ) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศทางด้านลมส่งและลมกลับมา Plot ในไซโครเมตริกชาร์ท(Psychometricchart )หรือเข้าโปรแกรมก็จะทราบค่าเอนทัลปีของอากาศด้านลมกลับ( $H_r$ )และด้านลมส่ง( $H_s$ )มีหน่วยเป็น kJ/kg dry air



รูปที่ 2.9 การใช้ไซโครเมตริกชาร์ท(Psychometricchart )

- 6) นำค่าทั้งหมดที่ได้ไปเข้าสู่สูตร  $TR = 5.707 \times 10^{-3} \times CMM \times (H_r - H_s)$  จะทราบความเย็นของเครื่องปรับอากาศ(TR)
- 7) หา Power Input โดยวัด กำลังไฟฟ้ารวมที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศในช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน(ส่วนของคอมเพรสเซอร์รวมกับส่วนของพัดลม) โดยใช้เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า(Watt Meter)
- 8) นำค่า TR ต้นความเย็นที่ได้คูณ 12,000 ได้เป็น btu นำไปหารค่า Power Input หน่วยเป็นวัตต์ จะได้ค่า EER